



SACHSEN-ANHALT

Landesbetrieb für
Hochwasserschutz und Was-
serwirtschaft
Sachsen-Anhalt

Gewässerkundlicher Landesdienst



www.lhw.sachsen-anhalt.de

Beschaffenheit des Grundwassers in Sachsen-Anhalt 2001 – 2010

Fotos Titelseite:

1	2	
3		
4	5	

- 1 - Neuer Eskeborner Stollen bei Mansfeld
(Foto: LHW, C. Schenkling)
- 2 - GW-Gütemesstelle Vatterode im Landkreis
Mansfeld-Südharz
(Foto: LHW, C. Schenkling)
- 3 - GW-Gütemesstelle Wenze im Altmarkkreis
Salzvedel
(Foto: LHW, A. Heuer)
- 4 - Unterflurmessstelle Halle- Reideburg
(Foto: LHW, C. Schenkling)
- 5 - Grundwassermessstelle (artesischer GWL) in
Rollsdorf im Landkreis Mansfeld-Südharz
(Foto: LHW, C. Schenkling)

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt
Gewässerkundlicher Landesdienst
Otto- von Guericke- Str. 5
39104 Magdeburg

Bericht zur Beschaffenheit des Grundwassers in Sachsen-Anhalt 2001 – 2010

Bearbeitung

LHW Sachsen-Anhalt - Gewässerkundlicher Landesdienst
Sachbereich Gewässerkunde

November 2012

Inhaltsverzeichnis

Anlagenverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	7
1 Vorwort	8
2 Einführung	9
2.1 Grundwasser als Teil des hydrologischen Kreislaufes	9
2.2 Geologie und hydrogeologische Situation in Sachsen-Anhalt	10
2.3 Grundwasser als Trinkwasserressource	12
2.4 Grundwasser als Lebensraum	14
2.5 Belastungspotenziale und deren Eintragspfade	14
2.6 Grundwasserstandsüberwachung im Überblick	15
3 Systematik der Grundwasserüberwachung (Chemie) in Sachsen-Anhalt	18
3.1 Messnetz und Messprogramm.....	18
3.2 Datenverwaltung und Auswertemodule	18
3.3 Datengrundlage.....	19
3.4 Bewertungsebenen	19
4 Auswertung und Bewertung der Grundwassergüte	22
4.1 Daten- und Bewertungsgrundlagen	22
4.1.1 Plausibilitätsprüfung der Datengrundlage.....	22
4.1.2 Bewertungskriterien	22
4.1.3 Statistische Auswertung	23
4.1.4 Auswertung der Messergebnisse	24
4.2 Typisierung des Grundwassers	24
4.2.1 Typisierung nach Gesamtkonzentration / Gesamtmineralisation	24
4.2.2 Bewertung der geogenen und anthropogenen Beeinflussung	27
4.3 Landesweite Auswertung	30
4.3.1 Leit- und Summenkenngrößen	30
4.3.1.1 Spezifische Elektrische Leitfähigkeit (LF).....	30
4.3.1.2 pH-Wert.....	32
4.3.1.3 Sauerstoff (O ₂).....	34
4.3.1.4 DOC (Dissolved Organic Carbon)	36
4.3.1.5 AOX	38
4.3.2 Hauptinhaltsstoffe: Salze (An- und Kationen).....	40
4.3.2.1 Chlorid (Cl ⁻).....	40
4.3.2.2 Sulfat (SO ₄ ²⁻).....	43
4.3.2.3 Natrium (Na)	45
4.3.2.4 Kalium (K)	47
4.3.2.5 Calcium (Ca).....	49
4.3.2.6 Magnesium (Mg).....	51
4.3.2.7 Hydrogencarbonat (HCO ₃ ²⁻)	53
4.3.3 Nährstoffe	55
4.3.3.1 Nitrat (NO ₃ ⁻)	55
4.3.3.2 Ammonium (NH ₄ ⁺)	58
4.3.3.3 Nitrit (NO ₂ ⁻).....	61
4.3.3.4 Phosphor gesamt.....	61
4.3.3.5 Orthophosphat	61
4.3.4 Schwermetalle	63
4.3.4.1 Chrom (Cr).....	63
4.3.4.2 Kupfer (Cu)	63

4.3.4.3	Nickel (Ni)	64
4.3.4.4	Blei (Pb)	67
4.3.4.5	Cadmium (Cd)	69
4.3.4.6	Zink (Zn).....	70
4.3.4.7	Quecksilber (Hg).....	72
4.3.5	Spurenstoffe.....	72
4.3.5.1	Eisen (Fe)	72
4.3.5.2	Mangan (Mn)	75
4.3.5.3	Aluminium (Al)	77
4.3.5.4	Arsen (As).....	77
4.3.5.5	Bor (B).....	80
4.3.5.6	Antimon (Sb).....	82
4.3.5.7	Barium (Ba).....	82
4.3.5.8	Molybdän (Mo).....	83
4.3.5.9	Kobalt (Co).....	83
4.3.5.10	Selen (Se).....	86
4.3.5.11	Thallium (Tl).....	86
4.3.5.12	Cyanide.....	86
4.3.5.13	Uran (U)	87
4.3.5.14	Vanadium (V).....	90
4.3.5.15	Arzneistoffe	93
4.3.6	Organische Einzelstoffe	97
4.3.6.1	Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW)	97
4.3.6.2	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	97
4.3.6.3	Polychlorierte Biphenyle (PCB)	98
4.3.6.4	Akylierte Benzole (BTEX)	98
4.3.6.5	Pflanzenschutzmittel (PSM)	99
4.3.7	Untersuchungen der Grundwasserfauna.....	103
4.4	Ergebnisse der statistischen Auswertung für die Hydrogeologischen Bezugseinheiten und Grundwasserleiter	104
4.4.1	Hydrogeologische Bezugseinheiten	104
4.4.1.1	Vor-Ort- und Summenparameter.....	104
4.4.1.2	Hauptinhaltsstoffe	105
4.4.1.3	Nebeninhaltsstoffe	108
4.4.1.4	Schwermetalle und Metalloide.....	109
4.4.1.5	Spuren- und Schadstoffe.....	110
4.4.1.6	Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit in den hydrogeologischen Bezugseinheiten	111
4.4.2	Grundwasserleiter.....	112
4.4.2.1	Vor-Ort- und Summenparameter.....	112
4.4.2.2	Hauptinhaltsstoffe	113
4.4.2.3	Nebeninhaltsstoffe	115
4.4.2.4	Schwermetalle und Metalloide.....	117
4.4.2.5	Schadstoffe	118
4.4.2.6	Einschätzung der Grundwasserbeschaffenheit in den Grundwasserleitern.....	119
4.5	Ergebnisse der statistischen Auswertung in den Grundwasserkörpern	119
4.5.1	Vor-Ort- und Summenparameter	120
4.5.2	Hauptinhaltsstoffe	121
4.5.3	Nähr- und Nebeninhaltsstoffe	123
4.5.4	Schwermetalle und Metalloide sowie Spuren- und Schadstoffe	125
4.6	Auswertung auf Landkreis-Ebene	128
4.7	Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit in Sachsen-Anhalt	130
4.7.1	Einflussfaktoren der Grundwasserbelastungen in Sachsen-Anhalt	130
4.7.2	Vergleich mit den Ergebnissen des Grundwassergüteberichtes 1997 bis 2001	132
4.8	Ergebnisse der Grundwasserüberwachung Dritter	133

4.8.1	Braunkohlebergbau.....	133
4.8.2	Kalibergbau.....	134
4.8.3	Altlasten.....	137
4.8.3.1	ÖGP Bitterfeld-Wolfen.....	140
4.8.3.2	ÖGP Buna.....	142
4.8.3.3	ÖGP Leuna.....	145
4.8.3.4	ADDINOL.....	147
4.8.3.5	ÖGP Hydrierwerk Zeitz.....	149
4.8.3.6	ÖGP Mansfelder Land.....	151
4.8.3.7	ÖGP Magdeburg-Rothensee.....	152
4.8.3.8	Übersicht über die WGT-Liegenschaften.....	153
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	157
6	Quellen- und Literaturverzeichnis.....	159

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtskarte der Hauptgrundwasserleiter (HÜK400) mit Grenzen der Grundwasserkörper
Anlage 2	Übersichtskarte der hydrogeologischen Bezugseinheiten mit Grenzen der Grundwasserkörper
Anlage 3	Übersichtskarte der Landnutzung mit Grenzen der Grundwasserkörper
Anlage 4	Übersichtskarte der Messstellen zur Überwachung des chemischen Zustandes und Ermittlungsmessstellen auf administrativer Ebene (Landkreise, kreisfreie Städte)
Anlage 5	Übersichtskarte der Messstellen zur Überwachung des chemischen Zustandes und Ermittlungsmessstellen mit Grenzen der Grundwasserkörper
Anlage 6	Übersichtskarte der Messstellen zur Überwachung des chemischen Zustandes und Ermittlungsmessstellen mit Darstellung der hydrogeologischen Bezugseinheiten
Anlage 7	Übersichtskarte der Messstellen zur Überwachung des chemischen Zustandes und Ermittlungsmessstellen mit Darstellung der Grundwasserleiter
Anlage 8	Übersichtskarte mit Lage der Bergbaugebiete, Punktquellen, WGT und bedeutende Direkteinleiter mit Grenzen der Grundwasserkörper
Anlage 9	Übersicht zu den Stammdaten der Gütemessstellen

Abkürzungsverzeichnis

AOX	adsorbierbare organische Halogenverbindungen
BG	Bestimmungsgrenze
BTEX	Akylierte Benzole
BZE	Hydrogeologische Bezugseinheit
EU-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
GFS	Geringfügigkeitsschwelle
GLD	Gewässerkundlicher Landesdienst
GrwV	Grundwasserverordnung
GÜSA	Gewässerüberwachungsprogramm Sachsen-Anhalt
GW	Grundwasser
GWK	Grundwasserkörper
GWL	Grundwasserleiter
GWMS	Grundwassermessstellen
GWN	Grundwasserneubildung
HSG	Heilquellenschutzgebiet
K+S Zielitz	Kali und Salz Zielitz GmbH
LAF	Landesanstalt für Altlastenfreistellung
LAGB	Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt
LAU	Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt
LAV	Landesamt für Verbraucherschutz Sachsen-Anhalt
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LBB	Landesbetrieb Bau Sachsen-Anhalt
LEP	Landesentwicklungsplan
LHKW	Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe
LHW	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt
LIMS	Labor-Informationen-Management-System
m u. Gel.	Meter unter Gelände
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
MLU	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt
MW	Mittelwert
ÖGP	Ökologisches Großprojekt
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PSM	Pflanzenschutzmittel
PSMBP	Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte
REP	Regionaler Entwicklungsplan
StaLa	Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt
SW	Schwellenwert
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
WG LSA	Wassergesetz für das Land Sachsen-Anhalt
WGT	Westgruppe der Truppen (Rote Armee)
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WSG	Wasserschutzgebiet

1 Vorwort

Die Überwachung des Grundwassers ist unverzichtbare Grundlage für eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung und den vorbeugenden Grundwasserschutz. Die Anforderungen der Grundwasserüberwachung ergeben sich aus der durch das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und der Grundwasserverordnung (GrwV) in nationales Recht umgesetzten Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000/60/EG) und der Grundwasserrichtlinie (GWRL, 2006/118/EG).

In Sachsen-Anhalt hat der Gewässerkundliche Landesdienst mit Verweis auf § 111 des Wassergesetzes für das Land Sachsen-Anhalt (WG LSA) die Aufgabe, Gewässerdaten zu ermitteln, die Messergebnisse auszuwerten, zu beurteilen und zu veröffentlichen. Die Grundwasserüberwachung erfolgt im Rahmen des Gewässerüberwachungsprogramms Sachsen-Anhalt (GÜSA).

Die im Rahmen der Grundwasserüberwachung erhobenen Daten ermöglichen einen zusammenhängenden und umfassenden Überblick über den chemischen und mengenmäßigen Zustand des Grundwassers. Sie sind darüber hinaus eine wesentliche Grundlage für erforderliche wasserwirtschaftliche Planungen, Maßnahmen und Entscheidungen.

Der jetzt vorliegende Grundwassergütebericht beinhaltet die zusammengefassten Ergebnisse der qualitativen Grundwasserüberwachung für den Zeitraum 2001 bis 2010. Er schließt damit lückenlos an die Auswertung der Grundwasserüberwachung für den Zeitraum 1997 und 2001 im zuletzt veröffentlichten Grundwassergütebericht aus dem Jahr 2004 an.

2 Einführung

2.1 Grundwasser als Teil des hydrologischen Kreislaufes

Die Neubildung von Grundwasser als Teil des hydrologischen Kreislaufs kann vor allem durch das Versickern von Niederschlagswasser, aber auch durch das Infiltrieren von Wasser aus fließenden oder stehenden Gewässern erfolgen. Dabei wird die Menge an Wasser, welche einem Grundwasserleiter pro Zeiteinheit zufließt, als Grundwasserneubildung bezeichnet.

Zu den die Verhältnisse Sachsen-Anhalts beschreibenden Wasserhaltsgrößen folgende allgemeine Angaben:

- **Niederschlag**

Laut DWD beläuft sich die Niederschlagsmenge für Sachsen-Anhalt im langjährigen Mittel auf 547 mm/a, dies entspricht einer Gesamtwassermenge von $1,1 \cdot 10^{10} \text{ m}^3/\text{a}$. Bei dieser Betrachtung muss jedoch berücksichtigt werden, dass im Harz einschließlich des Brockens deutlich höhere Niederschläge bis ca. 1.800 mm/a zu verzeichnen sind. Mit Ausnahme des Harzes bzw. der Gebiete um Salzwedel, Bitterfeld und Oranienbaum sowie dem Kreis Burgenland fallen entsprechend dem langjährigen Mittel zwischen 550 und 650 mm/a Niederschlag. Der trockenste Ort mit 429 mm/a im langjährigen Mittel ist Aseleben östlich der Lutherstadt Eisleben (SCHRÖDER, 1997).

- **Verdunstung**

Die potentiell mögliche Verdunstung ist unterdessen im mittleren östlichen Sachsen-Anhalt einschließlich der Gebiete um bzw. südöstlich von Halle, östlich von Magdeburg und nördlich des Harzes mit 570 bis 590 mm/Jahr am höchsten. Während das Minimum der potentiellen Verdunstung im Harzraum bei 450 bis 500 mm/Jahr liegt.

- **Abfluss**

Der Abfluss in Sachsen-Anhalt liegt in der Regel im Bereich zwischen 60 und 200 mm/Jahr. Zehrung ist vor allem in den Gebieten des Elbe-Havel-Kanals und westlich von Dessau-Roßlau festzustellen. Die maximalen in Sachsen-Anhalt auftretenden unterirdischen Abflüsse liegen im Harz mit im Mittel über 500 mm/a vor.

Die Rate der Grundwasserneubildung ist variabel und unterliegt jahreszeitlichen und jährlichen Schwankungen. Ferner besteht eine deutliche Abhängigkeit der Grundwasserneubildung (GWN) zur Niederschlagsmenge und -intensität sowie zur Vegetation, dem Grundwasserflurabstand, der Hangneigung und Bodenvorfeuchte, der Boden- und Gesteinsart und nicht zuletzt der Landnutzung durch den Menschen.

Die folgende Abb. 1 lässt die räumliche Verteilung der berechneten mittleren Grundwasserneubildungshöhen für Sachsen-Anhalt erkennen. Wenigen Gebieten mit mehr als 150 mm/a stehen große Regionen mit weniger als 150 mm/a bzw. Zehrgebieten gegenüber.

Die Grundwasserneubildung ist von besonderem wasserwirtschaftlichem Interesse, da in Sachsen-Anhalt annähernd zwei Drittel des gewonnenen Trinkwassers aus Grundwasser- und Quellwasser sowie Uferfiltrat und angereichertem Grundwasser stammen.

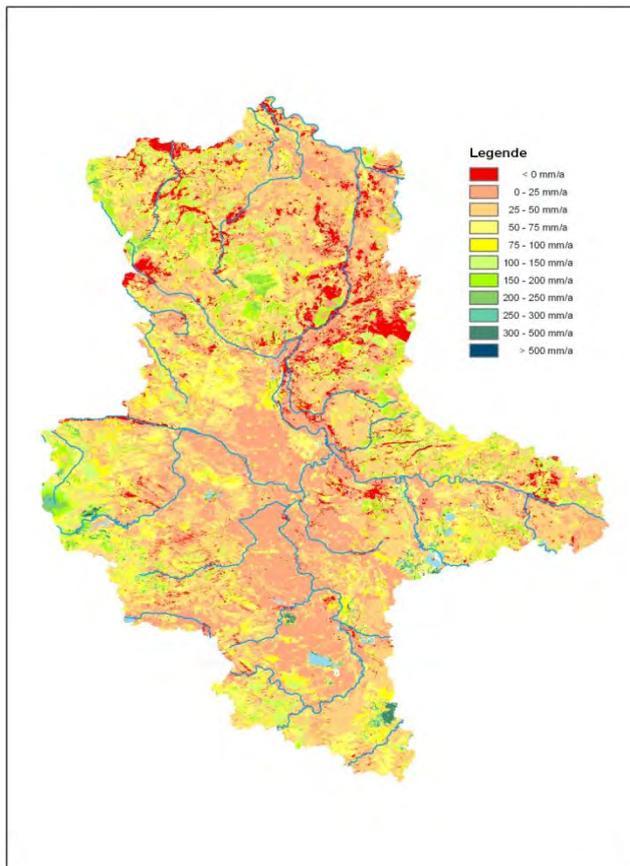


Abb. 1: Berechnete mittlere Grundwasserneubildungshöhe 1971 – 2000¹

2.2 Geologie und hydrogeologische Situation in Sachsen-Anhalt

Die Grundwasserverhältnisse in Sachsen-Anhalt sind bestimmt durch die morphologischen und geologischen Gegebenheiten. Demnach besitzt Sachsen-Anhalt keine morphologischen Grenzen. Es umfasst vielmehr Teile des norddeutschen Tieflandes, einen breiten Übergangsbereich des Berg- und Hügellandes und im Südwesten als Mittelgebirge den Harz (BACHMANN et al., 2008).

Das Gebiet Sachsen-Anhalts ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl heterogener geologischer bzw. hydrogeologischer Strukturen. Es umfasst sämtliche stratigrafische Einheiten vom Präkambrium bis zum Holozän. Hier haben aufragende Grundgebirge, ältere und jüngere magmatische Gesteine sowie Tafeldeckgebirge mit mächtigen Sedimentablagerungen der Trias, des Jura und der Kreide eine weite Verbreitung. Neben pleistozänen Sedimenten – holozäne Sedimentablagerungen sind nur in den Flussauen vorhanden – beherrschen auch tertiäre Ablagerungen das sachsen-anhaltische Gebiet.

Die Grundwasservorkommen sind insbesondere an die im Norden und Osten Sachsen-Anhalts auftretenden Lockergesteine, überwiegend Sande und Kiese, gebunden. Im Süden Sachsen-Anhalt dominieren dagegen Festgesteine. Als wasserwirtschaftlich bedeutsam sind hier insbesondere Sand- und Kalksteine zu nennen.

Die Abb. 2 zeigt die Verbreitung der Lockergesteins- und Festgesteinsgrundwasserleiter.

¹ Quelle: Zwischenbericht „Räumlich differenzierte Quantifizierung der Nährstoffeinträge in Grundwasser und Oberflächengewässer in Sachsen-Anhalt unter Anwendung der Modellkombination GROWA-WEKU-MEPhos“; unveröffentlicht, 2012

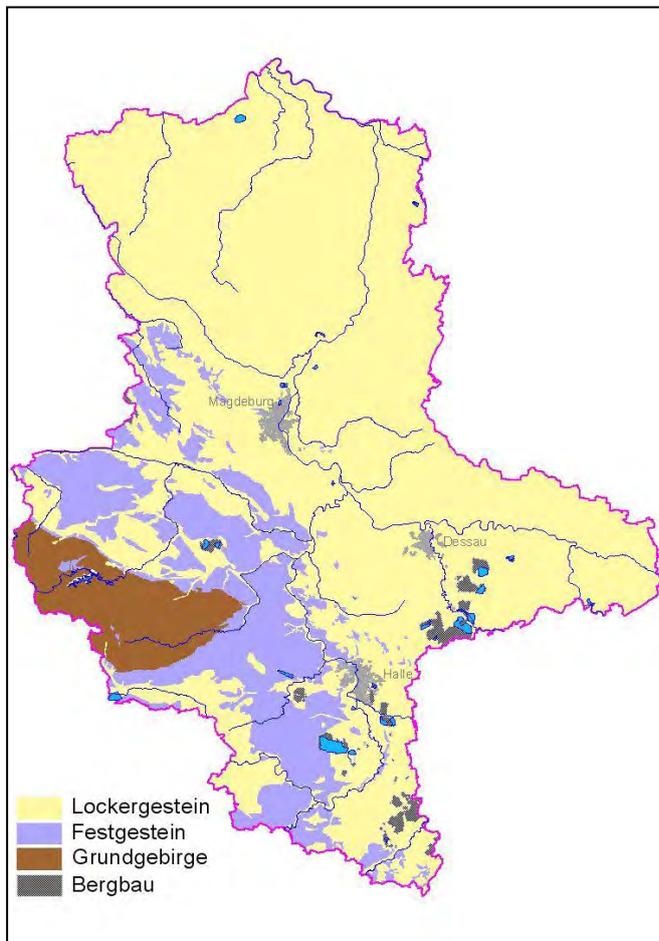


Abb. 2: Hydrogeologische Übersichtskarte Sachsen-Anhalt²

Die in Sachsen-Anhalt genutzten Grundwasservorräte entfallen zu 90 % auf das Lockergestein und zu 10 % auf das Festgestein. Im Grundgebirge des Harzes sind keine ergiebigen Grundwasserleiter anzutreffen.

Eine Übersichtskarte der Hauptgrundwasserleiter (HÜK 400) ist in Anlage 1 enthalten.

² Quelle: Herausgeber LAGB (2000), HÜK 400 - vereinfacht

2.3 Grundwasser als Trinkwasserressource

Die öffentliche Wasserversorgung ist nach § 50 Abs. 1 WHG eine Aufgabe der Daseinsvorsorge. In Sachsen-Anhalt ist die Trinkwasserversorgung eine Pflichtaufgabe der Gemeinden. Diese haben im Rahmen der Daseinsvorsorge die Aufgabe, die Bevölkerung und die gewerblichen und sonstigen Einrichtungen in ihrem Gebiet mit Trinkwasser zu versorgen.

Das Trinkwasseraufkommen im Land Sachsen-Anhalt aus Eigengewinnung und Fremdbezug abzüglich der Abgabe an andere Bundesländer betrug im Jahr 2010 mit Verweis auf den Bericht zur öffentlichen Wasserversorgung für das Jahr 2010 (Stand Juli 2012, LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT und LANDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ SACHSEN-ANHALT) ca. 137,48 Mio. m³.

Im Kalenderjahr 2010 wurden ca. 126,10 Mio. m³ aus dem Grundwasser, aus Quellen und Oberflächenwässern des Landes entnommen. In Abb. 3 sind die Anteile an Grund- und Quellwasser, sowie Oberflächenwasser und Uferfiltrat einschließlich angereicherter Grundwassers an der Trinkwassereigengewinnung bezogen auf die Eigengewinnung dargestellt. Danach werden annähernd zwei Drittel des geförderten Trinkwassers aus Grund- und Quellwasser sowie Uferfiltrat und angereicherter Grundwasser entnommen. Die Wasserentnahme erfolgt insbesondere aus den Gesteinen des Buntsandstein, Muschelkalk, Tertiär und Quartär.

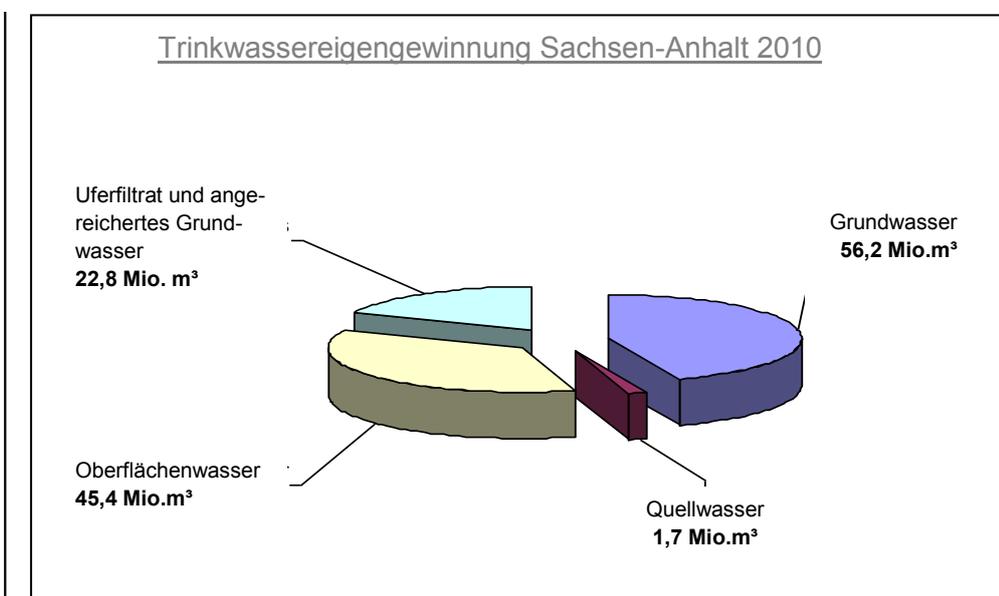


Abb. 3: Anteil der Wasserarten an der Trinkwassereigengewinnung

In Abb. 4 ist die Entwicklung der Trinkwassereigengewinnung von Sachsen-Anhalt von 1991 bis 2010 dargestellt. Erkennbar sind ein Rückgang des Anteils an Uferfiltrat und angereicherter Grundwasser an der Gesamtentnahme sowie ein genereller Rückgang der Eigengewinnung insgesamt. Seit dem Jahr 2007 stagniert die Trinkwassereigengewinnung auf dem gleichen Niveau.

Aus der in Abb. 5 dargestellten Trinkwasserverbrauchsstruktur von 2010 geht hervor, dass der überwiegende Teil des bereitgestellten Trinkwassers von privaten Haushalten und vom Kleingewerbe verbraucht wird. Den geringsten Anteil am Trinkwasserverbrauch hat der Bereich Landwirtschaft und Sonstiges.

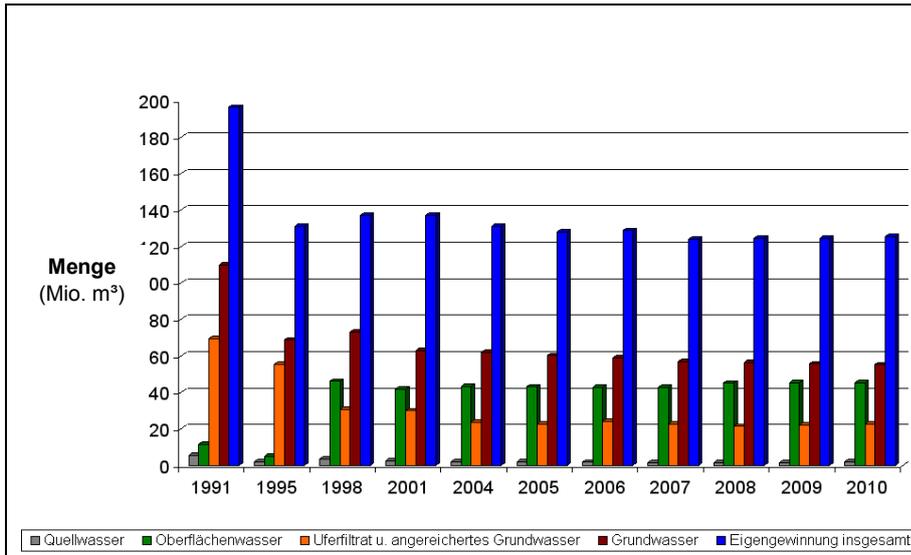


Abb. 4: Entwicklung der Trinkwassereigengewinnung im Zeitraum 1991-2010

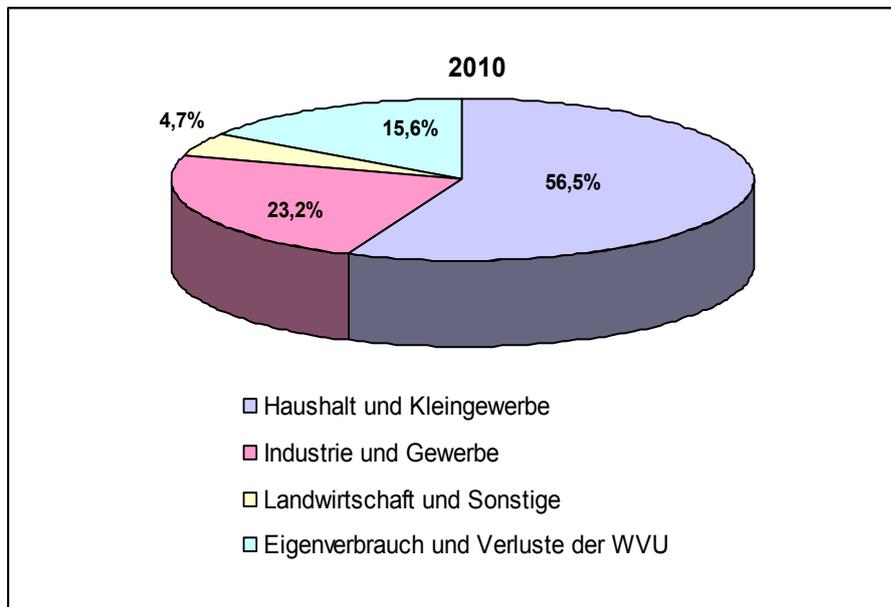


Abb. 5: Trinkwasserverbrauchsstruktur für das Jahr 2010

Der Bundesgesetzgeber hat der Bedeutung einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Gewässer mit dem seit dem 1. März 2010 geltenden Wasserhaushaltsgesetz (WHG) zusätzliches Gewicht beigemessen. In § 6 Abs. 1 WHG erklärt er die Nachhaltigkeit zur übergeordneten Leitlinie der Gewässerbewirtschaftung und betont die Erhaltung der Nutzungsmöglichkeiten der Ressource für die öffentliche Wasserversorgung. Eine nachhaltige Wasserversorgung muss die kontinuierliche Verfügbarkeit der Ressource Wasser nach Menge und Qualität gewährleisten. Dazu werden nachfolgende Schutzinstrumente eingesetzt:

- Wasserschutzgebiete
- Wasservorbehalts- und Wasservorranggebiete in raumordnerischen Planungen, wie Landesentwicklungsplan (LEP) und Regionalen Entwicklungsplan (REP)

Einen Überblick zu den in Sachsen-Anhalt nach § 51 WHG i.V.m. § 73 WG LSA festgesetzten Wasserschutzgebieten gibt die nachfolgende Tabelle 1.

Tab. 1: Wasser- und Heilquellenschutzgebiete (WSG/HSG) in Sachsen-Anhalt (LAU, 2012)

Landkreis	Anzahl WSG	Anzahl HSG
Altmarkkreis Salzwedel	6	
Anhalt-Bitterfeld	5	
Börde	12	
Burgenlandkreis	41	
Harz	28	1
Jerichower Land	10	
Mansfeld-Südharz	32	
Saalekreis	9	1
Stendal	16	
Wittenberg	11	
Dessau-Roßlau, Stadt	3	
Halle, Stadt	1	

Datenstand: November 2010

Darüber hinaus sind im Landesentwicklungsplan des Landes Sachsen-Anhalt 2010 als Vorranggebiete für die Wassergewinnung festgelegt: Colbitz-Letzlinger Heide, Talsperrensystem Ostharz, Westfläming, Ziegelrodaer Plateau, Finneplateau, Weißenfels/Stößen und Klöden/Elbaue.

In den Regionalen Entwicklungsplänen der fünf Planungsregionen Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg, Harz, Altmark, Magdeburg und Halle sind insgesamt 60 Vorranggebiete sowie 22 Vorbehaltsgebiete ausgewiesen.

Vorranggebiete für die Wassergewinnung sind Gebiete, die der qualitativen und quantitativen Sicherung der öffentlichen Trinkwassergewinnung dienen. Vorbehaltsgebiete für die Wassergewinnung sind Gebiete mit Wasservorkommen, die im Interesse der Trinkwasserversorgung kommender Generationen langfristig gesichert werden sollen.

2.4 Grundwasser als Lebensraum

Das Grundwasser ist Lebensraum für verschiedene Faunen und Mikrobiologie. Dies betrifft abgesehen von Bakterien und Viren vor allem Krebstiere, Schnecken, Milben und Würmer. Die hohe Anpassung dieser Organismen an ihren Lebensraum hat zur Folge, dass bereits relativ geringe Änderungen der im Wasser vorliegenden geogenen Konzentrationen durch anthropogene Beeinflussungen zu schnellen Reaktionen der Biozönose führen. Dieses Ökosystem bietet somit sehr gute Voraussetzungen für die Nutzung als Bioindikator, welcher letztlich der Bewertung der Umwelt dienlich sein kann und den Einfluss von Oberflächenwässern widerspiegelt. Untersuchungen der Grundwasserfauna wurden in Sachsen-Anhalt in den Jahren 2008 und 2009 durch das Institut für Grundwasserökologie GbR Landau (IGÖ) durchgeführt. Die Ergebnisse sind im Kapitel 4.6.7 dargestellt.

2.5 Belastungspotenziale und deren Eintragspfade

Die Grundwasserqualität kann sowohl geogen geprägt als auch anthropogen beeinflusst sein. Zur Abgrenzung von anthropogenen Einflüssen auf die Beschaffenheit des Grundwassers wurden 2008³ landesweit natürliche Hintergrundwerte für das Grundwasser abgeleitet. Die ermittelten Hintergrundwerte bilden die Referenzdaten für die Bewertung von Messwerten zur Beschaffenheit aus der Grundwasserüberwachung. Anhand des Vergleichs von Messergebnissen mit den Hintergrundwerten können Rückschlüsse auf anthropogene Beeinflussungen gezogen werden.

Die Ausweisung potenzieller Belastungsschwerpunkte ist insbesondere zur Klärung von Fragestellungen zur Nutzung von Grundwasservorräten für Trinkwasserzwecke erforderlich. Hierzu ist einerseits das na-

³ Bestimmung von Hintergrundwerten für das Grundwasser Sachsens-Anhalts einschließlich Regionalisierung und Ableitung von Schwellenwerten.- HYDOR, 2008

türliche Schutzpotenzial der Grundwasserüberdeckung unter Berücksichtigung der Mächtigkeit anstehender bindiger, schlecht Wasser durchlässiger Deckschichten bzw. von Grundwasserflurabständen zu bewerten. Andererseits sind potenzielle Quellen einer möglichen Beeinflussung zu erfassen.

Für regionale Fragestellungen in Sachsen-Anhalt kommen prinzipiell als Belastungsquellen in Frage:

- Versalzung durch aufsteigendes, natürlich versalzene Grundwasser (geogene Salinität),
- Versauerung durch atmosphärische Stoffeinträge in wenig gepufferte Grundwasserleiter,
- Landwirtschaftliche Bodennutzung (Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel),
- Altlasten im Sinne von Altstandorten und Altablagerungen,
- Bergbau und Bergbaufolgen sowie Altbergbau,
- Abwasserbasierte Einflüsse,
- Industrielle Beeinflussung (untergeordnet)

Diese Faktoren sind bei der Beurteilung der Grundwasserbeschaffenheit im regionalen Maßstab in der „Erstmaligen Beschreibung“ nach EU-WRRL zur Ermittlung der „gefährdeten Grundwasserkörper“ bzw. der sich daran anschließenden „Weitergehenden Beschreibung“ ermittelt und bewertet worden (MLU SACHSEN-ANHALT, 2005). Die Hauptbelastungspotenziale für das Grundwasser bilden demnach Stoffeinträge aus Punktquellen und diffuse Quellen. Der Grad der aus Belastungspotenzialen resultierenden Grundwassergefährdung ergibt sich aus der Bewertung der natürlichen Standorteigenschaften hinsichtlich des natürlichen Schutzpotentials der Grundwasserüberdeckung.

2.6 Grundwasserstandsüberwachung im Überblick

Die gewässerkundliche Überwachung des Grundwasserstandes wird an dieser Stelle lediglich angerissen und nicht weiter vertiefend behandelt. Sie hat entsprechend § 111 WG LSA das Ziel, möglichst flächendeckend und repräsentativ die Grundwasserstände landesweit in Sachsen-Anhalt zu erfassen. Es sollen sowohl langfristige als auch jahreszeitliche Schwankungen und somit die Veränderungen des Grundwasserniveaus beobachtet und interpretiert werden.

Zur Entwicklung des Landesmessnetzes Grundwasserstand:

Waren im Jahr 1994 noch 1.833 Grundwasserstandsmessstellen im Bestand der drei Staatlichen Ämter für Umweltschutz, so erfolgte durch fortlaufende Optimierung und Rekonstruktion des Messnetzes eine Reduzierung der Messstellen bis 2001 auf 1.264. Mit Stand vom Dezember 2010 waren im Landesmessnetz Grundwasser 1.244 Messstellen integriert.

Abb. 6 zeigt die Grundwasserstandsmessstellen in Sachsen-Anhalt mit Stand 2010.

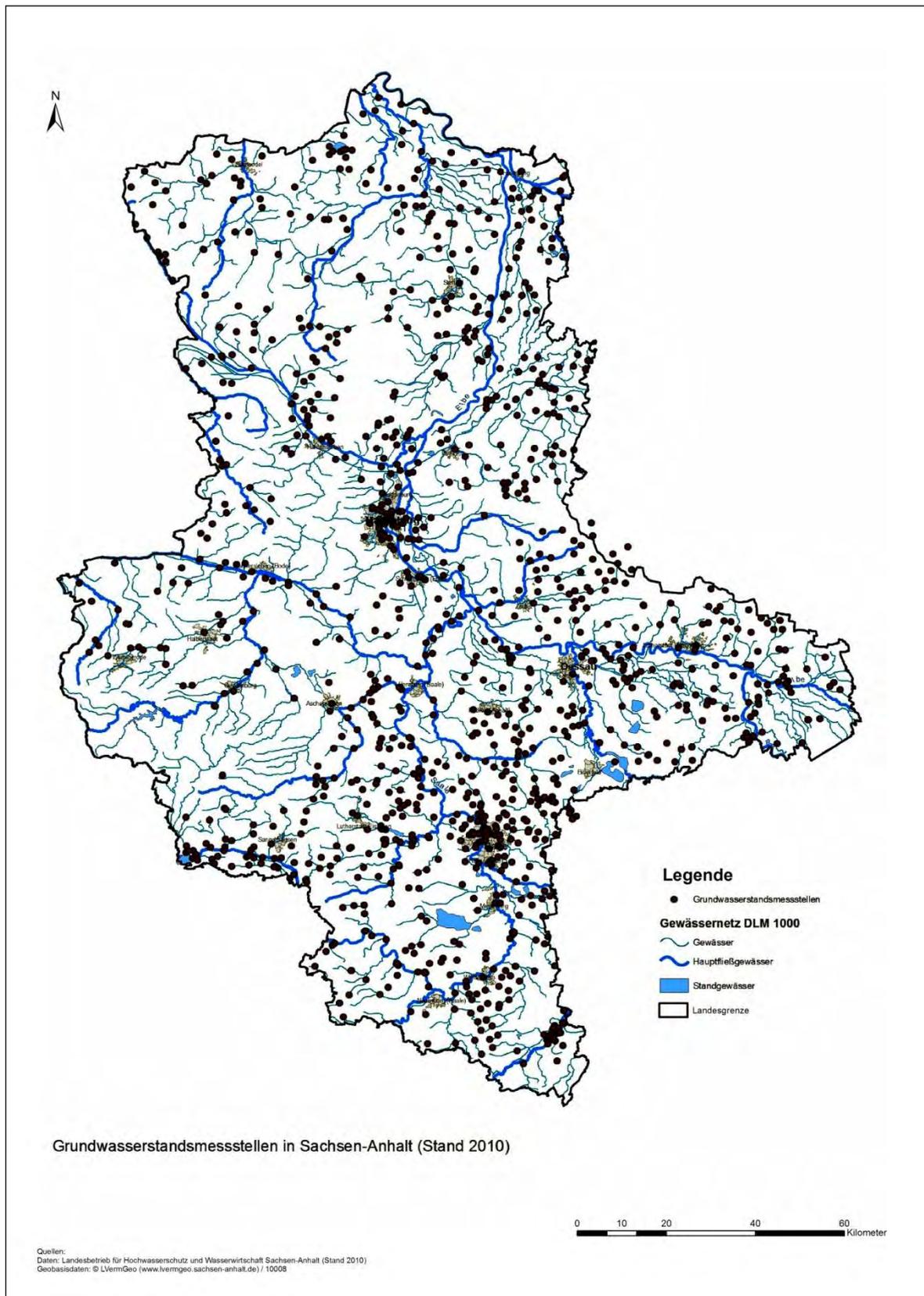


Abb. 6: Grundwasserstandsmessstellen in Sachsen-Anhalt mit Stand 2010

Mit dem Landesmessnetz Grundwasserstand erfolgt auch die Überwachung des mengenmäßigen Zustands entsprechend den Anforderungen der in nationales Recht umgesetzten Europäischen Wasser- rahmenrichtlinie und der Grundwasserrichtlinie. Für die Überwachung des mengenmäßigen Zustands sind der Grundwasserstand und seine Entwicklung über die Zeit die maßgebenden Kriterien.

Die Weiterentwicklung und Optimierung des Landesmessnetzes Grundwasserstand ist eine dauerhafte Aufgabe. Auch in Zukunft werden Bereiche mit einer zu geringen aber auch zu großen Messstellendichte bei weiteren Messnetzoptimierungen Beachtung finden.

3 Systematik der Grundwasserüberwachung (Chemie) in Sachsen-Anhalt

3.1 Messnetz und Messprogramm

Das Landesmessnetz Grundwasserbeschaffenheit wurde im Zeitraum von 2001 bis 2010 von 122 auf 464 Messstellen erweitert. Die Messstellen setzen sich zusammen aus 394 Grundwasserbeobachtungsrohren, 64 Quellen und 6 Stollen. Das Messprogramm wird im Rahmen des Gewässerüberwachungsprogramms Sachsen-Anhalt (GÜSA) aufgestellt, den fachlichen Aufgaben und Erfordernissen angepasst und jährlich fortgeschrieben. Die Aufgaben der Grundwasserüberwachung bestehen vordergründig in der Beschreibung der natürlichen Grundwasserbeschaffenheit, geprägt durch den geogenen Hintergrund, und dem frühzeitigen Erkennen von anthropogenen Belastungen.

Basierend auf den Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wird in überblicksweiser und operativer Überwachung unterschieden. Die überblicksweiser Überwachung dient der Erkennung der Trends von Schadstoffkonzentrationen und einer flächendeckenden Beurteilung des chemischen Zustandes für alle Grundwasserkörper des Landes. Ferner dient es der Validierung der Beschreibungen von Grundwasserkörpern und der Ausweisung von Defiziten. Basis der überblicksweisen Überwachung in den verschiedenen Grundwasserkörpern bilden mit Stand 08.12.2010 insgesamt 267 Messstellen

In die Überwachung von Belastungen (operative Überwachung) sind aktuell 259 Landesmessstellen einbezogen. Dabei können Messstellen aus der überblicksweisen Überwachung eine Teilmenge aus dem Messstellenpool der operativen Überwachung darstellen und umgekehrt.

Hinzu kommen noch außerhalb des Landesmessnetzes bestehende Messstellen zur Grundwasserüberwachung, zum Beispiel aus dem Bereich der Altlasten sowie des aktiven Bergbaus und des Sanierungsbergbaus.

3.2 Datenverwaltung und Auswertemodule

Die Verwaltung der erhobenen Daten zur Grundwasserbeschaffenheit erfolgt mit Hilfe eines Labor-Informationen-Management-Systems (LIMS). Es beinhaltet alle Funktionalitäten, um den kompletten Workflow eines modernen Labors zu bewältigen.

Die Grundausstattung des LIMS umfasst:

- die Verwaltung von Basisdaten: z. B. allgemeine Benutzer- und Adressverwaltung
- die Verwaltung von Stammdaten u. a. zu Grundwassermessstellen
- die Verwaltung von Maßeinheiten und deren Umrechnungen
- die Verwaltung von Prüfmethoden mit Prüfparametern und Methoden
- die Verwaltung von Messgeräten und Zubehör (Gerätemanagement)
- die Verwaltung von im Labor erzeugten chemischen, physikalischen und biologischen Daten (Probendaten)
- ein Plausibilitätsmanagement: Probenbewertung und Freigabe
- eine Grenzwertverwaltung - interaktive Bewertung von Ergebnissen
- ein Berichtswesen - Verwaltung/Erzeugung von Prüfberichten auf Basis von Vorlagen
- die Ablage binärer Objekte - Zuordnung von Dateien zu jedem Datensatz
- eine in allen Kategorien konfigurierbare Änderungshistorie.

Es bildet somit die Grundlage für alle in der Grundwassergüte landesweit auszuwertenden Analysen. Das LIMS wird im LHW seit 1992 betrieben und umfasst derzeit die Datenverwaltung u. a. von 1.055 Grundwassermessstellen. Neben den Daten aus dem Landesmessnetz gehen in das LIMS Daten weiterer Grundwassermessstellen ein, die außerhalb des Landesmessnetzes von Dritten betrieben und überwacht werden.

Im LIMS existieren verschiedene Menü-Sichten (Anzeige graphischer Darstellungen, Formulare, Berichte, Listen, Berechnungen) und Auswertetools.

Seit dem Jahr 2012 ist z. B. ein Auswertetool für die Zustandsbestimmung und die Trendermittlung von Grundwasserkörpern nach den Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie verfügbar. Neben den systemeigenen Auswertetools ist der Datenexport in verschiedene andere Formate zur Verarbeitung in beispielsweise Excel oder in Geoinformationssystemen (GIS) möglich.

3.3 Datengrundlage

Der Grundwassergütebericht basiert auf den Gütedaten des Landesmessnetzes mit insgesamt 464 Messstellen, welche im Rahmen der Grundwasserüberwachung erhoben werden (siehe Anlagen 4 bis 7). Im Betrachtungszeitraum 2001 bis 2010 sind zum einen neue Messstellen hinzugekommen bzw. im Einzelfall sind Messstellen auch ausgetauscht worden. Verschiedene Parameter werden nicht jedes Jahr untersucht. Zusätzlich wurden die Daten von 42 Ermittlungsmessstellen des Jahres 2010 zur Auswertung herangezogen (siehe Anlagen 4 bis 7). Um mit Hilfe der erhobenen Daten repräsentative Aussagen über die Beschaffenheit des Grundwassers treffen zu können, wurden Plausibilitätsprüfungen und eine entsprechende Datenaufbereitung durchgeführt (siehe auch Kapitel 4.1.1 ff).

Die Beschaffenheitsdaten der Gütemessstelle „Schlüsselstollen“ wurden in Ergänzung der übrigen Daten der Gütemessstellen bei der Bewertung des betreffenden GWK separat berücksichtigt. Der Schlüsselstollen ist zwar Bestandteil des Landesmessnetzes, nimmt jedoch aufgrund seiner speziellen Zielstellung, Aussagen zur Entwässerung des Altbergbaus zu ermöglichen, eine Sonderstellung ein.

3.4 Bewertungsebenen

Die fachlichen Bewertungsebenen für die Beschaffenheit des Grundwassers in Sachsen-Anhalt sind:

- Ebene 1 - Hydrogeologische Bezugseinheiten (BZE)
- Ebene 2 - Grundwasserleiter (GWL)
- Ebene 3 - Grundwasserkörper (GWK).

Zusätzlich werden in diesem Bericht die Grundwassergütedaten landesweit (siehe Kapitel 4.3) sowie auf Landkreis – Ebene (siehe Kapitel 4.6) ausgewertet.

Hydrogeologische Bezugseinheiten (BZE)

Die Grundwasserbeschaffenheit wird maßgeblich von der Petrografie und den hydrodynamischen Verhältnissen der durchströmten Gesteinseinheiten bestimmt. Die notwendige Differenzierung der betrachteten Grundwasserleiter sollte die unterschiedlichen Verhältnisse, die durch die petrografischen und hydrodynamischen Unterschiede hervorgerufen werden, möglichst gut widerspiegeln. Hierzu hat das Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB) eine Einteilung in hydrogeologische Bezugseinheiten (BZE) vorgenommen. Die Definition und räumliche Aggregierung der hydrogeologischen Bezugseinheiten erfolgten auf Basis der Verbreitung hydrochemisch relevanter und wasserwirtschaftlich genutzter Einheiten bzw. Grundwasserleiter in Sachsen-Anhalt.

Soweit möglich wurden dabei auch bisher vorhandene und räumlich in Sachsen-Anhalt ausgewiesene Einheiten wie zum Beispiel hydrogeologische Räume und Einheiten der Hydrogeologischen Karte HK 50 berücksichtigt. Die Einteilung der BZE erfolgte durch das LAGB methodisch weitgehend in Anlehnung an die Bezugseinheiten der bundesweiten Bestimmung der „natürlichen, ubiquitär überprägten Grundwasserbeschaffenheit“ nach KUNKEL et al. (2004) sowie auch entsprechend der landesspezifischen Gegebenheiten (HYDOR, 2008). Weiterhin wurden die zunächst einheitlich als eine einzige Bezugseinheit ausgewiesenen Grundwasserleiter des sog. „Nordraumes“, also den Anteilen des Landes Sachsen-Anhalt an den norddeutschen Lockergesteinsgebieten, zur Auswertung der Grundwasserbeschaffenheit in drei Bezugseinheiten in Abhängigkeit von der Tiefenlage des Filterausbaus (< 10 Meter, 10 bis 25 Meter und 25 bis 50 Meter) untergliedert.

Eine Übersicht zu den 15 hydrogeologischen Bezugseinheiten in Sachsen-Anhalt gibt Tab. 2.

Tab. 2: Hydrogeologische Bezugseinheiten (BZE) in Sachsen-Anhalt, Quelle: LHW und HYDOR (2008)

Nr.	Hydrogeologische Bezugseinheit (BZE)	Kurzform	Strat. LSA *	Flächenanteil (%)	Anzahl Güte-Mst.	Anzahl Ermittl.-Mst.
1	quartäre GWL Nordraum, Filter <10 m u. Gel.	Quartär Nordraum <10 m	qp (Nord)	39,2	48	12
2	quartäre GWL Nordraum, Filter 10 bis 25 m u. Gel.	Quartär Nordraum 10 - 25 m	qp (Nord)		77	4
3	quartäre GWL Nordraum, Filter 25 bis 50 m u. Gel.	Quartär Nordraum >25 m	qp (Nord)		37	0
4	weichselkaltzeitliche (und holozäne) GWL	Niederterrasse	qw (Süd)	14,8	61	14
5	glazifluviale Sande und Kiese außerhalb des norddeutschen Lockergesteines	glazifluviale Sande und Kiese	qs, qe (Süd)	11,7	74	3
6	tertiäre Sedimente	Tertiär	t	5,6	15	4
7	Unterer/Oberer Muschelkalk (ohne mm, mit soMy)	Muschelkalk	m	4,2	28	0
8	Sandsteinfolgen Buntsandstein (su & sm, außer so)	Buntsandstein	s	4,0	43	2
9	Sandsteine und silikatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk	silikatische Wechselfolgen	mss	6,7	30	0
10	karbonatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk	karbonatische Wechselfolgen	msk	4,0	16	1
11	Sedimente Grundgebirge - silikatisch	Grundgebirge silikatisch	pls	6,7	27	2
12	Sedimente Grundgebirge - karbonatisch	Grundgebirge karbonatisch	plk	0,1	2	0
13	saure Magmatite	saure Magmatite	plms	1,3	4	0
14	basische Magmatite	basische Magmatite	plmb	0,2	2	0
15	anthropogene Aufschüttungen	Aufschüttung	a	1,5	0	0

Zur Erläuterung der Kürzel: a Aufschüttung (z. B. Tagebaue, Kippen), qp Quartär Pleistozän, qw Quartär Weichsel, qs Quartär Saale, qe Quartär Elster, t Tertiär, m Muschelkalk, s Buntsandstein, mss Mesozoikum silikatisch, msk Mesozoikum karbonatisch, pls Paläozoikum silikatisch, plk Paläozoikum karbonatisch, plms Paläozoikum, Magmatite sauer, plmb Paläozoikum, Magmatite basisch

Während die Ermittlung der Grundwasserbeschaffenheit des Nordraumes, wie bereits beschrieben, für drei unterschiedliche Tiefenbereiche (BZE 1 bis 3 nach HYDOR, 2008) durchgeführt wurde, erfolgte für die Darstellung der Ergebnisse in Karten eine abweichende Unterteilung des Nordraumes. In den Ergebniskarten wird der Nordraum in Anlehnung an die flächenhafte Verbreitung der Hauptgrundwasserleiter in der HÜK 400 in die folgenden drei Einheiten untergliedert:

- unbedeckte fluviatile GWL der Niederung des Nordraumes
- unbedeckte glazifluviale GWL im Nordraum
- bedeckte glazifluviale GWL im Nordraum.

Somit ist für den Nordraum eine höhere Auflösung in Bezug auf hydrogeologische und grundwasserleiterrelevante Merkmale gegeben (siehe Anlage 2).

Grundwasserleiter (GWL)

Ein Grundwasserleiter ist ein Gesteinskörper mit Hohlräumen, der zum Fließen von Grundwasser geeignet ist. Es werden drei Typen von Grundwasserleitern unterschieden:

- Porengrundwasserleiter – Locker- oder Festgestein mit durchflusswirksamen Porenraum, ,
- Kluffgrundwasserleiter – Festgestein mit durchflusswirksamen Klüften und Gesteinsfugen,
- Karst-Grundwasserleiter – Karbonatgesteine mit durchflusswirksamen Verkarstungen.

Ein Grundwasserleiter wird geologisch durch wasserundurchlässige bzw. geringdurchlässige Schichten (z. B. Tone) begrenzt.

Eine Zuordnung der verschiedenen Grundwasserleitertypen zu stratigrafischen Einheiten sowie die Belegung mit Gütemessstellen der Grundwasserüberwachung zeigt die nachfolgende Tab. 3.

Tab. 3: Bewertungsebene Grundwasserleiter nach LHW (2011), siehe auch Anlage 7

GWL-Komplex	Kürzel GWL (= Stratigrafie Filterstrecke)	GWL ⁴⁾ (gesamt)	Typ GWL ⁵⁾	Anzahl Güte- Mst. (2011)	Anzahl Ermittl. Mst. (2011)
Holozäne Sedimente	Qh	qh	P	3	3
Pleistozäne Kiese und Sande	q, qp, qw, qw/qs, qs, qs/qe, qs/qh, qe/qs, qe, qD, qp/t, qs/t, qs/qe/t, qp+kro	q	P	295	33
Tertiär (ungegliedert)	t, tmi, tol	t	P	13	2
Kreide, Jura	kro, kro/krca, krca, ju	kr	Ka/Kl	6	0
Keuper	k, ko, km, ku, k/m	k	Kl	14	0
Muschelkalk ¹⁾	m, mo, mo/mm, mm, mu		Ka/Kl	29	0
Oberer und Mittlerer Muschelkalk ²⁾	mo, mo/mm	mo-mm		5	0
Unterer Muschelkalk ²⁾	Mu	mu		24	0
Buntsandstein ¹⁾	so, so/sm, sm, sm/su, su		Kl	59	0
Oberer Buntsandstein ²⁾	So	so		7	0
Mittlerer Buntsandstein ²⁾	Sm	sm		32	0
Unterer Buntsandstein ²⁾	Su	su		20	2
Zechstein (ungegliedert)	PO, z, d/z	z	Kl	5	0
Permokarbon sedimentär (Oberkarbon + sedimentäres Rotliegendes)	r, ro, c, co, cs, cstMA	r1	P/Kl	12	2
Permokarbon eruptiv ³⁾	r, ru, cstMA	r2	Kl	4	0
Altpaläozoikum (Unterkarbon, Devon, Silur)	c, cu, cu/do, d, do, D1, D3, du, si	d	Kl	24	0
Summe				464	42

¹⁾ Gesamtanzahl

²⁾ Anzahl der Messstellen, die ausschließlich im genannten GWL verfiltert sind

³⁾ Zuordnung, wenn BZE = 13 (Saure Magmatite)

⁴⁾ GWL (gesamt) wird im Folgenden zur Vereinfachung der Darstellung im Bericht verwendet und beinhaltet jeweils die in der Spalte "Kürzel GWL" aufgeführten stratigrafischen Filterstrecken

⁵⁾ Typ GWL: Ka = Karst-GWL, Kl = Kluff-GWL, P = Poren GWL

Grundwasserkörper (GWK)

Grundwasserkörper sind nach § 3 Nummer 6 des WHG abgegrenzte Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter. In ihnen wird der Grundwasserzustand beschrieben, bewertet und überwacht. Entsprechend den Anforderungen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie wurden landesweit 77 Grundwasserkörper mit einer Größe von 0,02 km² bis 1.343 km² in 5 Koordinierungsräumen der Flussgebietseinheit (FGE) Elbe zuzüglich der Anteile an der FGE Weser ausgewiesen.

In 71 von den 77 GWK befinden sich Messstellen. Unberücksichtigt sind hierbei flächenbezogen sehr kleine GWK bzw. GWK, welche grenznah liegen und bei der Zustandsbestimmung nach WRRL in der Verantwortung des benachbarten Bundeslandes stehen (siehe Anlage 5). Die Grundwasserkörper (GWK) wurden in der Regel nach hydraulischen und/oder geologisch-hydrogeologischen Kriterien abgegrenzt.

4 Auswertung und Bewertung der Grundwassergüte

4.1 Daten- und Bewertungsgrundlagen

4.1.1 Plausibilitätsprüfung der Datengrundlage

Hydrochemische Analysenergebnisse sind umfangreichen Plausibilitätsprüfungen zu unterziehen. Derartige Plausibilitätstests wurden in dreifacher Hinsicht und in folgender Reihenfolge durchgeführt:

- Anwendung von Plausibilitätsgrenzen zur Erkennung von Ausreißern,
- Prüfung der zeitlichen Plausibilität von Einzelwerten sowie
- Prüfung der Plausibilität von gesamten Analysen mittels Ionenbilanzen.

Ziel von Plausibilitätsprüfungen ist das systematische Auffinden sachlicher Fehler, die bei der Eingabe oder der Transformation von Daten entstanden sein können. Derartige Tests sind in Regelwerken beschrieben (z. B. DVWK, 1992; DVWK, 1999; Zusammenstellung hierzu in UBA, 2000). Durch derartige Plausibilitätstests kann ein Wert als Ausreißer im mathematischen Sinne erkannt werden. Sie liefern jedoch keine Aussagen über die Ursachen und dienen daher nur dazu, solche Werte herauszufiltern.

4.1.2 Bewertungskriterien

Die rechtliche Grundlage der an die Datenaufbereitung anschließenden Bewertung der gemessenen Stoffkonzentrationen im Grundwasser bildet die Grundwasserverordnung (GrwV) vom 9. November 2010 und die in der Anlage 2 festgelegten Schwellenwerte (SW). Weitere Bewertungsgrundlagen sind die Geringfügigkeitsschwellen (GFS) entsprechend des LAWA-Berichtes zur „Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser“ aus dem Jahr 2004 sowie die Trinkwasserverordnung in der Änderungsfassung vom 28. November 2011 (TrinkwV), welche die zulässigen Grenzwerte von Stoffkonzentrationen in Wässern für den menschlichen Gebrauch festlegt.

Die Tab. 4 zeigt eine Zusammenstellung der wichtigsten Werte zur Beurteilung der Messdaten.

Tab. 4: Übersicht zu den GW-relevanten Schwellenwerten (GrwV), Geringfügigkeitsschwellenwerten (LAWA) und Grenzwerten (TrinkwV)

Parameter	Schwellenwert nach GrwV (November 2010)	Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA (Dezember 2004)	Grenzwert nach TrinkwV (November 2011)
Nitrat (NO ₃ ⁻)	50 mg/l		50 mg/l
Nitrit (NO ₂ ⁻)			0,5 mg/l
Arsen (As)	10 µg/l	10 µg/l	10 µg/l
Cadmium (Cd)	0,5 µg/l		3 µg/l
Blei (Pb)	10 µg/l	7 µg/l	10 µg/l
Quecksilber (Hg)	0,2 µg/l		1 µg/l
Aluminium (Al)			0,2 mg/l
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0,5 mg/l		0,5 mg/l
Chlorid (Cl ⁻)	250 mg/l	250 mg/l	250 mg/l
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	240 mg/l	240 mg/l	250 mg/l
Eisen (Fe)			0,2 mg/l
Mangan (Mn)			0,05 mg/l
Bor (B)		0,74 mg/l	1 mg/l
Chrom (Cr)			0,05 mg/l
Chrom (Cr III)		7 µg/l	
Cyanid (CN ⁻)		5 µg/l	50 µg/l

Parameter	Schwellenwert nach GrwV (November 2010)	Geringfügigkeits-schwellenwert nach LAWA (Dezember 2004)	Grenzwert nach TrinkwV (November 2011)
Selen (Se)		7 µg/l	10 µg/l
Uran (U)			10 µg/l
Antimon (Sb)		5 µg/l	5 µg/l
Barium (B)		340 µg/l	
Kobalt (Co)		8 µg/l	
Kupfer (Cu)		14 µg/l	2000 µg/l
Molybdän (Mo)		35 µg/l	
Nickel (Ni)		14 µg/l	20 µg/l
Thallium (Tl)		0,8 µg/l	
Vanadium (V)		4 µg/l	
Zink (Zn)		58 µg/l	
Phenol		8 µg/l	
Summe PAK		0,2 µg/l	0,1 µg/l
Kohlenwasserstoffe (MKW)		0,1 mg/l	
Summe Akylierte Benzole (BTEX)		20 µg/l	
Summe Naphthalin und Methyl-naphthaline		1 µg/l	
Summe LHKW		20 µg/l	
Summe aus Tri- und Tetrachlorethen	10 µg/l	10 µg/l	10 µg/l
Summe PCB		0,01 µg/l	
Summe Chlorphenole		1 µg/l	
Summe Chlorbenzole		1 µg/l	
Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln (PSM) und Biozidprodukten (BP) einschließlich der relevanten Stoffwechsel-, Abbau- und Reaktionsprodukte			
PSMBP Einzelstoff, jeweils	0,1 µg/l	0,1 µg/l	0,1 µg/l
Summe PSMBP	0,5 µg/l	0,5 µg/l	0,5 µg/l

Geogener Hintergrund

Ein Hintergrundwert ist „der in einem Grundwasserkörper nicht oder nur unwesentlich durch menschliche Tätigkeit beeinflusste Konzentrationswert eines Stoffes oder der Wert eines Verschmutzungsindikators“ (GrwV, 2010). Die geogenen Hintergrundwerte für das Land Sachsen-Anhalt wurden im Rahmen eines Projektes (HYDOR, 2008) bestimmt. Der Vergleich der Messdaten mit den geogenen Hintergrundwerten soll zeigen, ob eine Schwellenwertüberschreitung durch anthropogene Beeinflussung hervorgerufen wurde oder geogenen Ursprungs ist.

4.1.3 Statistische Auswertung

Stoffkonzentrationen im Grundwasser schwanken zeitlich und räumlich, so dass die Messungen sowohl eine zeitliche als auch eine räumliche Verteilung aufweisen. Die zeitliche Verteilung eines Grundwasserparameters an einer Grundwassermessstelle wird in erster Linie durch jahreszeitliche Schwankungen hervorgerufen und kann zusätzlich durch langfristige Trends überprägt sein. Um eine belastbare Statistik abzusichern, müssen mindestens sechs Ergebnisse pro Messstelle vorliegen. Hierbei gingen Analysewerte, welche sich unter der Bestimmungsgrenze (BG) befanden, bei den statistischen Berechnungen mit dem Wert der halben BG ein. Für die plausibilitätsgeprüfte Datenbasis wurden im Fall ausreichender Analysenanzahlen folgende **statistischen Kennwerte** der hydrochemischen Milieuparameter sowie der Hauptinhaltsstoffe berechnet:

- **Minimum, Maximum und arithmetischer Mittelwert sowie**
- **das 10-, 50- (Median), und 90-Perzentil.**

Mittelwertbildung und Bewertung im Vergleich zu Schwellenwerten

Für die Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit ist ein Vergleich von arithmetischen Mittelwerten gemessener Konzentrationen mit Schwellenwerten erforderlich. Ein Schwellenwert gilt an einer Messstelle als eingehalten, wenn das arithmetische Mittel der im Zeitraum von einem Jahr gemessenen Konzentrationen an dieser Messstelle kleiner oder gleich dem Schwellenwert ist (GrwV vom 9. November 2010, Anlage 5) ist. Mittelwerte wurden deshalb als arithmetische Jahresmittelwerte berechnet.

Trendanalyse

Die Vorgehensweise bei der Trendanalyse in Sachsen-Anhalt richtet sich nach den Vorgaben der GrwV (lineare Regressionsanalyse). Eine Trendanalyse entfiel bei weniger als fünf Messwerten pro Parameter einer Messstelle. Bei der Trendbetrachtung wurde an einzelnen Messstellen stets mit den Einzelwerten gerechnet. Bei den Ermittlungsmessstellen war kein mittelfristiger Trend ableitbar (nur Daten aus 2010). Deshalb erfolgte die Trendanalyse lediglich für die 464 Gütemessstellen.

4.1.4 Auswertung der Messergebnisse

Folgende Vorgehensweise lag der Auswertung der Messergebnisse zu Grunde:

- Berechnung der statistischen Maßzahlen (univariate beschreibende Statistik) des plausibilitätsgeprüften Datensatzes und Bewertung des Mittelwertes im Vergleich zu Schwellenwerten,
- Trendanalyse je Messstelle und Parameter bei Vorliegen einer ausreichend großen Datenmenge pro Parameter,
- Grafische räumliche Darstellung der Stoffkonzentrationen und Trends,
- Häufigkeitsverteilung der Mittelwerte und Häufigkeitsverteilung der Trendwerte aller Messstellen im Diagramm,
- Bewertung der Stoffkonzentrationen durch Vergleich mit den geogenen Hintergrundwerten,
- Spezialauswertungen zu Ionenverhältnissen zur Ermittlung von geochemischen Zusammenhängen,
- GIS-Verschnitte zur Ermittlung von räumlichen Abhängigkeiten und
- Ableitung von Belastungsschwerpunkten.

4.2 Typisierung des Grundwassers

4.2.1 Typisierung nach Gesamtkonzentration / Gesamtmineralisation

Die Grundwassertypisierung kann prinzipiell nach folgenden Schwerpunkten vorgenommen werden:

- Typisierung nach der wasserchemischen Zusammensetzung,
- Typisierung nach Gesamtkonzentration / Gesamtmineralisation,
- Typisierung nach geogenem / anthropogenem Einfluss.

Grundlage für die wasserchemische Typisierung des Grundwassers bildete einerseits die international gebräuchliche Darstellung nach PIPER (1944) sowie die Wassertypen nach FURTAK & LANGGUTH (1967) in Mol-%. Bei der Charakterisierung von Piper-Diagrammen (PIPER, 1944), modifiziert nach FURTAK & LANGGUTH (1967), werden folgende Ca^{2+} - und Mg^{2+} -Werte entsprechenden Wassertypen zugewiesen:

- 80 - 100 mg/l (Summe): normal-erdalkalisches Wasser
- 50 - 80 mg/l (Summe): erdalkalisches Wasser mit höherem Alkaligehalt
- 5 - 50 mg/l (Summe): alkalisches Wasser.

Die ermittelten Wassertypen korrelieren mit der Geochemie der gesteinsbildenden Formationen. Die Grundwässer des Zechsteins sind geogen hoch mineralisiert und können an tektonischen Elementen aufsteigen und auf diese Weise die Hydrochemie anderer darüber liegender Grundwasserleiter beeinflussen.

Für die ausgewerteten Messstellen ergibt sich in Tab. 5 nach Klassifizierung der Hauptionen (PIPER) folgende hydrochemische Typisierung:

Tab. 5: Hydrochemische Typisierung nach der Klassifizierung der Hauptionen (PIPER)

Grundwassertyp	Anzahl der Messstellen	dominante Grundwasserleiter
Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄ -Typ	61	Pleistozän, Kreide, Jura, Oberer u. Unterer Muschelkalk, Mittlerer u. Unterer Buntsandstein, Permokarbon sedimentär / eruptiv, Altpaläozoikum
Ca-Mg-Na-SO ₄ -Cl-Typ	147	Holozän, Pleistozän, Tertiär, Keuper, Oberer u. Unterer Muschelkalk, Unterer Buntsandstein, Altpläozoikum
Ca-Mg-SO ₄ -Typ	167	Pleistozän, Tertiär, Keuper, Unterer Muschelkalk, Oberer bis Unterer Buntsandstein, Zechstein, Permokarbon sedimentär / eruptiv, Altpläozoikum
Ca-Mg-HCO ₃ -Typ	49	Pleistozän, Tertiär, Kreide, Mittlerer Buntsandstein, Permokarbon sedimentär / eruptiv, Altpläozoikum
Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Typ	16	Pleistozän, Mittlerer Buntsandstein, Permokarbon sedimentär
Na-HCO ₃ -Typ	3	Pleistozän, Mittlerer u. Unterer Buntsandstein
Na-SO ₄ -Cl-Typ	21	Pleistozän, Keuper, Unterer Buntsandstein, Zechstein

In der folgenden Abb. 7 sind die Grundwassertypen gemäß Tab. 5 für die Messstellen bezogen auf die BZE dargestellt.

