



LAND
BRANDENBURG

Ministerium für Umwelt, Gesundheit
und Verbraucherschutz

Wasser



Belastungsrelevante Parameter in Rohwasserproben von Wasserwerken im Land Brandenburg

**Landesamt für
Umwelt,
Gesundheit und
Verbraucherschutz**

**Belastungsrelevante Parameter in
Rohwasserproben von Wasserwerken
im Land Brandenburg**

Belastungsrelevante Parameter in Rohwasserproben von Wasserwerken im Land Brandenburg – Recherche, Auswertung und Darstellung der Daten von Brunnen und Vorfeldmessstellen

Herausgeber:

Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV)
Seeburger Chaussee 2
OT Groß Glienicke
14476 Potsdam
Tel.: 033201 - 442 172
Fax: 033201 - 43678

Bestelladresse: infoline@lugv.brandenburg.de

Potsdam, im September 2010

Dieser Fachbericht basiert auf dem vom Landesumweltamt 2009 beauftragten Thema an die GCI GmbH (Auftrag-Nr.: S3-GewSan 09/016) zur Recherche und Erfassung belastungsrelevanter Parameter in Rohwasserproben von Wasserwerken im Land Brandenburg mit Auswertung und Darstellung der Daten von Brunnen und Vorfeldmessstellen.

Bearbeitung:

Dipl.-Geogr./Hydrol. S. Dinse und Dipl.-Geol. (FH) A. Selicko
GCI GmbH
15711 Königs Wusterhausen
Bahnhofstraße 19
Abschlussbericht Juni 2010

Titelfoto: Wasserwerksbrunnen in Königs Wusterhausen (Autor: Dr. P. Nillert)

Redaktion, fachlicher Auftraggeber und Ansprechpartner:

Abteilung Ökologie, Naturschutz, Wasser
Referat Wasserrahmenrichtlinie, Hydrologie, Gewässergüte (Ö4), Jörg Kunze
E-Mail: Joerg.Kunze@lugv.brandenburg.de

Diese Veröffentlichung erfolgt im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbenden zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Der Bericht einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
1 Einleitung	6
2 Überblick zur Datenerhebung in den Jahren 2003 bis 2009 und zur Datenarchivierung	6
2.1 2003 bis 2006 - Informationen zu Wasserwerken und Brunnen (Teilprojekte 1-4)	6
2.2 2007 - Informationen zu Wasserwerken und Grundwassermessstellen, die von den Wasserversorgern überwacht werden (Teilprojekt 5)	7
2.3 2009 - Informationen zu Wasserwerken, Brunnen und Grundwassermessstellen (Teilprojekt 6)	7
2.3.1 Aktualisierung der Angaben zu Wasserwerken und zu deren Einzugsgebieten	7
2.3.2 Aktualisierung der Jahresfördermengen mit den Daten von 2007 und 2008	11
2.3.3 Stand der Erhebung von Schichtenverzeichnissen, Ausbau- und Stammdaten der WW-Brunnen und Grundwassermessstellen	12
2.3.3.1 WW-Brunnen	12
2.3.3.2 Grundwassermessstellen (GWMS)	12
2.3.4 Stand der Erhebung von Analysen	13
2.3.4.1 Brunnen- und Rohmischwasseranalysen	13
2.3.4.2 Analysen von Grundwassermessstellen	15
3 Plausibilitätsprüfung der in 2009 erhobenen Analysen	18
4 Methodik zur Auswertung, Bewertung und Darstellung der Analysen	18
4.1 Auswahl der Beurteilungsparameter und Festlegung der Richtwerte	19
4.2 Methode der parameterbezogenen Auswertung von Rohwasseranalysen auf Basis von univariater Statistik und Richtwerten	20
4.3 Methode der Gesamtbewertung der Rohwasserbeschaffenheit der WW anhand von sieben Leitparametern, Ableitung von Beeinflussungstypen	36
4.4 Kennzeichnung der WW mit Hinweis auf eine geogen-salinare Beeinflussung (7. Bewertungsklasse)	40
5 Ergebnisse 2009 und Vergleich mit vorherigen Auswertungen	41
5.1 Auswertung der Analysen von Brunnen- und Rohmischwasseranalysen	41
5.2 Auswertung der Analysen von Vorfeldmessstellen	42
5.3 Statistische Kennwerte des Rohwassers Brandenburger Wasserwerke in der Übersicht	46
Literatur	49
Kartenanhang	51
Verzeichnis der Abbildungen	56
Verzeichnis der Tabellen	57

Abkürzungen

Anz.	Anzahl
Br.	Brunnen
CIS	1,2-cis-Dichlorethen
DCA	1,2-Dichlorethan
EG	Europäische Gemeinschaft
Einw.	Einwohner
FOK	Filteroberkante
Förd.	Förderung eines Wasserwerkes
FUK	Filterunterkante
GCI-GMS	Grundwasser-Monitoring-System, Software von GCI GmbH
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert LAWA, Dezember 2004
GOK	Geländeoberkante
GWLK	Grundwasserleiterkomplex
GWMS	Grundwassermessstelle
ISWABE	Fachinformationssystem Wasserbeschaffenheit des LUGV Brandenburg
Konz.	Konzentrationen
LAWA	(Bund-/) Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LGRB	Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (heute Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe LBGR)
LCKW	Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe
LUA	Landesumweltamt Brandenburg (seit 16.07.2010 LUGV)
LUGV	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg
MLUR	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Raumordnung des Landes Brandenburg
MLUV	Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg
MUGV	Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
n	Stichprobenumfang
PCE	Tetrachlorethen
Perz.	Perzentil
PSM	Pflanzenschutzmittel
Reg-Nr.	Registrierungs-Nummer der wasserrechtlichen Erlaubnis
TCE	Trichlorethen
TrinkwV	Trinkwasserverordnung vom 21.05.2001
UWB	Untere Wasserbehörde des Landes Brandenburg
VC	Vinylchlorid
V-GWMS	Vorfeldmessstelle
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WSG	Wasserschutzgebiet
WVU	Wasserversorgungsunternehmen
WW	Wasserwerk
WWID	Interner eindeutiger Zähler der Projektdatenbank

Zusammenfassung

Das Land Brandenburg hat den Vorschlag der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (EG 2000) aufgegriffen, die Beschaffenheitsdaten der Wasserversorgungsunternehmen zu nutzen, um den hydrochemischen Zustand des Grundwassers im Land Brandenburg zu beschreiben. Im Jahr 2003 initiierte das Land hierzu das Projekt „Erfassung belastungsrelevanter Parameter in Rohwasserproben von Wasserwerken im Land Brandenburg“, das neben der Datenerfassung auch deren Auswertung und Dokumentation beinhaltet. In bislang sechs Teilprojekten wurden die Analysen- und Stammdaten zu Brunnen und Vorfeldmessstellen sowie die relevanten wasserwirtschaftlichen und hydrogeologischen Informationen bei den 95 Wasserversorgungsunternehmen Brandenburgs erhoben. Ziel des Landes ist es, den Datenbestand alle zwei Jahre zu aktualisieren.

Die Daten werden in einer Projektdatenbank auf Basis der Software GCI-GMS auf einem zentralen Datei-Server archiviert und von den Mitarbeitern des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz entsprechend ihren Lese- und Schreibrechten genutzt. Die Projektdatenbank enthält mit Stand November 2009 ca. 30.000 Brunnen- und Rohmischwasseranalysen zu 600 Wasserwerken und ca. 11.500 Analysen von 1.000 Grundwassermessstellen. Die Analysen stammen überwiegend aus dem Zeitraum 1990 bis 2008.

Während sich die Vorfeldmessstellen auf die Einzugsgebiete von nur ca. 10 % der Wasserwerke konzentrieren, sind die Wasserwerksbrunnen relativ gleichmäßig über das Land Brandenburg verteilt. Der Abstand zwischen den 480 betriebenen Grundwasserwerken (Stand Ende 2007) beträgt meist weniger als 8 km. Die Anzahl der Förderstandorte wird künftig weiter reduziert werden. Jedoch wird die dezentrale Struktur der Wasserversorgung in Brandenburg und somit ein akzeptables Messnetz aus Wasserwerksbrunnen erhalten bleiben.

Die Brunnenanalysen bieten gegenüber den Messstellenanalysen den Vorteil, integrale Auskünfte über die Grundwasserbeschaffenheit der Wasserwerkseinzugsgebiete zu geben. Die Messstellenanalysen offerieren lediglich punktuelle Informationen, je nach Lage und Ausbautiefe des Filters. Damit liefern die Vorfeldmessstellen bei geeigneter räumlicher Anordnung wichtige Hinweise zur Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit in begrenzten Zuflusszonen von Wasserfassungen. Die in 2005 entwickelte Auswertungsmethodik sieht deshalb eine getrennte Bewertung der Brunnen- und Messstellenanalysen vor. Sie basiert auf der Klassifizierung der Analysen unter Anwendung von univariater Statistik und der Prüfung von statistischen Kennzahlen gegen Richtwertkonzentrationen. Die Richtwerte sind so gewählt, dass bei deren Überschreitung eine Beeinflussung der Grundwasserbeschaffenheit anzunehmen ist. Sie liegen für die belastungsrelevanten Parameter Nitrat, Chlorid, Sulfat, Phosphat, Kalium und Bor deutlich unter den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung, während der Richtwert für Ammonium dem Grenzwert entspricht. Für diese sieben Leitparameter sind Karten mit der Darstellung sowohl brunnen- als auch messstellenbezogener Bewertungsergebnisse erstellt worden.

Unter Einbeziehung weiterer Hinweise auf Belastungen wurden auf dieser Basis Gesamtbewertungen vorgenommen. Danach lassen 46 % der Brandenburger Wasserwerke keine bzw. nur eine geringe Beeinflussung des Rohwassers erkennen. Bei knapp 9 % der Wasserwerke ist ein Einfluss auf die Rohwasserbeschaffenheit anzunehmen, bei 27 % ist dieser erkennbar und bei knapp 19 % der Wasserwerke ist er deutlich erkennbar. Die in Brandenburg täglich geförderten ca. 400.000 m³ Grundwasser zeichnen sich überwiegend durch eine gute Rohwasserqualität aus, die es ermöglicht, über kostengünstige naturnahe Aufbereitungsverfahren Trinkwasser zu produzieren, das den Qualitätsanforderungen der Trinkwasserverordnung entspricht.

1 Einleitung

Die Wasserrahmenrichtlinie (EG 2000) fordert eine Überwachung des hydrochemischen Grundwasserzustandes nach definierten Vorgaben. Konkrete Forderungen enthalten Art. 7 zum Monitoring von Wasserkörpern, die der Trinkwasserversorgung dienen, und Art. 8 zum Monitoring des Grundwassers und der Schutzgebiete. Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser verwies darauf, dass die Nutzung von Daten aus Trink- und Rohwasseranalysen der Wasserversorgungsunternehmen dazu erforderlich sind, weil insbesondere diese Daten einen sehr hohen Informationsgehalt bezüglich der hydrogeochemischen Verhältnisse großer Einzugsgebiete repräsentieren (LAWA 2003). Das Land Brandenburg folgte im Jahr 2003 dieser Empfehlung und erhebt seitdem parallel zu den Grundwasseranalysen seiner Grund- und Sondermessnetze (LUA 2007) die Daten zu Rohwasseranalysen von Wasserwerksbrunnen und deren Vorfeldmessstellen. Formale Grundlage für die Übergabe der Stamm- und Bewegungsdaten an die Behörde ist der Erlass W/16/1999 des Ministeriums, in dem der Gliederungspunkt 7 die Pflicht der WVU zur Datenerfassung und Information des Wasserwirtschaftsamtes regelt (MLUR 1999). Ziel des Landes ist es, die Daten im Abstand von zwei Jahren abzufragen.

Im Jahr 2009 wurde das 6. Teilprojekt zur Erhebung, Auswertung und Dokumentation der Rohwasseranalysen durchgeführt (GCI GmbH 2009). In der Projektdatenbank des Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) liegen nunmehr Daten der Wasserversorger aus dem Zeitraum von 1990 bis 2008 vor. Die nachfolgenden Darstellungen und Auswertungen haben mehrheitlich den Bearbeitungsstand 2009.

2 Überblick zur Datenerhebung in den Jahren 2003 bis 2009 und zur Datenarchivierung

Das Land Brandenburg erhebt seit dem Jahr 2003 regelmäßig die Rohwasserbeschaffenheitsanalysen der Brandenburger Wasserversorgungsunternehmen (WVU). Die Datenerfassung erfolgte in bisher sechs Teilprojekten, wovon das letzte auf das Jahr 2009 fiel. Nachfolgend wird der bisherige Projektlauf skizziert.

2.1 2003 bis 2006 - Informationen zu Wasserwerken und Brunnen (Teilprojekte 1-4)

Die Datenrecherche gliederte sich in den ersten vier Teilprojekten in folgende Komplexe auf:

- Recherche der allgemeinen Informationen zu WVU und WW
- Recherche für die Auswertung relevanter Informationen zu WW und Brunnen
- Recherche der Rohwasseranalysen seit 1990

Das 1. Teilprojekt startete im Herbst 2003 mit einem Rundschreiben an ca. 100 WVU mit der Bitte um Mitwirkung im beschriebenen Projekt. Darüber hinaus organisierten das Ministerium und das Landesamt eine Informationsveranstaltung, an der viele Vertreter der WVU teilnahmen. Die WVU wurden 2003 zunächst aufgefordert, über einen Datenerhebungsbogen allgemeine Informationen zu den WW und deren Rohwasserüberwachung zu übermitteln. Hieran beteiligten sich bereits etwa 90 % der angeschriebenen Unternehmen (GCI GmbH 2003). In den Teilprojekten 2 bis 4 wurden die nach zwischenzeitlichen Auswertungen noch fehlenden Informationen erbeten sowie die Stammdaten der Brunnen und deren Rohwasseranalysen abgefragt. Auch hier war jeweils ein umfassender Datenrücklauf zu verzeichnen. Die WVU teilten ihre Daten mehrheitlich innerhalb des gesetzten Zeitfensters von ca. 2 bis 3 Monaten mit. Mit dieser Unterstützung gelang in jedem Teilprojekt, die Erfassung, Aufbe-

reitung und Plausibilitätsprüfung der übermittelten Daten und Informationen bis zum Dezember des Bearbeitungsjahres im Wesentlichen abzuschließen. Die Auswertungen konnten teilweise erst im darauffolgenden Monat beendet und dokumentiert werden.

Die Informationen und Daten sind in einer für das Landesamt angepassten Projektdatenbank auf Basis der Software GCI-GMS archiviert und werden dort fortgeschrieben (GCI GmbH 2004, 2005, 2006). Einige ausgewählte Beispiele zu Datenformularen und Auswertetools zeigen die Abb. 1 und Abb. 2.

Die Methodik der Aus- und Bewertung sowie Dokumentation der Rohwasseranalysen entstand im Jahr 2005 im Rahmen der ersten inhaltlichen Auswertung der Rohwasseranalysen (GCI GmbH 2005). Sie wurde seitdem beibehalten (vgl. Kapitel 4).

2.2 2007 - Informationen zu Wasserwerken und Grundwassermessstellen, die von den Wasserversorgern überwacht werden (Teilprojekt 5)

Im Jahr 2007 sind erstmals die Analysendaten von Grundwassermessstellen (GWMS) sowie die Schichtenverzeichnisse zu Messstellen und Brunnen bei den WVU recherchiert worden. Das Landesamt hat von 60 der WVU Angaben zu 1.391 GWMS, u. a. ca. 10.000 Analysen, erhalten. Die Daten bezogen sich auf 108 Wasserwerke. In 2007 wurden bereits für 850 der 2.800 erhobenen Brunnen sowie für 950 der 1.391 GWMS die Schichtenverzeichnisse und Ausbaudaten in die Projektdatenbank importiert. Diese Arbeiten wurden 2009 aufgenommen und fortgeführt (s. Kapitel 2.3.3).

Die statistische Auswertung der Grundwasseranalysen ist in 2007 für die GWMS ausgeführt worden, die sich in den Einzugsgebieten der WW befinden und in den oberen 50 m ausgebaut sind. Dabei handelte es sich um 657 Vorfeldmessstellen mit insgesamt 7.307 Analysen zu 50 WW. Die im Vorfeld überwachten WW konzentrieren sich auf das Umland von Berlin, Potsdam und Oranienburg sowie die Räume Cottbus und Wittstock. Ihre Förderung betrug in der Regel mehr als 1.000 m³/d.

Die Ergebnisse der Aus- und Bewertung auf Basis der Analysen aus Vorfeldmessstellen wurden denen der Brunnen- und Rohmischwasseranalysen gegenübergestellt (vgl. GCI GmbH 2008). Eine solche Gegenüberstellung erfolgte auch im Jahr 2009. Die Ergebnisse werden in Kapitel 0 erörtert.

2.3 2009 - Informationen zu Wasserwerken, Brunnen und Grundwassermessstellen (Teilprojekt 6)

2.3.1 Aktualisierung der Angaben zu Wasserwerken und zu deren Einzugsgebieten

In der Projektdatenbank sind mit dem Stand November 2009 die Informationen von 909 Fassungsstandorten archiviert. Bis 2009 sind 429 WW stillgelegt worden. Den vorliegenden Entnahmemengen von 2007/2008 zufolge werden 480 WW zum Zwecke der Trinkwasserförderung betrieben (s. Abb. 3)

Die hydrodynamischen Wasserwerkseinzugsgebiete basieren auf Informationen des LBGR (Grundwasservorratsprognose) und des MUGV. Zu den derzeit in Betrieb befindlichen 480 WW liegen 264 hydrodynamische Einzugsgebiete vor. Für 216 WW sind auf Basis der Grundwasserneubildung des Landes und der aktuellen WW-Förderung die Einzugsgebietsflächen abgeschätzt worden. Sie sind in den Karten kreisförmig dargestellt und geben damit keinen Hinweis auf die Anstromrichtung des Grundwassers (s. Karte 1). Die hydrodynamischen Einzugsgebiete der aktiven WW nehmen ca. 3.600 km² bzw. 12 % der Landesfläche Brandenburgs ein. Die Gesamtfläche setzt sich schätzungsweise jeweils zur Hälfte aus den Einzugsgebieten von WW mit Förderungen kleiner und größer als 1.000 m³/d zusammen.

Wasserwerke (WW)

WW-Nr.: 53 | Wasserwerk: Eichwalde | PLZ: 15732 | Ort: Eichwalde

Anzahl Brunnen: 32 | versorgte Einwohner: 65000

Grundwassererkörper: Dahme BE

MS_CD_GB: HAV_DA_1

Grundwassererkörpergruppe: Dahme

Archivierung von Daten zu:

- WWU
- Wasserwerken
- Bohrungen, Brunnen und Messstellen
- Analysen
- Fördermengen
- Wasserständen
- Niederschlag, Klima

Datenbank bietet:

- Recherchewerkzeuge
- diverse Import und Exportmöglichkeiten
- Auswertungstools in Form von Grafiken, Berichten und Karten
- integriertes GIS „GeoInfoS“

Wasserwerke (WW Teil 2)

Wasserwerk: Eichwalde

WE Reg-Nr.: 1/1NG-212/67 vom 14.02.1968

Q365 genehmigt (m³/d): 20000

Q38 genehmigt (m³/d): 20000

Q7 (m³/d): 20000

Wasserschutzgebiet (WSG): vorhanden

verwendete Monitoring-Software: GCI-GMS

verwendetes GIS: GCI-GMS Map Objects, ArcView

Konfliktpotential: Industrie

Versorgungsfunktion WW: Verbundsystem, WW versorgt im Verbund mit anderen WW mehrere Orte

Aufbereitungstechnologie: Kiesfilter

Bemerkungen: WWU: Q1 = 2.400 m³/d

Auswertung und Darstellungen von Daten, z.B.:

- Ganglinien (mit Statistiktool)
- Berichte mit Angaben zu Überschreitungen von Richtwerten
- Lagepunktdiagramme
- Boxplots
- Histogramme
- univariate Statistik
- Schichtenverzeichnisse
- Hydrologische Profile
- Grundwassergleichen und -differenzenpläne
- Bahnlinien
- Datenblätter

Fördermenge

Messst.-Code-Nr.:

Name der Messstelle: Förd_Eichwalde_(m³/a)

MKZ:

Maßeinheit: m³/a

Messdatum:	Messwert:	Messzeitraum:
31.12.2005	2804325,00	
31.12.2006	2575758,00	
31.12.2007	2893964,00	
31.12.2008	2813034,00	
*		

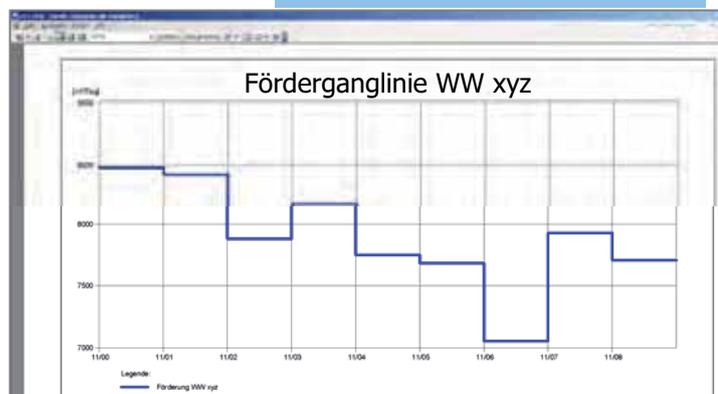


Abb. 1: Archivierung und Darstellung von WW-Daten in der Projektdatenbank des LUGV

Rohwasserbrunnen

Aufschluss-Code: **Messstellennummer:** (2 Zahlen)

Bohrung: Eichwalde_Er 01/06
MKZ: **Ausbautyp:** Tiefbrunnen

Brunnensname: Eichwalde_Er 01/06
Wasserwerk: Eichwalde

WVU: Märkischer Abwasser- und Wasserzweckverband

GW-Stockwerk: I+II **Strat. Einheit Filter:** 2:1
 zum Messstellensatz gehörend **Fl-nutzg. am Standort:** Siedlung

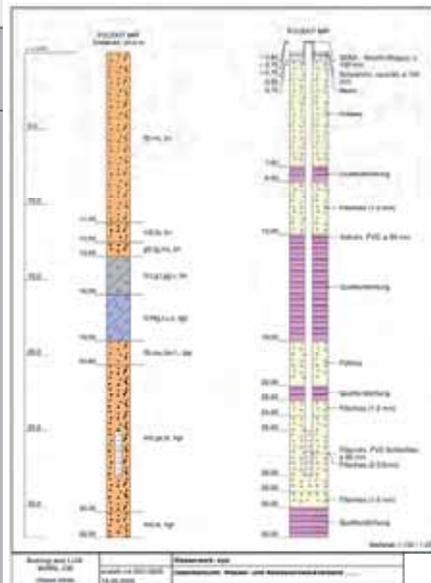
Filteroberkante (m): 18 **Bohrverfahren:** Trockenbohrung
Filterunterkante (m): 25 Schichtenverzeichnis vorhanden
Rohr Durchm. (mm): 300 **Format SVZ:** digital in LUA-DB
Rohr Material: Edelstahl **Archiv SVZ:** Stillgelegt Rückbau/Verfüllung

Wasserstand vor Erstbetriebnahme (m):
Betriebswst. Min (m):
Betriebswst. Max (m):

Jahr Stilllegung:
Grund Stilllegung:
Auffällige Param./Wert:

Trinkwasserobjekt: WW Eichwalde **Codierung Trinkwasserobj.:** 120611122W001
Codierung Probeest: 12061112BR032

Ausbau **Messpunkt** **Datenblatt** **Stammd. LUA** **Kommentar** **Filter** **Schließen**



Analysen

Messstelle: Eichwalde_Ew08/00 DP
Entnahmestelle: WW Eichwalde, Pagel EW 08/00 DP
Auftraggeber: MAWW
Probennahmeart: Pumpprobe
Analysennummer: P2008-20824 **Anlass:** Kurzuntersuchung
Entnahmetiefe in s. ROK: **Probenehmer:** FWU
Entnahmedatum: 23.12.2008 **Eingangsdatum:** 23.12.2008
 Freigabe Analyse

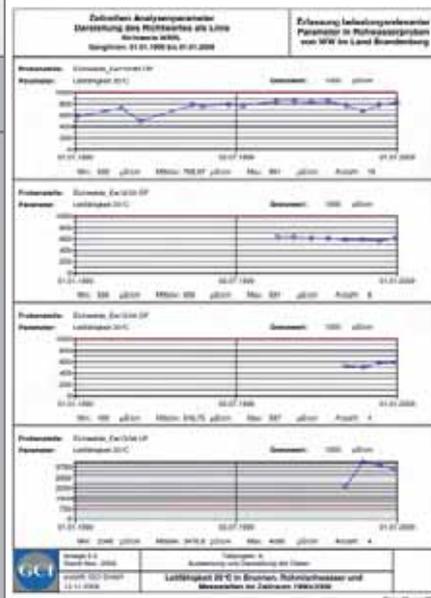
Datum	Parameter	Messwert	Einheit	Freigabe	Kommentar	Verfahren	Bestimmungsgg
23.12.2008 09:10:00	Calcium	126,0	mg/l	<input checked="" type="checkbox"/>			
23.12.2008 09:10:00	Chlorid	66,0	mg/l	<input checked="" type="checkbox"/>			
23.12.2008 09:10:00	C/Nh	1,028	n.a.	<input checked="" type="checkbox"/>	GCI_2009_C/Nh		
23.12.2008 09:10:00	CSB (Verbrauch)	2,7	mg/l	<input checked="" type="checkbox"/>			
23.12.2008 09:10:00	Eisen	3,32	mg/l	<input checked="" type="checkbox"/>			
23.12.2008 09:10:00	Farbe qualitativ	gelblich	n.a.	<input checked="" type="checkbox"/>			
23.12.2008 09:10:00	Farbung (Ext 43)	0,5	m-1	<input checked="" type="checkbox"/>			
23.12.2008 09:10:00	Geruch	o. B.	n.a.	<input checked="" type="checkbox"/>			
23.12.2008 09:10:00	Gesamthärte (°d)	20,14		<input checked="" type="checkbox"/>	GCI_2009_GH		