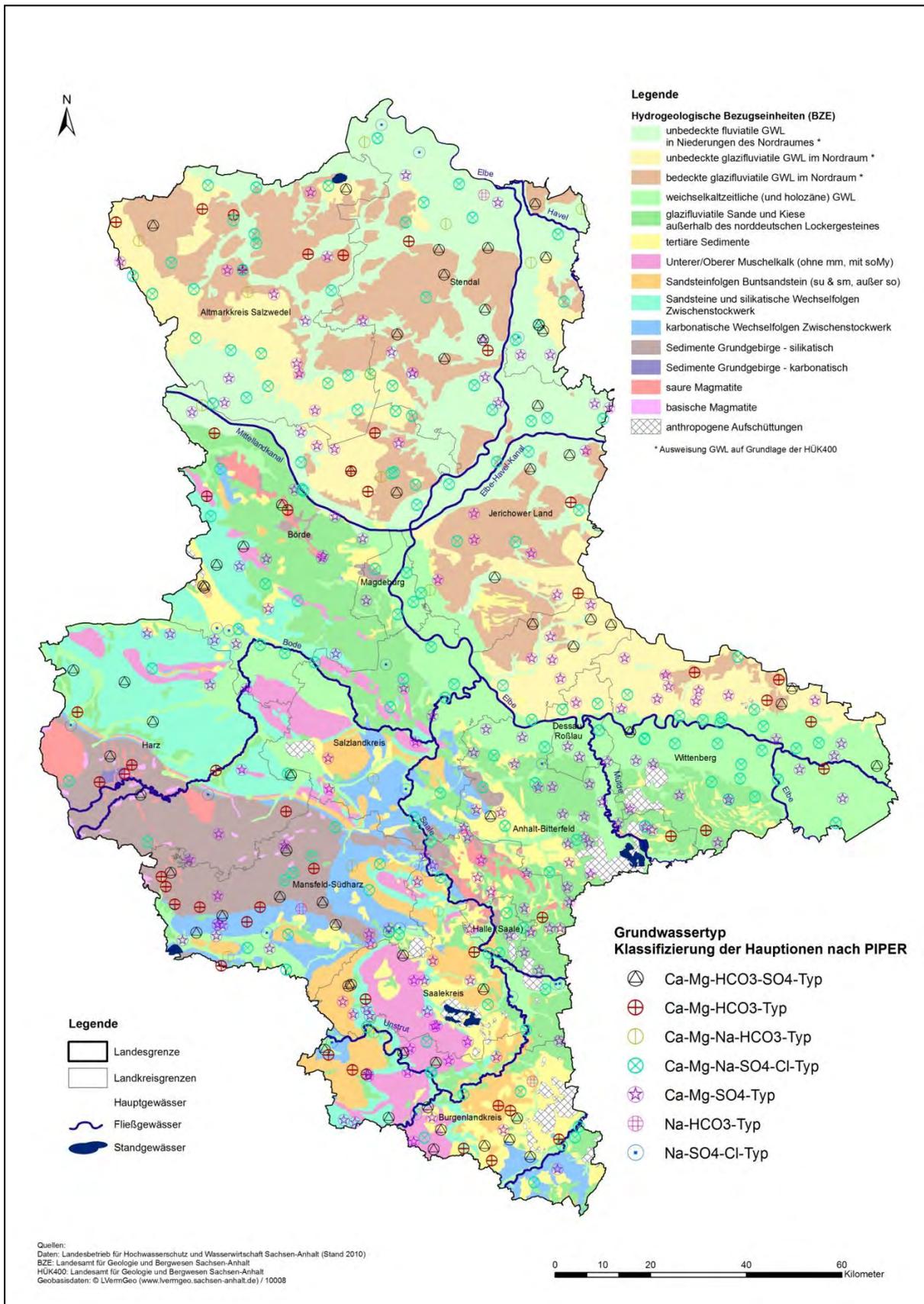


Abb. 7: Ergebnisse der landesweiten Visualisierung der Grundwassertypen, Klassifizierung nach PIPER, bezogen auf Bezugseinheiten

Die Typisierung nach der Gesamtkonzentration lässt sich vereinfachend über die Gesamtmineralisation durchführen, da diese einen überschlägigen Summenparameter für die Gesamtkonzentration darstellt. Die spezifische **elektrische Leitfähigkeit** als Indikatorparameter für die Mineralisationsverhältnisse des

Wassers (d. h. alle salzbildenden Elemente) lässt eine **Einteilung**, bezogen auf die BZE, in vier Gruppen zu:

1) Wasser mit mäßiger Mineralisation (LF <750 µS/cm):

BZE 2 - quartäre GWL Nordraum, Filter 10 bis 25 m u. Gel.,
BZE 3 - quartäre GWL Nordraum, Filter 25 bis 50 m u. Gel.,
BZE 12 - Sedimente Grundgebirge - karbonatisch,
BZE 14 - basische Magmatite

2) Wasser mit erheblicher Mineralisation (LF > 750 bis 2500* µS/cm):

BZE 1 - quartäre GWL Nordraum, Filter <10 m u. Gel.,
BZE 4 - weichselkaltzeitliche (und holozäne) GWL,
BZE 7 - Unterer/Oberer Muschelkalk (ohne mm, mit soMy),
BZE 11 - Sedimente Grundgebirge - silikatisch,
BZE 13 - saure Magmatite

3) Wasser mit hoher Mineralisation (LF > 2500* bis 5000 µS/cm):

BZE 5 - glazifluviatile Sande und Kiese außerhalb des norddeutschen Lockergesteines,
BZE 8 - Sandsteinfolgen Buntsandstein (su & sm, außer so),
BZE 9 - Sandsteine und silikatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk

4) Salinares bzw. salinar beeinflusstes Wasser (LF > 5000 µS/cm):

BZE 6 - tertiäre Sedimente,
BZE 10 - karbonatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk.

* Grenzwert nach TrinkwV (bei 20 °C)

Die vorangestellte Einteilung, bezogen auf Grundwasserleiter, führt zu folgendem Ergebnis:

1) Wasser mit mäßiger Mineralisation (LF <750 µS/cm):

Altpaläozoikum (Unterkarbon, Devon, Silur)

2) Wasser mit erheblicher Mineralisation (LF > 750 bis 2500* µS/cm):

Holozäne Sedimente, Kreide, Jura, Keuper, Oberer und Mittlerer Muschelkalk, Unterer Muschelkalk, Oberer Buntsandstein, Mittlerer Buntsandstein, Permokarbon sedimentär (Oberkarbon + sedimentäres Rotliegendes), Permokarbon eruptiv

3) Wasser mit hoher Mineralisation (LF > 2500* bis 5000 µS/cm):

Pleistozäne Kiese und Sande

4) Salinares bzw. salinar beeinflusstes Wasser (LF > 5000 µS/cm):

Tertiär (ungegliedert), Zechstein (untergliedert), Unterer Buntsandstein.

* Grenzwert nach TrinkwV (bei 20 °C)

4.2.2 Bewertung der geogenen und anthropogenen Beeinflussung

Die Bewertung der geogenen und anthropogenen Beeinflussung wurde zunächst unter Berücksichtigung der maßgeblichen diffusen Belastungspotenziale in Sachsen-Anhalt vorgenommen:

- Versalzung,
- Versauerung,
- Landwirtschaftliche Nutzung,
- Abwasserbasierter Einfluss.

Dabei erwies sich nachfolgender Ansatz zur schrittweisen Bewertung der geogenen und anthropogenen Beeinflussung unter Nutzung von Bewertungskriterien, die die oben genannten Einflussfaktoren repräsentieren, als sinnvoll. Dieser beinhaltet folgende Schritte:

1. Extraktion aller versauerten Messstellen mit pH-Wert $<6,5$ (unterer Grenzwert nach TrinkwV).
2. Extraktion aller Messstellen mit landwirtschaftlichem bzw. abwasserbasiertem Einfluss auf der Basis der K/Na-Ionenverhältnisse. Laut MATSCHULLAT et al. (1997) sind K/Na-Ionenverhältnisse $>0,25$ Anzeiger für landwirtschaftlichen bzw. abwasserbasierten Einfluss im Grundwasser.
3. Daneben ist das Na/Ca-Verhältnis hinsichtlich abwasserbasiertem Einfluss auswertbar. Laut SCHEYTT et al. (2000) deutet ein Na/Ca-Verhältnis $>0,4$ ebenfalls auf eine Beeinflussung durch Abwasser hin.
4. Selektion der Messstellen mit Versalzungseinfluss auf Basis der Na/Cl-Ionenverhältnisse. Laut VENGOSH & ROSENTHAL (1993) sind Na/Cl-Ionenverhältnisse >1 Anzeiger für unbeeinflusstes Grundwasser sowie nach STOBER & BUCHER (2000) sind Na/Cl-Ionenverhältnisse $<0,86$ Anzeiger für marine und Niederschlagseinflüsse im Grundwasser. Zusätzlich wurden diese Messstellen nach dem Absolutgehalt an Chlorid bewertet (>700 mg/l überchloridisch).
5. Das Bewertungskriterium „Überschreitung von Schwellenwerten für Metalloide“ wurde ebenfalls in die Beurteilung einbezogen.
6. Messstellenbezogene Einzelfallprüfung hinsichtlich Plausibilität der Ergebnisse durch den GLD.

Das Ergebnis der Bewertung geogener oder anthropogener Einflüsse ist in Abb. 8 grafisch pro Messstelle und GWK dargestellt.

Demnach weisen 84 Messstellen des Gütemessnetzes pH-Werte $<6,5$ auf und sind somit als versauert zu bewerten. Die Ursachen bilden größtenteils anthropogene Einflüsse, z. B. Bergbau, untergeordnet aber auch geogene Einflüsse bei Messstellen in Mooren.

Die Bewertungskriterien 2 und 3 erbrachten als Ergebnis 235 Messstellen mit landwirtschaftlichem und 110 Messstellen mit abwasserbasiertem Einfluss. Diese betreffen teilweise auch Messstellen, die bereits unter das Kriterium „versauert“ fallen.

Die Bewertung nach dem Bewertungskriterium 4 erbrachte überdies 19 Messstellen mit Versalzungseinfluss.

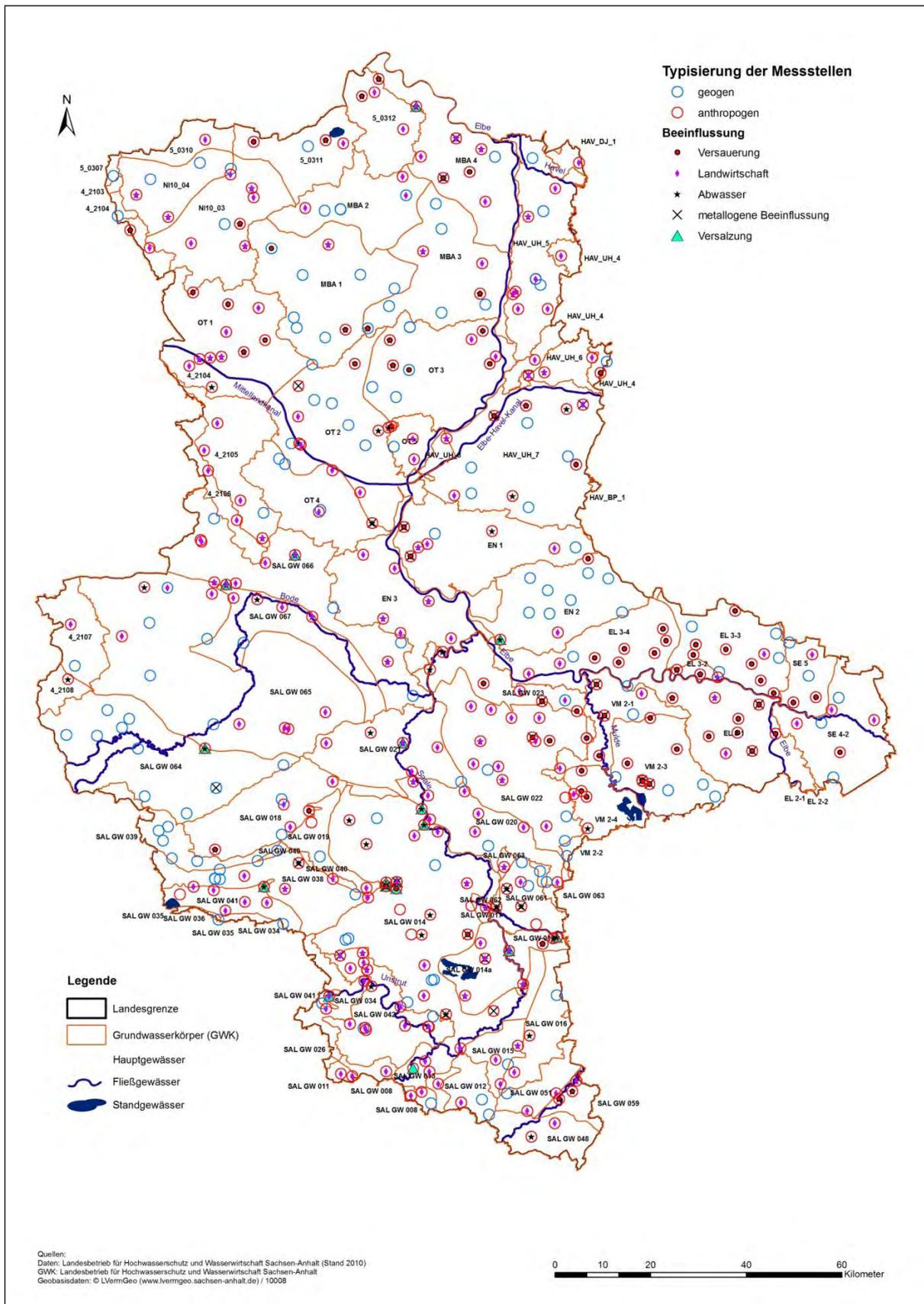


Abb. 8: Ergebnisse der landesweiten Auswertung geogener / anthropogener Beeinflussung

4.3 Landesweite Auswertung

Die Auswertung der Grundwassergütedaten erfolgte parameterbezogen und gibt jeweils eine Übersicht der Entwicklung des gemessenen Parameters an den betrachteten Messstellen im Land Sachsen-Anhalt. Die Ergebnisse der Auswertung unter Zugrundelegung der Bewertungsebenen: Hydrogeologische Bezugseinheit (BZE), Grundwasserleiter (GWL) und Grundwasserkörper (GWK) werden im Anschluss an die landesweite Auswertung betrachtet.

4.3.1 Leit- und Summenkenngrößen

4.3.1.1 Spezifische Elektrische Leitfähigkeit (LF)

Grenzwert TrinkwV: 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (bei 20 °C)

Die spezifische elektrische Leitfähigkeit (LF) dient der summarischen Erfassung der im Wasser gelösten Kat- und Anionen und ist somit ein Maß für den Gesamtgehalt gelöster Salze im Grundwasser. Sie ist für die Existenzbedingungen aquatischer Lebensgemeinschaften bedeutsam.

Der überwiegende Teil der untersuchten Grundwasserproben weist im Norden Leitfähigkeiten zwischen 500 und 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und im Süden zwischen 1.000 und 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf. Der Grenzwert wird an 27 Messstellen in einer Größenordnung von 2.510 bis 146.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ überschritten. Der Median liegt bei 925 $\mu\text{S}/\text{cm}$, der Mittelwert bei 1.960 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Der überwiegende Teil der Messstellen mit hohen Messwerten zeigt einen fallenden bzw. stark fallenden Trend. Die Messstellen mit einer Überschreitung des Grenzwertes und einem steigenden bzw. stark steigenden Trend sind die Messstellen Ermlitz, Trebnitz 101/96 und Geusa 1/94. Das Grundwasser im Norden und im mittleren Landesteil ist mit Ausnahmen eher als mineralarm bzw. schwach mineralisiert zu bezeichnen. Der Süden weist zum Teil sehr hohe Leitfähigkeiten auf, die von hohen Sulfat- und Chloridwerten sowie hohen Härtegraden begleitet werden. Das betrifft insbesondere den Festgesteinsbereich des Zechsteins, der teilweise auch den unteren Buntsandstein und in Ausnahmen den Lockergesteinsbereich beeinflusst. Die höchsten Leitfähigkeiten wurden, wie in

Tab. 6 ersichtlich, an folgenden Messstellen ermittelt:

Tab. 6: Übersicht der Messstellen mit den höchsten Leitfähigkeiten (Mittelwerte)

Messstelle	Landkreis	Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Erdeborn UP	Mansfeld-Südharz	146.600
Hornhausen 2	Börde	98.300
Aseleben UP	Mansfeld-Südharz	30.700
Aseleben OP	Mansfeld-Südharz	21.700
Friedeburg 1/96	Mansfeld-Südharz	20.300
Erdeborn MP	Mansfeld-Südharz	16.600
Solequelle Kloschwitz	Saalkreis	16.600
Plötzkau	Salzlandkreis	14.500

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Ursache der hohen spezifischen elektrischen Leitfähigkeiten sind hohe Salzkonzentrationen. Für die in Tab. 6 benannten Messstellen ist festzuhalten, dass trotz der nach wie vor hohen Konzentrationen die mittleren Gehalte im Zeitraum 2001-2010 im Vergleich zu den Ergebnissen des vorhergehenden Grundwasserberichtes (Zeitraum 1997-2001) um etwa 10 % abgenommen haben (ausgenommen Hornhausen 2). Auffallend sind hierbei die zechsteinbeeinflussten Messstellen im Gebiet des ehemaligen Salzigen Sees im Mansfelder Land. Hochmineralisiertes Grundwasser ist auch an der Solequelle in Kloschwitz (Basismessstelle) anzutreffen, das auch vom Unteren Buntsandstein und vom unterlagernden Zechsteinsalinar beeinflusst wird.

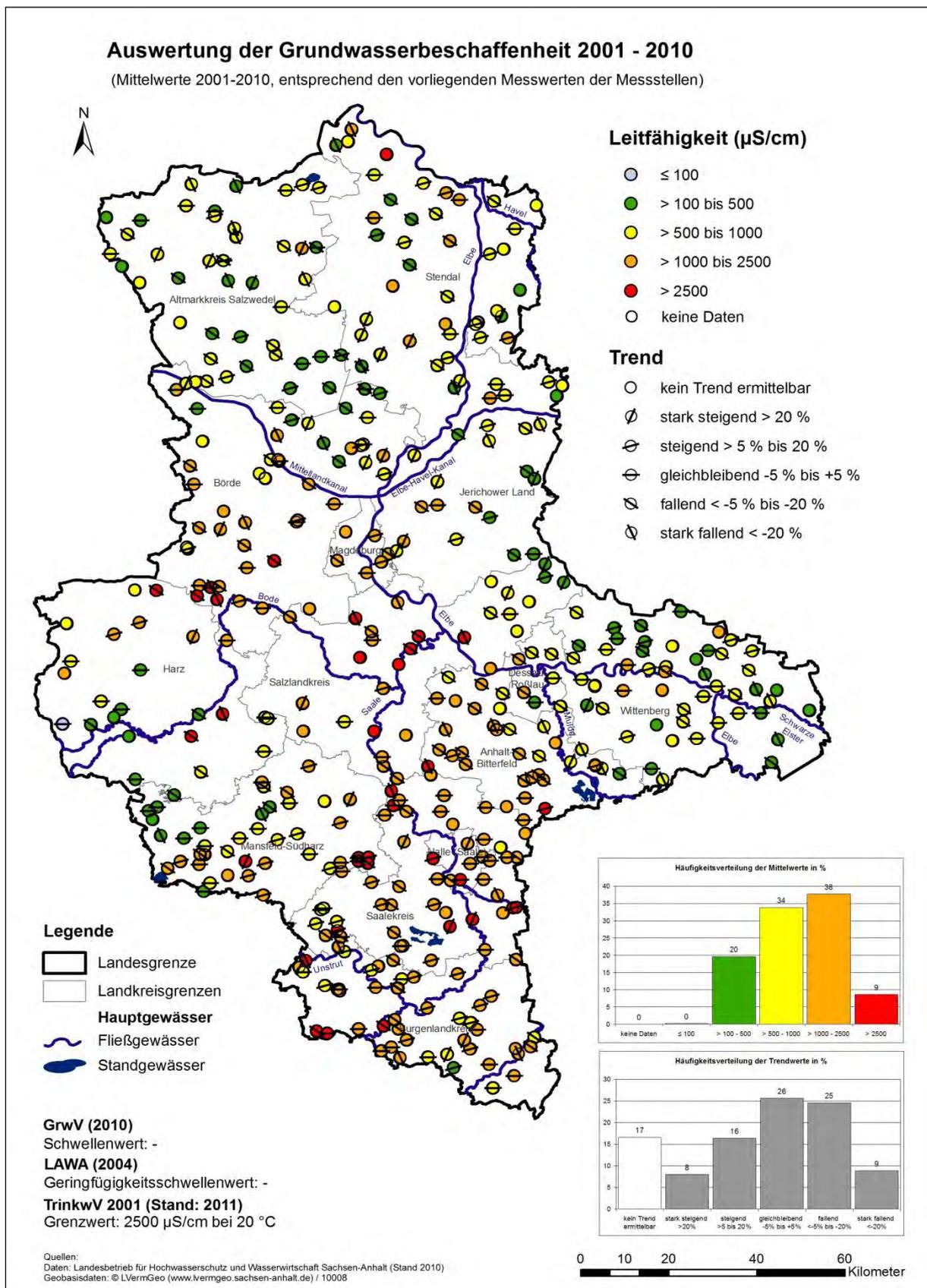


Abb. 9: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für die spezifische elektrische Leitfähigkeit

An der Messstelle Friedeburg prägt der das Altbergbaugebiet des Mansfelder Raumes entwässernde Schlüsselstollen das Grundwasser erheblich. Im Lockergesteinsbereich wirken insbesondere landwirtschaftliche und Siedlungseinflüsse (u. a. Messstellen Klein Wülknitz, Geusa, Gübs, Tornitz) grundwasserbelastend.

Insgesamt ist bei 34 % der Messstellen des Landesmessnetzes GW- Beschaffenheit eine fallende Tendenz erkennbar. Eine gleichbleibende Tendenz weisen 26 % und eine steigende Tendenz 24 % der Messstellen auf (Abb. 9).

4.3.1.2 pH-Wert

TrinkwV-Grenzwert: $\geq 6,5$ und $\leq 9,5$

Als negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration definiert, ist der pH-Wert ein Maß für die Acidität bzw. Basizität der Wasserphase. Er wird sehr stark durch die umgebende Festphase sowie gelöste/suspendierte Wasserinhaltsstoffe beeinflusst (Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht, Huminstoffkonzentration, Pufferwirksamkeit von Mineralsalzen). Der Grenzbereich für die Existenz von Mikroorganismen, Kleinlebewesen und Fischen liegt etwa zwischen 5,0 und 9,0. Der pH-Wert kann mittelbar auch durch hydrobiologische Spezies und deren mikrobielle Aktivitäten im Wasser beeinflusst werden (s. JUNGBLUTH & LEHMANN, 1976).

Etwa 82 % der Messstellen des Landesmessnetzes verfügen über Grundwasser mit einem pH-Wert zwischen $\geq 6,5$ und $\leq 9,5$. An 72 Messstellen liegt der pH-Wert $\leq 6,5$. Das Grundwasser liegt hier im sauren Bereich in einer Spanne von 4,4 bis 6,4 vor. Der Median liegt bei 7,08, der Mittelwert bei 6,92. Die Anzahl ist im Vergleich zu den Ergebnissen des vorhergehenden Grundwasserberichtes größer, da die Anzahl der untersuchten Messstellen insgesamt deutlich erhöht wurde.

Die Untersuchungen zeigen an 64 % der Messstellen des Landesmessnetzes gleichbleibende pH-Verhältnisse, eine steigende Tendenz ist an 10 % und tendenziell fallende pH-Werte an 10 % der Messstellen erkennbar (Abb. 10). Messstellen mit einem pH-Wert $\leq 6,5$ befinden sich vor allem im Norden (Altmarkkreis) und im Osten (Landkreis Wittenberg) von Sachsen-Anhalt. Die höchsten Abweichungen sind in der folgenden Tab. 7 dokumentiert.

Tab. 7: Übersicht der Messstellen mit den höchsten Abweichungen

Messstelle	Landkreis	pH-Wert	Flächennutzung (CORINE)
Schlaitz	Anhalt-Bitterfeld	4,4	Wald / Gehölze
Gossa	Anhalt-Bitterfeld	5,0	Ackerland
Wörpen	Wittenberg	5,1	Wald / Gehölze
Zöschen	Saalekreis	5,1	Ackerland
Colbitz 27/93 OP	Stendal	5,1	Wald / Gehölze
Radis	Wittenberg	5,2	Wald / Gehölze
Colbitz 14/93 OP	Stendal	5,2	Wald / Gehölze
Zerben	Jerichower Land	5,2	Wald / Gehölze
Dessau-Waldersee	Stadt Dessau	5,2	Ackerland
Kleutsch	Dessau-Roßlau, Stadt	5,3	Ackerland
Klein Chüden	Altmarkkreis Salzwedel	5,4	Ackerland
Jävenitz ICE	Altmarkkreis Salzwedel	5,5	Wald / Gehölze

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

An diesen Standorten sind mit hoher Wahrscheinlichkeit Versauerungsprozesse maßgebend für die niedrigen pH-Werte.

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung sind zusammenfassend in der Abb. 10 dargestellt.

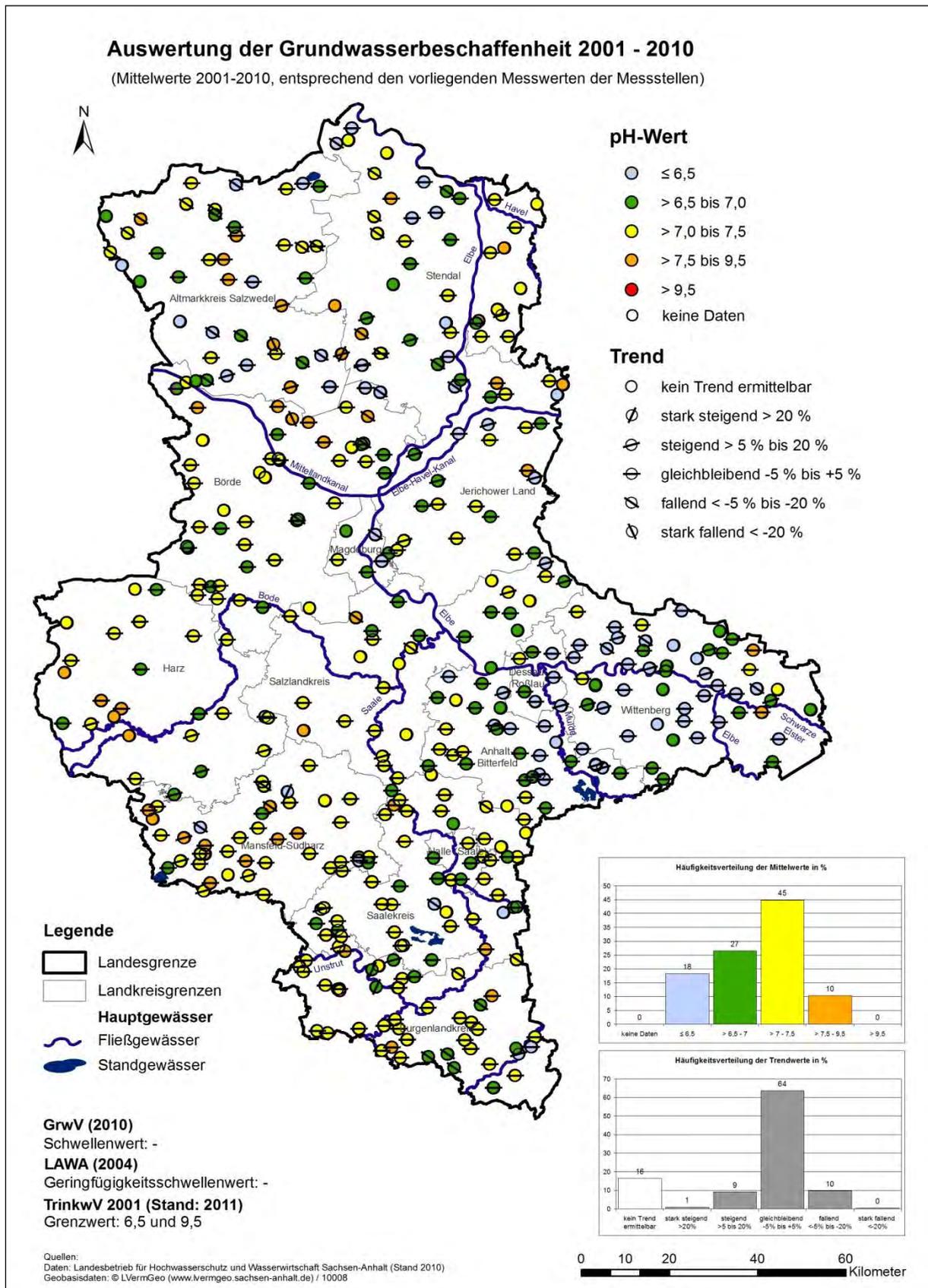


Abb. 10: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für den pH-Wert

4.3.1.3 Sauerstoff (O₂)

Für den Sauerstoffgehalt gibt es keine Grenz- und Schwellenwerte. Der Sauerstoffgehalt im Grundwasser ist u. a. von biochemischen Umsetzungsprozessen abhängig. Er ist damit eine wichtige Milieukenngröße, die für die Redoxverhältnisse im Grundwasser maßgeblich ist. Bei Sauerstoffarmut (Gehalte kleiner 1 mg/l) spricht man von reduziertem Wasser. Werte bis 6 mg/l werden als teilreduziert bezeichnet. Liegt ausreichend Sauerstoff vor, handelt es sich um oxidiertes Grundwasser. Bei starken Kontaminationen sind im Grundwasser häufig Sauerstoffarmut oder Sauerstofffreiheit zu beobachten. Beispielsweise bildet sich unter Deponien im kontaminierten Grundwasser als Folge von Abbauprozessen organischer Substanzen oft eine sauerstofffreie Zone aus (Reduktionszone). Hinzuweisen ist auf die Sonderstellung der Quellen als oberirdische Grundwasseraustritte, wodurch prinzipiell höhere Sauerstoffkonzentrationen verursacht werden als im Grundwasserleiter (LAWA Grundwasserrichtlinie 4/95).

Die Sauerstoffgehalte in Sachsen-Anhalt bewegen sich im Bereich von 0,1 mg/l (Geestgottberg-Krüden, Deutsch-Groß Garz, Schlagenthin-neu, Demsin) bis 11,0 mg/l (Radiumquelle und Klingelbrunnen). Der Median liegt bei 0,8 mg/l, der Mittelwert bei 2,4 mg/l. 55 % der Messstellen weisen Sauerstoffgehalte <1,0 mg/l auf. Über 6 mg/l wurden an 73 Messstellen (16 %) ermittelt, darunter 40 Quellen und 4 Stollen, sowohl im Locker- als auch im Festgestein (Buntsandstein).

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung sind zusammenfassend in der Abb. 11 dargestellt.

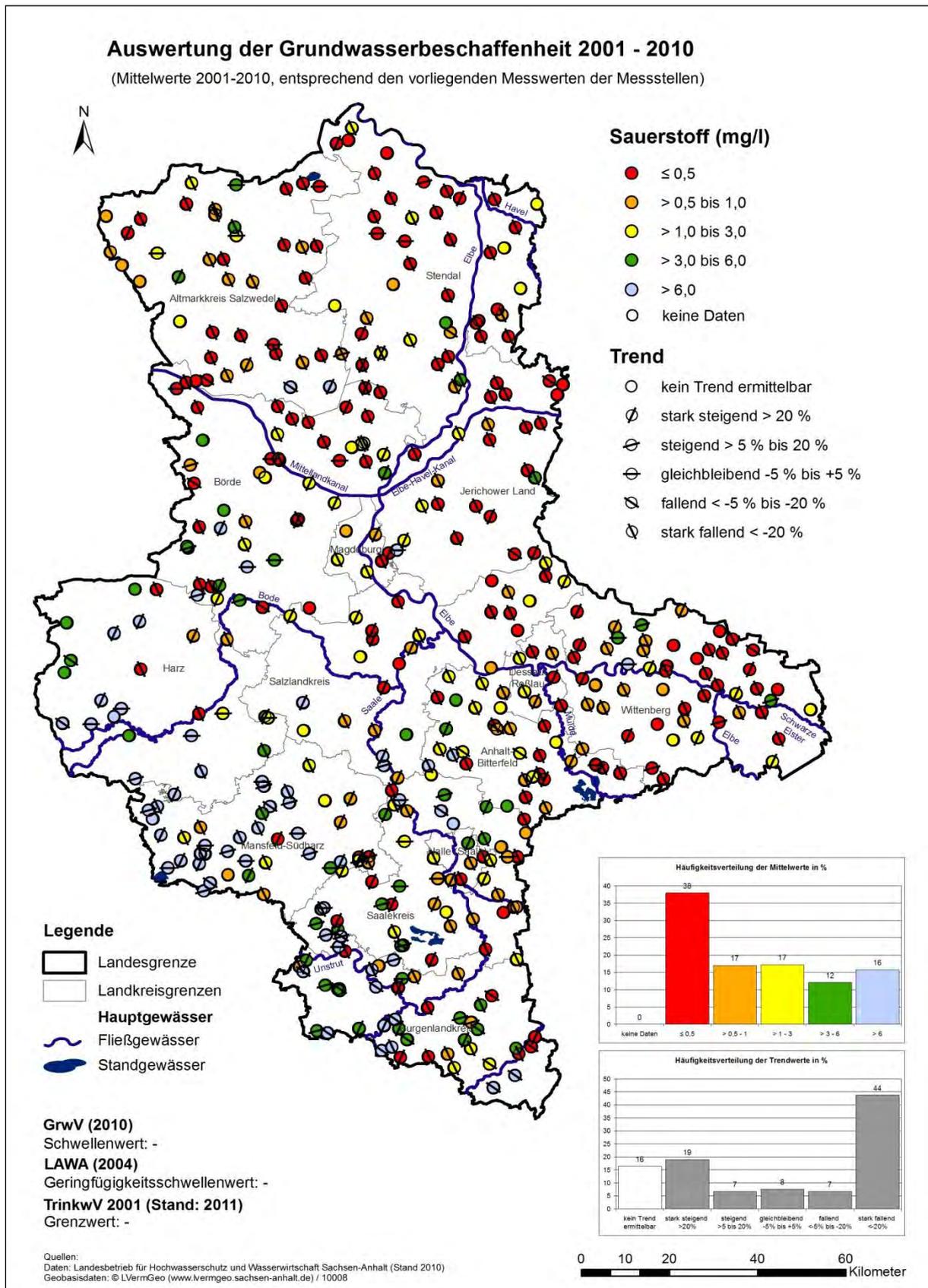


Abb. 11: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für den Sauerstoffgehalt

4.3.1.4 DOC (Dissolved Organic Carbon)

Der gelöste organisch gebundene Kohlenstoff weist als Summenparameter auf die im Wasser gelösten organischen Substanzen hin. Der DOC gilt als Indikatorparameter für anthropogene Einflüsse im Zusammenhang mit Abwasser. Der mikrobielle Abbau organischer Partikel und die Exkretion der Organismen sind weitere Quellen für einen DOC-Nachweis.

Der geogene Normalbereich liegt nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992) zwischen <0,5 und 2,5 mg/l, der Beginn des anthropogen beeinflussten Bereiches wird mit 4,5 mg/l angegeben. Die DOC-Untersuchungen in Sachsen-Anhalt ergeben einen Median-Wert von 1,8 mg/l sowie einen Mittelwert von 2,7 mg/l und sind somit vergleichbar dem Wert des vorhergehenden Grundwasserberichtes 1997-2001. Für annähernd 68 % der untersuchten Messstellen (318 Messstellen) im Landesmessnetz bewegen sich die Ergebnisse im geogenen Normalbereich. An vier Messstellen liegen die DOC-Konzentrationen über 20 mg/l. Dies betrifft die Messstellen Miesterhorst-Taterberg, Mieste, Halle-Neustadt – Friedhof und Charlottenhof - ICE. Während sich die zwei erstgenannten Messstellen im Drömling in Norden Sachsen-Anhalts befinden, liegen die anderen beiden Messstellen im südlichen Teil des Landes. An der Messstelle Halle-Neustadt/Friedhof hat die Konzentration im Vergleich zum vorhergehenden Grundwasserbericht von 30 auf 28 mg/l abgenommen. An den in Tab. 8 aufgeführten Messstellen ist eine deutlich hohe organische Belastung festzustellen.

Tab. 8: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren organischen Belastungen

Messstelle	Landkreis	DOC (mg/l)
Charlottenhof - ICE	Stendal	39
Halle-Neustadt/Friedhof	Halle (Saale), Stadt	28
Mieste	Altmarkkreis Salzwedel	25
Miesterhorst-Taterberg	Altmarkkreis Salzwedel	22
Charlottenhof	Stendal	18
Weddendorf - Kanal	Börde	16
Altmersleben-Butterhorst	Altmarkkreis Salzwedel	14
Röblingen 1/96	Mansfeld-Südharz	14

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Neben geogenen Belastungen sind auch Siedlungseinflüsse oder Altindustrie- bzw. Deponiebeeinflussungen auf das Grundwasser nicht auszuschließen. Eine eindeutige Abgrenzung zwischen geogenen und anthropogenen Einflussfaktoren ist beim DOC schwierig. Insgesamt zeigt die Trendbetrachtung an 39 % der Messstellen fallende, an 12 % gleichbleibende und an 33 % steigende Verhältnisse.

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung sind zusammenfassend in der Abb. 112 dargestellt.

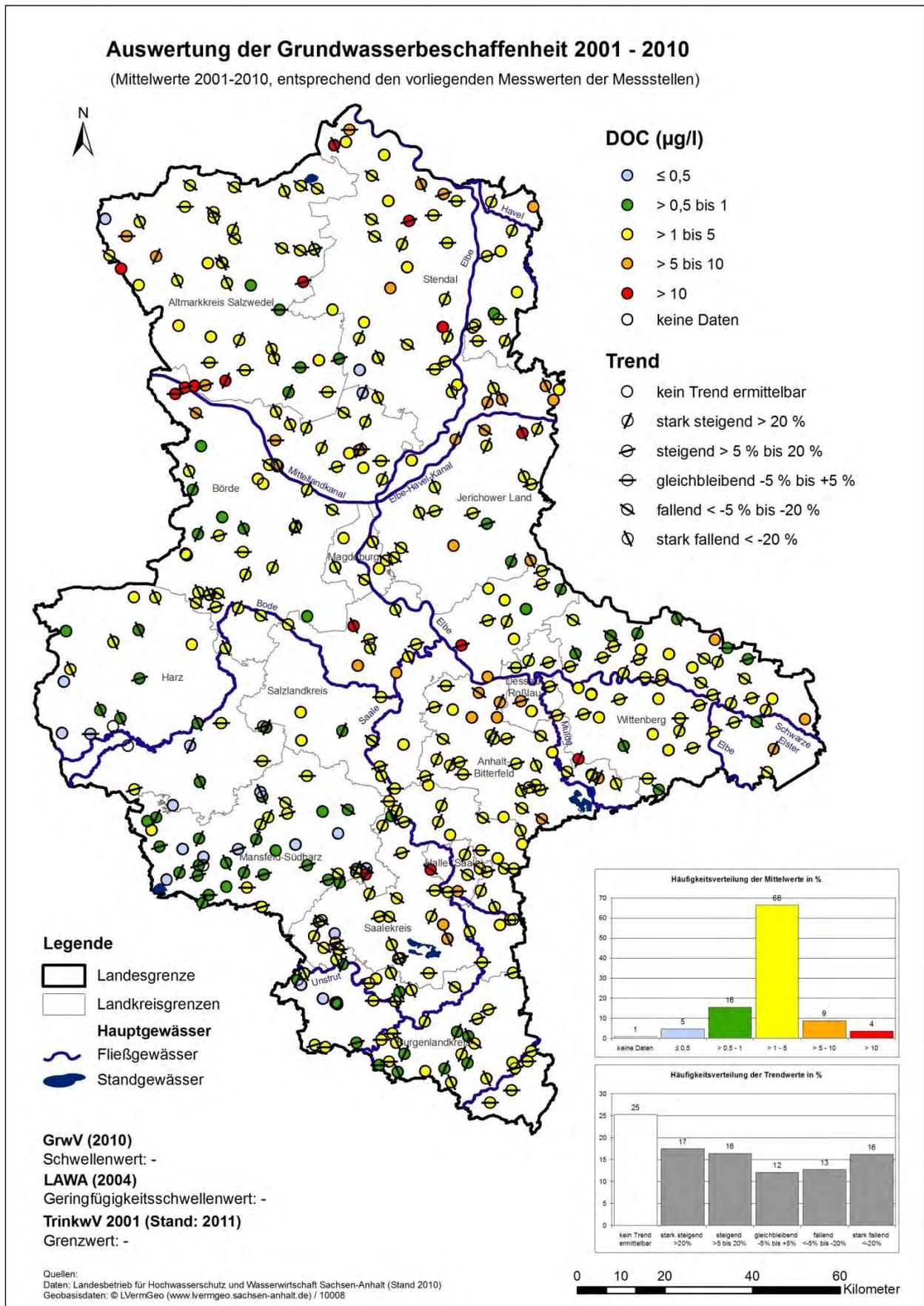


Abb. 12: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für DOC

4.3.1.5 AOX

Mit dem Summenparameter AOX (adsorbierbare organische Halogenverbindungen) werden die meisten Halogen-Kohlenwasserstoffe erfasst. Er ist ein Indikatorparameter für Einflüsse aus Siedlungs- und Industriegebieten. AOX-Werte bis zu 10 µg/l im Grundwasser repräsentieren im Allgemeinen den Hintergrund. Werte zwischen 10 bis 20 µg/l zeigen eine leichte Beeinflussung an. Werte größer 20 µg/l weisen auf eine deutliche Beeinflussung hin. AOX-Werte von größer 60 bis 300 µg/l lassen mit ziemlicher Sicherheit auf spezifische Emissionsquellen schließen. Von starken Grundwasserkontaminationen spricht man bei AOX-Konzentrationen größer 300 µg/l.

In HYDOR (2008) wurde für die silikatischen Wechselfolgen ein Hintergrundwert in Sachsen-Anhalt von bis zu 21 µg/l ermittelt, in den meisten BZE kommt kein AOX vor. Im Landesmessnetz liegen die AOX-Konzentrationen vorrangig im Bereich ≤ 10 µg/l, das entspricht einem Messstellenanteil von 71 %. Der Median beträgt 2 µg/l, der Mittelwert 11 µg/l. Der höchste Einzelmittelwert wurde an der den Zechstein repräsentierenden Messstelle Erdeborn Unterpegel (UP) mit 340 µg/l ermittelt. Dieser Wert ist jedoch nicht repräsentativ, da Salz den AOX-Wert analytisch verfälschen kann (halogenorganische Sole). Der gleiche Aspekt trifft auf die ebenfalls chloridbelastete Messstelle Hornhausen 2 zu. An fast 40 % der Messstellen mit AOX-Werten bis 20 µg/l, in Ausnahmen darüber, liegen diffuse Belastungen vor. In der Tab. 9 sind die Messstellen mit den höchsten AOX-Befunden dokumentiert:

Tab. 9: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren AOX-Gehalten

Messstelle	Landkreis	AOX (µg/l)
Erdeborn UP*	Mansfeld-Südharz	340
Hornhausen 2*	Börde	150
Charlottenhof - ICE	Stendal	93
Halle-Hufeisensee	Halle (Saale), Stadt	81
Biere Hy Ek Sbe 113/85	Salzlandkreis	48
Friedeburg 1/96	Mansfeld-Südharz	41
Erdeborn MP*	Mansfeld-Südharz	41
Aseleben OP*	Mansfeld-Südharz	41
Badetz - GWBr_neu	Anhalt-Bitterfeld	38
Förderstedt UP	Salzlandkreis	38
Knapendorf-Bündorf	Saalkreis	35
Aseleben UP*	Mansfeld-Südharz	35
Dedeleben	Halberstadt	34
Hanum	Altmarkkreis Salzwedel	33
Charlottenhof	Stendal	33
Calbe_neu	Salzlandkreis	32
Burgkernitz	Anhalt-Bitterfeld	32
Roßlau	Dessau-Roßlau, Stadt	31

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)
* halogenorganische Sole/ Tiefenwässer

Neben vermutlichen Einflüssen aus Altlasten (Halle-Hufeisensee, Knapendorf-Bündorf) spielen Auswirkungen aus dem Siedlungsbereich sowie Infiltrationseinflüsse durch die Saale (Röpzig und Rothenburg) eine Rolle für die Beschaffenheit des Grundwassers. Trends konnten nur für 30 % der Gesamtdatenbasis berechnet werden. 20 % der Messstellen zeigen demnach einen fallenden Trend. Gleichbleibende Verhältnisse sind bei 2 % und tendenziell steigende bei 8 % der Messstellen anzutreffen.

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung sind zusammenfassend in der Abb. 13 dargestellt.

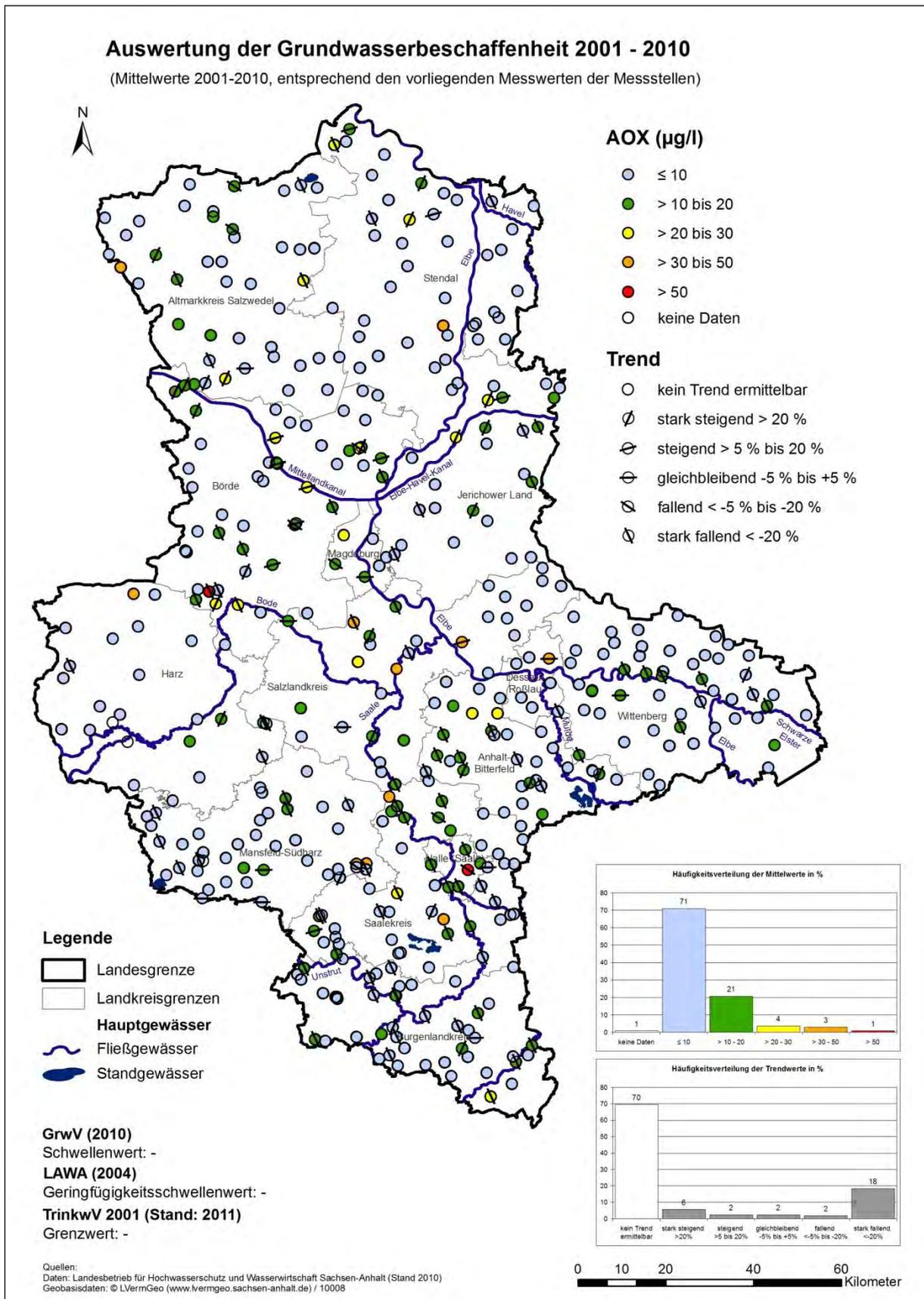


Abb. 13: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für AOX

4.3.2 Hauptinhaltsstoffe: Salze (An- und Kationen)

4.3.2.1 Chlorid (Cl⁻)

GrwV 2010 – Schwellenwert:	250 mg/l
LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert:	250 mg/l
TrinkwV 2011 – Grenzwert:	250 mg/l

Chlorid kommt meist aus dem Boden und dem Untergrundgestein des Einzugsgebietes, wobei es dort oft nur in Spuren auftritt. Hohe Chloridkonzentrationen im Grundwasser stehen maßgeblich mit Stein- und Kalisalzvorkommen (u.a. Halit, Carnallit, Hartsalz, Sylvinit) in Verbindung bzw. resultieren auch aus Einträgen salzhaltigen Sickerwassers in das Grundwasser, z.B. aus den Halden des stillgelegten bzw. auch noch aktiven Kalibergbaus. Chlorid wird auch als Natriumchlorid (NaCl) aus dem Meerwasser ausgeblasen und gelangt über die Atmosphäre in die Niederschläge. Das Chlorid-Ion ist geochemisch äußerst mobil und unterliegt weder Umwandlungs- noch Abbauprozessen. Es kommt vor allem als Natriumchlorid (Kochsalz), Kaliumchlorid und Calciumchlorid vor und wird im Grundwasser durchlässiger Gesteine im Allgemeinen nicht zurückgehalten. Grundwasser in chloridarmen Gestein weist (nach MATTHEß, 1990) im Normalfall weniger als 30 mg/l auf, wogegen Grundwasser in Bereichen mit Kontakt zu salinarem Untergrund Chloridgehalte von mehreren tausend mg/l erreicht.

Für die Messstellen des Landesmessnetzes ergibt sich die in Tab. 10 dargestellte Chloridverteilung.

Tab. 10: Übersicht der Chloridverteilung

Chlorid (mg/l)	Typisierung	Messstellenanzahl Landesmessnetz
1 - 10	normal-chloridisch	30
11 - 40	oligo-chloridisch	151
41 - 140	mittel-chloridisch	213
141 - 420	stark-chloridisch	47
421 - 700	meeres-chloridisch	6
>700	über-chloridisch	17

Annähernd 85 % der untersuchten Messstellen liegen im normal- bis mittelchloridischen Bereich. Der Median der Chloriduntersuchungen im Landesmessnetz liegt wie im vorhergehenden Berichtszeitraum 1997-2001 bei 52 mg/l, der Mittelwert beträgt 409 mg/l. Der Schwellenwert wird an 40 Messstellen in einer Größenordnung von 255 bis 67.600 mg/l überschritten. Höchstwerte wurden an folgenden Messstellen, aufgeführt in Tab. 11, ermittelt. Dargestellt sind die Messstellen mit Überschreitungen des Schwellenwertes um größenordnungsmäßig mehr als das 4-fache.

Tab. 11: Übersicht der Messstellen mit Überschreitungen des Schwellenwertes in Größenordnungen um mehr als das 4-fache

Messstelle	Landkreis	Chlorid (mg/l)
Erdeborn UP	Mansfeld-Südharz	67.600
Hornhausen 2	Börde	39.000
Aseleben UP	Mansfeld-Südharz	8.750
Aseleben OP	Mansfeld-Südharz	6.740
Friedeburg	Mansfeld-Südharz	6.510
Erdeborn MP	Mansfeld-Südharz	5.570
Solequelle Kloschwitz	Saalekreis	4.600
Plötzkau	Salzlandkreis	4.230
Memleben 1/02	Burgenlandkreis	3.300
Seegen Gottes Stollen	Mansfeld-Südharz	1.630
Geestgottberg-Krüden	Mansfeld-Südharz	1.380
Bad Kösen-Kukulau	Burgenlandkreis	1.250
Radiumquell	Harz	1.230
Badetz - GWBr_neu	Anhalt-Bitterfeld	999
Remkerslebener Quelle	Börde	979

Messstelle	Landkreis	Chlorid (mg/l)
Hornhausen 1	Börde	961
Trebritz 101/96	Saalekreis	827

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Während im Norden des Landes das Grundwasser, ausgenommen sind regionale Gebiete mit geologisch bedingten Störungszonen bzw. anthropogenen Beeinflussungen (u. a. tertiäre Tiefenwässer im Raum Hornhausen/Oschersleben; Kaliindustrie Raum Zielitz), salzärmer einzuschätzen ist, ist das Grundwasser im Süden aufgrund geogener und anthropogener Faktoren relativ stark salzbelastet. Insbesondere der Festgesteinsbereich mit anstehendem Zechstein im Bereich des ehemaligen Salzigen Sees im Mansfelder Land (Messstellen Aseleben UP und Erdeborn MP und UP) sowie bergbaubedingte Auswirkungen des ehemaligen Kupferschieferbergbaus in der Mansfeld-Sangerhäuser Mulde (Messstelle Segen-Gottes Stollen Sangerhausen) sind für sehr hohe Salzkonzentrationen verantwortlich.

Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) zeigte eine Spannbreite für Chlorid von 0,3 bis 427 mg/l, wobei die Mehrheit der Werte eine Spannbreite von 20 bis 180 mg/l abdeckt. Auftretende Schwellenwertüberschreitungen sind als primär geogen (d. h. Messstelle befindet sich in einer geologischen Formation mit erhöhten Chloridkonzentration) bzw. sekundär geogen (d. h. Messstelle befindet sich zwar in einer geologischen Formation mit niedrigen Chloridkonzentration, in die Formation steigen aber Wässer genetisch anderen Ursprungs auf) einzustufen.

Im Quartär und Tertiär der Zeitzer Region lassen sich anthropogene Belastungen insbesondere durch Altbergbaufolgen und der Salzlaster der Weißen Elster an den Messstellen Zangenberg und Auligk erklären. Bei Naumburg (Messstelle Schönburg); Bad Dürrenberg (Messstelle Kirchfährendorf) und bei Halle (Messstelle Röpzig) ist u. a. eine Beeinflussung durch die teilweise Infiltration der Saale gegeben. Auch im Raum Schkopau / Merseburg liegt eine Beeinflussung durch aufsteigendes salinar geprägtes Tiefenwasser vor. Im Köthener Raum (Messstelle Klein Wülknitz) werden Einflüsse durch die Landwirtschaft vermutet. Außerdem spielt an dieser Messstelle der Versalzungseinfluss über die „Köthen-Bitterfelder“ Störung eine Rolle. Regional begrenzt spielen auch Einflüsse aus der Kaliindustrie (u. a. Zielitz, Teutschental und Bernburg) eine beeinflussende Rolle auf den Versalzungsgrad des Grundwassers.

Insgesamt ist an 36 % der Messstellen eine schwach bis stark fallende Tendenz erkennbar, gleichbleibende Verhältnisse liegen an 22 % bzw. steigende Verhältnisse bei 37 % der Messstellen vor (Abb. 14). Von den Messstellen, an denen der Grenzwert überschritten wird, haben folgende Messstellen einen steigenden Trend: Solequelle Kloschwitz, Plötzkau, Seegen Gottes Stollen, Trebritz 101/96, Helmsdorf 1/96, Neuwegersleben, Gübs - Güte 1/95, Schönburg 101/97, Aupitz 1/01 und Teuchern 1/01.

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung sind zusammenfassend in der Abb. 14 dargestellt.

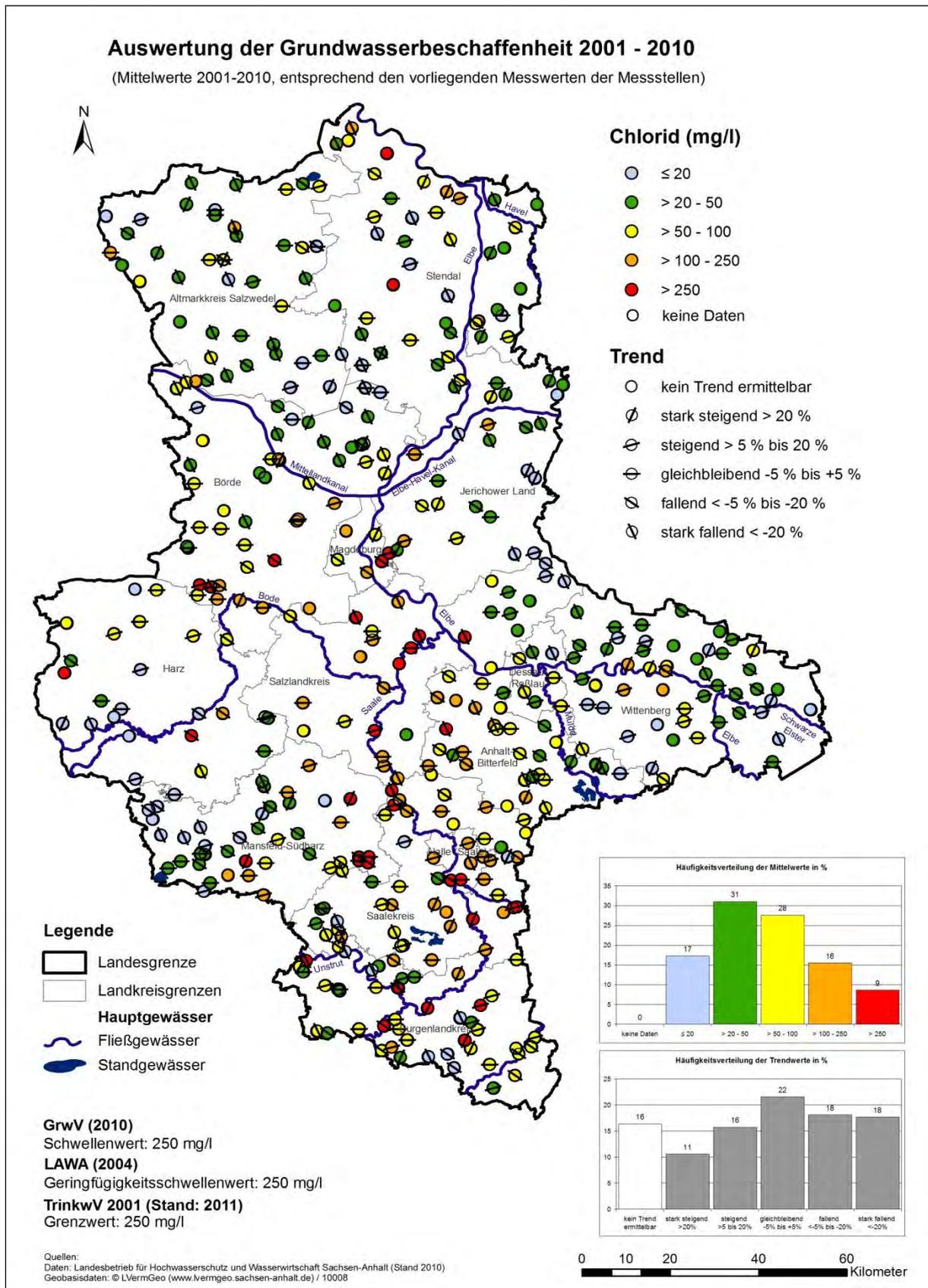


Abb. 14: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Chlorid

4.3.2.2 Sulfat (SO₄²⁻)

GrwV 2010 – Schwellenwert:	240 mg/l
LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert:	240 mg/l
TrinkwV 2011 – Grenzwert:	250 mg/l

Der Sulfat-Haushalt hängt maßgeblich von den lithologischen Gegebenheiten der Einzugsgebiete (hohe Konzentrationen bei anstehendem Anhydrit und Gips), den anthropogenen Beeinflussungen (Altbergbau/Bergbau, Abwasser) sowie der Menge an Schwefeloxiden in den Niederschlägen ab. Außerdem müssen aerob-mikrobielle Prozesse wie die Oxidation von Sulfid, Polysulfid, Thiosulfat oder elementarem Schwefel sowie die anaerobe Mineralisation von Schwefelorganika, vor allem Thioaminosäuren berücksichtigt werden.

Sulfat ist die bedeutendste Schwefelverbindung im Grundwasser. Es kommt vor allem in Sedimentgesteinen in mineralischer Form als Gips, Anhydrit, Bittersalz, Schwerspat und Glaubersalz vor. Nach TrinkwV bleiben geogen verursachte Grenzwertüberschreitungen bis zu 500 mg/l außer Betracht. Nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992) hingegen wird der geogene Normalbereich im Lockergestein bis 105 mg/l, im Festgestein bis 210 mg/l angegeben.

Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Sulfat von 8 bis 700 mg/l, wobei die Mehrheit der Werte eine Spannweite von 30 bis 550 mg/l abdeckt. Die landesweiten Untersuchungen ergeben einen Median von 197 mg/l und 200 SW-Überschreitungen von 241 bis 5.140 mg/l (42 % der Messstellen). Die Belastungssituation bei Sulfat ist ähnlich der des Chlorids. Auch hier liegen die Schwerpunktgebiete mit Ausnahme regionaler Belastungen im mittleren Landesteil (u. a. Raum Schönebeck, Oschersleben/ Völpke) sowie im Süden des Landes. Die Höchstwerte sind in der Tab. 12 für folgende Messstellen dokumentiert:

Tab. 12: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Sulfatwerten

Messstelle	Landkreis	Sulfat (mg/l)
Aseleben UP	Mansfelder Land	5.140
Erdeborn UP	Mansfeld-Südharz	4.740
Halle - Brauhausstraße	Halle (Saale), Stadt	2.850
Hornhausen 2	Börde	2.470
Förderstedt UP	Salzlandkreis	2.390
Förderstedt OP	Salzlandkreis	1.760
Schwaneberg	Börde	1.570

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

In der Mansfeld-Sangerhäuser Mulde sind die hohen Sulfatbelastungen in erster Linie geogen verursacht. Das spiegelt sich insbesondere an den Messstellen Aseleben UP, Erdeborn UP, dem Segen-Gottes-Stollen in Sangerhausen und an der Solequelle Kloschwitz wieder, die im direkten bzw. indirekten Kontakt zum Zechstein (teilweise Buntsandstein) stehen. An der Messstelle Erdeborn OP (Quartär) werden infiltrationsbedingte Einflüsse des Mittelgrabens vermutet. Im Bitterfelder und Zeitzer Raum hingegen sind hohe Sulfatwerte mit Ausnahme des Maßnitz-Tröglitzer Gebietes überwiegend als anthropogen einzustufen, vorrangig verursacht durch Altlasten (Chemie) und Altbergbau.

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung sind zusammenfassend in der Abb. 15 dargestellt.

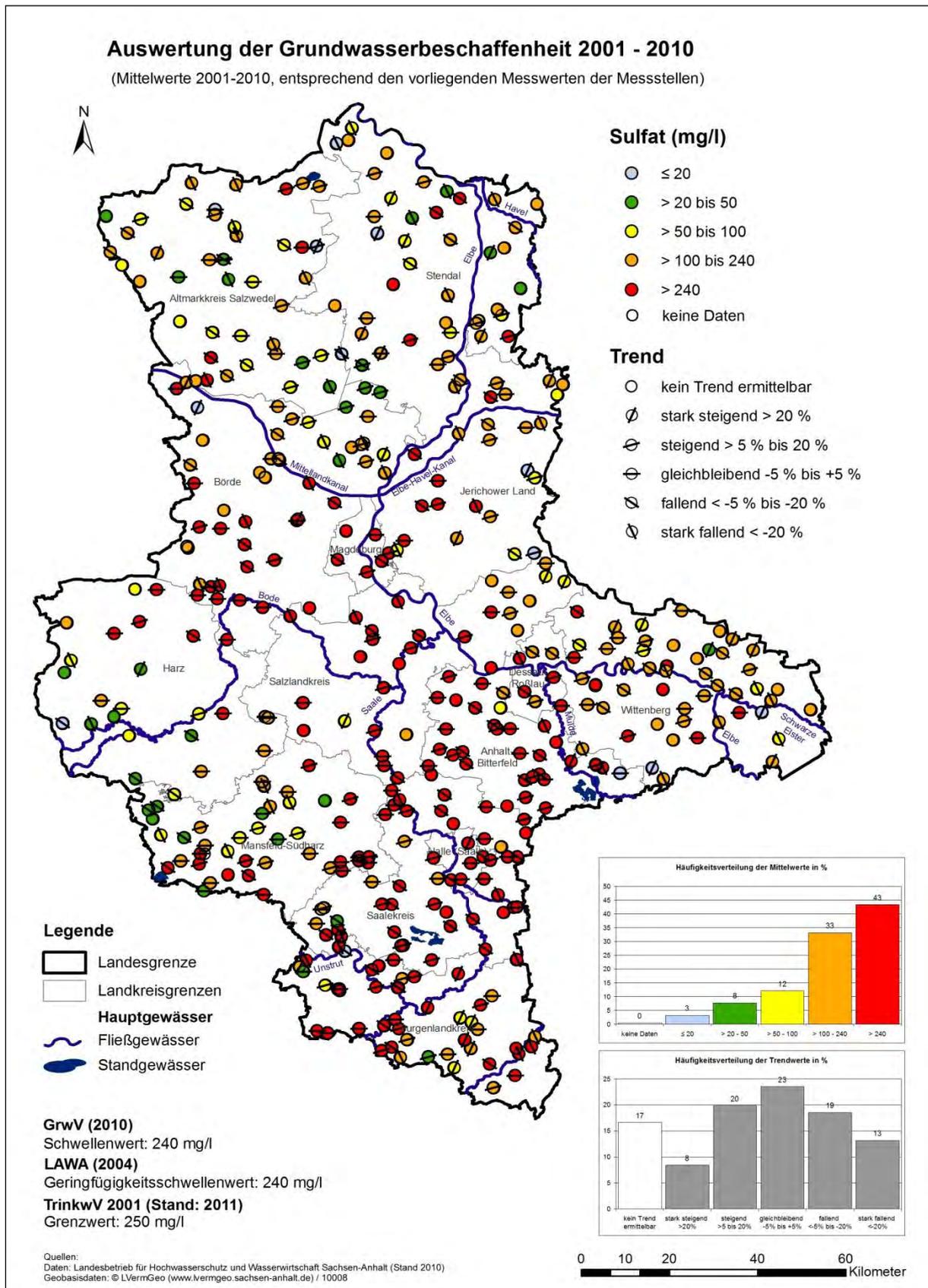


Abb. 15: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Sulfat

Insgesamt liegen folgenden Tendenzen vor: An 28 % der Messstellen steigen die Werte, 32 % sind fallend und 23 % der Messstellen haben eine ausgeglichene Tendenz (Abb. 15). Die aufgetretenen Schwellenwertüberschreitungen sind größtenteils geogen, teilweise aber auch anthropogen. Der Median liegt bei 197 mg/l, der Mittelwert bei 341 mg/l. Das Vorkommen erhöhter Sulfatkonzentrationen im mittleren und südlichen Landesteil Sachsen-Anhalts hängt einerseits mit der geologischen Prägung des Untergrundes und den daraus resultierenden Böden sowie deren geochemischen Bedingungen zusammen, zum anderen aber auch mit der Flächennutzung und Urbanisierung. In Gebieten mit hohen Konzentrationen bei anstehendem sulfatischem Gestein, in Bereichen mit bergbaulichem Einfluss und in Bereichen mit aufsteigenden Tiefenwässern liegen erhöhte Sulfatkonzentrationen vor.

4.3.2.3 Natrium (Na)

Grenzwert TrinkwV: 200 mg/l

Natrium kann durch Salzlagerstätten oder anthropogen beispielsweise über kommunales Abwasser in das Grundwasser gelangen. Relevante Natriumeinträge in Gewässer gehen meist von Abwasser des Salzbergbaus sowie Abschwemmungen von Auftaumitteln im Straßenverkehr aus. Die Natrium-Ionen sind geochemisch sehr beweglich und weisen nur geringe Sorptionseigenschaften auf. Nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992) liegt der geogene Bereich im Lockergestein bei bis zu 30 mg/l, im Kalkstein bis zu 35 mg/l und im Buntsandstein bis zu 10 mg/l.

Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Natrium von 1 bis 162 mg/l, wobei die Mehrheit der Werte eine Spannweite von 7 bis 80 mg/l abdeckt. Die Untersuchungen im Landesmessnetz ergeben einen Median von 22 mg/l sowie einen Mittelwert von 247 mg/l. Die größtenteils als geogen einzustufenden Natriumbelastungen betreffen 29 Messstellen mit Grenzwertüberschreitungen von 210 bis 40.900 mg/l und sind typisch für salzföhrnde Schichten in großen Teufen. Die Werte der übrigen Messstellen decken eine Spannweite von 0 bis 191 mg/l ab. Höchstwerte für Einzelmessstellen ergeben sich aus der Tab. 13.

Tab. 13: Übersicht der Messstellen mit den höchsten Natriumwerten

Messstelle	Landkreis	Natrium (mg/l)
Erdeborn UP	Mansfeld-Südharz	40.900
Hornhausen 2	Börde	24.100
Aseleben UP	Mansfeld-Südharz	7.080
Aseleben OP	Mansfeld-Südharz	4.450
Friedeburg 1/96	Mansfeld-Südharz	4.030
Solequelle Kloschwitz	Saalekreis	3.610
Plötzkau	Salzlandkreis	2.500
Memleben 1/02	Burgenlandkreis	2.220
Seegen Gottes Stollen	Mansfeld-Südharz	956
Geestgottberg-Krüden	Mansfeld-Südharz	860
Bad Kösen-Kukulau	Burgenlandkreis	740
Biere Hy Ek Sbe	Salzlandkreis	685
Hornhausen 1	Börde	671
Halle – Brauhausstra-	Halle (Saale), Stadt	670
Förderstedt UP	Salzlandkreis	670

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Typisch ist wiederum das Nord-Südgefälle und die geogenen Höchstwerte im Festgesteinsbereich, die deutlich höher liegen als vergleichsweise Untersuchungen nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992). Hinweise auf signifikante anthropogene Belastungen konnten nicht nachgewiesen werden. Unter anderem bleiben Streusalzeinflüsse hinter den geogenen Einflüssen zurück. Etwa ein Drittel der Messstellen zeigt Werte über dem geogenen Hintergrund. Insgesamt ist eine gleichbleibende Tendenz an rund 28 % der Messstellen, fallende Verhältnisse an 27 % und eine steigende Tendenz an 28 % der Messstellen feststellbar (Abb. 16). Die Grenzwertüberschreitungen sind als geogen einzustufen.