Datensatz: 14 | 1 | von 56

Bemerkung:

Anwender-Feld1: GCI Einarbeitung 2009 angelegt
Anwender-Feld2:

Datenblätter... **Parameter / Maßeinheiten...** **Grenzwerte...** **Schließen**



GCI-GMS - [Stat/Anw. Er. ROK_Anwender: Tabelle]

WW	Param.	Einheit	Anzahl	Werte_BG	Arbeits_BG	Min	Max	Mittel	5P	10P	25P	50P	75P	90P	95P
WW A	Ammonium	mg/l	0												
WW B	Ammonium	mg/l	28	2	10	0	0,31	0,19	0	0,16	0,22	0,24	0,28	0,266	
WW C	Ammonium	mg/l	0												
WW D	Ammonium	mg/l	111	6	5	0	0,04	0,44	0	0,2	0,37	0,47	0,52	0,639	0,7
WW E	Ammonium	mg/l	0												
WW F	Ammonium	mg/l	17	0	0	0,09	0,24	0,15	0,09	0,12	0,13	0,15	0,18	0,19	0,21
WW G	Ammonium	mg/l	0												
WW H	Ammonium	mg/l	0												
WW I	Ammonium	mg/l	0												
WW J	Ammonium	mg/l	0												
WW K	Ammonium	mg/l	7	0	0	0,03	2,02	1,0	0,03	0,03	1,145	1,01	1,92	1,90	2
WW L	Ammonium	mg/l	0												
WW M	Ammonium	mg/l	0												
WW N	Ammonium	mg/l	9	0	0	0,1	0,32	0,2	0,1	0,1	0,22	0,24	0,24	0,26	0,29
WW O	Ammonium	mg/l	3	0	0	0,21	0,06	0,5	0,21	0,21	0,21	0,42	0,57	0,62	0,64
WW P	Ammonium	mg/l	5	0	0	0,47	1,07	0,79	0,47	0,47	0,51	0,73	0,9	1	1,03
WW Q	Ammonium	mg/l	3	0	0	0,29	0,32	0,3	0,29	0,29	0,29	0,3	0,31	0,32	0,32
WW R	Ammonium	mg/l	0												
WW S	Ammonium	mg/l	30	4	11	0	0,0	0,15	0	0	0,12	0,14	0,16	0,27	0,31

Oben: Schichten- und Ausbauezeichnung

Mitte: automatisierte Ganглиnen

Unten: Tabelle mit wasserwerksbezogener univariater Statistik von Analysen

Abb. 2: Archivierung und Darstellung von Brunneninformationen in der Projektdatenbank des LUGV

In 2009 sind folgende Informationen, die im Rahmen des Projektes „Wasserversorgungsplan 2009“ in den Jahren 2007 und 2008 bei den WVU und Wasserbehörden recherchiert wurden (GCI GmbH 2009, MUGV 2009), in die Projektdatenbank übernommen worden:

- Informationen zu stillgelegten WW
- wasserrechtliche Erlaubnis und genehmigte Förderung
- Angabe der WW-Kapazität Q_7
(Als Kapazität Q_7 eines WW wird die maximale technisch mögliche Netzeinspeisung (m^3/d) im Dauerbetrieb über eine Woche verstanden, die sich aus der Leistungsfähigkeit aller technologischen Stufen ergibt.)
- Aufbereitungstechnologie zur Reinwassergewinnung
- Information zum Versorgungstyp (Einzelwasserversorgung / Gruppenwasserversorgung / im Verbundsystem)
- Konfliktpotenziale gemäß Wasserversorgungsplan 1996 und 2009
- Zuordnung der versorgten Einwohnerzahlen pro WW.

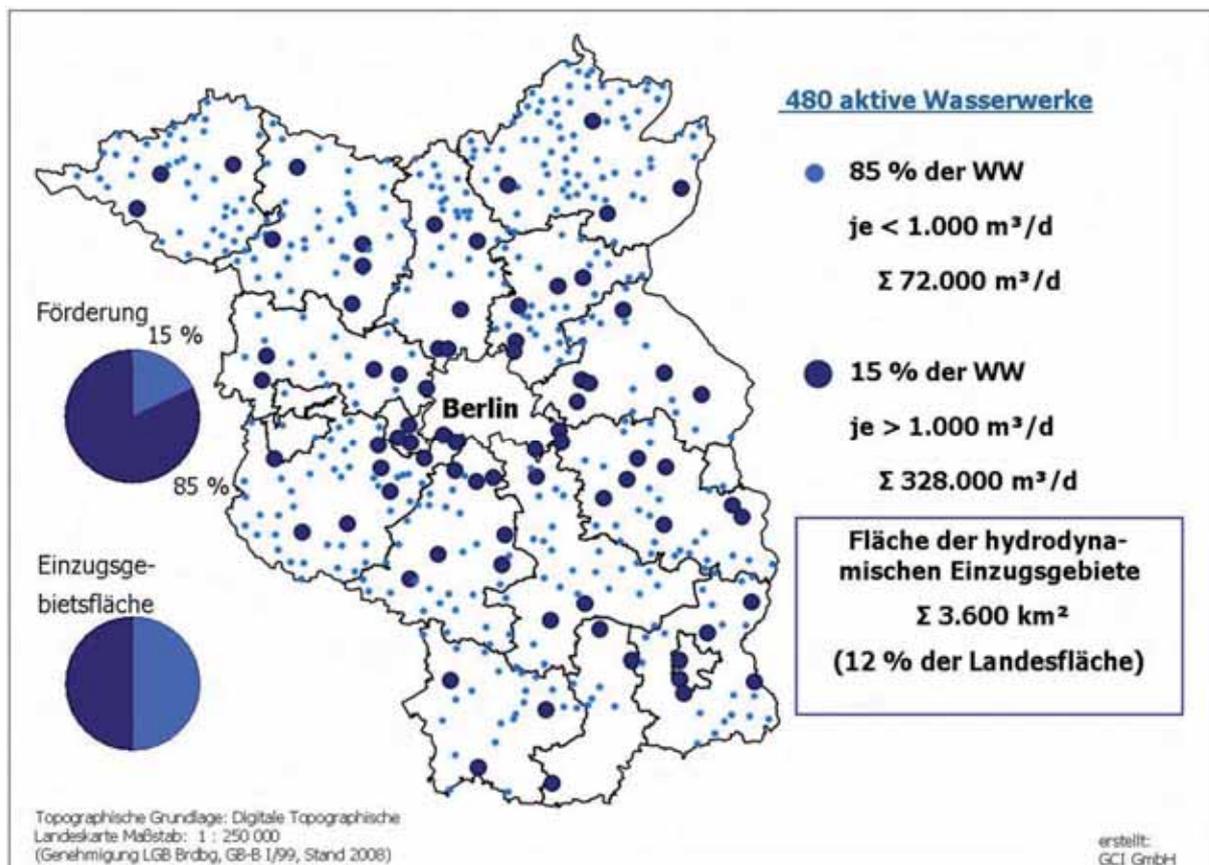


Abb. 3: Übersichtskarte der aktiven WW in Brandenburg mit Klassifizierung der Fördermengen (Stand 2007)

2.3.2 Aktualisierung der Jahresfördermengen mit den Daten von 2007 und 2008

Im Teilprojekt 6 sind die Fördermengen der Jahre 2007 und 2008, die dem Land gemeldet wurden, in die Projektdatenbank übertragen worden. Da die Fördermengen aus dem Jahr 2008 zum Bearbeitungszeitpunkt im November 2009 noch nicht vollständig vorlagen, greifen die Darstellungen und Auswertungen auf die Fördermengen der 480 WW des Jahres 2007 zurück.

Das Gesamtfördervolumen beträgt ca. 400.000 m³ Grundwasser pro Tag. Davon fördern die WVU Brandenburgs mit ihren WW ca. 350.000 m³/d und die Berliner Wasserbetriebe mit dem WW Stolpe ca. 56.000 m³/d. Das WW Stolpe dient überwiegend der Trinkwasserversorgung Berlins.

Ungefähr 85 % des Gesamtfördervolumens werden von nur 15 % der 480 WW bereitgestellt. Die restlichen 15 % des Wassers entstammen den übrigen ca. 400 WW, die weniger als 1.000 m³/d fördern (s. Abb. 3). Die Förderung von 41 % der WW liegt bei nur 10 - 100 m³/d. 36 % fördern 100 – 1.000 m³/d. Die mit Abstand höchste Entnahmemenge weist wie in den Jahren zuvor das WW Stolpe der Berliner Wasserbetriebe mit rund 56.000 m³/d auf (s. Abb. 4).

Der Vergleich der Tagesfördermengen aus dem Jahr 2007 mit denen aus dem Jahr 2003 zeigt, dass sich die Fördermengen bei 83 % der WW nicht wesentlich unterscheiden. 8 % der WW förderten 100 m³/d bis 300 m³/d mehr bzw. weniger als im Jahr 2003. Die Förderungen der restlichen 9 % der WW unterscheiden sich bis zu ±3.500 m³/d voneinander.

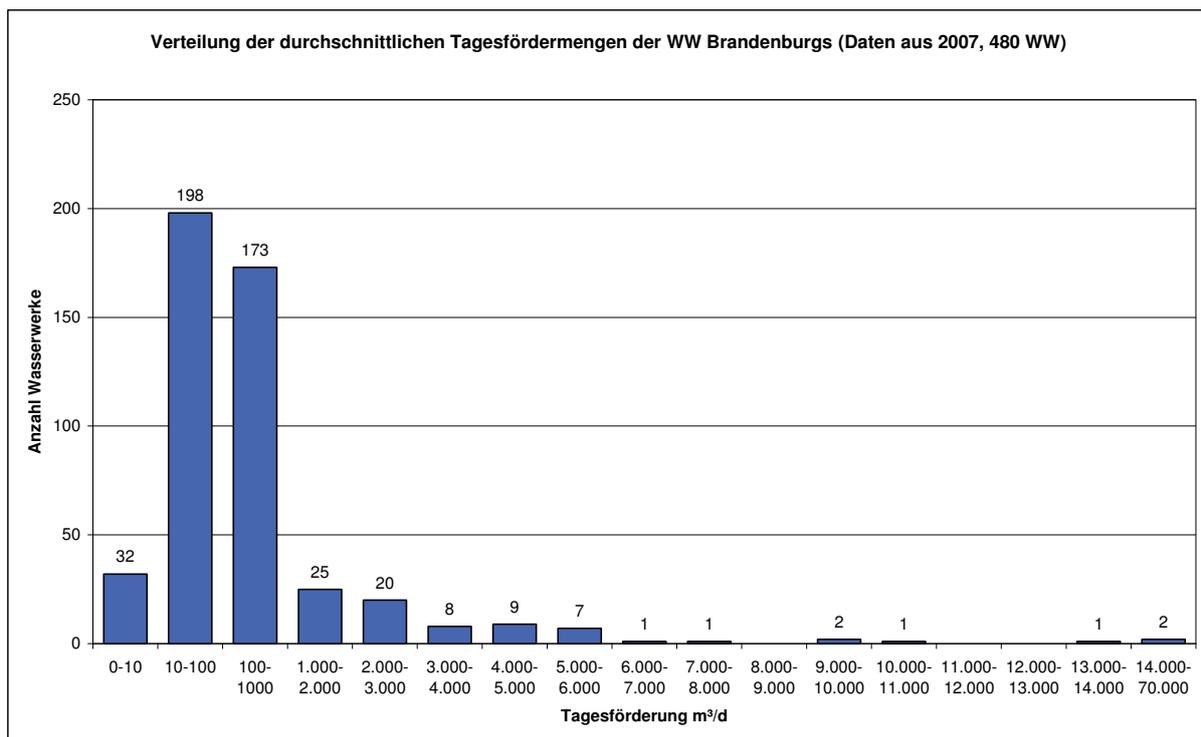


Abb. 4: Verteilung der durchschnittlichen Tagesfördermengen der WW Brandenburgs (Daten 2007)

2.3.3 Stand der Erhebung von Schichtenverzeichnissen, Ausbau- und Stammdaten der WW-Brunnen und Grundwassermessstellen

2.3.3.1 WW-Brunnen

In der Projektdatenbank des LUGV sind insgesamt 2.982 Brunnen archiviert, die 91 WWU und 604 WW zuzuordnen sind. 2.572 Brunnen gehören zu aktiven WW.

Für 1.503 Brunnen konnten die Schichtenverzeichnisse und für 1.365 Brunnen zusätzlich die Ausbaudaten erhoben werden. Damit liegen nunmehr in der Projektdatenbank für ca. 50 % aller Brunnen die Schichtenverzeichnisse und Ausbaudaten vor (s. Tab. 1). Die 1.412 Brunnen, für die diese Informationen bei den Wasserversorgern nicht recherchiert werden konnten, sind ungefähr 432 WW und 83 WWU zuzuordnen. Für 915 Brunnen, zu denen keine Ausbaudaten recherchiert werden konnten, liegen immerhin Angaben zur Filterlage vor.

Zu 30 Wasserwerken, die 2007 nur geringe Mengen gefördert haben, gibt es gar keine Informationen zu den Brunnen und deren Anzahl. Hier liegen i. d. R. nur Rohmischwasser- oder Reinwasseranalysen vor.

Die Lagekoordinaten sind für 2.960 der 2.982 Brunnen existent. Es wurden Koordinaten vom MUGV und von den WWU übergeben, die als ETRS-Koordinaten erfasst sind. Eine detaillierte Prüfung der Lage anhand von Koordinaten wurde nicht vorgenommen. Zu 22 Brunnen konnten keine Koordinaten recherchiert werden.

Tab. 1: Übersicht der Brunnen und Stand der Erhebung zu Schichtenverzeichnissen, Ausbau und Filterlage

Informationen zu Brunnen	Anzahl Br.	Anteil von 2.982 Br. in [%]
Brunnen in der DB eingerichtet	2.982	100 %
davon:		
Schichtenverzeichnis erfasst	1.503	50 %
Ausbaudaten erfasst	1.365	46 %
ohne Schichtenverzeichnis / Ausbau	1.412	47 %
Filterangaben erfasst	2.280	77 %

2.3.3.2 Grundwassermessstellen (GWMS)

In der Projektdatenbank sind insgesamt 1.623 GWMS archiviert, die 60 WWU und 119 WW zuzuordnen sind. Für 1.189 GWMS konnten die Schichtenverzeichnisse und die Ausbaudaten recherchiert und in die Datenbank importiert werden. Dies entspricht 73 % aller Messstellen (s. Tab. 2). Betrachtet man nur die insgesamt 1.369 Vorfeldmessstellen (V-GWMS), konnten zu ca. 80 % Schichtenverzeichnisse und Ausbaudaten recherchiert werden. Für 240 V-GWMS, zu denen keine Ausbaudaten recherchiert werden konnten, liegen jedoch Angaben zur Filterlage vor.

Die Lagekoordinaten liegen für 1.521 der 1.623 GWMS vor. Zu 108 GWMS konnten keine Koordinaten recherchiert werden. Bei der Stammdatenrecherche in 2009 wurden explizit nochmals die Flurabstände der beobachteten GWMS abgefragt. Für 27 % der 1.623 archivierten GWMS, also 436 Messstellen, liegen nunmehr mittlere Grundwasserstände in der Projektdatenbank vor. In 2007 übermittelten die WWU die Grundwasserstände nur zu ca. 2 % der damals erhobenen GWMS.

Tab. 2: Stand der Erhebung zu Schichtenverzeichnissen, Ausbau und Filterlage von GWMS

Funktion der GWMS hinsichtlich WW-Standort	Anzahl GWMS	GWMS mit Schichtenverzeichnis		GWMS mit Ausbaudaten		GWMS mit Filterangaben, jedoch ohne Ausbau	
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Vorfeldmessstellen mit Filterunterkante < 50 m u. GOK	1.120	880	78	795	71	203	18
Vorfeldmessstellen mit Filterunterkante > 50 m u. GOK	249	219	88	209	84	37	15
GWMS außerhalb der WW-Einzugsgebiete	153	84	55	76	50	57	37
Funktion unklar, da GWMS ohne Koordinaten	101	6	6	12	12	7	7
Summe	1.623	1.189	73	1.092	67	304	19

Für drei der 16 WW, die im Jahr 2007 mehr als 5.000 m³/d gefördert haben, sind keine Stammdaten von Vorfeldmessstellen bzw. Analysendaten für den angefragten Zeitraum 1990 bis 2008 mitgeteilt worden. Die Zahl der WW, die in 2007 zwischen 100 m³/d und 5.000 m³/d förderten und ebenfalls die entsprechenden Informationen nicht übermittelten, ist mit ca. 158 WW noch weitaus größer. Nach dem Erlass W/16/1999 des Ministeriums wären auch hier Vorfeldmessstellen zu unterhalten, die alle fünf Jahre auf ein umfassenderes Parameterprogramm zu überprüfen sind. Hier wären entsprechende Monitoringmaßnahmen zu initiieren.

2.3.4 Stand der Erhebung von Analysen

2.3.4.1 Brunnen- und Rohmischwasseranalysen

Zu 578 der 909 Wasserwerksstandorte sind ca. 30.100 Analysen für die Jahre 1990 bis 2008 in der Projektdatenbank archiviert worden (Stand November 2009). Die Daten stammen von 87 WVU. Unter den 578 WW befinden sich mittlerweile 129 stillgelegte WW, welchen ungefähr 1.300 Analysen zuzuordnen sind. Die WW mit Analysen sind relativ gleichmäßig über das Land Brandenburg verteilt (vgl. Abb. 9).

Das Datenmassiv setzt sich zu ungefähr 80 % aus Analysen von Einzelbrunnen und 20 % aus Rohmischwasseranalysen zusammen. Seit 1997 erheben die WVU zusammen jährlich ca. 1.800 bis 2.000 Analysen (Abb. 5). Die Anzahl der Datensätze, die pro WW erhoben wurden, schwankt zwischen 1 und maximal 2.847 Datensätzen, wobei für ca. 16 % der WW nur 1 bis 5 Analysen und für ca. 68 % immerhin 6 bis 50 Analysen für die letzten Jahre vorliegen (s. Abb. 6).

Die erhobenen ca. 30.100 Analysen beziehen sich auf insgesamt ca. 1.906 Brunnen. Für ca. 79 % dieser Brunnen haben die Versorger Filterangaben übermittelt, jedoch nur zu 28 % die Grundwasserleiterzugehörigkeit angegeben.

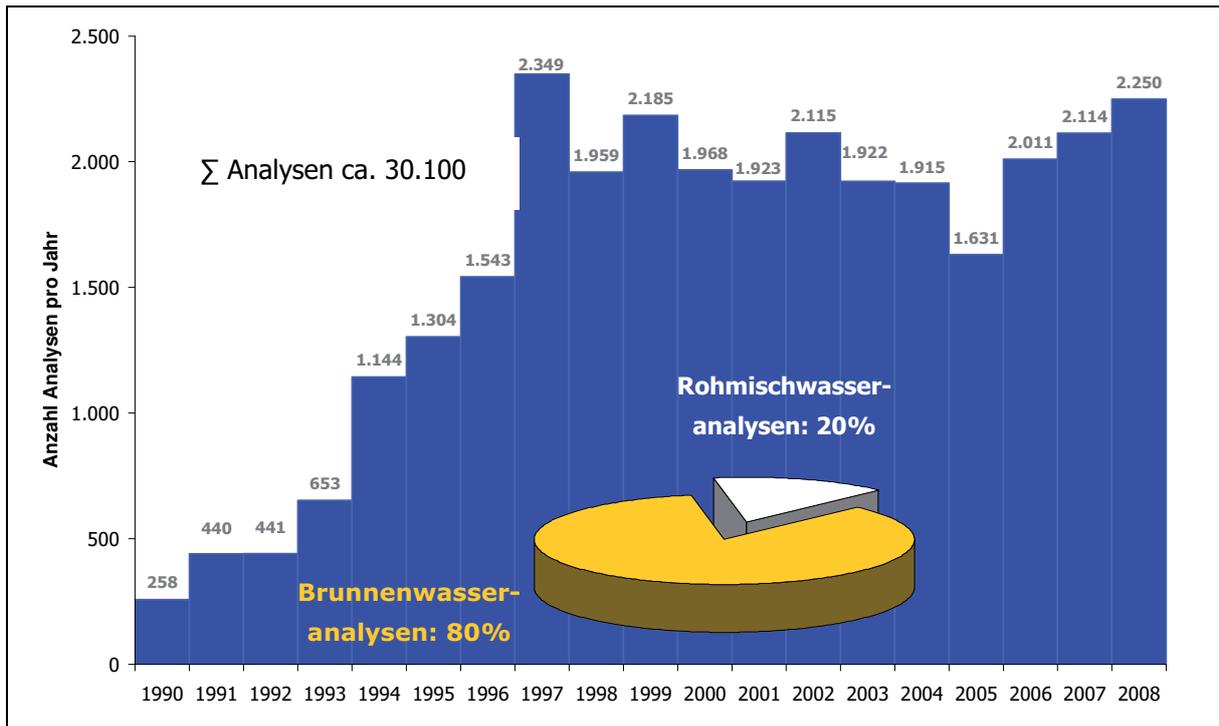


Abb. 5: Übersicht der Brunnen- und Rohmischwasseranalysen pro Jahr zu den insgesamt 578 WW, für die Analysen in der Projektdatenbank des LUGV erfasst sind

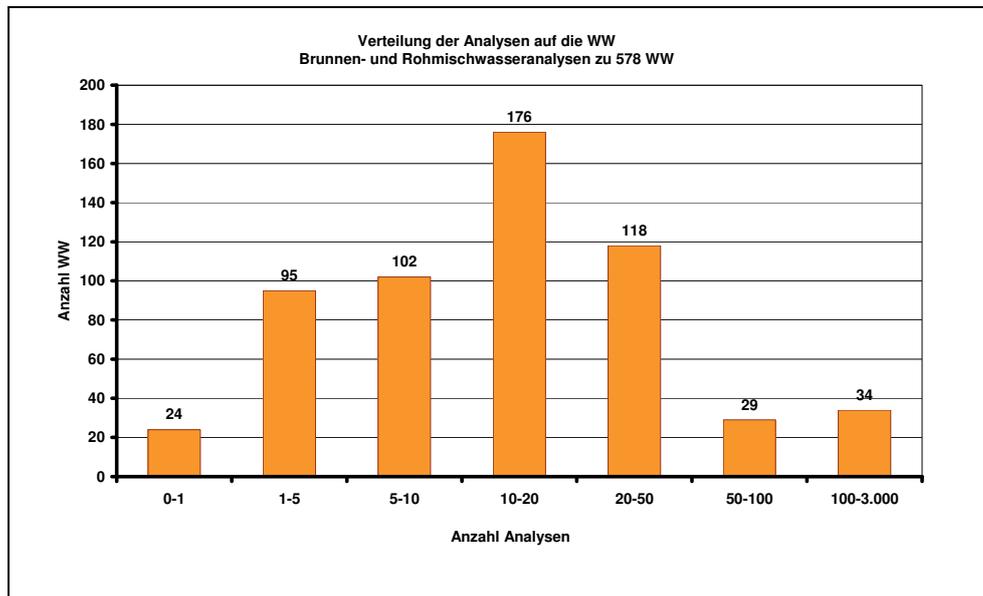


Abb. 6: Verteilung der Datensätze von Brunnen- und Rohmischwasser (Zeitraum 1990 - 2008)

2.3.4.2 Analysen von Grundwassermessstellen

Mit dem Stand November 2009 sind zu 1.122 der 1.623 archivierten GWMS ca. 11.631 Grundwasseranalysen in der Projektdatenbank aufgenommen worden. Es handelt sich um Analysen, die nach 1990 von den WVU erhoben worden sind. Die Daten sind 44 WVU und ca. 78 WW zugeordnet.

Die Lage jeder Messstelle ist dahingehend überprüft worden, ob sie sich innerhalb des hydrodynamischen Einzugsgebietes des zugehörigen WW bzw. in einem Abstand bis zu 200 m davon befindet. Ist dies der Fall, wird eine GWMS als Vorfeldmessstelle deklariert. Für 102 der übermittelten GWMS konnte diese Prüfung nicht vorgenommen werden, da die Koordinaten nicht recherchiert werden konnten. Falls zu einem Wasserwerk kein hydrodynamisches Einzugsgebiet vorliegt, wurden alle vom WVU genannten Messstellen als V-GWMS deklariert. 153 GWMS befinden sich außerhalb der WW-Einzugsgebiete.

Die GWMS, die in den oberen 50 Metern ausgebaut wurden, sind meist den Grundwasserleiterkomplexen 1 und 2 (Manhenke et al. 1995) zuzuweisen, welche überwiegend für die Trinkwasserförderung genutzt werden. Die GWMS mit oberflächennah ausgebauten Filtern (0 - 10 m u. GOK) werden i. d. R. durch die Grundwasserneubildung beeinflusst. Sie zeigen über den Sickerwasserpfad eingetragene anthropogene Beeinflussungen des Grundwassers früher und vergleichsweise deutlicher an als tiefer ausgebauten GWMS. Der Bereich 10 - 50 m u. GOK ist anhand der Verteilung der Filterlagen weiter in die Filterklassen 10 - 30 m u. GOK und 30 - 50 m u. GOK untergliedert worden (s. Tab. 3). Die GWMS mit Filtern tiefer als 50 m u. GOK sind in Brandenburg meist dem Grundwasserleiterkomplex 3 zugeordnet (Manhenke et al. 1995). 24 GWMS wurden über deren Ausbautiefe sowie 6 GWMS des WW Alt Lutterow (Flecken-Zechlin/OT) über die Charakterisierung der Wässer den Filterklassen zugeordnet. Die V-GWMS teilen sich entsprechend ihrer Filterlage folgendermaßen auf:

- 1.120 V-GWMS mit Filterunterkanten zwischen 0 und 50 m u. GOK
- 249 GWMS mit Filterunterkanten über 50 m u. GOK.

Tab. 3 Übersicht der Grundwassermessstellen mit Analysen

Kategorie	Gesamtzahl GWMS mit Analysen	% an Summe GWMS	zu Anzahl WW	Anzahl GWMS mit Analysen 1990 - 2008	zu Anzahl WW
V-GWMS mit Filtern < 50 m u. GOK*	994	61,3	93	872	64
1) Vorfeldmessstellen mit Filter 0 - 10 m u. GOK	197	12,1	37	173	29
2) Vorfeldmessstellen mit Filter 10 - 30 m u. GOK	551	34	73	457	52
3) Vorfeldmessstellen mit Filter 30 - 50 m u. GOK	246	15,2	57	195	39
V-GWMS mit FUK > 50 m u. GOK	245	15,1	55	171	39
V-GWMS mit unbekannter Filterlage	130	8	31	55	18
GWMS ohne Koordinaten	101	6,2	28	11	4
GWMS außerhalb von WW- Einzugsgebieten	153	9,4	28	64	16
Summe	1.623	100 %	915	1.122	77

* Analysen sind in die statistische Auswertung eingegangen

Die digitalen Analysenaufzeichnungen der GWMS beginnen wie bei den Brunnen mehrheitlich ab 1997 (s. Abb. 7). Die Anzahl der Datensätze, die pro WW erhoben wurden, schwankt zwischen 1 und maximal 1.536 Datensätzen, wobei für ca. 23 % der WW nur 1 bis 5 Analysen und für ca. 40 % immerhin 6 bis 50 Analysen vorliegen (s. Abb. 8). Die statistische Auswertung der Analysen ist mit den Vorfeldmessstellen ausgeführt worden, deren Filter im Bereich von 0 - 50 m u. GOK liegen. Dabei handelt es sich um 872 V-GWMS mit insgesamt 9.318 Analysen zu 64 WW. Die zugehörigen WW konzentrieren sich auf das Umland von Berlin, Potsdam und Oranienburg sowie die Räume Cottbus und Wittstock (s. Abb. 9).

Die Analysen aus dem Zeitraum 1990 bis 2008 wurden auf Plausibilität geprüft (s. Kapitel 3).

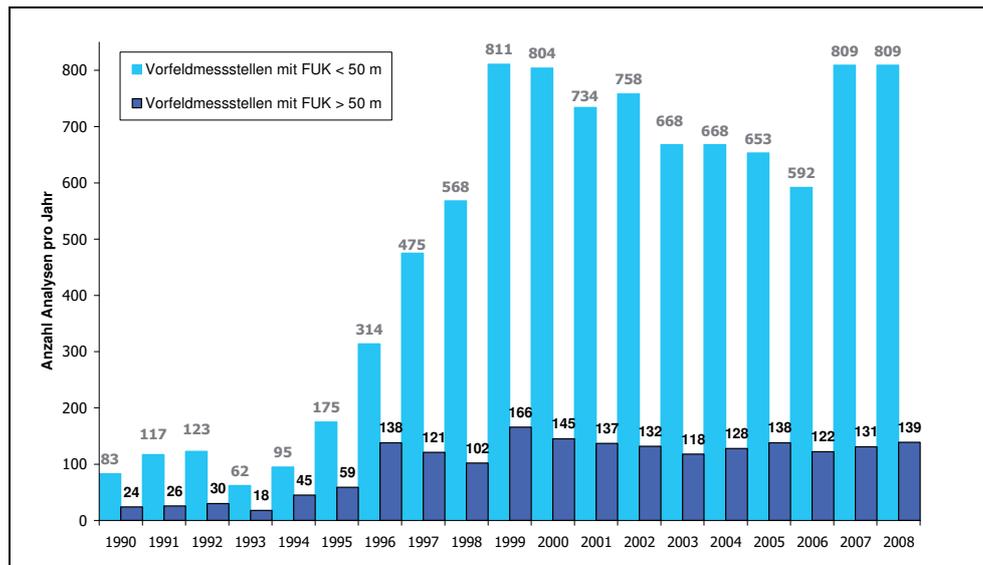


Abb. 7: Anzahl der Analysen von Grundwassermessstellen pro Jahr (Zeitraum 1990 - 2008)

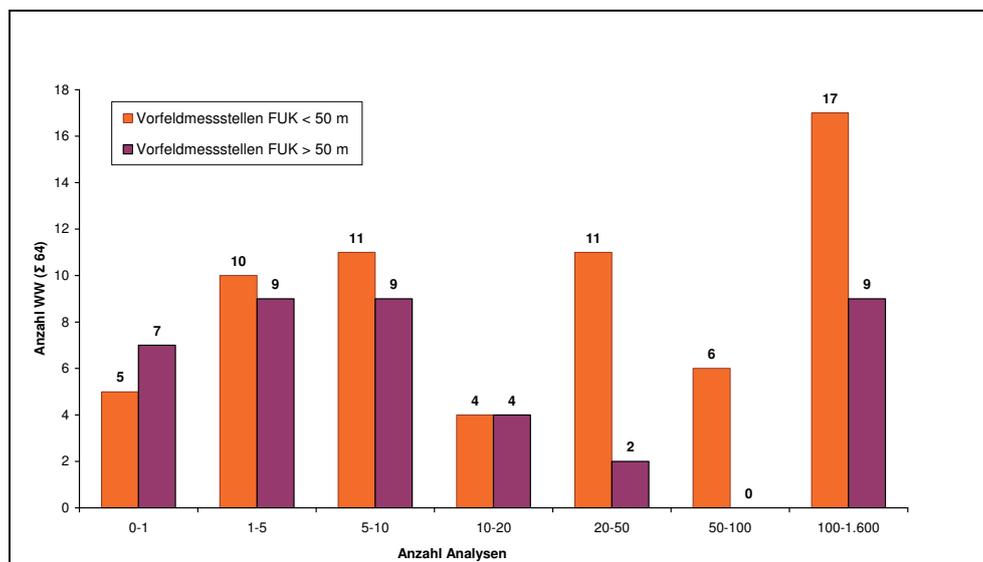


Abb. 8: Verteilung der Datensätze von Vorfeldmessstellen auf die Wasserwerke

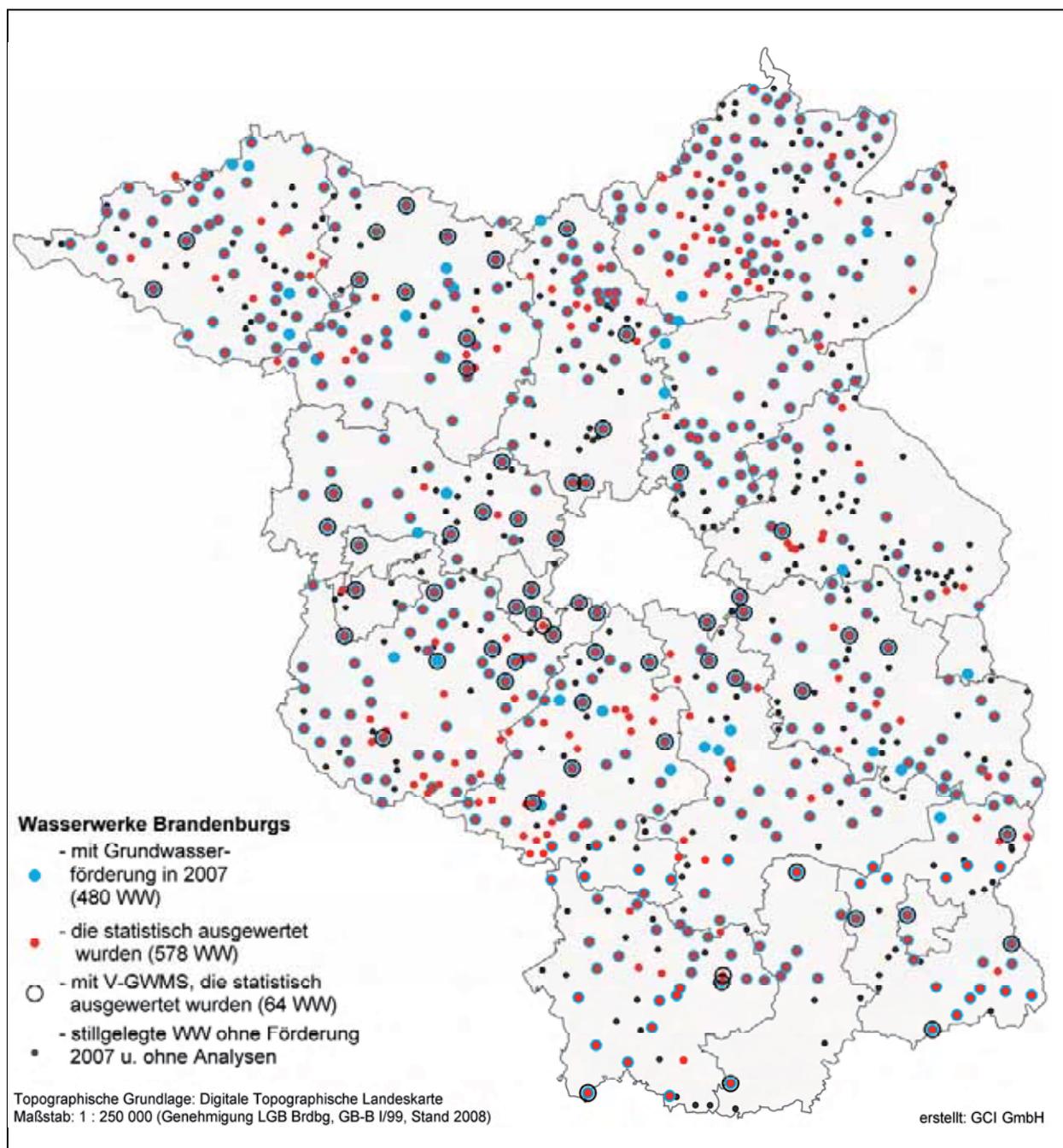


Abb. 9: Verteilung der WW im Land Brandenburg, deren Rohwasseranalysen statistisch ausgewertet wurden

3 Plausibilitätsprüfung der in 2009 erhobenen Analysen

Es wurde eine detaillierte Plausibilitätsprüfung der archivierten Analysen aus dem Zeitraum 1990 bis 2008 durchgeführt. Offensichtliche Maßeinheiten- und Tippfehler wurden korrigiert. In den Datensätzen, deren Ionensummenfehler größer als 20 % war, sind Detailprüfungen durchgeführt worden, um die unplausiblen Anionen- oder Kationenwerte herauszufinden. Das betraf in 2009 ca. 60 Analysendatensätze. Die auffälligen Werte wurden entsprechend gekennzeichnet (s. unten), so dass sie nicht mehr für die Auswertung zur Verfügung stehen. Diese Vorgehensweise bewahrt die übrigen plausibel erscheinenden Anionen- und Kationenanalysen für weitere Auswertungen. Davon ausgenommen sind Lagepunktauswertungen, wie z. B. Valjaschko-Diagramme oder PIPER-Diagramme, für die jeweils ein vollständiger Analysensatz an Hauptanionen und -kationen vorliegen muss.

Es liegen folgende Datensätze von Hauptanionen und -kationen vor:

- Brunnen- und Rohmischwasseranalysen: 12.814 vollständige, 3.496 unvollständige Datensätze
- Analysen von V-GWMS: 6.073 vollständige, 696 unvollständige Datensätze.

Die Ionensummenfehler der Brunnen- und Rohmischwasseranalysen und der Analysen zu V-GWMS bewegen sich überwiegend im Bereich von $\pm 4\%$ (s. Abb. 10).

Die Leitparameter (s. Kapitel 4.1) sowie einzelne auffällige Messwerte wurden mit Hilfe von Konzentrationsganglinien visuell geprüft, um unplausible Daten herauszufinden und Trends erkennen zu können. Als unplausibel eingeschätzte Werte sind in der Projektdatenbank gekennzeichnet und kommentiert worden.

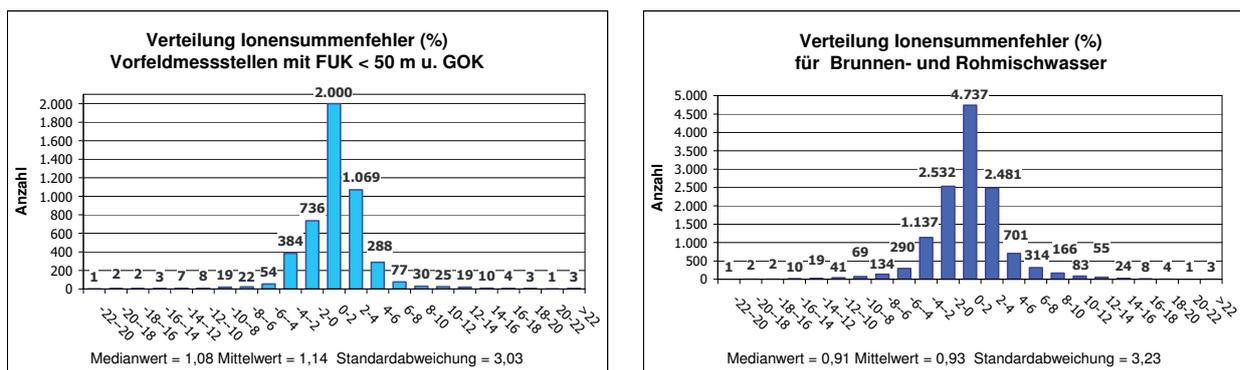


Abb. 10: Verteilung Ionensummenfehler [%] (nach DVWK 128/1992) der Vorfeldmessstellen (linke Abb.) bzw. Brunnen- und Rohmischwasseranalysen (rechte Abb.), die in der Projektdatenbank für den Zeitraum 1990 - 2008 archiviert sind (Stand Nov. 2009)

4 Methodik zur Auswertung, Bewertung und Darstellung der Analysen

Das Land Brandenburg hat im Rahmen von vier der insgesamt sechs Teilprojekte eine wasserwerksbezogene Auswertung der Rohwasseranalysen durchführen lassen (GCI 2005, 2006, 2007, 2009). Die im Jahr 2005 entwickelte Methodik zur Auswertung, Bewertung und Dokumentation der Rohwasseranalysen wurde seitdem beibehalten und wird nachfolgend vorgestellt. Da die Rohwasseranalysen der Wasserversorgungsunternehmen nicht im Detail dargelegt werden können, werden Ergebnisse nur beispielhaft dokumentiert. Dem Landesumweltamt stehen jeweils umfangreiche Dokumentationen in Form von Konzentrationsverteilungskarten der genannten Parameter sowie wasserwerks-, brunnen- und messstellenbezogene Grafiken und Tabellen zur Verfügung.

4.1 Auswahl der Beurteilungsparameter und Festlegung der Richtwerte

Die Parameterauswahl fällt u. a. auf Verbindungen, für die die EG-Grundwasserrichtlinie Qualitätsnormen und Schwellenwerte vorgibt (EG 2006). Im Fokus der Auswertung stehen die belastungsrelevanten Parameter Ammonium, Nitrat, Chlorid, Sulfat, Kalium, Phosphat und Bor. Diese Parameter liegen nahezu für jede untersuchte Rohwasserprobenstelle in der Projektdatenbank mit mehreren Messwerten vor, so dass sie flächendeckende Auswertungen zulassen. Auf ihnen beruht unter Berücksichtigung von weiteren Informationen zur Beeinträchtigung der Grundwasserqualität, z. B. durch Pflanzenschutzmittel (PSM) oder leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW), die Gesamtbewertung von Rohwasseranalysen. Die Leitparameter erlauben es gemeinsam mit den übrigen Hauptanionen und Hauptkationen, die Genese der Rohwässer zu prüfen und diffuse, anthropogene und geogen-salinare Degradation der Grundwasserbeschaffenheit zu erkennen. Die überwiegende Anzahl der WWU orientiert die Überwachungsprogramme an den Parametern der TrinkwV bzw. am Erlass W/16/1999. In der Datenbank liegen deshalb nur wenige Angaben zu EDTA, Human- und Tierarzneistoffen oder Uran vor. Ergebnisse von Untersuchungen auf perfluorierte Tenside (PFT) oder sprengstofftypische Verbindungen (STV) wurden seitens der WWU bisher nicht durchgeführt oder nicht übermittelt.

Tab. 4: Schwerpunktmäßig ausgewertete Parameter, für die Richtwerte festgelegt wurden

Parameter	Maßeinheit	Richtwert	Hinweise zur Beeinflussung der WW-Einzugsgebiete
Ammonium	mg/l	0,5	Leitparameter behördenintern liegen Parameterkarten vor
Bor	µg/l	100	
Chlorid	mg/l	50	
Kalium	mg/l	5	
Nitrat	mg/l	10	
Phosphat		0,3 / 0,6	
Sulfat	mg/l	130	
PSM-Einzelstoff	µg/l	0,1	Nachweise in Brunnen bzw. Vorfeldmessstellen von 11 WW, behördenintern liegt Parameterkarte vor
Leitfähigkeit	µS/cm	1.000	
pH-Wert	-	> 6,5 u. < 8	
PSM-Einzelstoff	µg/l	0,1	Nachweise in Brunnen bzw. Vorfeldmessstellen von 11 WW, behördenintern liegt Parameterkarte vor
Tetrachlorethen (PCE)	µg/l	1	<u>LCKW-Einzelstoffe:</u> Belastungen in Brunnen bzw. Vorfeldmessstellen von ca. 20 WW. Dem Landesamt stehen Zeitreihen für detaillierte Prüfungen der Entwicklungen der betroffenen Brunnen und Messstellen zur Verfügung.
Trichlorethen (TCE)	µg/l	1	
1,2-cis-Dichlorethen (CIS) bzw. -trans-	µg/l	1	
Vinylchlorid (VC)	µg/l	0,5	
1,2-Dichlorethan (DCA)	µg/l	1	
PAK* PAK EPA ohne Naphthalen und Acenaphthylen	µg/l	0,2	Für diese Parameter sind vom Land keine Prüfwerte vorgegeben worden. Es wurde die Geringfügigkeitsschwellenwerte der LAWA (GFS) als Richtwerte zur Beurteilung herangezogen. Die Überschreitung eines GFS weist auf eine anthropogene Beeinflussung hin. Vereinzelt Nachweise über GFS.
BTEX / Benzen	µg/l	20 / 1	
MKW	µg/l	100	
Chlorbenzene	µg/l	1	
Phenol	µg/l	8	
Arsen	µg/l	10	
Blei	µg/l	7	Einzelnachweise bis 36 µg/l. Nachweise z. T. nicht verifizierbar, da Datengrundlage schlecht
Cadmium	µg/l	0,5	Einzelnachweise bis 4 µg/l, Nachweise z. T. nicht verifizierbar, da Datengrundlage schlecht
Quecksilber	µg/l	0,2	Wenige auffällige Nachweise in Brunnen und GWMS

4.2 Methode der parameterbezogenen Auswertung von Rohwasseranalysen auf Basis von univariater Statistik und Richtwerten

Die Methodik der Auswertung und Darstellung der Parameter basiert auf der Klassifizierung der Analysen unter Anwendung von univariater Statistik und Prüfung der statistischen Kennzahlen gegen Richtwertkonzentrationen. Die Methodik wird seit 2005 auf die Parameter Ammonium, Nitrat, Chlorid, Sulfat, Kalium, Phosphat, Bor und PSM-Einzelstoffe angewandt (Leitparameter). Die Richtwerte wurden auf Grundlage von vorgegebenen Prüfwerten des LUA (nunmehr LUGV) definiert und sind so gewählt, dass bei deren Überschreitung eine Beeinflussung der Grundwasserbeschaffenheit anzunehmen ist (vgl. Tab. 4). Die Richtwerte der meisten Parameter liegen deutlich unterhalb der Grenzwerte nach der aktuellen TrinkwV 2001 (Nitrat, Sulfat, Chlorid, Phosphat, Bor und elektrische Leitfähigkeit) bzw. nach der alten TrinkwV von 1990 (Kalium: in der TrinkwV 2001 wurde kein Grenzwert definiert). Selbst wenn im Rahmen dieses Berichts in Probenstellen von Wasserwerken deutlich erkennbare Beeinflussungen nachgewiesen wurden, überschreiten die ermittelten Konzentrationen in den meisten Fällen nicht die Grenzwerte nach TrinkwV. Für die Parameter pH-Wert, Ammonium und PSM (als Einzelstoff) entsprechen die Richtwerte den jeweiligen Grenzwerten nach TrinkwV. Für Ammonium gilt erst seit dem Teilprojekt 5 der Richtwert von 0,5 mg/l. Im Teilprojekt 4 wurde noch 1 mg/l als Beurteilungsgrundlage verwendet. Die übrigen Richtwerte haben sich nicht verändert. Sie entsprechen bei den Organika und Schwermetallen in der Regel den Geringfügigkeitsschwellenwerten (GFS).

Die folgenden statistischen Kennzahlen werden mit Hilfe einer Routine im Programm GCI-GMS für die Parameterkonzentrationen und einen gewünschten Zeitraum bestimmt und abgelegt:

- Anzahl Analysen (Stichprobenumfang n),
- arithmetischer Mittelwert, Minima, Maxima der Konzentrationen
- sowie das **10-, 25-, 50-, 75- und 90-Perzentil** der Konzentrationen.

Die Programmroutine kann auf ausgewählte Probenstellen, also Brunnen, Rohmischwasser oder GWMS oder auf die Gesamtheit der Daten von Brunnen oder Vorfeldmessstellen eines WW angewendet werden. Im ersten Fall werden probenstellenbezogene Kennwerte ermittelt und im zweiten Fall WW-bezogene Kennwerte. Die Abb. 12 dokumentiert die Basistabelle einer WW-bezogenen Auswertung. Die Auswertung und Ablage von Einzelwerten in Probenstellen erfolgt analog. Liegen mehr als 5 Analysen pro Datensatz vor, werden die aus den Konzentrationen berechneten fünf Perzentile (10-, 25-, 50-, 75- und 90-Perzentil) gegen den vorgegebenen Richtwert geprüft (in Abb. 12 WW A und WW B). Andernfalls wird die Maximalkonzentration gegen den Richtwert geprüft (in Abb. 12 WW C). Bei Überschreitung des Richtwertes wird in der Bewertungsmatrix eine 1 eingetragen (1 Maluspunkt), bei Unterschreitung eine 0 (0 Maluspunkte). Über die Summe der Maluspunkte wird die Bewertung des Parameters vorgenommen. Bei der Perzentilauswertung kann die Summe an Maluspunkten je Parameter zwischen 0 und 5 liegen. Bei der Auswertung der Maximalwerte beträgt sie 0 oder 1 (vgl. Tab. 5 und Abb. 12). Liegen für einen Parameter keine Daten vor, wird dies in den Parameterkarten entsprechend gekennzeichnet (vgl. Abb. 26).

Auswertung mittels Maximalkonzentrationen – Maximalwertmethode (s. Bsp. WW C in Abb. 12)

Liegen 5 oder weniger Analysenwerte vor, wird nur zwischen den Annahmen unterschieden, dass keine Beeinflussung erkennbar ist (0 Maluspunkte) oder dass eine Beeinflussung vorhanden ist (1 Maluspunkt). Die Farbabstufung in den Parameterkarten erfolgt mit hellgrün bzw. hellbraun (vgl. Tab. 5 und Abb. 12 WW C). Das Bewertungsergebnis auf Basis von Maximalwerten birgt eine größere Unsicherheit als das der Perzentilauswertung, da der Stichprobenumfang kleiner ist.