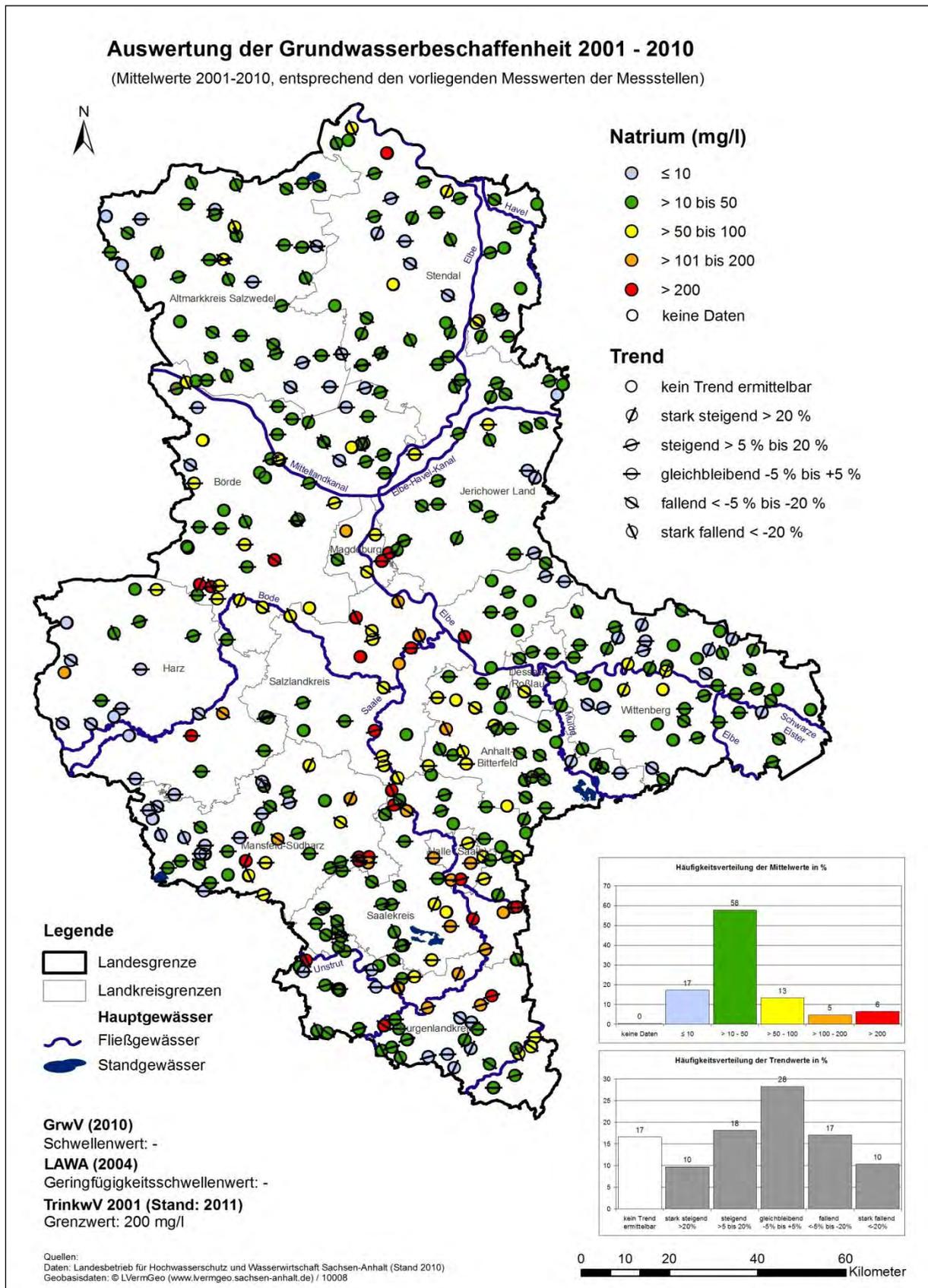


Abb. 16: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Natrium

4.3.2.4 Kalium (K)

Kalium kommt auf Grund seiner hohen Reaktivität gegenüber Wasser und Affinität zu Sauerstoff in der Natur ausschließlich in Form von Verbindungen vor. Am Aufbau der Erdrinde ist Kalium mit etwa 2,4 % beteiligt. Wichtige Lagerstätten von Kaliumverbindungen sind die Kalisalzlagerstätten (Kaliumchlorid als Sylvinit und in Form von Doppelsalzen, z. B. Carnallit). Aufgrund seiner weit geringeren geochemischen Mobilität als beispielsweise Natrium und seines relativ guten Adsorptionsvermögens werden nur geringe Kaliumgehalte natürlich im Grundwasser (1 bis 5 mg/l; MATTHEß, 1990) vorgefunden. Erhöhte Kaliumwerte können beispielsweise durch landwirtschaftliche Düngung hervorgerufen werden.

Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Kalium von 0,3 bis 21 mg/l, wobei die Mehrheit der Werte eine Spannweite von 1 bis 11 mg/l abdeckt. Nach den landesweiten Untersuchungen im Landesmessnetz liegt der Median bei 4,5 mg/l und der Mittelwert bei 13 mg/l. Die höchsten Kaliumgehalte liegen an folgenden Messstellen, nachvollziehbar über die Tab. 14 vor:

Tab. 14: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Kaliumwerten

Messstelle	Landkreis	Kalium (mg/l)
Erdeborn UP	Mansfeld-Südharz	783
Etgersleben Br 7a	Salzlandkreis	228
Hornhausen 2	Börde	148
Erdeborn OP	Mansfeld-Südharz	147
Geusa 1/94	Saalekreis	147
Reinsdorf 01/06	Anhalt-Bitterfeld	130
Wendemark	Stendal	104

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Während im Festgesteinsbereich der geogene Hintergrund repräsentiert wird, sind im Lockergestein (Messstellen Geusa und Erdeborn OP) anthropogene Einträge aus dem Siedlungsbereich und der Landwirtschaft zu vermuten. An 17 % der Messstellen liegen gleichbleibende Verhältnisse vor, etwa 33 % der Messstellen zeigen einen fallenden und 33 % einen steigenden Trend (Abb. 17). Bei 17 % der Messstellen war kein Trend bestimmbar.

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung sind zusammenfassend in der Abb. 17 dargestellt.

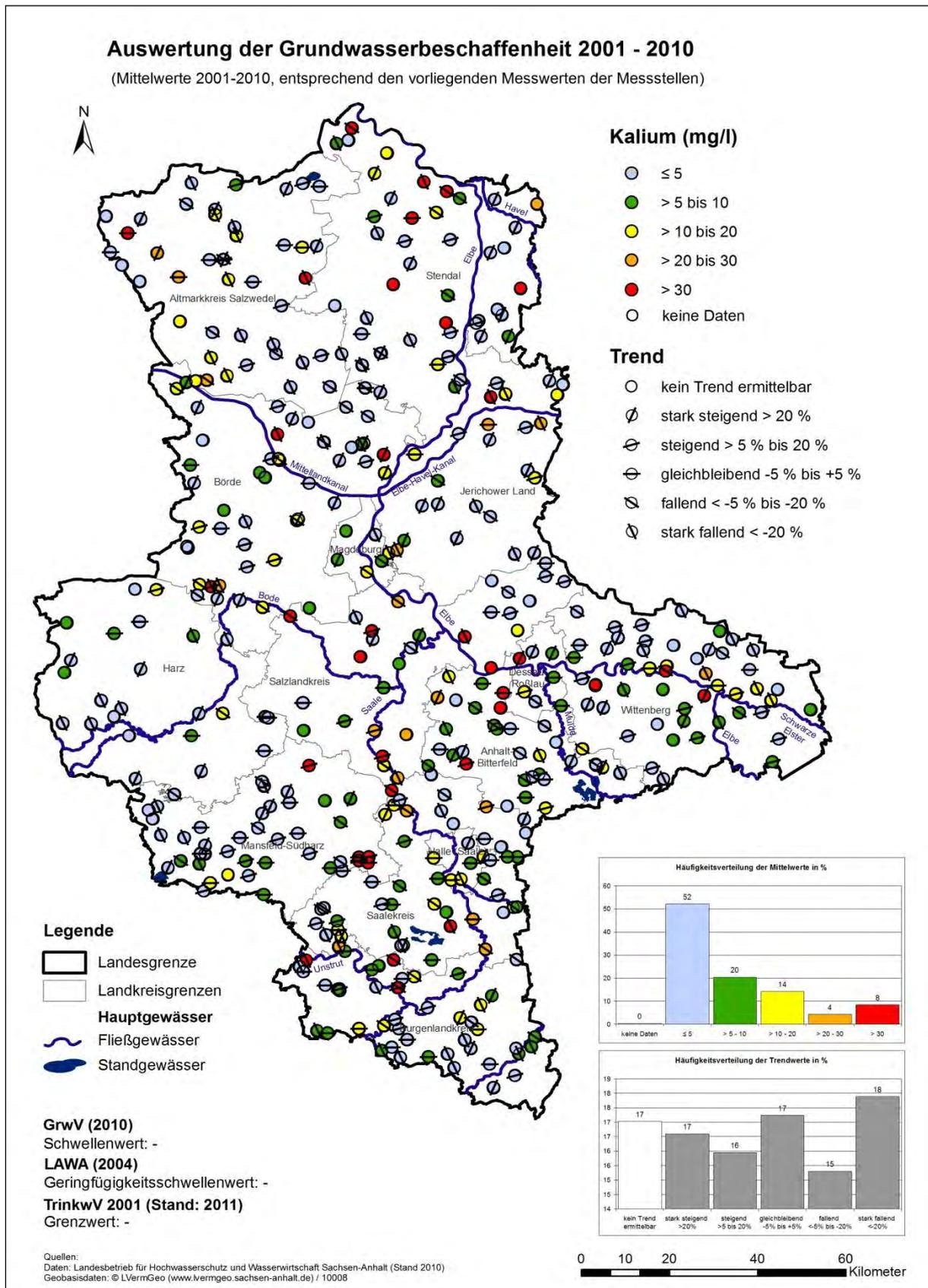


Abb. 17: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Kalium

4.3.2.5 Calcium (Ca)

Calcium liegt sowohl in der festen Erdkruste (3,4 % Anteil) als auch in der Hydro- und Atmosphäre in seinen Verbindungen ubiquitär verteilt vor. Calcium ist somit in allen Umweltmatrizes anzutreffen. In elementarer Form tritt es in der Natur nicht auf, da es mit Luftfeuchtigkeit oder Wasser sehr schnell zu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ reagiert. Calcium-Verbindungen sind Bestandteil vieler gesteinsbildender Minerale wie Alumosilikate, Silikate und Phosphate sowie auch von Sedimenten (Kalziumkarbonate - CaCO_3 , Kalziumsulfate - CaSO_4). Die wichtigsten in der Natur vorkommenden Verbindungen sind Kalkstein, Marmor, Kreide, Dolomit, Gips, Anhydrit, Phosphorit, Apatit, Flußspat und Kalkfeldspat.

In die Atmosphäre wird Calcium als Staubpartikel u.a. aus Zementwerken, Steinbrüchen und von Bau-schuttdeponien eingetragen. Durch den Niederschlag gelangt es auch in die Hydrosphäre. Die Konzentration an gelöstem Calcium in der Wasserphase hängt von der Art der durch- bzw. überströmten Mineral- und Sedimentphasen ab. Für die Löslichkeit bzw. Ausfällung von Ca-Verbindungen in Gewässern ist die Lage des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts in Abhängigkeit vom CO_2 -Partialdruck entscheidend.

Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Calcium von 6 bis 378 mg/l, wobei die Mehrheit der Werte eine Spannweite von 30 bis 230 mg/l abdeckt.

Calcium ist ein wesentlicher Bestandteil der Wasserhärte. In silikatischen Grundwasserleitern liegt der Gehalt an Calcium im Regelfall unter 100 mg/l. In karbonatischen Grundwässern sind Werte zwischen 200 und 30 mg/l und darüber nicht selten. Der Median-Wert der Calciumuntersuchungen im Landesmessnetz liegt bei 124 mg/l, der Mittelwert beträgt 169 mg/l. Die höchsten Calciumgehalte (Tab. 15) wurden für folgende Messstellen ermittelt:

Tab. 15: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Calciumwerten

Messstelle	Landkreis	Calcium (mg/l)
Erdeborn UP	Mansfeld-Südharz	2.780
Erdeborn MP	Mansfeld-Südharz	2.240
Hornhausen2	Bördekreis	1.390
Aseleben UP	Mansfeld-Südharz	717
Sangerhausen	Sangerhausen	714
Grockstädt	Merseburg-Querfurt	688

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Die als geogen einzustufenden Werte sind prägnant für calciumreiches Zech- und Buntsandsteinwasser sowie tertiäres Tiefenwasser. Insgesamt ist ein fallender Trend an 30 % sowie relativ gleichbleibende Verhältnisse an 31 % der Messstellen festzustellen. Demgegenüber weisen 22 % der Messstellen ein steigender Trend auf (Abb. 18). Bei 17 % der Messstellen war kein Trend bestimmbar. 33 % aller Werte liegen im Konzentrationsbereich von 100 bis 200 mg/l.

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung sind zusammenfassend in der Abb. 18 dargestellt.

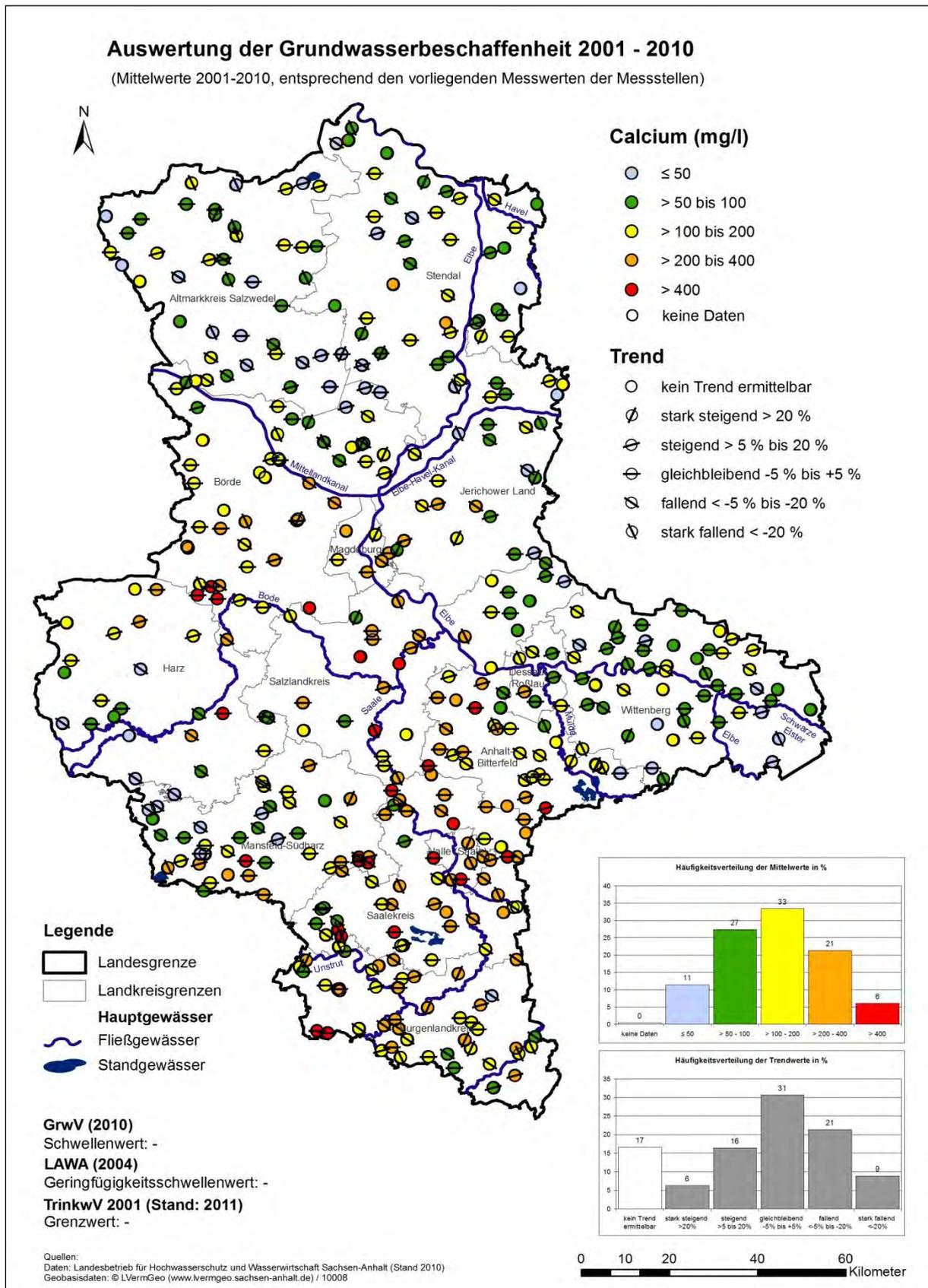


Abb. 18: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Calcium

4.3.2.6 Magnesium (Mg)

Magnesium gehört wie Calcium zu den Erdalkalimetallen und ist am Aufbau der Erdkruste wesentlich beteiligt (ca. 1,92 %). Als unedles Metall kommt es in der Natur ausschließlich in Form von Verbindungen als Carbonat, Sulfat, Silikat und Chlorid vor. Die wichtigsten Carbonate sind Magnesit und Dolomit (Mg-Ca-Doppelcarbonat). Bei den Silikaten besitzt das magnesiumhaltige Mineral Olivin die größte Verbreitung. Zu den Sulfaten des Magnesiums gehören Kainit und Kieserit (in Salzlagerstätten) sowie Bittersalz (gelöst in Mineralwässern). $MgCl_2$ kommt als Chlornallit ($MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6 H_2O$) ebenfalls in Salzlagerstätten vor. Magnesium ist als Metall ein wichtiger Bestandteil von Legierungen zur Erreichung niedriger Dichten, die speziell im Flugzeug-, Fahrzeug- und Metallbau von Interesse sind. Weiterhin findet es in der Metallurgie als starkes Reduktionsmittel Anwendung. MgO wird bei der Herstellung von feuerfesten Materialien als Komponente eingesetzt. Von den hier genannten Anwendungszwecken geht kaum ein relevanter Eintrag in die aquatische Umwelt aus. Dieser ist auf anthropogene Quellen, u.a. Abschwemmungen von Magnesium-haltigen Düngemitteln wie $Mg_3(PO_4)_2$ und Einleitungen der Kaliindustrie, die meist auch gelöstes $MgCl_2$ enthalten, beschränkt.

Magnesium gehört wie Calcium zu den härtebildenden Kationen, verfügt aber über eine geringere geochemische Mobilität und tritt demzufolge in geringeren Konzentrationen (<40 mg/l; MATTHEß, 1990) auf als Calcium.

Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Magnesium von 1 bis 70,8 mg/l, wobei die Mehrheit der Werte eine Spannweite von 6 bis 50 mg/l abdeckt. Aus den landesweiten Untersuchungen im Landesmessnetz ergibt sich ein Median von 21 mg/l, der Mittelwert beträgt 37 mg/l. Bei einer Spannweite von 2 bis 1.100 mg/l weisen folgende Messstellen Höchstwerte (Tab. 16) auf:

Tab. 16: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Magnesiumwerten

Messstelle	Landkreis	Magnesium (mg/l)
Erdeborn UP	Mansfeld-Südharz	1.100
Erdeborn MP	Mansfeld-Südharz	704
Hornhausen 2	Börde	376
Förderstedt UP	Mansfeld-Südharz	240
Halle - Brauhausstraße	Halle (Saale), Stadt	227
Plötzkau	Salzlandkreis	218
Aseleben OP	Mansfeld-Südharz	185
Knapendorf-Bündorf	Saalekreis	180
Aseleben UP	Mansfeld-Südharz	174
Förderstedt OP	Salzlandkreis	170
Zeuchfeld 1/01	Burgenlandkreis	148
Pabstorf - Güte	Harz	137
Erdeborn OP	Mansfeld-Südharz	128
Halle-Neustadt - Friedhof	Halle (Saale), Stadt	123
Röblingen 1/96	Mansfeld-Südharz	121
Friedeburg 1/96	Mansfeld-Südharz	120

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Während im Festgestein der Mansfelder Mulde und im Raum Halberstadt von geogenen Belastungen ausgegangen werden kann, sind im Lockergestein des Quartär Hinweise auf anthropogene Einträge aus der landwirtschaftlichen Nutzung und aus Siedlungen mit ländlichem Charakter, u. a. vermutlich durch Einsatz von Magnesiumsalzen, an den Landesmessstellen Klein Wülknitz, Schafstädt, Geusa und Steuden gegeben. Einen Sonderfall stellt die Messstelle in Knapendorf-Bündorf dar. Hier ist von einem Einfluss der nahe gelegenen Hochhalde Schkopau auszugehen, auf der seit Beginn des 20. Jahrhunderts Industrieschlämme abgelagert wurden, die unter anderem hohe Magnesiumkonzentrationen enthalten. Die Stoffausbreitung im Untergrund der Hochhalde Schkopau wurde im Rahmen einer Gefährdungsabschätzung an diesem Standort untersucht und nachgewiesen.

In der Gesamtauswertung für Magnesium ist an 29 % der Messstellen ein gleichbleibender Trend nachweisbar. Einen fallenden Trend weisen 21 % der Messstellen, steigende Verhältnisse 34 % der Messstellen auf (Abb. 19). An 17 % der Messstellen war kein Trend bestimmbar.

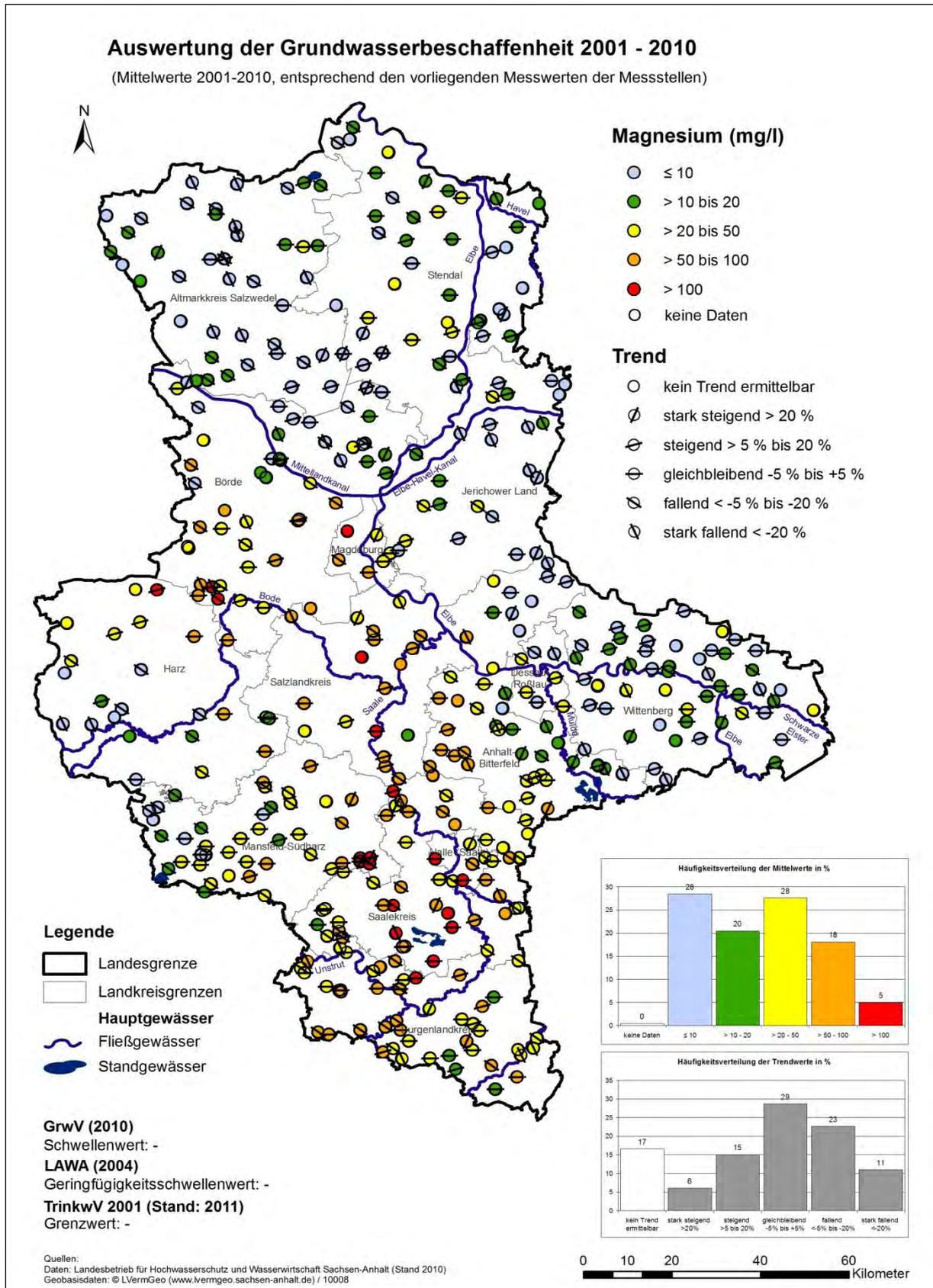


Abb. 19: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Magnesium

4.3.2.7 Hydrogencarbonat (HCO_3^{2-})

Gebundene Carbonate weisen meist nur eine begrenzte Wasserlöslichkeit auf. Zudem spielen Ausfällungsprozesse aus übersättigten Lösungen und Produkte des Pflanzenstoffwechsels eine wichtige Rolle. Die Carbonatauflösung bzw. Fällung wird durch das Kalk-Kohlensäure-Hydrogencarbonat-Gleichgewicht gesteuert. Die Reaktion läuft dabei an den Phasengrenzen fest-flüssig und flüssig-gasförmig (CO_2 -Eintrag) ab. Primäre Quellen sind karbonatische Gesteine biogenen Ursprungs, z. B. Muschelschalen. Sekundäre Quellen beruhen auf der Verwitterung von karbonatischen Phasen im Gestein. Andere nicht-marine Vorkommen liegen in Form von Soda, Pottasche, Kalkstein, Marmor, Dolomit, Magnesit, Eisen-, Mangan- und Zinkspat vor. Am häufigsten vertreten sind davon die gebirgsbildenden Erdalkalicarbonate. Das zu den Hauptinhaltsstoffen der Anionen zählende Hydrogencarbonat, auch als Bicarbonat bezeichnet, steht in Abhängigkeit zu CO_2 und dem pH-Wert. Es stellt im Grundwasser die bedeutendste pufferwirksame Substanz dar und steuert den Säure-Base-Haushalt des Wassers.

Geogene HCO_3 -Werte liegen (nach SCHLEYER & KERNDORFF, 1992) im Lockergestein bei 80 bis 350 mg/l, im Buntsandstein bis 270 mg/l und im Kalk-/Dolomitgestein bis zu 390 mg/l. Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) zeigte eine Spannbreite für Hydrogencarbonat von 6 bis 468 mg/l, wobei die Mehrheit der Werte eine Spannbreite von 90 bis 400 mg/l aufweist. Die landesweiten Untersuchungen im Landesmessnetz ergaben einen Median von 208 mg/l und einen Mittelwert von 230 mg/l. Vor allem im Südteil von Sachsen-Anhalt ist das Grundwasser durch hohe Hydrogencarbonatanteile charakterisiert, was sich in nachfolgender Tab. 17 widerspiegelt.

Tab. 17: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Hydrogencarbonat-Gehalten

Messstelle	Landkreis	HCO_3 (mg/l)
Erdeborn OP	Mansfeld-Südharz	939
Roitzsch	Anhalt-Bitterfeld	796
Halle - Brauhausstraße	Halle (Saale), Stadt	622
Adelheidsquelle	Mansfeld-Südharz	599
MD - Neu-Olvenstedt	Magdeburg, Landeshauptstadt	595
Taucha	Burgenlandkreis	588
Calbe_neu	Salzlandkreis	574
Halle-Neustadt - Friedhof	Halle (Saale), Stadt	571
Barneberg	Börde	568
Geusa 1/94	Saalekreis	561
MD - Blumenbergerstr.	Magdeburg, Landeshauptstadt	554
Solequelle Kloschwitz	Saalekreis	539
Charlottenhof	Stendal	537
Neuwegersleben	Börde	525
Colbitz	Stendal	516
Etgersleben Br 7a	Salzlandkreis	502
Badetz - GWBr_neu	Anhalt-Bitterfeld	501

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Insgesamt ist an 36 % der Messstellen einen gleichbleibenden Trend nachweisbar. Eine fallende Tendenz weisen 9 %, steigende Verhältnisse 17 % der Messstellen auf (Abb. 20), bei den restlichen Messstellen war kein Trend ermittelbar.

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung sind zusammenfassend in der Abb. 20 dargestellt.

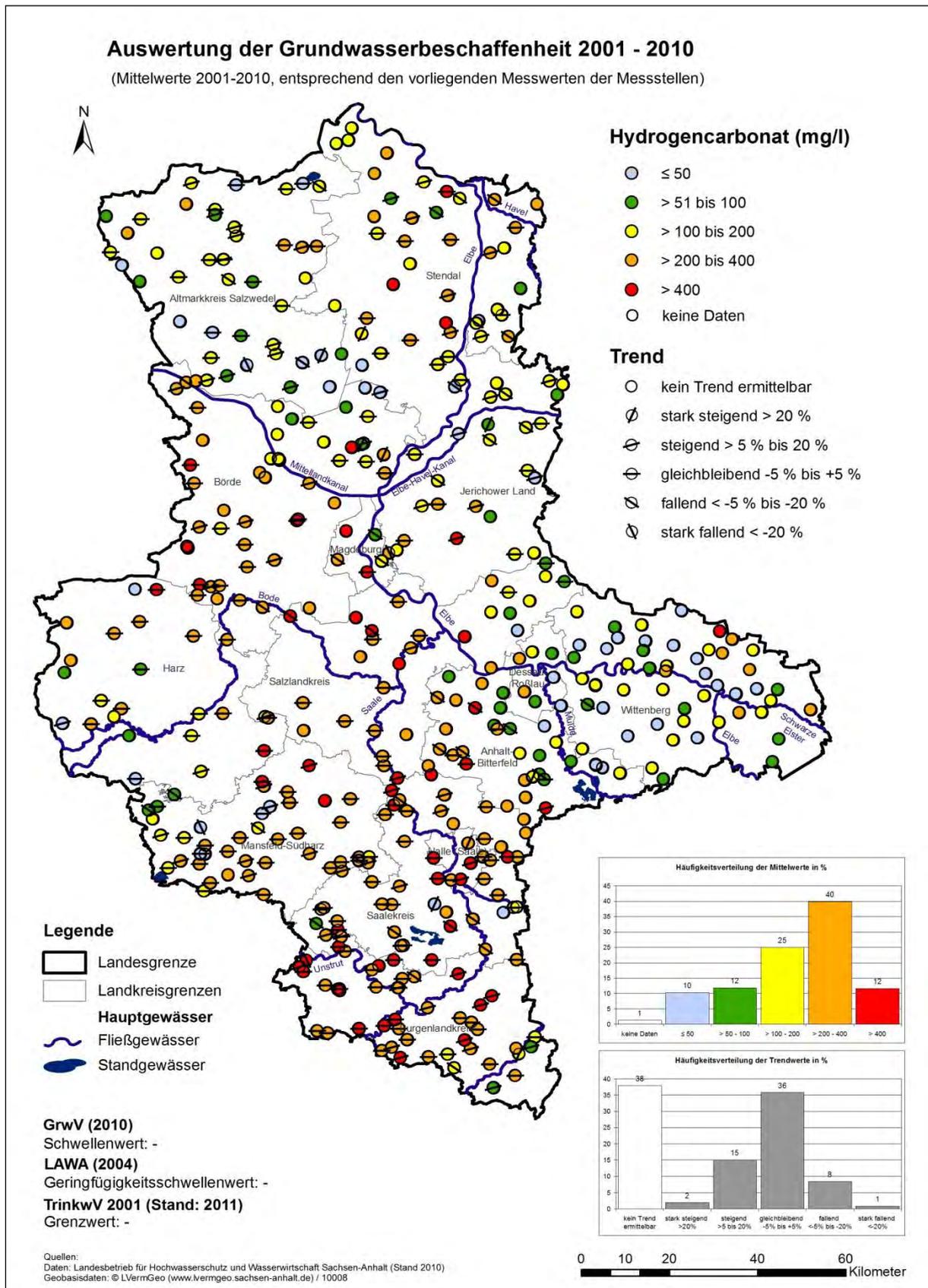


Abb. 20: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Hydrogencarbonat

4.3.3 Nährstoffe

4.3.3.1 Nitrat (NO₃⁻)

GrwV 2010 – Schwellenwert: 50 mg/l

TrinkwV 2011 – Grenzwert: 50 mg/l

Das oftmals auch als Leitparameter für die landwirtschaftliche Nutzung geltende Nitrat hat hinsichtlich der Bewertung von Grundwasser einen hohen Stellenwert. Nitrat gelangt vielfach durch Auswaschung der durchwurzelten Bodenzone in das Grundwasser. Nitratverbindungen sind in der Regel sehr gut wasserlöslich. Die Nitratauswaschung ist stark standortabhängig und wird neben klimatischen Faktoren entscheidend von der Bodenart, der Bewirtschaftungsform und von Bewirtschaftungsmaßnahmen geprägt.

Geogene Nitratwerte liegen nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992) im Lockergesteinsbereich bei bis zu 30 mg/l, im Festgestein bei bis zu 15 mg/l (Buntsandstein) und 35 mg/l (Kalk/Dolomit). Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Nitrat von 0,1 bis 14 mg/l, wobei die Mehrheit der Werte eine Spannweite von 0,1 bis 9 mg/l abdeckt.

Sachsen-Anhalt ist landwirtschaftlich geprägt. Der Anteil landwirtschaftliche Fläche bezogen auf die Gesamtfläche beträgt rund 65,4% (AKTIS, 2012). Im Einklang mit der "guten landwirtschaftlichen Praxis" werden beim Zuckerrübenanbau bis zu 120 kg N/ha*a, beim Maisanbau bis zu 160 kg N/ha*a und beim Anbau von Kartoffeln u. U. bis zu 300 kg N/ha*a aufgebracht, so dass in intensiv bewirtschafteten Gebieten bereits mit einer diffusen Grundlast von schätzungsweise 25 mg NO₃/l im Grundwasser gerechnet werden kann.

Die Untersuchungen im Rahmen des Landesmessnetzes ergaben Überschreitungen des Schwellen- und Grenzwertes an 88 Messstellen. Die Spannweite der Konzentrationen in den Messstellen mit Grenzwertüberschreitungen beträgt 50,3 bis 367 mg/l. Der Median der Nitratwerte liegt bei 3,8 mg/l, der Mittelwert beträgt 26,2 mg/l. Die Tab. 18 vermittelt einen Überblick zu Nitratbelastungen über 100 mg/l an den Messstellen folgender Landkreise:

Tab. 18: Übersicht der Messstellen mit mittleren Nitratbelastungen >100 mg/l

Messstelle	Landkreis	Nitrat (mg/l)	Flächennutzung (CORINE)
Uthmöden	Börde	367	Ackerland
Bhf. Loitsche_neu	Börde	274	Wald / Gehölze
Thalheim_neu	Anhalt-Bitterfeld	214	Ackerland
Rothenburg	Saalekreis	207	Ackerland
Pietzpuhl - Güte	Jerichower Land	199	Wald / Gehölze
Wulfen	Anhalt-Bitterfeld	180	Ackerland
Ellersell - Güte	Börde	178	Ackerland
MD - Blumenbergerstr.	Magdeburg, Landeshauptstadt	176	Siedlungs- / Verkehrsfläche
Wedringen - Kanal Süd	Börde	175	Ackerland
Wilsleben	Salzlandkreis	168	Ackerland
Reinsdorf 01/06	Anhalt-Bitterfeld	168	Siedlungs- / Verkehrsfläche
Krevese	Stendal	161	Grünland
Quetzdölsdorf	Bitterfeld	161	Ackerland
Hornhausen BR 2a	Börde	158	Siedlungs- / Verkehrsfläche
Cheine - Güte	Altmarkkreis Salzwedel	155	Siedlungs- / Verkehrsfläche
Libbesdorf	Anhalt-Bitterfeld	150	Ackerland
Rappin (2010)	Altmarkkreis Salzwedel	140	Ackerland
Paplitz OP	Jerichower Land	136	Ackerland
Wettiner Quelle	Saalekreis	134	Ackerland
Adelheidsquelle	Mansfeld-Südharz	132	Wald / Gehölze
Memleben 1/02	Burgenlandkreis	130	Ackerland

Messstelle	Landkreis	Nitrat (mg/l)	Flächennutzung (CORINE)
Wanzer	Stendal	130	Siedlungs- / Verkehrsfläche
Eimersleben	Börde	127	Ackerland
Baumersroda	Burgenlandkreis	125	Ackerland
Nonnenborn	Mansfeld-Südharz	123	Wald / Gehölze
Edderitz	Anhalt-Bitterfeld	120	Ackerland
Städteborn Mallendorf	Burgenlandkreis	119	Ackerland
Könnern	Salzlandkreis	116	Ackerland
Hottentottenborn	Saalekreis	107	Siedlungs- / Verkehrsfläche
Dambeck	Altmarkkreis Salzwedel	103	Ackerland
Ummendorf	Börde	102	Ackerland
Mammendorf/Eichenbarleben 5/03	Börde	102	Siedlungs- / Verkehrsfläche
Sylbitz	Saalekreis	101	Ackerland

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Vorrangig an diesen hoch belasteten Messstellen spiegeln sich die Einflüsse intensiver landwirtschaftlicher Nutzung deutlich wieder.

Insgesamt ist an 6 % der Messstellen des Landesmessnetzes ein gleichbleibender Trend zu verzeichnen. Bei 19 % liegt eine fallende, bei 28 % der Messstellen ein steigender Trend vor (Abb. 21). Bei 47 % der Messstellen konnte kein Trend ermittelt werden. Die Messstellen mit Nitratbelastungen > 100 mg/l bewegen sich größtenteils auf einem gleichbleibend hohen Niveau. Einen steigenden Trend verzeichnen hingegen die Messstellen Bhf. Loitsche_neu, Pietzpuhl, Ellersell, MD - Blumenbergerstr., Wedringen - Kanal Süd, Krevese, Paplitz OP, Wettiner Quelle, Adelheidsquelle, Memleben 1/02, Wanzer, Dambeck und Mammendorf/ Eichenbarleben.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass insbesondere im oberen Grundwasserleiter Nitratprobleme vorliegen. Demzufolge erfordert das Problem der Nitratbelastung im Land eine hohe Aufmerksamkeit.

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung sind zusammenfassend in der Abb. 21 dargestellt.

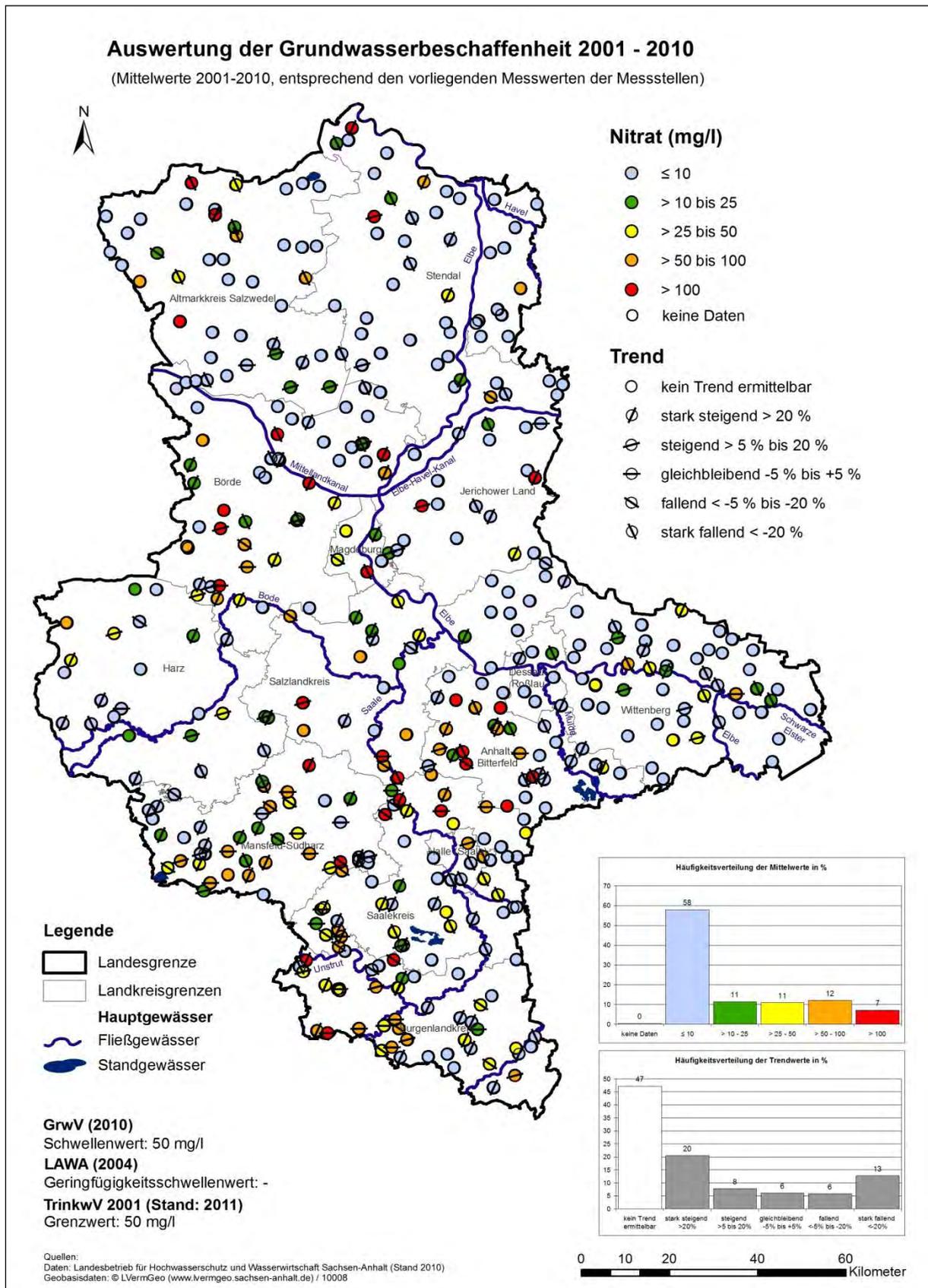


Abb. 21: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Nitrat

4.3.3.2 Ammonium (NH₄⁺)

GrwV 2010 – Schwellenwert: 0,5 mg/l

TrinkwV 2011 – Grenzwert: 0,5 mg/l

Ammonium wird in wässriger Phase beim mikrobiellen Abbau von biogenen und anthropogenen stickstoffhaltigen Substanzen (z. B. Proteine, Harnstoff-Derivate, Aminosäuren, Aminosucker) gebildet. Auch von natürlich entstehender Biomasse wird es ständig in kleinen Mengen freigesetzt. Unter anaeroben Verhältnissen ist Ammonium im Grundwasser dominant vorzufinden.

Eine anthropogene Eintragsquelle stellt die Landwirtschaft (u.a. Gülle, Mist) dar. Für oberflächennahes Grundwasser spielt auch der Einsatz von Ammonium- Düngern eine bedeutsame Rolle.

Geogene Ammoniumwerte liegen nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992) im Lockergesteinsbereich bis zu 0,3 mg/l, im Kalkstein bis 0,02 mg/l vor, im Buntsandstein können diese bis 0,5 mg/l betragen. Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannbreite für Ammonium von 0,01 bis 1,4 mg/l, wobei die Mehrheit der Werte eine Spannbreite von 0,02 bis 0,5 mg/l abdeckt. Der Schwellenwert der GrwV von 0,5 mg/l wurde im Landesmessnetz an 48 Messstellen zum Teil deutlich überschritten. Der Median liegt bei 0,04 mg/l, der Mittelwert bei 0,21 mg/l. Die höchsten NH₄-Belastungen liegen an folgenden in Tab. 19 aufgeführten Messstellen. Dargestellt sind alle Überschreitungen des GrwV-Schwellenwertes.

Tab. 19: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Ammoniumwerten

Messstelle	Landkreis	Ammonium (mg/l)
Schinne	Stendal	13
Hadmersleben Br 1a	Börde	5,0
Zöschen	Saalekreis	3,5
Geestgottberg-Krüden	Mansfeld-Südharz	3,5
Röpzig 1/94	Saalekreis	3,3
Auligk 101/00	Burgenlandkreis	3,1
Schönhausen ICE	Stendal	3,0
Erdeborn UP	Mansfeld-Südharz	2,6
Hornhausen 2	Börde	2,5
Siedentramm	Altmarkkreis Salzwedel	2,1
Kuhlhausen	Stendal	2,1
Plötzkau	Salzlandkreis	1,8
Roitzsch	Anhalt-Bitterfeld	1,6
Dambeck	Altmarkkreis Salzwedel	1,5
Jerchel	Stendal	1,4
Halle-Neustadt - Friedhof	Halle (Saale), Stadt	1,4
Steutz	Anhalt-Bitterfeld	1,4
Schönhausen	Stendal	1,3
Mieste	Altmarkkreis Salzwedel	1,3
Zaschwitz	Saalekreis	1,3
Schlagenthin - Güte	Jerichower Land	1,2
Weddendorf - ICE	Börde	1,2
Wendemark	Stendal	1,2
Burgkernitz	Wittenberg	1,2
Geusa 1/94	Saalekreis	1,1
Schönfeld - Güte	Stendal	0,97
Gossa	Anhalt-Bitterfeld	0,90
Miesterhorst-Taterberg	Altmarkkreis Salzwedel	0,90
Bölsdorf	Stendal	0,88
Schadewohl	Altmarkkreis Salzwedel	0,80
Wust	Stendal	0,79
Hottentottenborn	Saalekreis	0,77
Trebnitz 101/96	Saalekreis	0,75
Kirchfahrendorf 101/97	Saalekreis	0,75

Messstelle	Landkreis	Ammonium (mg/l)
Aken	Anhalt-Bitterfeld	0,74
Hindenburg	Stendal	0,73
Arendsee	Altmarkkreis Salzwedel	0,71
Storbeck - Wald	Stendal	0,68
Miesterhorst - ICE	Altmarkkreis Salzwedel	0,66
Köckte	Stendal	0,66
Aseleben UP	Mansfeld-Südharz	0,60
Dessau-Alten	Dessau-Roßlau, Stadt	0,57
Kabelitz - Güte	Stendal	0,55
Röblingen 1/96	Mansfeld-Südharz	0,54
Leiha 101/96	Saalekreis	0,54
Blumenthal	Jerichower Land	0,53
Förderstedt UP	Salzlandkreis	0,52
Klieken - Schlangengrube	Wittenberg	0,51
Pabstorf - Güte	Harz	0,50

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Betroffen ist beispielsweise reduziertes Grundwasser in Verbindung mit huminstoffreichen oder eisenhaltigen Sedimenten in Terrassenschottern bzw. in Kontakt mit tertiärem Untergrund, Waldstandorte bzw. durch Baumbestand gekennzeichnete Standorte sowie anthropogen belastetes Grundwasser mit Uferfiltrateinfluss und Einflüssen aus der landwirtschaftlichen Nutzung bzw. ländlichem Siedlungseinfluss. Ein gleichbleibender Trend ist an 36 % der Messstellen nachweisbar. Einen fallenden Trend weisen 9 %, steigende Verhältnisse 17 % der Messstellen auf (Abb. 22), bei den restlichen Messstellen war kein Trend ermittelbar.

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung sind zusammenfassend in der Abb. 22 dargestellt.

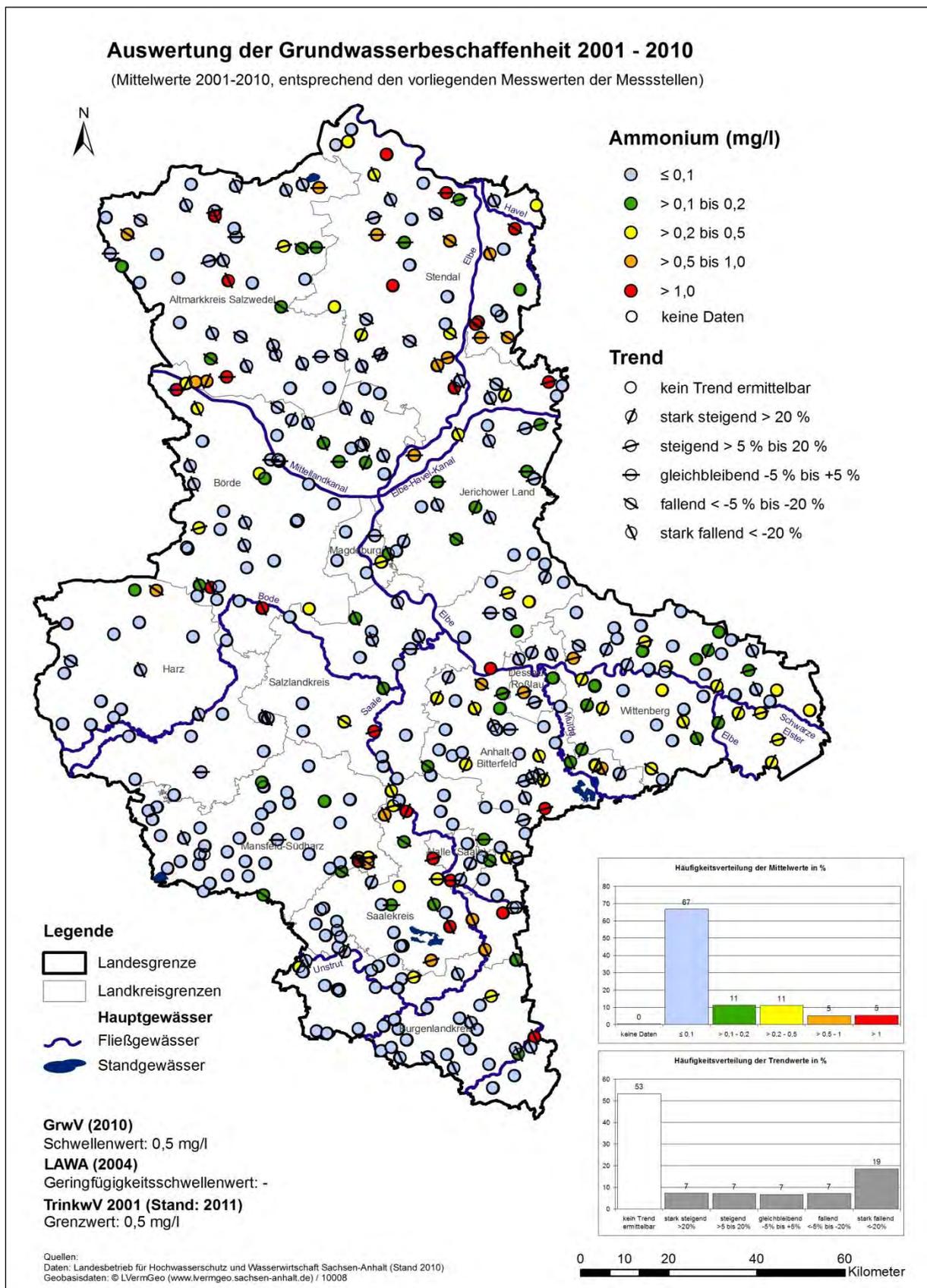


Abb. 22: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Ammonium

4.3.3.3 Nitrit (NO₂)

TrinkwV 2011 – Grenzwert: 0,5 mg/l

Nitrit ist ein natürliches Zwischenprodukt bei der mikrobiellen Oxidation des Ammoniums zu Nitrat, kann aber auch durch denitrifizierende Bakterien bei niedrigen Sauerstoffgehalten aus dem Nitrat gebildet werden. Mögliche Ursachen für Nitritbelastungen sind in der landwirtschaftlichen Nutzung (siehe Nitrat und Ammonium) zu sehen. Auch sind Belastungen aus kommunalen und industriellen Abwässern, u.a. in Verbindung mit undichten Abwasserkanälen möglich.

Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannbreite für Nitrit von 0,005 bis 0,05 mg/l.

An drei Messstellen des Landesmessnetzes Sachsen-Anhalt ist der Grenzwert nach TrinkwV im Mittel überschritten. Das betrifft Barneberg (1,1 mg/l), Haldensleben (0,9 mg/l) und Behrend (0,59 mg/l). Diese Messstellen zeigen aber einen fallenden Trend. Insgesamt 8 % der Messstellen weisen einen steigenden Trend auf, an 9 % sind fallende Werte zu verzeichnen. Gleichbleibende Verhältnisse sind an 2 % der Messstellen erkennbar. Der Median liegt bei 0,04 mg/l, der Mittelwert bei 0,05 mg/l. Somit liegt die Mehrheit der Werte im Bereich des geogenen Hintergrundwertes.

4.3.3.4 Phosphor gesamt

Phosphor kann in den Gewässern in vier verschiedene Fraktionen auftreten: ungelöste anorganische und organische sowie gelöste anorganische und organische Phosphorverbindungen. Den Übergangsbereich zwischen gelösten und ungelösten P-Verbindungen bilden kolloidale und höhermolekulare organische P-Verbindungen. In der Natur kommt Phosphor anorganisch gebunden als Salze der Phosphorsäure (Phosphate) vor. Von den weltweit jährlich geförderten etwa 180 Millionen Tonnen (Stand 2010) an Rohphosphaten werden etwa 90 % zur Herstellung von Düngemitteln verwendet. Phosphor kann in Düngemitteln durch keinen anderen Stoff ersetzt werden.

Für Phosphor gibt es keine Schwellen- und Grenzwerte. Phosphatgehalte ab 0,5 mg/l deuten auf anthropogene Einflüsse hin.

Die landesweiten Untersuchungen auf Phosphor_{gesamt} ergaben Konzentrationen von <0,005 bis 19,9 mg/l. Der Median beträgt 0,06, der Mittelwert liegt bei 0,17 mg/l. Höchstwerte von 1,3 bis 19,9 mg/l liegen an den Messstellen Meseberg, Altmersleben-Butterhorst, Menz, Wanzer, Wendemark, Mehrmke, Wittenberg – Wallstraße, Tangeln und Schadewohl vor. An diesen Standorten wirken sowohl Siedlungs- als auch landwirtschaftliche Einflüsse nachhaltig auf das Grundwasser ein.

4.3.3.5 Orthophosphat

Der Gehalt an Orthophosphationen (PO₄³⁻) ist in natürlichem Grundwasser gering, so dass auch der Phosphatgehalt als Belastungshinweis dienen kann. Hohe Phosphatkonzentrationen verursachen ein übermäßiges Algen- und Pflanzenwachstum. Dadurch steigt gleichzeitig die Anzahl an Bakterien, wodurch sich der Sauerstoffgehalt drastisch verringert. Phosphate sind meist Anzeiger für anthropogene Belastungen (z. B. Waschmittel, Düngemittel, industrielles Abwasser).

Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte im Grundwasser (HYDOR, 2008) erbrachte für Sachsen-Anhalt eine Spannbreite für Orthophosphat von 0,01 bis 0,17 mg/l. Insgesamt liegen folgenden Tendenzen vor: An 25 % der Messstellen steigen die Werte, an 28 % fallen sie und 7 % der Messstellen haben eine ausgeglichene Tendenz. Für die verbleibenden Messstellen war kein Trend ermittelbar. Der Median liegt bei 0,06 mg/l, der Mittelwert bei 0,31 mg/l. Es bestehen somit anthropogene Beeinflussungen hinsichtlich Orthophosphat. In Abb. 23 ist ein Gesamtüberblick zur Situation im Grundwasser gegeben.

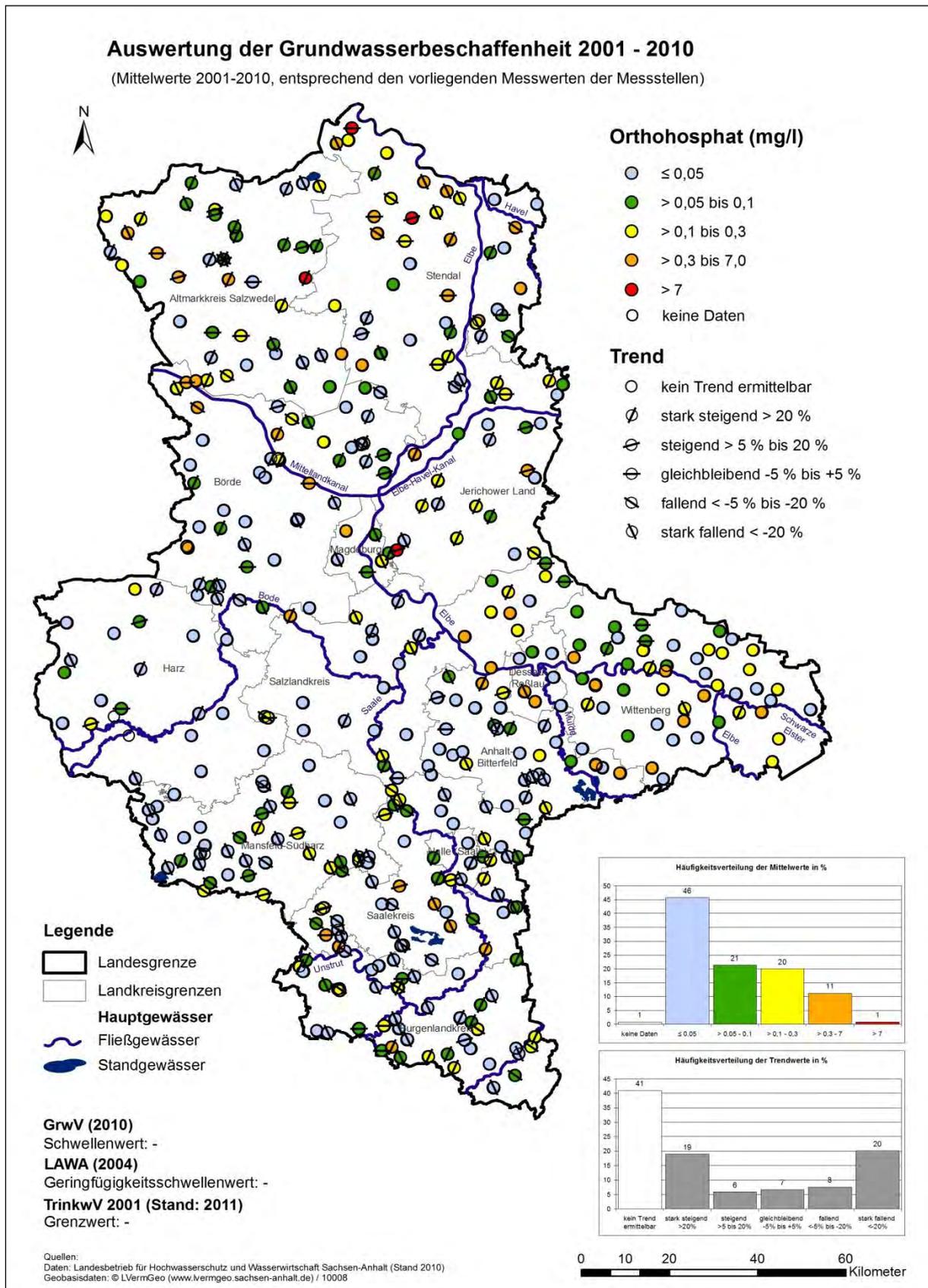


Abb. 23: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Orthophosphat

4.3.4 Schwermetalle

4.3.4.1 Chrom (Cr)

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 7 µg/l (Cr III)

TrinkwV 2011 – Grenzwert: 50 µg/l

Chrom und seine Verbindungen werden zu etwa 50 % durch die Verbrennung fossiler Kohlenstoffträger, zu 30 % durch industrielle Abwassereinleitungen aus der Textilfärbung, Ledergerberei, Farbfotografie, Metallurgie und Galvanik sowie zu 20 % durch den Straßenverkehr (Abgase) in die Umwelt eingetragen. Zudem müssen bergbaulich beeinflusste Wässer berücksichtigt werden. In natürlichen Gewässern kommt Chrom in gelöster Form in den Oxidationsstufen +3 und +6 vor. Cr³⁺ tritt primär als Kation oder als Hydroxid auf. In dieser Oxidationsstufe ist seine Wasserlöslichkeit gering.

Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für das Grundwasser in Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Chrom von 0,5 bis 2,5 µg/l. Der Median der Gesamtdatenbasis liegt bei 1,0 µg/l, der Mittelwert bei 1,1 µg/l. Trends waren nicht ermittelbar. Im Landesmessnetz ist der Grenzwert an keiner Messstelle überschritten. Die Messstellen mit den höchsten Werten sind in Tab. 20 aufgeführt:

Tab. 20: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Chromwerten

Messstelle	Landkreis	Chrom (µg/l)
Erdeborn UP	Mansfeld-Südharz	8,8
Hornhausen 2	Börde	7,5
Wenze	Altmarkkreis Salzwedel	5,0
Dedeleben	Halberstadt	4,9
Biere Hy Ek Sbe 113/85	Salzlandkreis	4,7
Aseleben UP	Mansfeld-Südharz	4,2
Teuchern 1/01	Burgenlandkreis	4,0

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

4.3.4.2 Kupfer (Cu)

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 14 µg/l

TrinkwV 2011 – Grenzwert: 2.000 µg/l

Kupfer kommt in der Natur teilweise gediegen, überwiegend jedoch als sulfidische Mineralien vor. Kupfer tritt in der Umwelt ein- und zweiwertig auf. Rund die Hälfte des gewonnenen Kupfers gelangt in die Elektroindustrie, ca. 40 % dienen zur Herstellung von Cu-Legierungen. Bestimmte Kupferverbindungen dienen als Fungizide und Algizide. Hauptquelle für den Eintrag in die aquatische Umwelt ist der Bergbau. Kupfer reichert sich, wie viele Übergangsmetalle und die meisten Schwermetalle, stark in Sedimenten an, wird durch Komplexbildner jedoch leicht remobilisiert. Die Menge an gelöstem Kupfer ist zudem von der Wasserhärte abhängig.

Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Kupfer von 0,04 bis 37 µg/l (Einzelwert für karbonatische Wechselfolgen), wobei die Mehrheit der Werte eine Spannweite von 1 bis 2,5 µg/l abdeckt. Unter besonderen hydrogeochemischen und anthropogenen Randbedingungen in Gewässern, wie hohe Säurelast bei geringem Säurepuffervermögen, können die Werte bis auf 100 µg/l ansteigen. Der Median der Gesamtdatenbasis liegt bei 1,0 µg/l, der Mittelwert bei 1,8 µg/l. Trends waren nicht ermittelbar. Im Landesmessnetz ist der Geringfügigkeitsschwellenwert an fünf Messstellen (Tab. 21) überschritten:

Tab. 21: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Kupferkonzentrationen

Messstelle	Landkreis	Kupfer ($\mu\text{g/l}$)
Emseloh 1/98	Mansfeld-Südharz	95
Zangerberg_neu	Burgenlandkreis	27
Klapperborn	Saalekreis	21
Meseberg	Stendal	16
Wulfen	Anhalt-Bitterfeld	19

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Von diesen Messstellen zeigt der Klapperborn einen steigenden Trend.

4.3.4.3 Nickel (Ni)

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 14 $\mu\text{g/l}$

TrinkwV 2011 – Grenzwert: 20 $\mu\text{g/l}$

Nickel kommt in seinen Verbindungen überwiegend zweiwertig gebunden vor. Es ist Bestandteil von Sulfid-Lagerstätten (basische und ultrabasische Magmatite) und kann in basaltischen Gesteinen hohe Gehalte erreichen, die vorwiegend aus der Verwitterung der Olivine entstammen. Auch silikatische und oxidische Lagerstätten des Nickels sind von Bedeutung. In Spuren tritt Nickel auch in Kohlevorkommen auf. 60 % bis 70 % der Nickelproduktion dienen der Stahlveredlung und sind Bestandteil von Ni-Basislegierungen. Zum Teil findet Nickel in der Galvanotechnik sowie als Katalysatoren in der Großchemie Anwendung. Bei pH-Werten zwischen 6 und 9 sind Nickel(II)-Salze überwiegend gut wasserlöslich. Nickel gehört zu den im Wasser besonders mobilen Schwermetallen. Ursache dafür sind Komplexierungsprozesse mit Huminstoffen und synthetischen Komplexbildnern. Nickel reichert sich in Sedimenten, Moosen und Wasserpflanzen an.

Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Nickel von <1 bis 6 $\mu\text{g/l}$. Ein höherer Einzelwert von bis zu 12 $\mu\text{g/l}$ wurde nur für die karbonatischen Wechselfolgen ermittelt. Der Median der Nickeluntersuchungen im Landesmessnetz liegt bei 1,3 $\mu\text{g/l}$, der Mittelwert beträgt 5,25 $\mu\text{g/l}$. Somit liegt die Mehrheit der Werte im Bereich des geogenen Hintergrundwertes. Der Schwellenwert wird an 21 Messstellen in einer Größenordnung von 20 bis 330 $\mu\text{g/l}$ (Tab. 22) überschritten.

Tab. 22: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Nickelkonzentrationen

Messstelle	Landkreis	Nickel ($\mu\text{g/l}$)
Bad Lauchstädt	Saalekreis	330
Burgkernitz	Anhalt-Bitterfeld	180
Lausigk	Anhalt-Bitterfeld	112
Gossa	Anhalt-Bitterfeld	108
Kleutsch	Dessau-Roßlau, Stadt	96
Alexisbrunnen	Harz	60
Tagewerben 2/01	Burgenlandkreis	54
Neukirchen	Stendal	42
Dessau-Waldersee	Dessau-Roßlau, Stadt	33
Klapperborn	Saalekreis	32
Zerben	Jerichower Land	30
Nielebock	Jerichower Land	30
Wartenburg	Wittenberg	28
Meseberg	Stendal	27
MD - Neu-Olvenstedt	Magdeburg, Landeshauptstadt	25
Pechau	Magdeburg, Landeshauptstadt	25
Gollmer Berg	Wittenberg	24
Zangerberg_neu	Burgenlandkreis	22
Studen	Saalekreis	22

Messstelle	Landkreis	Nickel ($\mu\text{g/l}$)
Erdeborn UP	Mansfeld-Südharz	21
MD - Rennbahn	Magdeburg, Landeshauptstadt	21

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Insgesamt liegen die folgenden Trends vor: an 5 % der Messstellen stiegen die Werte, an 10 % fielen sie, und 3 % der Messstellen hatten einen gleichbleibenden Trend. Für den Rest war kein Trend ermittelbar.

Die Messstellen mit den Schwellenwertüberschreitungen befinden sich hauptsächlich in den Landkreisen Saalekreis, Burgenlandkreis, Stendal, Jerichower Land, Anhalt-Bitterfeld, Dessau-Rosslau, Wittenberg und Magdeburg. Als Ursachen werden anthropogene Einflüsse (u.a. Altlasten) vermutet. Zwei der Messstellen mit Schwellenwertüberschreitungen (Neukirchen und Dessau-Waldersee) zeigen einen steigenden Trend.

Die Abb. 24 zeigt den Verschnitt mit den Hauptgrundwasserleitern (nach HÜK 400). Es zeigt sich, dass die erhöhten Nickelkonzentrationen bevorzugt an die Sandsteine und Schluffstein-Wechselfolgen des Mesozoikums im Bereich der Elbeaue gebunden sind. Einzelne Messstellen mit erhöhten Nickelkonzentrationen befinden sich außerdem im Harz und im Mansfelder Raum. In diesen Bereichen kommt Nickel geogen als Begleitmineral vor.

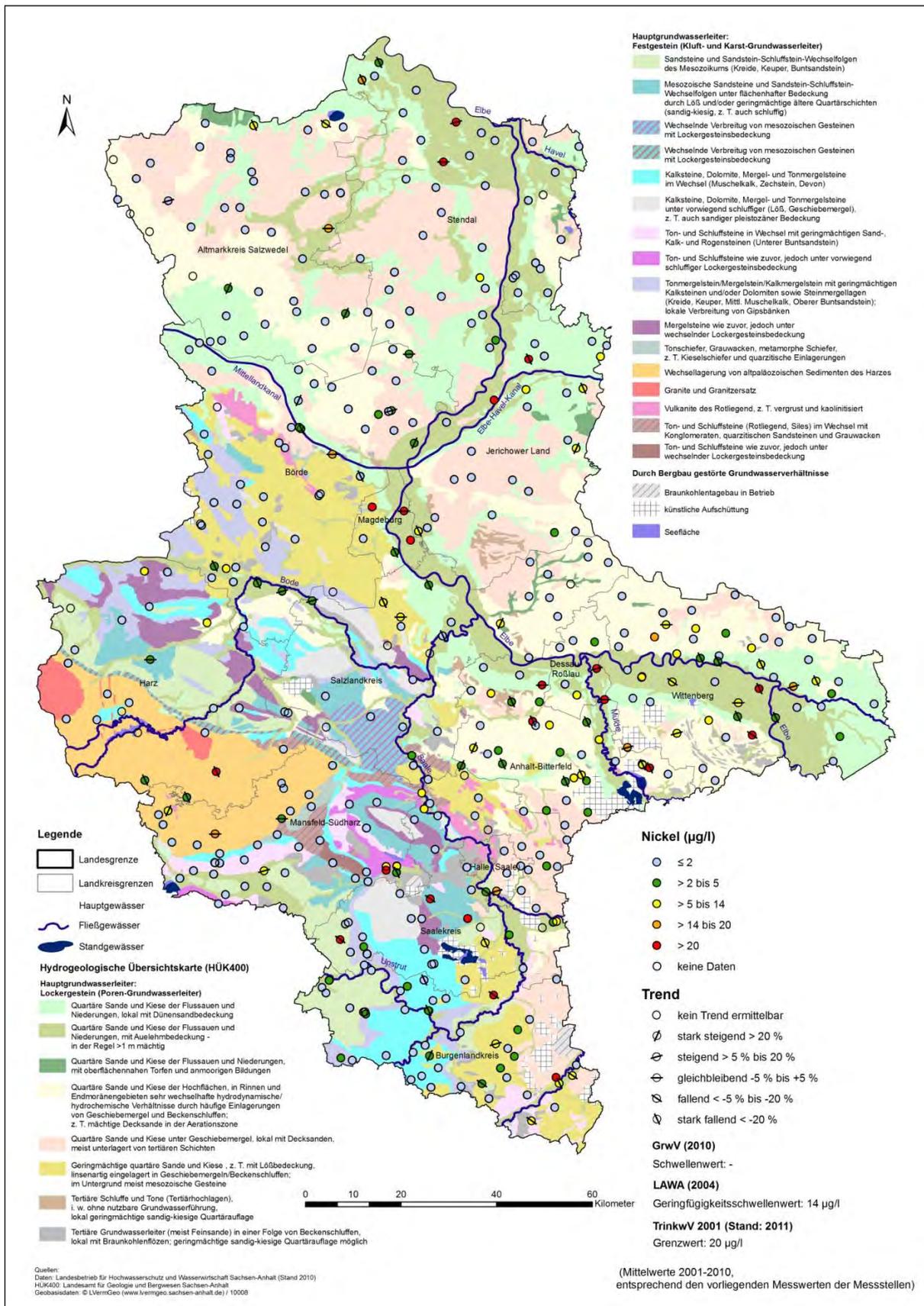


Abb. 24: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Nickel und Verschnitt mit den Hauptgrundwasserleitern (nach HÜK400)

4.3.4.4 Blei (Pb)

GrwV 2010 – Schwellenwert:	10 µg/l
LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert:	7 µg/l
TrinkwV 2011 – Grenzwert:	10 µg/l

Blei tritt hauptsächlich in den Oxidationsstufen +2 und +4 auf. In der Wasserphase kommt es meist in der Stufe +2 vor. Die Menge des löslichen Bleis hängt vom pH-Wert, dem Redoxpotential sowie der Grundmineralisierung des Wassers ab. Der Transport erfolgt überwiegend in kolloidgebundener Form, so dass Ablagerungen in Sedimenten weit verbreitet sind. Gediogenes Blei ist in der Natur relativ selten. Bleierze können unterschiedliche Mengen an Silber (Ag), Zink (Zn), Kupfer (Cu), Arsen (As), Antimon (Sb) und auch Wismut (Bi) enthalten. Blei kann als zweiwertiges Ion Calcium in Silikaten und Phosphaten substituieren. Der technische Einsatz von Blei ist auch heute noch sehr vielfältig. Sowohl metallisches Blei als auch seine Verbindungen sind toxisch, wobei die Ausscheidung aus dem lebenden Organismus meist gering ist (Einlagerung und Anreicherung in den Knochen und Haaren).

Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Blei von 0,5 bis 20 µg/l (Einzelwert für silikatische Wechselfolgen), wobei die Mehrheit der Werte eine Spannweite von 0,5 bis 2,5 µg/l abdeckt. Der Median der Bleiuntersuchungen im Landesmessnetz liegt bei 0,6 µg/l, der Mittelwert beträgt 1,2 µg/l. Somit liegt die Mehrheit der Werte im Bereich des geogenen Hintergrundwertes. Der Schwellenwert wird an 10 Messstellen in einer Größenordnung von 7,2 bis 63 µg/l überschritten (Tab. 23).

Tab. 23: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Bleikonzentrationen

Messstelle	Landkreis	Blei (µg/l)
Belicke-Kade	Jerichower Land	63
Hohengöhrener Damm	Stendal	20
Krevese	Stendal	19
Halle - Brauhausstraße	Halle (Saale), Stadt	11
Hornhausen 2	Börde	11
Erdeborn UP	Mansfeld-Südharz	11
Zechentalquelle	Mansfeld-Südharz	10
Colbitz	Stendal	8,3
Biere Hy Ek Sbe 113/85	Salzlandkreis	8,1
Gleina	Burgenlandkreis	7,2

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Für den Großteil der Datenbasis war kein Trend ermittelbar. Von den oben genannten Messstellen zeigt die Zechentalquelle einen steigenden Trend.

Insbesondere für die den Südraum Sachsen-Anhalts erfassenden Messstellen ist von einem geogenen Vorkommen an Blei auszugehen, da die dortigen Gesteine Blei als Begleitmineral beinhalten. Im Nordteil Sachsen-Anhalts ist eher von einer anthropogenen Belastung auszugehen, die auf einen Einfluss durch den Verkehr oder auch durch bleihaltige Leitungen bzw. durch den Ausbau bei Altmessstellen zurück gehen kann.

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung sind zusammenfassend in der Abb. 25 dargestellt.

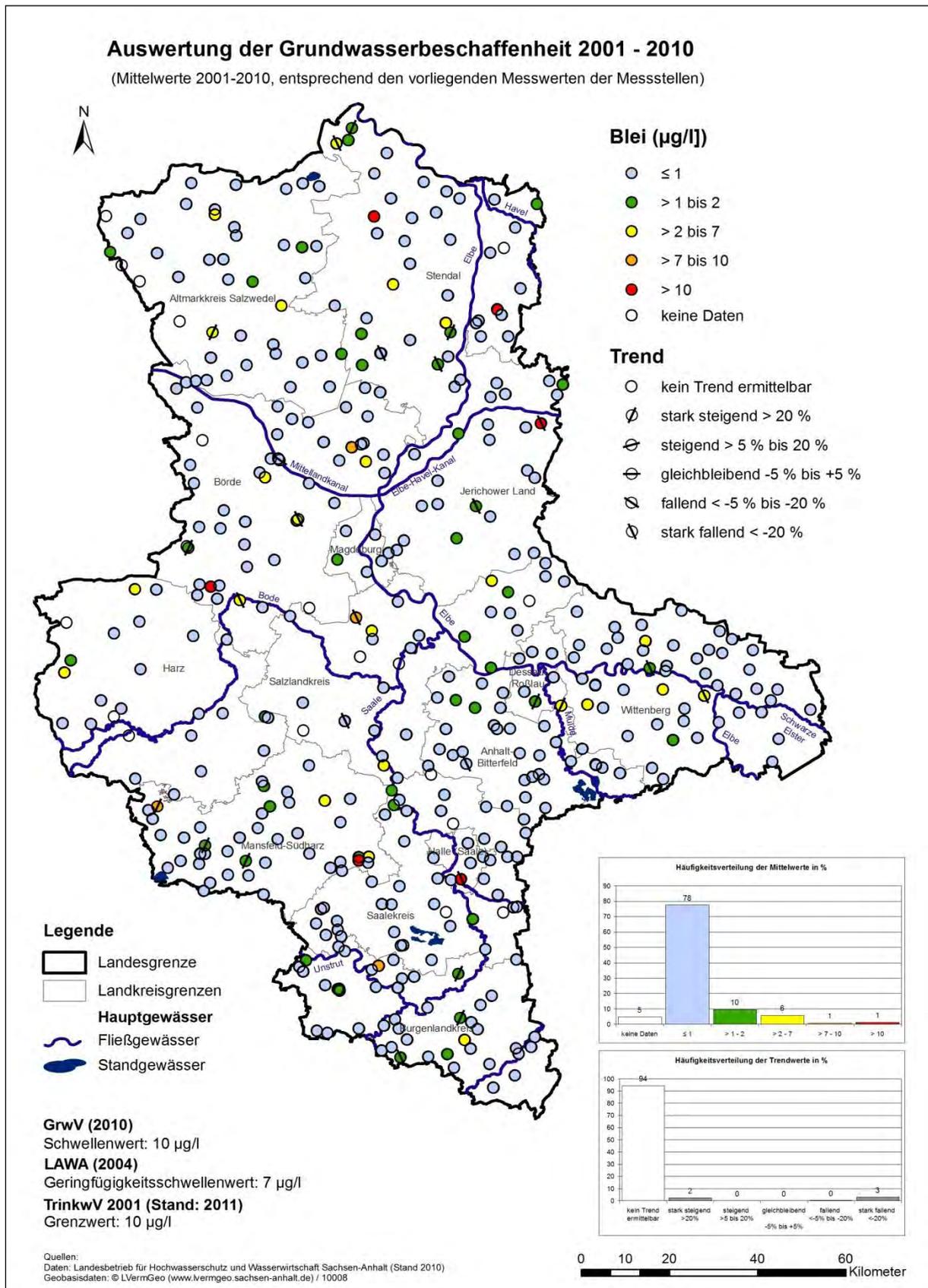


Abb. 25: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Blei

4.3.4.5 Cadmium (Cd)

GrwV 2010 – Schwellenwert:	0,5 µg/l
LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert:	0,5 µg/l
TrinkwV 2011 – Grenzwert:	3 µg/l

Cadmium bildet keine eigenständigen Primärminerale aus, sondern kommt meist als Begleiter des Zinks vor. Es kann Blei und Zink in deren Mineralphasen ersetzen. Sekundäre Cd-Minerale sind sehr selten. Sie entstehen hauptsächlich bei der Verwitterung cadmiumhaltiger Zinkminerale. Cadmium wird in der metallurgischen Praxis als Beiprodukt bei der Gewinnung von Zink, Blei und Kupfer erhalten. Seine industrielle Anwendung ist trotz der toxischen und kanzerogenen Risiken noch immer sehr vielfältig. Eine Cd-Eintragsquelle in die Atmosphäre und Gewässer stellt die Freisetzung durch die Verbrennung von Stein- und Braunkohle dar. Eine weitere mögliche Eintragsquelle kann der mögliche Einsatz von Phosphatdüngemitteln sein, welche erhebliche Gehalte an Cd beinhalten. Hierzu liegen für Sachsen-Anhalt bisher jedoch keine Kenntnisse vor.

Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Cadmium von 0,05 bis 2,5 µg/l, wobei die Mehrheit der Werte eine Spannweite von 0,1 bis 0,7 µg/l abdeckt. Der Median der Cadmiumuntersuchungen im Landesmessnetz liegt bei 0,17 µg/l, der Mittelwert beträgt 0,1 µg/l. Somit liegt die Mehrheit der Werte im Bereich des geogenen Hintergrundes. Der Schwellenwert wird an 11 Messstellen in einer Größenordnung von 0,54 bis 9,6 µg/l überschritten (Tab. 24).

Tab. 24: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Cadmiumkonzentrationen

Messstelle	Landkreis	Cadmium (µg/l)
Erdeborn UP	Mansfeld-Südharz	9,6
Alexisbrunnen	Harz	6,8
Zechentalquelle	Mansfeld-Südharz	4,5
Hohengöhrener Damm	SDL	3,5
Belicke-Kade	Jerichower Land	3,5
Klein Chüden - Güte	Altmarkkreis Salzwedel	0,92
Krevese	Stendal	0,83
Hornhausen 2	Börde	0,83
Zerben	Jerichower Land	0,83
Wörpen	Wittenberg	0,73
Gossa	Anhalt-Bitterfeld	0,63
Seegen Gottes Stollen	Mansfeld-Südharz	0,6
Aseleben UP	Mansfeld-Südharz	0,54

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Von den oben genannten Messstellen zeigen folgende einen steigenden Trend: Zechentalquelle, Wörpen und Gossa. Für den Großteil der Datenbasis war kein Trend ermittelbar.

Im Festgesteinsbereich des Südens Sachsen-Anhalt kann größtenteils von geogenen Einflüssen ausgegangen werden. Belastungen im Norden des Landes, insbesondere in Gebieten mit landwirtschaftlicher und ohne mögliche geogene Quellen, sind bisher nicht erklärbar. Inwieweit ein möglicher Eintrag der Belastungen auf das Begleitvorkommen in Düngemitteln zurückzuführen ist, muss noch untersucht werden. Ein weiterer Eintragspfad für Cadmium ist das „Auskämmen“ aus dem Niederschlag über großen Waldgebieten. Bereits in SCHNEIDER et al. (2003) wurde dem bundesweiten Problem diffuser Cadmiumbelastungen nachgegangen.

4.3.4.6 Zink (Zn)

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 58 µg/l

Zink kommt in den Primärgesteinen feinverteilt als Spurenbestandteil gesteinsbildender Mineralien vor. 88 % der Lagerstätten liegen in primären Erzkörpern (vorwiegend Sulfide). 12 % des Zn sind in sedimentären Lagerstätten (karbonatisch und silikatisch) zu finden. Es reichert sich vorwiegend an Tonmineralien an. Die obere Erdkruste enthält ca. 0,012 % Zink. Es tritt in seinen Verbindungen in der Oxidationsstufe +2 auf. Zink wird vor allem zum Korrosionsschutz bei Eisen- und Stahlerzeugnissen sowie als Legierungsbestandteil verwendet (z. B. bei der Bronzeherstellung und im Fahrzeugbau). Weitere Anwendungsgebiete sind Katalysatoren für die chemische Industrie, Farbpigmente sowie Vulkanisierungshilfsmittel. Anthropogenes Zink in der Wasserphase entstammt zum großen Teil aus Abwässern der zinkverarbeitenden Industrie, während kommunale Abwässer in der Regel nur geringe bis mäßige Gehalte aufweisen.

Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Zink von 5 bis 1.470 µg/l, wobei die Mehrheit der Werte eine Spannweite von 5 bis 150 µg/l abdeckt. Der Median der Zinkuntersuchungen im Landesmessnetz liegt bei 6 µg/l. Somit liegt die Mehrheit der Werte im Bereich des geogenen Hintergrundwertes. Der Schwellenwert wird an 31 Messstellen in einer Größenordnung von 59 bis 7.700 µg/l überschritten. In der folgenden Tab. 25 sind Messstellen mit Überschreitungen >100 µg/l dargestellt.

Tab. 25: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Zinkkonzentrationen

Messstelle	Landkreis	Zink (µg/l)
Belicke-Kade	Jerichower Land	7.700
Alexisbrunnen	Harz	5.200
Hohenziatz	Jerichower Land	3.300
Hohengöhrener Damm	SDL	1.500
Erdeborn UP	Mansfeld-Südharz	1.400
Haldensleben OP	Börde	1.300
Krevese	Stendal	1.100
Zechentalquelle	Mansfeld-Südharz	1.100
Genthin	Jerichower Land	850
Dessau Scherbelberg	Dessau-Roßlau, Stadt	650
Räckendorf OP	Jerichower Land	610
Volgfelde	Stendal	450
Tagewerben 2/01	Burgenlandkreis	280
Bad Lauchstädt	Saalekreis	260
Gossa	Anhalt-Bitterfeld	180
Rote Quelle	Saalekreis	170
Kleutsch	Dessau-Roßlau, Stadt	160
Seegen Gottes Stollen	Mansfeld-Südharz	140
Apenburg - Güte T	Altmarkkreis Salzwedel	120
Aseleben UP	Mansfeld-Südharz	110

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Von den Messstellen mit SW-Überschreitung zeigen folgende Messstellen einen steigenden Trend: Hohenziatz, Zechentalquelle und Rote Quelle. Für den Großteil der Datenbasis war kein Trend ermittelbar.

Es ist anzunehmen, dass es sich bei den höchsten Zinkkonzentrationen maßgeblich um geogene Konzentrationen handelt. Zahlreiche der betroffenen Messstellen liegen im Mansfelder Raum bzw. Harz, wo geogen erhöhte Zinkgehalte als Begleitminerale auftreten können. Darüber hinaus ist darauf hinzuweisen, dass bei einigen wenigen noch mit verzinktem Stahl ausgebauten Messstellen die Werte verfälscht werden.

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung für Zink sind in der Abb. 26 dargestellt.

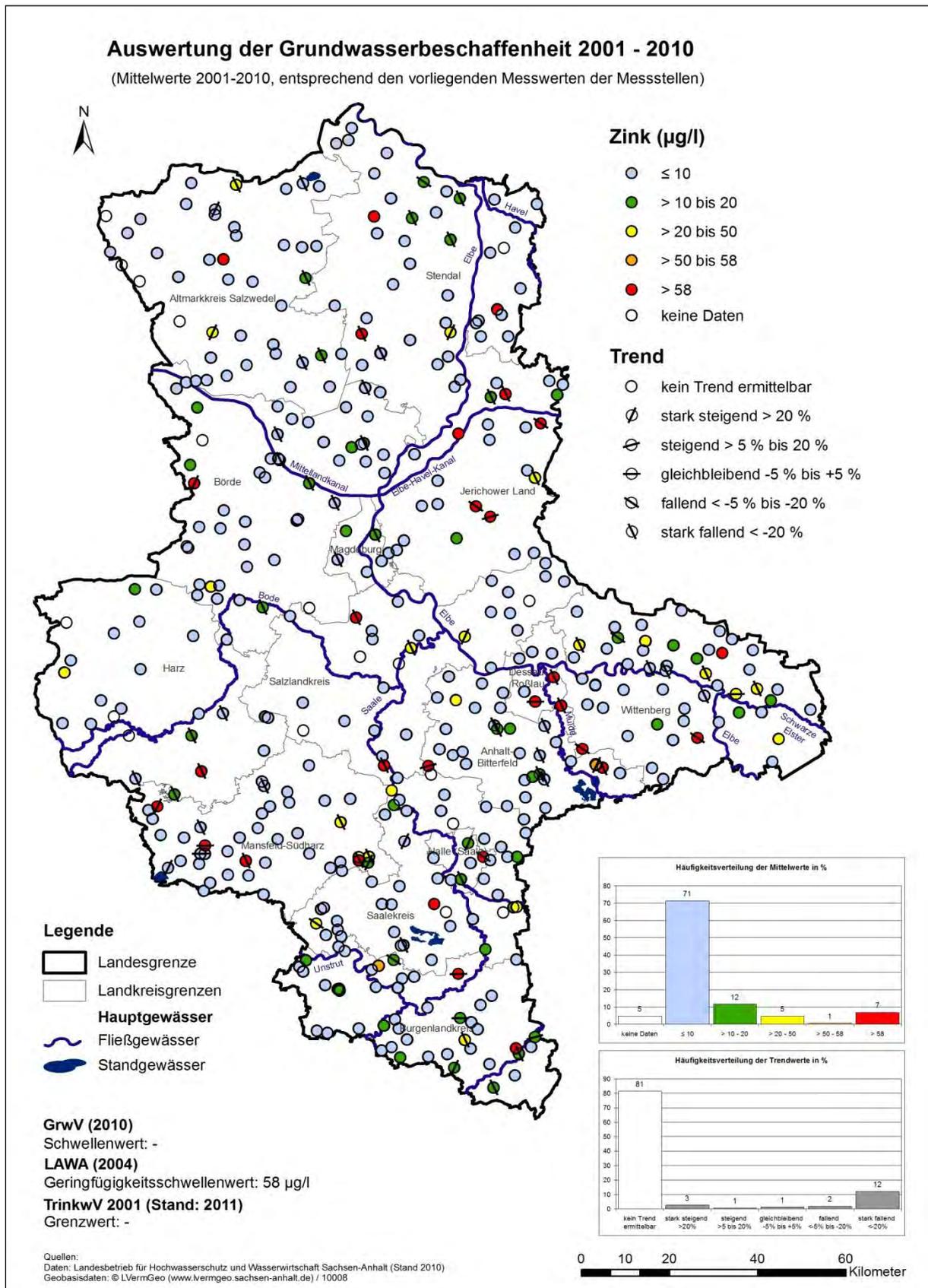


Abb. 26: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Zink

4.3.4.7 Quecksilber (Hg)

GrwV 2010 – Schwellenwert:	0,2 µg/l
LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert:	0,2 µg/l
TrinkwV 2011 – Grenzwert:	1 µg/l

Aufgrund seiner hohen Flüchtigkeit ist Quecksilber heute ubiquitär in der Umwelt verteilt, woran zunehmend Hg-organische Verbindungen ihren Anteil durch Bioalkylierung haben. Der anthropogen determinierte Anteil ist relativ gering, wobei lokale Einträge von großer Bedeutung sein können (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1998). Das trifft nach neueren Untersuchungen vor allem auch auf Hg-Emissionen aus Rohöl, Petroleum und Vergaserkraftstoffen in die Atmosphäre zu (WILHELM, 2001). Etwa 25 % des aufbereiteten Quecksilbers wird als Kathodenmaterial genutzt. Weiterhin wird es als Füllmaterial für Barometer und Thermometer, in Gasanalyseapparaturen, Hg-Dampflampen, für Trockenzellbatterien und teilweise auch noch bei der Chlor-Alkali-Elektrolyse eingesetzt.

Hg(I)-Verbindungen sind in der Regel nur wenig wasserlöslich, Hg(II) dagegen gut. Allerdings sind auch geringe Wasserlöslichkeiten aufgrund der enormen Toxizität von Bedeutung. Quecksilber in Oberflächengewässern entstammt zum einen Teil aus dem Gestein, zum anderen aus den Böden der Einzugsgebiete, in denen es in Spuren fast überall vorkommt. In sauerstoffhaltigen Wässern liegt Quecksilber überwiegend als Hg^{2+} vor. Die metallische Form tritt in reduzierend wirkenden Gewässern ab einem pH-Wert von >5 auf. Durch erhöhte Sulfidionengehalte in Gewässern und Böden kann Quecksilber als extrem schwerlösliches HgS aus dem biogeochemischen Stoffkreislauf entfernt werden. Die Löslichkeit von HgS im Wasser beträgt etwa 50 nmol/l.

Insgesamt ist nicht sicher, ob ein geogen-aquatischer Hintergrund bei der zunehmenden Belastung der Umwelt durch Quecksilber und seiner Verbindungen noch separierbar ist. Über Untersuchungen zur Verteilung von Hg und Methyl-Hg zwischen der kolloidalen und der Wasserphase haben BABIARZ et al. (2001) berichtet.

Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Quecksilber von 0,02 bis 0,3 µg/l. Im Landesmessnetz sind im Mittel der Grenzwert und die Schwellenwerte an keiner Messstelle überschritten. Die höchsten Werte wurden an den Messstellen Hornhausen 2 (0,39 µg/l) und Aseleben UP (0,26 µg/l) gemessen. Der Median der Gesamtdatenbasis liegt bei 1,0 µg/l, der Mittelwert bei 0,027 µg/l. Trends waren nicht ermittelbar. Die vorliegenden Werte können als geogen eingestuft werden.

4.3.5 Spurenstoffe

4.3.5.1 Eisen (Fe)

TrinkwV 2011 – Grenzwert:	0,2 mg/l
---------------------------	----------

Eisen ist in den gesteinsbildenden Mineralien Augit, Hornblende, Glimmer, in Pyrit und Eisenkarbonat enthalten. Im Regelfall liegen Eisenwerte in natürlichen Grundwässern im Lockergestein bei bis zu 3 mg/l, im Festgestein deutlich darunter. Hohe Eisengehalte im Grundwasser sind größtenteils geogen bedingt. Ausnahmen bilden beispielsweise Abstrombereiche von Deponien. Durch biogeochemische und mikrobiologisch-enzymatische Prozesse sowie ein aktives Redoxgeschehen im Sediment wird Eisen gelöst und kann durch Exfiltrationsprozesse in die Wasserphase gelangen. Anthropogen erfolgt der Eintrag von gelöstem oder auch komplexgebundenem Eisen über die Gruben- und Prozessabwässer des Erzbergbaus und der Eisenmetallurgie. Als Folgeerscheinung der Pyritverwitterung bei der Gewinnung von Braunkohle können sich nach Abschluss der Förderung und Wasserhaltung stark saure und eisenhaltige Tagebaurestseen ausbilden, die über ihre Abflüsse auf die Wasserinhaltsstoffe der Fließgewässer im Einzugsgebiet einwirken. Im Raum Bitterfeld / Gräfenhainichen werden bergbaubedingt erhöhte Eisengehalte festgestellt als Folge von Pyritverwitterung der Kippen und des Grundwasserwiederanstieges. Auch Halden- und Deponieaustrittswässer können erhöhte Gehalte an aquatischen Fe(III)-Komplexen enthalten.

Die geogene Spannweite überstreicht für Eisen 0,005 bis 7,5 mg/l (HYDOR, 2008). Die Untersuchungen im Landesmessnetz ergaben mehrheitlich Eisenwerte <5 mg/l, dies entspricht etwa 83 % der Messstellen. Der Grenzwert der TrinkwV wird an 266 Messstellen überschritten. Der Median beträgt 0,5 mg/l, der Mittelwert liegt bei 3,2 mg/l. Höchstwerte wurden an den in Tab. 26 aufgeführten Messstellen ermittelt. Dargestellt sind nur die Messstellen mit Werten über 20 mg/l.

Tab. 26: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Eisenkonzentrationen

Messstelle	Landkreis	Eisen (mg/l)
Burgkernitz	Anhalt-Bitterfeld	126
Zöschen	Saalekreis	82
Schlaitz	Anhalt-Bitterfeld	53
Roitzsch	Anhalt-Bitterfeld	50
Nudersdorf	Wittenberg	48
Röblingen 1/96	Mansfeld-Südharz	39
Klieken - Schlangengrube	Wittenberg	32
Gossa	Anhalt-Bitterfeld	26
Annaburg	Wittenberg	24
Bölsdorf	Stendal	22
Coswig	Wittenberg	21
Miesterhorst - ICE	Altmarkkreis Salzwedel	21

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Die Eisenbelastung des Grundwassers ist aufgrund des hohen Feuchtzonenanteils bzw. anstehender anmooriger Gebiete (insbesondere Mulde- und Elbeaue) als landesweit geogen sehr hoch einzuschätzen. Hinzuweisen ist darüber hinaus auch auf erhöhte Eisenkonzentrationen im Grundwasser als Folge von Kippenversauerungsprozessen in Verbindung mit ehemaligem und aktivem Braunkohlenbergbau.

Insbesondere im mittleren Landesteil (Raum Dübener Heide und Dessau/Bitterfeld) aber auch in Auegebieten und im Festgestein (Buntsandsteinverwitterung) im Südteil sowie im Norden des Landes (Raum Stendal/Havelberg, Drömling) sind hohe geogene Belastungen anzutreffen.

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung für Eisen sind zusammenfassend in der Abb. 27 dargestellt.

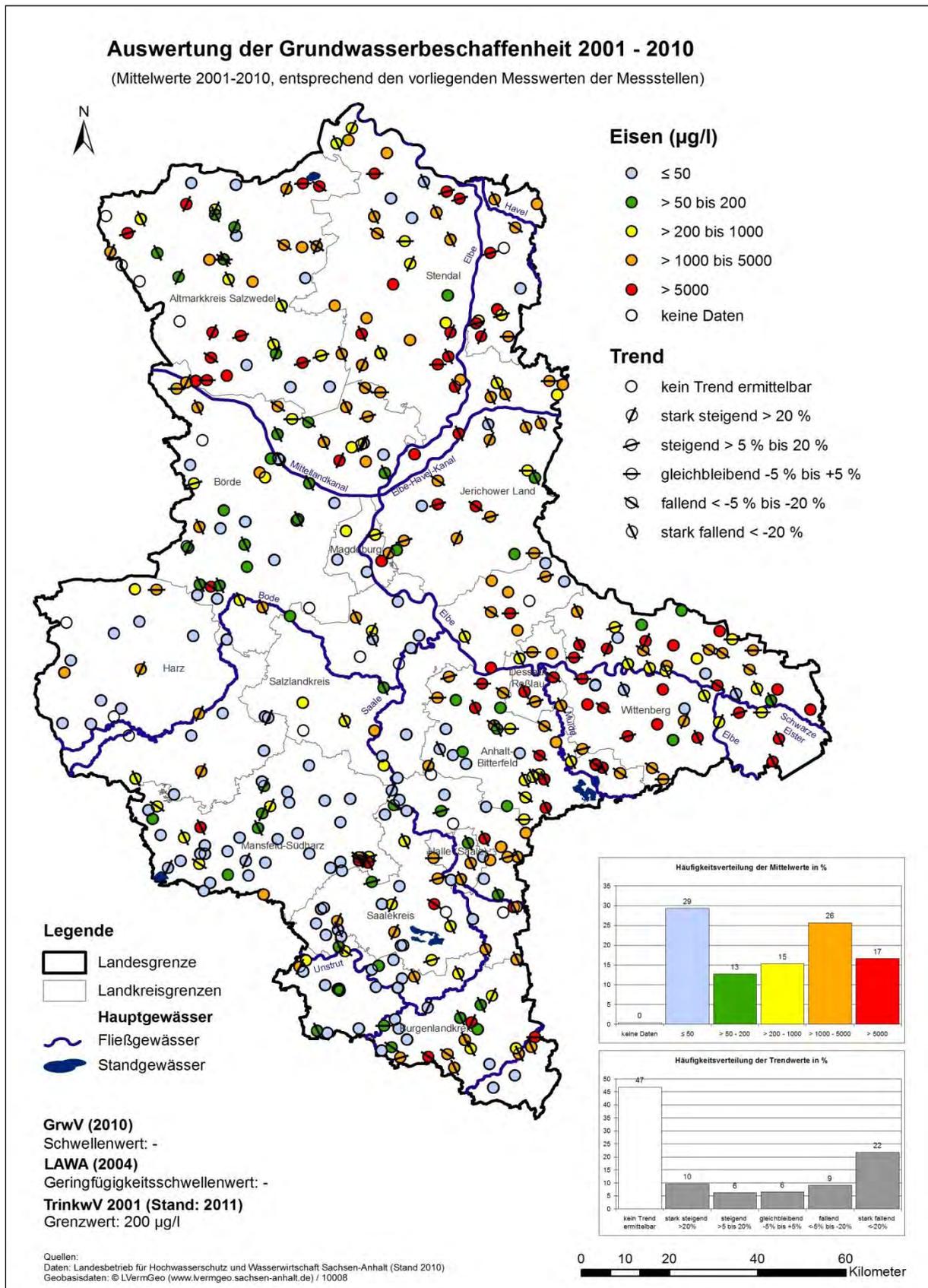


Abb. 27: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Eisen

4.3.5.2 Mangan (Mn)

TrinkwV 2011 – Grenzwert: 0,05 mg/l

Mangan findet sich in Verbindungen ubiquitär in der Erdkruste verteilt, allerdings in weit geringem Umfang als Eisen. Eisenerze sind in der Regel stark manganhaltig. Mangan ist ein bedeutsames Legierungsmetall. Außerdem findet es in Holzschutz- und Düngemitteln sowie in Fungiziden Anwendung. KMnO_4 ist ein technisch bedeutsames Oxidationsmittel, das sowohl in der chemischen Industrie als auch bei der Aufbereitung von reduzierend wirkenden Grundwässern zu Trinkwasser genutzt wird. In der aquatischen Umwelt liegt Mangan bei pH-Werten ≤ 7 in Form von Mn^{2+} vor. Die anthropogenen Quellen für den Eintrag von Mangan in die Wasserphase ähneln denen des Eisens. Mangan gehört genauso wie Eisen zu den für die Lebensprozesse auf der Erde essentiellen Elementen. Mangan ist in natürlichem Grundwasser in normalen Konzentrationen nicht gesundheitsschädigend, verursacht aber bei höheren Konzentrationen ähnliche Folgeerscheinungen wie hohe Eisengehalte, nämlich trübes Wasser mit unangenehmen Geschmack und Fleckenbildung.

Der geogene Normalbereich wird (nach SCHLEYER & KERNDORFF, 1992) im Lockergestein mit bis zu 0,3 mg/l angegeben, im Festgestein mit bis zu 0,01 mg/l deutlich geringer. Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Mangan von 0,002 bis 1,2 mg/l, wobei die Mehrheit der Werte eine Spannweite von 0,1 bis 0,6 mg/l abdeckt. In den geogenen Bereich lassen sich trotz Grenzwertüberschreitung an 266 Messstellen annähernd 84 % der Messstellen einordnen. Der Median der Untersuchungen liegt bei 0,09 mg/l, der Mittelwert entspricht 0,27 mg/l. Die höchsten Manganwerte mit deutlicher Grenzwertüberschreitung wurden an folgenden Messstellen, zusammengefasst in der Tab. 27, festgestellt. Es sind nur die Messstellen mit Werten > 1 mg/l angegeben.

Tab. 27: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Mangankonzentrationen

Messstelle	Landkreis	Mangan (mg/l)
Alexisbrunnen	Harz	6,4
Zöschen	Saalekreis	5,6
Roitzsch	Anhalt-Bitterfeld	3,8
Haldensleben (neuer Pegel)	Börde	3,4
Calbe_neu	Salzlandkreis	2,5
Schönhausen	Stendal	2,2
Breitenbach 1/02	Mansfeld-Südharz	2,1
Erdeborn OP	Mansfeld-Südharz	1,9
Wörbzig	Anhalt-Bitterfeld	1,9
Wendemark	Stendal	1,8
Blumenthal	Jerichower Land	1,7
Bölsdorf	Stendal	1,7
MD - Neu-Olvenstedt	Magdeburg, Landeshauptstadt	1,6
Klieken - Schlangengrube	Wittenberg	1,5
Kirchfährendorf 101/97	Saalekreis	1,5
Bad Lauchstädt	Saalekreis	1,5
Röpzig 1/94	Saalekreis	1,3
Schelldorf	Stendal	1,3
Schönebeck - Güte	Salzlandkreis	1,1
Gübs - Güte 1/95	Jerichower Land	1,0
Hindenburg	Stendal	1,0
Zerben	Jerichower Land	1,0

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Ähnlich wie beim Eisen ist die Manganbelastung landesweit als relativ hoch, jedoch auch hier als größtenteils geogen bzw. durch den Bergbau verursacht zu bewerten (Abb. 28). Auf Grund der geochemischen Synergie und dem ähnlichen Bildungs- und Lösungsverhalten treten Eisen und Mangan fast immer gemeinsam auf.

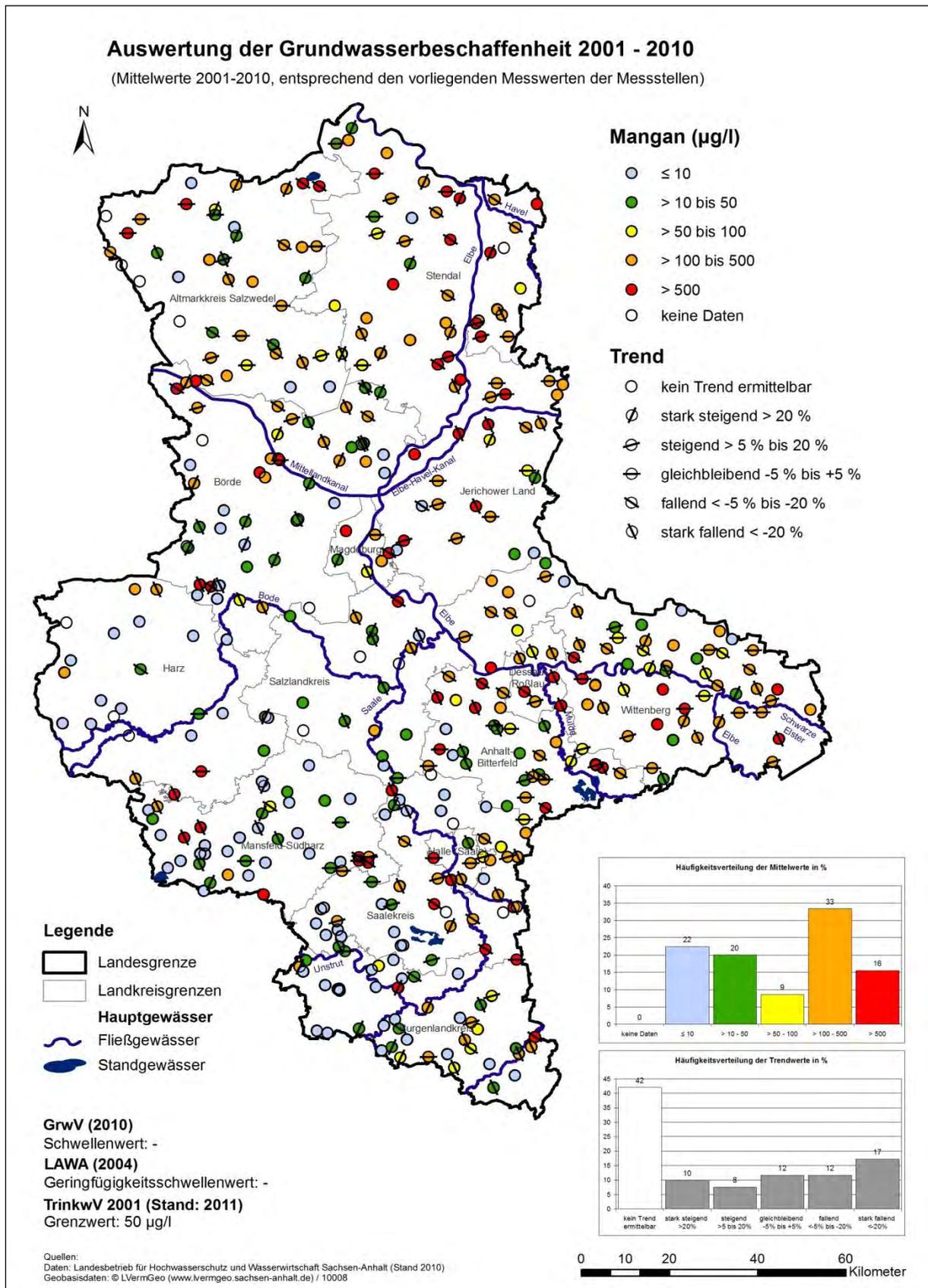


Abb. 28: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Mangan

4.3.5.3 Aluminium (Al)

TrinkwV 2011 – Grenzwert: 200 µg/l

Im Grundwasser kommt Aluminium in geringen Mengen durch die Verwitterung aluminiumhaltiger Silikate und Aluminiumhydroxiden bzw. -oxiden als natürlicher Bestandteil vor. Bei neutralem pH-Wert liegt Aluminium als unlösliche Verbindung vor, im stark sauren oder basischen Bereich geht es in Lösung. Es kommt in der Natur ausschließlich in Verbindungen mit Sauerstoff und in Strukturen oft auch mit Silizium vor. Aluminium findet in metallischer Form Einsatz im Maschinenbau, in der Luft- und Raumfahrt, Elektroindustrie (Stromkabel) sowie im Bereich der Verpackungs- und Isoliermittel (Folien, Verbunde, Element von Wärmedichtungsbahnen). In Oxidform ist es Bestandteil von Schleif- und Poliermitteln (Korund).

Metallisches Aluminium spielt im Rahmen von Umweltemissionen keine große Rolle. Seine Hydroxide bzw. Hydroxid-Komplexe sind in Wasser nur begrenzt löslich. Der Einfluss von gelöstem CO₂ auf die Wasserlöslichkeit von Aluminiumhydroxiden ist gering. In stark sauren Wässern können durch Herauslösung von Aluminiumkomplexen oder Al³⁺ aus mineralischen Festphasen (Tonmineralien) erhöhte Al-Werte auftreten. Die Löslichkeit von Aluminium besitzt bei pH = 7 ein Minimum und steigt sowohl in Richtung saurer als auch alkalischer Bedingungen deutlich an. Aluminium gilt im Zusammenwirken mit dem pH-Wert als Anzeiger für eine mögliche Versauerung des Wassers.

Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Aluminium von 2 bis 14 µg/l. Die Ergebnisse der landesweiten Grundwasserüberwachung zeigen zwei Messstellen mit Aluminiumgehalten über 200 µg/l: Dessau-Waldersee (470 µg/l) und Barneberger Quelle (240 µg/l). Der Median liegt bei <1 µg/l, der Mittelwert beträgt 2,9 µg/l. Aluminiumwerte >100 µg/l wurden im Landesmessnetz an folgenden Messstellen (Tab. 28) ermittelt:

Tab. 28: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Aluminiumkonzentrationen

Messstelle	Landkreis	Aluminium (µg/l)
Dessau-Waldersee	Dessau-Roßlau, Stadt	470
Barneberger Quelle	Börde	240*
QF am Leislauer Graben	Burgenlandkreis	137*

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

*Einzelwert

Die erhöhten Aluminiumwerte an diesen drei Standorten gehen nur an der Messstelle Dessau-Waldersee mit niedrigem pH-Wert von 5,2 einher. Somit ist zumindest an dieser Messstelle ein Hinweis auf Versauerungsprozesse im Grundwasser gegeben. An den anderen beiden Messstellen liegen neutrale pH-Werte vor, Barneberger Quelle (7,35) und QF am Leislauer Graben (7,6).

4.3.5.4 Arsen (As)

GrwV 2010 – Schwellenwert: 10 µg/l

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 10 µg/l

TrinkwV 2011 – Grenzwert: 10 µg/l

Arsen tritt im Wasser überwiegend in der Oxidationsstufe +5 auf. Es ist gut wasserlöslich und daher auf dem Wasserpfad hoch mobil. In bestimmten Fällen müssen auch As-organische Verbindungen berücksichtigt werden, die durch mikrobielle Bioalkylierung anorganischer Arsen-Spezies gebildet werden können. Arsen und einige seiner Verbindungen sind mittlerweile in allen Umweltmatrizes beinahe ubiquitär verbreitet.

Dazu hat die bergbauliche Gewinnung, industrielle Anwendung und nachfolgend die oxidative Umwandlung mikrobiell gebildeter, leicht flüchtiger Di- und Trimethylarsine in der Atmosphäre zu Kakodylsäure (Dimethylarsinsäure) beigetragen. Wichtigste Arsen-Mineralen sind die Sulfide, die im Gegensatz zu den Oxiden und As-Organika nur eine geringe Toxizität besitzen. So können erhöhte As-Konzentrationen aus dem Kontakt von Wasser mit ungestörten Keuperformationen resultieren. Zudem ist Arsen in der Lage, Eisen, Silizium und Aluminium im Kristallgitter silikatischer Minerale zu ersetzen. Zudem kommt Arsen in

Phosphaterzen vor und reichert sich im Verlauf von Aufbereitungsprozessen in Phosphatdüngemitteln und phosphathaltigen Wasch- und Reinigungsmitteln an. Erhebliche Arsenmengen können in Kohlelagerstätten enthalten sein. Als Hauptquellen der anthropogen bedingten Arsen-Freisetzung in die Umwelt sind die Verhüttung von Erzen, die Energieerzeugung aus fossilen Kohlenstoffträgern und die Zementindustrie zu nennen.

Der geogene Normalbereich wird nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992) für Lockergestein mit <0,5 bis 1,5 µg/l angegeben, für den Buntsandstein bis 4,5 µg/l. Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Arsen von 0,2 bis 4,4 µg/l, wobei die Mehrheit der Werte eine Spannweite von 0,3 bis 2 µg/l abdeckt. Die Ergebnisse der landesweiten Untersuchungen lassen sich überwiegend in den geogenen Normalbereich einordnen. An 22 Messstellen wird der Schwellenwert überschritten. Der Median beträgt 0,6 µg/l, der Mittelwert liegt bei 2,2 µg/l. Die SW-Überschreitungen (Tab. 29) betreffen folgende Messstellen:

Tab. 29: Übersicht der Messstellen mit SW-Überschreitungen für mittlere Arsenwerte

Messstelle	Landkreis	Arsen (µg/l)
Roitzsch	Anhalt-Bitterfeld	98,7
Meseberg	Stendal	44,2
Mieste	Altmarkkreis Salzwedel	36,5
Aseleben UP	Mansfeld-Südharz	34,8
Aseleben OP	Mansfeld-Südharz	25,0
Solequelle Kloschwitz	Saalekreis	17,6
Pechau	Magdeburg, Landeshaupt-	14,5
Burgkernitz	Anhalt-Bitterfeld	14,0
Chörau 37/97	Anhalt-Bitterfeld	13,6
Miesterhorst - ICE	Altmarkkreis Salzwedel	13,5
Auligk 101/00	Burgenlandkreis	12,9
Altmersleben-	Altmarkkreis Salzwedel	12,4
Thießen	Wittenberg	12,0
Erdeborn UP	Mansfeld-Südharz	11,9
Erdeborn MP	Mansfeld-Südharz	11,4
Giersleben MP	Salzlandkreis	11,3
Merkwitz	Wittenberg	11,2
Siersleben	Mansfeld-Südharz	11,0
Klingenborn	Mansfeld-Südharz	11,0
Luso	Anhalt-Bitterfeld	10,5
Charlottenhof - ICE	Stendal	10,3
Tagewerben 2/01	Burgenlandkreis	10,3

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Von den oben genannten Messstellen zeigen folgende einen steigenden Trend:

Roitzsch	Altmersleben-Butterhorst
Meseberg	Erdeborn UP
Aseleben UP	Erdeborn MP
Aseleben OP	Merkwitz
Solequelle Kloschwitz	Klingenborn
Auligk 101/00	Tagewerben 2/01

Die vom Buntsandstein und Zechstein geprägten Messstellen im Mansfeld-Sangerhäuser Raum unterliegen neben geogenen Einflüssen in erster Linie auch den Auswirkungen des Altbergbaus dieser Region. Im Raum Wittenberg könnten auch Einflüsse aus der Industrie eine Rolle spielen.

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung sind zusammenfassend in der Abb. 29 dargestellt.

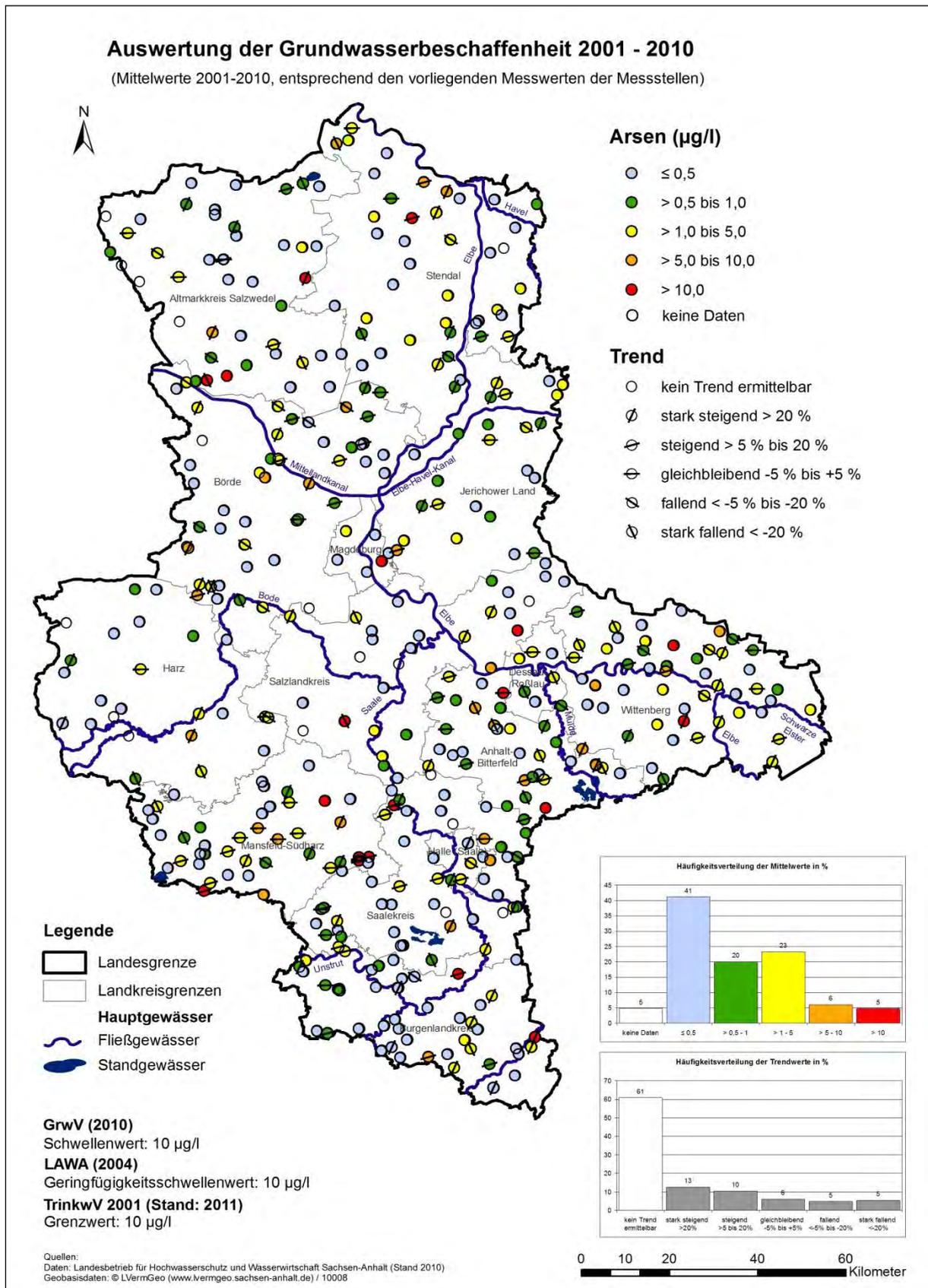


Abb. 29: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Arsen

4.3.5.5 Bor (B)

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 740 µg/l
 TrinkwV 2011 – Grenzwert: 1.000 µg/l

Bor gehört zu den relativ seltenen Elementen in der Erdkruste und ist ein ausgesprochenes Nichtmetall. In der Natur kommt es nicht in elementarer Form, sondern stets an Sauerstoff gebunden vor. Wichtige Verbindungen sind die Borsäure und ihre Salze, die einfachen Borate sowie Ortho- und Metaborate. Der Einsatz von Borverbindungen erfolgt in der Mikroelektronik (Produktion von Halbleiterbauelementen), als Zusatzstoff in der Glas- und Keramikindustrie (30 % bis 35 % Anteil an der Gesamtverwendung), als Leigerungshilfsmittel sowie in der Pyrotechnik. Als Bestandteil von Herbiziden sowie Wasch-, Bleich-, Reinigungs- und Düngemitteln (25 % bis 30 %) als auch durch Emissionen aus Deponien kann Bor in die Gewässer gelangen. Borgehalte im Grundwasser deuten auf Infiltration von Abwasser oder verunreinigtem Oberflächenwasser hin, da viele Waschmittel Borverbindungen als Bleichmittel enthalten. Bor gilt weiterhin auch als ein Indikatorparameter für Hausmülldeponien.

Nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992) liegt der geogene Normalbereich im Lockergesteinsbereich bei bis zu 65 µg/l, ab 80 µg/l beginnt der anthropogen beeinflusste Bereich. Die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) erbrachte eine Spannweite für Bor von 17 bis 234 µg/l, wobei die Mehrheit der Werte eine Spannweite von 23 bis 150 µg/l abdeckt. Die Untersuchungen im Landesmessnetz ergaben Schwellenwertüberschreitungen an 12 Messstellen sowie zusätzlich 4 Messstellen mit Grenzwertüberschreitung. Rund 64 % der Werte liegen <100 µg/l (siehe Abb. 30). Grenz- und Schwellenwertüberschreitungen sind in nachfolgender Tab. 30 aufgeführt:

Tab. 30: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Borkonzentrationen

Messstelle	Landkreis	Bor (µg/l)
Halle - Brauhausstraße	Halle (Saale), Stadt	7.080
Aseleben UP	Mansfeld-Südharz	2.920
Erdeborn UP	Mansfeld-Südharz	2.600
Aseleben OP	Mansfeld-Südharz	1.580
Biere Hy Ek Sbe	Salzlandkreis	1.450
Geusa 1/94	Saalekreis	1.410
Dieskau	Saalekreis	1.400
Zeuchfeld 1/01	Burgenlandkreis	1.210
Dessau-Alten	Dessau-Roßlau, Stadt	1.210
Hufeisensee	Halle (Saale), Stadt	1.110
MD - Blumenbergerstr.	Magdeburg, Landeshaupt-	1.050
Plötzkau	Salzlandkreis	1.050
Halle - Frohe Zukunft	Halle (Saale), Stadt	990
Reinsdorf 01/06	Anhalt-Bitterfeld	843
Charlottenhof - ICE	Stendal	830
Röitzsch	Anhalt-Bitterfeld	753

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Die Messstellen Dessau-Alten und Hufeisensee mit Schwellenwertüberschreitung zeigen einen steigenden Trend. Die hohen Belastungen im Mansfelder Land sind aufgrund des anstehenden Zechsteinsalinars als geogen zu bewerten. Anthropogene Einflüsse (u. a. Siedlungsbereich, Altlasten) werden an den Standorten im Landkreis Stendal, im Landkreis Merseburg-Querfurt und im Bereich Halle-Brauhausstraße vermutet.

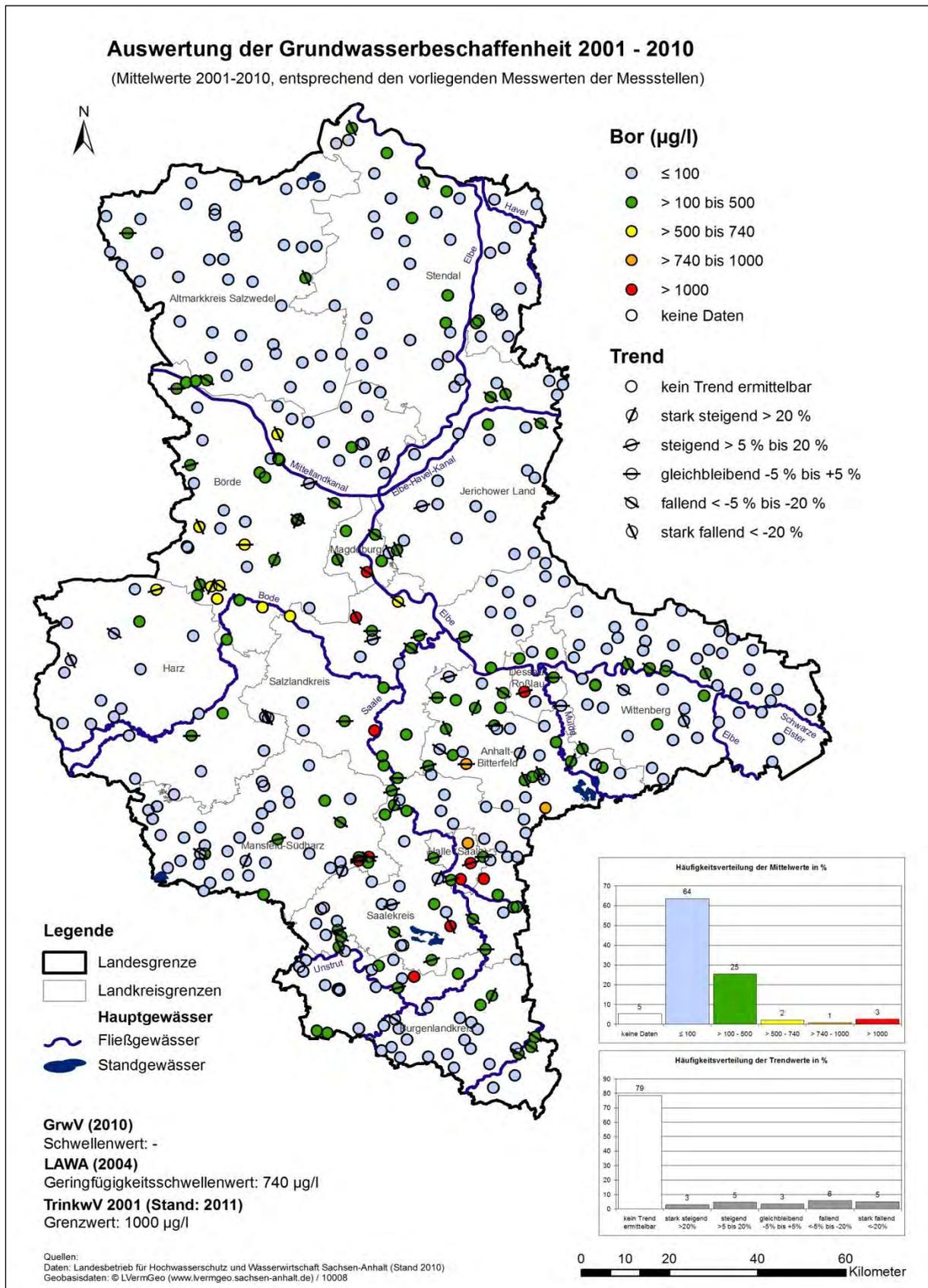


Abb. 30: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Bor

4.3.5.6 Antimon (Sb)

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 5 µg/l
 TrinkwV 2011 – Grenzwert: 5 µg/l

Antimon kommt in der Natur meist in isomorpher Mischung mit Arsen vor. Gelegentlich findet es sich auch in sulfidischen Blei-, Kupfer- und Silbererzen. Gebunden tritt es in der Natur in Form von Sulfiden/Doppelsulfiden und Oxiden auf. Der technische Einsatz von Antimon fokussiert auf die Herstellung von Legierungen, die Halbleiterindustrie, Pyrotechnik sowie die Lederindustrie. Als Emissionsquellen für Antimon -Verbindungen kommen in der Regel nur Prozessabwässer des Erzbergbaus in Betracht.

Im Landesmessnetz ist der Grenzwert an drei Messstellen (Seegen Gottes Stollen, Alter und Neuer Eskeborner Stollen) mit jeweils 25,4 µg/l überschritten. Bei allen drei Messstellen liegen Altbergbaueinflüsse vor. Die Messstellen Erdeborn UP und Hornhausen 2 liegen im Bereich des Grenzwertes. Der Median der Gesamtdatenbasis liegt bei 0,75 µg/l, der Mittelwert bei 0,8 µg/l. Trends waren nicht ermittelbar.

4.3.5.7 Barium (Ba)

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 340 µg/l

Barium kommt in elementarer Form nicht in der Natur vor, sondern hauptsächlich als BaSO₄ (Schwerspat) und BaCO₃ (Witherit). Barium ist in kationischer Form Bestandteil von Pflanzenschutz-, Bohrspül-, Beiz- und Bleichmitteln sowie Farbstoffen, dient als Füllstoff für PVC und kommt in der Pyrotechnik zum Einsatz. Anthropogene Einträge in Oberflächen- und Grundwässer sind wegen der geringen Löslichkeit der Bariumverbindungen selten und ohne große Bedeutung.

Im Landesmessnetz ist der Grenzwert an keiner Messstelle überschritten. Der Median der Gesamtdatenbasis liegt bei 42 µg/l, der Mittelwert bei 56 µg/l. Trends waren nicht ermittelbar. Die höchsten Werte, in der Tab. 31 aufgeführt, wurden an folgenden Messstellen ermittelt:

Tab. 31: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Bariumkonzentrationen

Messstelle	Landkreis	Barium (µg/l)
Klingenborn	Mansfeld-Südharz	330
Roter Born	Saalekreis	325
Glasebach 1/02	Mansfeld-Südharz	310
Lengefeld 1/98	Mansfeld-Südharz	300
Erlenborn	Saalekreis	280
Wohlmirstedter Schichtquelle	Burgenlandkreis	275
Köckte	Stendal	265
Kümmernitz-Waldfrieden	Stendal	260
Steutz	Anhalt-Bitterfeld	260
Kranichsborn	Mansfeld-Südharz	242
Heiligenborn Morungen	Mansfeld-Südharz	220
Haldensleben (neuer Pegel)	Bördekreis	220
Wittenberg	Wittenberg	215
Blumenthal	Jerichower Land	205
Rehsen	Wittenberg	200
Gorsdorf-Hemsendorf	Wittenberg	200

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Die Gehalte sind als ausschließlich geogen zu bewerten.

4.3.5.8 Molybdän (Mo)

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 35 µg/l

Als chalkophiles Element findet man Molybdän zu etwa 90 % in Form von Sulfidlagerstätten (nicht in Deutschland). Bestimmte Mo-Spezies sind auch im Erdöl und Tonschiefer vorhanden. Allerdings sind diese nicht von wirtschaftlichem Interesse. Der größte Teil des Molybdäns wird als Metall zur Legierung für Edelstähle verwendet. Mo-Stähle werden in der Rüstungsindustrie, im Fahrzeug-, Flugzeug- und chemischen Apparatebau eingesetzt. Reines Molybdän findet in Form von Drähten in der Glühlampen- und Röhrenproduktion sowie als Heizwiderstand in elektrischen Widerstandsöfen Anwendung. Die vielfältigen anorganischen Verbindungen des Molybdäns besitzen keine besondere wirtschaftliche Bedeutung.

In pH-neutralen Gewässern liegt Molybdän, wenn überhaupt vorhanden, als gelöste Spezies in anionischer Form als MoO_4^{2-} , bei pH-Werten $<4,5$ auch als HMoO_4^- vor. Allerdings sind die Konzentrationen in der Regel sehr gering (<1 µg/l). Erhöhte Werte (im mg/l-Bereich) wurden aber schon in Abwässern des Erzbergbaus gefunden, die neben Mo-haltigen Düngemitteln die wenigen punktuellen Eintragsquellen von gelösten Molybdänverbindungen in die Hydrosphäre darstellen (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1998). Molybdän ist für Pflanzen, Tiere und den Menschen ein essentielles Spurenelement.

Im Landesmessnetz ist der Schwellenwert an einer Messstelle überschritten: Aseleben UP (44 µg/l). Der Median der Gesamtdatenbasis liegt bei 0,5 µg/l, der Mittelwert bei 1,1 µg/l. Trends waren nicht ermittelbar.

4.3.5.9 Kobalt (Co)

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 8 µg/l

Kobalt ist mit etwa 20 mg/kg am Aufbau der Erdkruste beteiligt und kommt weitgehend vergesellschaftet mit Nickel vor. In Lagerstätten tritt es oft in liquid-magmatischen Co-Ni-Sulfid-Formationen sowie als Cu-Fe-Erz auf. Gesteinsbildende Kobaltminerale sind nicht bekannt. Zu den Hauptanwendungsgebieten zählt der Einsatz in der chemischen Industrie (Mischkatalysatoren), als Pigmentfarben sowie Legierungsbestandteil. ^{60}Co wird als Strahlungsquelle in der Krebstherapie eingesetzt. Kobaltverbindungen besitzen in der Regel eine geringe Wasserlöslichkeit. In Ionenform tritt es im Wasser in der Oxidationsstufe +2 auf, meist jedoch in komplexierter Form (Huminstoffe, synthetische Komplexbildner wie EDTA, NTA und Phosphonsäuren). Ausgeprägt sind seine Mitfällung an Fe- und Mn-Oxiden bzw. die Sorption an diesen. Kobalt kann in Abwässern des Erzbergbaus gefunden werden.

Die Untersuchungen im Landesmessnetz ergaben Schwellenwertüberschreitungen an 23 Messstellen. 70 % der Werte liegen <1 µg/l (Abb. 31). Der Median der Gesamtdatenbasis liegt bei 0,5 µg/l, der Mittelwert bei 2,4 µg/l. Trends waren nicht ermittelbar. Grenz- und Schwellenwertüberschreitungen wurden an folgenden Messstellen (Tab. 32) ermittelt:

Tab. 32: Übersicht der Messstellen mit den höchsten mittleren Kobaltkonzentrationen

Messstelle	Landkreis	Kobalt (µg/l)
Kleutsch	Dessau-Roßlau, Stadt	47
Coswig	Wittenberg	38
Zerben	Jerichower Land	34
Lausigk	Anhalt-Bitterfeld	31
Neukirchen	Stendal	25
Wulfen	Anhalt-Bitterfeld	25
Alexisbrunnen	Harz	21
Wörbzig	Anhalt-Bitterfeld	20
Chörau 37/97	Anhalt-Bitterfeld	20
Schützberg	Wittenberg	18
Breitenbach 1/02	Mansfeld-Südharz	17
Pöplitz	Wittenberg	17
Gossa	Anhalt-Bitterfeld	16

Messstelle	Landkreis	Kobalt ($\mu\text{g/l}$)
Dessau-Waldersee	Dessau-Roßlau, Stadt	16
MD - Neu-Olvenstedt	Magdeburg, Landeshaupt-	14
Lubast	Wittenberg	13
Pechau	Magdeburg, Landeshaupt-	13
Halle - Brauhausstraße	Halle (Saale), Stadt	11
Thießen	Wittenberg	11
Zangerberg_neu	Burgenlandkreis	11
Arnsdorf	Wittenberg	11

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Die Ursachen der Kobaltbefunde lassen sich wie folgt beschreiben: Im Mansfelder Raum und im Harz tritt Kobalt geogen als Begleitelement im geologischen Untergrund auf. Weiterhin lassen sich teilweise die Flussauen als Gebiete ausweisen, in denen Kobalt in erhöhten Konzentrationen gemessen wird. Hier ist von einer möglichen Anreicherung des im Wasser gelösten Kobalts während Hochwasserereignissen auszugehen. Ursache des Stofftransports können die Vorkommen im Erzgebirge sein.

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung sind zusammenfassend in der Abb. 31 dargestellt.

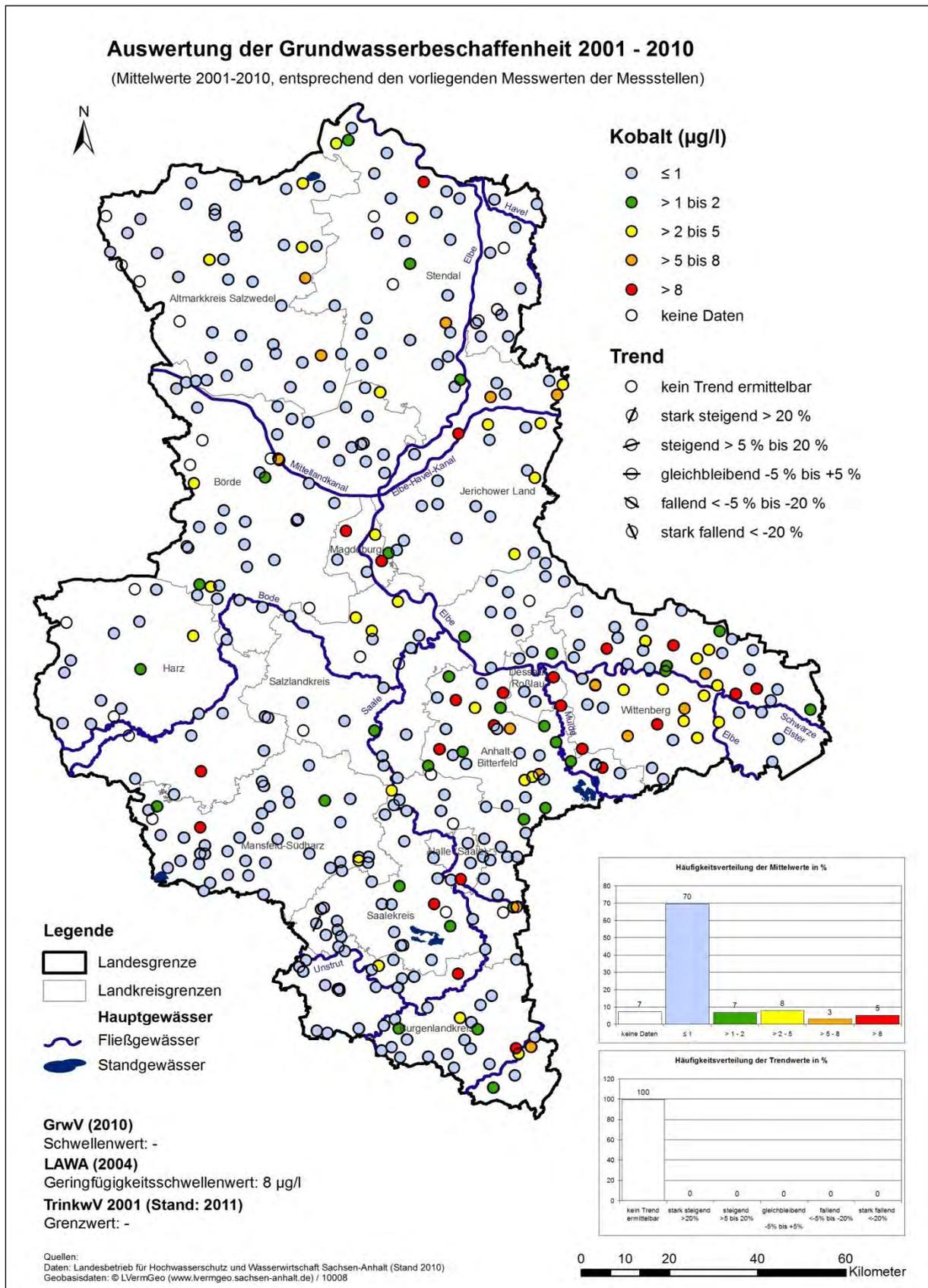


Abb. 31: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Kobalt

4.3.5.10 Selen (Se)

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 7 µg/l
TrinkwV 2011 – Grenzwert: 10 µg/l

In kleinen Mengen kommt gediegenes Selen natürlich vor. Selenminerale wie Clausthalit und Naumannit sind selten. Selen ist, meist in Form von Metallseleniden, Begleiter schwefelhaltiger Erze der Metalle Kupfer, Blei, Zink, Gold und Eisen. Beim Abrösten dieser Erze sammelt sich das feste Selendioxyd in der Flugasche oder in der nachgeschalteten Schwefelsäureherstellung als selenige Säure. Selen wird in Industrie und Technik vielseitig genutzt. Es wird in Gleichrichtern, Photozellen, Photoelementen und Widerstandszellen von Belichtungsmessern, in lichtempfindlichen Alarmsystemen und Radaranlagen eingesetzt. Ein weiteres Einsatzgebiet für Selen ist die Glas- und Keramikindustrie, hier als Färbe- und Entfärbungsmittel.

Im Landesmessnetz ist der Schwellenwert an vier Messstellen überschritten: Halle - Frohe Zukunft (12 µg/l), Helmsdorf 1/96 (10 µg/l), Alter Eskeborner Stollen (8,6 µg/l) und Tornitz – Güte (7,7 µg/l). Der Median der Gesamtdatenbasis liegt bei 0,45 µg/l, der Mittelwert bei 0,84 µg/l. Trends waren nicht ermittelbar. Selenbefunde in der Umwelt sind sehr selten und kommen in der Regel in aktiven und ehemaligen Bergbaugebieten vor. Eine weitere Ursache können hochkonzentrierte aufsteigende Tiefenwässer sein, wie sie im Raum Halle zu beobachten sind.

4.3.5.11 Thallium (Tl)

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 0,8 µg/l

In der Erdkruste ist Thallium manchmal Begleiter der Metalle Zink und Eisen sowie des Kupfers in Blenden und Kiesen. Relativ reich an Thallium sind Crookesit und Lorandit, ein Thioarsenit des Thalliums. Daneben kann es in geringer Konzentration in Glimmern und Kalisalzen vorkommen. Industriell fällt es beim Abrösten von Blenden und Kiesen in Schwefelsäurefabriken und als Thalliumoxyd im Flugstaub an. Es sammelt sich zudem im Bleikammerschlamm an. Auch in den Rauchgasen von Kohlekraftwerken und Stäuben von Zementfabriken sind Spuren von Thallium zu finden.

Im Landesmessnetz ist der Schwellenwert an vier Messstellen überschritten: Tagewerben 2/01 (2,3 µg/l), Nessa 1/01 (2,0 µg/l), Hornhausen 2 (1,0 µg/l) und Seegen Gottes Stollen (0,9 µg/l). Der Median der Gesamtdatenbasis liegt bei 0,1 µg/l, der Mittelwert bei 0,11 µg/l. 91 % aller Werte liegen <0,2 µg/l. Trends waren nicht ermittelbar. Thalliumbefunde in der Umwelt sind wie Selenbefunde eher selten und kommen in der Regel in aktiven und ehemaligen Bergbaugebieten vor. Eine weitere Ursache können hochkonzentrierte aufsteigende Tiefenwässer sowie thalliumhaltige Sande sein. Diffus wird Thallium mit Stäuben aus Kohlekraftwerken ausgetragen und kann auf diesem Weg räumlich verteilt werden.

4.3.5.12 Cyanide

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 0,005 mg/l
TrinkwV 2011 – Grenzwert: 0,05 mg/l

Cyanid ist das Anion von Salzen der Cyanwasserstoffsäure, auch Blausäure genannt. Das Cyanid-Anion ist sehr reaktiv und bildet mit anderen Metallen (z. B. Eisen) häufig sehr stabile Verbindungen. In vielen Fällen bildet sich ein neues Anion, das aus einem Metall und aus einer festen Anzahl Cyanid-Bausteinen besteht. Alle Alkali- und Erdalkalisalze der Cyanide sind hochgiftig und in Wasser leicht löslich, wie zum Beispiel Kaliumcyanid (Zyankali). Sowohl die Gehalte an Cyanid gesamt als auch leicht freisetzbarem Cyanid lagen im Landesmessnetz fast durchweg unter der Bestimmungsgrenze.

4.3.5.13 Uran (U)

TrinkwV 2011 – Grenzwert: 10 µg/l

Uran gehört zu den seltenen Metallen der Erdkruste (ca. 2×10^{-5} % an der Erdrinde). Obwohl etwa fünf Prozent aller Gesteine Uran enthalten, sind hochprozentige Erze relativ selten. Alle Isotope des Urans sind instabil und radioaktiv. Die Anwendung von Uran findet im Wesentlichen im Bereiche der Kerntechnik (Brennstoff für Kernkraftwerke, Spaltmaterial für Kernwaffen), der chemischen Katalyse (UC₂ auf U_{met}. in der Ammoniak-Synthese) sowie in den letzten Jahren als Legierungsmittel zur Härtung panzerbrechender Munition statt.

Die Notwendigkeit der Überwachung und der Festlegung einer zulässigen Urankonzentration für als Trinkwasser genutzte Grundwässer zeigt sich in der nierenschädigenden Wirkung des Urans auf den menschlichen Organismus. Dies wird bestärkt durch die in Deutschland in unbeeinflussten Grundwässern gemessenen Urankonzentrationen von 1 bis 100 µg/l.

Die Bewertung der Urankonzentrationen in Sachsen-Anhalt wurde erstmals im Bericht „Urankonzentration im Grundwasser von Sachsen-Anhalt“ (LHW & LAU 2007) vorgenommen. Die erhöhten Urankonzentrationen fanden sich dabei vorrangig im Süden Sachsen-Anhalts. So wurden beispielsweise 69 µg/l Uran an der Messstelle Schmon (Freyburger Triasmulde) und 54 µg/l an der Messstelle Emseloh (Zechsteinrand der Thüringer Senke) gemessen. Aufgrund der geringen Anzahl an Messstellen waren die getroffenen Aussagen des Uranberichtes (LAU & LHW 2007) zur Uranbelastung der Grundwässer des Landes als grober Überblick zu betrachten.

Die aktuelle Auswertung von 2001 bis 2010 ergab an 464 Messstellen für Uran folgende in Tab. 33 aufgeführte Klassifizierung:

Tab. 33: Klassifizierung Uran 2001-2010

Klasse	Anzahl Messstellen
≤0,5 µg/l	216 (47%)
>0,5 bis ≤10 µg/l	170 (37%)
>10 µg/l	44 (9%)
Keine Daten	34 (7%)

Dabei wurden Überschreitungen an folgenden Messstellen (Tab. 34) festgestellt:

Tab. 34: Übersicht der Messstellen mit Grenzwertüberschreitungen bei Uran (Mittelwerte)

Messstelle	Landkreis	Uran (µg/l)
Tagewerben 2/01	Burgenlandkreis	250
Erdeborn OP	Mansfeld-Südharz	120
Halle - Brauhausstraße	Halle (Saale), Stadt	88
Emseloh 1/98	Mansfeld-Südharz	51
Dorfborn Rothenschirmbach	Mansfeld-Südharz	49
MD - Neu-Olvenstedt	Magdeburg, Landeshauptstadt	42
Schmon 105/96	Saalekreis	40
Erdeborn MP	Mansfeld-Südharz	31
Wedringen - Kanal Süd	Börde	30
Steuden	Saalekreis	29
Mammendorf/Eichenbarleben 1/06	Börde	28
MD - Blumenbergerstr.	Magdeburg, Landeshauptstadt	26
Könnern	Salzlandkreis	26
Biere Hy Ek Sbe 113/85	Salzlandkreis	23
Erdeborn UP	Mansfeld-Südharz	22
Helmsdorf 1/96	Mansfeld-Südharz	22
Volkstedt	Mansfeld-Südharz	21
Rothenburg	Saalekreis	20
Wilsleben	Salzlandkreis	20

Messstelle	Landkreis	Uran ($\mu\text{g/l}$)
Gnölbzig 01/06	Salzlandkreis	20
Müllerdorfer Born	Saalekreis	20
Nebra 101/97	Burgenlandkreis	18
Roitzsch	Anhalt-Bitterfeld	18
Friedeburg 1/96	Mansfeld-Südharz	18
Osternienburg	Anhalt-Bitterfeld	17
Öchlitz 0021	Saalekreis	16
Charlottenhof	Stendal	16
Kretzschau	Burgenlandkreis	16
Othal 114/96	Mansfeld-Südharz	15
Ottersleben - JH-Amtsg.	Magdeburg, Landeshauptstadt	15
Wettiner Quelle	Saalekreis	15
Loburg	Jerichower Land	14
Barneberger Quelle	Börde	14
Hottentottenborn	Saalekreis	14
Zaschwitz	Saalekreis	13
Bärenplatzquelle	Burgenlandkreis	13
Rote Quelle	Saalekreis	13
Neeken	Dessau-Roßlau, Stadt	13
Seweckenbergquelle	Harz	13
Geusa 1/94	Saalekreis	12
Urtalsborn	Saalekreis	12
Schönburg 101/97	Burgenlandkreis	11
Meitzendorf	Börde	11
Wulferstedter Quelle	Börde	11

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Der Mittelwert der Uranergebnisse des Landes beträgt $4,3 \mu\text{g/l}$. Trends waren nicht ermittelbar. Die Grenzwertüberschreitungen konzentrieren sich vorrangig auf den südlichen Teil Sachsen-Anhalts, d. h. das Gebiet des Mansfelder Kupferschiefers, der Vereinigten Mulde und der Saale. Im Norden des Landes sind Einzelbelastungen erkennbar.

Die Darstellung der aktuellen Auswertung in Abb. 32 zeigt, dass auffällig viele Grundwassermessstellen mit erhöhten Urankonzentrationen im Bereich der Saale und deren nahem Umfeld vorliegen. Daneben sind Auffälligkeiten im Bereich der Mulde und des Mansfelder Landes zu verzeichnen. Hinsichtlich der Erhöhung der Urankonzentrationen im Bereich der Mulde und der Saale kommen auch Einträge aus den ehemaligen sächsischen und thüringischen Uranerzbergbaugebieten, welche mit den Gewässern transportiert werden, in Betracht. In Gewässerbereichen, die als geochemische Senken wirken, kann es zur Anreicherung dieser Urankonzentrationen kommen. Über Oberflächenwasser-Grundwasser-Wechselwirkungen können diese Konzentrationen in das Grundwasser gelangen. Der Transport geht vor allem über die Gewässer der Weißen Elster und der Vereinigten Mulde. In deren Einzugsgebieten können auf Grund von Hochwassereinflüssen auch die Flusstäler mit Uran belastet sein.

Im Bereich des Mansfelder Kupferschiefers treten Radionuklide als Begleitminerale des Kupferschiefers auf. Auch im Ostharz kann Uran geogen als Begleitmineral des paläozoischen Untergrundes vorkommen. Erhebliche Uraneinträge finden über die Schlenze statt, ein Gewässer, das den Mansfelder Kupferschiefer entwässert (SCHNEIDER et al., 2011). Dies deutet darauf hin, dass im Bereich des Mansfelder Kupferschiefers Senken für Uran bestehen, die erhebliche Austräge in das Oberflächen- und Grundwasser zur Folge haben können.

In der Diskussion als mögliche Eintragsquelle sind auch phosphatische Düngemittel, da Uran – wie auch ausgewählte andere Schwermetalle - sorptiv in Düngemitteln gebunden ist.

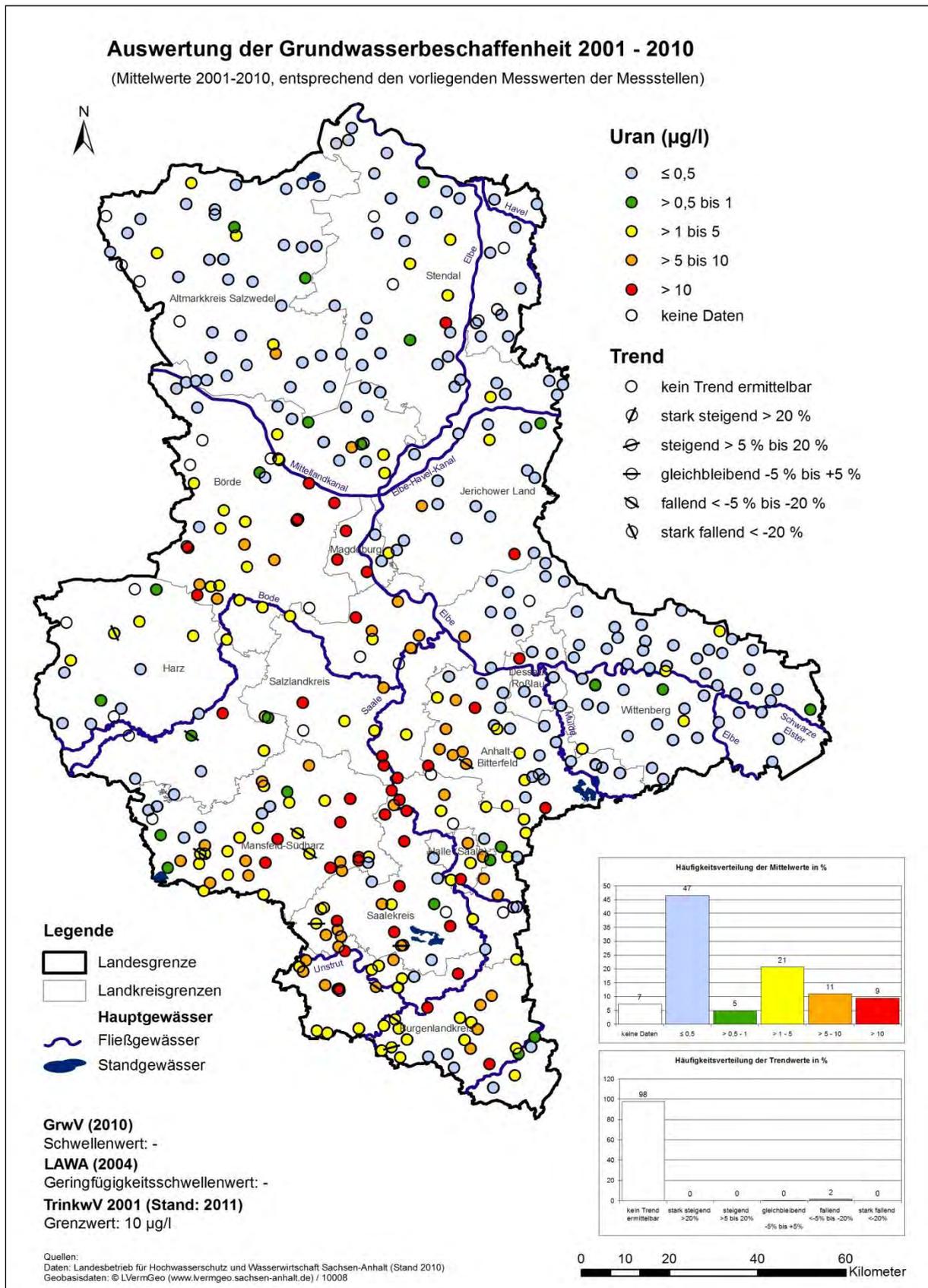


Abb. 32: Übersichtskarte der Urankonzentrationen in Sachsen-Anhalt

4.3.5.14 Vanadium (V)

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 4 µg/l

Vanadium ist ein nicht gediegen vorkommendes Element, welches durchschnittlich mit 120 mg/kg in der Erdkruste anzutreffen ist. Vanadium kommt nahezu ubiquitär in Böden und Gesteinen sowie in fossilen Brennstoffträgern (Kohle, Erdöl) in Verbindungen der Oxidationsstufe +3 vor. Die Gehalte in den Böden schwanken in Abhängigkeit vom Gehalt der Muttergesteine zwischen 3 und 300 mg/kg. Vanadium kann in den Oxidationsstufen 0, +2, +3, +4 und +5 vorkommen. Metallisches Vanadium oder Ferrovandium sind wichtige Legierungsbestandteile von Stählen. Sie finden beispielsweise im Motorenbau Anwendung. In geringeren Mengen wird Vanadium in der Glas- und Textilindustrie als Färbungsmittel sowie bei der Herstellung von Batterien eingesetzt. In der Großchemie dient V_2O_5 als heterogener Katalysator.

Im menschlichen Körper ist Vanadium unterdessen mit 0,3 mg/kg vertreten. Aufgrund seiner Anwesenheit in einer Vielzahl verhüttungswürdiger Erze und dem hohen Anteil an Vanadium in fossilen Brennstoffen, werden durch die Industrie enorme Mengen an Vanadiumverbindungen freigesetzt. So wird beispielsweise durch die Verbrennung von 1000 Tonnen Rohöl eine Tonne Vanadiumpentoxid in die Atmosphäre abgegeben. Inwiefern erhöhte Vanadiumkonzentrationen die Umwelt und den menschlichen Körper belasten ist noch nicht vollends geklärt. Studien zeigen jedoch, dass bei einem längeren erhöhten Vanadiumeinfluss auf den menschlichen Körper das Krebsrisiko steigt und eine keimzellmutagene Wirkung festzustellen ist. Dies begründet zunächst die Festlegung des GFS-Wertes von 4 µg/l für Vanadium. Der geogene Hintergrundwert ist bei 1,69 µg/l anzusiedeln (LAWA, 2004).

Im Land Sachsen-Anhalt wurden in den Jahren 2007 (413 Datensätze), 2008 (315 Datensätze) und 2009 (51 Datensätze) erstmalig Grundwasseruntersuchungen zu Vanadium durchgeführt. Während die Analysemethode im Jahr 2007 nur eine sehr grobe Klassifikation ermöglichte, die Bestimmungsgrenze lag anfänglich bei 10 µg/l, konnten für die Jahre 2008 und 2009 Klasseneinteilungen getroffen werden die bis in den Bereich <2 µg/l auflösen und somit den LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwert (LAWA, 2004) erfassen. Die Messwerte der Messstellen wurden in vier Klassen eingeteilt und in Abb. 33 dargestellt.

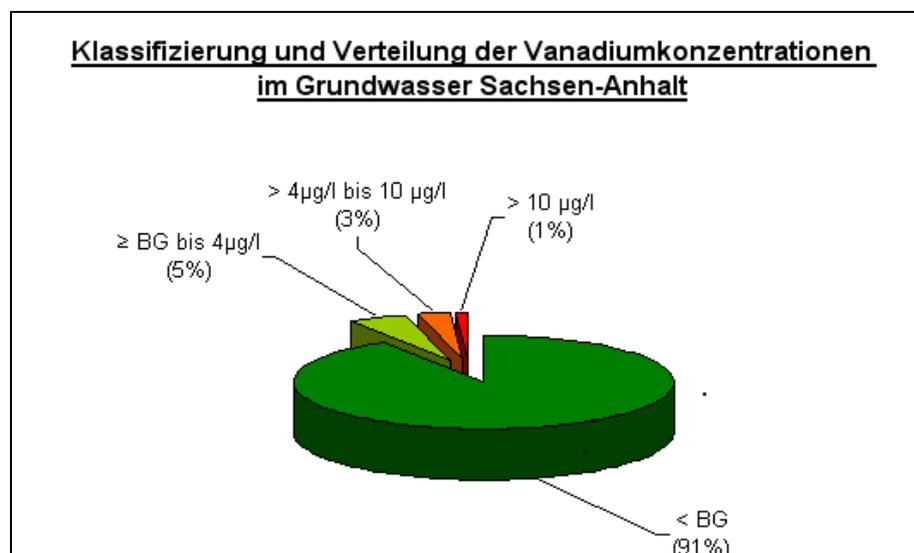


Abb. 33: Klassifizierung und Verteilung der Vanadiumkonzentrationen im Grundwasser in Sachsen-Anhalt nach LHW (2010)

Die Grundwassermessstellen mit den höchsten Vanadium-Werten liegen im Norden von Sachsen-Anhalt. Dies betrifft die drei Messstellen Altmersleben-Butterhorst, Wenze und Meseberg, bei denen Vanadiumkonzentrationen von über 10 µg/l gemessen worden sind. Hier werden geogene Einflüsse (Tonminerale) vermutet. Weitere Nachweise im Bereich von ≥ 4 µg/l wurden im Raum Wittenberg und im Raum Eisleben festgestellt. Eine Übersicht über die räumliche Verteilung der Mittelwerte der aktuellen Vanadiumkonzentrationen zeigt die Abb. 34.

Bei der aktuellen Auswertung der Werte von 2001 bis 2010 lagen 89 % der Messstellen unterhalb von 4 µg/l, und 5 %, das entspricht 22 Messstellen, oberhalb des Geringfügigkeitsschwellenwertes. Die Spannweite reicht von 4,2 bis 18 µg/l. Die Messstellen mit Überschreitungen sind in nachfolgender Tab. 35 aufgeführt.

Tab. 35: Übersicht der Messstellen mit Überschreitungen des GFS bei Vanadium (Mittelwerte)

Messstelle	Landkreis	Vanadium (µg/l)
Wenze	Altmarkkreis Salzwedel	18
Altmersleben-Butterhorst	Altmarkkreis Salzwedel	10
Wörlitz	Wittenberg	8,7
Meseberg	Stendal	8,4
Wulferstedter Quelle	Börde	7,9
Gollensdorf	Stendal	7,8
Hottentottenborn	Saalekreis	7,7
Schützberg	Wittenberg	7,0
Biere Hy Ek Sbe 113/85	Salzlandkreis	6,9
Halle – Brauhausstraße	Halle (Saale), Stadt	6,9
Wittenberg – Wallstraße	Wittenberg	6,7
Vatterode 1/96	Mansfeld-Südharz	6,3
Dietrichsdorf	Wittenberg	6,2
Kranichsborn	Mansfeld-Südharz	5,9
Städteborn Mallendorf	Burgenlandkreis	5,6
MD – Neu-Olvenstedt	Magdeburg, Landeshauptstadt	5,5
Haldensleben (neuer Pegel)	Börde	5,4
Neukirchen	Stendal	5,0
Wedringen – Kanal Süd	Börde	5,0
Grillenberg 1/02	Mansfeld-Südharz	5,0
Nonnenborn	Mansfeld-Südharz	4,9
Schmon 105/96	Saalekreis	4,2

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Für erhöhte Vanadiumkonzentrationen kommen verschiedene Ursachen in Frage. Zu diskutieren ist ein Eintrag über den Luftpfad bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe. Mitteldeutsche Kohlen können Vanadium als Spurenelement enthalten. Außerdem kommen Einflüsse von Altlasten oder Industrieanlagen als mögliche weitere Ursachen in Frage.

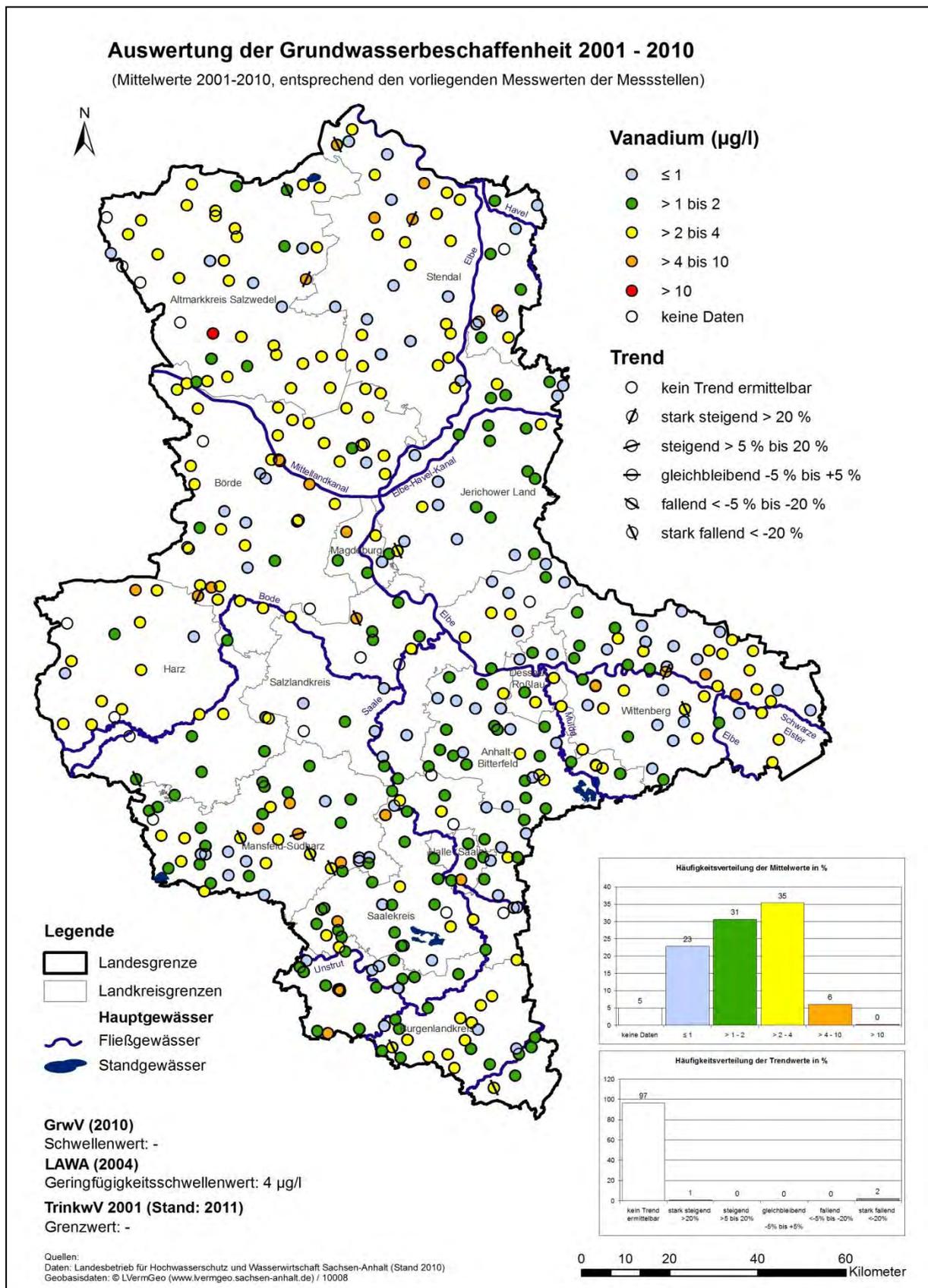


Abb. 34: Übersichtskarte der Vanadiumkonzentrationen in Sachsen-Anhalt

Die Darstellung der Vanadiumkonzentrationen in Abb. 34 zeigt, dass erhöhte Vanadiumkonzentrationen überall in Sachsen-Anhalt auftreten. Als Schwerpunktgebiete lassen sich das Mansfelder Land, der Bereich der Saale (abschnittsweise) und der Harzrand ausweisen. Hier ist von geogenen Einflüssen auszugehen, da Vanadium wie auch andere Schwermetalle im Gestein angereichert sein kann.

Die hohe Belastung an der Messstelle Hornhausen steht in Zusammenhang mit der hohen Versalzung, die zu analytischen Effekten führen kann.

4.3.5.15 Arzneistoffe

Der Eintrag von Arzneistoffen in die aquatische Umwelt kann auf vielfältigen Wegen erfolgen. Mögliche Eintragsquellen und Eintragspfade von Human- und Tierpharmaka in die Umwelt zeigt die Abb. 35.

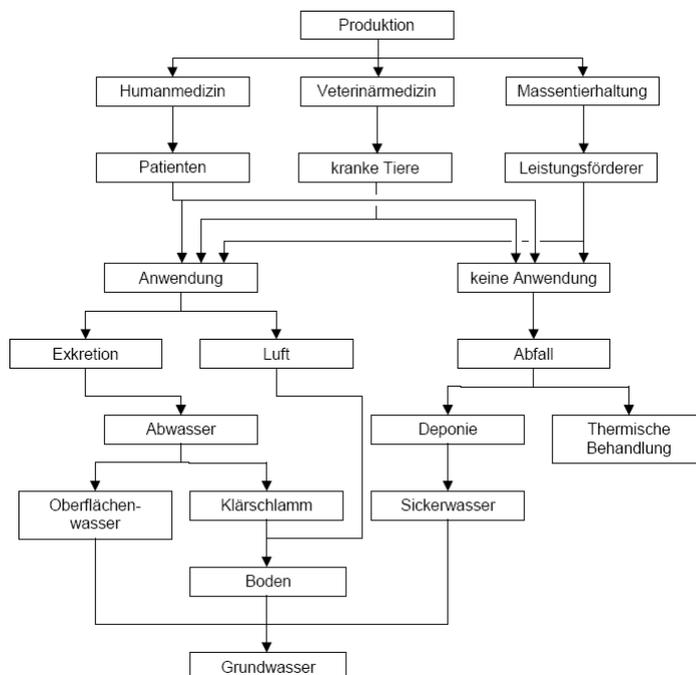


Abb. 35: Mögliche Eintragsquellen von Human- und Tierpharmaka in die Umwelt (aus ALEXU, 2003)

Arzneistoffe zeigen ein hohes toxikologisches Potenzial und werden großflächig dem System Wasser zugeführt. Der Haupteintragspfad von Humanarzneistoffen bzw. deren Metabolite in die Umwelt erfolgt über den Anwender oder über das kommunale Abwassersystem und folglich in die entsprechenden Kläranlagen. Aus den Klärwerken gelangen die Stoffe in die Fließgewässer und über die in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau ausgebrachten Klärschlämme auf Nutzflächen.

Eine Gefährdung von Mensch und Natur durch Arzneistoffe im Gewässer ist aufgrund einer oder mehrerer der folgenden umweltrelevanten Eigenschaften möglich (KÜMMERER, 2001):

- hohe Persistenz,
- hohe Mobilität in der wässrigen Phase,
- umwelt- und gesundheitsschädigendes Potenzial.

In Sachsen-Anhalt werden seit 2002 Untersuchungen zu Arzneistoffen im Grundwasser durch den LHW und das LAU durchgeführt.

Bei den im Zeitraum 2001 bis 2010 auf das Vorhandensein von Arzneistoffen untersuchten insgesamt 33 Messstellen wurden die in der Tab. 36 aufgeführten Arzneistoffe berücksichtigt:

Tab. 36: Messprogramm Arzneistoffe und deren Anwendungsgebiete (LAU & LHW, 2006)

Arzneistoffe	Verwendung
Acetylsalicylsäure, Phenazon, Ibuprofen	Analgetikum (Schmerzmittel)
Clofibrinsäure, Bezafibrat	Lipidsenker und Metaboliten
Carbamazepin	Antiepileptikum (Epilepsieerkrankungen)
Iopamidol, Iopromid	Röntgenkontrastmittel

Arzneistoffe	Verwendung
Clarithromycin, Roxythromycin	Antibiotikum
Metoprolol, Sotalol	Betarezeptorenblocker zur Behandlung von Herzrhythmusstörungen
Propyphenzon	Migränemittel
Erythromycin	Makrolid-Antibiotikum
Sulfamethoxazol	Bakterizid (v. a. Veterinärmedizin)
Estron, 17beta-Estradiol	Sexualsteroidhormon
17alpha-Ethinylestradiol	synthetisches Estrogen
Sulfadimidin, Sulfadiazin, Tetracyclin, Oxytetracyclin, Chlortetracyclin	Antibiotikum (v. a. Veterinärmedizin)

Von den vorgenannten 33 Messstellen waren 22 frei von Arzneistoffen. Bei 11 Messstellen wurden Arzneistoffe festgestellt. Die meisten positiven Nachweise wurden für Phenazon, Carbamazepin, Iopamidol und Diclofenac ermittelt. Diese Arzneistoffe sind in ihrer Anwendung sehr verbreitet. In der Tab. 37 sind die am häufigsten nachgewiesenen Wirkstoffe zusammengefasst:

Tab. 37: Rangfolge und Spannweite der am häufigsten nachgewiesenen Wirkstoffe

Rang	Wirkstoff	Nachweisbreite (µg/l)	Anzahl pos. Nachweise
1	Phenazon	0,004 bis 0,049	9
2	Carbamazepin	0,007 bis 0,049	8
3	Iopamidol	0,007 bis 0,097	8
4	Diclofenac	0,007 bis 0,021	7
5	Clofibrinsäure	0,004 bis 0,017	4
6	Bezafibrat	0,007 bis 0,020	3
7	Ibuprofen	0,016 bis 0,018	2

Über die Tab. 38 sind die 11 Messstellen mit nachgewiesenen Arzneistoffen und Messwerten > BG im Untersuchungszeitraum 2001 bis 2010 nachvollziehbar:

Tab. 38: Messstellen mit Arzneistoffbelastungen 2001-2010

Messstelle	Landkreis	Anzahl positiver Nachweise	Summe Arzneistoffe (µg/L)	Anzahl Wirkstoffe
Auligk	Burgenlandkreis	24	0,127	13
Trebnitz 101/00	Saalekreis	7	0,100	7
Halle- Frohe Zukunft	Halle (Saale), Stadt	2	0,093	2
Vatterode 1/96	Mansfeld-Südharz	4	0,045	4
Gübs-Güte 1/95	Jerichower Land	3	0,031	3
Zangenberg 103/00	Burgenlandkreis	5	0,028	3
Eickendorf-Güte	Salzlandkreis	2	0,023	2
Pietzpuhl-Güte	Jerichower Land	2	0,021	2
Göbitz 102/00	Burgenlandkreis	4	0,012	1
Klein- Chüden	Altmarkkr. Salzwedel	1	0,007	1
Dessau-Alten	Dessau-Roßlau, Stadt	1	0,002	1

(Summe Arzneistoffe - Summenbildung auf Basis der Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen. Lagen alle Messwerte pro Messstelle unterhalb der Bestimmungsgrenze, erfolgte keine Summenbildung für Arzneistoffe)

Die höchsten Summenkonzentrationen an Arzneistoffen wurden in Auligk (Burgenlandkreis) und Trebnitz (Saalekreis) festgestellt.

Die Ursachen für Arzneistoffbelastungen liegen in der Regel in Abwasser- und Klärschlammeeinflüssen, weil nicht alle Arzneistoffe in den Abwasserbehandlungsanlagen vollständig eliminiert werden. Teilweise werden sie im Klärschlamm angereichert, was beim Ausbringen in der Landwirtschaft zu einer Verschleppung des Problems führen kann.

Die positiven Nachweise zeigen, dass in Sachsen-Anhalt Arzneistoffe im Grundwasser – wenn auch nicht in dem Maße wie in den Fließgewässern - eine Rolle spielen. Die erstmals ab 2007 im Messprogramm enthaltenen Antibiotika (Tiermedizin) wurden an ausgewählten Messstellen untersucht. Die ermittelten Messwerte lagen unter der Bestimmungsgrenze von 0,010 µg/l.

Die räumliche Verteilung der Messwerte lässt den Schluss zu, dass ein Transport im Gewässer erfolgt und auf diese Weise über Oberflächenwasser-Grundwasser-Wechselwirkungen Befunde in den Grundwassermessstellen bedingen. In der Regel ist die Wahrscheinlichkeit größer, in urbanen Räumen erhöhte Arzneistoffbefunde vorzufinden. Die Bevölkerungsdichte und somit die Menge der verwendeten Arzneistoffe ist hier höher als im ländlichen Raum. In Abb. 36 zeigen sich deshalb vor allem Befunde in den Ballungsräumen Halle, Dessau-Roßlau und Magdeburg.

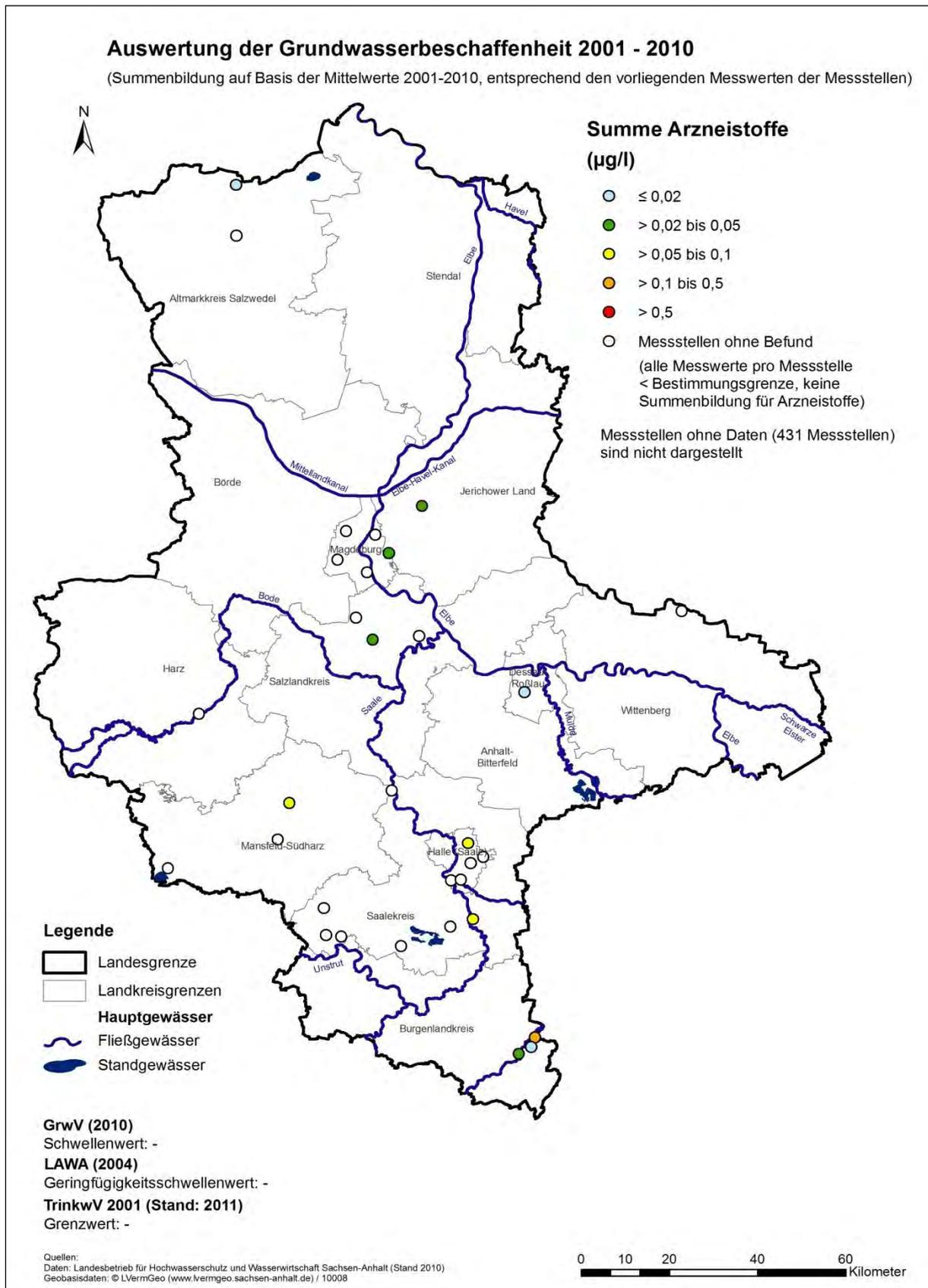


Abb. 36: Übersichtskarte Arzneistoffe (Summe der Einzelsubstanzen) in Sachsen-Anhalt

4.3.6 Organische Einzelstoffe

4.3.6.1 Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW)

GrwV 2010 – Schwellenwert:	10 µg/l Σ TRI+PER
LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert:	20 µg/l Σ LHKW
	10 µg/l Σ TRI+PER
	2 µg/l DCE
	0,5 µg/l Vinylchlorid

Die organischen Verbindungen der LHKW finden bzw. fanden Verwendung u. a. als Reinigungs-, Lösungs- und Extraktionsmittel (LCKW, z. B. TRI und PER), als Treibgase und Kältemittel (FCKW, Freone) oder als Feuerlöschmittel (Halone). Aus der Gruppe der leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffe wurden die neun Einzelsubstanzen

Dichlormethan (DCM)	1,1,1 Trichlorethan (TRCE)
cis-1,2-Dichlorethen (12DCLEE-C)	1,1,2,2 Tetrachlorethan (TCE)
Trichlormethan (TRCM)	1,1,2 Trichlorethen (TRCEE=TRI)
Tetrachlormethan (TCM)	1,1,2,2 Tetrachlorethen (TCEE=PER)
1,2 Dichlorethan (DCE)	

mit folgenden Ergebnissen, zusammengefasst in der Tab. 39, untersucht:

Tab. 39: Übersicht der Messstellen mit LHKW-Befunden (Mittelwerte)

LHKW	BG (µg/l)	Anzahl der Nachweise	Nachweisbreite von - bis (µg/l)
Dichlormethan	<0,1 bis <1,0	1	0,1
cis-1,2-Dichlorethen	<0,1 bis < 0,3	21	0,1 bis 170*
Tetrachlormethan	<0,001 bis <0,01	59	0,001 bis 1,1
1,2-Dichlorethan	<0,5 bis <1,0	5	0,12 bis 0,32
1,1,1-Trichlorethan	<0,01	6	0,01 bis 0,011
1,1,2,2 Tetrachlorethan	<0,01 bis <0,1	7	0,04 bis 0,17
1,1,2 Trichlorethen	<0,01 bis <0,02	87	0,001 bis 30**
1,1,2,2 Tetrachlorethen	<0,001 bis <0,01	108	0,001 bis 8

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

* Einzelbefund am Hufeisensee

**Einzelbefund in Roßlau

Überschreitungen der GFS für Σ LHKW sind für die Messstellen Hufeisensee (180 µg/l), Roßlau (30 µg/l) und Wittenberg-Wallstraße (22 µg/l) festzustellen. Der GFS und SW für Σ TRI+PER ist an der Messstelle Roßlau mit 30 µg/l überschritten worden. Hinzuweisen ist auf vor allem altlastenbedingte Einzelbefunde an der Messstelle Wittenberg-Wallstraße (im Mittel 9,6µg/l für Σ TRI+PER), erhöhte Werte für cis-1,2-Dichlorethen an den Messstellen Hufeisensee (170 µg/l), Wittenberg-Wallstraße (9,7 µg/l) und Genthin (9,5 µg/l) und für TETRA an der Messstelle Klopstockquelle (1,1 µg/l).

4.3.6.2 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 0,2 µg/l (Σ PAK), Fluoranthen 0,025 µg/l

Die Polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe gehören zu den Schadstoffen, die ubiquitär in der Luft, im Boden und im Grundwasser verteilt sind. Sie entstehen als Produkt bei der unvollständigen Verbrennung organischer Stoffe. Ihre Freisetzung erfolgt größtenteils über Abgase aus dem Straßenverkehr und aus dem Hausbrand (Kohlefeuerung). In Tab. 40 sind die landesweiten Untersuchungen zusammengefasst:

Tab. 40: Übersicht der Messstellen mit PAK-Befunden (Mittelwerte)

PAK-Einzelstoff	BG (µg/l)	Anzahl der Nachweise	Nachweisbreite von - bis (µg/l)
Fluoranthen	<0,002	6	0,002 bis 0,019
Benzo- (a) -pyren	<0,002	keine	-
Benzo- (b) -fluoranthen	<0,002	keine	-
Benzo- (k) -fluoranthen	<0,005	keine	-
Benzo- (ghi) -perylen	<0,005	keine	-
Indeno- (1,2,3-cd) -pyren	<0,005	keine	-

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

Die wenigen Befunde liegen unterhalb des Geringfügigkeitsschwellenwertes.

4.3.6.3 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 0,01 µg/l (Σ PCB)

PCB gehören zur Gruppe der Chlorierten Kohlenwasserstoffe und sind in der Umwelt ubiquitär verbreitet. Ihr Einsatz erfolgte u. a. als Bestandteil in Transformatoren, Kondensatoren und als Hydraulikflüssigkeit. Seit 1989 ist die Verwendung PCB-haltiger Stoffe verboten. Die landesweiten Untersuchungen im Landesmessnetz auf die Einzelkomponenten PCB Nr. 28, 52, 101, 138, 153 und 180 ergaben keine Befunde.

4.3.6.4 Akylierte Benzole (BTEX)

LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 20 µg/l (Σ BTEX)

BTEX-Aromaten werden hauptsächlich aus Erdöl gewonnen. Sie werden als Rohstoff für die chemische Industrie verwendet, dienen im Benzin zur Erhöhung der Oktanzahl und finden weiterhin Einsatz als Löse- und Entfettungsmittel. Die Untersuchungen im Landesmessnetz sind in nachfolgender Tab. 41 aufgeführt:

Tab. 41: Übersicht der Messstellen mit BTEX-Befunden

BTEX-Aromat	BG (µg/l)	Anzahl der Nachweise	Nachweisbreite von - bis (µg/l)
Benzol	<0,1	1	0,99
Toluol	<0,1	2	0,11 bis 0,16
Ethylbenzol	<0,1	keine	-
o-Xylol	<0,1	keine	-
m+p-Xylol	<0,1	3	0,12 bis 0,16

An 6 Messstellen wurden BTEX nachgewiesen, die jedoch deutlich unter dem Geringfügigkeitsschwellenwert liegen. Der Einzelbefund an Benzol ist der Messstelle Hufeisensee zu zuordnen. Hier werden Auswirkungen ehemaliger industrieller Nutzungen vermutet.

4.3.6.5 Pflanzenschutzmittel (PSM)

GrwV 2010 – Schwellenwert: 0,1 µg/l (Einzelstoff) und 0,5 µg/l (ΣPSM)
 LAWA 2004 – Geringfügigkeitsschwellenwert: 0,1 µg/l (Einzelstoff) und 0,5 µg/l (ΣPSM)
 TrinkwV 2011 – Grenzwert: 0,1 µg/l (Einzelstoff) und 0,5 µg/l (ΣPSM)

Pflanzenschutzmittel werden in der Landwirtschaft, im Garten-, Hopfen- und Weinbau zur Schädlingsbekämpfung eingesetzt. Sie werden nach ihren Anwendungsbereichen in Insektizide, Nematozide, Rodentizide, Molluskizide, Fungizide, Herbizide und Wachstumsregulatoren unterschieden.

Das Grundwasser in Sachsen-Anhalt wurde im Betrachtungszeitraum 2001 bis 2010 auf insgesamt 76 Wirkstoffe bzw. Metaboliten untersucht. Die wirkstoffbezogene Auswertung im Landesmessnetz zeigt in Tab. 42 für die 20 am häufigsten nachgewiesenen PSM folgendes Ranking:

Tab. 42: Ergebnisse der wirkstoffbezogenen Auswertung der untersuchten PSM-Substanzen für den Untersuchungszeitraum 2001 bis 2010

Wirkstoff/Metabolit <small>Fett: aktuell zugelassener Wirkstoff Kursiv: nicht mehr zugelassener Wirkstoff (Altwirkstoff)</small>	Anwendung	Anzahl der Messstellen (höchster Einzelsubstanz-Messwert je Messstelle)		
		Klasse I <BG*	Klasse II >BG* < 0,1 µg/l	Klasse III > 0,1 µg/l
Bentazon	Herbizid	364	24	22
<i>Lenacil</i>	Herbizid	363	32	3
Metolachlor	Herbizid	357	4	16
<i>Simazin</i>	Herbizid	398	12	5
<i>Desethylatrazin</i>	Metabolit	402	5	8
<i>Desisopropylatrazin</i>	Metabolit	389	6	5
Metazachlor	Herbizid	367	8	2
Mecoprop	Herbizid	402	7	2
<i>Alpha-HCH</i>	Insektizid	334	9	
<i>Atrazin</i>	Herbizid	407	5	3
Chloridazon-desphenyl**	Metabolit Chloridazon	26	7	1
Dichlorprop	Herbizid	404	4	3
<i>Prometryn</i>	Herbizid	409	2	4
<i>Gamma-HCH (Lindan)</i>	Insektizid	377	6	
Glyphosat	Herbizid	167	3	1
<i>Propazin</i>	Herbizid	411	3	1
Isoproturon	Herbizid	407	4	
Aminomethylphosphonsäure (AMPA)	Metabolit	168	2	1
<i>Hexazinon</i>	Herbizid	412	2	1
Chlortoluron	Herbizid	374	2	1

*BG=Bestimmungsgrenze

** nicht relevanter Metabolit von Chloridazon

Das als Insektizid früher häufig angewandte DDT (Dichlor-diphenyl-trichlorethan), das wegen seiner hohen gesundheitlichen und ökologischen Risiken (schlechte Abbaubarkeit) seit 1971 bundesweit verboten ist, wurde bei den Untersuchungen im Landesmessnetz im Gegensatz zum vorhergehenden Berichtszeitraum 1997 bis 2001 nicht mehr nachgewiesen.

Überschreitungen des SW hinsichtlich der PSM-Einzelwirkstoffe sind in der folgenden Tab. 43 zusammengefasst dargestellt.

Tab. 43: Ergebnisse der PSM-Einzelwirkstoff-Auswertung nach SW-Überschreitungen

PSM-Einzelwirkstoff	Landkreis	Anzahl Messstellen	PSM-Einzelwirkstoff von - bis (µg/l)
Bentazon	Börde	5	0,16 - 19
	Saalekreis	4	0,16 – 4,6
	Salzlandkreis	2	0,28 – 0,46
	Burgenlandkreis	2	0,20 - 0,30
	Wittenberg	1	0,13
Metolachlor	Altmarkkreis Salzwedel	2	0,17 – 0,23
	Börde	2	0,24 – 0,25
	Wittenberg	2	0,11 – 0,46
	Anhalt-Bitterfeld	1	0,13
	Harz	1	0,13
Desethylatrazin	Burgenlandkreis	2	0,11 – 0,36
	Jerichower Land	1	0,23
	Börde	1	0,19
	Altmarkkreis Salzwedel	1	0,18
Prometryn	Salzlandkreis	1	0,30
	Wittenberg	1	0,16
	Stendal	1	0,13
Simazin	Wittenberg	1	0,15
	Börde	1	0,13
	Anhalt-Bitterfeld	1	0,11
Lenacil	Wittenberg	2	0,13 – 1,8
	Saalekreis	1	0,30
Atrazin	Börde	1	0,16
Desisopropylatrazin	Wittenberg	1	0,23
	Burgenlandkreis	1	0,11
Desethylterbuthylazin	Börde	1	0,11
Oxadixyl	Anhalt-Bitterfeld	1	0,22
Glyphosat	Jerichower Land	1	1,4
Aminomethylphosphonsäure (AMPA)	Jerichower Land	1	0,49
Hexazinon	Anhalt-Bitterfeld	1	0,12
Terbuthylazin	Wittenberg	1	0,38
Mecoprop	Jerichower Land	1	0,13
Chlortoluron	Mansfeld- Südharz	1	0,12
Metazachlor	Salzlandkreis	1	0,11
Cypermethrin	Stendal	1	0,27
Chloridazon-desphenyl*	Saalekreis	1	0,21

(Mittelwerte 2001-2010, entsprechend den vorliegenden Messwerten der Messstellen)

*nicht relevanter Metabolit von Chloridazon

Das zu den zehn in der Bundesrepublik am häufigsten mit Befunden >0,1 µg/l im oberflächennahen Grundwasser nachgewiesene Herbizid Bentazon (LAWA, 2010) gehört neben einigen Altwirkstoffen auch in Sachsen-Anhalt zu den Problemstoffen. Im Berichtszeitraum sind von Bentazonbelastungen > 0,1µg/l insgesamt 14 Messstellen betroffen. Im Bereich der Messstellen Reinsdorf 01/06 und Neuwegersleben muss auf Grund der sehr hohen Belastungen bei Bentazon von Grundwasserschäden ausgegangen werden, die ihre Ursache nicht in der sachgemäßen landwirtschaftlichen Anwendung haben.

An der Messstelle Dorna lagen bis 2008 positive Befunde bei Gamma-HCH (Lindan), Lenacil und Chloridazon-desphenyl vor. Nunmehr wurde an dieser Messstelle im Jahr 2010 ein positiver Befund bei Metolachlor von 0,46 µg/l ermittelt.

An der Messstelle Boßdorf hat sich das Spektrum der Befunde über die Zeit wie folgt geändert:

- 2001 positive Befunde bei Endrin, 4,4-DDT
- 2005 positive Befunde bei Endrin, Beta-HCH
- 2006 positiver Befund bei Terbutylazin
- 2001 bis 2010 positive Befunde bei Atrazin, Simazin
- 2003 bis 2010 positive Befunde bei Desethylatrazin, Desisopropylatrazin
- 2006 bis 2010 positive Befunde bei Propazin

Das Umfeld der mit PSM belasteten Messstellen wird durch landwirtschaftliche Nutzung geprägt. Einige der betroffenen Messstellen finden sich bei ebenfalls landwirtschaftlich verursachten Belastungen wieder, so beispielsweise bei Nitrat, Ammonium und Kupfer.

Eine Übersicht der Schwellenwertüberschreitung hinsichtlich Summe PSM wird in Abb. 37 gegeben. Die Überschreitungen bei Summe PSM werden maßgeblich durch Bentazon verursacht.

Bei der Aufstellung des Grundwasserüberwachungsprogramms bezogen auf PSM finden seit 2011 die Ergebnisse eines durchgeführten PSM-Screenings bzw. zu potentiell risikobehafteten PSM-Wirkstoffen Berücksichtigung.

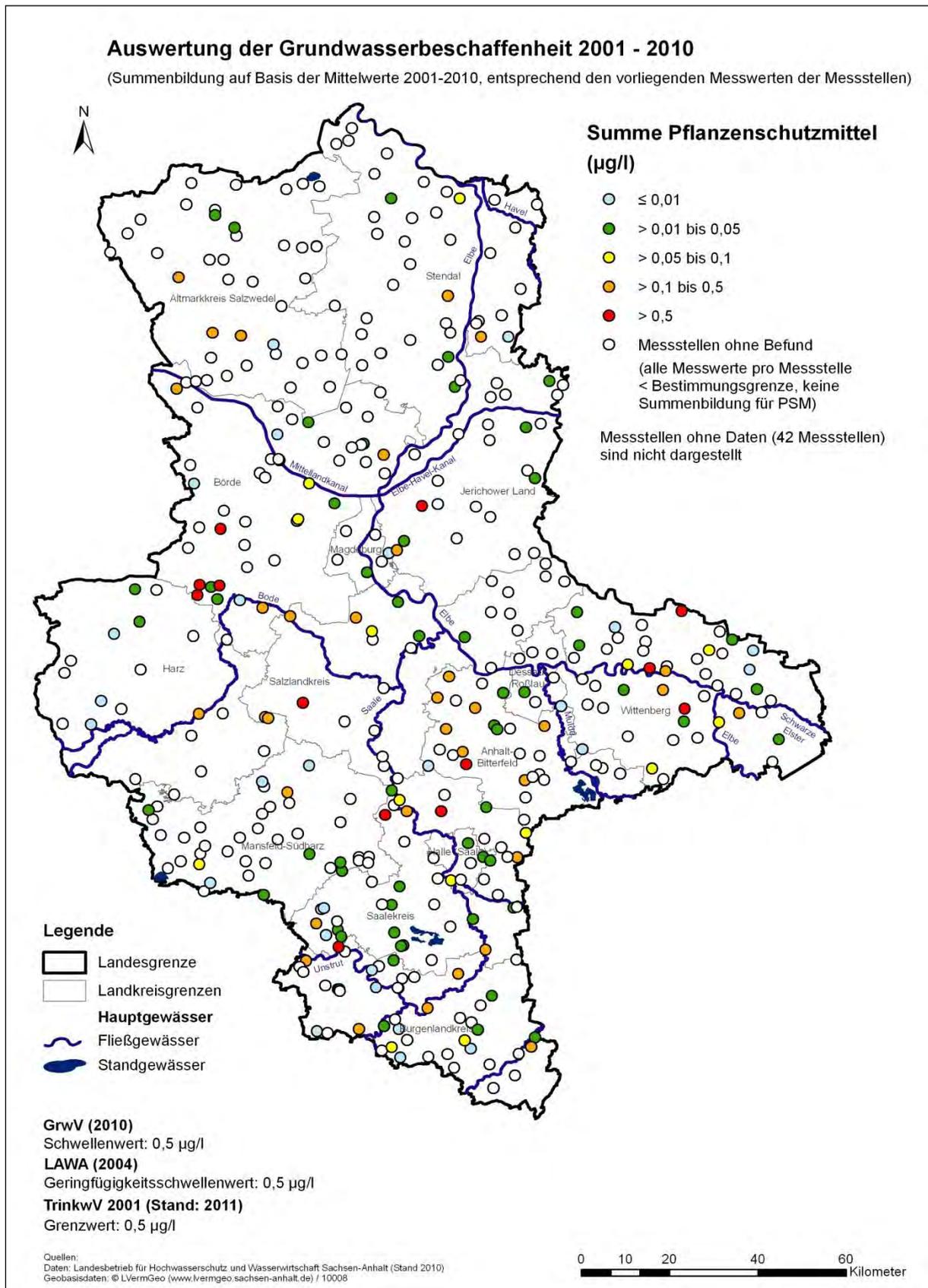


Abb. 37: Ergebnisse der landesweiten Auswertung für Summe PSM

4.3.7 Untersuchungen der Grundwasserfauna

Im Rahmen der Untersuchung der Grundwasserfauna in Sachsen-Anhalt in den Jahren 2008 und 2009 durch das Institut für Grundwasserökologie GbR Landau (IGÖ) wurden die in Abb. 38 aufgeführten 78 Messstellen beprobt, wobei 131 Proben einschließlich lebender Organismen entnommen werden konnten (IGÖ, 2009).

Dieses Untersuchungsprogramm sollte zunächst eine Übersicht über die Grundwasserfauna in Abhängigkeit von der Geologie und Geochemie Sachsens-Anhalts geben. Durch die Probennahme gelang es, insgesamt 1296 der im Grundwasser lebenden Tiere zu fangen. Im Ergebnis der Untersuchungen wurden 30 Arten festgestellt, darunter 20 Krebstiere (Crustacea), 1 Vielborster (Polychaeta) und 9 Vertreter der Wenigborster (Oligochaeta). Dabei wiesen die Messstellen im Thüringer Becken, gefolgt von denen des Mittelgebirgsgebietes, die höchsten Artenzahlen auf. Als im Allgemeinen schwachbesiedelt wurden die Messstellen des norddeutschen Tieflandes charakterisiert.

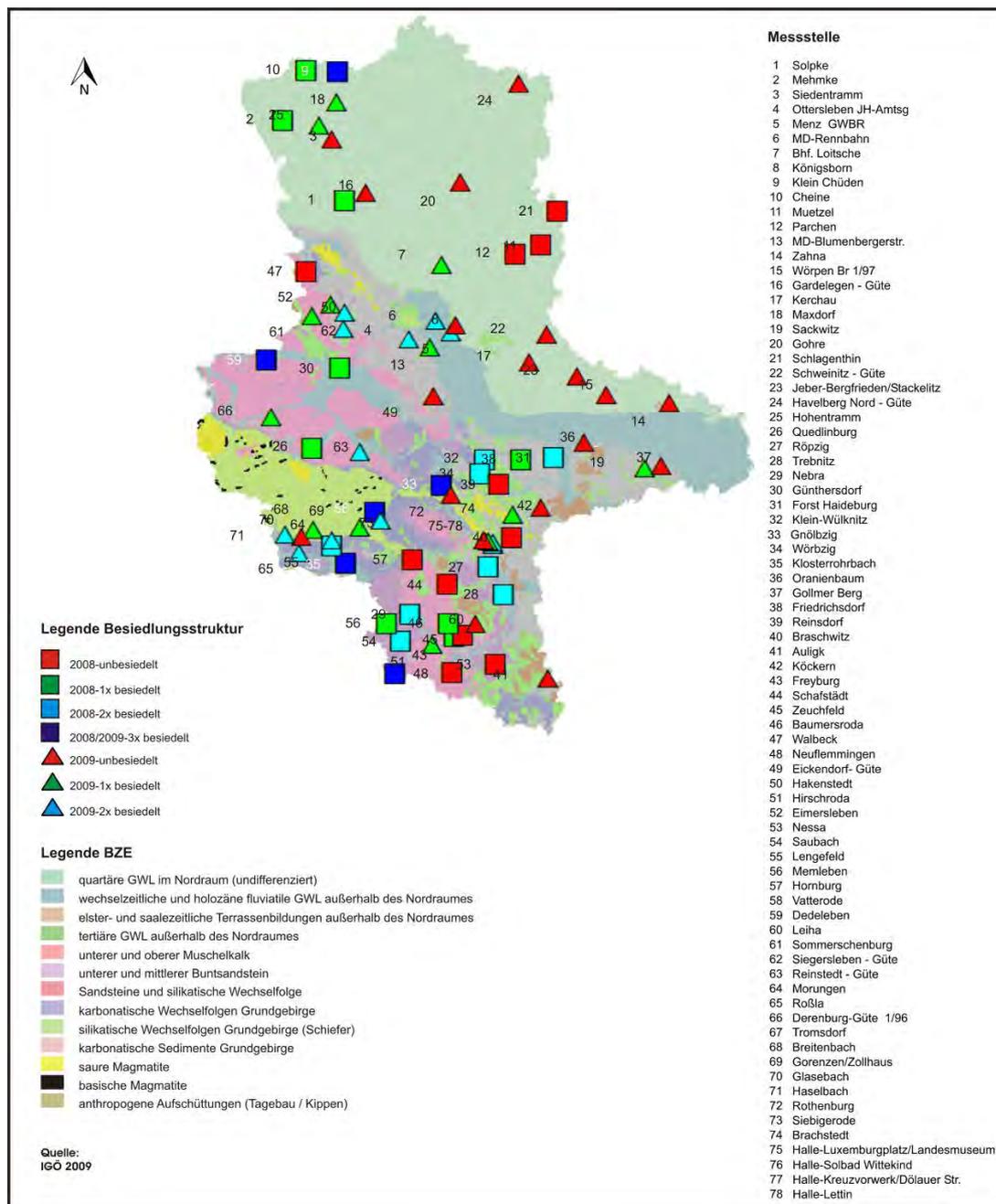


Abb. 38: Besiedlungsstruktur der 78 Messstellen Sachsens-Anhalts, welche in die Untersuchung der Grundwasserfauna eingegangen sind (entsprechend IGÖ, 2009)

Durch die Betrachtung der gesamten Landesfläche Sachsen-Anhalts wurde nachgewiesen, dass der Anteil der Crustacea (Krebstiere) an der Gesamtabundanz mit 52,9 % deutlich überwiegt. Es ist davon auszugehen, dass bei weiterführenden Untersuchungen und dem Ausbau des Messnetzes eine höhere Artenvielfalt anzutreffen ist, da im deutschen Raum über 500 verschiedene im Grundwasser lebende Faunenarten bekannt sind. Der Anteil an unbesiedelten Proben beläuft sich unterdessen auf insgesamt 38,9 %, was im Vergleich mit anderen Bundesländern näherungsweise übereinstimmt.

4.4 Ergebnisse der statistischen Auswertung für die Hydrogeologischen Bezugseinheiten und Grundwasserleiter

4.4.1 Hydrogeologische Bezugseinheiten

Eine zusammenfassende Übersicht der berechneten Mittelwerte ausgewählter Parameter ist den folgenden Tabellen zu entnehmen. Die BZE 15 (anthropogene Auffüllungen) wird dabei nicht weiter betrachtet, da sie über keine Messstellen verfügt. Die BZE 14 (basische Magmatite) verfügt über keine statistische Sicherheit, da dort nur zwei Einzelanalysen von zwei Quellen vorlagen.

4.4.1.1 Vor-Ort- und Summenparameter

Eine Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Vor-Ort- und Summenparameter auf der Ebene 1 - Hydrogeologische Bezugseinheit - vermittelt Tab. 44 in Bezug auf die Mittelwerte 2001-2010. Fett markiert sind jeweils Überschreitungen zu Grunde gelegter Grenz-, Schwellen- und Orientierungswerte in der jeweiligen BZE.

Tab. 44: Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Vor-Ort- und Summenparameter auf der Ebene 1 – BZE

Nr.	Hydrogeologische Bezugseinheit (BZE)	pH	LF ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	O2 (mg/l)	Redox (mV)	Tw ($^{\circ}\text{C}$)	DOC (mg/l)	AOX ($\mu\text{g}/\text{l}$)
1	quartäre GWL Nordraum, Filter <10 m u. Gel.	6,6	859	1,1	243	10,8	5,8	13
2	quartäre GWL Nordraum, Filter 10 bis 25 m u. Gel.	6,9	711	1,0	207	10,3	2,5	7
3	quartäre GWL Nordraum, Filter 25 bis 50 m u. Gel.	7,1	490	0,7	193	10,3	1,5	6
4	weichselkaltzeitliche (und holozäne) GWL	6,7	1.790	1,4	288	11,0	2,6	10
5	glazifluviatile Sande und Kiese außerhalb des norddeutschen Lockergesteines	6,7	1.830	1,4	283	10,7	2,8	12
6	tertiäre Sedimente	6,8	8.960	0,5	196	11,1	2,7	19
7	Unterer/Oberer Muschelkalk (ohne mm, mit soMy)	7,1	1.730	3,3	318	10,7	3,0	8
8	Sandsteinfolgen Buntsandstein (su & sm, außer so)	7,2	2.850	3,6	293	11,0	1,3	10
9	Sandsteine und silikatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk	7,2	2.610	3,8	296	10,5	1,7	10
10	karbonatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk	7,2	20.800	5,8	333	10,6	1,3	22
11	Sedimente Grundgebirge – silikatisch	7,2	819	6,9	371	9,1	1,1	7
12	Sedimente Grundgebirge – karbonatisch	7,5	472	9,1	396	8,14	0,5	5
13	saure Magmatite	7,0	2.280	4,5	337	10,6	2,5	10
14	basische Magmatite*	7,8	455	8,1	-	7,4	-	-

*Datenbasis ohne statistische Sicherheit

Die Ergebnisse der Mittelwerte der Vor-Ort-Parameter für die einzelnen Bezugseinheiten zeigen eine deutliche Spannweite bei der **Leitfähigkeit** von 455 bis 20.768 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und für den **Sauerstoff** von 0,5 bis 9,1 mg/l. Gering mineralisierte Grundwässer von < 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ finden sich nur in den BZE 3, 12 und 14. Die Wässer der BZE 6, 8, 9 und 0 sind stark mineralisiert, die BZE 10 am höchsten. In den BZE 6 (tertiäre Sedimente) und 10 (karbonatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk) ist die Mineralisation deutlich gegenüber dem geogenen Hintergrund erhöht. Hier kommt es zum Zutritt von Grundwasser aus einem salzhaltigen Horizont.

Messwerte unterhalb des **pH-Wert** von 6,5, welche für schlecht gepufferten Gebiete typisch sind, treten in keiner BZE auf, werden aber wahrscheinlich auf dieser Bezugsebene herausgemittelt. Mit Ausnahme der Bezugseinheiten 1, 2, 4, 5 und 6 weist das Grundwasser durchgängig pH-Werte um 7 oder darüber auf.

Die Auswertung für den quartären Nordraum zeigt ein schlüssiges Bild. Das heißt, mit zunehmender Tiefe nehmen die Mineralisation in Form der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit, der Sauerstoffgehalt (und in Übereinstimmung hiermit das Redoxpotential) sowie die Temperatur ab. Im Gegensatz dazu nimmt der pH-Wert mit zunehmender Tiefe von 6,6 auf 7,1 zu, was den abnehmenden Einfluss des sauren Anteils von Niederschlägen mit zunehmender Tiefe kennzeichnet.

Für die **Summenparameter** lassen sich anhand der Auswertungen folgende Aussagen ableiten:

Im Grundwasser sind prinzipiell organische Substanzen gelöst, die zumeist aus der belebten Bodenzone stammen. Die gelösten organischen Stoffe dienen den im Grundwasser lebenden Mikroorganismen als Energie- und Kohlenstoffquelle und werden vor allem in Gegenwart von Sauerstoff in gelöster Form relativ rasch abgebaut. Gelöste organische Stoffe sind oft Ursache von Wasserfärbung und können in kleinsten Mengen als Geruchs- und Geschmacksstoffe wirken. In vielen Fällen sind gelöste organische Stoffe im Grundwasser auf anthropogene Verunreinigungen z. B. durch Abwasser zurückzuführen. In der TrinkwV existiert kein Grenzwert für den Parameter **DOC** (Dissolved organic carbon), die gelösten organischen Kohlenstoffverbindungen. Hohe Messwerte >10 mg/l treten in den Bezugseinheiten Sachsen-Anhalts nicht auf.

Ein Leitparameter für industrielle Kontaminationen ist der **AOX** (adsorbierbare organische Halogenverbindungen). Dieser Summenparameter erfasst die meisten Halogenkohlenwasserstoffe, vor allem die Chlorkohlenwasserstoffe. Werte bis zu 10 µg/l AOX repräsentieren mittlerweile wegen der weiten Verbreitung chlororganischer Verbindungen eine Art Hintergrundwert. AOX-Werte zwischen 10 bis 20 µg/l zeigen eine Beeinflussung an, die keiner konkreten Emissionsquelle zuzuordnen ist. Werte ab 20 µg/l AOX weisen prinzipiell auf eine deutliche Beeinflussung hin.

Die in den Bezugseinheiten Sachsen-Anhalts gemessenen mittleren Werte weisen Spannbreiten für AOX zwischen 5 und 22 µg/l auf, wobei Werte >10 µg/l in den Bezugseinheiten 1, 4, 5, 6 und 10 festzustellen sind. Weitverbreitete Ursache sind in der Regel Stoffeinträge aus Altlasten. Hinzuweisen ist darauf, dass versalzenes Grundwasser den AOX-Wert analytisch verfälschen kann (halogenorganische Sole). Im Fall der silikatischen Wechselfolgen entspricht der berechnete Wert dem im Gutachten zu den Hintergrundwerten für Sachsen-Anhalt (HYDOR, 2008) angegebenen geogenen Hintergrund für diese BZE.

4.4.1.2 Hauptinhaltsstoffe

Hauptinhaltsstoffe sind ionische Stoffe, die die hydrochemische Zusammensetzung des Grundwassers und den Grundwassertyp bestimmen. Die Tab. 45 zeigt die Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Hauptinhaltsstoffe auf der Ebene 1 – Hydrogeologische Bezugseinheit (BZE) – auf Grundlage der Mittelwerte 2001-2010. Fett markiert sind jeweils Überschreitungen zu Grunde gelegter Grenz-, Schwellen- und Orientierungswerte in der jeweiligen BZE.

Tab. 45: Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Hauptinhaltsstoffe auf der Ebene 1 – BZE

Nr.	Hydrogeologische Bezugseinheit (BZE)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)
SW	Schwellenwert nach GrwV (2010)					250	240	
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA (2004)					250	240	
1	quartäre GWL Nordraum, Filter <10 m u. Gel.	106	14,3	37,0	22,3	70,9	174	197
2	quartäre GWL Nordraum, Filter 10 bis 25 m u. Gel.	99,4	10,2	24,7	6,0	54,8	143	150
3	quartäre GWL Nordraum, Filter 25 bis 50 m u. Gel.	75,0	7,5	12,0	1,8	27,4	86,8	150
4	weichselkaltzeitliche (und holozäne) GWL	190	40,9	151	17,5	242	422	302
5	glazifluviatile Sande und Kiese außerhalb des norddeutschen Lockergesteines	196	34,9	150	15,9	257	402	297
6	tertiäre Sedimente	225	60,1	1.990	18,2	3.420	480	214
7	Unterer/Oberer Muschelkalk (ohne mm, mit soMy)	240	71,6	70,3	14,7	132	528	378
8	Sandsteifolgen Buntsandstein (su & sm, außer so)	235	72,7	311	11,5	621	365	342
9	Sandsteine und silikatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk	258	56,7	281	7,8	365	653	358
10	karbonatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk	518	182	6.030	109	9.080	1.420	255

Nr.	Hydrogeologische Bezugseinheit (BZE)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)
SW	Schwellenwert nach GrwV (2010)					250	240	
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA (2004)					250	240	
11	Sedimente Grundgebirge - silikatisch	107	32,8	19,5	6,8	43,5	158	244
12	Sedimente Grundgebirge - karbonatisch	88,0	1,5	7,2	0,5	14,5	40,5	219
13	saure Magmatite	325	55,4	53,3	5,6	105	660	351
14	basische Magmatite*	46,5	10,0	5,0	<1	6	58,0	2,5

*Datenbasis ohne statistische Sicherheit

Für ausgewählte **Hauptinhaltsstoffe** lassen sich anhand der Auswertungen folgende Aussagen ableiten:

Stark erhöhte **Chloridgehalte** im Grundwasser, die nicht geogen durch aufsteigende versalzene Tiefenwässer bedingt sind, können als Indikatoren für punktuelle Abwassereinleitungen, Belastungen aus Deponien sowie für den Einsatz von Düngemitteln verwendet werden, bei denen Chlorid ein Nebenbestandteil ist. Natriumchlorid wird auch in großen Mengen als Lauge auf Straßen im Rahmen des Winterdienstes eingesetzt. Der Schwellenwert nach GrwV für das sich im Grundwasser als idealer Tracer verhaltende Chlorid ist 250 mg/l, der Grenzwert der TrinkwV beträgt ebenfalls 250 mg/l. Geogen versalzenes Grundwasser überschreitet diesen Wert erheblich. In Sachsen-Anhalt betrifft dies die BZE 10 (karbonatische Wechselfolgen- Zwischenstockwerk) sowie nachgeordnet auch die BZE 6 (tertiäre Sedimente) und 8 (Sandsteinfolgen Buntsandstein) mit aufsteigendem salinarem Grundwasser aus tiefer liegenden Stockwerken.

Sulfat ist ein gut löslicher Gesteinsbestandteil und wird relativ schnell ausgewaschen. Der geogene Hintergrundgehalt der Grundwässer in Sachsen-Anhalt überstreicht Werte von 8 bis 700 mg/l. Anthropogen bedingt können erhöhte Sulfatwerte infolge landwirtschaftlicher Düngung (direkt und indirekt über mikrobiell gesteuerten Nitratabbau), aufgrund von Sickerwasseraustritten von Deponien, durch Abwassereinflüsse, den Einsatz von PSM, Pyritverwitterung in offen gelassenen Tagebauen oder durch Deposition von Sulfat aus der Luft infolge der Verbrennung fossiler Brennstoffe auftreten. Der Schwellenwert nach GrwV für Sulfat ist mit 250 mg/l festgeschrieben, der Grenzwert der TrinkwV beträgt 240 mg/l. Die Messwerte spiegeln die Vielfalt der genannten Einflüsse wider. Es treten sowohl Überschreitungen des Schwellen- und Grenzwertes als auch Konzentrationen im Bereich der diffusen Beeinflussung auf. Zu verweisen ist insbesondere auf die BZE 10, 9 und 13 sowie nachgeordnet auf die BZE 4 bis einschließlich 8 mit Messwerten > Schwellenwert.

Kalium ist ein Alkalimetall und genau wie **Natrium** sehr reaktionsfähig. Die geogenen Konzentrationen überstreichen in Sachsen-Anhalt Wertebereiche von 0,3 bis 21 mg/l für Kalium und 1 bis 162 mg/l für Natrium (HYDOR, 2008). Außer durch die Verwitterung silikatischer Gesteine wird Kalium ständig durch die Mineralisation von totem pflanzlichem Material dem Boden zugeführt. Liegt Kalium in höheren molaren Konzentrationen als Natrium vor, so weist dies auf einen geogenen Ionenaustausch oder auf fäkale Verunreinigungen hin (was bei den ausgewerteten Werten nicht der Fall ist). Auch die landwirtschaftliche Düngung kann zu hohen Werten im Grundwasser führen. Der Grenzwert der TrinkwV für Natrium beträgt 12 mg/l. Der natürliche Hintergrundgehalt wird bei etwa der Hälfte der Messstellen überschritten. Das gehäufte Auftreten von erhöhten Konzentrationen ist nicht allein mit dem begrenzten Auftreten von geogen versalzener Grundwasser zu erklären.