Auswertung mittels Perzentil-Konzentrationen – Perzentilmethode (s. Bsp. WW A und B in Abb. 12)

Liegt keines der berechneten fünf Perzentile eines Parameters über dem Richtwert, werden keine Maluspunkte vergeben (0 Maluspunkte). Es ist davon auszugehen, dass hinsichtlich des betrachteten

Parameters „keine“ bzw. eine vernachlässigbare Beeinflussung vorliegt (vgl. Tab. 5). Im Beispiel der Abb. 12 trifft das für Nitrat im Falle der WW A und WW B, für die Parameter Ammonium, Phosphat und Bor im Fall des WW A sowie für Chlorid im Fall des WW B zu. Beträgt die Summe der Maluspunkte 1, wird eine „geringe“ Beeinflussung angenommen. Das 90-Perzentil überschreitet den Richtwert, dass heißt 10 % der Analysen liegen über dem Richtwert. Im Beispiel der Abb. 12 trifft das bei Kalium im Falle WW A sowie bei Ammonium und Phosphat im Falle WW B zu. Je höher die Summe an Maluspunkten eines Parameters ist, desto deutlicher wird die Beeinflussung der Rohwasserbeschaffenheit hinsichtlich dieses Parameters ausgeprägt sein. Bei 2 Maluspunkten überschreitet das 75-Perzentil den Richtwert, was in Abb. 11 beispielhaft anhand der aufsteigend sortierten Sulfatkonzentrationen des WW B verdeutlicht wird. Die Beeinflussung wird als „erkennbar“ umschrieben. Zwei Maluspunkte erhält das WW B auch hinsichtlich Kalium und Bor (s. Abb. 12). Bei 3 Maluspunkten liegen 50 % der Analysenwerte über dem Richtwert (50-Perzentil bzw. Median > Richtwert), was als „deutlich erkennbare“ Beeinflussung ausgelegt wird. Im Beispiel der Abb. 12 trifft das für Chlorid im Falle des WW A zu. Liegen 4 Maluspunkte vor, deutet das auf eine „hohe“ Beeinflussung hinsichtlich des betrachteten Parameters. Bei 5 Maluspunkten überschreiten 90 % der Analysenwerte den Richtwert, weshalb von einer „sehr hohen“ Beeinflussung ausgegangen werden kann (vgl. Tab. 5). Im Beispiel der Abb. 12 trifft das für Sulfat im Falle des WW A zu.

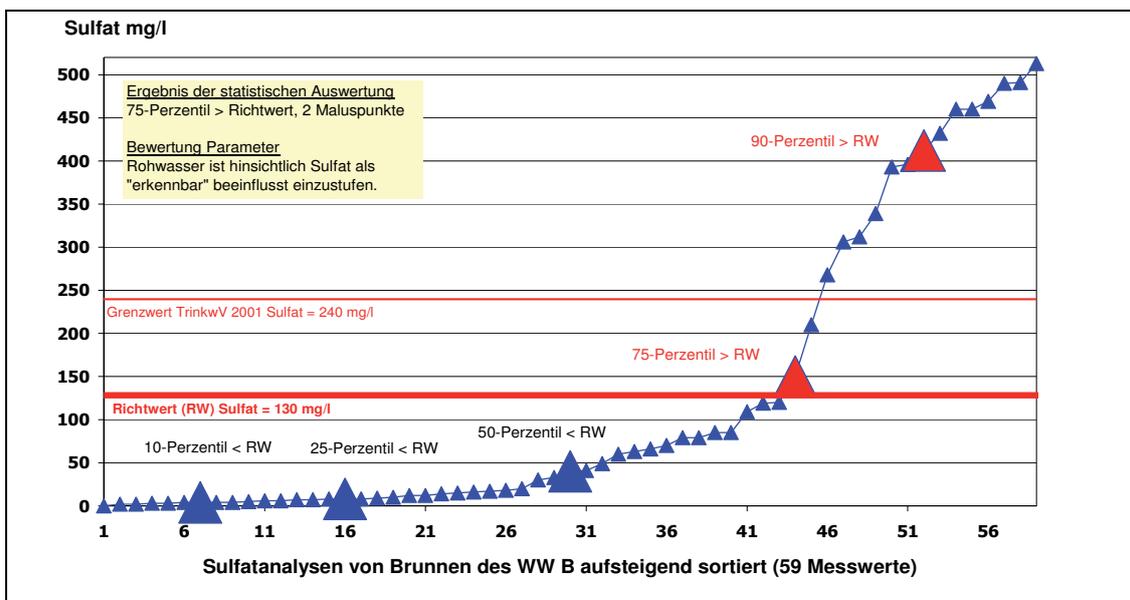


Abb. 11: Prüfung der Perzentile von Sulfat gegen den Richtwert (RW) 130 mg/l (Bsp. WW B)

Tab. 5: Klassifizierung der Parameterkonzentrationen mittels der Perzentil- oder Maximalkonzentrationsauswertung (Bsp. Abb. 12, Abb. 17 bis Abb. 24, Abb. 26, Karte 2)

Stichprobenumfang	> 5 Analysen Auswertung der Perzentil-Konzentrationen						< 5 Analysen Auswertung der Maximalwerte	
	Erläuterung	→ Prüfung der 10-, 25-, 50-, 75- und 90-Perzentile gegen den Richtwert → überschreitet ein Perz. den Richtwert, wird das als Maluspunkt gezählt → Klassifizierung über die Summe der Maluspunkte						→ Prüfung der Maximalkonz. gegen Richtwert
Maluspunkte	0	1	2	3	4	5	0	1
Bewertung	Perzentile < Richtwert	90-Perzentil > Richtwert	75-Perzentil > Richtwert	50-Perzentil > Richtwert	25-Perzentil > Richtwert	10-Perzentil > Richtwert	Max.-Konz. < Richtwert	Max.-Konz. > Richtwert
Annahme Beeinflussung	Keine	gering	erkennbar	deutlich erkennbar	hoch	sehr hoch	keine	vorhanden

Generell ist den Annahmen ein umso größerer Stellenwert einzuräumen, je größer der Stichprobenumfang der Konzentrationen und je länger der Beobachtungszeitraum ist.

Über die Summe der Maluspunkte je Parameter erfolgt die Klassifizierung und Darstellung der Bewertungsergebnisse in den Parameterkarten:

- Die Bewertungsergebnisse der Brunnen- und Rohmischwasseranalysen eines WW werden zur Klassifizierung des hydrodynamischen WW-Einzugsgebietes herangezogen, indem dieses über die in Tab. 5 dargestellten Farben eingefärbt wird.
- Die Analysen der Vorfeldmessstellen werden probenstellenbezogen ausgewertet, so dass deren Bewertungsergebnisse über entsprechend eingefärbte Messstellensymbole dokumentiert werden können.

Eine auszugsweise und beispielhafte Darstellung ist den Kartenausschnitten in Abb. 17 bis Abb. 24 zu entnehmen. Die Karte 2 dokumentiert mit Hilfe des nicht stoffspezifischen Parameters „Elektrische Leitfähigkeit“ den Aufbau der Parameterkarten wie sie in gleicher Weise dem LUGV für die belastungsrelevanten Leitparameter vorliegen. Die elektrische Leitfähigkeit wird nicht chemisch analysiert, sondern bei der Probennahme mittels Sondenmessung im Grundwasser bestimmt. Sie gibt lediglich grobe Hinweise auf die Mineralisation eines Wassers.

Für eine detaillierte Prüfung der Bewertungsergebnisse stehen dem Landesumweltamt die Einzelwerte in der Projektdatenbank sowie vielfältige Möglichkeiten zur Auswertung und Darstellung dieser Daten mit Hilfe der Projektdatenbank zur Verfügung. Es sind ggf. Fragen zu klären, wie:

- Gibt es noch Ausreißer zu beseitigen?
- Sind die einzelnen Probenstellen eines WW unterschiedlich stark belastet?
- Liegen zu- oder abnehmende Trends vor?

Die Rohwasseranalysen des Zeitraumes 1990 - 2008 wurden für jeden Leitparameter sowie für die auffälligen Schadstoffparameter als Ganglinien erstellt und in pdf-Dateien abgelegt. Somit sind für jede Rohwasserprobenstelle eines WW die Konzentrationen eines Parameters und dessen zeitliche Entwicklung schnell zugriffsbereit (Bsp. Sulfat-Konzentrationen der WW A und WW B in Abb. 13 und Abb. 14).

Die Häufigkeitsverteilung und Spannweiten der Parameterkonzentrationen können beispielsweise auch mit Hilfe von Histogrammen und Boxplot-Diagrammen nachvollzogen werden. In Abb. 15 und Abb. 16 sind die Spannweiten der Brunnenrohässer der WW A und WW B zu den in Abb. 12 dargestellten wasserwerksbezogenen Kennwerten dokumentiert. Die entsprechenden Diagramme auf den Parameterkarten, die dem LUGV zur Verfügung stehen, beziehen sich auf den Gesamtdatenbestand der WW (Bsp. Abb. 27 bis Abb. 29). Die genetische Bewertung der Brunnenrohässer ermöglicht GCI-GMS zum Zeitpunkt der Bearbeitung im Jahr 2009 u. a. über das Typendiagramm nach Valjaschko und Reclin / Schirrmeister (Reclin 1997). Die Brunnen der WW A und B aus Abb. 12 zeigen danach keine geogen-salinare Beeinflussung (vgl. Abb. 30). Zukünftig kann die geogen-salinare Beeinflussung von Rohwässern aus Brunnen und GWMS mit dem Programm GEBAH (Genetische Bewertung von Analysen der Hydrosphäre) des LBGR überprüft werden. Das Programm steht ab dem 2. Halbjahr 2010 zur Verfügung.

Parameter	WW-bezogene statistische Kennwerte			Maluspunkt bei Überschreitung Richtwert		
				Auswertung Perzentile (> 5 Analysen)		Auswertung Maximalwert
	WW A	WW B	WW C	WW A	WW B	WW C
Nitrat (NO₃) mg/l						
Anzahl Analysen	49	50	3			
Anzahl Werte > BG	36	48	1			
Minimum	0	0	0,1			
Maximum	16	3	10			0
10-Perzentil	0	0		0	0	
25-Perzentil	0	0		0	0	
50-Perzentil	0	0		0	0	
75-Perzentil	0	0		0	0	
90-Perzentil	8	0		0	0	
Richtwert NO ₃ = 10 mg/l			Maluspunkte	0	0	0
Ammonium (NH₄) mg/l						
Anzahl Analysen	49	50	3			
Anzahl Werte > BG	15	7	3			
Minimum	0,0	0,0	0			
Maximum	0,5	1,9	0			0
10-Perzentil	0,0	0,0		0	0	
25-Perzentil	0,0	0,2		0	0	
50-Perzentil	0,1	0,4		0	0	
75-Perzentil	0,2	0,5		0	0	
90-Perzentil	0,4	0,5		0	1	
Richtwert NH ₄ = 0,5 mg/l			Maluspunkte	0	1	0
Chlorid (Cl) mg/l						
Anzahl Analysen	50	60	3			
Anzahl Werte > BG	0	0	0			
Minimum	44	4	22			
Maximum	122	43	32			0
10-Perzentil	46	6		0	0	
25-Perzentil	50	8		0	0	
50-Perzentil	59	13		1	0	
75-Perzentil	79	21		1	0	
90-Perzentil	94	39		1	0	
Richtwert Cl = 50 mg/l			Maluspunkte	3	0	0
Sulfat (SO₄) mg/l						
Anzahl Analysen	49	59	3			
Anzahl Werte > BG	0	1	0			
Minimum	125	0	120			
Maximum	295	513	171			1
10-Perzentil	146	4		1	0	
25-Perzentil	152	8		1	0	
50-Perzentil	177	37		1	0	
75-Perzentil	214	165		1	1	
90-Perzentil	243	435		1	1	
Richtwert SO ₄ = 130 mg/l			Maluspunkte	5	2	1
Kalium (K) mg/l						
Anzahl Analysen	49	60	3			
Anzahl Werte > BG	3	0	0			
Minimum	0	1	3			
Maximum	23	67	8			1
10-Perzentil	1	1		0	0	
25-Perzentil	2	2		0	0	
50-Perzentil	3	3		0	0	
75-Perzentil	5	41		0	1	
90-Perzentil	7	52		1	1	
Richtwert K = 5 mg/l			Maluspunkte	1	2	1
Phosphat (PO₄) mg/l						
Anzahl Analysen	39	38	0			
Anzahl Werte > BG	34	30				
Minimum	0	0				
Maximum	1,0	0,9				
10-Perzentil	0	0	Parameter nicht untersucht	0	0	
25-Perzentil	0	0		0	0	
50-Perzentil	0	0		0	0	
75-Perzentil	0	0		0	0	
90-Perzentil	0,2	0,4		0	1	
Richtwert PO ₄ = 0,3 mg/l			Maluspunkte	0	1	nicht bewertet
Bor (B) µg/l						
Anzahl Analysen	22	37	0			
Anzahl Werte > BG	22	25				
Minimum	0	0				
Maximum	0	260				
10-Perzentil	0	0	Parameter nicht untersucht	0	0	
25-Perzentil	0	0		0	0	
50-Perzentil	0	0		0	0	
75-Perzentil	0	110		0	1	
90-Perzentil	0	193		0	1	
Richtwert Bor = 100 µg/l			Maluspunkte	0	2	nicht bewertet
			Summe Maluspunkte	9	8	2

Abb. 12: Beispiel für WW-bezogene statistische Kennzahlen der Leitparameter und Auswertung der Maluspunktzahlen für die klassifizierte Darstellung

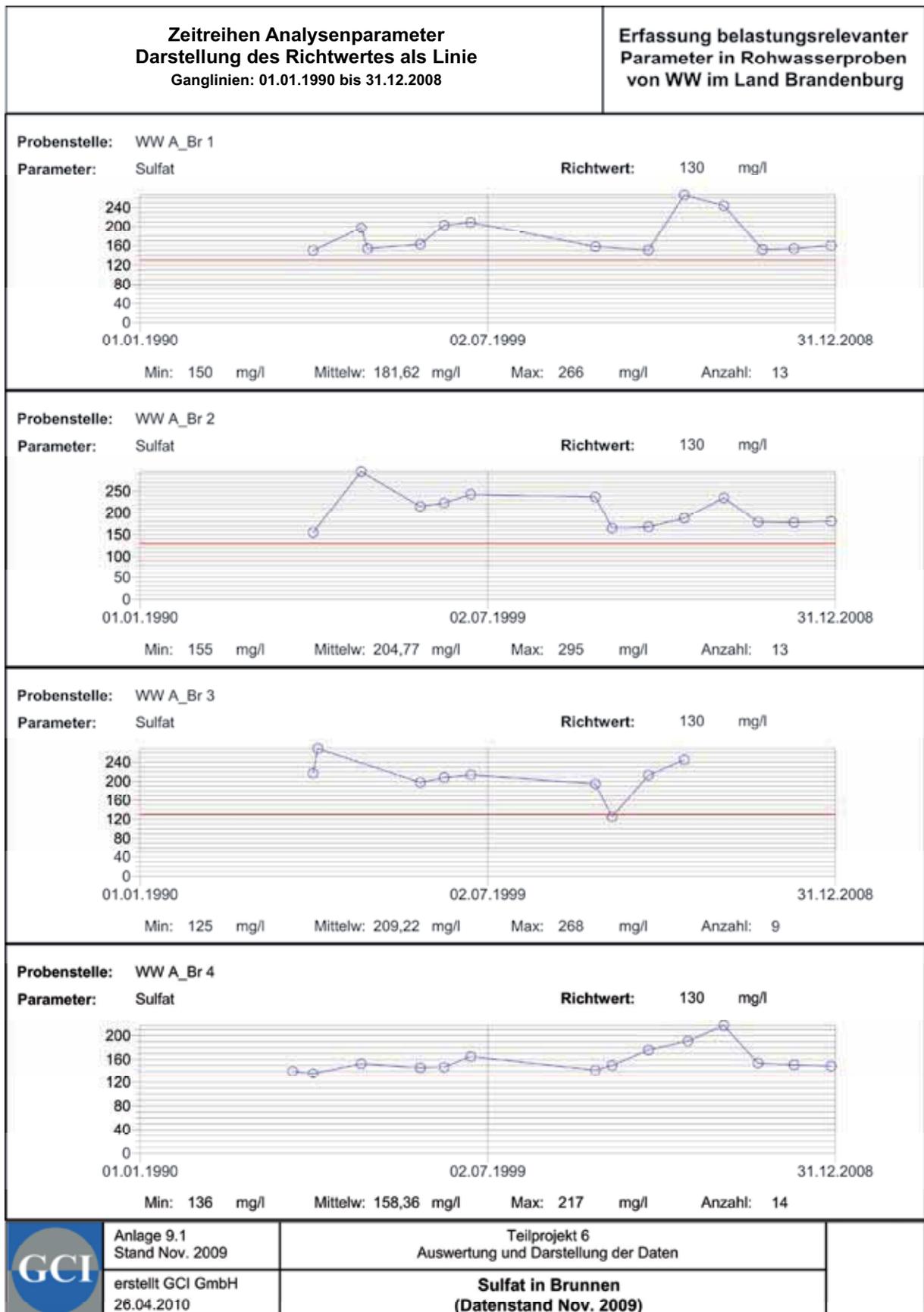


Abb. 13: Beispiel Gangliniendiagramm – Sulfat-Konzentrationen der Brunnen WW A

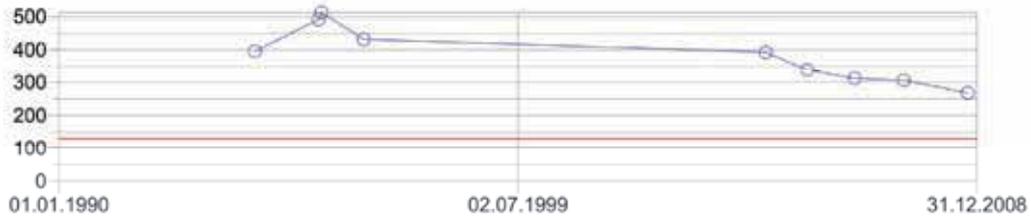
Zeitreihen Analysenparameter
Darstellung des Richtwertes als Linie
 Ganglinien: 01.01.1990 bis 31.12.2008

Erfassung belastungsrelevanter Parameter in Rohwasserproben von WW im Land Brandenburg

Probenstelle: WW B_Br 2

Parameter: Sulfat

Richtwert: 130 mg/l



Min: 268 mg/l Mittelw: 383,33 mg/l Max: 513 mg/l Anzahl: 9

Probenstelle: WW B_Br 5

Parameter: Sulfat

Richtwert: 130 mg/l

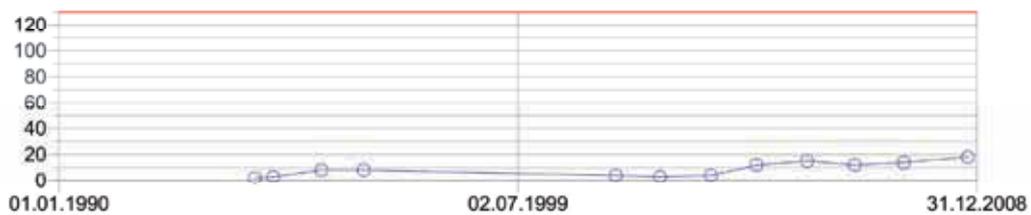


Min: 0 mg/l Mittelw: 17,941 mg/l Max: 60 mg/l Anzahl: 17

Probenstelle: WW B_Br 6

Parameter: Sulfat

Richtwert: 130 mg/l

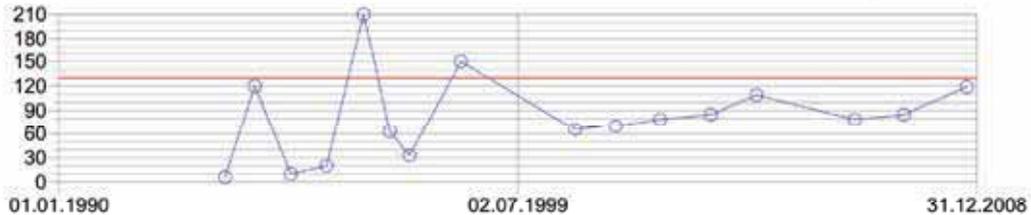


Min: 2 mg/l Mittelw: 8,5833 mg/l Max: 18 mg/l Anzahl: 12

Probenstelle: WW B_Br 7

Parameter: Sulfat

Richtwert: 130 mg/l



Min: 6 mg/l Mittelw: 81,5 mg/l Max: 210 mg/l Anzahl: 16

	Anlage 9.1 Stand Nov. 2009	Teilprojekt 6 Auswertung und Darstellung der Daten	
	erstellt GCI GmbH 26.04.2010	Sulfat in Brunnen (Datenstand Nov. 2009)	

Abb. 14: Beispiel Gangliniendiagramm – Sulfat-Konzentrationen der Brunnen WW B

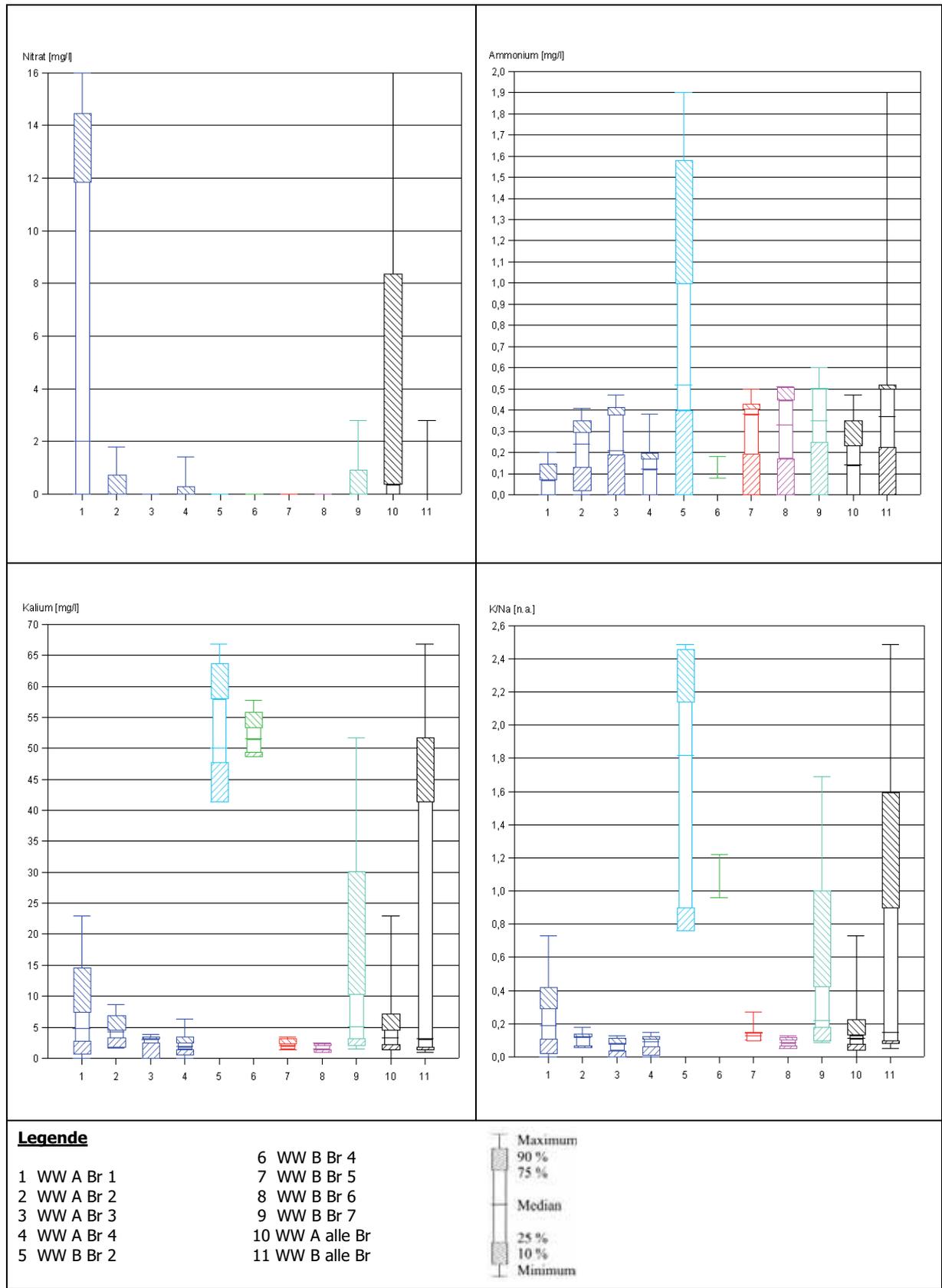


Abb. 15: Beispiele Spannweiten – Konzentrationen von Nitrat, Ammonium, Kalium sowie Ionenverhältnisse Kalium/Natrium der Brunnenrohässer aus WW A und WW B