Der Zutritt von Grundwasser aus tieferen Stockwerken zeigt sich auch bei den ausgewerteten Messwerten. Der Vergleich mit den geogenen Hintergrundwerten (HYDOR, 2008) lässt folgende Situation nachvollziehen:

- **BZE 1 - Quartär Nordraum <10 m:** bis auf Kalium, Natrium und Magnesium liegen alle Werte innerhalb des geogenen Hintergrundes, der Wert für Kalium ist etwa um das 6-fache erhöht, geringfügig erhöht sind die Werte für Natrium (um das 0,2-fache) und Magnesium (0,03-fache),
- **BZE 2 - Quartär Nordraum 10 bis 25 m:** der Wert für Kalium ist etwa um das 1,5-fache, für Natrium etwa um das 0,4-fache und für Sulfat etwa um das 0,2-fache erhöht,
- **BZE 3 - Quartär Nordraum >25 m:** der Wert für Kalium ist etwa um das 0,2-fache erhöht,
- **BZE 4 - Niederterrasse:** der Wert für Kalium ist etwa um das 0,5-fache erhöht,

- **BZE 5 - glazifluviale Sande & Kiese:** der Wert für Natrium ist etwa um das 1,8-fache erhöht, der Wert für Kalium um das 1,6-fache, Chlorid um das 0,5-fache, Hydrogenkarbonat um das 0,06-fache,
- **BZE 6 – Tertiär:** der Wert für Natrium ist um das 15-fache erhöht (dies wird aber ausschließlich durch die Messstelle in Hornhausen verursacht), der Wert für Kalium um das 0,9-fache, der Wert für Chlorid ist um etwa das 18-fache erhöht (Messstelle in Hornhausen), die Werte für Magnesium (um das 0,3-fache) und Calcium (um das 0,08-fache) sind geringfügig erhöht,
- **BZE 7 - Muschelkalk:** die Werte für Natrium und Kalium sind um das 2-fache erhöht, die Werte für Calcium und Magnesium sind um etwa das 0,1-fache geringfügig erhöht,
- **BZE 8 - Buntsandstein:** der Wert für Chlorid ist etwa um das 6,5-fache erhöht (dies wird durch die Messstellen in Aseleben und Erdeborn verursacht), der Wert für Natrium ist um das 6-fache erhöht, erhöht sind die Werte für Calcium (um das 0,9-fache), Magnesium (um das 0,7-fache), Sulfat (um das 0,6-fache) und Kalium (um das 0,4-fache),
- **BZE 9 - silikatische Wechselfolgen:** der Wert für Natrium ist um das 5-fache und Chlorid um das 2,5-fache erhöht (dies wird durch die Messstelle Solequelle Kloschwitz verursacht), Sulfat ist um das 2,6-fache und Calcium um das 0,2-fache erhöht,
- **BZE 10 - karbonatische Wechselfolgen:** die Werte für Natrium (um das 180-fache) und Chlorid (um das 100-fache) sind deutlich erhöht, der Wert für Kalium ist um das 10-fache, Magnesium etwa um das 2-fache, Sulfat um das 1-fache und Calcium um das 0,5-fache erhöht (dies wird durch die Messstellen in Aseleben und Erdeborn verursacht),
- **BZE 11 - Grundgebirge silikatisch:** die Werte für Natrium, Kalium und Chlorid sind etwa um das 1-fache erhöht, Sulfat um das 0,3-fache, Calcium ist geringfügig um das 0,03-fache erhöht (dies wird durch die Messstelle in Rothenburg verursacht),
- **BZE 12 - Grundgebirge karbonatisch:** dies ist die einzige BZE, in der die ermittelten Werte jeweils im unteren Wertebereich der geogenen Hintergrundwerte liegen,
- **BZE 13 - saure Magmatite:** der Wert für Sulfat ist etwa um das 40-fache erhöht (dies wird durch die Rote Quelle verursacht), der Wert für Chlorid ist um das 1,8-fache und Hydrogenkarbonat ist um das 1,2-fache erhöht (dieses Ergebnis wird durch alle berücksichtigten Messstellen gestützt)
- **BZE 14 - basische Magmatite:** keine Auffälligkeiten.

Der Vergleich mit den geogenen Hintergrundwerten zeigt, dass die Stoffkonzentrationen in den Bezugseinheiten teilweise über den geogenen Werten liegen. Zumeist werden diese Erhöhungen aber durch einzelne Messstellen verursacht, die Einfluss auf die Mittelwertbildung haben. Im oben genannten Fall ist von hydraulischen Verbindungen auszugehen, wobei salinares und sulfatisches Wasser zuströmt, das seinen genetischen Ursprung nicht in der betrachteten BZE hat. Das spiegelt sich auch in den Auswertungen nach PIPER und SCHOELLER in der Abb. 39 wieder.

Die hydrochemische Signatur, die sich bei Anwendung der Mittelwerte in den einzelnen BZE bei der Auswertung des PIPER-Diagramms ergibt, kann wie folgt zusammengefasst werden:

Normal erdalkalisches Wasser, überwiegend hydrogenkarbonatisch (Ca-Mg-HCO ₃):	BZE 12 (Sedimente Grundgebirge - karbonatisch)
Normal erdalkalisches Wasser, überwiegend sulfatisch (Ca-Mg-SO ₄):	BZE 7 (Unterer/Oberer Muschelkalk (ohne mm, mit soMy)), BZE 13 (saure Magmatite)
Normal erdalkalisches Wasser, überwiegend hydrogenkarbonatisch-sulfatisch (Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄):	BZE 3 (quartäre GWL Nordraum, Filter 25 bis 50 m u. Gel.), BZE 11 (Sedimente Grundgebirge - silikatisch)
Alkalisches Wasser, überwiegend (Ca-Mg-Cl):	BZE 1 (quartäre GWL Nordraum, Filter <10 m u. Gel.), BZE 2 (quartäre GWL Nordraum, Filter 10 bis 25 m u. Gel.), BZE 4 (weichselkaltzeitliche (und holozäne) GWL), BZE 5 glazifluviale Sande und Kiese außerhalb des nord-deutschen Lockergesteines), BZE 8 (Sandsteinfolgen Buntsandstein (su & sm, außer so)), BZE 9 (Sandsteine und silikatische Wechselfolgen Zwischen- stockwerk)
Alkalisches Wasser, überwiegend (Ca-Mg-SO ₄ -Cl):	BZE 6 (tertiäre Sedimente), BZE 10 (karbonatische Wech- selfolgen Zwischenstockwerk)

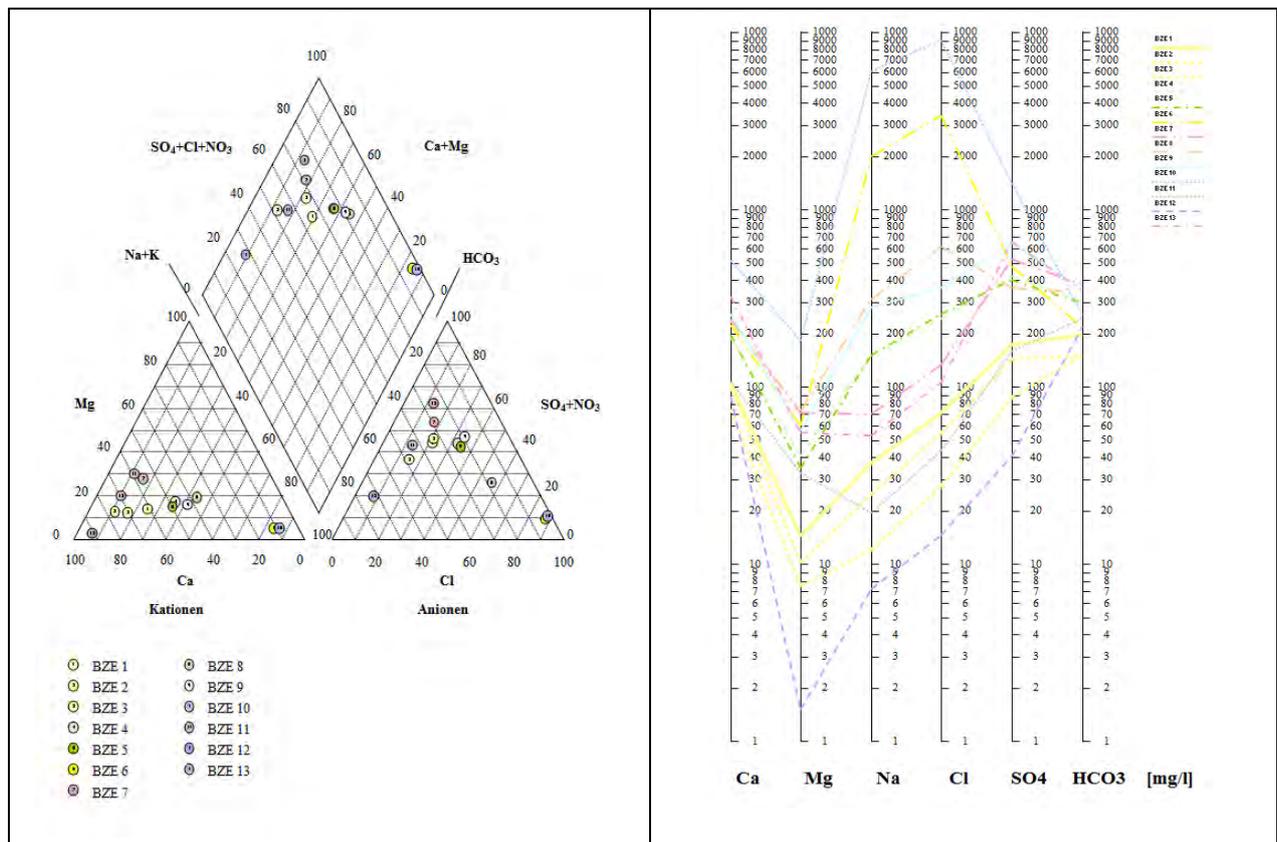


Abb. 39: Auswertung für die BZE nach PIPER und SCHOELLER

4.4.1.3 Nebeninhaltsstoffe

Nebeninhaltsstoffe (einschließlich Nährstoffe) sind ionische Stoffe, die die hydrochemische Zusammensetzung des Grundwassers mitbestimmen aber in der Regel nicht bestimmend für den Grundwassertyp sind. Tab. 46 zeigt die Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Nebeninhaltsstoffe auf der Ebene 1 – Hydrogeologische Bezugseinheit (BZE) - mit Bezug auf die Mittelwerte 2001-2010. Fett markiert sind jeweils Überschreitungen zu Grunde gelegter Grenz-, Schwellen- und Orientierungswerte in der jeweiligen BZE.

Tab. 46: Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Nebeninhaltsstoffe auf der Ebene 1 – BZE

Nr.	Hydrogeologische Bezugseinheit (BZE)	NH4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	P _{ges} (mg/l)	O-PO4 (mg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)	B (µg/l)
SW	Schwellenwert nach GrwV (2010)	0,5	50						
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA (2004)								740
1	quartäre GWL Nordraum, Filter <10 m u. Gel.	0,35	29,5	0,06	0,80	1,73	3.980	389	112
2	quartäre GWL Nordraum, Filter 10 bis 25 m u. Gel.	0,33	26,5	0,05	0,13	0,15	3.300	216	38
3	quartäre GWL Nordraum, Filter 25 bis 50 m u. Gel.	0,15	3,1	0,05	0,10	0,12	2.390	182	26
4	weichselkaltzeitliche (und holozäne) GWL	0,40	22,3	0,05	0,17	0,30	3.310	503	220
5	glazifluviatile Sande und Kiese außerhalb des norddeutschen Lockergesteines	0,18	28,8	0,05	0,12	0,21	4.750	282	220
6	tertiäre Sedimente	0,66	10,7	0,04	0,12	0,17	5.000	344	118
7	Unterer/Oberer Muschelkalk (ohne mm, mit soMy)	0,12	30,8	0,04	0,04	0,06	361	55	153
8	Sandsteinfolgen Buntsandstein (su & sm, außer so)	0,12	27,4	0,05	0,07	0,09	845	102	224
9	Sandsteine und silikatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk	0,14	36,9	0,04	0,05	0,05	805	80	293
10	karbonatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk	0,41	28,2	0,04	0,04	0,07	1.330	103	705
11	Sedimente Grundgebirge - silikatisch	0,02	40,7	0,04	0,03	0,05	533	365	46
12	Sedimente Grundgebirge - karbonatisch	0,02	8,1	0,02	0,05	0,10	23	7	<50
13	saure Magmatite	0,11	37,6	0,04	0,05	0,02	1.580	203	178
14	basische Magmatite*	0,006	10,8	0,01	-	-	-	-	-

*Datenbasis ohne statistische Sicherheit

Nitrat wird unter Zugrundelegung des entsprechenden Schwellenwertes der GrwV von 50 mg/l im Mittel in keiner hydrogeologischen Bezugseinheit (BZE) überschritten. Die real bestehenden Nitratbelastungen werden auf dieser Bewertungsebene quasi weggemittelt. Der für natürliches Grundwasser in Sachsen-Anhalt als geogener Hintergrund ermittelte Bereich von 0,1 bis 14 mg/l für Nitrat (HYDOR, 2008) wird in den meisten Bezugseinheiten überschritten (siehe auch *Punkt 4.3.3.1*), was auf erhebliche anthropogene Beeinflussungen des Grundwassers hinweist.

Der für **Ammonium** in der GrwV festgelegte Schwellenwert von 0,5 mg/l wird im Mittel mit Ausnahme der BZE 6 (tertiäre Sedimente) ebenfalls nicht überschritten. Auch wird der für natürliches Grundwasser als geogener Hintergrund für Ammonium ermittelte Bereich von 0,01 bis 1,4 mg/l (HYDOR, 2008) in keiner BZE überschritten. Allerdings liegt der mittlere Wert für die BZE 10 (karbonatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk) deutlich über der für diese BZE ermittelten Spannbreite von 0,02 bis 0,05 mg/l. Hier muss von erheblichen anthropogen verursachten Belastungen ausgegangen werden.

Phosphor ist nur unter anaeroben Bedingungen mobil. Phosphat ist im Boden an Tonminerale und Metallhydroxide gebunden. Höhere Phosphorgehalte im Grundwasser deuten auf lokale anthropogene Beeinträchtigungen hin. Dies ist nur in der BZE 1 (quartäre GWL Nordraum, Filter <10 m u. Gel.) der Fall und steht wahrscheinlich in Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Landnutzung.

Die ermittelten Werte für **Eisen** liegen größtenteils im Bereich der für Sachsen-Anhalt ermittelten geogenen Hintergrundwerte von 0,005 bis 7,5 mg/l (HYDOR, 2008). Von dieser Feststellung auszunehmen sind die Bezugseinheiten 3, 4, 5, 10 und 11. In diesen BZE liegen die gemessenen Werte im Vergleich zum geogenen Hintergrund um das 0,6-fache (BZE 5) bis um das 50-fache (BZE 10) höher. Besonders hinzuweisen ist auf die vergleichsweise zum geogenen Hintergrund 20-fach erhöhten Werte in der BZE 3 (Quartäre GWL Nordraum, Filter 25 bis 50 m u. Gel.). Erhöhte Eisenkonzentrationen sind im Quartär nicht ungewöhnlich, insbesondere in anmoorigen Gegenden. In diesem Fall ist das Niveau der Erhöhung allerdings so hoch, dass von einer anthropogenen Beeinflussung auszugehen ist.

Überschreitungen des Grenzwertes der TrinkwV für Eisen von 0,2 mg/l wurden nahezu in allen BZE festgestellt. Es handelt sich jedoch bei dem in der TrinkwV festgelegten Wert nicht um einen humantoxikologisch begründeten Warnwert, sondern um eine Schwelle, die nach Aufbereitung des Wassers durch Belüftung bzw. den Einsatz von Langsamfiltern aus hygienischen Gründen nicht überschritten werden darf.

Für **Mangan** ist eine Überschreitung des geogenen Hintergrundes von 0,002 bis 1,2 mg/l (HYDOR, 2008) in den Bezugseinheiten 7 (um das 0,1-fache), 10 (um das 0,3-fache) und 13 (etwa um das 4-fache) festzustellen. Die Schwankungsbreite der Messwerte ist bei Mangan extrem groß. Die Einflussfaktoren sind ähnlich Eisen primär geogener Art, aber auch anthropogene Einflüsse kommen zum Tragen. Die berechneten **Mangan**konzentrationen überschritten bis auf die BZE 7 und 12 den Grenzwert der TrinkwV von 0,05 mg/l.

Wegen der generell geringen geogenen Konzentration ist **Bor** ein geeigneter Indikator für anthropogene Beeinflussungen in Grundwässern. Erhöhte Borwerte treten häufig in Gebieten mit hoher Besiedlungs- und Industrialisierungsdichte auf. In Sachsen-Anhalt wurde für Bor in natürlichem Grundwasser ein Bereich bis maximal 234 µg/l als geogener Hintergrund festgestellt (HYDOR, 2008). Deutlich über diesem Wert liegen nur die Ergebnisse der BZE 10 (karbonatische Wechselfolgen). Der eine anthropogene Beeinflussung des Grundwassers anzeigende Wert von ≥ 80 µg/l (SCHLEYER & KERNDORFF, 1992) wird für Bor in vielen BZE überschritten.

4.4.1.4 Schwermetalle und Metalloide

In Tab. 47 wird eine Übersicht zu den Ergebnissen ausgewählter Schwermetalle und Metalloide auf der Ebene 1 – Hydrogeologische Bezugseinheit (BZE) – mit Bezug auf die Mittelwerte 2001-2010 gegeben. Fett markiert sind jeweils Überschreitungen zu Grunde gelegter Grenz-, Schwellen- und Orientierungswerte in der jeweiligen BZE.

Tab. 47: Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Schwermetalle und Metalloide auf der Ebene 1 – BZE

Nr.	Hydrogeologische Bezugseinheit (BZE)	As (µg/l)	Al gel (µg/l)	Cd (µg/l)	Cr (µg/l)	Cu (µg/l)	Ni (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	Hg (µg/l)
SW	Schwellenwert nach GrwV (2010)	10		0,5				10		0,2
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA (2004)	10			7 (Cr III)	14	14	7	58	0,2
1	quartäre GWL Nordraum, Filter <10 m u. Gel.	3,9	37	0,29	1,1	2,6	4,9	2,9	291	0,025
2	quartäre GWL Nordraum, Filter 10 bis 25 m u. Gel.	1,3	9	0,12	1	1,1	2,8	1,1	131	0,025
3	quartäre GWL Nordraum, Filter 25 bis 50 m u. Gel.	0,7	8	0,09	0,9	1,0	1,3	0,7	8	0,026
4	weichselkaltzeitliche (und holozäne) GWL	1,3	34	0,13	1,2	1,3	8,7	0,8	37	0,027
5	glazifluviatile Sande und Kiese außerhalb des norddeutschen Lockergesteines	3,1	42	0,12	1,1	1,7	9,4	0,8	19	0,027
6	tertiäre Sedimente	2,5	12	0,16	1,5	1,5	4,8	1,3	21	0,049
7	Unterer/Oberer Muschelkalk (ohne mm, mit soMy)	0,3	7	0,1	1	1,1	1,7	0,7	8	0,025
8	Sandsteinfolgen Buntsandstein (su & sm, außer so)	3,2	7	0,14	1,7	4,5	5,0	1,1	22	0,029
9	Sandsteine und silikatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk	2,1	9	0,11	1,2	1,4	2,1	1,1	9	0,032
10	karbonatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk	4,5	11	0,47	1,6	2,0	4,4	1,4	132	0,037
11	Sedimente Grundgebirge - silikatisch	1,3	11	0,49	1	1,1	4,6	1,2	229	0,030
12	Sedimente Grundgebirge - karbonatisch	<0,5	<10	<0,2	<2	<2	<2	<1	5	0,025
13	saure Magmatite	1,9	<10	0,16	<2	<2	2	0,8	77	0,025
14	basische Magmatite*	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Datenbasis ohne statistische Sicherheit

Die für ausgewählte Schwermetalle und Metalloide existierenden Schwellenwerte nach GrwV, insbesondere für **Arsen** (10 µg/l), **Cadmium** (0,5 µg/l), **Blei** (10 µg/l) und **Quecksilber** (0,2 µg/l), wurden in keiner BZE überschritten. Auch die der Bewertung im Weiteren zu Grunde gelegten Geringfügigkeitsschwellenwerte für **Kupfer** (14 µg/l), **Nickel** (14 µg/l), **Chrom** (7µg/l), **Kobalt** (8 µg/l), **Molybdän** (35 µg/l), **Thallium** (0,8 µg/l) und **Vanadium** (4 µg/l) werden in keiner BZE überschritten.. Eine Ausnahme bildet das **Zink**. Hier sind die berechneten Werte in den BZE 1, 2, 10 und 11 höher als der GFS-Wert (58 µg/l).

Für **Aluminium** wurde in HYDOR (2008) der geogene Hintergrundwert im Grundwasser mit Werten zwischen 2 und 14 µg/l ermittelt (siehe auch *Punkt 4.3.5.3*). Die überwiegende Mehrheit der Mittelwerte liegt im Bereich des geogenen Hintergrundes bzw. unter der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Nur in den Bezugseinheiten 1, 4 und 5 wurden deutlich höhere Werte im Vergleich zum geogenen Hintergrund ermittelt. Hier spiegeln sich auch Bergbaueinflüsse wider, die lokal zur Versauerung beigetragen haben. pH-Werte unterhalb von 4,5 führen zu einer massiven Freisetzung von in Gesteinen festgelegten Aluminium, so dass in solchen Gebieten Konzentrationen von einigen mg/l erreicht werden können.

Trotz der Ergebnisse kleiner GFS- und Schwellenwerte liegen für **Arsen**, **Aluminium** und **Zink** in einigen Bezugseinheiten Überschreitungen des geogenen Hintergrundwertes vor.

4.4.1.5 Spuren- und Schadstoffe

Spuren- und Schadstoffe, u.a. Industriechemikalien, Arzneistoffe und Pflanzenschutzmittel (PSM), sind generell anthropogenen Ursprungs. Ihr Vorkommen in den hydrogeologischen Bezugseinheiten gibt einen Hinweis auf das Vorhandensein von Belastungspotenzialen. Tab. 48 zeigt als Übersicht die Ergebnisse der untersuchten Schadstoffe auf der Ebene 1 – Hydrogeologische Bezugseinheit (BZE) – mit Bezug auf die Mittelwerte 2001-2010. Fett markiert sind jeweils Überschreitungen zu Grunde gelegter Grenz-, Schwellen- und Orientierungswerte in der jeweiligen BZE.

Tab. 48: Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Schadstoffe auf Ebene 1 – BZE

Nr.	Hydrogeologische Bezugseinheit (BZE)	MKW (mg/l)	Phenol (mg/l)	∑LHKW (µg/l)	∑BTEX (µg/l)	∑PAK (µg/l)	∑PCB (µg/l)	∑PSM (µg/l)	LHKW TRI (µg/l)	LHKW PER (µg/l)
SW	Schwellenwert nach GrwV (2010)							0,5	∑TRI+PER 10	
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA (2004)	0,1	0,008	20	20	0,2	0,01	0,5	∑TRI+PER 10	
1	quartäre GWL Nordraum, Filter <10 m u. Gel.	0,07	<0,01	0,03	<0,1	<0,005	<0,002	0,17	<0,01	0,005
2	quartäre GWL Nordraum, Filter 10 bis 25 m u. Gel.	n. b.	<0,01	0,65	<1	<0,005	<0,002	0,13	0,015	0,004
3	quartäre GWL Nordraum, Filter 25 bis 50 m u. Gel.	0,07	<0,01	0,03	<1	<0,005	0,003	0,29	0,004	0,005
4	weichselkaltzeitliche (und holozäne) GWL	0,06	<0,01	2,2	<1	<0,005	<0,002	0,37	0,095	0,482
5	glazifluviatile Sande und Kiese außerhalb des norddeutschen Lockergesteines	<0,1	<0,01	20	<1	<0,005	<0,002	13	0,266	0,004
6	tertiäre Sedimente	<0,1	<0,01	0,09	<1	<0,005	<0,002	0,09	0,017	0,007
7	Unterer/Oberer Muschelkalk (ohne mm, mit soMy)	<0,1	<0,01	0,19	<0,1	<0,005	<0,002	0,06	0,023	0,026
8	Sandsteinfolgen Buntsandstein (su & sm, außer so)	<0,1	<0,01	0,57	<1	0,011	<0,002	0,27	0,006	0,005
9	Sandsteine und silikatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk	0,07	<0,01	0,5	<1	<0,005	<0,002	5,5	0,008	0,029
10	karbonatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk	<0,1	<0,01	0,15	<0,1	<0,005	<0,002	0,18	0,010	0,056
11	Sedimente Grundgebirge - silikatisch	<0,1	<0,01	0,1	<0,1	<0,005	<0,002	0,06	0,007	0,008
12	Sedimente Grundgebirge - karbonatisch	n. b.	n. b.	<0,1	n. b.	n. b.	n. b.	0,01	<0,01	<0,01
13	saure Magmatite	<0,1	<0,01	<0,1	<0,1	n. b.	n. b.	0,08	<0,01	<0,01
14	basische Magmatite*	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Datenbasis hat keine statistische Sicherheit

Von den als Einzel- und Summenparameter erfassten Schadstoffen **MKW, Phenol, LHKW, BTEX, PAK, PSM** und **PCB** sind insbesondere die LHKW und die PSM auffällig.

Bei fast allen Analysen wurden für die Summe LHKW Werte über der Bestimmungsgrenze festgestellt, die allgemein auf ein ubiquitär verteiltes Potenzial an LHKW im Grundwasser schließen lassen. Die ermittelten Werte überschreiten jedoch in keiner BZE den Schwellenwert gemäß GrwV für die Summe aus Trichlorethylen (TRI) und Tetrachlorethylen (PER). Sie liegen Darüber hinaus mit Ausnahme der BZE 5 (glazifluviatile Sande und Kiese außerhalb des norddeutschen Lockergesteines) für die Summe LHKW⁴ unterhalb des GFS-Wertes.

Die Ergebnisse zeigen weiterhin, dass nahezu in allen Bezugseinheiten Sachsen-Anhalts, Eintragspotenziale für Pflanzenschutzmittel (PSM) vorhanden sein müssen. In der BZE 9 liegt der Mittelwert für die Summe PSM durch sehr hohe Bentazonwerte deutlich über dem Schwellenwert der GrwV. Eine weitere deutliche Überschreitung des Schwellenwertes der GrwV charakterisiert die BZE 5. Die erhöhten PSM-Werte in diesen beiden BZE ist auch ein Ausdruck dafür, dass hier auf Grund der lithologischen Gegebenheiten eine besonders hohe Transportfähigkeit für Schadstoffe gegeben ist.

4.4.1.6 Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit in den hydrogeologischen Bezugseinheiten

Die Auswertung der Grundwasseruntersuchungen zeigt, dass für die Bewertungsebene 1 – Hydrogeologische Bezugseinheit (BZE) – bei der statistischen Auswertung eine Aggregation der Stoffkonzentrationen erfolgt, die zur Herausmittlung von erhöhten Stoffkonzentrationen bis hin zur weitestgehenden Glättung von erhöhten Werten bei der Mittelwertbildung führt.

⁴ LHKW, gesamt: Summe der halogenierten C1- und C2 – Kohlenwasserstoffe einschließlich Trihalogenmethane.

Bestimmte Belastungspotenziale treten jedoch unabhängig davon auch auf dieser Bewertungsebene deutlich hervor. Insbesondere betrifft das mit Verweis auf die BZE 6 (tertiäre Sedimente), BZE 8 (Sandsteinfoolgen Buntsandstein, su & sm, außer so) und BZE 10 (karbonatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk) die **Versalzung**.

Anhand der Ergebnisse können drei Gruppen von Wassertypen separiert werden:

- **Wasser mit salinärer Prägung bzw. salinarem Einfluss** (BZE 10 - karbonatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk, BZE 6 - tertiäre Sedimente, BZE 8 - Sandsteinfoolgen Buntsandstein (su & sm, außer so), BZE 9 - Sandsteine und silikatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk),
- **Wasser ohne salinaren Einfluss** (BZE 7 - Unterer/Oberer Muschelkalk (ohne mm, mit soMy), BZE 13 - saure Magmatite, BZE 1 - quartäre GWL Nordraum, Filter <10 m u. Gel., BZE 2 - quartäre GWL Nordraum, Filter 10 bis 25 m u. Gel., BZE 11 - Sedimente Grundgebirge - silikatisch, BZE 3 - quartäre GWL Nordraum, Filter 25 bis 50 m u. Gel., BZE 12 - Sedimente Grundgebirge - karbonatisch) und
- **Mischtypen** (BZE 5 - glazifluviale Sande und Kiese außerhalb des norddeutschen Lockergesteines, BZE 9 - Sandsteine und silikatische Wechselfolgen Zwischenstockwerk, BZE 4 - weichselkaltzeitliche (und holozäne) GWL),

Die Aufzählung erfolgt dabei in der Reihenfolge der Einflussstärke.

4.4.2 Grundwasserleiter

Eine zusammenfassende Übersicht der berechneten Mittelwerte (2001 bis 2010) ausgewählter Parameter auf der Bewertungsebene 2 – Grundwasserleiter – ist den folgenden Tabellen zu entnehmen. Um die verbale Darstellung der Interpretation zu erleichtern, wurden die Grundwasserleiter mit nur jeweils einem Kürzel in den Tabellen versehen. Diese Kürzel beinhalten jeweils die in Tab. 49 in der Spalte "Kürzel GWL" aufgeführten stratigrafischen Einheiten der Filterstrecken. Die Übersicht der Lage der Messstellen in Bezug zur Lage in den GWL kann Anlage 7 entnommen werden.

4.4.2.1 Vor-Ort- und Summenparameter

Die Ergebnisse ausgewählter Vor-Ort- und Summenparameter in Tab. 49 zeigen als allgemeine Milieuparameter der Grundwasserbeschaffenheit für alle Grundwasserleiter neutrale **pH**-Bedingungen und ein positives Redoxpotential. Das lässt zunächst auf prinzipiell ungestörte Grundwasserverhältnisse schließen. Allerdings kommt es auch hier zu einer statistischen Glättung, der für die Einzelauswertungen festgestellten Versauerungseinflüsse. Die gemessenen **Temperaturwerte** liegen im Wertebereich für „normales“ Grundwasser, ebenso die mittleren **DOC**-Konzentrationen. Hohe Messwerte (> 10 mg DOC/l) treten in den Grundwasserleitern in Sachsen-Anhalt nicht auf. Die **Sauerstoffgehalte** haben in Abhängigkeit vom jeweiligen Grundwasserleiter eine Spannbreite von 0,5 bis 7,5 mg/l. Auffällige Werte beim Summenparameter **AOX** finden sich vor allem im Tertiär und im Zechstein. Zu beachten ist hier jedoch der Hinweis, dass salinar beeinflusstes Grundwasser den AOX – Wert analytisch verfälschen kann.

Tab. 49: Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Vor-Ort- und Summenparameter auf Ebene 2 – GWL

GWL-Komplex	GWL*	pH	LF (µS/cm)	O2 (mg/l)	Redox (mV)	T _w (°C)	DOC (mg/l)l	AOX (µg/l)l
Holozäne Sedimente	qh	7,0	939	0,5	141	11,0	3,1	6
Pleistozäne Kiese und Sande	q	6,9	1.193	1,2	246	10,6	2,9	9,5
Tertiär (ungegliedert)	t	6,8	10.600	0,5	203	11,1	2,6	21,7
Kreide, Jura	kr	7,2	785	2,3	272	10,2	1	6,4
Keuper	k	7,1	2.160	3,1	310	10,7	2,4	12,9
Oberer und Mittlerer Muschelkalk	mo-mm	7,3	1.720	5,9	387	10,0	1,3	6,8
Unterer Muschelkalk	mu	7,1	1.670	3,2	317	10,6	3,1	7,7

GWL-Komplex	GWL*	pH	LF ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	O2 (mg/l)	Redox (mV)	T _w (°C)	DOC (mg/l)	AOX ($\mu\text{g}/\text{l}$)
Mittlerer Buntsandstein	sm	7,1	1.270	3,7	285	10,8	1,5	8,6
Unterer Buntsandstein	su	7,4	5.910	3,7	294	11,1	1	12,1
Zechstein (ungegliedert)	z	7,1	47.900	4,7	278	11,4	0,9	54,6
Permokarbon sedimentär (Oberkarbon + sedimentäres Rotliegendes)	r1	7,3	1.100	6,4	389	9,8	1,3	8,4
Permokarbon eruptiv	r2	7,0	2.280	4,5	337	10,6	2,5	9,7
Altpaläozoikum (Unterkarbon, Devon, Silur)	d	7,2	633	7,5	363	8,7	0,9	6,2

* wird im Folgenden zur Vereinfachung der Darstellung im Bericht verwendet und beinhaltet jeweils die in Tab. 3 der Spalte "Kürzel GWL" aufgeführten stratigrafischen Einheiten der Filterstrecken

Bis auf die salinaren Einflüsse und die teilweise erhöhten AOX-Konzentrationen zeigen die Grundwasserleiter Sachsens keine weiteren Auffälligkeiten bei den Summenparametern.

4.4.2 Hauptinhaltsstoffe

Die Tab. 50 zeigt eine Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Hauptinhaltsstoffe bezogen auf die Mittelwerte 2001-2010 auf der Ebene 2 – Grundwasserleiter. Fett markiert sind jeweils Überschreitungen zu Grunde gelegter Grenz-, Schwellen- und Orientierungswerte in dem jeweiligen Grundwasserleiter.

Tab. 50: Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Hauptinhaltsstoffe auf der Ebene 2 – GWL

GWL-Komplex	GWL*	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)
<i>SW - Schwellenwert nach GrwV (2010)</i>						250	240	
<i>GFS - Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA (2004)</i>						250	240	
Holozäne Sedimente	qh	141	18,5	26	31,4	64,9	241	216
Pleistozäne Kiese und Sande	q	141	23	78,2	12,3	134	265	228
Tertiär (ungegliedert)	t	229	64,9	2.390	20,5	4.110	473	206
Kreide, Jura	kr	100	27,2	18,7	5,3	39,5	145	250
Keuper	k	291	67,1	124	24,3	138	739	350
Oberer und Mittlerer Muschelkalk	mo-mm	291	69,2	41,2	8,3	101	629	368
Unterer Muschelkalk	mu	226	68,4	71,1	7,4	136	469	379
Oberer Buntsandstein	so	355	78,1	37,6	11,6	95,6	777	389
Mittlerer Buntsandstein	sm	170	46	54,4	5,6	85,3	316	336
Unterer Buntsandstein	su	312	102	889	17,1	1.600	547	336
Zechstein (ungegliedert)	z	1.080	409	15.100	270	21.900	3.230	230
Permokarbon sedimentär (Oberkarbon + sedimentäres Rotliegendes)	r1	157	43,3	27,2	8,2	62,5	221	327
Permokarbon eruptiv	r2	325	55,4	53,4	5,6	105	660	351
Altpaläozoikum (Unterkarbon, Devon, Silur)	d	76,3	22,9	13,7	4,8	28,9	106	197

* wird im Folgenden zur Vereinfachung der Darstellung im Bericht verwendet und beinhaltet jeweils die in Tab. 3 in der Spalte "Kürzel GWL" aufgeführten stratigrafischen Einheiten der Filterstrecken

Die bereits für die hydrogeologischen Bezugseinheiten (BZE) dargestellte Situation für **Chlorid** spiegelt sich dementsprechend in den mittleren Konzentrationen der Grundwasserleiter wider:

- **Wasser mit geringem Chloridgehalt** (<100 mg/l): GWL qh, kr, so, sm, r1, d
- **Wasser mit moderatem Chloridgehalt** (100 bis <250* mg/l): GWL k, mo-mm, mu, r2
- **Wasser mit hohem Chloridgehalt** (250* bis 1.000 mg/l): GWL q
- **Salinares bzw. salinar beeinflusstes Wasser** (> 1.000 mg/l): GWL t, su, z.

* Schwellenwert nach GrwV

Die Salzkonzentrationen werden auch durch die **Sulfat**konzentrationen mitbestimmt. Diese liegen bis auf die Kreide - GWL und im Permokarbon teilweise um 2 bis 3 Größenordnungen über dem Schwellenwert der GrwV von 240 mg/l, im Zechstein sogar um das 13-fache.

Die hohen Anionenkonzentrationen gehen naturgemäß mit hohen Kationenkonzentrationen an **Calcium, Magnesium, Natrium** und **Kalium** einher. Die hydrochemische Signatur, die sich bei Anwendung der Mittelwerte in den einzelnen GWL bei der Auswertung des PIPER-Diagramms (Abb. 40) ergibt, kann wie folgt zusammengefasst werden:

Normal erdalkalisches Wasser, überwiegend hydrogenkarbonatisch (Ca-Mg-HCO ₃):	kr, r1, d
Normal erdalkalisches Wasser, überwiegend sulfatisch (Ca-Mg-SO ₄):	qh, mo-mm, mu, so, sm, r2
Normal erdalkalisches Wasser, überwiegend hydrogenkarbonatisch-sulfatisch (Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄):	q, k
Alkalisches Wasser, überwiegend chloridisch (Ca-Mg-Cl):	t, su, z

Bei der Visualisierung der geochemischen Signatur im SCHOELLER-Diagramm separieren sich drei Wassertypen-Gruppen (Aufzählung in der Reihenfolge der Einflussstärke):

- Wasser mit salinärer Prägung bzw. salinarem Einfluss: z, t, kr, q
- Wasser ohne salinaren Einfluss: qh, mo-mm, mu, so, sm, su, r1, r2, d
- Mischtypen: k.

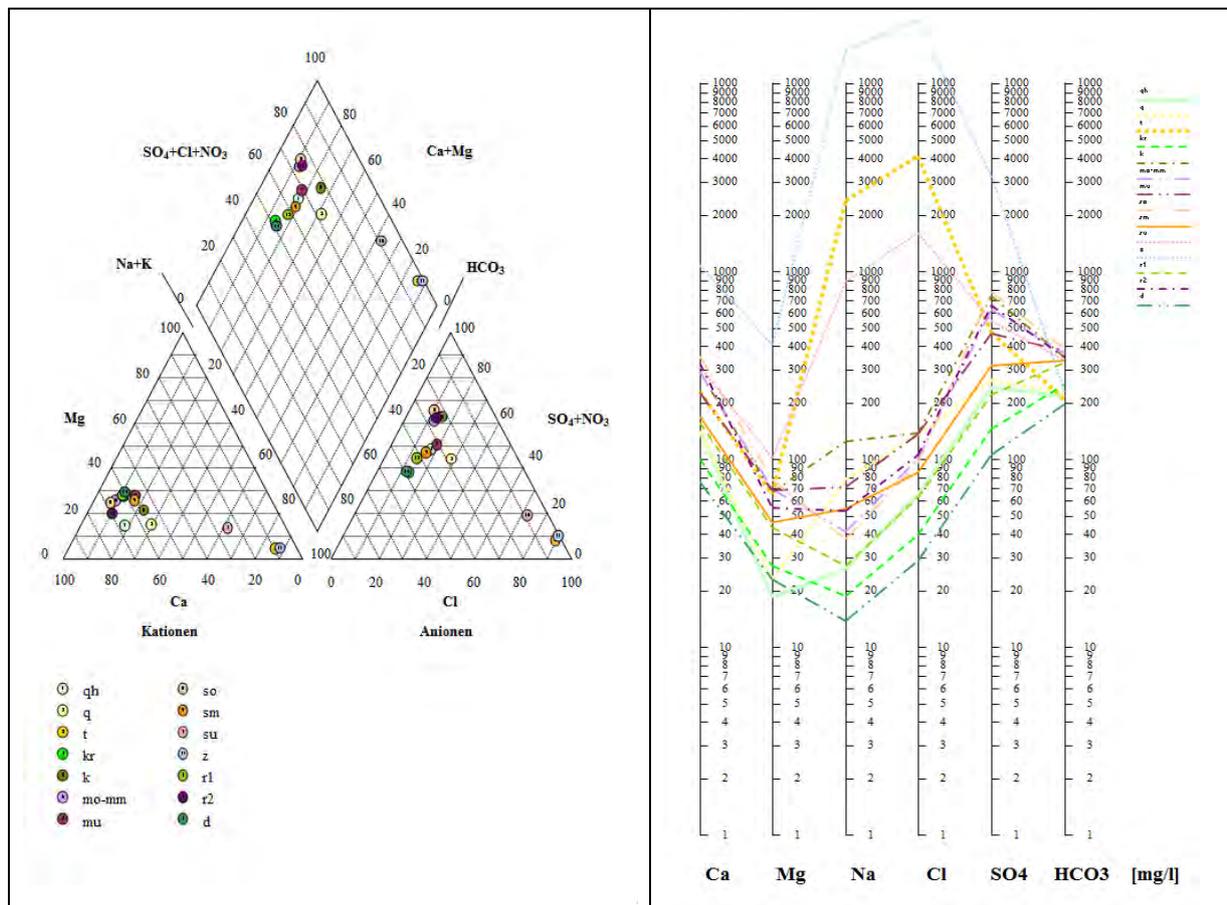


Abb. 40: Auswertung für die GWL nach PIPER und SCHOELLER

4.4.2.3 Nebeninhaltsstoffe

Die Tab. 51 gibt eine Übersicht zu den Ergebnissen ausgewählter Nebeninhaltsstoffe auf der Ebene 2 – Grundwasserleiter – bezogen auf die Mittelwerte 2001-2010. Fett markiert sind jeweils Überschreitungen zu Grunde gelegter Grenz-, Schwellen- und Orientierungswerte in dem jeweiligen Grundwasserleiter.

Tab. 51: Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Nebeninhaltsstoffe auf der Ebene 2 – GWL

GWL-Komplex	GWL*	NH4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	O-PO4 (mg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)	B (µg/l)
SW - Schwellenwert nach GrwV (2010)		0,5	50					
GFS - Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA (2004)								740
Holozäne Sedimente	qh	0,6	0,22	0,02	0,39	3.900	397	155
Pleistozäne Kiese und Sande	q	0,3	22,7	0,05	0,46	3.620	305	130
Tertiär (ungegliedert)	t	0,39	12,9	0,04	0,17	4.260	304	119
Kreide, Jura	kr	0,15	13,5	0,02	0,05	1.420	19	187
Keuper	k	0,12	52,2	0,03	0,09	988	180	451
Oberer und Mittlerer Muschelkalk	mo-mm	0,02	44,9	0,04	0,11	45	15	121
Unterer Muschelkalk	mu	0,14	25,2	0,04	0,03	323	60	135
Oberer Buntsandstein	so	0,21	57,7	0,06	0,04	219	17	211
Mittlerer Buntsandstein	sm	0,08	24,1	0,05	0,11	1.050	116	172
Unterer Buntsandstein	su	0,18	30,3	0,05	0,04	547	92	291
Zechstein (ungegliedert)	z	1	6,81	0,05	0,05	2.910	218	1.343

GWL-Komplex	GWL*	NH4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	O-PO4 (mg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)	B (µg/l)
Permokarbon sedimentär (Oberkarbon + sedimentäres Rotliegendes)	r1	0,02	66,1	0,05	0,09	62	14	59
Permokarbon eruptiv	r2	0,1	37,6	0,04	0,02	1.580	203	178
Altpaläozoikum (Unterkarbon, Devon, Silur)	d	0,03	19,4	0,04	0,04	724	513	34

* wird im Folgenden zur Vereinfachung der Darstellung im Bericht verwendet und beinhaltet jeweils die in Tab. 33 in der Spalte "Kürzel GWL" aufgeführten stratigrafischen Einheiten der Filterstrecken

Die Stickstoffverbindungen **Nitrat**, **Nitrit** und **Ammonium** sind ein Maß für die Stickstoffbelastung eines Wassers. Wenn in einem mit Stickstoffverbindungen belasteten (Grund-) Wasser reduzierende Verhältnisse vorliegen, äußert sich dieses in hohen Ammonium- und niedrigen Nitratwerten. Diese Nitratreduktion wird vor allem durch Bakterien und Pilze bewirkt. Die Mikroben reduzieren im sauerstoffarmen Milieu ($O_2 < 5 \text{ mg/l}$) das Nitrat zunächst zu Nitrit, welches dann mikrobiell zu elementarem Stickstoff-Gas abgebaut werden kann. Andere Bakterien bilden aus Nitrit durch Reduktion Ammonium-Ionen. Im unbeeinflussten, sauerstoffreichen Grundwasser ist es genau umgekehrt. Hier werden Ammonium- und Nitrit-Ionen durch Stickstoffbakterien zu Nitrat oder Stickstoff oxidiert.

Die geogene Grundlast von Nitrat und Ammonium im Grundwasser ist im Allgemeinen gering. Die in der GrwV festgelegten Schwellenwerte werden für Ammonium im Holozän und im Zechstein sowie für Nitrat im Keuper, Oberen Buntsandstein und Permokarbon sedimentär (Oberkarbon + sedimentäres Rotliegendes) jeweils im Mittel überschritten. Bezogen auf die für Nitrat festgestellten Überschreitungen ist anzumerken, dass in den genannten Formationen auch geogenes Nitrat vorkommen kann.

Der Geringfügigkeitsschwellenwert für **Bor** ist im Zechstein geogen überschritten, verursacht durch die Messstelle Erdeborn.

4.4.2.4 Schwermetalle und Metalloide

Die Tab. 52 zeigt als Übersicht die Ergebnisse ausgewählter Schwermetalle und Metalloide auf der Ebene 2 – Grundwasserleiter – bezogen auf die Mittelwerte 2001-2010. Fett markiert sind jeweils Überschreitungen zu Grunde gelegter Grenz-, Schwellen- und Orientierungswerte in dem jeweiligen Grundwasserleiter.

Tab. 52: Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Schwermetalle und Metalloide auf Ebene 2 – GWL

GWL-Komplex	GWL*	As (µg/l)	Al gel (µg/l)	Cd (µg/l)	Cr (µg/l)	Cu (µg/l)	Ni (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	Hg (µg/l)
SW - Schwellenwert nach GrwV (2010)		10		0,5				10		0,2
GFS - Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA (2004)		10			7 (Cr III)	14	14	7	58	1
Holozäne Sedimente	qh	4,6	<10	<0,2	<2	<2	<2	1,8	<10	<0,05
Pleistozäne Kiese und Sande	q	2,1	19	0,1	1,1	1,6	5,3	1,1	86	0,026
Tertiär (ungegliedert)	t	1,4	13	0,2	1,5	1,5	5,3	1,5	23	0,054
Kreide, Jura	kr	0,9	11	<0,2	1,0	1	1,4	0,8	6	0,051
Keuper	k	1,7	11	0,1	1,4	1,4	2,9	1,4	12	0,028
Oberer und Mittlerer Muschelkalk	mo-mm	0,3	7	0,1	<2	1,2	1,2	0,6	6	0,024
Unterer Muschelkalk	mu	0,3	7	0,1	1	1,1	1,6	0,7	8	0,025
Oberer Buntsandstein	so	0,9	6	0,1	1,1	1,5	1,8	1	7	<0,05
Mittlerer Buntsandstein	sm	1,5	44	0,1	1,1	2,3	9,8	1,1	20	0,03
Unterer Buntsandstein	su	6,0	8	0,2	1,3	6,4	2,7	1,1	25	0,026
Zechstein (ungegliedert)	z	9,0	16	1,1	2,4	2,7	5,9	2,4	300	0,056
Permokarbon sedimentär (Oberkarbon + sedimentäres Rotliegendes)	r1	2,2	7	0,1	<2	1	1,3	1,2	13	<0,05
Permokarbon eruptiv	r2	1,9	<10	0,2	<2	<2	1,9	0,8	77	<0,05
Altpaläozoikum (Unterkarbon, Devon, Silur)	d	0,9	12	0,6	1	1,1	5,6	1,1	298	0,031

* wird im Folgenden zur Vereinfachung der Darstellung im Bericht verwendet und beinhaltet jeweils die in Tab. 3 in der Spalte "Kürzel GWL" aufgeführten stratigrafischen Einheiten der Filterstrecken

Die Gehalte an **Arsen** und **Blei** liegen im Mittel unter dem Schwellenwert der GrwV von jeweils 10 µg/l. Gleiches trifft auf die Werte für **Quecksilber** zu, die generell unterhalb des Schwellenwertes der GrwV von 0,2 µg/l liegen. Die GFS für **Kupfer** (14 µg/l), **Molybdän** (35 µg/l), **Nickel** (14 µg/l), Chrom (7 µg/l) und **Vanadium** (4 µg/l) werden ebenfalls unterschritten.

Überschritten ist der Schwellenwert der GrwV von 0,5 µg/l für **Cadmium** im Zechstein und Altpaläozoikum sowie der GFS-Wert von 58 µg/l für **Zink** in den Grundwasserleitern Pleistozäne Kiese und Sande, Zechstein, Permokarbon eruptiv und im Altpaläozoikum. In den drei letztgenannten Grundwasserleitern kommen diese Elemente aber auch geogen vor.

Der geogene Hintergrundwert für **Aluminium** wurde in HYDOR (2008) mit Werten zwischen 0,1 und 25 µg/l ermittelt. Bis auf den GWL Unterer Buntsandstein liegen alle ermittelten Werte in diesem Bereich.

4.4.2.5 Schadstoffe

Die Tab. 53 zeigt die Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Schadstoffe auf der Ebene 2 – Grundwasserleiter – bezogen auf die Mittelwerte 2001-2010. Fett markiert sind jeweils Überschreitungen zu Grunde gelegter Grenz-, Schwellen- und Orientierungswerte in dem jeweiligen Grundwasserleiter.

Tab. 53: Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Schadstoffe auf Ebene 2 – GWL

GWL-Komplex	GWL*	MKW (mg/l)	Phenol (µg/l)	∑LHKW (µg/l)	∑BTEX (µg/l)	∑PAK (µg/l)	∑PCB (µg/l)	∑PSM (µg/l)	LHKW TRI (µg/l)	LHKW PER (µg/l)
SW - Schwellenwert nach GrwV (2010)								0,5	∑ TRI+PER 10	
GFS - Geringfügigkeits-schwellenwert nach LAWA (2004)		0,1	8	20	20	0,2	0,01	0,5	∑ TRI+PER 10	
Holozäne Sedimente	qh	<0,1	<0,01	<0,1	n. b.	n. b.	n. b.	<0,01	<0,01	<0,01
Pleistozäne Kiese und Sande	q	0,06	0,005	4,7	0,36	0,004	<0,002	4,16	0,095	0,113
Tertiär (ungegliedert)	t	<0,1	<0,01	0,03	0,13	<0,005	<0,002	0,17	0,007	0,007
Kreide, Jura	kr	<0,1	<0,01	0,18	<0,1	<0,005	<0,002	0,23	0,016	0,103
Keuper	k	0,08	<0,01	0,19	<0,1	<0,005	<0,002	8,66	0,029	0,048
Oberer und Mittlerer Muschelkalk	mo-mm	n. b.	n. b.	0,03	n. b.	n. b.	<0,002	0,21	<0,01	<0,01
Unterer Muschelkalk	mu	<0,1	<0,01	0,17	<0,1	<0,005	<0,002	0,03	0,02	0,009
Oberer Buntsandstein	so	<0,1	<0,01	0,04	<0,1	<0,005	<0,002	0,23	0,008	0,007
Mittlerer Buntsandstein	sm	<0,1	<0,01	0,07	<0,1	<0,005	<0,002	0,1	0,005	0,005
Unterer Buntsandstein	su	0,13	<0,01	0,56	<0,1	0,011	<0,002	0,1	0,006	0,005
Zechstein (ungegliedert)	z	n. b.	n. b.	0,03	<0,1	<0,005	<0,002	<0,01	0,006	<0,01
Permokarbon sedimentär (Oberkarbon + sedimentäres Rotliegendes)	r1	<0,1	<0,01	0,08	<0,1	<0,005	<0,002	0,05	0,006	<0,01
Permokarbon eruptiv	r2	<0,1	<0,01	<0,1	<0,1	n. b.	n. b.	0,08	<0,01	<0,01
Altpaläozoikum (Unterkarbon, Devon, Silur)	d	n. b.	n. b.	0,1	<0,1	<0,005	<0,002	0,06	0,007	0,009

* wird im Folgenden zur Vereinfachung der Darstellung im Bericht verwendet und beinhaltet jeweils die in Tab. 3 in der Spalte "Kürzel GWL" aufgeführten stratigraphischen Einheiten der Filterstrecken

Die Ergebnisse der untersuchten organischen Schadstoffe in den Grundwasserleitern Sachsens-Anhalts lassen für **Phenol**, **∑PAK**, **∑LHKW** und **∑TRI+PER** fast durchgehend Werte unter bzw. um die Bestimmungsgrenze nachvollziehen. Vereinzelt wurden im Unteren Buntsandstein nachweisbare Konzentrationen an **MKW** und **∑BTEX** im Bereich der GFS festgestellt.

In den Grundwasserleitern Pleistozäne Kiese und Sande (q) und Keuper (k) wurden PSM-Belastungen festgestellt, die über dem Schwellenwert liegen. Die Belastung im Keuper wird durch Bentazon verursacht. Für die mittleren erhöhten **PSM**-Konzentrationen in den pleistozänen Kiesen und Sanden zeichnet sich ebenfalls vor allem Bentazon verantwortlich. Die Beeinträchtigung im Buntsandstein wird maßgeblich durch das zu den nicht relevanten Metaboliten gehörende Chloridazon-desphenyl hervorgerufen.

Für die Belastung im Keuper - gekennzeichnet durch einen mittleren **∑PSM**- Wert von 8,66 µg/l - ist der Bentazon-Schaden an der Messstelle Neuwegersleben verantwortlich. Die mittlere **∑PSM**-Konzentration in den pleistozänen Kiesen und Sanden von 4,16 µg/l wird verursacht durch eine Reihe von Wirkstoffen, vor allem aber durch Bentazon an den Messstellen Reinsdorf und Sylbitz. In Reinsdorf liegt ein

Bentazonschaden mit Konzentrationen von bis zu 86 µg/l vor. Die Beeinträchtigung im Buntsandstein wird maßgeblich durch Chloridazon-desphenyl am Hottentottenborn verursacht.

4.4.2.6 Einschätzung der Grundwasserbeschaffenheit in den Grundwasserleitern

Durch die stärkere Differenzierung in der Bewertungsebene „Grundwasserleiter“ wird, die in der Bewertungsebene „Hydrogeologische Bezugseinheit“ als statistischer Effekt festgestellte Glättung von erhöhten Werten bei der Mittelwertbildung, geringer. Nach wie vor gilt aber, dass bei der statistischen Auswertung eine Aggregation der Stoffkonzentrationen erfolgt, die zur Herausmittlung von erhöhten Stoffkonzentrationen führt. Die hohen Nitratkonzentrationen (teilweise auch für Ammonium zutreffend) an einer Vielzahl von Messstellen, beispielhaft im GWL Pleistozäne Kiese und Sande (q) erkennbar, werden so durch die Mittelwertbildungen entschärft.

Unabhängig von dem statistischen Effekt der Glättung von erhöhten Werten bei der Mittelwertbildung treten auch in der Bewertungsebene „Grundwasserleiter“ bestimmte Belastungspotenziale deutlich hervor. Hervorzuheben ist in erster Linie die **Salzbelastung** der GWL Quartär (q), Tertiär (t), Unterer Buntsandstein (su) und z (Zechstein). In den drei letztgenannten GWL liegt salinar (Zechstein) bzw. salinar beeinflusstes Wasser (Tertiär, Unterer Buntsandstein) vor. Das Grundwasser des Grundwasserleiters z (Zechstein) ist geogen hoch mineralisiert und kann an tektonischen Elementen aufsteigen und auf diese Weise die Hydrochemie anderer darüber liegender Grundwasserleiter beeinflussen.

Die Salzfrachten werden sowohl durch Chlorid- als auch durch Sulfatkonzentrationen bestimmt. Diese liegen teilweise in Größenordnungen oberhalb der Schwellenwerte der GrwV für Chlorid und Sulfat. Betroffen sind hier insbesondere die GWL Oberer und Mittlerer Muschelkalk, Oberer Buntsandstein, Keuper, Zechstein und Permokarbon eruptiv.

Die landwirtschaftliche Flächennutzung ist als Belastungspotenzial für das Grundwasser auch auf der Bewertungsebene Grundwasserleiter eindeutig zu identifizieren. Diffuse Belastungen aus der Landwirtschaft werden durch die Ergebnisse für Nitrat und PSM belegt.

4.5 Ergebnisse der statistischen Auswertung in den Grundwasserkörpern

Eine zusammenfassende Übersicht der berechneten Mittelwerte ausgewählter Parameter auf der Bewertungsebene 3 – Grundwasserkörper – ist den folgenden Tabellen zu entnehmen. Die Grenz- und Schwellenwerte wurden bereits im Rahmen der landesweiten Auswertung der Grundwassergütedaten im Kapitel 4.3 dargestellt und auch auf die Bewertungsebenen „Hydrogeologische Bezugseinheit“ im Kapitel 4.4.1 und „Grundwasserleiter“ im Kapitel 4.4.2 angewendet.

Die folgende statistische Auswertung bezieht sich auf 71 von 77 Grundwasserkörpern des Landes Sachsen-Anhalt - siehe dazu auch Erläuterung im Kapitel 3.4 - für eine bereits in den vorhergehenden Kapiteln diskutierte Auswahl von Parametern. Die chemisch-physikalischen Eigenschaften der Parameter wurden ebenfalls bereits dargestellt. Die Auswertung auf der Ebene der GWK erfolgt für die zusammengestellten Mittelwerte der Analysen je GWK. Fett markiert sind Grenz- und Schwellenwert-Überschreitungen in den jeweiligen GWK.

Die Lage der in die Aus- und Bewertung einbezogenen Grundwassermessstellen in den Grundwasserkörpern ist der Anlage 5 zu entnehmen.

Die Bewertungsebene der GWK hat einen hohen Detaillierungsgrad, so dass eine Herausmittlung von erhöhten Stoffkonzentrationen, wie auf der Ebene der Bezugseinheiten und Grundwasserleiter, nicht mehr erfolgt. Belastungspotenziale treten deutlicher hervor.

4.5.1 Vor-Ort- und Summenparameter

Die folgende Tab. 54 gibt eine Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Vor-Ort- und Summenparameter als allgemeine Milieuparameter der Grundwasserbeschaffenheit bezogen auf die Mittelwerte 2001-2010. Fett markiert sind die Werte mit erkennbarem anthropogenen Einfluss, für die keine Schwellenwerte zur Verfügung stehen.

Tab. 54: Übersicht zu ausgewählten Vor-Ort- und Summenparameter auf Ebene 3 – GWK

GWK	pH	LF (µS/cm)	O2 (mg/l)	Redox (mV)	Tw (°C)	DOC (mg/l)	AOX (µg/l)
4-2104	7,3	914	0,6	86	10,4	1,2	<10
4_2105	7,1	1.240	1,7	332	10,4	1,5	10
4_2106	7,0	1.270	2,0	277	10,2	1,3	8
4_2107	7,2	750	3,3	284	10,4	1,5	7
4_2108	7,7	1.400	3,7	330	12,4	<0,5	<10
5_0307	7,0	184	0,9	600	10,9	<0,5	<10
5_0310	7,2	857	1,9	382	10,4	1,6	6
5_0311	6,3	660	1,9	247	10,3	2,1	8
5_0312	6,8	778	0,9	223	10,9	6,4	15
EL 3-1	6,4	751	0,7	317	11,1	2,7	8
EL 3-2	6,4	998	4,6	348	11,5	2,5	12
EL 3-3	6,2	531	0,8	317	10,3	2,3	6
EL 3-4	6,4	577	0,8	248	10,2	1,8	8
EN 1	6,7	1.230	1,4	260	10,6	3,7	7
EN 2	6,9	973	0,6	202	10,2	2,2	9
EN 3	7,1	2.220	1,1	337	11,9	3,2	15
Hav_DJ_1	7,4	729	1,3	119	10,7	6,2	<10
HAV_UH_4	7,4	491	0,4	163	10,4	2,4	7
HAV_UH_5	7,2	747	0,3	112	10,4	2,4	6
HAV_UH_6	7,2	824	0,3	160	10,7	6,5	14
HAV_UH_7	6,9	765	0,7	236	10,3	3,4	10
HAV_UH_8	6,8	978	0,4	220	10,4	2,1	<10
MBA 1	7,0	544	0,5	212	10,6	2,6	8
MBA 2	7,3	582	0,3	132	10,5	1,9	6
MBA 3	7,1	744	1,2	165	10,5	3,3	11
MBA 4	6,9	989	0,4	230	10,7	4,6	9
NI10_03	7,1	564	1,4	241	11,2	1,6	8
NI10_04	7,3	497	0,6	168	10,8	2,7	7
OT 1	6,8	648	0,4	165	10,5	7,0	11
OT 2	7,2	720	2,0	20	10,5	2,5	10
OT 3	6,6	446	1,2	190	10,3	1,8	5
OT 4	7,0	1.640	2,2	347	10,7	3,1	15
OT 5	6,9	960	2,2	318	10,4	2,6	12
SAL GW 008	7,3	1.320	5,0	322	10,1	1,1	7
SAL GW 011	7,2	2.665	6,9	385	10,2	1,9	10
SAL GW 012	6,8	515	0,8	123	11,3	1,1	<10
SAL GW 013	7,2	1.200	4,4	357	10,1	0,7	6
SAL GW 014	7,1	10.300	2,4	273	11,1	3,0	15
SAL GW 014a	7,2	2.060	0,5	161	11,2	5,3	12
SAL GW 15	7,0	1.320	3,2	269	11,3	0,9	11
SAL GW 016	7,4	1.300	1,2	159	11,3	2,0	6
SAL GW 017	7,0	3.050	0,7	297	10,2	3,2	14

GWK	pH	LF ($\mu\text{S/cm}$)	O₂ (mg/l)	Redox (mV)	T_w (°C)	DOC (mg/l)	AOX ($\mu\text{g/l}$)
SAL GW 018	7,0	850	6,4	362	9,3	1,0	6
SAL GW 019	7,1	968	8,2	388	9,7	1,2	9
SAL GW 020	7,2	1.830	4,1	348	10,8	2,2	13
SAL GW 021	7,2	2.610	4,1	320	11	1,7	8
SAL GW 022	6,8	1.500	1,1	295	10,7	2,5	11
SAL GW 023	6,5	1.240	1,0	255	10,6	4,8	7
SAL GW 034	7,3	4.430	7,7	369	11	1,9	12
SAL GW 036	7,4	438	10,1	403	9,3	0,6	<10
SAL GW 038	7,4	1.240	5,3	390	10,2	0,6	7
SAL GW 039	7,5	305	7,6	341	8,2	0,7	6
SAL GW 040	7,4	729	7,9	401	9,3	0,7	6
SAL GW 041	7,3	2.820	6,1	320	10,4	0,8	7
SAL GW 042	7,2	1.360	5,0	341	10,8	1,1	8
SAL GW 048	7,1	932	8,3	371	9,5	2,4	17
SAL GW 051	7,1	1.250	1,9	299	10,3	1,0	6
SAL GW 059	6,5	1.020	0,4	211	10,7	2,1	9
SAL GW 061	7,1	1.820	1,0	244	11,4	2,2	23
SAL GW 062	6,9	6.120	0,5	190	11,7	9,8	18
SAL GW 063	7,1	1.750	2,7	267	11,6	3,3	8
SAL GW 064	7,3	1.020	8,7	369	8,1	0,7	6
SAL GW 065	7,1	1.260	3,1	294	10,5	1,4	8
SAL GW 066	7,0	14.900	1,5	275	10,6	2,5	25
SAL GW 067	7,1	1.930	1,7	307	11,4	2,4	13
SE 4-2	6,7	430	1,1	212	11	3,5	8
SE 5	6,9	654	0,4	217	10,1	1,8	7
VM 2-1	5,7	892	0,7	342	10,5	2,0	9
VM 2-2	7,1	1.370	0,6	263	10,4	1,4	<10
VM 2-3	6,1	628	0,4	233	10,3	3,3	8
VM 2-4	6,4	1.140	0,6	239	11,1	2,5	8

Es bestehen in mehreren GWK Auffälligkeiten hinsichtlich niedriger **pH**-Werte. Darüber hinaus lassen bis auf die Grundwasserkörper SAL GW 011, SAL GW 014, SAL GW 017, SAL GW 034, SAL GW 041, SAL GW 062 und SAL GW 066 alle GWK eine mäßige bis moderate Mineralisation nachvollziehen. Die vorgenannten GWK zeigen einen vergleichsweise hohen Mineralisationsgrad, der auf saline Einflüsse schließen lässt. Die Parameter **Sauerstoff**, **Wassertemperatur** und **DOC** sind eher unauffällig. Erhöhte AOX-Werte wurden in den GWK SAL GW 061 (südöstlich von Halle) und SAL GW 066 (westlich von Oschersleben) festgestellt.

4.5.2 Hauptinhaltsstoffe

Mit der Tab. 55 ist eine Übersicht zu den Ergebnissen ausgewählter Hauptinhaltsstoffe bezogen auf die Mittelwerte 2001-2010 der Messwerte zu den Messstellen auf der Ebene 3 – GWK gegeben. Fett markiert sind jeweils Überschreitungen zu Grunde gelegter Grenz-, Schwellen- und Orientierungswerte in dem jeweiligen Grundwasserkörper.

Tab. 55: Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Hauptinhaltsstoffe auf Ebene 3 – GWK

GWK	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	HCO3 (mg/l)
SW - Schwellenwert nach GrwV (2010)					250	240	
GFS - Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA (2004)					250	240	
4_2104	133	14,3	37	2,1	102	203	140
4_2105	170	48,5	31,1	4	42	277	372
4_2106	201	14,1	54	2,5	85	303	248
4_2107	123	20,5	6,9	1,9	26	102	299
4_2108	53	8,5	192	6,3	359	37	73
5_0307	30	1,1	7,5	0,7	10	24	73
5_0310	132	8	22,7	2,7	29	110	171
5_0311	88	10,9	20,5	4,2	52	165	89
5_0312	76	10,2	42	33	76	95,8	154
EL 3-1	93	14,9	32	9,4	72	168	122
EL 3-2	98	14,8	67,4	14,4	143	146	123
EL 3-3	72	10,2	13,6	6,9	33	128	133
EL 3-4	82	10,1	16,4	8,6	29	172	121
EN 1	143	19,5	101	8,8	162	300	183
EN 2	125	15,4	56,3	11,1	119	218	147
EN 3	253	53,2	168	15,8	196	585	388
Hav_DJ_1	99	13	21	28	33	125	244
HAV_UH_4	74	6,2	13,1	8,4	26	107	114
HAV_UH_5	105	10,1	31,3	2,7	52	133	214
HAV_UH_6	118	11,8	23,4	22,3	52	197	165
HAV_UH_7	119	12,5	21,3	5,6	43	184	146
HAV_UH_8	125	16,8	79,3	10,3	105	275	170
MBA 1	76	7,1	15,6	9,7	34	114	121
MBA 2	92	11	11,4	3,1	25	54	247
MBA 3	111	16,5	15,9	8,1	53	118	254
MBA 4	93	15,9	65,3	27,7	118	139	223
NI10_03	69	6,4	27,9	7,3	49	88,7	112
NI10_04	72	5,9	13,6	14,1	20	67	181
OT 1	87	9,9	24,1	10	38	158	137
OT 2	101	12,4	23,6	7,1	50	122	158
OT 3	59	7,6	15	3,3	29	113	87
OT 4	251	52,3	39,1	6,4	100	417	375
OT 5	144	14,4	17,3	18,7	59	99	228
SAL GW 008	187	60,1	17,7	6,6	76	298	393
SAL GW 011	610	78,5	26,9	7,2	56	1.480	315
SAL GW 012	80	15	5,4	2,9	10	67	246
SAL GW 013	189	42,7	12,7	3,8	68	234	360
SAL GW 014	383	138,6	2.210	50,8	3.630	899	363
SAL GW 014a	244	87,4	108	60,9	165	650	438
SAL GW 15	197	39	32,8	7,6	123	205	403
SAL GW 016	112	25,2	152	5,7	71	225	475
SAL GW 017	237	49,8	370	18,3	541	593	316
SAL GW 018	102	37,4	17,4	12,2	32	175	255

GWK	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)
<i>SW - Schwellenwert nach GrwV (2010)</i>					250	240	
<i>GFS - Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA (2004)</i>					250	240	
SAL GW 019	143	38,6	18,7	2,9	66	154	314
SAL GW 020	275	60,2	55,6	11,6	125	508	354
SAL GW 021	228	71,7	277	14,1	457	502	346
SAL GW 022	219	39,8	55	15,1	119	425	280
SAL GW 023	177	26,6	61,2	12,2	112	397	198
SAL GW 034	177	53,5	808	23,2	1.210	282	440
SAL GW 036	54	18,4	5,9	3,9	13	47,8	179
SAL GW 038	164	38,2	42,5	4,5	49	278	339
SAL GW 039	41	8,9	6,2	0,9	6	40	126
SAL GW 040	100	27,8	10,1	3,3	34	111	249
SAL GW 041	329	39,7	270	6,1	475	633	283
SAL GW 042	237	49,8	28	9,4	69	450	334
SAL GW 048	134	34,6	21,9	1,4	38	296	178
SAL GW 051	184	51,4	15	3,5	58	295	370
SAL GW 059	99	33,5	69,7	7,5	82	329	112
SAL GW 061	283	57	76,2	7	122	597	372
SAL GW 062	677	226,7	670	13	418	2.850	622
SAL GW 063	305	44,9	49	5,5	57	592	404
SAL GW 064	100	16,3	60,4	2	178	77	177
SAL GW 065	205	47,5	33,5	5,4	54	479	268
SAL GW 066	325	97	3.280	29,8	5.500	711	378
SAL GW 067	234	66,9	78,1	63,9	122	262	340
SE 4-2	52	12	12,4	4,7	20	116	137
SE 5	102	10,5	16,5	6	46	139	135
VM 2-1	116	23,9	28,5	9,2	53	328	96
VM 2-2	250	36,7	21,7	2,7	73	478	259
VM 2-3	95	8,4	16,3	3,7	32	219	70
VM 2-4	185	27,7	23,2	10,6	53	429	253

Der Schwellenwert für Sulfat ist in 29 Grundwasserkörpern zum Teil erheblich überschritten. Die Überschreitungen sind überwiegend geogener Natur. Dies trifft ebenso für die Chloridkonzentrationen zu. Der Schwellenwert bei Chlorid wurde in 8 GWK überschritten (Regionen um Halle und Naumburg).

4.5.3 Nähr- und Nebeneinhaltsstoffe

Die Tab. 56 gibt eine Übersicht zu Ergebnissen ausgewählter Nähr- und Nebeneinhaltsstoffe, bezogen auf die Mittelwerte 2001-2010 der Messwerte zu den Messstellen auf der Ebene 3 – GWK. Fett markiert sind jeweils Überschreitungen zu Grunde gelegter Grenz-, Schwellen- und Orientierungswerte in dem jeweiligen Grundwasserkörper.

Tab. 56: Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Nähr- und Nebeninhaltsstoffe auf der Ebene 3 – GWK

GWK	NH4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	O-PO4 (mg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)	B (µg/l)
<i>SW - Schwellenwert nach GrwV (2010)</i>	<i>0,5</i>	<i>50</i>					
<i>GFS - Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA (2004)</i>							<i>740</i>
4_2104	0,08	<0,44	0,03	0,027	2.540	360	<50
4_2105	0,03	53	0,02	0,02	44	9	286
4_2106	0,02	42,5	0,1	0,058	738	281	35
4_2107	0,02	35,8	0,02	0,031	41	<10	49
4_2108	0,05	3	<0,1	0,098	1.710	118	<50
5_0307	0,03	0,7	0,04	0,12	90	40	-
5_0310	0,01	157	0,03	0,057	16	3	<50
5_0311	0,17	15	0,04	0,051	4.240	386	28
5_0312	0,13	48,3	0,08	3,79	2.440	223	87
EL 3-1	0,09	12,8	0,03	0,193	2.180	320	61
EL 3-2	0,03	47,4	0,03	1,39	396	36	145
EL 3-3	0,14	10,1	0,03	0,103	5.740	114	45
EL 3-4	0,23	2,1	0,02	0,198	6.980	398	64
EN 1	0,09	7,9	0,04	0,339	2.020	398	89
EN 2	0,09	2,4	0,05	0,209	3.160	167	78
EN 3	0,04	49,1	0,06	0,062	402	350	578
Hav_DJ_1	0,32	<0,44	<0,1	0,023	1.450	535	<50
HAV_UH_4	0,1	12,3	0,04	0,24	718	214	29
HAV_UH_5	0,8	0,3	0,04	0,143	7.570	634	38
HAV_UH_6	0,69	20,8	0,12	0,233	2.590	497	111
HAV_UH_7	0,09	34,8	0,03	0,104	2.490	242	48
HAV_UH_8	0,53	0,8	0,06	0,536	8.610	1.690	65
MBA 1	0,04	10,6	0,06	1,37	1.290	159	47
MBA 2	0,26	14,6	0,03	0,309	1.990	144	26
MBA 3	0,73	2,7	0,05	0,166	3.040	178	83
MBA 4	0,42	11,1	0,17	4,41	2.730	544	98
NI10_03	0,25	20	0,03	0,282	1.550	76	28
NI10_04	0,18	2,7	0,03	0,648	2.070	257	54
OT 1	0,38	1,4	0,05	0,204	5.450	280	76
OT 2	0,05	52,7	0,05	0,177	1.130	198	87
OT 3	0,37	1,9	0,04	0,096	5.130	380	32
OT 4	0,05	84,8	0,02	0,399	370	81	135
OT 5	0,06	150	0,05	0,08	357	42	61
SAL GW 008	0,02	39,4	0,05	0,126	505	41	28
SAL GW 011	0,02	100	0,06	0,029	51	6	270
SAL GW 012	0,07	0,2	0,05	0,118	4.000	94	25
SAL GW 013	0,02	53,8	0,05	0,032	17	3	34
SAL GW 014	0,34	20,3	0,05	0,086	1.630	269	406
SAL GW 014a	0,8	15,2	0,05	1,1	894	563	658
SAL GW 15	0,03	19,5	0,05	0,055	2.550	115	49
SAL GW 016	0,2	2,7	0,05	0,054	809	327	164
SAL GW 017	1,67	3,9	0,07	0,25	3.780	806	327
SAL GW 018	0,03	40,4	0,05	0,035	1.700	428	39
SAL GW 019	0,02	59,3	0,05	0,102	24	5	33
SAL GW 020	0,03	109	0,05	0,05	664	45	95

GWK	NH4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	O-PO4 (mg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)	B (µg/l)
<i>SW - Schwellenwert nach GrwV (2010)</i>	<i>0,5</i>	<i>50</i>					
<i>GFS - Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA (2004)</i>							<i>740</i>
SAL GW 021	0,37	19,3	0,06	0,04	843	139	267
SAL GW 022	0,14	40,5	0,05	0,055	1.090	222	155
SAL GW 023	0,26	0,8	0,03	0,223	4.850	412	278
SAL GW 034	0,03	93,3	0,06	0,193	129	12	191
SAL GW 036	0,02	20,1	0,05	0,136	<50	<10	<50
SAL GW 038	0,02	38,1	0,05	0,044	21	8	121
SAL GW 039	0,02	4,7	0,05	0,019	227	226	<50
SAL GW 040	0,02	34,7	0,05	0,138	33	5	25
SAL GW 041	0,08	31	0,06	0,062	366	69	58
SAL GW 042	0,02	41,5	0,05	0,078	286	65	101
SAL GW 048	0,02	36,6	0,05	0,046	<50	8	<50
SAL GW 051	0,03	27,6	0,06	0,021	576	54	34
SAL GW 059	1,12	0,4	0,05	0,105	4.020	532	161
SAL GW 061	0,06	31	0,07	0,084	1.530	160	658
SAL GW 062	0,03	2	0,05	0,04	3.200	377	7.080
SAL GW 063	0,12	23,2	0,05	0,021	2.260	156	374
SAL GW 064	0,03	5,7	0,04	0,033	327	721	103
SAL GW 065	0,09	19,7	0,03	0,059	1.830	68	169
SAL GW 066	0,51	26	0,05	0,044	3.390	288	312
SAL GW 067	0,9	39	0,02	0,177	703	97	426
SE 4-2	0,23	2,5	0,03	0,167	11.900	397	30
SE 5	0,05	12,4	0,02	0,095	1.170	119	32
VM 2-1	0,07	14	0,03	0,307	9.240	587	99
VM 2-2	0,03	30,2	<0,07	<0,03	1.350	137	88
VM 2-3	0,3	2,6	0,03	0,303	12.100	217	92
VM 2-4	0,33	20,8	0,03	0,079	13.300	638	187

Einige GWK zeigen eine Stickstoffbelastung, die sich in Überschreitungen der Schwellenwerte für **Ammonium** und **Nitrat** ausdrückt. Dies betrifft im Einzelnen bei Ammonium die acht GWK HAV_UH_5, HAV_UH_6, HAV_UH_8, MBA 3, SAL GW 014a, SAL GW 017, SAL GW 066 und SAL GW 067 sowie bei Nitrat die zehn GWK 4_2105, 5_0310, OT 2, OT 4, OT 5, SAL GW 011, SAL GW 013, SAL GW 019, SAL GW 020 und SAL GW 034.

Der GWK SAL GW 062 zeigt Auffälligkeiten für den Parameter Bor. Der Borwert übersteigt für diesen GWK fast den 10-fachen Wert der GFS. Ursachen erhöhter Borgehalte können sowohl geogene (Zutritt hochmineralisierten Tiefenwassers) als auch anthropogene Einflüsse sein. Im konkreten Fall wird die Belastung durch geogene Aspekte verursacht.

4.5.4 Schwermetalle und Metalloide sowie Spuren- und Schadstoffe

Tab. 57 gibt eine Übersicht zu den Ergebnissen ausgewählter Schwermetalle und Metalloide sowie Spuren- und Schadstoffe bezogen auf die Mittelwerte 2001-2010 der vorliegenden Messwerten zu den Messstellen auf der Ebene 3 – GWK. Fett markiert sind jeweils Überschreitungen zu Grunde gelegter Grenz-, Schwellen- und Orientierungswerte in den jeweiligen Grundwasserkörpern.

Tab. 57: Übersicht der Ergebnisse ausgewählter Schwermetalle und Metalloide sowie Spuren- und Schadstoffe auf Ebene 3 – GWK

GWK	As (µg/l)	Cd (µg/l)	Cu (µg/l)	Ni (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	Hg (µg/l)	ΣPSM (µg/l)
SW - Schwellenwert nach GrwV (2010)	10	0,5			10		0,2	0,5
GFS - Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA (2004)	10		14	14	7	58	0,2	0,5
4_2104	0,8	<0,2	<2	<2	1,3	<10	0,025	<0,05
4_2105	0,8	<0,2	<2	1,4	0,8	7	0,023	<0,05
4_2106	<0,5	<0,2	<2	<2	<1	65	0,032	2,92
4_2107	0,5	<0,2	<2	1,4	1,4	7	0,025	<0,05
4_2108	<0,5	<0,2	<2	<2	3,0	43	0,025	<0,05
5_0307	n. b.							
5_0310	<0,5	<0,2	<2	<2	<1	<10	0,024	<0,05
5_0311	0,6	0,32	<2	5,2	<1	12	0,026	<0,05
5_0312	4,1	<0,2	4,8	6,6	1,4	5	0,026	<0,05
EL 3-1	3,0	0,13	1,6	10	1,0	13	0,025	0,1
EL 3-2	2,3	<0,2	2,4	4,4	0,9	9	0,029	1,95
EL 3-3	1,8	0,1	<2	2,7	0,8	16	0,025	0,38
EL 3-4	1,9	0,16	<2	3,5	0,7	10	0,025	0,02
EN 1	2,2	0,15	<2	6,1	0,7	8	0,026	0,19
EN 2	<0,5	<0,2	1,9	1,9	0,9	11	0,025	0,05
EN 3	0,6	0,1	1,0	3,9	2,2	15	0,026	0,1
Hav_DJ_1	0,6	<0,2	<2	<2	1,2	<10	0,025	<0,01
HAV_UH_4	2,5	<0,2	<2	3,2	0,8	7	0,025	<0,05
HAV_UH_5	0,6	0,18	1,1	<2	1,1	42	0,032	0,16
HAV_UH_6	1,6	0,12	2,2	11	0,7	290	0,025	0,03
HAV_UH_7	0,8	0,48	1,5	3,9	6,8	1.200	0,025	0,49
HAV_UH_8	<0,5	<0,2	<2	<2	0,8	<10	0,025	<0,05
MBA 1	3,0	<0,2	2,5	3,6	0,8	8	0,024	0,02
MBA 2	0,7	0,16	1,1	<2	2,3	110	0,024	0,17
MBA 3	1,2	0,12	1,5	2,0	1,2	63	0,027	0,14
MBA 4	8,4	0,15	3,1	9,4	<1	11	0,028	0,06
NI10_03	0,7	0,09	1,0	<2	1,0	20	0,025	0,11
NI10_04	1,3	<0,2	1,3	1,3	0,7	7	0,025	0,01
OT 1	4,3	0,13	1,0	1,3	0,9	9	0,025	0,5
OT 2	0,8	0,1	1,6	2,0	0,9	78	0,025	0,04
OT 3	1,2	0,1	<2	1,7	0,8	11	0,026	0,02
OT 4	2,5	0,15	<2	6,6	2,3	9	0,025	0,1
OT 5	0,3	<0,2	1,0	1,4	1,0	6	0,024	0,17
SAL GW 008	0,4	0,1	1,3	1,4	0,9	7	0,024	0,21
SAL GW 011	0,5	<0,2	1,7	<5	0,7	7	0,025	0,01
SAL GW 012	2,4	<0,2	1,1	2,4	1,0	9	0,025	<0,05
SAL GW 013	<0,5	<0,2	<2	<2	<1	<10	0,025	0,03
SAL GW 014	3,7	0,27	1,5	7,7	1,1	64	0,034	0,14
SAL GW 014a	3,5	0,1	2,2	3,0	<1	7	0,025	0,4
SAL GW 15	1,1	0,1	1,5	2,7	1,4	11	0,043	0,07
SAL GW 016	1,4	<0,2	<2	1,8	<1	6	0,025	0,04
SAL GW 017	1,1	0,1	1,1	2,8	<1	9	0,025	0,04
SAL GW 018	0,3	<0,2	1,4	4,4	0,9	6	0,025	0,02
SAL GW 019	1,8	0,09	1,0	<2	0,7	7	0,024	0,1

GWK	As (µg/l)	Cd (µg/l)	Cu (µg/l)	Ni (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	Hg (µg/l)	ΣPSM (µg/l)
SW - Schwellenwert nach GrwV (2010)	10	0,5			10		0,2	0,5
GFS - Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA (2004)	10		14	14	7	58	0,2	0,5
SAL GW 020	0,5	0,11	2,5	1,6	1,0	20	0,026	1,69
SAL GW 021	4,5	0,13	1,5	1,8	0,7	48	0,025	0,01
SAL GW 022	2,7	0,11	1,5	16	0,7	8	0,026	22,4
SAL GW 023	3,4	<0,2	<2	5,6	0,8	170	0,025	0,09
SAL GW 034	2,9	0,12	3,0	2,3	1,0	11	0,029	0,53
SAL GW 036	11	<0,2	<2	<2	0,6	8	0,025	<0,05
SAL GW 038	2,0	0,09	11,7	1,3	0,7	15	0,024	<0,05
SAL GW 039	0,9	1,2	<2	3,5	2,9	260	0,038	0,02
SAL GW 040	3,0	<0,2	<2	<2	<2	6	0,023	0,02
SAL GW 041	0,9	0,2	1,6	2,2	0,8	42	0,027	0,05
SAL GW 042	0,7	0,11	2,8	4,1	0,7	8	0,028	0,09
SAL GW 048	0,4	<0,2	3,0	3,4	0,7	8	0,025	<0,05
SAL GW 051	0,9	<0,2	2,9	2,8	<2	11	0,025	0,001
SAL GW 059	6,1	0,1	1,0	6,7	<2	13	0,025	0,05
SAL GW 061	2,0	<0,2	1,1	1,5	0,6	25	0,025	0,04
SAL GW 062	3,0	0,18	7,7	15	11	17	0,025	<0,02
SAL GW 063	0,4	<0,2	1,4	<2	<2	11	0,025	0,08
SAL GW 064	1,5	0,8	<2	7,8	<2	530	0,035	0,01
SAL GW 065	1,7	0,09	1,5	1,8	0,8	7	0,028	0,38
SAL GW 066	1,3	<0,2	<2	2,1	1,7	12	0,079	11,6
SAL GW 067	1,2	<0,2	1,3	2,2	0,8	10	0,026	0,13
SE 4-2	1,3	<0,2	<2	2,7	<2	12	0,025	0,06
SE 5	0,8	0,15	1,2	6,6	0,7	15	0,024	0,01
VM 2-1	1,3	0,3	1,8	34	1,3	59	0,026	0,04
VM 2-2	0,3	<0,2	<2	<2	0,9	7	0,025	0,06
VM 2-3	2,2	0,18	1,8	17	0,6	34	0,026	0,004
VM 2-4	13	<0,2	1,9	5,7	0,7	12	0,025	<0,05

Bei den Schwermetallen liegen vereinzelt Überschreitungen der Schwellenwerte bei **Arsen**, **Nickel** und **Blei** (SAL GW 062 mit 11 µg/l) vor. Als mögliche Ursachen ist das Vorkommen dieser Stoffe als Begleitmineral bzw. in phosphatischen Mineraldüngern in Betracht zu ziehen. Bei **Quecksilber** sind vereinzelte Nachweise, jedoch unterhalb des Schwellenwertes, feststellbar. Zum Teil deutlich über den GFS-Wert liegende **Zinkkonzentrationen** wurden in mehreren GWK ermittelt, und zwar in den GWK 4_2160, GWK HAV_UH 6, HAV_UH 7, MBA 2, MBA 3, OT 2, SAL GW 014, SAL GW 023, SAL GW 039, SAL GW 064 und VM 2_1. Neben dem Vorkommen als Begleitmineral und dem Austrag aus Altlasten können hohe Zinkwerte an Altmessstellen durch den Ausbau mit verzinktem Stahl verursacht werden.

Diffuse Belastungen sind hinsichtlich der **PSM** festzustellen. Befunde wurden praktisch in allen GWK festgestellt. Der Schwellenwert der GrwV ist in 7 Grundwasserkörpern zum Teil erheblich überschritten. Zu verweisen ist im Einzelnen auf folgende Grundwasserkörper: **GWK 4_2106** (Bentazon / Ummendorf), **GWK EL 3-2** (Lenacil / Piesteritz), **OT 1** (Metolachlor), **GWK SAL GW 066** (Bentazon / Neuwegersleben), **GWK SAL GW 022** (Bentazon / Reinsdorf 1/06), **GWK SAL GW 020** (Bentazon / Sylbitz), (Bentazon / Bageritz) und **GWK SAL GW 034** (Desethylatrazin / Nebra 1/02).

Die häufigsten Schwellenwertüberschreitungen werden durch Bentazon, untergeordnet auch durch Triazinverbindungen bzw. deren Metabolite (Altwirkstoffe), verursacht. Belastungen, die aus den Altwirkstoffen DDT und HCH herrühren, haben aktuell keine Relevanz mehr.

4.6 Auswertung auf Landkreis-Ebene

Sachsen-Anhalt ist administrativ in elf Landkreise und drei kreisfreie Städte (Tab. 58) gegliedert.

Tab. 58: Landkreise und kreisfreie Städte in Sachsen-Anhalt

Landkreise		kreisfreie Städte
Altmarkkreis	Wittenberg	Magdeburg
Stendal	Anhalt-Bitterfeld	Dessau-Roßlau
Börde	Mansfeld-Südharz	Halle/Saale
Jerichower Land	Saalekreis	
Harz	Burgenlandkreis	
Salzlandkreis		

Die Relevanz der im Kapitel 2.5 beschriebenen Belastungspotenziale auf Landkreis-Ebene wird im Folgenden umrissen.

Versauerung

Messstellen, in denen maßgeblich Versauerungsprozesse festgestellt wurden, befinden sich in folgenden Landkreisen bzw. kreisfreien Städten (unter Angabe der betreffenden Messstellen):

- Altmarkkreis (Klein Chüden, Jävenitz ICE),
- Anhalt-Bitterfeld (Schlaitz, Gossa),
- Jerichower Land (Zerben),
- Saalekreis (Bad Lauchstädt, Zöschen),
- Stadt Dessau (Dessau-Waldersee, Kleutsch),
- Stendal (Colbitz 27/93 OP, Colbitz 14/93 OP) und
- Wittenberg (Wörpen, Radis).

Nitratbelastungen

Messstellen, in denen maßgeblich Nitratbelastungen (> Schwellenwert gemäß GrwV) festgestellt wurden, befinden sich in folgenden Landkreisen bzw. kreisfreien Städten:

- Altmarkkreis (Cheine – Güte, Rappin (2010), Dambeck),
- Anhalt-Bitterfeld (Thalheim_neu, Wulfen, Reinsdorf 01/06, Quetzdölsdorf, Libbesdorf, Edderitz),
- Börde (Uthmöden, Bhf. Loitsche_neu, Ellersell – Güte, Wedringen - Kanal Süd, Hornhausen BR 2a, Eimersleben, Ummendorf, Mammendorf/Eichenbarleben 5/03),
- Burgenlandkreis (Memleben 1/02, Baumersroda, Städteborn Mallendorf),
- Jerichower Land (Pietzpuhl – Güte, Paplitz OP),
- Saalekreis (Rothenburg, Wedringen - Kanal Süd, Wettiner Quelle, Hottentottenborn, Sylbitz),
- Salzlandkreis (Könnern),
- Stendal (Krevese, Wanzer),
- Mansfeld-Südharz (Adelheidsquelle, Nonnenborn)
- Magdeburg (MD - Blumenbergerstr.).

Erwartungsgemäß befindet sich die Mehrzahl der nitratbelasteten Messstellen in ländlichen Gebieten mit landwirtschaftlicher Flächennutzung. Es muss insgesamt von diffusen Verunreinigungen durch Nitrat im Grundwasser ausgegangen werden.

PSM-Belastungen

Messstellen, in denen maßgeblich PSM-Belastungen (> Schwellenwert GrwV) festgestellt wurden, befinden sich in folgenden Landkreisen bzw. kreisfreien Städten:

- Anhalt-Bitterfeld (Reinsdorf 01/06),
- Börde (Wulferstedter Quelle, Ummendorf, Neuwegersleben, Hornhausen BR 2a),
- Burgenlandkreis (Nebra 1/02),
- Jerichower Land (Pietzpuhl – Güte),
- Saalekreis (Hottentottenborn, Sylbitz) und

- Wittenberg (Boßdorf, Dorna, Piesteritz)

Im Bereich der Messstellen Reinsdorf 01/06 und Neuwegersleben ist von einer signifikanten Belastung des Grundwassers mit PSM auszugehen.

Versalzung

Messstellen, in denen maßgeblich Versalzungen (> Schwellenwert GrwV) festgestellt wurden, befinden sich in folgenden Landkreisen bzw. kreisfreien Städten:

- Anhalt-Bitterfeld (Badetz - GWBr_neu),
- Börde (Hornhausen 2, Remkerslebener Quelle, Hornhausen 1),
- Burgenlandkreis (Memleben 1/02, Bad Kösen-Kukulau),
- Harz (Radiumquell),
- Saalekreis (Solequelle Kloschwitz, Trebnitz 101/96),
- Salzlandkreis (Plötzkau) und
- Mansfeld-Südharz (Erdeborn UP, Aseleben UP, Aseleben OP, Friedeburg, Erdeborn MP, Seegen Gottes Stollen, Geestgottberg-Krüden).

Während im Norden des Landes das Grundwasser grundsätzlich salzärmer einzuschätzen ist, ist es im Süden Sachsen-Anhalts aufgrund geogener und anthropogener Faktoren insbesondere im Festgesteinsbereich mit anstehendem Zechstein stark Salzgeprägt. Auswirkungen des ehemaligen Kupferschieferbergbaus in der Mansfeld-Sangerhäuser Mulde sind verantwortlich für sehr hohe Salzkonzentrationen im Landkreis Mansfeld-Südharz.

Schwermetall- und Metalloidbelastungen

Messstellen, in denen maßgeblich Schwermetall- und Metalloidbelastungen (> Schwellenwerte GrwV bzw. > GFS-Werte nach LAWA) festgestellt wurden, befinden sich in folgenden Landkreisen bzw. kreisfreien Städten. In Tab. 59 ist jeweils die Anzahl der Messstellen mit Schwellenwertüberschreitungen angegeben:

Tab. 59: Schwermetall- und Metalloidbelastungen auf Landkreis-Ebene (Anzahl der Messstellen mit Schwellenwertüberschreitungen)

	Cu	Ni	Pb	Cd	Zn	As	Sb	Mo	Co	Se	Tl	U	V
Altmarkkreis				1	2	3							2
Anhalt-Bitterfeld	1	3		1		4			5			1	
Börde			1	1	2						1	5	3
Burgenlandkreis	1	2	1		2	2			1		2	5	1
Dessau-Roßlau		2			2				2			1	
Jerichower Land			1	2	8				1			1	
Harz		1		1	2		1		1	1		1	
Halle			1						1	1		1	1
Magdeburg		3			1	1			2			3	1
Mansfeld-Südharz	1	1	2	4	8	6	2	1		1	1	9	4
Saalekreis	1	2			4	1						10	2
Salzlandkreis			1		1	2				1		2	1
Stendal	1	2	3	2	6	2			1				3
Wittenberg		2		1	1	2			5				4

Erwartungsgemäß zeigt der Landkreis Mansfeld-Südharz eine hohe Anzahl erhöhter Schwermetall- und Metalloidwerte.

4.7 Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit in Sachsen-Anhalt

4.7.1 Einflussfaktoren der Grundwasserbelastungen in Sachsen-Anhalt

Die Beschaffenheit des Grundwassers in Sachsen-Anhalt ist durch den geogenen Hintergrund geprägt und anthropogen beeinflusst.

Ausgehend von den im Kapitel 2.5 beschriebenen möglichen Belastungsquellen für das Grundwasser sind im Ergebnis der Auswertung der Beschaffenheitsdaten aus den Jahren 2001 bis 2010 vor allem folgende Einflussfaktoren qualitativ und quantitativ weitergehend untersetzt worden:

- Versauerung,
- Versalzung,
- Landwirtschaftliche Flächennutzung

Neben diesen bereits genannten und hinsichtlich ihrer Relevanz hervorzuhebenden Einflussfaktoren auf die Grundwasserbeschaffenheit spielen auch der Bergbau (aktiver Bergbau und Sanierungsbergbau, vor allem Braunkohle und Salz) und Altlasten eine nicht unwesentliche Rolle, wenn es um anthropogen beeinflusstes Grundwasser in Sachsen-Anhalt geht.

Weitere Einflussfaktoren, die bisher nicht weiter qualitativ und quantitativ untersetzt werden können, sind die Faktoren Siedlung und Verkehr.

Entsprechend den Bewertungsergebnissen können die Einflussfaktoren folgendermaßen spezifiziert werden:

- **Versauerung** – Einflüsse entstehen durch die Bildung sauren Wassers in Folge Bergbau und durch die Waldversauerung (überwiegende Unterschreitung des Grenzwertes von pH 6,5, der als „Initialstadium der Grundwasserversauerung im Lockergestein“ postuliert wird).
- **Salinare Beeinflussung** – Nachweis geogener Versalzung mit Chlorid und Sulfat, insbesondere im Zechstein: Durch aufsteigendes Grundwasser erfolgt Versalzung weiterer Grundwasserleiter wie Unterer Buntsandstein und Tertiär. Außerdem besteht eine anthropogen verursachte salinare Beeinflussung in Gebieten des Salzbergbaues.
- **Diffuse Beeinflussung durch Alkalien und Erdalkalien** – Lokal hohe Konzentrationen bei Kalium und Natrium liegen mit Verweis auf SCHLEYER & KERNDORFF (1992) sowie HYDOR (2008) im Übergangsbereich zwischen geogenem Hintergrund und anthropogener Beeinflussung. Diese Belastungen sind ursächlich an die Salzbelastungen gebunden.
- **Diffuse Belastung durch landwirtschaftliche Flächennutzung** – Konzentrationen bei den Leitparametern Nitrat und Ammonium über dem jeweiligen Schwellenwert der GrwV: In einigen Grundwasserkörpern liegen die Nitratkonzentrationen 3-fach über dem Schwellenwert und zeigen keinen fallenden Trend. Wiederholte Überschreitungen des Schwellenwertes bei PSM stehen in Verbindung mit erhöhten Nährstoffgehalten (Nitrat und Ammonium). PSM-Eintrag kann sowohl landwirtschaftlich bedingt sein als auch in räumlicher Nähe zu Siedlungsgebieten vorkommen.
- **Lokale diffuse Belastung mit Schwermetallen** – In einigen Regionen treten Belastungen mit ausgewählten Schwermetallen auf, wie Kobalt, Antimon, Zink und Uran. Deren Vorkommen ist vor allem geogen aber auch durch (Alt-) Bergbau verursacht. Es besteht auch die Möglichkeit des flächigen diffusen Eintrages mit Düngemitteln, wo Schwermetalle nicht selten als Begleitelemente enthalten sind.
- **Abwasserbasierte Einflüsse** – Kommunales Abwasser: Phosphor_{gesamt} als Indikator für kommunales Abwasser (und die landwirtschaftliche Düngung) sowie Bestimmung von Bor in Konzentrationen über dem Geringfügigkeitsschwellenwert.
- **Industrielle Beeinflussung** – Grenzwertüberschreitung bei organischen Verbindungen anthropogenen Ursprungs oder von Metallen.

Die Spezifizierung der Einflussfaktoren **Bergbau** und **Altlasten** (Altablagerungen und Altstandorte) erfolgt gesondert im Kapitel 4.8.

Nachfolgende Tab. 60 beinhaltet die Darlegung der Belastungen auf Ebene der GWK:

Tab. 60: Zusammenfassung der Belastungen auf GWK-Ebene

GWK	Diffuse Belastungen			Geogene Vorbelastung (Versalzung)		Versauerung	Abwasserbasierter Einfluss (und landwirtschaftliche Düngung), ausgedrückt über Gesamtphosphor und Bor
	NO3	NH4	∑PSM	Cl	SO4	pH	PO4 / B
4_2104							
4_2105	x						
4_2106	x		X				
4_2107							
4_2108			x				
5_0307							
5_0310	X						
5_0311		x				x	
5_0312	x						x
EL 3-1						x	
EL 3-2	x		X			x	x
EL 3-3						x	
EL 3-4		x				X	
EN 1					x		
EN 2							
EN 3	x				x		
Hav_DJ_1							
HAV_UH_4							
HAV_UH_5	x	X					
HAV_UH_6	x	X					
HAV_UH_7							
HAV_UH_8		x					
MBA 1							x
MBA 2							
MBA 3	x	X					
MBA 4		x					x
NI10_03		x					
NI10_04							
OT 1		x					
OT 2	x						
OT 3		x					
OT 4	X				x		
OT5	X						
SAL GW 008							
SAL GW 011	X				x		
SAL GW 012							
SAL GW 013	x						
SAL GW 014		x		X	x		
SAL GW 014a		X			x		
SAL GW 15					x		
SAL GW 016					x		
SAL GW 017	x	X		x	x		
SAL GW 018							
SAL GW 019	x						

GWK	Diffuse Belastungen			Geogene Vorbelastung (Versalzung)		Versauerung	Abwasserbasierter Einfluss (und landwirtschaftliche Düngung), ausgedrückt über Gesamtphosphor und Bor
	NO ₃	NH ₄	∑PSM	Cl	SO ₄	pH	PO ₄ / B
SAL GW 020	X		X		x		
SAL GW 021		x		x	x		
SAL GW 022			X				
SAL GW 023		x			x	x	
SAL GW 034	X		x	X	x		
SAL GW 036							
SAL GW 038					x		
SAL GW 039							
SAL GW 040							
SAL GW 041				x	x		
SAL GW 042					x		
SAL GW 048					x		
SAL GW 051					x		
SAL GW 059		X			x	x	
SAL GW 061					x		
SAL GW 062				x	X		x
SAL GW 063					x		
SAL GW 064							
SAL GW 065					x		
SAL GW 066	x	x	X	X	x		
SAL GW 067	x	X					
SE 4-2							
SE 5							
VM 2-1						X	
VM 2-2					x		
VM 2-3		x				x	
VM 2-4		x			x	x	

Die Auswertung zeigt Belastungen oberhalb der Schwellenwerte mit Nitrat in 20 GWK, mit Ammonium in 20 GWK und mit PSM in 7 GWK.

Bei der Auswertung auf der GWK Ebene zeigen sich folgende Besonderheiten:

- teilweise werden GWK durch lokale Auffälligkeiten insgesamt als belastet eingeschätzt (wie z. B. EL 3-2 / PSM),
- teilweise werden flächige Belastungen statistisch weggemittelt (wie z. B. SAL GW 022 / Nitrat).

4.7.2 Vergleich mit den Ergebnissen des Grundwassergüteberichtes 1997 bis 2001

Im Gütebericht von 1997-2001 erfolgte die Bewertung der Grundwasserdaten auf der Ebene der Grundwasserlandschaften.

Im aktuellen Gütebericht wird zunächst im Überblick eine landesweite Auswertung der Grundwasserdaten vorangestellt. Nachgeführt wird anschließend die Aus- und Bewertung auf den drei Ebenen Hydrogeologische Bezugseinheit (BZE), Grundwasserleiter (GWL) und Grundwasserkörper (GWK), ergänzt um weitere Aussagen zur administrativen Ebene der Landkreise. Die Nutzung unterschiedlicher Bewertungs-

ebenen lässt, wenn überhaupt, nur eine eher sehr grobe Vergleichbarkeit der Ergebnisse der beiden Berichte zu.

Zudem basierte der Gütebericht 1997-2001 auf der Auswertung von lediglich 122 Beschaffenheitsmessstellen (117 Grundwassermessstellen, vier Quellen und ein Stollen), während für die aktuelle Auswertung Daten von 464 Gütemessstellen zur Verfügung standen. Daneben bezog der Gütebericht 1997-2001 75 Messstellen aus dem Sondermessnetz Nitrat zur Erfassung diffuser Einträge in Gebieten mit landwirtschaftlicher Nutzung ein.

Aus den vorgenannten Gründen wird auf einen Vergleich der Ergebnisse des ersten mit dem aktuellen Berichtszeitraum an dieser Stelle verzichtet.

4.8 Ergebnisse der Grundwasserüberwachung Dritter

4.8.1 Braunkohlebergbau

Die Bergbausanierungsunternehmen sind im Rahmen der Sicherung/ Sanierung der Tagebaurestlöcher per Planfeststellungsbeschluss zum Monitoring der Oberflächen- und Grundwässer bis zur Einstellung sich weitgehend selbst regulierender Wasserhaushalte verpflichtet. Die Flutung der Tagebaurestlöcher vollzog sich in Sachsen-Anhalt im Wesentlichen im vergangenen Jahrzehnt. Die Bewertung der Entwicklung der Grund- und Oberflächenwasserbeschaffenheiten erfolgt auf der Grundlage eines montanhydrologischen Messnetzes der Sanierungsbeauftragten. Das Land betreibt keine Grundwassergütemessstellen im unmittelbaren Einflussbereich der Tagebaurestlöcher/ -seen. Beispielhaft sind im Folgenden die Kenndaten der flächenmäßig größten, planfestgestellten Tagebaue Goitsche, Golpa-Nord, Gröbern, Mücheln-Geiseltal und Großkayna genannt.

1. Tagebaurestlochkomplex Goitsche (einschließlich TRL Rösa und Holzweißiger Restlöcher), heute Goitschesees, Seelhausener See und Holzweißiger Seen

Größe des Großen Goitschesees: 1.330 ha Wasserfläche

Anzahl der GW-Güte-Messstellen im Sondermessnetz: ca. 150 MST, verfiltert in den quartären, tertiären und Kippen-GWL

Risikopotential: Das abströmende Grundwasser zeigt stark erhöhte Konzentrationen an Sulfat, Kalzium und Eisen und ist betonangreifend. Das Grundwasser ist mit einigen lokalen Ausnahmen (nördliches Ufer Goitschesees, Holzweißiger Kippenkomplex) karbonatreich und gut gepuffert. Eine Tendenz zur Versauerung wird seit einigen Jahren im Bereich der Holzweißiger RL/ Stadtgebiet beobachtet. Die Phosphorgehalte im Gebiet sind generell erhöht. Die Besonderheit im Abstrombereich des Goitschesees in Richtung Muldeau besteht in der Überlappung des bergbaubeeinflussten Grundwassers mit dem durch die Chemiealtlasten kontaminierten Grundwasser (chlororganische Schadstoffe).

Zielstellung der Sonderuntersuchungen: Beobachtung der Entwicklung der GW-Beschaffenheit in den Kippengrundwasserleitern und im Umfeld der Tagebaurestlöcher

2. Tagebaurestloch Golpa-Nord, heute Gremminer See

Größe des Gremminer Sees bei erreichtem Endwasserstand: 535 ha Wasserfläche

Anzahl der GW-Güte-MST im Sondermessnetz: 26 GW-Güte-MST

Risikopotential: Das abströmende Grundwasser ist schwach sauer, stark eisenhaltig (>10 mg/l), weist ein reduzierendes hydrochemisches Milieu und eine gute Pufferung gegen Säureinträge auf (sauerstoffarm, karbonatreich). Mittlere Salzgehalte werden durch Sulfat (ca. 500 mg/l) und Kalzium dominiert. Erhöhte Schwermetall- (Arsen, Nickel, Zn) und P-gehalte werden nachgewiesen.

Zielstellung der Sonderuntersuchungen: Beobachtung der Entwicklung der GW-Beschaffenheit in den Kippen-GWL und im Umfeld der Tagebaurestlöcher

3. Tagebaurestloch Gröbern, heute Gröberner See

Größe des Gröberner Sees bei erreichtem Endwasserstand: 354 ha Wasserfläche

Anzahl der GW-Güte-MST im Sondermessnetz: 18 GW-Güte-MST, verfiltert im Quartär und Tertiär

Risikopotential: Das Grundwasser zeichnet sich durch ein geringes Versauerungspotential aus. Die Eisen- und Sulfatkonzentrationen liegen mit Ausnahme des unmittelbaren Kippeneinflussbereiches im mittleren, erhöhten Bereich (Eisen < 10 mg/l, Sulfat ca. 400 mg/l). Die Hintergrundbeschaffenheit des Grundwassers im Einflussbereich des Gröberner Sees ist in Übereinstimmung zum angrenzenden ehemaligen TRL-komplex Golpa-Nord durch erhöhte P-Gehalte gekennzeichnet. Lokal werden deutliche Schwermetallfrachten freigesetzt (Arsen).

Zielstellung der Sonderuntersuchungen: Beobachtung der Entwicklung der GW-Beschaffenheit in den Kippen-GWL und im Umfeld der Tagebaurestlöcher

4. Tagebaurestloch Mücheln, heute Geiseltalsee

Größe des Geiseltalsees bei erreichtem Endwasserstand: 1842 ha Wasserfläche

Anzahl der GW-Güte-MST im Sondermessnetz zum Monitoring Geiseltalsee: 75 GW-Güte-MST, verfiltert im Lockergestein (Quartär/Kippe und Tertiär) und Festgestein (Muschelkalk, Oberer Buntsandstein, Mittlerer Buntsandstein)

Risikopotential: Das Risikopotential besteht in den Altablagerungen/Deponien und Altstandorten, die sich im Zustrom des Geiseltalsees sowie im See befinden. Auswirkungen auf die Grundwasserbeschaffenheit durch einen möglichen Schadstoffaustrag (MKW, PAK, BTEX, MBAS) im Zuge des Grundwasserwiederanstieges können im Ergebnis eines altlastenbezogenen Grundwassermonitorings gegenwärtig aber ausgeschlossen werden. Das Grundwasser besitzt eine ausreichende Pufferkapazität, so dass keine Versauerungsgefahr besteht. Es ist sauerstoffarmes, karbonatreiches Grundwasser mit durchschnittlich hohen Salzgehalten und überwiegend niedrigen N- und P-Gehalten. Lokal werden sehr hohe Eisengehalte festgestellt.

Zielstellung der Untersuchungen: Beobachtung der Entwicklung der GW-Beschaffenheit der Locker- und Festgesteinsgrundwasserleiter im Umfeld des Tagebaurestloches.

5. Tagebaurestloch Großkayna, heute Runstedter See

Größe des Runstedter Sees bei erreichtem Endwasserstand: 230 ha Wasserfläche

Anzahl der GW-Güte-MST im Sondermessnetz zum Monitoring Runstedter See: 41 GW-Güte-MST, verfiltert im Lockergesteinsstockwerk (Quartär/Kippe und Tertiär) sowie im Festgesteinsstockwerk (Oberer und Mittlerer Buntsandstein)

Risikopotential: Es besteht die Gefahr einer Beeinträchtigung des Grundwassers durch einen Austrag des Schadstoffes Ammonium aus der industriellen Spüldeponie (Reststoffe aus der Düngemitteldeponie) im Liegenden des Runstedter Sees. Das Grundwasser ist sehr gut gegen Säureinträge abgepuffert. Eine Versauerungsgefahr für das Grundwasser ist nicht zu besorgen. Es ist schwach bis mäßig salzhaltig. Lokal sind anthropogene Einflüsse (Abwasser, Gewerbe, Landwirtschaft) erkennbar. Lokal treten erhöhte Gehalte an Fe, Mn und As auf.

Zielstellung der Untersuchungen: Beobachtung der Entwicklung der GW-Beschaffenheit der Grundwasserstockwerke (Locker- und Festgestein) im Umfeld des Tagebaurestloches.

Weitere bedeutsame ehemalige Tagebaue, die sich noch heute im Güte-Monitoring verschiedener Betreiber befinden, sind Golpa III, Freiheit III, Köckern, Merseburg Ost (Raßnitzer und Wallendorfer See) u. a..

4.8.2 Kalibergbau

Standortbeschreibung

Der Standort des Kaliwerkes Zielitz sowie der seiner Nebenanlagen befinden sich ca. 25 km nördlich von Magdeburg in den Gemarkungen der Gemeinden Loitsche, Zielitz und Rogätz. Innerhalb der Flussgebietsgemeinschaft Elbe ist der Standort Zielitz dem Koordinierungsraum Mittlere Elbe/Elde (MEL) und speziell dem Grundwasserkörper OT 5 zu zuordnen.

Nachdem erste Bestrebungen zur bergbaulichen Nutzung der Kalivorkommen im Raum Zielitz im Jahr 1923 eingestellt wurden, begann die Kaliproduktion im Werk Zielitz im Jahr 1973. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand wird diese voraussichtlich bis Mitte dieses Jahrhunderts fortgeführt. Die Produktpalette des Werkes Zielitz umfasst die Herstellung von Kalidüngemitteln, hochreinem Industriekali sowie von Speisesalz auf KCl-Basis. Zusätzlich werden eine Untertagedeponie und eine Untertageverwertung betrieben.

Im Zusammenhang mit der Aufbereitung des Rohsalzes zu den von Beginn an weltweit exportierten Produkten wurden zunächst die Rückstandshalden 1 und 2 (Abb. 41) angelegt. In 2006 erfolgte eine Haldenkapazitätserweiterung (HKE).

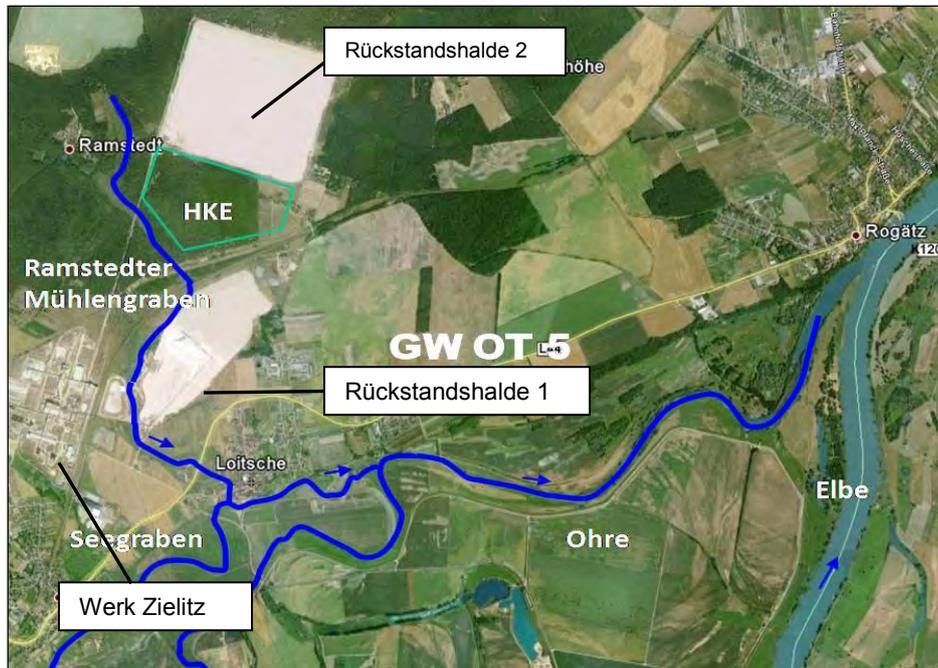


Abb. 41: Standort Werk Zielitz der K+S KALI GmbH mit den Rückstandshalden 1 und 2 sowie der Haldenerweiterung (HKE)

Auswirkungen auf das Grundwasser

Die rohstoffbedingt erforderliche Aufhaltung, des zu über 90 % aus Natriumchlorid bestehenden Rückstandes, führt zu einem Salzeintrag in das Grund- und Oberflächenwasser. Dieser wird durch den von den Rückstandshalden ausgehenden niederschlagsbedingten Eintrag salzhaltigen Sickerwassers in den quartären Grundwasserkörper hervorgerufen. Der Sickerwassereintrag hat eine flächige Ausbreitung der rückstandstypischen Inhaltsstoffe im Grundwasser zur Folge. Entsprechend der Hauptgrundwasserfließrichtung findet die Ausbreitung dieser Inhaltsstoffe im Grundwasserkörper OT 5 in östlicher Richtung statt. Gegenwärtig sind ca. 10-15 km² der Fläche des Grundwasserkörpers OT 5 durch die Salzwasser- ausbreitung beeinflusst.

Relevante Belastungsparameter

Charakteristisch für die Beschaffenheit des salzhaltigen Grundwassers sind die Inhaltsstoffe Chlorid, Natrium, Kalium, Magnesium, Sulfat und Calcium (Abb. 42). Mit zunehmendem Abstand zum Standort der Rückstandshalden verringert sich die Konzentration der salzhaltigen Inhaltsstoffe im Grundwasserkörper durch Verdünnung.

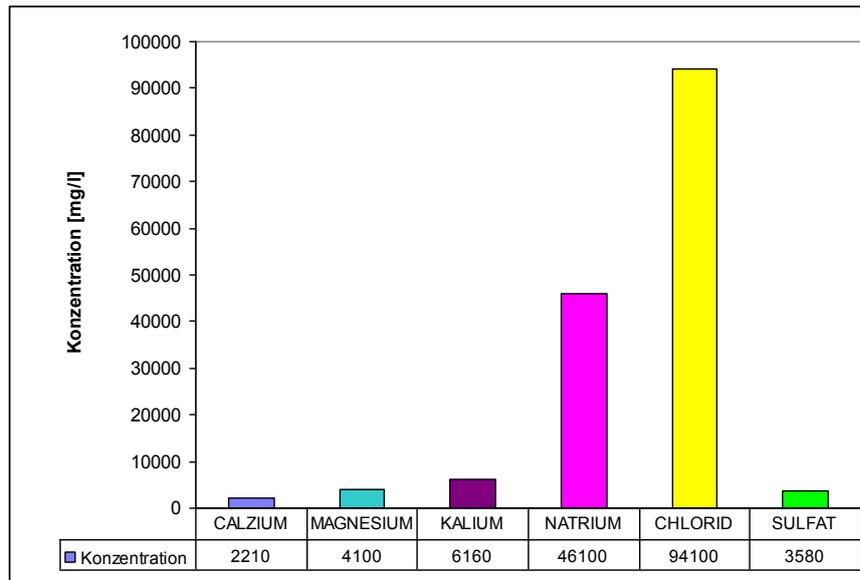


Abb. 42: Repräsentative Grundwasserbeschaffenheit im Haldennahbereich

Monitoringaktivitäten

Mit dem Beginn der Aufhaltung des bergbaulichen Abfalls im Jahr 1973 wurde ein anlagenbezogenes Grund- und Oberflächenwassersondermessnetz errichtet. Entsprechend der Dynamik des Salzwassereinflusses wird dieses quantitativ angepasst. Gegenwärtig umfasst das Sondermessnetz ca. 200 Einzelmessstellen an ca. 130 Standorten. Der Standort und der Ausbau der Messstellen (Abb. 43) sowie der zeitliche Rhythmus der Beprobung und Wasserstandsmessung erfolgen auf der rechtlichen Grundlage eines Sonderbetriebsplanes. Alle erfassten Daten werden jährlich ausgewertet. Sie bilden darüber hinaus die Grundlage für die Erstellung von Prognosemodellen.

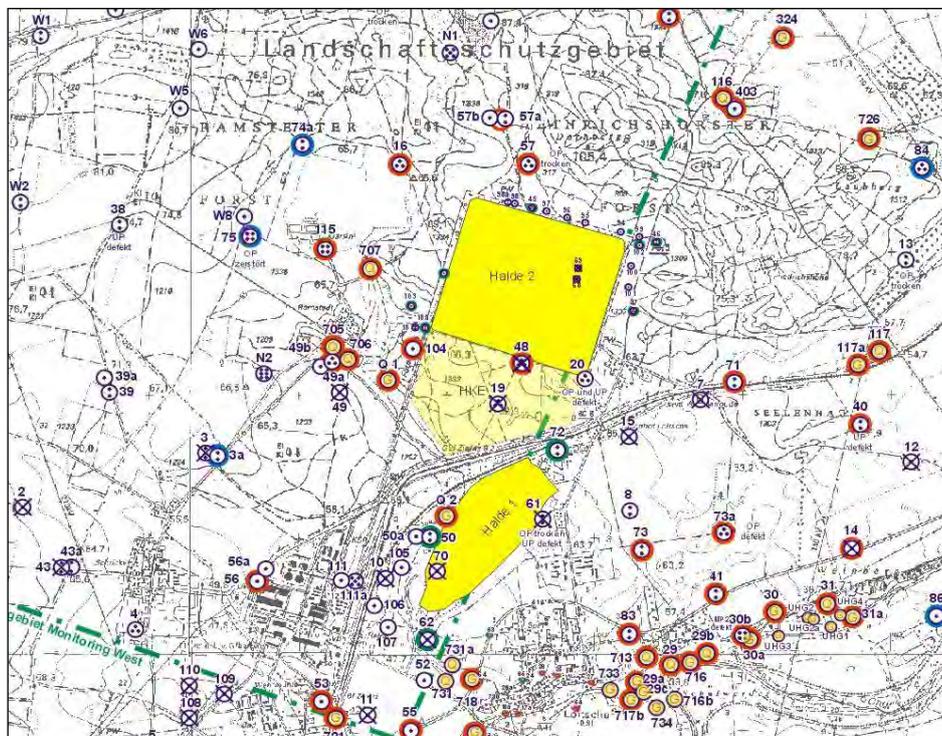


Abb. 43: Messstellenübersicht des anlagenbezogenen Grund- und Oberflächenwassersondermessnetzes Werk Zielitz der K+S KALI GmbH (Auszug)

Trendbetrachtung und Gesamteinschätzung

Der Eintrag salzhaltigen Sickerwassers in den Grundwasserkörper OT 5 wird im Nahbereich der Rückstandshalden durch technische Maßnahmen zur Wasserfassung reduziert. Das gefasste Sickerwasser wird im Rahmen einer wasserrechtlichen Erlaubnis in die Elbe eingeleitet. Anteilig findet am Haldenstandort trotz der Maßnahmen zur Wasserfassung auch weiterhin ein Salzeintrag in das Grund- und Oberflächenwasser statt. Dieser, wie auch die in die im Grund- und Oberflächenwasser bereits vorhandene haldenbürtige Salzfracht, führen jetzt und auch zukünftig zur Veränderung der chemischen Beschaffenheit im Grundwasserkörper OT 5.

Aus jetziger Sicht ist der Beginn einer Trendumkehr zeitlich nicht definierbar. Im Zusammenhang mit der Inanspruchnahme von Ausnahmeregelungen gemäß Wasserrahmenrichtlinie werden durch die K+S KALI GmbH technische Möglichkeiten weiterentwickelt und erprobt, die eine Reduzierung des Salzeintrages in die Gewässer – Grundwasser und Oberflächengewässer – zum Ziel haben.

4.8.3 Altlasten

Altlasten sind seit 20 Jahren ein wesentliches Thema im nachsorgenden Grundwasserschutz. Es wurden hierbei große Anstrengungen der öffentlichen Hand, durch Bund und Land, zur Verbesserung der Belastungssituation unternommen. Die vorhandenen Altlasten repräsentieren teilweise die Hinterlassenschaften aus 150 Jahren deutscher Industriegeschichte und militärischer Nutzung.

In diesem Kapitel werden schwerpunktmäßig die Untersuchungsergebnisse und Maßnahmeaktivitäten zu folgenden in Tab. 61 aufgeführten Standorten dargestellt:

Tab. 61: Ausgewählte Altlastenstandorte in Sachsen-Anhalt

Punktquelle	Landkreis	GWK
ÖGP Bitterfeld-Wolfen	Anhalt-Bitterfeld	VM 2-4
ÖGP Buna	Saalekreis	SAL GW 014a
ÖGP Leuna	Saalekreis	SAL GW 014a
ADDINOL	Saalekreis	SAL GW 014a
ÖGP Hydrierwerk Zeitz	Burgenlandkreis	SAL GW 059
ÖGP Mansfelder Land	Mansfeld-Südharz	SAL GW 014
ÖGP Magdeburg-Rothensee	Magdeburg, Landeshauptstadt	EN 3
WGT-Liegenschaft Kaserne Cracau	Magdeburg, Landeshauptstadt	EN 1
WGT-Liegenschaft Truppenübungsplatz Oranienbaum	Wittenberg	VM 2-1
WGT-Liegenschaft Flugplatz Merseburg	Saalekreis	SAL GW 014a
WGT-Liegenschaft Tanklager Dessau-Kleinkühnau	Dessau-Roßlau, Stadt	SAL GW 023
WGT-Liegenschaft Munitionslager Gerwisch	Jerichower Land	EN 1
WGT-Liegenschaft Flugplatz Köthen	Anhalt-Bitterfeld	SAL GW 022
WGT-Liegenschaft Truppenübungsplatz Altengrabow	Jerichower Land	HAV_UH_7
WGT-Liegenschaft Truppenübungsplatz Altmark	Börde	OT 2
WGT-Liegenschaft Fliegerhorst Gardelegen	Altmarkkreis Salzwedel	MBA 1
WGT-Liegenschaft Flugplatz Stendal-Borstel	Stendal	MBA 3
WGT-Liegenschaft Garnison Roßlau	Dessau-Roßlau, Stadt	EL 3-4
WGT-Liegenschaft Transportbataillon Klieken	Wittenberg	EL 3-4
WGT-Liegenschaft Tanklager und Übungsgelände Güssen / Rüstungsalast Sprengstofffabrik Güssen	Jerichower Land	HAV_UH_7
WGT-Liegenschaften Arsenal Kroppentalstraße	Burgenlandkreis	SAL GW 014

Eine Übersicht zur Lage der ausgewählten Standorte einschließlich der sog. WGT-Liegenschaften und des Kalibergbaustandortes Zielitz (siehe Kapitel 4.8.2) wird in Abb. 44 und in der Anlage 8 gegeben.

Die gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) für alle Grundwasserkörper (GWK) durchzuführende überblicksweise Überwachung hat zum Ziel, natürlich oder anthropogen bedingte Veränderungen der Grundwasserqualität zu erkennen und die Beurteilung von Trends in der Entwicklung von Schadstoffbelastungen zu ermöglichen.

Für diejenigen GWK, welche die flächenbezogene Relevanzschwelle von 10 % überschreiten (Flächenanteil des GWK in nicht gutem chemischen Zustand > 10 %), wird einmal jährlich ein operatives Monitoring umgesetzt. Dies betrifft den GWK SAL GW 014a (Merseburger Bundsandsteinplatte) mit den Ökologischen Großprojekten (ÖGP) Buna und Leuna, den Standorten Addinol und Flugplatz Merseburg sowie den GWK VM 2-4 (Bitterfelder Quartärplatte) mit dem ÖGP Bitterfeld-Wolfen.

Entsprechend dem in der Rahmenkonzeption zum Gewässermonitoring Sachsen-Anhalt beschriebenen Vorgehen kam für die vorgenannten GWK GWK SAL GW 014a und GWK VM 2-4 das Verfahren der Rasterzelleninterpolation zur Anwendung. Das heißt, für die Auswertung der Gütedaten aus dem Grundwassermonitoring erfolgte unter Berücksichtigung der standortspezifischen geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse, die Festlegung der Rasterzellengröße und der Verteilung der jeweiligen Rasterzellen.

Aus den vorhandenen Messwerten eines Belastungsparameters innerhalb einer Rasterzelle wird ein Mittelwert gebildet und mit den zugehörigen Geringfügigkeitsschwellen (GFS) verglichen (Tab. 62). Der Parameter mit der höchsten Überschreitung der GFS liefert das Maß für die jeweilige Bewertung einer Rasterzelle (Farbgebung):

Tab. 62: Wasserqualität im Verhältnis zur Höhe der GFS-Überschreitung, Farbgebung für die Rasterzellen

Wasserqualität	Wertebereiche	Farbgebung
sehr gut	<GFS	blau
gut	≥1 und <10	grün
mäßig	≥10 und <50	gelb
unbefriedigend	≥50 und <100	orange
schlecht	≥100	rot

Die Anzahl der Rasterzellen mit Überschreitungen der Qualitätsnormen in Verbindung mit der Höhe der Überschreitung ermöglicht den Überblick über die von Jahr zu Jahr erfolgte Änderung der Schadensverbreitung. Dies dient auch als Beurteilungsgrundlage für den Nachweis von Erfolgen der an den betreffenden Punktquellen durchgeführten Sicherungsmaßnahmen oder Quellensanierungen.

In den nachfolgenden Kapitel 4.8.3.1 bis 4.8.3.7 ist die Gewässergüteentwicklung der Altlasten in Grundwasserkörpern dargestellt, für die ein operatives Monitoring gemäß WRRL umgesetzt wird.

Im Kapitel 4.8.3.8 werden darüber hinaus die relevanten WGT-Liegenschaften beschrieben, für die ein überblicksweises Monitoring durchgeführt wird.

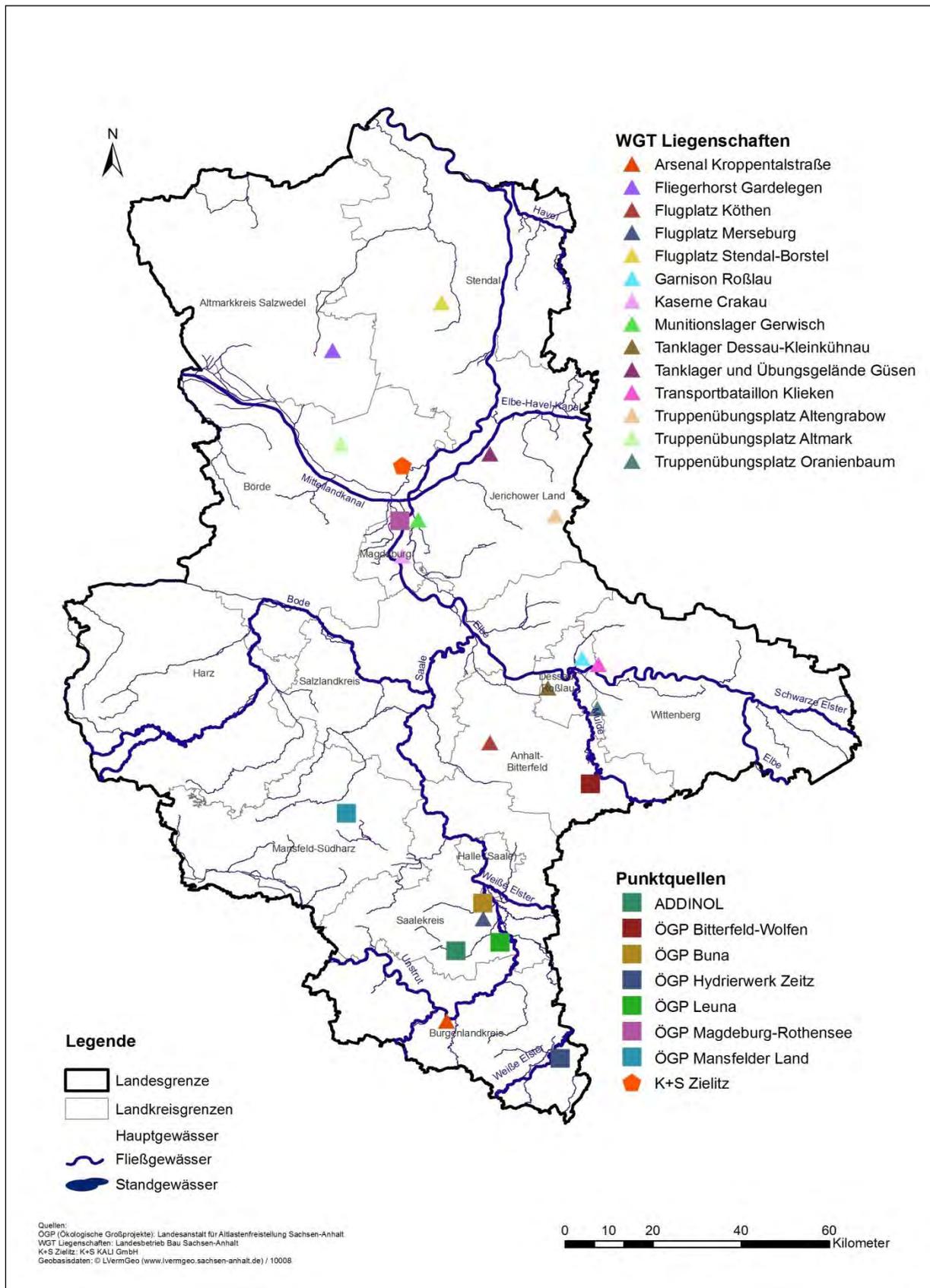


Abb. 44: Übersicht zur Lage der ausgewählten Altlastenstandorte

4.8.3.1 ÖGP Bitterfeld-Wolfen

Standortbeschreibung

Das Ökologische Großprojekt Bitterfeld-Wolfen umfasst die Betriebsflächen der ehemaligen Chemie AG Bitterfeld/Wolfen und der ehemaligen Filmfabrik Wolfen AG (Gesamtfläche ca. 12 km²). Insgesamt erstreckt sich der Beeinflussungsbereich des ÖGP im Grundwasser auf > 30 km², wobei auch Teile der Stadt Bitterfeld-Wolfen betroffen sind.

Die Industrialisierung der Region Bitterfeld-Wolfen begann mit der bergmännischen Förderung der Braunkohle ab 1839. Mit der Ansiedlung des ersten Betriebes der Chemieindustrie, einer Chloralkalielektrolyse, in 1893 entwickelte sich Bitterfeld ab diesem Zeitpunkt zu einem der größten deutschen Standorte der chemischen Industrie. Die Produktionspalette umfasste hunderte von chemischen Produkten. Insbesondere organische Lösemittel, Pflanzenschutzmittel, Säuren und Laugen gelangten in erheblichen Mengen in den Untergrund und damit in das Grundwasser. Wesentliche Schadstoffeintragsstellen waren neben den Produktionsflächen auch einige der im Umfeld vorhandenen Deponien und Absetzbecken, die meist innerhalb von Braunkohlerestflöchern angelegt und intensiv von der Chemieindustrie genutzt wurden. Im Rahmen von Gefahrenabwehrmaßnahmen wurden zwischen 1994 und 2006 in drei Abstrombereichen Brunnenriegel in Betrieb genommen, über die das stark kontaminierte Grundwasser gehoben und anschließend einer Behandlung, z. T. mit einer zusätzlich notwendigen Vorbehandlung, unterzogen wird, bevor es einem Vorfluter zugeführt werden kann.



Abb. 45: Schrägluftbild über Teile des ÖGP Bitterfeld-Wolfen, im Hintergrund Stadt Bitterfeld und das geflutete TRL Goitsche

Relevante Belastungsparameter im Grundwasser

Die unsachgemäße Handhabung, Entsorgung, diverse historisch belegte Unfälle sowie die ungeordnete Ablagerung von Chemieabfällen in Restlöchern der Braunkohle haben zu einer Belastung des quartären und tertiären Grundwasserleiters und der Kippenbereiche durch vor allem folgende Schadstoffe geführt:

- Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)
- Chlorbenzene (SHKW)
- Aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX)
- Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte (PSMBP)
- Chlorphenole
- Chlorbenzolsulfonsäuren
- Chloraniline.

Monitoringaktivitäten

Größe, Komplexität und steter Kenntniszuwachs haben zur Folge, dass sich das Grundwasser-Messnetz auch nach vielen Jahren der Standortbearbeitung noch in einem Optimierungsprozess befindet. Ziel ist es, das repräsentative Messnetz für das operative Monitoring bis 2013 weiter zu qualifizieren.

Gegenwärtig wird jährlich ein großräumiges Grundwasser-Qualitäts-Monitoring im gesamten ÖGP einschließlich eines Deponiemonitorings durchgeführt (Tab. 63). Hinzu kommen im 14-tägigen Rhythmus Grundwasserstandsmessungen an 40 Grundwassermessstellen (GWMS) im Zusammenhang mit der Grundwassermodellierung.

Tab. 63: Übersicht der Monitoringaktivitäten der Jahre 2001 und 2010

Jahr	Überwachung Grundwasserdynamik		Überwachung Grundwasserchemie	
	Anzahl der Messstellen	Überwachungsrythmus	Anzahl Messstellen	Überwachungsrythmus
2001	ca. 600	1 x jährlich großräumige Stichtagsmessung	ca. 420	1 x jährlich großräumiges GW-Qualitätsmonitoring für den Gesamtstandort ÖGP Bitterfeld-Wolfen, inkl. Deponiemonitoring
2010	ca. 460		ca. 320	

Weiterhin werden Daten im Rahmen von weiteren Projekten im Grundwasserkörper VM 2-4, wie dem Projekt Stadtsicherung Bitterfeld, der Chemieparksicherung, dem montanhydrologischen Monitoring der LMBV sowie bedarfsweise veranlassten, thematischen Sondermessprogrammen erfasst.

Für die am Standort ÖGP Bitterfeld-Wolfen besonders charakteristischen Schadstoffgruppen der leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffe (LHKW) und der Chlorbenzene werden in den nachstehenden Diagrammen Mittel- (Median-) und Extremwerte sämtlicher Grundwasserproben des Monitoringprogramms für den Zeitraum 2004 - 2010 dargestellt (Abb. 46). Trotz des uneinheitlichen Messnetzes liegt die Mehrheit der Daten über die Jahre insgesamt in einem relativ konstanten Konzentrationsbereich.

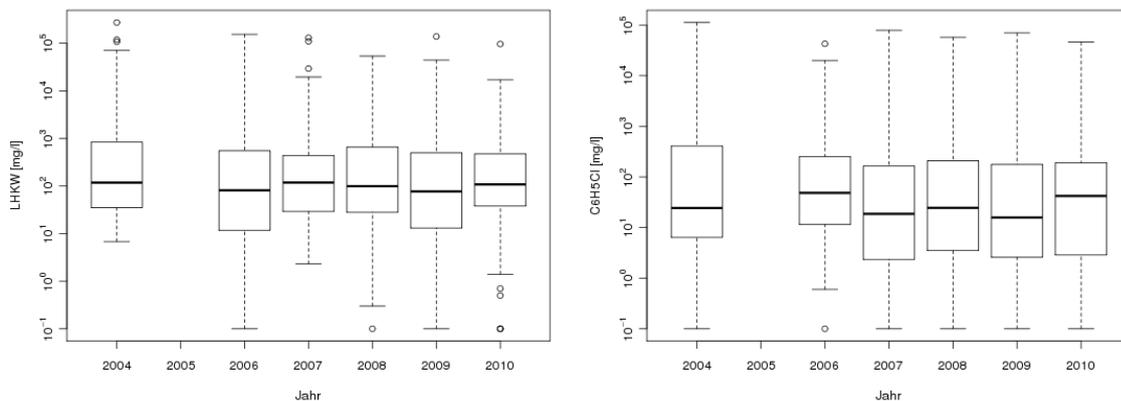


Abb. 46: Spannweiten der LHKW- und Chlorbenzen-Messwerte für das ÖGP Bitterfeld-Wolfen im Zeitraum 2004 - 2010

Trendbetrachtung und Gesamteinschätzung

Aufgrund der sehr hohen Komplexität des Gesamtstandortes mit einer i. W. bergbaubedingt stark variierenden Hydraulik in den vergangenen mehr als 100 Jahren und des gegenwärtig noch dynamischen Messnetzes wurde zum Zweck der Gesamtbeurteilung dieser komplexen Altlast und deren Einfluss auf den Zustand des gesamten Grundwasserkörpers ein speziell angepasstes Rasterzellenkonzept entwickelt. Mittels 137 Rasterzellen werden die ÖGP-Flächen und angrenzende Bereiche des GW-Zu- und Abstroms mit einer Gesamtfläche von 34,25 km² abgebildet.

Gemäß der Einteilung der GW-Qualitäten in Bezug auf die Überschreitung der GFS und einer dementsprechenden Farbgebung ergibt sich für das ÖGP Bitterfeld-Wolfen das aus der Abb. 47 ersichtliche Gesamtbild.

Mit Bezug auf die flächenhafte Ausdehnung der unterschiedlich hoch belasteten Teilbereiche innerhalb des betrachteten Zeitraums ist im wesentlichen Stagnation feststellbar. Eine „Altlast“ in dieser Größe und mit derartigem Schadstoffpotenzial kann in dem in Rede stehenden Beobachtungszeitraum keine sichtbare Gewässergüteentwicklung aufweisen. Hinzu kommt ein regelmäßiger Flächenzuwachs von belasteten Rasterflächen durch neue Erkenntnisse in den Außenbereichen, die jedoch faktisch keine Gewässergüteentwicklung repräsentieren.

Im Zeitraum 2001 bis 2010 wurden über hydraulische Sicherungsmaßnahmen insgesamt ca. 17,2 Mio. m³ Grundwasser gehoben. Mit dem Grundwasser wurden ca. 706 t leichtflüchtige und ca. 270 t schwerflüchtige Kohlenwasserstoffe (i. W. Monochlorbenzen), ca. 25 t BTEX und ca. 25 t Chlorphenole aus dem Untergrund ausgetragen. Des Weiteren erfolgten in mehreren Bereichen Quellensanierungsmaßnahmen, die der Reduzierung des Schadstoffpotenzials dienen bzw. dienen. Der nachgewiesene Frachtentzug ist ein wichtiges Indiz dafür, dass einer weiteren Verschlechterung des GWK deutlich entgegen gewirkt wird. Dies wird als Beleg für den Erhalt des Status Quo gewertet.

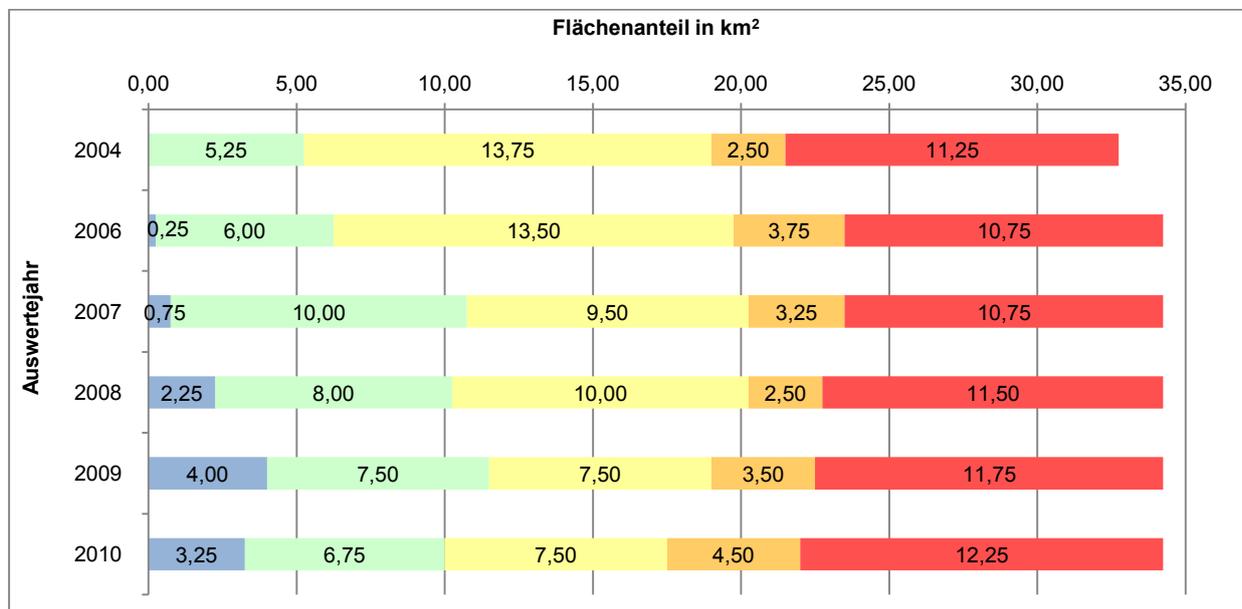


Abb. 47: Darstellung der bewerteten Rasterflächen (km²) mit Ausweisung der Grundwasserqualität (Farbgebung siehe Tab.62)

Die Ergebnisse der Überwachung des Grundwassers zeigen für die letzten 10 Jahre, dass

- für den Zeitraum 2004-2010 aufgrund der vorhandenen Datenbasis insgesamt der Erhalt des Status quo der Belastungssituation festzustellen ist (Einhaltung Verschlechterungsverbot),
- Größe und Konzentrationsniveau dazu führen, dass der Grundwasserkörper nach WRRL in einem schlechten chemischen Zustand ist (Relevanzschwelle 10 %) ist,
- die gemäß Sanierungsrahmenkonzept durchgeführten Maßnahmen zur Grundwassersicherung bzw. -sanierung auf lange Sicht notwendig und geeignet sind, um die Trendumkehr zu erreichen.