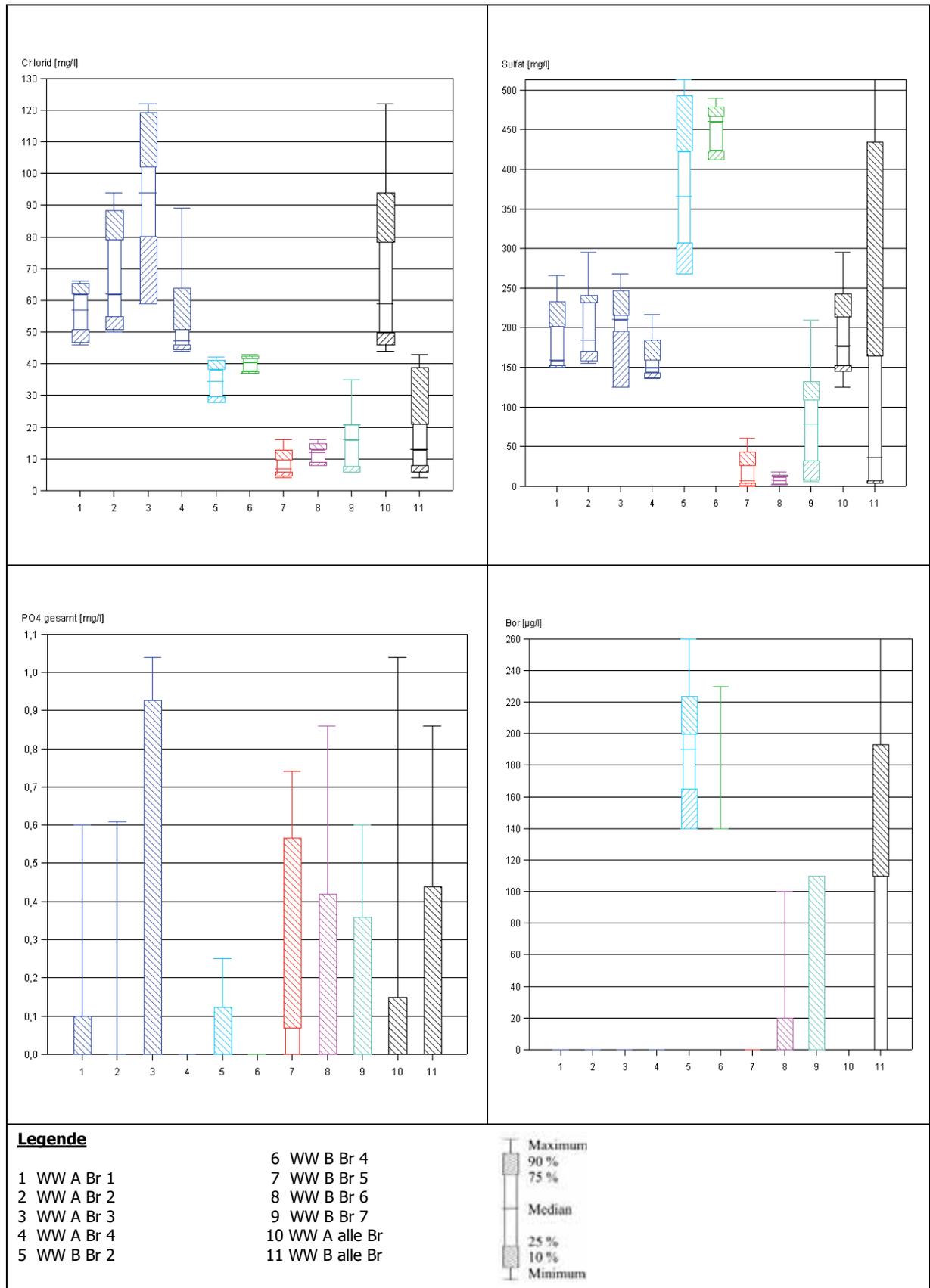


Abb. 16: Beispiele Spannweiten – Konzentrationen von Chlorid, Sulfat, Phosphat und Bor der Brunnenrohässer aus WW A und WW B

Ausschnitte aus den Parameterkarten für die beispielhafte Erörterung der Methodik zur Auswertung und Darstellung der Analysen von acht belastungsrelevanten Leitparametern (detaillierte Erläuterung der Methode oben)

Die Klassifizierung der Analysen erfolgt unter Anwendung von univariater Statistik und Prüfung der Perzentile bzw. Maxima gegen Richtwertkonzentrationen. Die Richtwerte sind so gewählt, dass bei deren Überschreitung eine Beeinflussung der Grundwasserbeschaffenheit anzunehmen ist. Die Richtwerte liegen unter den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung bzw. in deren Höhe (s. Ammonium, PSM-Einzelwirkstoffe). In den Abb. 26 bis Abb. 29 werden die Legende sowie Grafiken, die auf den Parameterkarten zu finden sind, beispielhaft dokumentiert. Für den nicht stoffspezifischen Vor-Ort-Parameter Leitfähigkeit demonstriert Karte 2 beispielhaft eine landesweite Darstellung.

Kurze Erläuterung zur Darstellung (komplette Legende in Abb. 26)

WW-bezogene Auswertung bezieht alle Brunnen- und Rohmischwasseranalysen aus dem Zeitraum 1990 - 2008 ein → Farbabstufung des WW-Einzugsgebietes entsprechend dem Prüfergebnis

Messstellenbezogene Auswertung für alle Vorfeldmessstellen mit Filtern in den oberen 50 Metern → Farbabstufung des Messstellensymbols (Kreise) entsprechend dem Prüfergebnis je Messstelle.

PSM (Erläuterung zum Kartenausschnitt der Parameterkarte, s. Abb. 17)

Es liegen keine PSM-Beeinflussungen in den Einzugsgebieten der dargestellten WW vor. Die Konzentrationen je WW (s. Einzugsgebiete) und je Vorfeldmessstelle liegen jeweils unter 0,1 µg/l. Das WW mit der Ident-Nr. 66/361 wurde bislang nicht auf PSM untersucht, weshalb das Einzugsgebiet weiß dargestellt ist. Für die WW mit den Ident-Nr. 66/365 und 66/526 liegen weniger als 5 Analysen vor (Maximalwertmethode), für die übrigen mehr als 5 Analysen (Perzentilmethode).

Nitrat (Erläuterung zum Kartenausschnitt der Parameterkarte, s. Abb. 18)

Es liegen keine Nitrat-Beeinflussungen in den Einzugsgebieten der dargestellten WW vor. Die Konzentrationen im Brunnen- und Rohmischwasser der WW liegen jeweils unter dem Richtwert von 10 mg/l (Grenzwert TrinkwV 50 mg/l). Die Konzentrationen der Vorfeldmessstellen der vier östlichen WW belegen, dass lokal Nitratgehalte über 10 mg/l auftreten.

Allg. Hinweis: Die Brunnen- und Rohmischwasseranalysen bieten integrale Informationen über die Grundwasserbeschaffenheit in den Einzugsgebieten und die Messstellenanalysen lediglich punktuelle Informationen über die Güte des Wassers, das den Filter der jeweiligen Messstelle passiert.

Ammonium (Erläuterung zum Kartenausschnitt der Parameterkarte, s. Abb. 19)

In den westlichen WW liegen bis auf wenige Nachweise im WW mit der Ident-Nr. 66/119 keine Beeinflussungen mit Ammonium vor. Das Brunnen- und Rohmischwasser der östlichen WW (Ident-Nr. 42/172, 42/176, 42/177) zeigt Ammonium-Gehalte über 0,5 mg/l (Grenzwert TrinkwV 0,5 mg/l), was bei diesen WW u. a. auf den Einfluss geogen-salinaren Tiefenwassers zurückzuführen ist. Das Monitoring der Vorfeldmessstellen belegt diese Beeinflussung. Besonders hohe Ammoniumgehalte weist das WW 42/173 auf, wo bereits das 25-Perzentil über dem Richtwert liegt, dass heißt 75 % der Analysen sind höher als 0,5 mg/l. Dieses WW wird u. a. von Uferfiltrat beeinflusst (s. Kalium, Phosphat und Bor). Ammonium wird bei der naturnahen Aufbereitung entfernt, so dass die Konzentrationen im Trinkwasser unter dem Grenzwert der TrinkwV liegen.

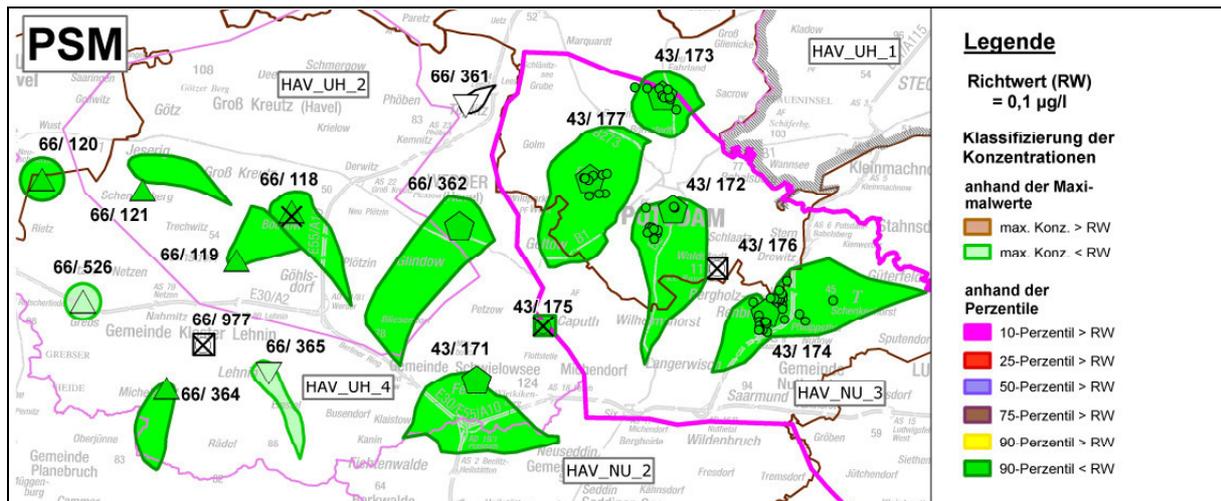


Abb. 17: Ausschnitt der Parameterkarte PSM (Ausschnitt mit freundlicher Genehmigung der WVU 43 und 66)

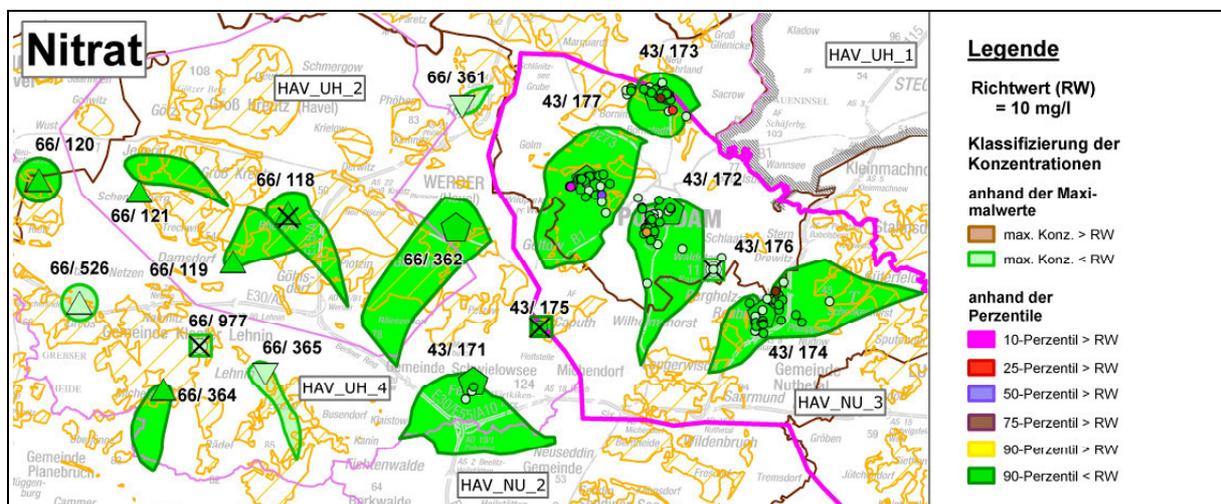


Abb. 18: Ausschnitt der Parameterkarte Nitrat (Ausschnitt mit freundlicher Genehmigung der WVU 43 und 66)

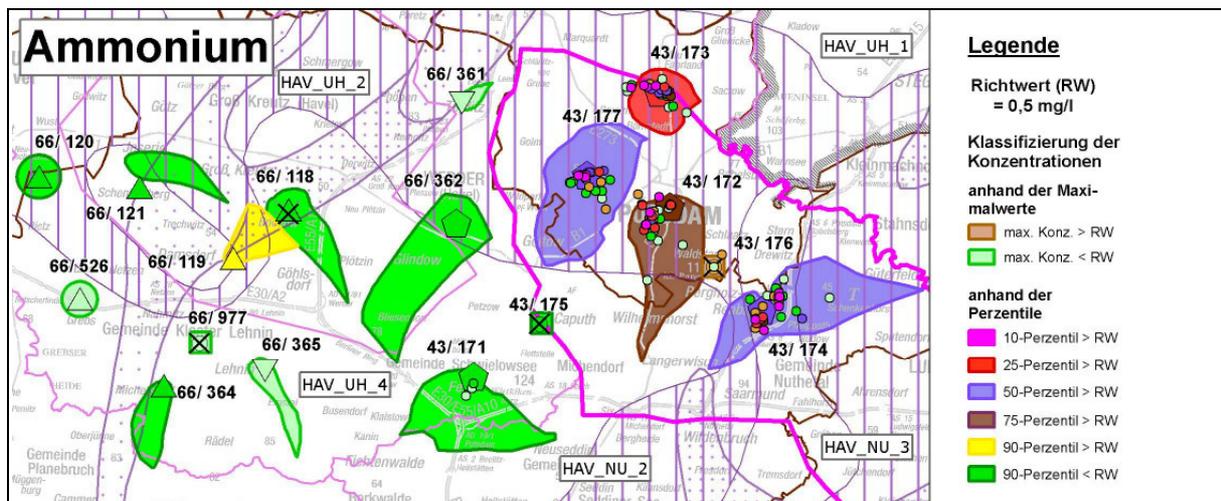


Abb. 19: Ausschnitt der Parameterkarte Ammonium (Ausschnitt mit freundlicher Genehmigung der WVU 43 u. 66)

Chlorid (Erläuterung zum Kartenausschnitt der Parameterkarte, s. Abb. 20)

In zwei der westlichen WW mit den Ident-Nr. 66/118 und 66/362 liegen die Chloridgehalte teilweise über 50 mg/l, jedoch jeweils deutlich unter dem Grenzwert der TrinkwV (250 mg/l). Diese Nachweise sind im Falle von WW 66/118 auf diffuse landwirtschaftliche Nährstoffeinträge im Einzugsgebiet zurückzuführen. Alle Brunnen zeigen ähnlich hohe Chlorid-Gehalte. Das WW wurde mittlerweile aus Qualitätsgründen und wegen der Änderung der Nutzungsart stillgelegt (s. gekreuztes Fördermengensymbol). Im Falle des WW mit der Ident-Nr. 66/362 sind nur vier der 19 untersuchten Brunnen betroffen, was auf punktuelle Einträge im Anstrom der Brunnen hindeutet. Die relativ hohen Chlorid-Gehalte der östlichen WW (Ident-Nr. 42/172, 42/173, 42/176, 42/177) sind mehrheitlich auf geogen-salinar beeinflusste Br. zurückzuführen (vgl. Kapitel 4.4). Bei drei dieser WW (s. Einzugsgebiet rot) liegt das 25-Perzentil über dem Richtwert, das heißt die Gehalte von 75 % der Brunnenanalysen sind höher als 50 mg/l. Der Betrieb und das Monitoring der geogen-salinar beeinflussten WW sind an diese Beeinflussung angepasst, um die Chloridgehalte im Trinkwasser jeweils deutlich unter dem Grenzwert nach TrinkwV zu halten.

Sulfat (Erläuterung zum Kartenausschnitt der Parameterkarte, s. Abb. 21)

Die überwiegende Anzahl der WW im Kartenausschnitt deuten auf Sulfat-Beeinflussungen des Grundwassers hin. Die höchste Beeinträchtigung weist dabei das WW mit der Ident-Nr. 66/118 auf, dessen nährstoffbeeinflusste Brunnen ähnlich hohe Sulfatgehalte dokumentieren. Hier liegt das 10-Perzentil der Brunnenanalysen über dem Richtwert von 130 mg/l, das heißt die Gehalte von 90 % der Analysen überschreiten diesen Wert. Dieses WW wurde mittlerweile aus Qualitätsgründen und wegen der Änderung der Nutzungsart stillgelegt (s. gekreuztes Fördermengensymbol). Beim WW 66/119 fällt der flach ausgebaute Brunnen durch extrem hohe Sulfatgehalte auf, die über dem Grenzwert nach TrinkwV liegen (240 mg/l). Die übrigen drei Brunnen wurden bereits in die Tiefe verlagert und zeigen keine Beeinträchtigung mit Sulfat. Diese ungleiche Verteilung spiegelt sich in der Statistik mit der Überschreitung des 75-Perzentils wider.

Im Falle der vier östlichen, geogen-salinar beeinflussten WW (s. Anmerkungen zu Chlorid) sind sowohl geogene als auch anthropogene Ursachen für erhöhte Sulfatgehalte verantwortlich.

Kalium (Erläuterung zum Kartenausschnitt der Parameterkarte, s. Abb. 22)

Die Kaliumnachweise über 5 mg/l der WW mit den Ident-Nr. 66/118 und 66/119 sind auf diffuse Nährstoffeinträge in den landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten zurückzuführen, die sich vor allem in erhöhten Sulfatgehalten (s. oben) manifestieren. Die Konzentrationsverteilung auf die Brunnen gleicht jeweils der von Sulfat. Der flache Brunnen des WW 66/119 zeigt neben den sehr hohen Sulfat- und Kaliumgehalten auch eine geringe Beeinträchtigung mit Bor. Das WW 66/118 wurde mittlerweile aus Qualitätsgründen und wegen der Änderung der Nutzungsart stillgelegt (s. gekreuztes Fördermengensymbol). Im Falle der vier östlichen, geogen-salinar beeinflussten WW (s. Anmerkungen zu Chlorid und Sulfat) sind überwiegend geogene Ursachen für die Kaliumgehalte über 5 mg/l verantwortlich. Dies belegt auch das Ionenverhältnis Kalium/Natrium, das bei geogen-salinarer Beeinflussung sehr gering ist, da es durch Natrium geprägt ist. Die Kaliumnachweise des WW 42/173 sind auch auf Uferfiltrateinfluss zurückzuführen.

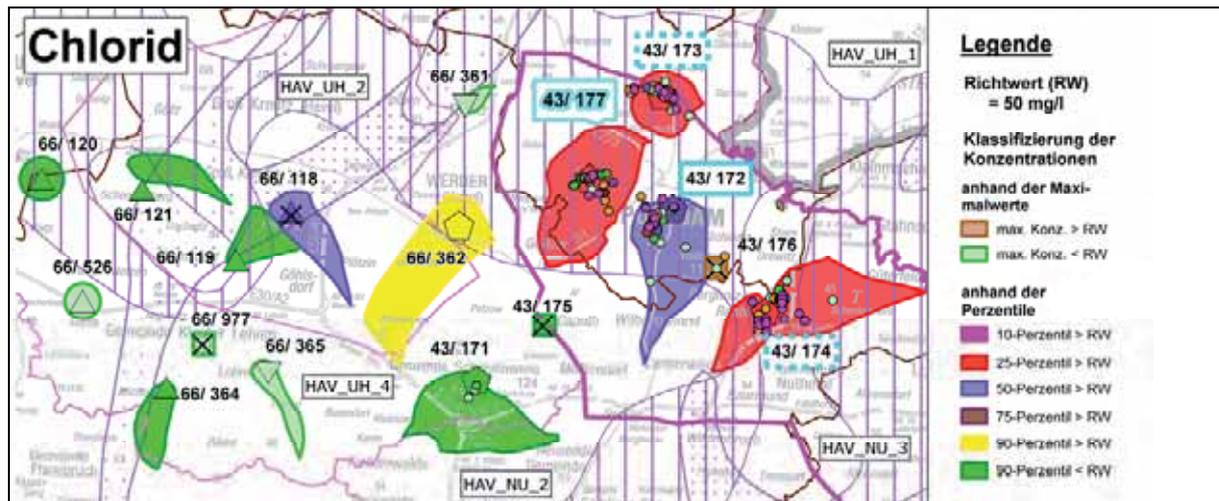


Abb. 20: Ausschnitt der Parameterkarte Chlorid (Ausschnitt mit freundlicher Genehmigung der WVU 43 und 66)

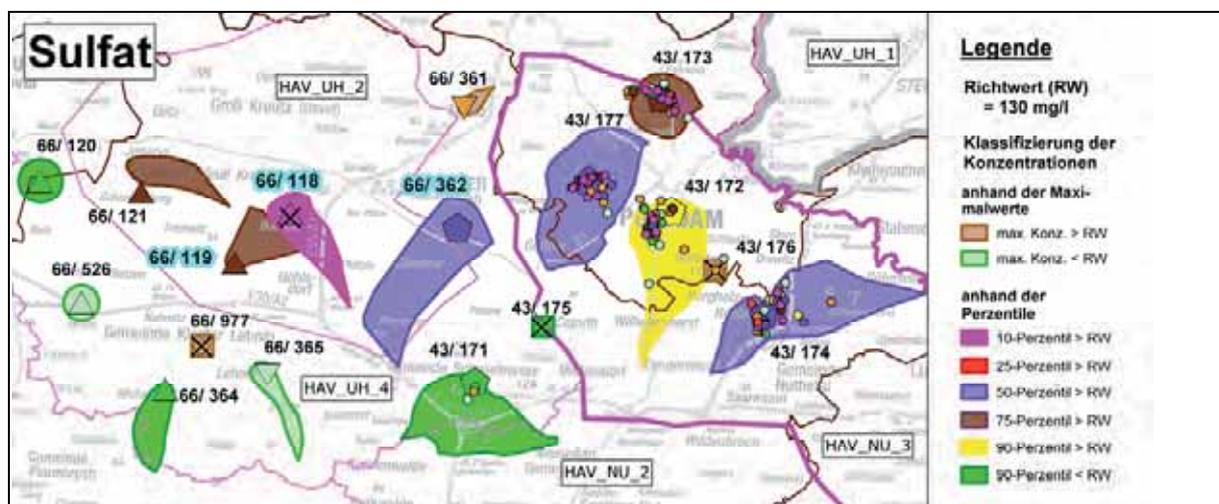


Abb. 21: Ausschnitt der Parameterkarte Sulfat (Ausschnitt mit freundlicher Genehmigung der WVU 43 und 66)

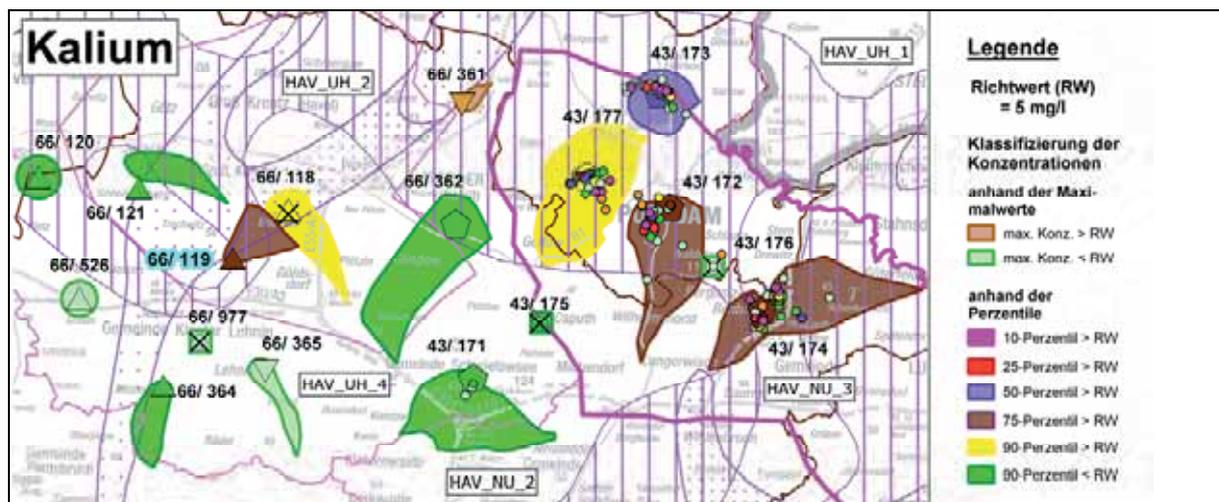


Abb. 22: Ausschnitt der Parameterkarte Kalium (Ausschnitt mit freundlicher Genehmigung der WVU 43 und 66)

Phosphat (Erläuterung zum Kartenausschnitt der Parameterkarte, s. Abb. 23)

In den westlichen WW liegen bis auf wenige Nachweise in zwei WW (s. Ident-Nr. 66/119, 66/362) keine Beeinflussungen mit Phosphat vor (s. Einzugsgebiete grün und gelb). Die Brunnen- und Rohmischwasser der östlichen WW (Ident-Nr. 42/172, 42/173, 42/176, 42/177) zeigen teilweise Phosphat-Gehalte über 0,3 mg/l, was bei diesen WW überwiegend auf den Einfluss geogen-salinaren Tiefenwassers zurückzuführen ist. Das Monitoring in den Vorfeldmessstellen belegt diese Beeinflussung. Besonders betroffen ist das WW 42/173 (vgl. auch Ammonium, Chlorid, Kalium), wo bereits das 50-Perzentil über dem Richtwert liegt, das heißt 50 % der Analysen haben Konzentrationen über 0,3 mg/l. Dieses WW ist wird auch durch Uferfiltrat beeinflusst.

Bor (Erläuterung zum Kartenausschnitt der Parameterkarte, s. Abb. 24)

In den westlichen WW liegen bis auf Nachweise im flachen Brunnen des WW mit der Ident-Nr. 66/119, der sich außerdem durch hohe Sulfat- und Kalium-Gehalte von seinen tiefer ausgebauten Nachbarbrunnen unterscheidet, keine Beeinflussungen mit Bor vor (s. Einzugsgebiete grün, WW 66/119 braun).