4.8.3.2 ÖGP Buna

Standortbeschreibung

Das ökologische Großprojekt Buna (ÖGP Buna) umfasst die Betriebsflächen der ehemaligen BUNA-Werke sowie die zugehörige Deponie Hochhalde Schkopau. Die Produktion im BUNA-Werk begann 1936 mit der Herstellung von synthetischem Kautschuk. Die hierfür verwendeten Ausgangsstoffe Poly-BUTadien und Natrium waren namensgebend für den Werksstandort, auf dem bis in die 1990er Jahre

diverse chemische Produkte, wie PVC, Glykol, organische Lösungsmittel aller Art, Schmieröle und Essigsäureanhydrid hergestellt worden.

Die für die diversen Herstellungsprozesse benötigten Ausgangs- und Zwischenprodukte sowie die Endprodukte drangen infolge von Handhabungsverlusten bei Lagerung, Produktion und Umschlag, bei Havarien oder durch Kriegseinwirkungen in den Untergrund ein und führten zu einer Kontamination des Untergrundes. Aufgrund der geologischen Situation am Werksstandort sind sowohl Locker- als auch Festgesteinsgrundwasserleiter von den Kontaminationen betroffen.

Die BUNA-Werke befinden sich regionalgeologisch im Bereich der Thüringischen Senke, einer Senkungsstruktur, in der ein großflächiger Ausstrich von Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper und Zechstein zu verzeichnen ist. Am Standort streichen neben teilweise mächtigen tertiären und quartären Ablagerungen diverse Folgen des Mittleren Buntsandsteins oberflächennah aus, was zur Kontamination verschiedener Grundwasserstockwerke führte. Als Gefahrenabwehrmaßnahme werden seit 2002 Sicherungsbrunnen im Grundwasserabstrom und seit 2006 Sanierungsbrunnen in Schadstoffeintragsbereichen betrieben.

Relevante Belastungsparameter im Grundwasser

Bedingt durch die Standorthistorie stellen leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW inkl. VC) und aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX zzgl. Styrol) die relevanten Stoffe bzw. Stoffgruppen im Untergrund dar. Diese Stoffe werden im Rahmen der Überwachung des Grundwassers an allen Aufschlüssen bestimmt. Lokal sind weiterhin Quecksilber, Phenole, aliphatische Kohlenwasserstoffe (MKW), polyzyklische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Schwermetalle anzutreffen. Die für den Standort relevanten Belastungsparameter, die in die Bewertung der räumlichen und zeitlichen Schadstoffentwicklung einbezogen wurden, wiesen im Jahr 2010 folgende Wertebereiche (Tab. 64) auf:

Tab. 64: Schwankungsbereiche der im Jahr 2010 ermittelten Stoff- bzw. Stoffgruppengehalte im GW

Parameter	festgestellte Gehalte in 2010 [$\mu\text{g/l}$]	Geringfügigkeits-schwelle (GFS) [$\mu\text{g/l}$]	Überschreitung der GFS [-]
LHKW	0 - 1.100.000	20	0 - 54.000
Vinylchlorid	0 - 250.000	0,5	0 - 500.000
BTEXS	0 - 170.000	20	0 - 8.700
Benzol	0 - 72.000	1	0 - 72.000
Quecksilber	0 - 260	0,2	0 - 1.300
Phenole (als Phenolindex)	0 - 5.400	8	0 - 680

Monitoringaktivitäten

Das Standortmonitoring, welches der Überwachung der zeitlichen und räumlichen Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit dient, wird seit 2002 durch das maßnahmespezifische Monitoring ergänzt, welches die laufenden Sicherungs-/Sanierungsmaßnahmen begleitet. Daneben werden spezielle Überwachungsaufgaben (Frühwarnmonitoring, Deponieüberwachung) durchgeführt. Bei allen Überwachungsmaßnahmen werden die Grundwasserdynamik und die chemische Zusammensetzung des Grundwassers erfasst. Das Monitoringmessnetz unterliegt seit 2001 einer ständigen Optimierung und damit einer Anpassung der Anzahl der zu überwachenden Aufschlüsse sowie des Umfangs der analytischen Untersuchungen (Tab. 65).

Tab. 65: Übersicht der Monitoringaktivitäten der Jahre 2001 und 2010

Jahr	Überwachung Grundwasserdynamik		Überwachung Grundwasserchemie	
	Anzahl der Messstellen	Überwachungsrythmus	Anzahl Messstellen	Überwachungsrythmus
2001	426	großräumige Stichtagsmessungen jeweils im Frühjahr und im Herbst	414	1 x jährlich große Stichtagsbeprobung 2 x jährlich Deponiemonitoring (ca. 20 GWMS) 2 x jährlich Frühwarnmonitoring (ca. 30 GWMS)
2010	588		465	

Trendbetrachtung und Gesamteinschätzung

Das auf das ÖGP Buna angewendete individuell zugeschnittene Rasterzellenkonzept besteht aus 95 Rasterzellen, die einer Fläche von 19,24 km² entsprechen. Der Rasterzellenwert bezieht sich jeweils auf die Gewässergüte des höchstbelasteten Grundwasserstockwerks. Die Aufsummierung der Rasterzellen einer Belastungskategorie erlaubt einen Vergleich der flächenmäßigen Schadensverteilung über die Monitoringjahre hinweg.

Bei Vergleich der Auswertejahre 2004 bis 2010 (Abb. 48) ist eine Konstanz bzw. eine geringfügige Abnahme bei den Flächen, auf denen eine Überschreitung der Geringfügigkeitsschwelle vorliegt, zu verzeichnen. Wesentliches Ergebnis dieser Betrachtung ist der Erhalt des Status Quo. Für den Standort ÖGP Buna ist aufgrund der Größe und Schadstoffbelastung in diesem Betrachtungszeitraum von keinen wesentlichen Verbesserungen auszugehen. Ein wichtiges Indiz für die Verbesserung der Kontaminationssituation ergibt sich aus der Tatsache, dass im Rahmen der seit 2002 laufenden hydraulischen Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen insgesamt ca. 3,2 Mio. m³ Grundwasser gehoben, gereinigt und anschließend in die Vorflut eingeleitet bzw. reinfiltiert wurden. Damit konnten Frachten von ca. 56 t LHKW und ca. 3,8 t BTEX dem Untergrund entzogen werden.

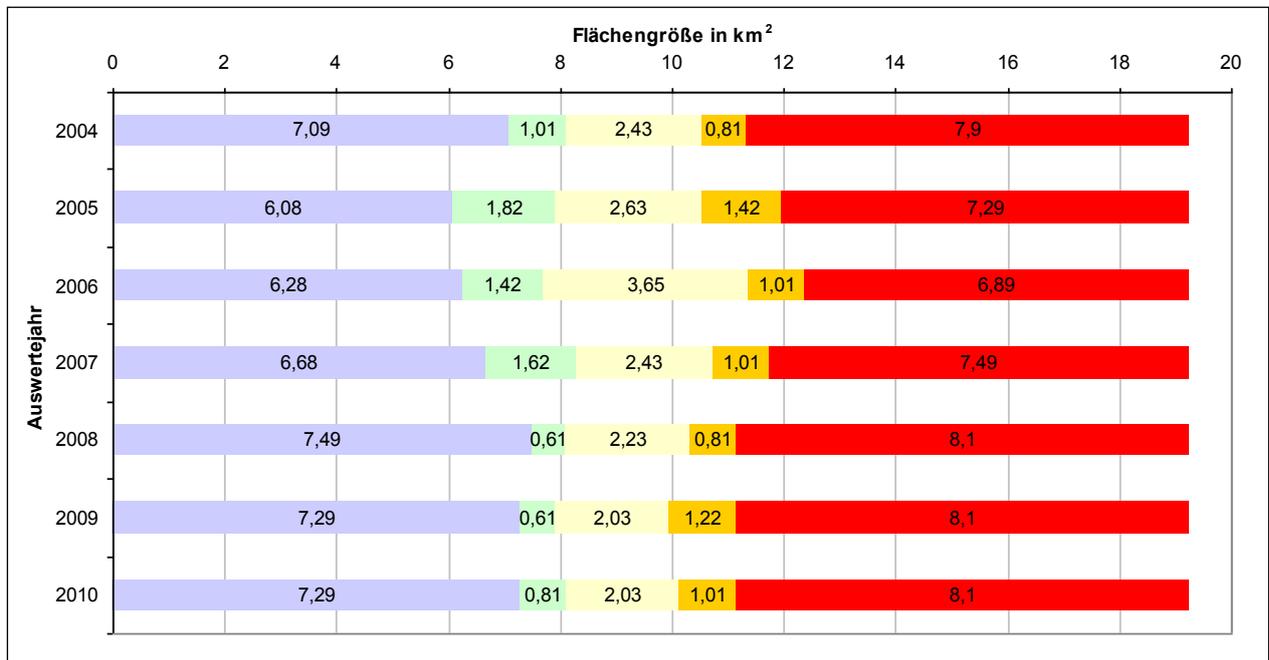


Abb. 48: Darstellung der bewerteten Rasterflächen (km²) mit Ausweisung der Grundwasserqualität (Farbgebung siehe Tab.62)

Im Ergebnis der Überwachung ist festzustellen, dass

- seit 2004 keine weiteren Grundwasserleiterbereiche verunreinigt worden sind, somit der Erhalt des Status quo der Belastungssituation belegt ist,
- quellenorientierte und grundwasserleiterspezifische Gefahrenabwehrmaßnahmen weiterhin durchgeführt werden sollten, um langfristig die Trendumkehr zu erreichen und

- die Grundwassermonitoringaktivitäten am Standort als Instrument der Überwachung und Regulierung der Gefahrenabwehrmaßnahmen notwendig sind.

4.8.3.3 ÖGP Leuna

Standortbeschreibung

Das ökologische Großprojekt Leuna (ÖGP Leuna) umfasst die Betriebsflächen der ehemaligen Leuna-Werke mit den Werkteilen I und II. Südlich von Merseburg erstreckt sich das ÖGP entlang der Eisenbahnstrecke Berlin-München über eine Fläche von ca. 13 km². Das Gelände der ehemaligen Leuna-Werke wird seit ca. 90 Jahren durch die chemische Industrie intensiv genutzt.

Zwischen 1917 und 1945 wurden Anlagen zur Produktion von Methanol, Kraftstoffen und Flugbenzin, Schmierstoffen, Methylaminen, Caprolactam und Tensiden betrieben. Im 2. Weltkrieg wurden die Anlagen nahezu vollständig zerstört. Nach 1945 erfolgte der Wiederaufbau und in den 1960er Jahren die Erweiterungen um den Werksteil II westlich der Bahntrasse zur Herstellung von Kunststoffen auf der Basis von Erdöl.



Abb. 49: Übersicht über die Leuna-Werke, Blickrichtung nach Norden

Im Rahmen von Gefahrenabwehrmaßnahmen wurden zwischen 1993 und 2005 in drei Abstrombereichen Brunnenriegel und in einem Bereich eine Dichtwand mit Tiefendrainage gesetzt, über die das stark kontaminierte Grundwasser gehoben und anschließend einer Behandlung zugeführt wird. Das gereinigte Grundwasser wird teilweise in den Vorfluter eingeleitet und teilweise über Versickerungselemente dem Grundwasserleiter wieder zugeführt.

Relevante Belastungsparameter im Grundwasser

Bedingt durch die oben skizzierte Standorthistorie sind heute folgende Schadstoffe in relevanter Konzentration im Grundwasser vorhanden: MTBE, BTEX, MKW, Phenole. Aufgrund der großflächigen Schadstoffausdehnung und der hohen Schadstoffmengen kann dabei MTBE als Leitparameter im ÖGP Leuna angesehen werden.

Für den am Standort besonders charakteristischen Schadstoff MTBE sind im nachstehenden Diagramm (Abb. 50) Mittel- und Extremwerte für MTBE der Grundwasserproben im Grundwasserabstrom nach Jahren gegliedert wiedergegeben.

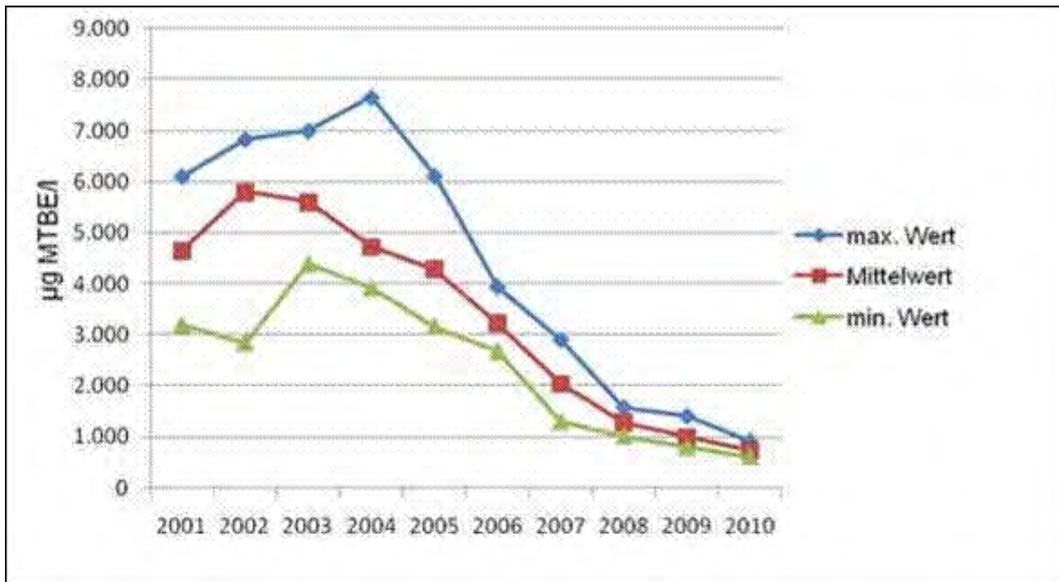


Abb. 50: Diagramm Mittel- und Extremwerte für MTBE im Grundwasserabstrom

Monitoringaktivitäten

Das Monitoringmessnetz unterliegt seit 2001 einer ständigen Optimierung, die mit einer Anpassung der Anzahl der zu überwachenden Messstellen und des Umfangs der analytischen Untersuchungen einhergeht. Eine Übersicht dazu ist in Tab. 66 gegeben:

Tab. 66: Übersicht der Monitoringaktivitäten der Jahre 2001 und 2010

Jahr	Überwachung Grundwasserdynamik		Überwachung Grundwasserchemie	
	Anzahl der Messstellen	Überwachungsrythmus	Anzahl Messstellen	Überwachungsrythmus
2001	ca. 650	1 x jährlich großräumige Stichtagsmessung	311	2 x jährlich großräumiges Grundwasser-Qualitätsmonitoring
2010	ca. 700		356	

Hinzu kommen Daten aus den Monitoringaktivitäten der einzelnen Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen.

Trendbetrachtung und Gesamteinschätzung

Bezogen auf den Parameter MTBE werden die Hauptschadensbereiche des ÖGP Leuna durch hohe Belastungen gekennzeichnet. Die dauerhaft betriebenen Abstromriegel sowie die Quellensanierungsmaßnahmen zielen auf die Erfassung und Reduzierung dieses Schadstoffpotenzials.

Das für die Gesamtbetrachtung des ÖGP'es Leuna einschließlich der unmittelbar angrenzenden Hochhalde Leuna zugeschnittene Rasterzellenkonzept umfasst 93 Rasterzellen und deckt eine Fläche von 14,15 km² ab. Der jeweilige Rasterzellenwert charakterisiert die Gewässergüte für den am Standort relevanten obersten, quartären Grundwasserleiter. Die Aufsummierung der Rasterzellen einer Belastungskategorie erlaubt einen Vergleich der flächenmäßigen Schadensverteilung über die Monitoringjahre 2005 bis 2010 (Abb. 51).

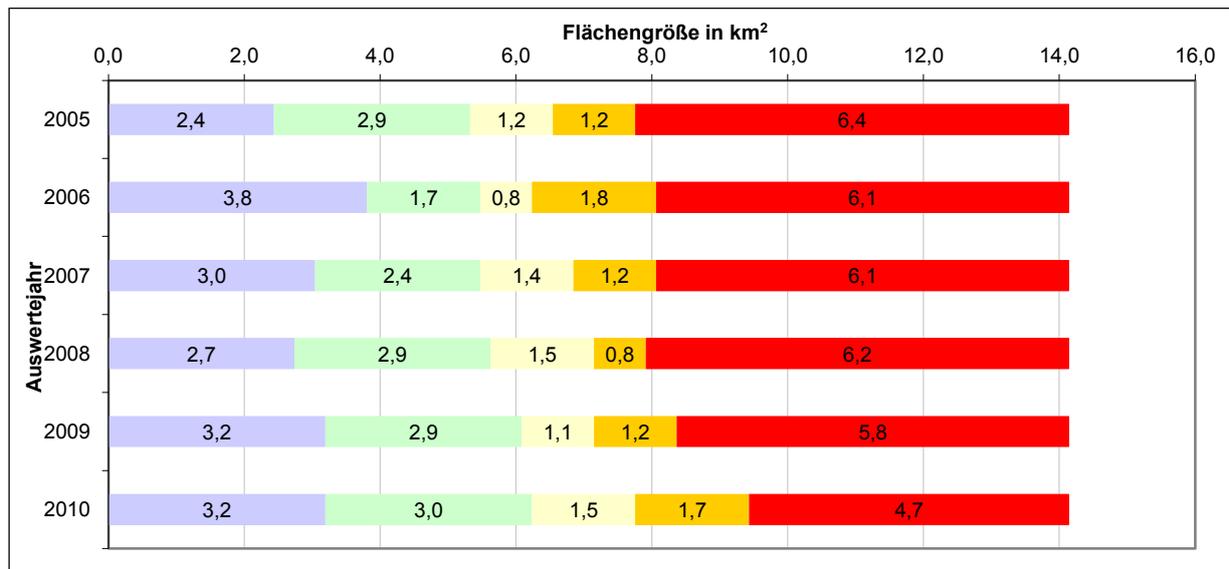


Abb. 51: Darstellung der bewerteten Rasterflächen (km²) mit Ausweisung der Grundwasserqualität (Farbgebung siehe Tab.62)

Diese Betrachtungsweise zeigt für die Auswertejahre in Bezug auf die flächenhafte Ausdehnung der hoch belasteten Bereiche (rot) eine Abnahme und entsprechende Verschiebungen in geringer belastete Bereiche. Das ist ein Beleg für die generelle Abnahme der Schadstoffkonzentrationen am Standort.

Im Zeitraum 2001 bis 2010 wurden über die hydraulischen Sicherungen insgesamt ca. 3,5 Mio. m³ Grundwasser gehoben. Mit dem Grundwasser wurden ca. 7,5 t MTBE, ca. 6,5 t BTEX, ca. 2,8 t MKW und ca. 1,3 t Phenole aus dem Untergrund ausgetragen. Des Weiteren erfolgten in mehreren Bereichen Quellensanierungsmaßnahmen, die der Reduzierung des Schadstoffpotenzials dienen. Der so erzielte Frachtentzug unterstützt den positiven Gesamttrend hinsichtlich der GW-Güteentwicklung am Standort.

Die Ergebnisse der Überwachung des Grundwassers für den Zeitraum der letzten 10 Jahre zeigen, dass

- bereichsweise sehr hohe Grundwasserbelastungen für relevante Parameter MTBE, BTEX, MKW, Phenole und andere vorliegen,
- ein eindeutiger Trend zur Abnahme der Schadstoffbelastungen gegeben ist,
- die gemäß Sanierungsrahmenkonzept durchgeführten Maßnahmen zur Grundwassersicherung bzw. –sanierung aufgrund der noch relativ hohen Schadstoffkonzentrationen auf lange Sicht weiter notwendig sind und
- die Aktivitäten des Grundwassermonitorings im beschriebenen Umfang fortzuführen sind.

4.8.3.4 ADDINOL

Standortbeschreibung

Das Gelände des Industrie- und Landschaftsparks Geiseltalsee Krumpa (ehemals ADDINOL Mineralölwerke GmbH) ist ein raffinerietypischer Standort mit einer weit zurückreichenden Produktionsgeschichte. Der Standort besitzt eine Größe von ca. 164 ha. Das Gelände ist unterteilt in einen so genannten Neuwerksteil mit einer Fläche von ca. 96,5 ha und einen Altwerksteil mit einer Fläche von ca. 66,7 ha.

Die Produktionspalette umfasste im Hauptnutzungszeitraum zwischen 1939 und 1987 folgende Mineralölprodukte: Benzin, Bitumen, Heizöle, Dieselkraftstoffe und Schmieröle. Auf Grund seiner strategischen Bedeutung wurden die Betriebsanlagen des Altwerkes während des 2. Weltkrieges durch Bombenangriffe nahezu vollständig zerstört. Durch Kriegsschäden, Havarien, Leckagen und ungeordneten Ablagerungen schadstoffhaltiger Produktionsabfälle sind Boden und Grundwasser erheblich verunreinigt worden. Seit 1994 wurde eine Vielzahl von Maßnahmen zur akuten Gefahrenabwehr eingeleitet. U. a. wurden und werden am Standort als Sicherungsmaßnahmen Dichtwandbau und aktive GW-Förderung aus mehreren Drainagesystemen sowie Quellensanierungsmaßnahmen realisiert.

Relevante Belastungsparameter im Grundwasser

Bedingt durch die oben skizzierte Standorthistorie sind heute folgende relevante Schadstoffe im Grundwasser vorhanden:

- Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW),
- Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK),
- Aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX – Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol).

Monitoringaktivitäten

Seit dem Jahr 2000 werden am Gesamtstandort umfangreiche Monitoringmaßnahmen durchgeführt. In nachfolgender Tabelle sind die Monitoringaktivitäten der Jahre 2006 und 2010 gegenübergestellt.

Zum Nachweis Funktionsfähigkeit der Dichtwand findet zusätzlich 4 x jährlich ein GW-Qualitäts-Monitoring an ca. 40 GWMS und 12 x jährlich ein GW-Standsmonitoring an ca. 95 GWMS im Anstrom und Abstrom der Dichtwand statt. Eine Übersicht des Monitoring zeigt Tab. 67:

Tab. 67: Übersicht der Monitoringaktivitäten der Jahre 2006 und 2010

Jahr	Überwachung Grundwasserdynamik		Überwachung Grundwasserchemie	
	Anzahl der Messstellen	Überwachungsrythmus	Anzahl Messstellen	Überwachungsrythmus
2006	180	2 x jährlich großräumige Stichtagsmessung	134	2 x jährlich großräumiges Grundwasser-Qualitätsmonitoring am Gesamtstandort einschl. Hochmüll-deponie
2010	255		179	

Im Rahmen der seit 2006 ausgeführten Monitoringmaßnahmen wurden für die Hauptbelastungsparameter folgende Konzentrationsspannen ermittelt:

- MKW: 0,05 – 24 mg/l
- PAKoN: 0,005 – 82.000 µg/l
- Naphthalin: 0,006 – 21.600 µg/l
- BTEX: 0,1 – 57.000 µg/l.

Trendbetrachtung und Gesamteinschätzung

Für die Auswertung der Zustandsentwicklung mittels Rasterzellenkonzept wurden insgesamt 141 Rasterzellen abgeleitet, die zusammen eine Gesamtfläche von 2,15 km² bilden.

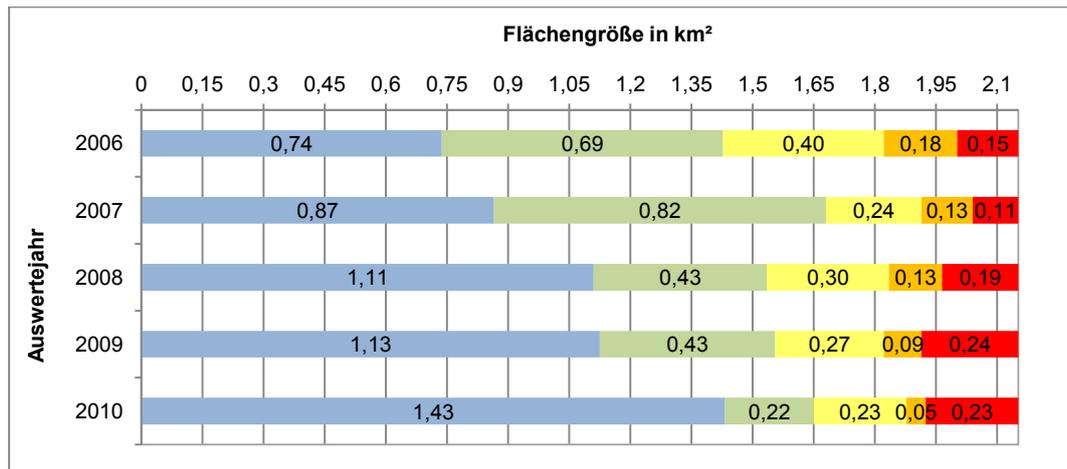


Abb. 52: Darstellung der bewerteten Rasterflächen (km²) mit Ausweisung der Grundwasserqualität (Farbgebung siehe Tab.62)

Aus der Abb. 52 ist ersichtlich, dass sich im Beobachtungszeitraum der Anteil von Flächen mit lediglich geringfügiger Veränderung der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers (<GFS) deutlich erhöht hat. Der darüber feststellbar abnehmende Trend der GFS-Überschreitungen bezieht sich hauptsächlich auf die Randbereiche des Standortes.

Die Zunahme von Flächenanteilen mit einer schlechten Grundwasserqualität erklärt sich durch Erkenntnisgewinne bei der Abgrenzung von Schadenbereichen. Gleichzeitig bewirken Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen in hoch kontaminierten Bereichen erheblichen Frachttzug, so dass zumindest keine weitere Verschlechterung der Grundwasserbeschaffenheit zu besorgen ist. Im Rahmen der am Standort ausgeführten Maßnahmen zur Phasenabschöpfung wurden bisher ca. 9 m³ Ölphase gewonnen. Zudem wurden bis 2010 ca. 1.000.000 m³ belastetes Grundwasser gereinigt und dabei ca. 1,2 t Schadstoffe entfernt.

Die Ergebnisse der Überwachung des Grundwassers für den Zeitraum der letzten 10 Jahre zeigen, dass

- mit dem bisher ausgeführten Betrieb der aktiven Sicherungselemente (Dichtwand, GW-Förderung, Phasenabschöpfung) eine Schadstoffverlagerung innerhalb des Grundwasserkörpers verhindert wird, und zumindest keine weitere Verschlechterung erfolgt,
- bereits auf dem Standort ausgeführte Sanierungsmaßnahmen zu einer Verbesserung des Grundwasserzustandes in den Randbereichen geführt haben,
- das Monitoring nach WRRL im bisherigen Umfang fortgeführt werden kann.

4.8.3.5 ÖGP Hydrierwerk Zeitz

Standortbeschreibung

Im ehemaligen Hydrierwerk Zeitz, einem Großbetrieb zur Herstellung von Treibstoffen und Schmiermitteln auf der Basis von Braunkohlenteer, gelangten durch Bombenangriffe im II. Weltkrieg und Handhabungsverluste ca. 3.000 bis 10.000 t flüssige Produkte (u. a. Rohöle, Teere, Kraftstoffe, Phenole) in den Boden und bilden damit massive Eintragsquellen. Durch bergbaulich bedingte erhebliche Schwankungen des Grundwasserspiegels wurden die Quellen überstaut, so dass diese zu erheblichen Schadstoffausträgen (Fahnen) führen, die z. T. noch in mehr als 1.000 m außerhalb des Werkes nachweisbar sind. Der Schadstoffaustrag ist auf Grund der spezifischen hydraulischen Verhältnisse stark vom jeweiligen Grundwasserspiegel abhängig.

Die Sanierungsstrategie für das ÖGP Hydrierwerk Zeitz sieht vorrangig Maßnahmen zu Quellensanierungen vor, so dass anschließend gezielt die natürlichen Abbauprozesse genutzt werden können, um mittel- bis langfristig eine Verringerung des Schadstoffaustrages über das Grundwasser (schrumpfende Fahnen)

realisieren zu können. Umfangreiche Maßnahmen zur Quellensanierung wurden bislang im Zentralen Altwerk (2008 – 2009) sowie im Bereich der ehemaligen Benzolfabrik (seit 2010) ausgeführt.

Relevante Belastungsparameter im Grundwasser

Die relevanten Belastungsparameter im Grundwasser sind:

- Hauptkomponenten: Aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX) mit Schwerpunkt Benzol
- weitere Komponenten: polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Phenol, Alkylphenole, NSO-Heterozyklen, 1,2-Dichlorethan (DCA).

Monitoringaktivitäten

Der Umfang der Monitoringaktivitäten der Jahre 2001 bis 2010 ist in Tab. 68 dargestellt.

Tab. 68: Darstellung der bewerteten Rasterflächen (km²) mit Ausweisung der Grundwasserqualität

Jahr	Überwachung Grundwasserchemie	
	Anzahl der Messstellen	Überwachungsrhythmus
2001-2006	ca. 70	2 x jährlich großräumiges Grundwasser-Qualitätsmonitoring
2007-2010	34	2 x jährlich prozessorientiertes Grundwassermonitoring zur Abstromüberwachung
	16	1 x jährlich Grundwassermonitoring gemäß WRRL

Trendbetrachtung und Gesamteinschätzung

Die Trendentwicklung für den Abstrom aus dem ÖGP Hydrierwerk Zeitz soll nachfolgend beispielhaft am Hauptbelastungsparameter Benzen beschrieben werden. Die Grundwassermessstelle 6m148 befindet sich im Quellbereich des Zentralen Altwerkes und wurde im oberen Grundwasserleiter ausgebaut. Die Entwicklung der Konzentration für den Hauptbelastungsparameter Benzen (Abb. 53 und Abb. 54) verdeutlicht einen Rückgang der Grundwasserbelastung im Schadenszentrum im Ergebnis von Quellensanierungen in Teilbereichen. In anderen Bereichen der ehemaligen Eintragsquellen stagnieren die Schadstoffkonzentrationen auf hohem Niveau.

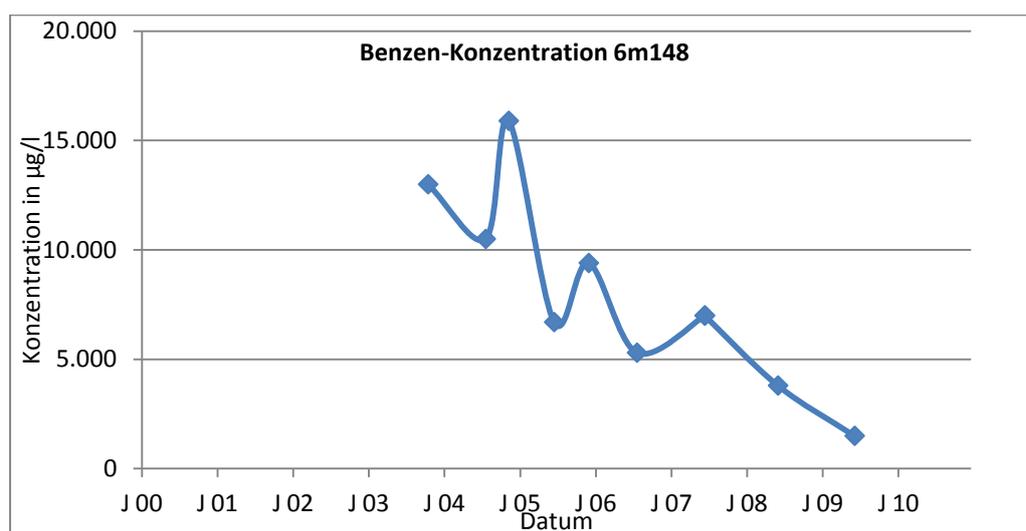


Abb. 53: Ganglinie der Benzen-Gehalte der GWMS 6m148 im Quellbereich

Nachfolgend wird die Konzentrationsentwicklung an verschiedenen Grundwassermessstellen im Abstrom der Benzolfabrik dargestellt, die im oberen Grundwasserleiter verfiltert wurden. Erkennbar ist, dass in allen Grundwassermessstellen ein bis zwei Konzentrations-Peaks auftreten und die Benzenkonzentrationen anschließend wieder signifikant sinken. Das Auftreten der Peaks ist zeitversetzt. Ursache dieses Konzentrationsverlaufes ist der Einfluss des Grundwasserspiegels im Quellbereich im Zusammenhang mit einer natürlichen großräumigen hydraulischen Barriere. Liegt der Grundwasserspie-

gel über dem Niveau der Barriere, werden massiv Schadstofffrachten aus dem Quellbereichen ausgetragen und speisen die Fahne. Sinkt der Grundwasserspiegel unter das Niveau der Barriere, ist die Schadstoffnachlieferung stark limitiert.

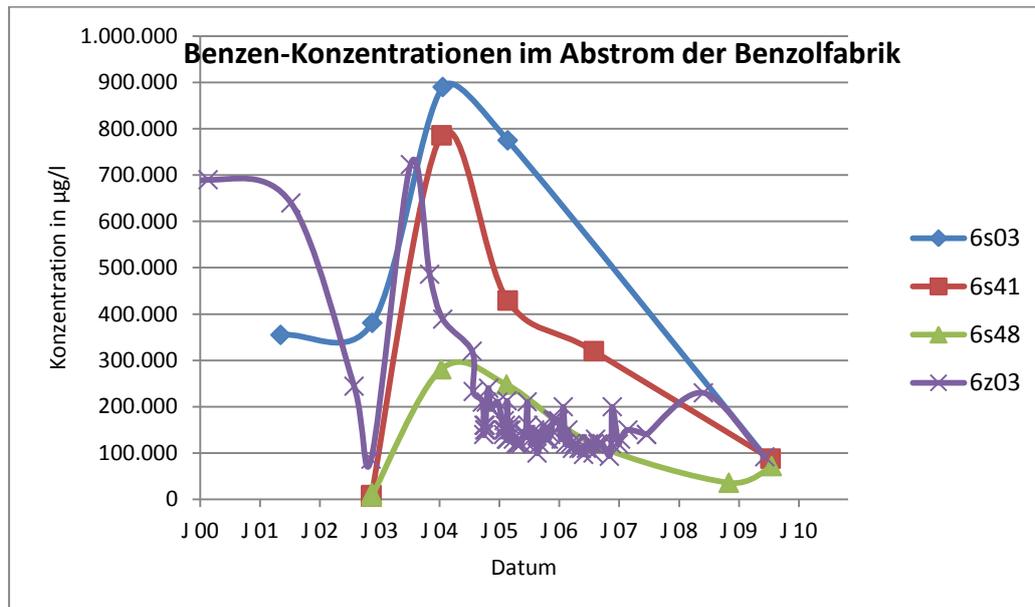


Abb. 54: Ganglinien der Benzen-Gehalte mehrerer ausgewählter GWMS im Abstrom

In einigen Quellbereichen im ÖGP Hydrierwerk Zeitz war zwischen 2000 und 2010 ein Rückgang der Grundwasserbelastung zu verzeichnen. Der Schadstoffaustrag im Abstrom des ÖGP Hydrierwerk Zeitz in Richtung Osten wird jedoch massiv durch hydraulische Barrieren beeinflusst.

Seit 2010 erfolgt daher die Sanierung der Hauptbelastungsbereiche (Benzolfabrik), damit der Schadstoffaustrag in Richtung Abstrom verringert wird. Nach Abschluss der Sanierung wird davon ausgegangen, dass auch bei hohen Grundwasserspiegellagen deutlich geringere Schadstoffmengen aus diesem Quellbereich freigesetzt werden und somit langfristig die Schadstoffbelastung in den Fahnen dauerhaft sinkt. Für die weiteren Quellen im zentralen, südlichen und östlichen Altwerk wird gegenwärtig ein Sanierungskonzept erarbeitet.

4.8.3.6 ÖGP Mansfelder Land

Standortbeschreibung

Die Altstandorte der ehemaligen Bleihütte Hettstedt und der ehemaligen Rohhütten Helbra und Eisleben sind geprägt durch die charakteristischen Merkmale der einstigen kupferschiefer-verhüttenden Industrie. Eine Beeinflussung des Sicker- und Oberflächenwassers erfolgt vor allem durch verbliebene diffus verteilte Restmengen von wasserlöslichen Schwermetallverbindungen.

Die an den Standorten durchgeführten, laufenden und geplanten Gefahrenabwehrmaßnahmen dienen primär der Sicherung staubgebundener Schadstoffe (Theisenschlamm). Gleichzeitig dienen sie zur Minimierung der sickerwasserbedingten Beeinflussung des Grund- und Oberflächenwassers.

Im Zusammenhang mit der Einführung der EU-WRRL erfolgte für das ÖGP Mansfelder Land die Festlegung, exemplarisch eine Überwachung am Altstandort der ehem. Rohhütte Helbra im Abstrom durchzuführen. Hierzu wurde die GWMS ÖGP-M-HEL 5/92 als repräsentative Messstelle ausgewählt und seit 2007 beprobt.

Relevante Belastungsparameter im Grundwasser

Geologisch bedingt ist das tiefere Grundwasser der Mansfelder Mulde (Zechstein-Aquifer) hoch mineralisiert. Der hier verbreitete Hauptgrundwasserleiter (Unterer Buntsandstein) sollte hingegen deutlich weni-

ger mineralisiert und frei von nicht geogenen Metallverbindungen sein. Zur Beurteilung der Wasserqualität werden daher die Parameter Zink, Chlorid und Sulfat herangezogen.

Monitoringaktivitäten

Das Grundwassermonitoring wird einmal jährlich an einer GWMS durchgeführt.

Trendbetrachtung und Gesamteinschätzung

Die Ergebnisse der ab 2007 durchgeführten Grundwasseruntersuchungen sind in Abb. 55 dargestellt.

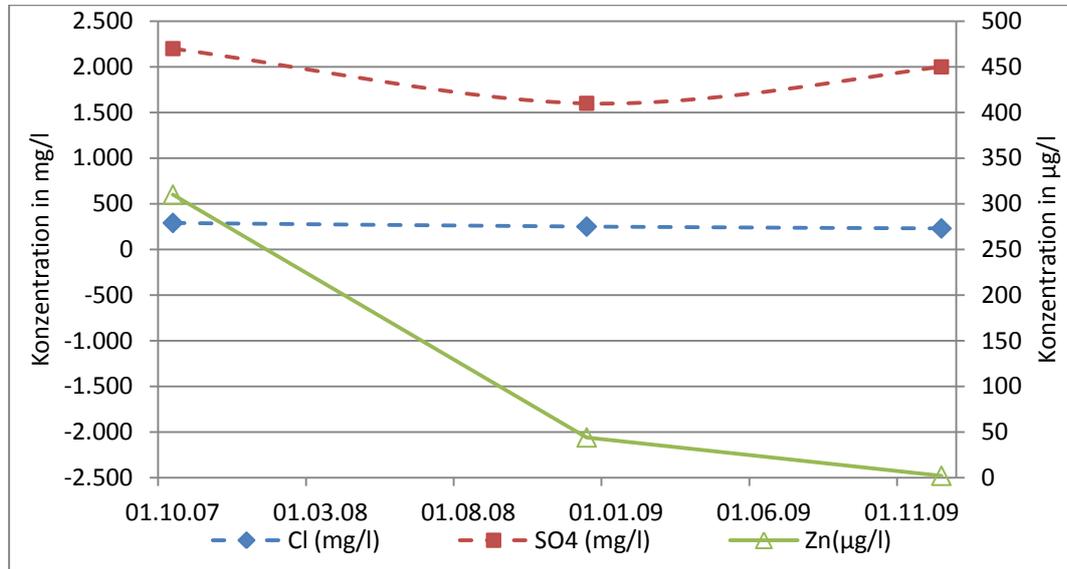


Abb. 55: Ganglinien der Konzentrationen für Chlorid (Cl) und Sulfat (SO4) und Zink (Zn) an der GWM ÖGP-M-HEL 5/92

Die Parameter Sulfat und Chlorid bewegen sich auf einem für oberflächennahes Grundwasser untypischen Niveau und lassen insoweit auf die Beeinflussung durch die angrenzende Rohhütte schließen. Gleiches gilt für den Parameter Zink, dessen scheinbare Konzentrationsabnahme durch weitere Messungen verifiziert werden muss.

Die Verbesserung der Grundwasserbeschaffenheit im Abstrom der ehemaligen Rohhütte Helbra ist in Anbetracht der durch Kupferabbau und -verhüttung verursachten Kontaminationen erst langfristig zu erwarten. Insoweit ist die jährliche Überwachung der Messstelle ausreichend.

4.8.3.7 ÖGP Magdeburg-Rothensee

Standortbeschreibung

Das ökologische Großprojekt Magdeburg-Rothensee (ÖGP Magdeburg-Rothensee) umfasst wesentliche Teile des Industriegebietes Magdeburg-Rothensee im Nordosten der Landeshauptstadt Magdeburg. Insgesamt hat es eine Fläche von ca. 13 km² und erstreckt sich über eine Länge von ca. 6,5 km in N-S-Richtung linksseitig der Elbe. Das Grundwasser durchströmt dem natürlichen Gefälle folgend das gesamte ÖGP Magdeburg-Rothensee von West nach Ost und entwässert dort direkt in den Hafen bzw. die Elbe. Historisch und aktuell wurde und wird das Gebiet des ÖGP Magdeburg-Rothensee durch unterschiedliche industrielle Nutzungen geprägt. Daraus resultieren sehr unterschiedliche Belastungssituationen des Bodens und des Grundwassers.

Das Grundwasser des gesamten ÖGP Magdeburg-Rothensee wird wesentlich von den stark schwankenden Wasserständen der nahen Elbe beeinflusst. Infolge des bestimmenden Einflusses der Elbwasserstände auf die Grundwasserverhältnisse führen diese zu Grundwasserschwankungen mit einer Amplitude von bis zu 8 m und bewirken eine häufige Umkehr der Grundwasserströmungsrichtung. Im ÖGP wurden seit Anfang der 1990er Jahre intensive Boden- und Grundwasseruntersuchungen durchgeführt und der

Sanierungsbedarf abgeleitet. Erforderliche Bodensanierungsmaßnahmen sind überwiegend abgeschlossen und lassen lokal Verbesserungen der Grundwasserqualität erkennen. Neben einer laufenden Grundwasseranierung (ehem. Tanklager) sollen weitere Hochlastbereiche im Grundwasser gesichert werden. Entsprechende Untersuchungen und Planungen werden derzeit durchgeführt.

Relevante Belastungsparameter im Grundwasser

Bedingt durch die heterogene Nutzung des ÖGP Magdeburg-Rothensee treten eine Vielzahl von relevanten Belastungsparametern wie PAK, NSO-Heterozyklen, BTEX, MKW, LHKW, Chlorbenzole, HCH, Zink, Cadmium, Arsen, Cyanide und Phenole auf. Diese Schadstoffe überschreiten in der Regel den Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS) um das 1.000 bis 10.000fache. Die wesentlichen Schadensherde befinden sich im Bereich ehemaliger Tanklager, der ehem. Großgaserei sowie der ehem. Zinkhütte.

Monitoringaktivitäten

Nach einem ersten übergreifenden Grundwassermonitoring im Jahr 1998, das im Wesentlichen der Charakterisierung des großräumigen An- und Abstroms des Projektgebietes diente, wurde im Jahr 2001 im ÖGP Magdeburg-Rothensee mit einem systematischen teilflächenorientierten Grundwasser-Monitoring begonnen (Erhebungsmonitoring). Seit 2005 konnte auf Grundlage der durchgeführten Bodensanierungsmaßnahmen und rückläufigen Belastungen der Probenahmeumfang angepasst und reduziert werden. Derzeit gliedert sich das Grundwassermonitoring (Tab. 69) wie folgt:

Tab. 69: Übersicht der Monitoringaktivitäten 2010

Jahr	Überwachung Grundwasserchemie	
	Anzahl der Messstellen	Überwachungsrythmus
2010	39	1 x jährlich Grundwasser-Qualitätsmonitoring als Kontroll- und Nachsorge-Instrument
	20	1 x jährlich Grundwassermonitoring zur Abstromüberwachung als Gefahrenabwehrmaßnahme

Hinzu kommen wöchentliche GW-Standsmessungen des Wasserstraßenneubauamtes an 15 GWMS und maßnahmebezogene Sondermonitorings im Rahmen spezifischer Sanierungsmaßnahmen.

Trendbetrachtung und Gesamteinschätzung

Die Beschreibung eines eindeutigen Trends ist erschwert durch die starken GW-Schwankungen am Standort. In den letzten Jahren wurde das Grundwassermonitoringnetz gezielt zur Erfassung der Trends der Grundwassergüte optimiert. Insgesamt lässt sich aus der Gesamtheit der vorliegenden Daten ein allmählicher, moderater Rückgang der Schadstoffbelastung im Grundwasser feststellen.

Die Ergebnisse der Überwachung/Sanierung des Grundwassers zeigen, dass die aus Bodensanierungen resultierenden Frachtverringerungen durch kurze Fließstrecken bis zum Vorfluter sowie die Mobilisierung von Schadstoffen in der teilweise gesättigten Bodenzone (Grundwasserschwankungen) überprägt werden. Langfristig ist zu erwarten, dass die momentan in Planung oder Ausführung befindlichen GW-Sanierungsmaßnahmen den Abstrom kontaminierten Grundwassers weitestgehend unterbinden werden.

4.8.3.8 Übersicht über die WGT-Liegenschaften

Der Abzug der ehemals sowjetischen Truppen sowie die Rückgabe der von diesen genutzten Liegenschaften richtete sich seit dem 03.10.1990 nach dem „Deutsch-Sowjetischen Aufenthalts- und Abzugsvertrag“ vom 12.10.1990. Danach waren alle Liegenschaften bis zum Ende des Jahres 1994 den deutschen Behörden (zuständig: Bundesvermögensverwaltung) zu übergeben. Nach Prüfung einer möglichen Eigennutzung der ehemaligen WGT-Liegenschaften durch die Bundesvermögensverwaltung wurden die nicht benötigten den betreffenden Bundesländern unentgeltlich übergeben. Die übernommenen Liegenschaften sollten entsprechend „Gesetz über die Verwertung der Liegenschaften der WGT“ vom

17.12.1993 verwertet werden, wobei unter Verwertung sowohl Veräußerung als auch Belastung und Nutzungsüberlassung zu verstehen sind.

Bei den Konversionsliegenschaften wurden die Erfassung von Altlastenverdachtsflächen (ALVF) sowie Erkundungen und Sanierungsmaßnahmen aus folgenden Gründen ausgelöst:

- Erfassung und Beseitigung akuter Gefahren;
- Ermittlung von Belegungsschäden durch die Gaststreitkräfte;
- Erfassung und Bewertung, ggf. Gefährdungsabschätzung und Kostenabschätzungen im Zusammenhang mit Nachnutzung und/oder Veräußerungen von Liegenschaften.

Insgesamt konzentrieren sich die Maßnahmen auf Konversionsliegenschaften auf die Gefahrenabwehr und sind weiterhin gekennzeichnet durch Bemühungen um eine Veräußerung.

Eine Übersicht der wesentlichen WGT-Liegenschaften in Sachsen-Anhalt ist in folgender Tab. 70 enthalten.

Tab. 70: Übersicht der wesentlichen WGT-Liegenschaften in Sachsen-Anhalt (K – Kaserne, TÜP - Truppenübungsplatz, F – Flugplatz, TL – Tanklager, M - Munitionslager)

Standort	Größe in ha	Nutzungszeitraum WGT	Nachnutzung	Schadstoff	Status
K Cracau	50	1933 - 1991 Luftwaffeneinheit	Tlw. Erschließung für Wohnungen	LHKW Gehalte rückläufig, bisher ca. 28 t LHKW aus dem GW entfernt	seit 1995 hydraulische Sanierung, Sanierung Schadenszentrum 1998 - 2008, Monitoring an 47 GWMS im Zeitraum 1995 - 2015
TÜP Oranienbaum	4.067	ca. 1950 - 1991 Übungs- und Schießplatz	Forstwirtschaft	MKW, BTEX (aufschwimmende Leichtölphase)	Schadstofffahne mit MKW und BTEX im GWL 1.3, Monitoring an 33 GWMS im Zeitraum 2004 - 2011
F Merseburg	315	1934 - 1991	derzeit keine	MKW (aufschwimmende Leichtölphase), kleinräumige GW-Belastung mit BTEX und MTBE, bisher 270 m ³ Kerosin abgeschöpft	Seit 2000 Phasenabschöpfung ohne GW-Absenkung, Monitoring an 30 GWMS im Zeitraum 2000 - 2012
TL Dessau-Kleinkühnau	19	1945 - 1972 Nutzung durch Innenministerium, kasernierte Volkspolizei und NVA 1971 - 1990 WGT Nutzung	derzeit keine	MKW, BTEX, PAK, lokal begrenzte und ortsstabile saisonale Leichtölphase	Phasenabschöpfung seit 2003 (20 m ³), Monitoring an 19 GWMS im Zeitraum 2000 - 2014
M Gerwisch	38	1870 - 1945 historische Nutzung, u. a. als Neben-MUNA 1945 - 1991 WGT	derzeit keine	Sprengstofftypische Verbindungen (STV), Kampfstoffe, GW-Belastung mit Arsen, STV, LHKW (lokal begrenzt und ortsstabil)	Monitoring an 33 GWMS im Zeitraum 2000 - 2012

Standort	Größe in ha	Nutzungszeitraum WGT	Nachnutzung	Schadstoff	Status
F Köthen	26	1928 - 1945 historische Nutzung, u. a. durch deutsche Wehrmacht 1945 - 1992 WGT	gewerbliche und private Nutzung	MKW/ BTEX, bisher 380 kg LHKW aus dem GW entfernt	seit 2006 hydraulische Sicherungs- und Sanierungsmaßnahme, 2006 bis 2010 eine pneumatische Ölphasenabschöpfung, Monitoring an 42 GWMS im Zeitraum 2006 - 2014
TÜP Altengrabow	10.000	1895 - 1945 historische Nutzung, u. a. durch deutsche Wehrmacht 1945 - 1994 WGT	i. W. Nutzung als TÜP, z. T. forstwirtschaftliche Nutzung	LHKW, in der Vergangenheit auch STV (beseitigt), 1999 - 2008 Bodenluftsanierung (241 kg entfernt), 2003 Bodensanierung der STV	seit 2004 hydraulische Sicherungs- und Sanierungsmaßnahme (bisher 8.000 kg entfernt), Monitoring an 51 GWMS für LHKW im Zeitraum 1999 - 2019 und 34 GWMS für STV in 2012, 49 Förderbrunnen für LHKW (2004 - 2019)
TÜP Altmark	23.200	1934 - 1945 historische Nutzung durch deutsche Wehrmacht 1945 - 1994 WGT	i. W. Nutzung als TÜP, z. T. forstwirtschaftliche Nutzung	Flächenhafte Boden- und GW-Kontaminationen mit MKW, BTEX, LHKW	Hydraulische GW-Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen an mehreren Stand-orten, Bodenluftabsaugung 2001 - 2010, Monitoring an bis zu 225 GWMS im Zeitraum 2003 - 2011 und darüber hinaus im reduzierten Umfang
Fliegerhorst Gardelegen	48	bis 1945 historische Nutzung durch Deutsche Luftwaffe 1945 - 1994 WGT	derzeit keine	LHKW Schaden (Entnahme von 170 kg)	Monitoring an 43 GWMS im Zeitraum 2003 - 2013
F Stendal-Borstel	350	bis 1945 historische Nutzung durch Deutsche Luftwaffe 1945 - 1992 WGT	tlw. in Privatbesitz, Übernahme von Flurstücken durch die Verwaltungsgemeinschaft Stendal-Uchtetal	MKW und deren Begleitprodukte (aufschwimmende Leichtphase, stabil)	Monitoring an 36 GWMS im Zeitraum 2000 - 2012
Garnison Roßlau	170	1936 - 1945 historische Nutzung, u. a. durch deutsche Wehrmacht 1945 - 1991 WGT	derzeit keine	LHKW, Bodensanierung 2010, Abstomsicherung seit 2008 verhindert eine weitere Schadstoffabdrift	Monitoring an 37 GWMS im Zeitraum 1998 - 2013
Transportbataillon Klieken	92		Forstwirtschaft	BTEX und temporäre Leichtölphasenbildung	Monitoring an 13 GWMS im Zeitraum 2005 - 2012

Standort	Größe in ha	Nutzungszeitraum WGT	Nachnutzung	Schadstoff	Status
Übungsgelände Güssen/ Rüstungsalllast Sprengstofffabrik Güssen	380	1936 - 1945 historische Nutzung, u. a. durch deutsche Wehrmacht 1945 - 1991 WGT	Forstwirtschaft	Belastungen mit PAK und Arsen / arsenorganischen Verbindungen, sprengstofftypischen Verbindungen (STV), BTEX, MKW; im Bereich des Tanklagers weiterhin hohes Schadstoffpotenzial	Übungsgelände Güssen: Monitoring an 44 GWMS im Zeitraum 2003 - 2015; Tanklager Güssen: Monitoring an 69 GWMS im Zeitraum 2003 - 2015
Arsenal Kroppentalstraße	17	1933 - 1945 historische Nutzung durch deutsche Wehrmacht 1945 - 1992 WGT	gewerbliche und private Nutzung	MKW-/ BTEX-Belastungen im Boden und GW, Bodenaustausch 2002, seit 2005 hydraulische Sanierung (bisher 944 kg entnommen)	Monitoring an bis zu 39 GWMS im Zeitraum 2003 - 2014

Wie der vorstehenden Übersicht entnommen werden kann ist die Sanierung bei einem Großteil der WGT-Liegenschaften abgeschlossen. An einigen wenigen Standorten finden noch Grundwassersanierungsmaßnahmen statt. Das entsprechende Monitoring für die WGT - Liegenschaften ist auch in den nächsten Jahren vorgesehen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das Land Sachsen-Anhalt umfasst Teile des norddeutschen Tieflandes, einen breiten Übergangsbereich des Berg- und Hügellandes und im Südwesten als Mittelgebirge den Harz. Die Beschaffenheit des Grundwassers wird durch die morphologischen und geologischen Gegebenheiten geprägt; im Norden und im mittleren Teil des Landes vorrangig durch das Lockergestein; im südlichen Landesteil neben den Grundwasserleitern des Lockergesteins überwiegend durch das anstehende Festgestein. Diesen Aspekt veranschaulichen die für Sachsen-Anhalt ausgewiesenen 15 Hydrogeologischen Bezugseinheiten und die in Grundwasserleiterkomplexen zusammengefassten Grundwasserleiter.

Der Grundwassergütebericht basiert auf den Gütedaten des Gewässerkundlichen Landesdienstes, die zwischen 2001 bis 2010 im Rahmen der Grundwasserüberwachung erhoben worden sind.

Das Gütemessnetz umfasste im betrachteten Zeitraum insgesamt 464 Messstellen. Zusätzlich wurden die Daten von 42 Ermittlungsmessstellen des Jahres 2010 sowie die Daten Dritter zur Auswertung herangezogen.

Der Grundwassergütebericht ermöglicht zunächst einen Überblick über die Grundwasserbeschaffenheit in Sachsen-Anhalt. Er enthält darüber hinaus eine Auswertung der vorliegenden Grundwasserdaten unter Berücksichtigung der drei Bewertungsebenen

- „Hydrogeologische Bezugseinheit“ (BZE),
- „Grundwasserleiter“ (GWL),
- „Grundwasserkörper“ (GWK).

Die Auswertung der vorliegenden Grundwasserdaten für die drei Bewertungsebenen zeigt, dass bei der statistischen Betrachtung eine Aggregation der Stoffkonzentrationen erfolgt. Das führt insbesondere in den beiden räumlich größer gefassten Bewertungsebenen „Hydrogeologische Bezugseinheit“ (BZE) und „Grundwasserleiter“ (GWL) zur Herausmittlung bzw. Glättung von erhöhten Stoffkonzentrationen. Vorhandene Belastungspotentiale treten so in ihrer Bedeutung für das Grundwasser zurück. Demgegenüber bildet die Bewertungsebene „Grundwasserkörper“ auf Grund eines höheren Detaillierungsgrades Belastungspotentiale deutlich ab.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Grundwasserbeschaffenheit in Sachsen-Anhalt maßgeblich durch den geogenen Hintergrund geprägt, jedoch auch deutlich anthropogen beeinflusst ist. Geogen kommen insbesondere die Faktoren Versalzung und Versauerung regional zum Tragen. Anthropogen spielen in Sachsen-Anhalt als Belastungsfaktoren vor allem die landwirtschaftliche Flächennutzung, der Bergbau und die Altlasten eine Rolle.

Versauerungserscheinungen treten vorrangig im Norden und im mittleren Landesteil auf. Hierfür spielen auch Mooregebiete und der ehemalige Braunkohlebergbau eine tragende Rolle.

Die Versalzung hat im Norden mit Ausnahme von Kontaktbereichen salinaren Tiefenwassers eher eine untergeordnete Bedeutung. Der Südteil des Landes hingegen ist sowohl auf Grund geogener als auch anthropogener Faktoren als relativ stark salzbelastet einzustufen. Verursacht wird hier die Versalzung überwiegend durch chloridhaltige Schichten in Zechsteinregionen und durch den Altbergbau.

In erster Linie anthropogen sind Nährstoffbelastungen, mit den Parametern Nitrat sowie Ammonium als Belastungsanzeiger. Gemessen am Nitrat lassen sich Schwerpunktgebiete sowohl im intensiv genutzten mittleren Landesteil als auch im Süden und Norden ausweisen.

Belastungen durch Ammonium sind gleichfalls landesweit mit Schwerpunkten im Süden und Norden, aber auch in mittleren Regionen des Landes zu verzeichnen. Neben geogenen Faktoren sind hier auch Einflüsse aus der landwirtschaftlichen Flächennutzung für festgestellte Belastungen verantwortlich.

Aktuell in der Landwirtschaft angewandte Pflanzenschutzmittel lassen sich im Grundwasser zum Teil mit Werten über dem Schwellenwert der Grundwasserverordnung nachweisen. Neben diesen Wirkstoffen,

wie zum Beispiel Bentazon, werden aber auch noch, trotz des seit über 20 Jahren bestehenden Anwendungsverbotes, Altwirkstoffe, unter anderem Triazine einschließlich Metaboliten, noch immer im Grundwasser nachgewiesen.

Spurenstoffe wie Barium, Vanadium, Kobalt, Antimon, Selen und Thallium wurden vorrangig in Gebieten des Altbergbaus, aber auch in Ballungsgebieten, in sehr niedrigen Konzentrationen, selten in Größenordnungen über den Geringfügigkeitsschwellen der LAWA ermittelt. Auffälligkeiten bestehen bei Kobalt. Hier wird die GFS im Südtel des Landes und im Bereich des Harzes überschritten. Bei Vanadium sind ebenfalls in einigen Gebieten des Landes, insbesondere im Süden und Südwesten des Landes, aber auch lokal im Norden GFS-Überschreitungen nachweisbar.

Für Uran wurden mehrfach Überschreitungen des seit 2011 ausgewiesenen Grenzwertes der Trinkwasserverordnung festgestellt. Das betrifft vorrangig den Festgesteinsbereich in Verbindung mit Altbergbau im Süden aber auch lokale Belastungen im Norden des Landes.

Ausgewählte Untersuchungen auf Arzneistoffe vorrangig in Ballungsgebieten lassen nur vereinzelt Nachweise im Spurenbereich nachvollziehen.

Organische Einzelstoffe (u.a. LHKW, PAK, PCB und BTEX) zeigen im Grundwasser keine Auffälligkeiten.

Ausblick

Die Untersuchungen im Rahmen der Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Sachsen-Anhalt lassen flächendeckende Aussagen zur Qualität des Grundwassers zu. Die Ergebnisse zeigen neben relativ unbeeinflusstem und nahezu natürlichem Grundwasser auch die anthropogene Beeinflussung von Grundwasserkörpern.

Die Überwachung des Grundwassers im Landesmessnetz einschließlich der Ermittlung und Eingrenzung von Belastungen im Rahmen von Monitoringprogrammen bildet die Grundlage zur Bewertung des chemischen Zustands der Grundwasserkörper und damit auch für die Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie in Sachsen-Anhalt.

Um auch die zukünftigen Aufgaben sowohl des Landes im Rahmen der Grundwasserüberwachung als auch der Gesetzgebung erfüllen zu können, bedarf es einer regelmäßigen Anpassung und Optimierung der Grundwasseruntersuchungen. Dabei müssen neue fachliche und wissenschaftliche Erkenntnisse Eingang in das jährlich fortzuschreibende Gewässerüberwachungsprogramm Sachsen-Anhalt (GÜSA) finden.

6 Quellen- und Literaturverzeichnis

- ALEXU, R. (2003): Antibiotika in der aquatischen Umwelt: Eintrag, Elimination und Wirkung auf Bakterien, Dissertation an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- AMG (2000): Arzneimittelgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. Dezember 2005 (BGBl. I S. 3394), das zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 16. Juli 2012 (BGBl. I S. 1534) geändert worden ist
- BABIARZ, C.L., HOFFMANN, S.R., SHAFER M.M., HURLEY, J.P., ANDREN, A.W., ARMSTRONG, D.E. (2001): A critical evaluation of tangential-flow ultrafiltration for trace metal studies in freshwater systems. Part 2. Total mercury and methylmercury. *Environ Sci Technol* 2000; 34:3428 –3434.
- BACHMANN, G. H.; EHLING, B.-C., EICHNER, R.; SCHWAB, M. (Hrsg.) (2008): Geologie von Sachsen-Anhalt. – E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1–698; Stuttgart.
- BLAC (1998): Auswirkungen der Anwendung von Clofibrinsäure und anderer Arzneimittel auf die Umwelt und Trinkwasserversorgung; Bericht an die 50. UMK.
- BRONSTERT, A. (1994): Modellierung der Abflußbildung und der Bodenwasserdynamik von Hängen. Mitteilungen des Instituts für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Nr. 46, Universität Karlsruhe, 192 pp
- DVWK (1992): Entnahme und Untersuchungsumfang von Grundwasserproben. – DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft, 128/1992, Bonn.
- DVWK (1999): Methoden für die Beschreibung der Grundwasserbeschaffenheit. – Schriften 125, Bonn.
- EU-WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG Des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik vom 23.10.2000. – Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 22.12.2000, Luxemburg.
- FURTAK, H. & LANGGUTH, H. R. (1967): Zur hydrochemischen Kennzeichnung von Grundwässern und Grundwassertypen mittels Kennzahlen. Mem. IAH-Congress, 1965, 86-96, Hannover.
- GRVV (2010): Grundwasserverordnung. Verordnung zum Schutz des Grundwassers vom 9. November 2010. BGBl, Nr. 59 vom 15.11.2010 S. 1513
- HEBERER, Th., ZÜHLKE, S., FANCK, B. (2004): Arzneimittelrückstände in der aquatischen Umwelt; *LaborPraxis*, 28(3), 16-21.
- HGN (2007): Grundwasserkataster nach Menge und Beschaffenheit für das Land Sachsen-Anhalt. Abschlussbericht. Im Auftrag des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt. Hydrogeologie GmbH, Halle, Torgau, September 2007, 64 S.
- HÖLTING, B., COLDEWEY, W. G. (2009): Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 7. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, 2009. 383 S.
- HÜK400: Hydrogeologische Übersichtskarte im Maßstab 1:400.000 Sachsen-Anhalt, Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt.
- HYDOR (2008): Bestimmung von Hintergrundwerten für das Grundwasser Sachsen-Anhalts einschließlich Regionalisierung und Ableitung von Schwellenwerten. Im Auftrag des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, HYDOR Consult GmbH, Berlin, März 2008. 169 S.
- IGÖ (2009): Erhebung und Bewertung der Grundwasserfauna Sachsen-Anhalts. Abschlussbericht. Im Auftrag des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Institut für Grundwasserökologie GbR, Landau, Dezember 2009. 88 S.
- INL (2010): Bericht zur Erstellung eines aktuellen Rankings der Anwendung von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen in der Landwirtschaft Sachsen-Anhalts. Im Auftrag des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt, Privates Institut für nachhaltige Landbewirtschaftung GmbH, Halle, November 2010. 65 S.
- JUNGBLUTH J. H. & LEHMANN G. 1976. – Untersuchungen zur Verbreitung, Morphologie und Ökologie der Margaritifera-Populationen an den atypischen Standorten des jungtertiären Basaltes im Vogelsberg/Oberhessen. (Mollusca: Bivalvia). *Archiv für Hydrobiologie* 78: 165-212.

- KUNKEL, R., VOIGT, H.-J., WENDLAND, F. & S. HANNAPPEL (2004): Die natürliche, ubiquitär überprägte Grundwasserbeschaffenheit in Deutschland.- Schriftenreihe des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 47, ISBN 3-89336-353-X, Jülich.
- KÜMMERER, K. (2001): Arzneimittel, Diagnostika und Desinfektionsmittel in der Umwelt – Beurteilung und Risikomanagement. UMSF – Z Umweltchem Ökotox 13 (5) 269-276.
- LAU (2012): Wasser- und Heilquellenschutzgebiete (WSG/HSG) Sachsen-Anhalts im Shape-Format, Lagestatus 110, Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Datenstand: November 2010.
- LAU & LHW (2004): Arzneimittelstoffe im Grundwasser, in Fließgewässern und in Zu- und Abläufen von kommunalen Kläranlagen des Landes Sachsen-Anhalt (Zeitraum 2002 - 2003), Mai 2004
- LAU & LHW (2006): Arzneistoffe im Grundwasser, in Fließgewässern und in Zu- und Abläufen von kommunalen Kläranlagen des Landes Sachsen-Anhalt (Zeitraum 2004 - 2005), Dezember 2006
- LAU & LHW (2007): Urankonzentration im Grundwasser von Sachsen-Anhalt. Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Halle, Juni 2007. 23 S.
- LAU & LAV (2011): Bericht zur öffentlichen Wasserversorgung 2009. Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Landesamt für Verbraucherschutz Sachsen-Anhalt, Halle, 2011.
- LAWA (2004): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. – Hrsg. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Düsseldorf.
- LAWA (2010): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit - Pflanzenschutzmittel - Berichtszeitraum 2001 bis 2008, ISBN 978-3-88961-258-8, 2001.
- LFW (1998): Grundwasser in Bayern, Wasserbeschaffenheit 1993/1997. – Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Informationsberichte Heft 1/98.
- LHW (2004): Grundwassergütebericht Sachsen-Anhalt, 1997/2001. Teil 1: Beschreibende Auswertung. Teil 2: Stammdaten und Messergebnisse. Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, GLD Gewässerkundlicher Landesdienst (Hrsg.), Halle, Mai 2004
- LHW (2007): Probenahme an ungefassten Quellaustritten - Schwebstoffverhalten. Projektbericht, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, GLD Gewässerkundlicher Landesdienst (Hrsg.), Halle, Breisach, September 2007. 13 S.
- LHW (2009): Eignungsprüfung zur Auswahl von ungefassten Quellen als Grundwasser-Gütemessstellen. Projektbericht, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, GLD Gewässerkundlicher Landesdienst (Hrsg.), Halle, Breisach, September 2009. 9 S.
- LHW (2010): Sonderuntersuchungen: Vanadium im Grundwasser. Ergebnisse 2007-2009. Unveröffentlichter Bericht, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Halle, Januar 2010. 17 S.
- LHW (2011): Vorschlag für die auszuwertenden GWLkomplexe_20_12_2011doc.doc, Halle 20.12.2011.
- LHW & LAU (2010): Arzneistoffe in Gewässern und Kläranlagen in Sachsen-Anhalt (2006 bis 2007). 3. Bericht zum Messprogramm: Arzneistoffe im Grundwasser, in Fließgewässern und in Zu- und Abläufen von kommunalen Kläranlagen des Landes Sachsen-Anhalt. Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, GLD Gewässerkundlicher Landesdienst; Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Halle, Juni 2010. 36 S.
- MATSCHULLAT J, MÜLLER G, NAUMANN U, SCHILLING H. HYDROUND (1997): Sedimentgeochemie im Einzugsgebiet der schwarzen Elster - aus dem Verbundprojekt 'Elbe-Nebenflüsse'. Phase II, des BMBF. Heidelberger Beiträge zur Umwelt-Geochemie 1997;10:100.
- MATTHESS, G. (1990): Die Beschaffenheit des Grundwassers. Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 2, Verlag Gebr. Bornträger, Berlin und Stuttgart.
- MLU SACHSEN-ANHALT (2005): Landesbericht über die Bestandsaufnahme der Gewässer nach Artikel 5 Wasserrahmenrichtlinie. Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt, 31.03.2005.
- PFLSCHANWV (1992): Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung vom 10. November 1992 (BGBl. I S. 1887), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 20. Dezember 2011 (BGBl. I S. 2927) geändert worden ist

- PIPER, A. M. (1944): A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis. Trans. Amer. Geophys. Union, 25, 914-928.
- SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. (1998): Lehrbuch der Bodenkunde, 14. Auflage, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1998
- SCHEYTT, T. and GRAMS, S.: Grundwasserströmung und - beschaffenheit unter dem Einfluss 100-jähriger Rieselfeldwirtschaft, Wasser und Boden, 52, 15–22, 2000.
- SCHLEYER, R., KERNDORFF, H. (1992): Die Grundwasserqualität westdeutscher Trinkwasserressourcen. – Verlag VCH, 245 S., Weinheim. Zitiert in: LUA (2002)
- SCHNEIDER, P., NEITZEL, P., SCHAFFRATH, M., SCHLUMPRECHT, H. (2003): Leitbildorientierte physikalisch-chemische Gewässerbewertung - Referenzbedingungen und Qualitätsziele, *UBA Texte 15/03, ISSN 0722-186X*.
- SCHNEIDER, P., REINCKE, H.; ENGELMANN, U.; ROHDE, S. (2011): Uranium – A problem in the Elbe catchment area?, in: *Merkel B.J.; Schipek, M. (eds): The New Uranium Mining Boom – Challenge and Lessons Learned, pp. 779-788, Springer Verlag ISBN 978-3-642-22121-7*
- SDB BENTAZON, 2008: Deckblatt zum Sicherheitsdatenblatt, Ausgabedatum 13. Oktober 2008, Sygenta Agro AG
- STOBER, I., BUCHER, K. (2000): Herkunft der Salinität in Tiefenwässern des Grundgebirges -unter besonderer Berücksichtigung der Kristallinwässer des Schwarzwaldes, *Grundwasser- Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie*, 125-140
- TRINKWV (2011): Trinkwasserverordnung. Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vom 28. November 2011. BGBl. I Nr. 61 vom 06.12.2011 S. 2370, 22.12.2011 S. 3044)
- UBA (2000): Entwicklung von Erfassungs- und Auswertungsverfahren für Grundwasserzustandsdaten zur Erfüllung internationaler Berichtspflichten des Bundes gegenüber der Europäischen Union. – Forschungsbericht 298 23 241 des Umweltbundesamtes, Umweltbundesamt, Berlin (unveröff.). Zitiert in: LUA (2002)
- VBK50: Vorläufige Bodenkarte im Maßstab 1:50.000 Sachsen-Anhalt, Landesamts für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt.
- VENGOSH, A.; ROSENTHAL, E. (1993): Saline groundwater in Israel: its bearing on the water crisis in the country, *Journal of Hydrology*, 156, 389-430
- WILHELM, M. (2001): Neue Organoquecksilberkomplexe mit Thiolat- und Thioetherliganden – Strukturen, Reaktivitäten und bioorganische Aspekte, Dissertation an der Universität Oldenburg.