Die Brunnen- und Rohmischwasseranalysen weniger Brunnen der östlichen WW (Ident-Nr. 42/172, 42/173, 42/176, 42/177) zeigen Bor-Gehalte über 100 µg/l, was auf punktuelle Einträge bzw. Uferfiltrat zurückzuführen ist.

Gesamtbewertung (Erläuterung zum Kartenausschnitt, s. Abb. 25)

Auf Basis der Ergebnisse der Perzentil- bzw. der Maximalwertmethode der sieben Leitparameter Ammonium, Nitrat, Chlorid, Sulfat, Kalium, Phosphat und Bor (vgl. obige Kartenausschnitte und Methodenbeschreibung) wurde eine Gesamtbewertung über die Summen der Maluspunkte für die WW vorgenommen. Dabei werden die Maluspunkte der Leitparameter ungewichtet addiert und diese Summen über Klassen vier Beeinflussungstypen zugewiesen. Ist das Grundwasser weiteren Analysen zufolge durch andere Stoffe (z. B. LCKW) beeinflusst, führt dies zur Einstufung in die schlechteste Klasse (Methodenbeschreibung Kapitel 4.3). Aus dem Beispiel ist ersichtlich, dass das Rohwasser der sieben WW im südwestlichen Kartenausschnitte keine Beeinflussung zeigt (Einzugsgebiete grün). Die übrigen WW lassen entsprechend der oben beschriebenen Verhältnisse eine Beeinflussung erkennen (Einzugsgebiete braun) bzw. deutlich erkennen (Einzugsgebiete rot).

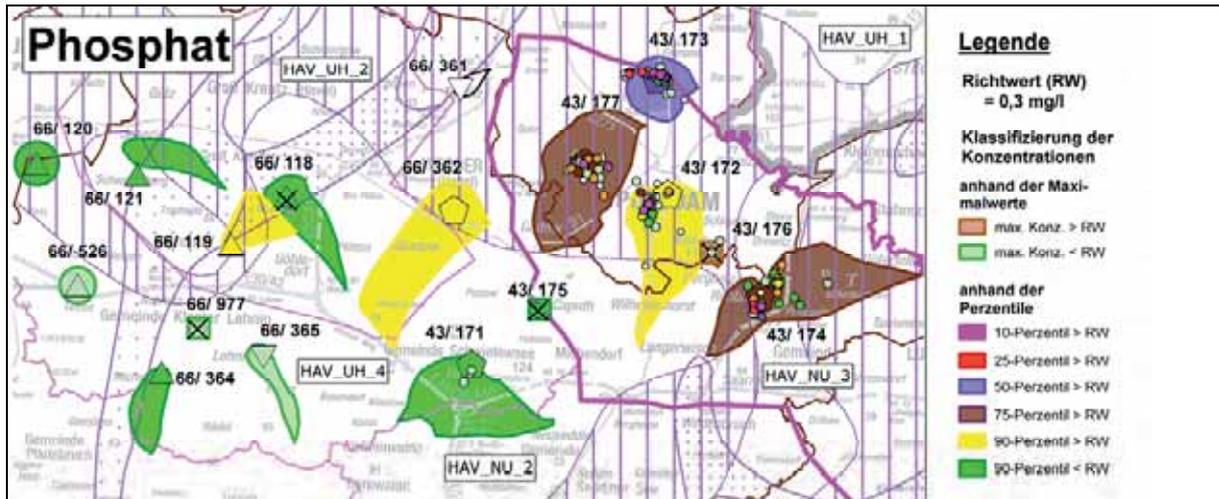


Abb. 23: Ausschnitt der Parameterkarte Phosphat (Ausschnitt mit freundlicher Genehmigung der WVU 43 und 66)

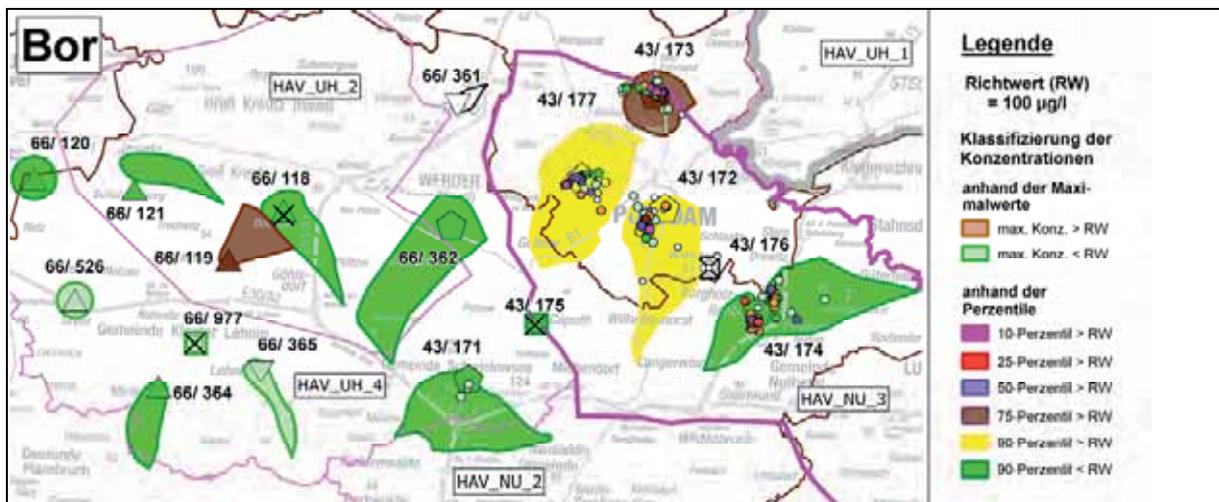


Abb. 24: Ausschnitt der Parameterkarte Bor (Ausschnitt mit freundlicher Genehmigung der WVU 43 und 66)

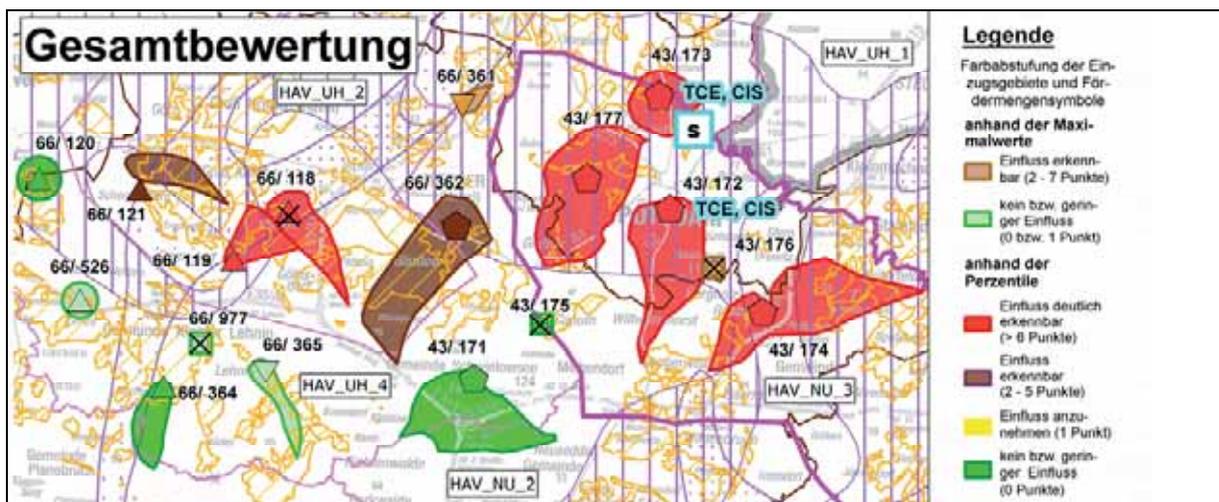


Abb. 25: Ausschnitt der Gesamtbewertung (Ausschnitt mit freundlicher Genehmigung der WVU 43 und 66)

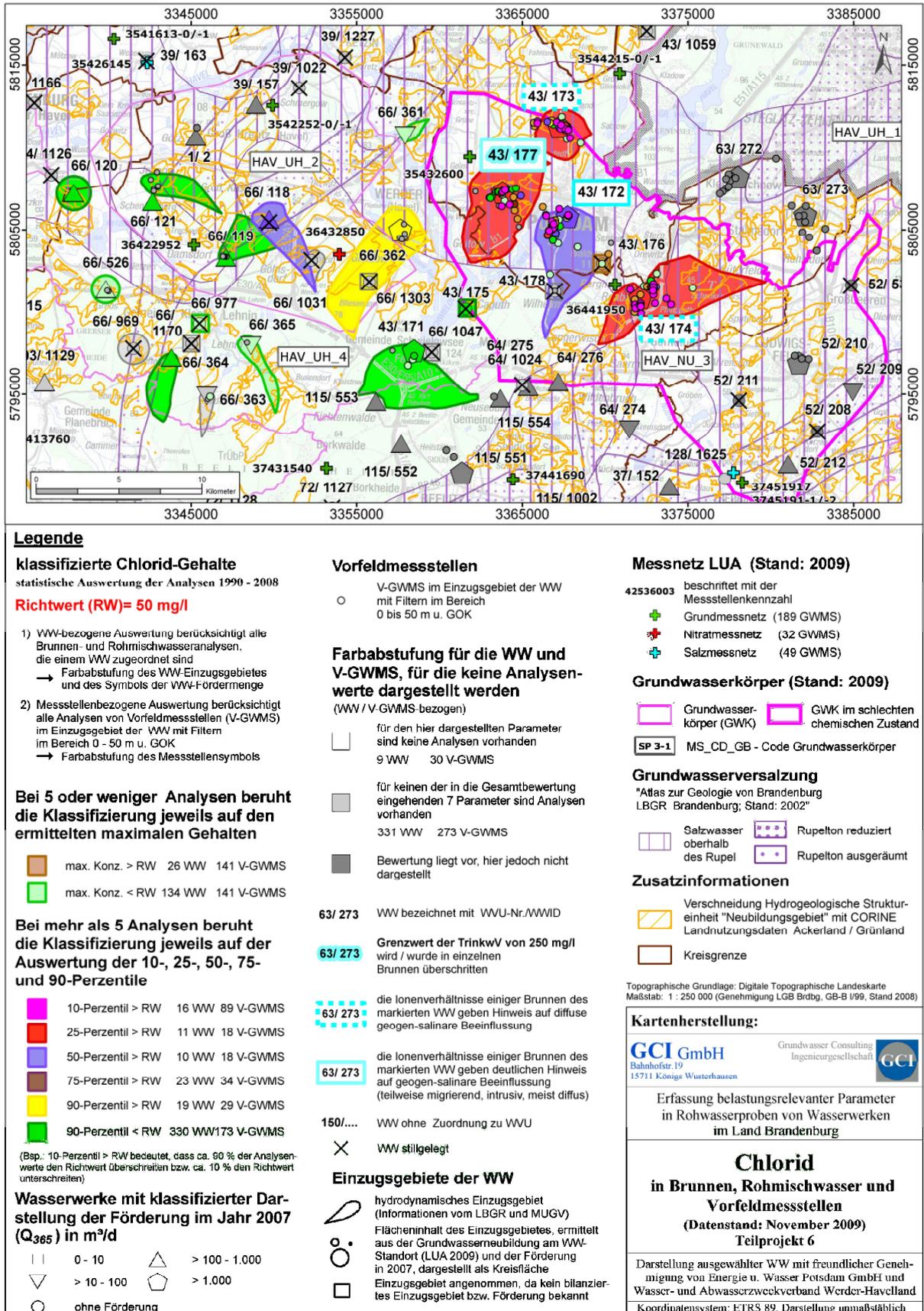


Abb. 26: Auszug der Parameterkarte Chlorid

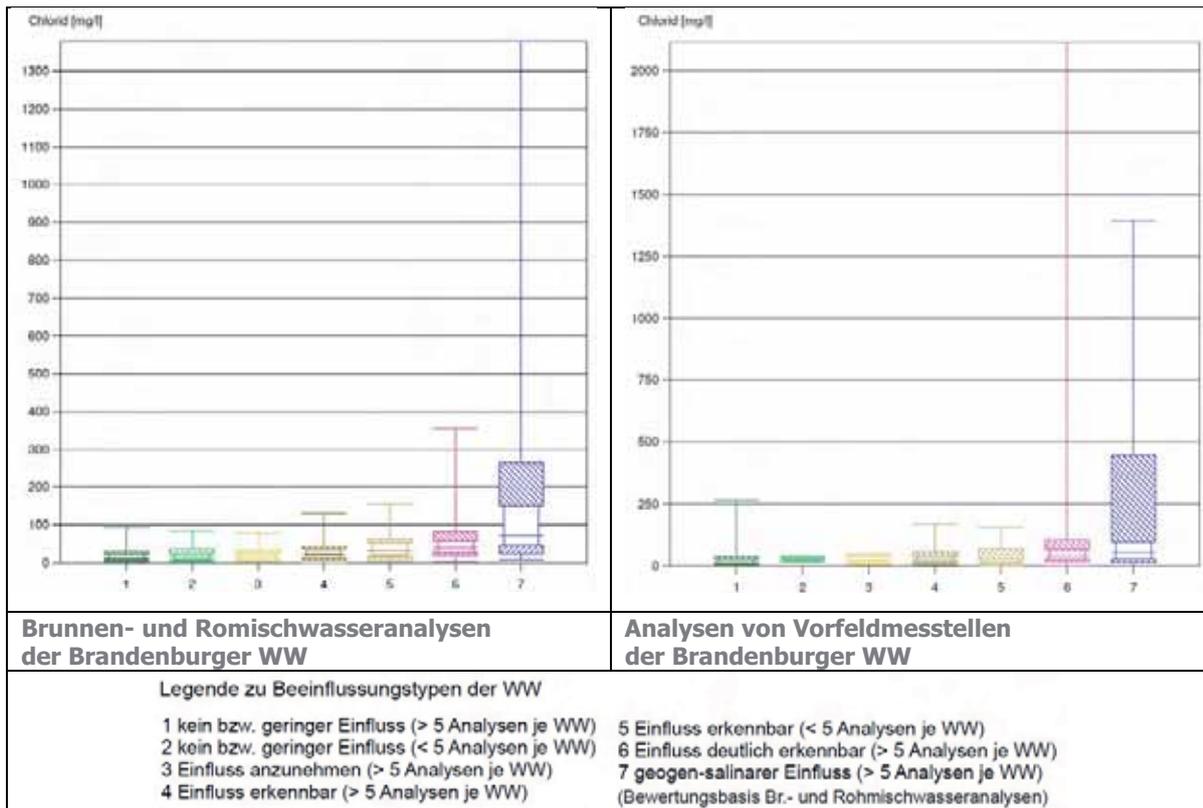


Abb. 27: Parameterkarte Chlorid – Spannweiten der Rohwasseranalysen Brandenburger Wasserwerke, Klassifizierung der Wasserwerke nach Beeinflussung

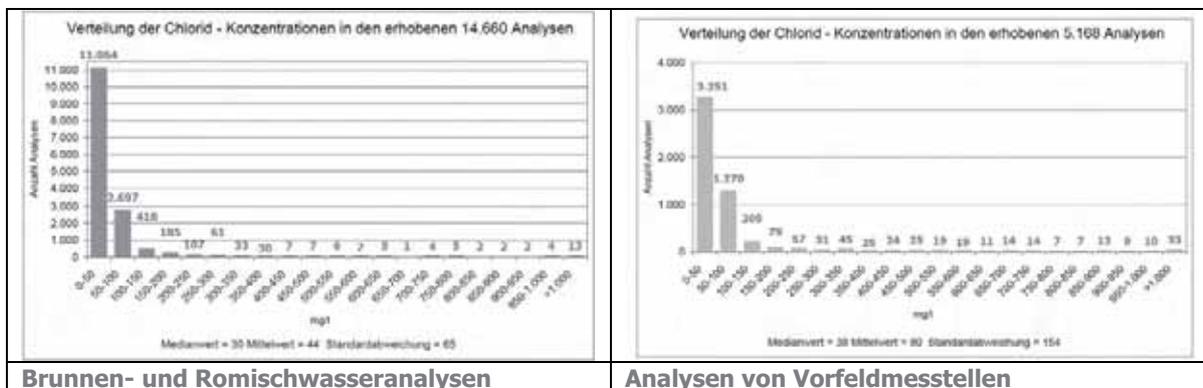


Abb. 28: Parameterkarte Chlorid – Histogramm der Chlorid-Konzentrationen aus dem Zeitraum 1990 - 2008

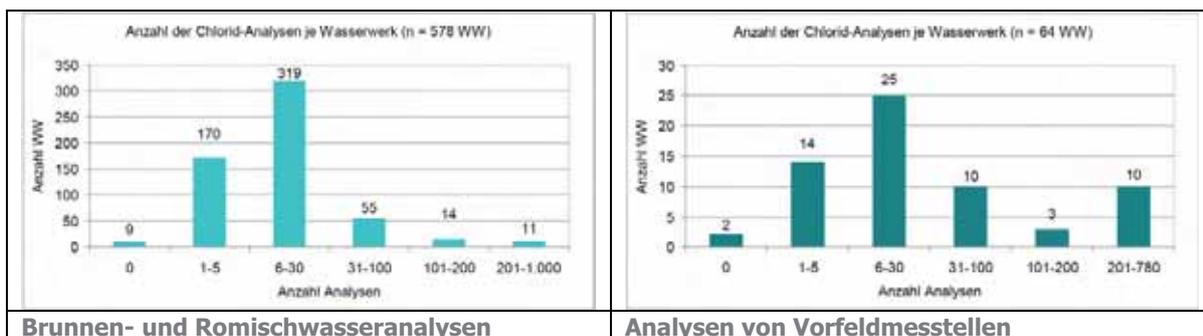


Abb. 29: Parameterkarte Chlorid – Histogramm Anzahl der Chlorid-Analysen je WW

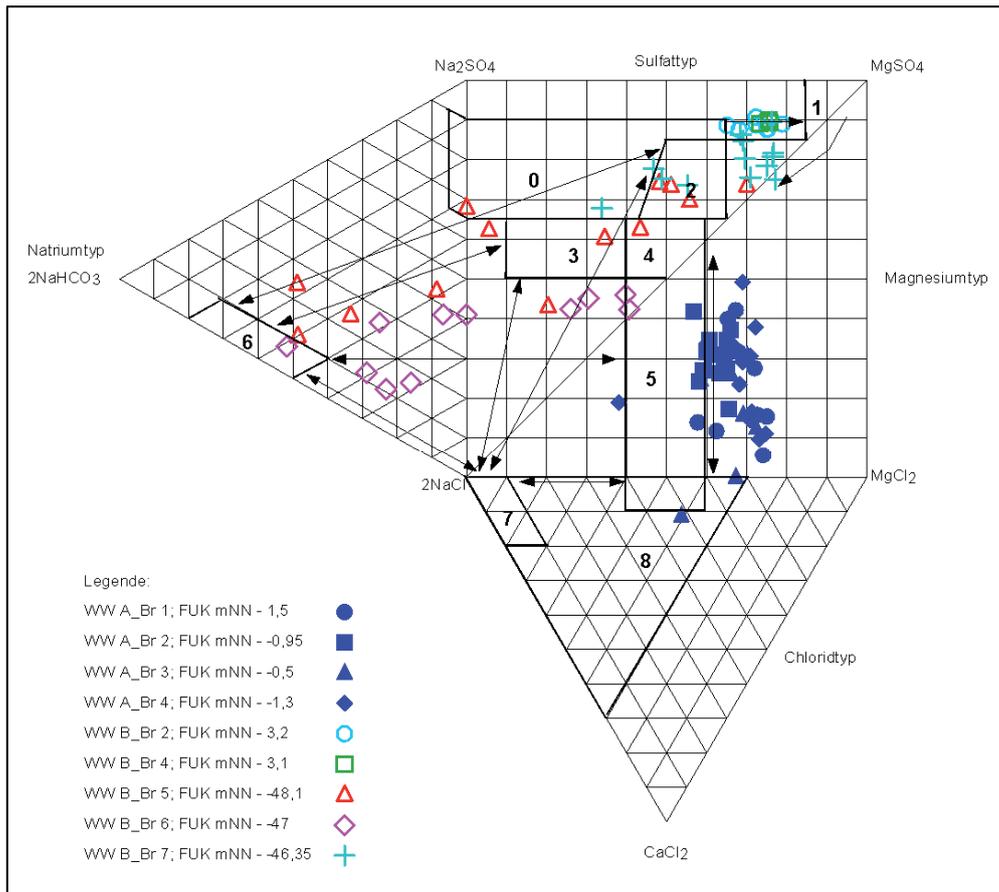


Abb. 30: Beispiel für ein Typendiagramm nach Valjaschko und Reclin / Schirrmeister (Reclin, 1997) zur Bewertung der Genese eines Rohwassers

4.3 Methode der Gesamtbewertung der Rohwasserbeschaffenheit der WW anhand von sieben Leitparametern, Ableitung von Beeinflussungstypen

Auf Basis der Ergebnisse der Perzentil- und der Maximalwertmethode der sieben Leitparameter Ammonium, Nitrat, Chlorid, Sulfat, Kalium, Phosphat und Bor (vgl. Kapitel 4.2) wurde eine Gesamtbewertung über die Summen der Maluspunkte für 568 WW vorgenommen. Dabei werden die Maluspunkte der 7 Leitparameter ungewichtet addiert und diese Summen über Klassen vier Beeinflussungstypen zugewiesen. Ist das Grundwasser weiteren Analysen zufolge beeinflusst, z. B. durch Pflanzenschutzmittel (PSM) oder leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW), führt dies zur Einstufung in die schlechteste Klasse.

Wurde die Perzentilmethode angewendet, beträgt die maximale Gesamtpunktzahl 35 (5 Maluspunkte x 7 Leitparameter, Bsp. Abb. 12, WW A und B). Bei der Maximalwertmethode ergeben sich im schlechtesten Fall 7 Gesamtpunkte (Bsp. Abb. 12, WW C). Eine Gesamtbewertung erfolgte nicht, wenn nur Analysen zu maximal drei der sieben Leitparameter vorlagen, was in 2009 für 10 WW zutraf. Eine Verbesserung der Gesamtbewertung wurde bei den WW-Standorten vorgenommen, die in den hydrogeologischen Struktureinheiten Indirekte Neubildung, Durchflussgebiet und Entlastungsgebiet liegen. In diesen Gebieten weisen in der Regel erst Phosphatgehalte über 0,6 mg/l auf anthropogene Beeinträchtigungen hin (Richtwert 0,3 mg/l). Deswegen wurden in solchen Fällen Phosphatgehalte zwischen 0,3 mg/l und 0,6 mg/l nicht mit Maluspunkten bedacht.

Die Wasserwerke wurden unter Einbeziehung weiterer Hinweise auf Belastungen **vier Beeinflussungstypen** zugeordnet und diese mit Hilfe von 6 Klassen visualisiert. Die Klassen 2 und 5 sind Stichprobenumfängen geschuldet, die weniger als 5 Einzelanalysen aufweisen und über die Maximalwertmethode ermittelt wurden. Die Beeinflussungen sind verbal umschrieben mit:

- „kein bzw. geringer Einfluss“ (Klasse 1 bzw. 2)
- „Einfluss anzunehmen“ (Klasse 3)
- „Einfluss erkennbar“ (Klassen 4 bzw. 5)
- „Einfluss deutlich erkennbar“ (Klasse 6).

Die Farbgebung in den Darstellungen erfolgt über die Farben, die den 6 Klassen zugewiesen sind (s. Tab. 8). Ein Ausschnitt der Übersichtskarte mit den Ergebnissen der durchgeführten Gesamtbewertung der Rohwasserbeschaffenheit in Brandenburg ist in den Abb. 25 und Abb. 31 dokumentiert.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die vorgestellte Gesamtbewertung eine der möglichen und denkbaren Methoden zur Bewertung der Rohwasserbeeinflussung der WW-Standorte darstellt. Kenntnisse der Autoren zu einigen WW-Standorten Brandenburgs legen nahe, dass die damit erhaltenen Bewertungsergebnisse belastbar erscheinen und einen guten Überblick der Gesamtsituation widerspiegeln. Es ist davon auszugehen, dass weitergehende Auswertungen von Informationen eines WW-Standortes eine präzisere Beschreibung und Beurteilung der Rohwasserbeeinflussung erlauben als es mit der hier beschriebenen Methode abzuleiten ist.

Einteilungen in die Beeinflussungstypen basierend auf der Perzentilmethode für die Klassen 1, 3, 4 und 6

- Klasse 1: Eine Gesamtpunktzahl von „0“ weisen 150 der 409 nach der Perzentilmethode bewerteten WW auf (37 %). Hier deuten die der Bewertung zugrunde liegenden sieben Leitparameter Ammonium, Nitrat, Chlorid, Sulfat, Kalium, Phosphat und Bor auf unbeeinflusste Rohwasserqualitäten hin. Die Prüfung der übrigen vorhandenen Parameter zeigt jedoch, dass die Brunnen- und Rohmischwasseranalysen eines WW im Vorfeld durch LCKW beeinflusst werden. Somit wird dieses WW nicht der Klasse 1, sondern der schlechtesten Klasse 6 zugeordnet. Letztlich ist das Rohwasser von 149 WW als unbeeinflusst bzw. wenig beeinflusst zu bewerten (vgl. Tab. 6, Spalte „Stand 2009: Datenbasis Br. u. Rohmischwasser“).
- Klasse 3: Überschreitet das 90-Perzentil nur eines Parameters den entsprechenden Prüfwert, ist eine Beeinflussung anzunehmen. Ob diese relevant ist, kann im Einzelfall mit Hilfe der zugehörigen Datenreihen geprüft werden. Da die Daten auf Plausibilität geprüft sind, wird es sich in der Regel nicht um den Einfluss von Ausreißern handeln. In diese Klasse fallen 50 der 409 WW (12 %). Ein WW wird ebenfalls wegen LCKW-Nachweisen im WW-Vorfeld der Klasse 6 zugeordnet. In die Klasse 3 fallen somit nur 49 WW.
- Klasse 4: Wenn die Gesamtpunktzahl 2 bis 5 Punkte beträgt, ist der Einfluss bereits als relevant anzunehmen. Das trifft auf 110 von 409 WW zu (27 %). Bei zwei Maluspunkten können entweder die 90-Perzentile von zwei Leitparametern über den jeweiligen Prüfwerten liegen oder das 75-Perzentil eines Parameters überschreitet den Prüfwert. 5 Maluspunkte weisen auf eine eindeutige Beeinflussung hin, wenn bereits das 10-Perzentil oder 25-Perzentil eines Parameters den Prüfwert überschreitet, wie es in folgender Weise aufgetreten ist:
 - 10-Perzentil über Richtwert: 4 WW hinsichtlich Sulfat, 1 WW hinsichtlich Nitrat, 7 WW hinsichtlich Ammonium, 1 WW hinsichtlich Kalium
 - 25-Perzentil über Richtwert: 1 WW hinsichtlich Nitrat, 2 WW hinsichtlich Ammonium, 1 WW hinsichtlich Kalium.

Fünf der 110 WW werden aufgrund der LCKW-Belastungen im WW-Vorfeld der Klasse 6 zugewiesen.

- Klasse 6: Für 99 WW, also 24 % der 409 WW, werden Gesamtpunktzahlen von mehr als 6 bis maximal 20 Punkte ermittelt. Ungefähr 70 % dieser WW weisen zwischen 6 und 11 Maluspunkten auf, 30 % zwischen 12 und 15 und 10 % zwischen 16 und 20. Die WW A und B aus dem Beispiel in Abb. 12 fallen mit den Summen von 9 und 8 Maluspunkten in diese Klasse. Der Einfluss der Belastung ist hier „deutlich erkennbar“. Gemeinsam mit den insgesamt 7 WW, die aufgrund von organischen Belastungen im Vorfeld der Klasse 6 zugeordnet wurden, obwohl die Gesamtpunktzahlen unter 6 lagen, wurden 106 von 568 bewerteten WW letztlich der Klasse 6 zugeordnet.

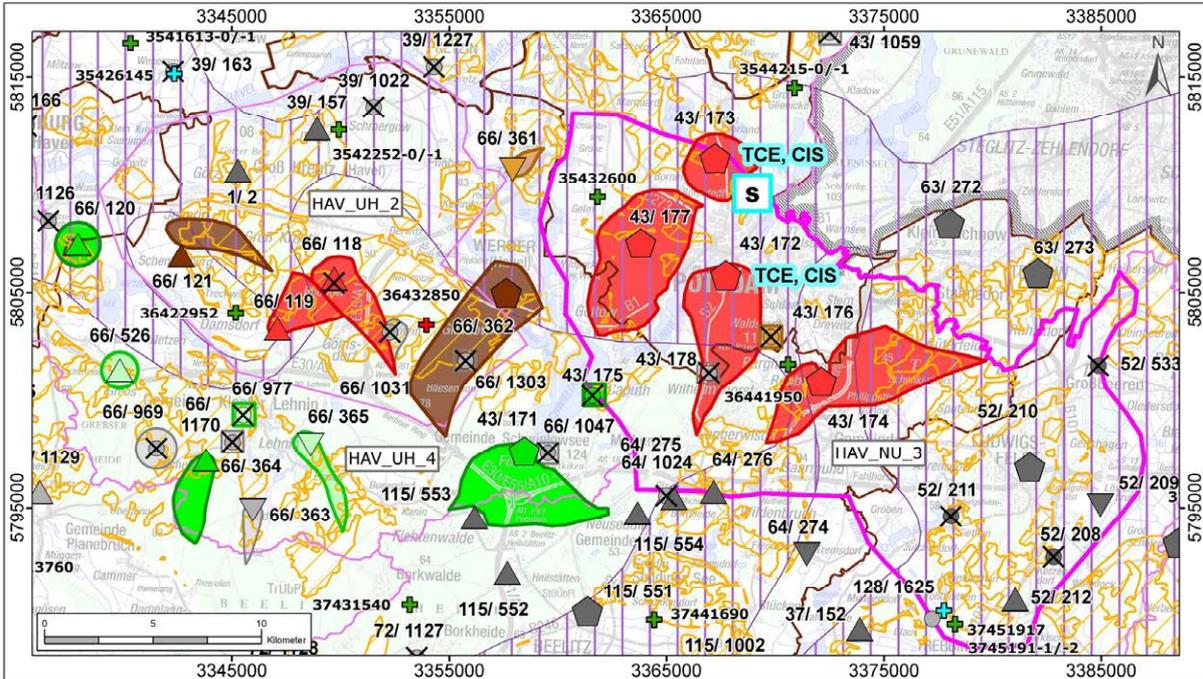
Tab. 6: Gesamtbewertung der WW anhand von 4 Beeinflussungstypen (Basis: 7 Leitparameter)

Klasse	Beschreibung Beeinflussungstyp	Typ	Anzahl WW					Gesamtpunktzahl	Farbgebung in Abb. 31
			Stand 2005: Datenbasis Br. u. Rohmischwasser	Stand 2006: Datenbasis Br. u. Rohmischwasser	Stand 2007: Datenbasis V-GWMS	Stand 2009: Datenbasis Br. u. Rohmischwasser	Stand 2009: Datenbasis V-GWMS		
1	kein bzw. geringer Einfluss (Perzentile, > 5 Analysen je WW)	1	158	171	4	150 (-1)*	4	0	dunkelgrün
2	kein bzw. geringer Einfluss (Maxima, < 5 Analysen je WW)	1	140	163	7	110	8	0 oder 1	hellgrün
3	Einfluss anzunehmen (Perzentile, > 5 Analysen je WW)	2	34	39	3	50 (-1)*	2	1	gelb
4	Einfluss erkennbar (Perzentile, > 5 Analysen je WW)	3	55	57	10	110 (-5)*	14	2 bis 5	braun
5	Einfluss erkennbar (Maxima, < 5 Analysen je WW)	3	49	42	5	49	6	2 bis max. 7	hellbraun
6	Einfluss deutlich erkennbar (Perzentile, > 5 Analysen je WW)	4	83	85	21	99 (+7)*	29	6 bis max. 35	rot
Summen			519	557	50	568	63		

* Die in Klammern angegebenen Zahlen der Klassen 1, 3 und 4 geben die Anzahlen von WW wieder, die durch LCKW beeinflusst werden und deshalb in die Klasse 6 eingestuft werden. Die Anzahl in Klasse 6 erhöht sich deshalb um 7 WW.

Einteilungen in die Beeinflussungstypen basierend auf der Maximalwertmethode für die Klassen 2 und 5

Beträgt die Summe an Maluspunkten zwischen 2 und 7, wird eine Beeinflussung des Brunnen- und Rohmischwassers angenommen. Das WW-Einzugsgebiet wird in der Übersichtskarte der Bewertung hellbraun eingefärbt. Andernfalls wird davon ausgegangen, dass keine oder nur eine geringe Beeinflussung vorliegt. Das WW-Einzugsgebiet wird hellgrün dargestellt. Wie bei den Perzentilauswertungen werden die WW, deren Gesamtpunktzahl 0 oder 1 beträgt, die jedoch hinsichtlich weiterer Parameter eine Beeinflussung zeigen, in die schlechtere Klasse eingestuft. Dies betrifft ein WW aufgrund der nachgewiesenen LCKW-Gehalte.



Legende

Zusammenfassende Bewertung der Beeinflussung von Brunnen- und Rohmischwasseranalysen über Gesamtpunktzahlen hinsichtlich der folgenden Parameter:

Ammonium, Nitrat, Chlorid, Sulfat, Kalium, Phosphat und Bor

Beeinflusstyp des WW

Farbabstufung der Einzugsgebiete u. Fördermengensymbole	Gesamtpunktzahl
1 kein bzw. geringer Einfluss (Perzentile, < 5 Analysen je WW)	0
2 kein bzw. geringer Einfluss (Maxima, < 5 Analysen je WW)	0 bzw. 1
3 Einfluss annehmen (Perzentile, > 5 Analysen je WW)	1
4 Einfluss erkennbar (Perzentile, > 5 Analysen je WW)	2 - 5
5 Einfluss erkennbar (Maxima, < 5 Analysen je WW)	> 2 bis max. 7
6 Einfluss deutlich erkennbar (Perzentile, > 5 Analysen je WW)	> 6 bis max. 35

Farbabstufung der WW, für die keine Gesamtbewertung dargestellt ist

- für weniger als 4 der ausgewerteten Parameter sind Analysen vorhanden 10 WW
- für keinen der in die Gesamtbewertung eingehenden 7 Parameter sind Analysen vorhanden 331 WW
- Bewertung liegt vor, hier jedoch nicht dargestellt

Hinweise auf anthropogene Beeinflussungen

- TCE, VC Angabe Parameter
- S hydraulische Sicherung WW
- A Aktivkohle- oder Strippanlage

Wasserwerke mit klassifizierter Darstellung der Förderung im Jahr 2007 (Q₃₆₅)

- | in m³/d | in m³/d |
|------------------|-----------------|
| □ 0 - 10 | △ > 100 - 1.000 |
| ▽ > 10 - 100 | ◇ > 1.000 |
| ○ ohne Förderung | |

- 63/ 273 WW bezeichnet mit WU-Nr./WWID
- 150/.... WW ohne Zuordnung zu WU
- × WW stillgelegt

Einzugsgebiete der WW

- hydrodynamisches Einzugsgebiet (Informationen vom LBGR und MUGV)
- Flächeninhalt des Einzugsgebietes, ermittelt aus der Grundwasserneubildung am WW-Standort (LUA 2009) und der Förderung in 2007, dargestellt als Kreisfläche
- Einzugsgebiet angenommen, da kein bilanziertes Einzugsgebiet bzw. Förderung bekannt

Messnetz LUA (Stand: 2009)

- 42536003 beschriftet mit der Messstellenkennzahl
- Grundmessnetz (189 GWMS)
- Nitratmessnetz (32 GWMS)
- Salzmessnetz (49 GWMS)

Grundwasserkörper (Stand: 2009)

- Grundwasserkörper (GWK)
- GWK im schlechten chemischen Zustand
- SP 3-1 MS_CD_GB - Code Grundwasserkörper

Zusatzinformationen

- Verschneidung Hydrogeologische Struktureinheit "Neubildungsgebiet" mit CORINE Landnutzungsdaten Ackerland / Grünland
- Salzwasser oberhalb des Rupel aus "Atlas zur Geologie von Brandenburg LBGR Brandenburg, Stand: 2002"
- Kreisgrenze

Topographische Grundlage: Digitale Topographische Landeskarte Maßstab: 1 : 250 000 (Genehmigung LGB Bndg, GB-B 199, Stand 2008)

Kartenherstellung:

GCI GmbH
Bahnhofstr. 19
15711 Königs Wusterhausen

Grundwasser Consulting
Ingenieurgesellschaft

Erfassung belastungsrelevanter Parameter in Rohwasserproben von Wasserwerken im Land Brandenburg

Übersichtskarte der Grundwasserbeschaffenheit in Brunnen, Rohmischwasser und Vorfeldmessstellen (Datenstand: November 2009) Teilprojekt 6

Darstellung ausgewählter WW mit freundlicher Genehmigung von Energie u. Wasser Potsdam GmbH und Wasser- und Abwasserzweckverband Werder-Haveland
Koordinatensystem: ETRS 89, Darstellung unmaßstäblich

Abb. 31: Auszug der Übersichtskarte zur Gesamtbewertung der Rohwasserbeschaffenheit

4.4 Kennzeichnung der WW mit Hinweis auf eine geogen-salinare Beeinflussung (7. Bewertungsklasse)

Im Land Brandenburg ist ausgehend von den glazial angelegten Rinnenstrukturen mit dem Einfluss von geogen-salinarem Tiefenwasser zu rechnen. Hier wurde der Rupelton, der das Salz- vom Süßwasserstockwerk trennt, ausgeräumt oder reduziert. Hoch mineralisierte Tiefenwässer, überwiegend mit Natriumchloridbetonung, steigen natürlicherweise in den Entlastungsgebieten auf, so dass in weiten Teilen Brandenburgs (vgl. Abb. 32) mit der Degradierung der Rohwasserqualität auch in den oberen Grundwasserleiterkomplexen 1 und 2 zu rechnen ist. Die Fahrweise betroffener WW ist den Verhältnissen entsprechend anzupassen.

Das Land Brandenburg sorgt seit Jahren für den Aufbau von Sondermessnetzen zur geogenen Grundwasserversalzung in Brandenburg (Hannappel, S., Hermsdorf A. et al., 2007).

Im Rahmen der durchgeführten Auswertungen wurden die Ionenverhältnisse Sulfat / Chlorid (SO_4/Cl) und Chlorid / Natrium (Cl/Na) sowie Lagepunkt-betrachtungen herangezogen, um anthropogen von geogen-salinär beeinflusstem Grundwässern unterscheiden zu können. In 2009 wurde eine umfangreiche Prüfung der Brunnen- und Messstellenanalysen mit Hilfe des Typen-Diagramms nach Valjaschko und Rechlin / Schirrmeyer (Rechlin, 1997) vorgenommen. Diesen Auswertungen zufolge weisen die Brunnen und GWMS von 10 WW auffällige geogen-salinäre Beeinflussungen auf. Für die Brunnen von weiteren 29 WW ist eine diffuse oder beginnende Beeinflussung nicht auszuschließen. Diese WW

werden in der Chlorid-Parameterkarte entsprechend gekennzeichnet (s. Abb. 26). Die 10- und 90-Perzentile für ausgewählte Parameter sind der Tab. 13 zu entnehmen. In den Spannweitendiagrammen, die auf der Übersichtskarte zur Gesamtbewertung und auf den Parameterkarten abgebildet sind, werden die 10 geogen-salinären WW als 7. Bewertungsklasse hervorgehoben. Den Gesamtbewertungen über die sieben Leitparameter zufolge gehören neun der 10 geogen-salinär beeinflussten WW der Klasse 6 „Einfluss deutlich erkennbar“ an. Ein WW ist der Klasse 4 „Einfluss erkennbar“ zuzuordnen.

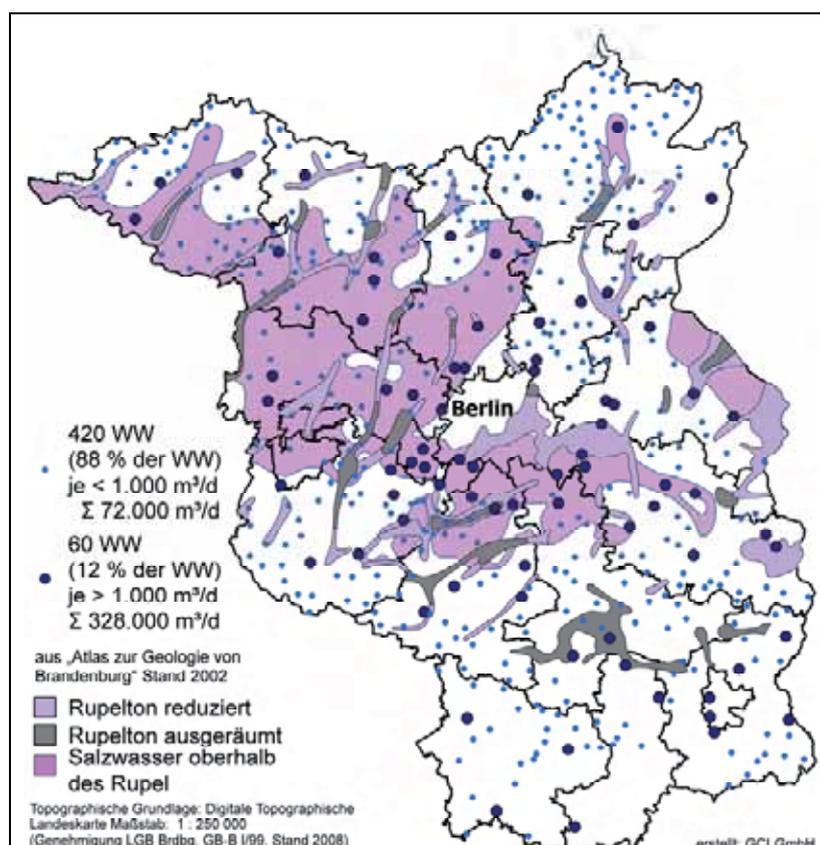


Abb. 32: Übersicht der Förderstandorte im Bezug auf die Gebiete, in denen nach (LGRB 2002) mit geogen-salinarem Tiefenwassereinfluss zu rechnen ist

5 Ergebnisse 2009 und Vergleich mit vorherigen Auswertungen

5.1 Auswertung der Analysen von Brunnen- und Rohmischwasseranalysen

Auf Basis der parameterbezogenen Ergebnisse von Brunnen- und Rohmischwasseranalysen für die sieben Leitparameter Ammonium, Nitrat, Chlorid, Sulfat, Kalium, Phosphat und Bor sind 568 Gesamtbewertungen über ungewichtete Gesamtpunktzahlen für die WW vorgenommen und die WW unter Einbeziehung weiterer Hinweise auf Belastungen (s. PSM, LCKW) vier Beeinflussungstypen zugeordnet worden (vgl. Kapitel 4). Die Auswertung beruht auf den Analysen 1990 - 2008. Danach lassen ca. 46 % der Wasserwerke keine bzw. nur eine geringe Beeinflussung erkennen. Bei knapp 9 % der Wasserwerke ist ein Einfluss auf die Rohwasserbeschaffenheit anzunehmen, bei 27 % ist dieser erkennbar und bei knapp 19 % der Wasserwerke ist dieser deutlich erkennbar (vgl. Tab. 6, Tab. 7).

Tab. 7: Übersicht der Gesamtbewertung der Rohwasserbeschaffenheit in Brandenburg

Beeinflussungstyp WW nach Gesamtbe- wertungsmethode	Beeinflussung der Rohwasserbeschaffenheit	Anzahl WW in Brandenburg	Anteil an 568 WW
Klasse 1 + 2*	kein bzw. geringer Einfluss erkennbar	149 WW + 110 WW	45,6 %
Klasse 3	Einfluss anzunehmen	49 WW	8,6 %
Klassen 4 + 5*	Einfluss erkennbar	105 WW + 49 WW	27,1 %
Klasse 6	Einfluss deutlich erkennbar	106 WW	18,7 %

* Die Klassen 2 und 5 sind Stichprobenumfängen geschuldet, die weniger als 5 Einzelanalysen aufweisen und nicht über Perzentilauswertungen, sondern über Maximalwerte ermittelt wurden.

83 % der bewerteten 568 WW fallen dabei in die gleiche Bewertungsklasse wie im Teilprojekt 4, das auf Basis der Brunnen- und Rohmischwasseranalysen der Jahre 1990 bis 2005 ausgewertet wurde. Die Prozentzahl beinhaltet auch die ca. 10 % der WW (58 WW), die aufgrund des herabgesetzten Ammonium-Prüfwertes im Teilprojekt 4 nachträglich in eine schlechtere Bewertungsklasse einzustufen waren, um die Daten mit dem Teilprojekt 6 vergleichen zu können (s. Tab. 8).

Tab. 8: Vergleich der Gesamtbewertungen der WW auf Basis von Brunnen- und Rohmischwasseranalysen, Auswertungen der Teilprojekte 4 und 6

Teilprojekt 4 (Stand 2006) Auswertung von Br.- und Rohmischwasseranalysen 1990 - 2005

Teilprojekt 6 (Stand 2008) Auswertung von Br.- und Rohmischwasseranalysen 1990 - 2008

Anzahl WW	Anteil in %	Vergleich der Gesamtbe- wertungen 2006 und 2008:	Information zur Beeinflussung
423	73,2	gleiche Bewertung	270 WW: kein bzw. geringer Einfluss 78 WW: Einfluss erkennbar 75 WW: Einfluss deutlich erkennbar
89*	15,4	1 Klasse Differenz	16 WW: eine Klasse besser 73 WW: eine Klasse schlechter
31*	5,4	2 Klassen Differenz	1 WW: zwei Klassen besser 30 WW: zwei Klassen schlechter
1	0,2	3 Klassen Differenz	1 WW: drei Klassen schlechter
10	1,7	ohne Gesamtbewertung	
24	4,1	Keine Vergleichbarkeit, da 2006 keine Datenauswertung	
578	100	Summe	

* Die Herabsetzung des Prüfwertes von Ammonium von 1 auf 0,5 mg/l führte bei 58 WW zu einer schlechteren Bewertung (36 WW um eine Klasse, 22 WW um zwei Klassen). Die nachträgliche Korrektur beim Umgang mit den Phosphatrichtwerten führte bei neun WW zu einer Verbesserung um eine Klasse.

Die Gründe für die ca. 10 % der WW, die im Vergleich zum Teilprojekt 4 tatsächlich schlechter oder besser einzustufen sind, können einer Anlage, die dem LUGV zur Verfügung steht, entnommen werden. Verschlechterungen lassen sich mehrheitlich auf höhere Konzentrationen der Parameter Chlorid, Sulfat und Nitrat zurückführen. In wenigen Fällen lassen auch erstmalige Nitrat- und PSM-Nachweise die Bewertung schlechter ausfallen. Verbesserungen sind in der Regel auf die im Rahmen der Plausibilitätsprüfung 2009 korrigierten Gehalte für Bor oder Phosphat zurückzuführen.

Die Ergebnisse der Auswertung belegen diffuse Beeinflussungen der Wasserwerkseinzugsgebiete, die sich ganz oder teilweise in Siedlungsgebieten befinden, allen voran in denen um Berlin. Auch konzentrieren sich im Raum Berlin, Potsdam und Oranienburg die WW-Standorte mit LCKW-Belastungen.

An ca. 60 WW-Standorten, vor allem im ländlichen Raum, werden Nitratgehalte in Brunnen und Messstellen festgestellt, die über dem Richtwert von 10 mg/l und in vier Fällen über dem Grenzwert der TrinkwV von 50 mg/l Nitrat liegen. Die Beeinflussungen sind nicht immer allein auf landwirtschaftliche Nutzung, sondern teilweise auch auf den Einfluss von Deponien oder Altstandorten zurückzuführen. An 10 WW-Standorten werden auffällige PSM-Gehalte in Brunnen und/oder Vorfeldmessstellen ermittelt. Die Spannweiten nicht bzw. wenig beeinflusster WW deuten mit bis zu 0,5 mg/l Ammonium auf die in Brandenburg weit verbreiteten reduzierenden Verhältnisse im Grundwasser hin. Dies belegen sowohl die brunnen- als auch messstellenbezogenen Auswertungen. Die Nachweise bis zu 5 mg/l Ammonium lassen sich auf Nährstoffeinflüsse in landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten oder diffuse Einträge in Siedlungen (u. a. Abwassereinfluss, Deponien) zurückführen. Die extrem hohen Konzentrationen an Vorfeldmessstellen von vier WW werden sehr wahrscheinlich durch Altstandorte verursacht (bis zu 170 mg/l Ammonium). Geogen-salinare Tiefenwässer zeigen ebenfalls erhöhte Ammonium-Gehalte an. Hervorzuheben ist die geogen-salinare Beeinträchtigung bzw. potenzielle Gefährdung Brandenburger Wasserwerke, die Grundwasser im Einflussbereich aufsteigender Tiefenwässer fördern. Den Auswertungen und Interpretationen der Brunnen- und Messstellenanalysen mit Hilfe des Typen-Diagramms nach Valjaschko und Rechlin / Schirrmeister (Rechlin, 1997) zufolge, weisen die Brunnen und Grundwassermessstellen von 10 WW auffällige geogen-salinare Beeinflussungen auf. Für die Brunnen von weiteren 30 WW ist eine diffuse oder beginnende geogen-salinare Beeinflussung nicht auszuschließen und zu überprüfen. 13 WW Brandenburgs, die überwiegend Waldeinzugsgebiete besitzen, belegen niedrige pH-Werte ($\text{pH} < 6,5$), die eine entsprechende Aufbereitung des Wassers erfordern.

5.2 Auswertung der Analysen von Vorfeldmessstellen

Die statistische Auswertung der Messstellenanalysen ist nur mit den GWMS ausgeführt worden, die sich der Prüfung nach in den Einzugsgebieten der WW befinden und deren Filter in den oberen 50 Metern ausgebaut sind. Dabei handelt es sich um 9.318 Analysen von 872 Vorfeldmessstellen zu 64 WW. Die Auswertung erfolgte sowohl messstellenbezogen als auch wasserwerksbezogen, wobei nur die probenstellenbezogenen Ergebnisse in den Parameterkarten, die dem LUGV zur Verfügung stehen, dargestellt sind. Wesentliche Ergebnisse sind:

- lediglich für 64 WW, also ca. 10 % der aktiven WW, wurden Vorfelddaten übermittelt. Dabei handelt es sich um WW, die mehr als 1.000 m³/d fördern (s. Abb. 33). Die WW konzentrieren sich auf das Umland von Berlin, Potsdam und Oranienburg sowie die Räume Cottbus und Wittstock (s. Abb. 9).
- Die erhobenen Messstellenanalysen sind daher für Auswertungen, die sich auf die gesamte Fläche Brandenburgs beziehen, weitaus weniger geeignet als die Brunnen- und Rohmischwasser-

analysen. Außerdem ist zu beachten, dass die Brunnen- und Rohmischwasseranalysen integrale Informationen über die Grundwasserbeschaffenheit in den Wasserwerkseinzugsgebieten und Vorfeldmessstellenanalysen lediglich punktuelle Informationen über die Beschaffenheit des Grundwassers bieten, das den Filter der jeweiligen Messstelle passiert.

- Die Vorfeldmessstellen können bei geeigneter räumlicher Anordnung im Strömungsfeld der WW wichtige Hinweise über den Zustand und die Entwicklung des Grundwassers in den begrenzten Zuflusszonen von Wasserfassungen liefern. Zu denken ist hier an die Überwachung im Abstrom von Altstandorten, Altablagerungen oder anderer Punktquellen im WW-Einzugsgebiet. In den Parameterkarten wurden die Vorfeldanalysen messstellenbezogen dargestellt, so dass die teilweise sehr wichtigen punktuellen Aussagen zu Beeinträchtigungen im Vorfeld visualisiert werden.
- Für 417 der WW, die aktuell zur Trinkwasserversorgung beitragen, wird keine Grundwasserbeschaffenheitsüberwachung im Vorfeld der Fassungsanlage durchgeführt, wobei es sich zu 54 % um WW mit Förderungen zwischen 10 m³/d und 1.000 m³/d handelt. Hinzuweisen ist aber auch auf 35 größere WW (8 %), deren durchschnittliche Förderung bei 1.000 m³/d bis 10.000 m³/d liegt (s. Abb. 33). Darunter befinden sich drei WW, die mehr als 5.000 m³/d fördern.

Vergleich der Gesamtbewertungen der WW auf Basis von Vorfeldmessstellenanalysen

Für 63 der 64 WW wurde eine wasserwerksbezogene Gesamtbewertung analog zur Bewertung der Brunnen- und Rohmischwasseranalysen vorgenommen (vgl. Kapitel 4.3). Ein WW wurde nicht einbezogen, weil nur zu drei Leitparametern Analysen vorlagen.

Unterstellt man, dass die Analysen der Vorfeldmessstellen für die Beeinflussung im Einzugsgebiet der WW repräsentativ sind, wären 12 der 63 WW-Einzugsgebiete (19 %) als nicht bis gering beeinflusst einzustufen (Klasse 1 bzw. 2). 51 WW-Einzugsgebiete (81 %) wären als beeinflusst zu charakterisieren (Klassen 3 bis 6). Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte die Auswertung von 2007 (vgl. Tab. 9).

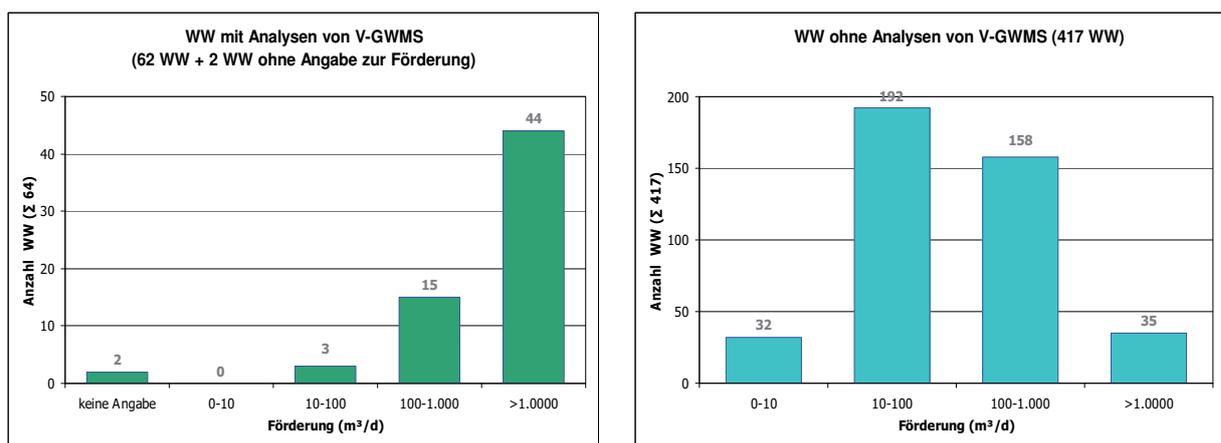


Abb. 33: Förderung der 64 WW, deren Vorfelddaten in die statistische Auswertung einbezogen wurden und Förderung der 417 WW, für die keine Vorfelddaten übermittelt wurden

Tab. 9: Vergleich der Gesamtbewertungen der WW auf Basis der Analysen von Vorfeldmessstellen, Auswertungen der Teilprojekte 5 und 6

Teilprojekt 5 (Stand 2007) Auswertung von Vorfeldmessstellenanalysen, Datenbasis 1990 - 2006
 Teilprojekt 6 (Stand 2009) Auswertung von Vorfeldmessstellenanalysen, Datenbasis 1990 - 2008

Anzahl WW	Anteil in %	Vergleich der Gesamtbewertungen 2007 und 2008	Informationen zur Bewertung der WW-Einzugsgebiete
37	57,8	gleiche Bewertung	- 5 WW: kein bzw. geringer Einfluss - 9 WW: Einfluss erkennbar - 23 WW: Einfluss deutlich erkennbar
7	10,9	1 Klasse Differenz	- 1 WW: Bewertung gegenüber 2007 verbessert - 3 WW: Bewertung gegenüber 2007 verschlechtert - 3 WW: schlechtere Bewertung als 2007 wegen Nachweis LCKW in Vorfeldmessstellen
5	7,8	2 Klassen Differenz	- 5 WW: Bewertungen von V-GWMS haben sich im Vergleich zu 2007 von „kein bzw. geringer Einfluss“ auf „Einfluss erkennbar“ verschlechtert
1	1,6	Keine Vergleichbarkeit	1 WW: ohne Gesamtbewertung
14	21,9	Keine Vergleichbarkeit, da 2006 keine Datenauswertung	
64	100	Summe	

Vergleich der Gesamtbewertungen der WW auf Basis von Brunnen- und Rohmischwasseranalysen und Vorfeldmessstellenanalysen

39 der 63 WW (61 %) weisen nach Bewertung der Brunnenanalysen einerseits und der Messstellenanalysen andererseits die gleiche Klasse der Beeinflussung auf. 18 WW (29 %) lassen anhand der Vorfelddaten eine schlechtere Einstufung als mittels der Brunnen- und Rohmischwasserdaten annehmen. Für fünf WW (8 %) wird eine bessere Einstufung angezeigt. Die Bewertungen differieren dabei um eine bis zu drei Klassen (s. Tab. 10).

Tab. 10: Vergleich der Gesamtbewertungen der WW auf Basis von Brunnen- und Rohmischwasseranalysen mit denen auf Basis von Vorfeldmessstellenanalysen

Auswertung von Vorfeldmessstellenanalysen, Datenbasis 1990 - 2008
 Auswertung von Brunnen- und Rohmischwasseranalysen, Datenbasis 1990 – 2008

Anzahl WW	Anteil in %	Vergleich der Gesamtbewertungen Rohwasser und V-GWMS	Information zur Beeinflussung
39	61,9	gleiche Bewertung	- 8 WW: kein bzw. geringer Einfluss - 10 WW: Einfluss erkennbar - 21 WW: Einfluss deutlich erkennbar
11	17,5	1 Klasse Differenz	- 7 WW: Bewertung anhand von Vorfelddaten schlechter als mittels Rohwasserdaten - 4 WW: Bewertung anhand Vorfelddaten besser als mittels Rohwasserdaten
8	12,7	2 Klassen Differenz	- 7 WW: Bewertung anhand von Vorfelddaten schlechter als mittels Rohwasserdaten - 1 WW: Bewertung anhand Vorfelddaten besser als mittels Rohwasserdaten n
4	6,3	3 Klassen Differenz	- 4 WW: Bewertung anhand von Vorfelddaten schlechter als mittels Rohwasserdaten
1	1,6	Keine Vergleichbarkeit	
63	100	Summe	

Zusammenfassend kann aus dem Vergleich der rohwasser- und messstellenbezogenen Gesamtbewertung nach der in diesem Gutachten vorgestellten Methode festgehalten werden:

- Die Ursachen für die Bewertungsdifferenzen zwischen den brunnen- und messstellenbezogenen statistischen Auswertungen sind in der Regel im Stichprobenumfang der messstellenbezogenen Daten begründet, da die Messstellen nur punktuelle Informationen liefern. Die Repräsentativität der Messstelleninformationen ist abhängig vom Umfang des Messnetzes und dessen Überwachungsaufgabe.
- Die bessere Gesamtbewertung eines WW anhand der Vorfelddaten als mittels der Brunnen Daten ist meist nur scheinbar zutreffend. Der Umstand deutet darauf hin, dass die Grundwasserbeschaffenheit im Einzugsgebiet eines WW nicht mit einem repräsentativen Messnetz erfasst wird bzw. Zustrombereiche schlechterer Grundwasserqualität nicht überwacht werden. In diesen Fällen wäre zu prüfen, inwieweit das Messnetz ergänzt wird, um beispielsweise an geeigneten Vorfeldmessstellen die Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit zu überwachen.
- Die schlechtere Gesamtbewertung eines WW anhand der Vorfelddaten als mittels der Brunnen Daten lässt heterogene Beeinflussungen des Grundwasserzustroms vermuten, welche sich im Mischwasser der Brunnen nicht oder noch nicht manifestiert haben bzw. welche mit den Prüfmethoden noch nicht entsprechend zur Kenntnis genommen wurden. Hier kommt ggf. die Frühwarnfunktion der Vorfeldmessstellen zum Tragen. Die Brunnenanalysen sollten mit entsprechend sensitiven Methoden auf die gegebenen Hinweise überprüft werden. Hierbei sind auch die Anforderungen an die Analysemethoden und Bestimmungsgrenzen zu betrachten.
- Für eine frühe Erkennung von Beeinflussungen in den Proben von Brunnen – insbesondere bei der Vielzahl kleiner Fassungen ohne Vorfeldmessstellen – sind in Abhängigkeit von den Mischwasseranteilen des zuströmenden Grundwassers ggf. höhere Anforderungen an das Parameterspektrum und die Messgenauigkeit zu stellen als dies bisher praktiziert wird.
- Die wasserwerksbezogene Gesamtbewertung allein durch Analysen der Vorfeldmessstellen führt zu unsichereren Aussagen als die von Brunnen- und Rohmischwasseranalysen. Letztere sind als Basis für die Gesamtbewertung eines WW zu bevorzugen. Gleichwohl können Informationen aus Vorfeldmessstellen zufällig oder gezielt Hinweise auf künftige Trends hinsichtlich der Rohwasserbeschaffenheit von Grundwasserfassungen liefern.

5.3 Statistische Kennwerte des Rohwassers Brandenburger Wasserwerke in der Übersicht

Der arithmetische Mittelwert, das 50-Perzentil (Median) und die 10- und 90-Perzentile eignen sich gut für orientierende Einschätzungen der Rohwasserbeschaffenheit. Nachfolgend wird ein Vergleich der statistischen Kennwerte vom Rohwasser im Land Brandenburg mit den natürlichen, ubiquitär überprägten Grundwasserbeschaffenheiten in Deutschland gezogen, die in Kunkel et al. (2004) veröffentlicht sind (vgl. Tab. 11 und Tab. 12). Eine solche Darstellung enthält auch der Wasserversorgungsplan 2009 für das Land Brandenburg (MUGV 2009, S. 80). Die Kennwerte basieren hier auf den Brunnen- und Rohmischwasseranalysen der Jahre 1990 bis 2006.

Die Gegenüberstellung einiger ausgewählter Parameter für den Zeitraum 1990 – 2008 belegt, dass sich die 50-Perzentile und das arithmetische Mittel für die Brunnen- und Rohmischwässer überwiegend unterhalb dieser Hintergrundwerte bewegen. Das 50-Perzentil von Ammonium ist mit 0,34 mg/l vergleichsweise hoch, was mit den in Brandenburg weit verbreiteten reduzierenden Verhältnisse im Grundwasser begründet ist.

Die arithmetischen Mittelwerte liegen bei allen Stoffkonzentrationen über den Werten der 50-Perzentile, wofür die auftretenden hohen Gehalte ursächlich sind, die das arithmetische Mittel beeinflussen. Lediglich die Mittelwerte der Nährstoffindikatoren Nitrat, Ammonium und Phosphat sind größer als deren Hintergrundwerte. Die Parameter Sulfat, Chlorid, Kalium und Natrium sind erst in Bezug auf die 90-Perzentile auffällig, was auf diffuse anthropogene Stoffeinträge oder ggf. auch auf den Einfluss von geogen-salinarem Tiefenwasser zurückzuführen ist.

Während für die Auswertung der Brunnen- und Rohmischwasseranalysen je Parameter ca. 14.000 Datensätze von 578 WW zur Verfügung stehen (vgl. Tab. 11), ist der Informationsgehalt für die Analysen der Vorfeldmessstellen deutlich geringer und weniger repräsentativ. Pro Parameter konnten ca. 5.000 Datensätze genutzt werden, die sich auf nur 64 WW beziehen, von denen zudem 81 % als beeinflusst charakterisiert werden (vgl. Kapitel 5.2). Die statistischen Kennwerte der Vorfeldanalysen sind erwartungsgemäß höher als die der Brunnen- und Rohmischwasseranalysen (vgl. Tab. 12).

Die 10- und 90-Perzentile geben Spannweiten von gemessenen Parameterkonzentrationen wieder. Extrem nach oben oder unten abweichende Konzentrationen liegen dabei jenseits dieser Werte. In Tab. 13 sind für ausgewählte Parameter u. a. die Gehalte von Brunnen- und Rohmischwasseranalysen der nicht bzw. wenig sowie der deutlich beeinflussten Wasserwerke in Form der 10- und 90-Perzentile gegenübergestellt. Die Kennwerte der nicht bzw. wenig beeinflussten Wasserwerke (Klasse 1) zeigen eine relativ gute Übereinstimmung mit den Hintergrundwerten, die 1996 für das Land Brandenburg erhoben wurden (LUA 1996). Die Kennwerte der deutlich beeinflussten Wasserwerke (Klasse 6) liegen über diesen Hintergrundwerten. Dies trifft auch auf die Grundwässer von geogen-salinär geprägten Wasserwerken zu (Klasse 7), wie durch die 10- und 90-Perzentile der nachweislich beeinflussten 10 WW Brandenburgs belegt wird (s. Kapitel 4.4). Die Informationen in Tab. 13 werden mit den Maximalwerten ergänzt, die für die Brunnen der Wasserwerke Brandenburgs ermittelt wurden. Die entsprechenden Kennzahlen sind analog der Brunnen- und Rohmischwasseranalysen (blaue Schrift in der jeweils oberen Zeile des Parameters) auch für die Analysen der Vorfeldmessstellen (schwarze Zahlen in der unteren Zeile) erhoben worden. Hierbei ist wiederum auf die deutlich kleineren Stichprobenumfänge hinzuweisen. Sie werden in Tab. 13 als die Anzahl von Analysen in Klammern aufgeführt.

Tab. 11: Statistische Kennwerte für die Brunnen- und Rohmischwasseranalysen der Wasserwerke Brandenburgs im Zeitraum 1990 bis 2008 im Vergleich zu den natürlichen, ubiquitär überprägten Grundwasserbeschaffenheiten in Deutschland nach Kunkel et al. (2004)

Parameter	Maßeinheit	Analysen von Brunnen- und Rohmischwasser* der Wasserwerke Brandenburgs					Natürliche Grundwasser- beschaffenheit (Kunkel et al. 2004)		
		Anzahl Analysen	10- Per- zentil	50- Per- zentil	arithm. Mittel- wert	90- Per- zentil	0 – 10 m	10 – 25 m	25 – 50 m
Nitrat	mg/l	14.195	< BG	< BG	1,39	1,90	0,9	0,5	0,62
Ammonium	mg/l	14.521	< BG	0,34	0,50	1,10	0,1	0,35	0,44
Chlorid	mg/l	14.655	9	30	44	80	87	76	46
Sulfat	mg/l	15.055	10	78	90	187	189	197	73
Kalium	mg/l	13.397	1	2,3	3,1	5,7	4	5,1	4,2
Natrium	mg/l	13.173	6	15	25	46	38	32	17
Calcium	mg/l	14.003	54	90	94	140	153	149	157
Magnesium	mg/l	13.990	4	9	10	16	22	27	24
Eisen	mg/l	14.230	0,3	1,6	2,2	4,3	8	4,8	9,3
Mangan	mg/l	14.138	0,07	0,19	0,23	0,42	1,4	0,73	0,52
Hydrogen- karbonat	mg/l	13.972	134	228	230	332	351	332	340
Gesamtphosphat	mg/l	9.810	< BG	< BG	0,17	0,62	0,1	0,08	0,05
pH-Wert		15.203	7,1	7,5	7,4	7,8	6,8 - 8,2	7,2 - 7,9	6,8 - 7,7
Leitfähigkeit bei 20°C	µS/cm	21.928	336	602	630	935	993	1.013	922
Oxidierbarkeit	mg O ₂ /l	5.831	0,7	1,8	2,1	3,7	0,2 - 6,0	0,1 - 7,3	0,1 - 3,3

* Die statistische Auswertung ist mit Brunnen- und Rohmischwasseranalysen von 578 Wasserwerken ausgeführt worden.

Tab. 12: Statistische Kennwerte für die Vorfeldmessstellenanalysen der Wasserwerke Brandenburgs im Zeitraum 1990 bis 2008 im Vergleich zu den natürlichen, ubiquitär überprägten Grundwasserbeschaffenheiten in Deutschland nach Kunkel et al. (2004)

Parameter	Maßeinheit	Analysen von Vorfeldmessstellen* der Wasserwerke Brandenburgs					Natürliche Grundwasser- beschaffenheit (Kunkel et al. 2004)		
		Anzahl Analysen	10- Per- zentil	50- Per- zentil	arithm. Mittel- wert	90- Per- zentil	0 - 10 m	10 - 25 m	25 - 50 m
Nitrat	mg/l	5.246	< BG	< BG	3,45	2,60	0,9	0,5	0,62
Ammonium	mg/l	5.312	< BG	0,35	2,45	1,90	0,1	0,35	0,44
Chlorid	mg/l	5.168	13	38	80	125	87	76	46
Sulfat	mg/l	5.173	17	107	133	252	189	197	73
Kalium	mg/l	4.950	1,2	3,1	5,5	9,6	4	5,1	4,2
Natrium	mg/l	4.953	9	22	51	94	38	32	17
Calcium	mg/l	5.012	52	100	114	188	153	149	157
Magnesium	mg/l	5.035	5	9	11	18	22	27	24
Eisen	mg/l	3.978	0,2	1,8	4,1	7,4	8	4,8	9,3
Mangan	mg/l	3.933	0,06	0,26	0,36	0,74	1,4	0,73	0,52
Hydrogen- karbonat	mg/l	4.931	148	245	256	365	351	332	340
Gesamtphosphat	mg/l	3.600	< BG	< BG	0,56	1,53	0,1	0,08	0,05
pH-Wert		5.636	6,9	7,4	7,4	7,8	6,8 - 8,2	7,2 - 7,9	6,8 - 7,7
Leitfähigkeit bei 20°C	µS/cm	8.151	429	699	780	1.140	993	1.013	922
Oxidierbarkeit	mg O ₂ /l	1.274	0,9	2,7	3,4	5,7	0,2 - 6,0	0,1 - 7,3	0,1 - 3,3

* Die statistische Auswertung ist mit den Daten von 872 Vorfeldmessstellen zu 64 Wasserwerken ausgeführt worden, deren Filter im Bereich von 0 - 50 m u. GOK liegen.

Tab. 13: Übersicht der ermittelten Konzentrationsspannen im Rohwasser Brandenburger Wasserwerke (Stand November 2009)

Parameter Richtwert [Maßeinheit]	Hintergrund- werte nach LJA (Basisbericht 1996, S. 43)		Spannweiten nicht bzw. wenig beeinflusster WW Basis Rohwasseranalysen Basis V-GWMS-Analysen (Nov. 09)		Spannweiten deutlich beeinflusster WW Basis Rohwasseranalysen Basis V-GWMS-Analysen (Nov. 09)		Max. Konz. der WW-Daten Basis Rohwasser- analysen Basis V-GWMS-An.	Spannweiten geogen-salinar beeinflusster WW (10) Basis Rohwasseranalysen Basis V-GWMS-Analysen (Nov. 09)	
	Min. der 10- Per- zentile	Max. der 90- Per- zentile	10-Perzentil s. Klasse 1	90-Perzentil s. Klasse 1	10-Perzentil s. Klasse 6	90-Perzentil s. Klasse 6	Max. der Klassen 1 bis 6	10-Perzentil s. Klasse 7	90-Perzentil s. Klasse 7
Leitfähigkeit 20°C 1.000 [µS/cm]			237 (n=2.926)	547 (n=2.926)	433 (n=13.143)	998 (n=13.143)	2.025 (n=20.310)	470 (n=1.594)	1.240 (n=1.594)
			264 (n=567)	591 (n=567)	502 (n=5.848)	1.116 (n=5.848)	10.223 (n=6.742)	381 (n=1.408)	1.783 (n=1.408)
Gesamt- härte [°dH]			7 (n=2.794)	17 (n=2.794)	11 (n=5.425)	25 (n=5.425)	53 (n=12.432)	11 (n=1.467)	24 (n=1.467)
			8 (n=557)	17 (n=557)	11 (n=2.698)	32 (n=2.698)	155 (n=3.659)	8 (n=1.369)	30 (n=1.369)
(Mg+Ca)/ (Na+K)	3	16	6 (n=2.561)	15 (n=2.561)	3 (n=5.134)	11 (n=5.134)	66,5 (n=11.408)	1 (n=1.447)	7 (n=1.447)
			4 (n=526)	13 (n=526)	2 (n=2.592)	12 (n=2.592)	57 (n=3.428)	0,4 (n=1.312)	10 (n=1.312)
Ammo- nium 0,5 [mg/l]	0	1	0 (n=2.814)	0,4 (n=2.814)	0 (n=5.862)	1,3 (n=5.862)	12,4 (n=12.900)	0,1 (n=1.593)	1,5 (n=1.593)
			0 (n=553)	0,5 (n=553)	0 (n=2.928)	2,0 (n=2.928)	842 (n=3.895)	0 (n=1.416)	2,0 (n=1.416)
Kalium 5 [mg/l]	1	4	0 (n=2.737)	2,7 (n=2.737)	1,5 (n=5.341)	6,7 (n=5.341)	66,8 (n=11.931)	1,5 (n=1.458)	8,2 (n=1.458)
			1,0 (n=569)	9,2 (n=569)	1,4 (n=2.677)	10,6 (n=2.677)	1.510 (n=3.579)	1,2 (n=1.370)	8,2 (n=1.370)
K/Na 0,35 [-]	0,04	0,18	0,0 (n=2.596)	0,2 (n=2.596)	0,0 (n=5.165)	0,2 (n=5.165)	3,0 (n=11.505)	0,0 (n=1.448)	0,1 (n=1.448)
			0,1 (n=541)	0,5 (n=541)	0,0 (n=2.397)	0,3 (n=2.397)	6,3 (n=3.264)	0,0 (n=1.321)	0,1 (n=1.321)
Chlorid 50 [mg/l]	8	48	6 (n=2.732)	30 (n=2.732)	19 (n=2.260)	82 (n=2.260)	356 (n=13.041)	24 (n=1.603)	265 (n=1.603)
			8 (n=564)	38 (n=564)	20 (n=2.610)	112 (n=2.610)	2.117 (n=3.586)	14 (n=1.368)	446 (n=1.368)
Cl/Na	0,6	2,8	0,6 (n=2.689)	2,1 (n=2.689)	0,7 (n=5.179)	1,9 (n=5.179)	12,3 (n=11.672)	0,8 (n=1.455)	1,2 (n=1.455)
			0,7 (n=559)	1,7 (n=559)	0,6 (n=2.445)	1,8 (n=2.445)	18,8 (n=3.342)	0,5 (n=1.365)	1,5 (n=1.365)
SO ₄ /Cl	0,6	4	0,7 (n=2.720)	4,2 (n=2.720)	0,4 (n=6.228)	3,7 (n=6.228)	19,4 (n=14.332)	0,1 (n=1.490)	2,9 (n=1.490)
			1,5 (n=557)	5,1 (n=557)	0,5 (n=2.548)	5,2 (n=2.548)	58,8 (n=3.512)	0,1 (n=1.324)	3,8 (n=1.324)
Sulfat 130 [mg/l]	10	128	7 (n=2.806)	95 (n=2.806)	14 (n=6.468)	223 (n=6.468)	530 (n=13.519)	13 (n=1.513)	195 (n=1.513)
			23 (n=558)	155 (n=558)	18 (n=2.813)	270 (n=2.813)	3.951 (n=3.781)	10 (n=1.391)	256 (n=1.391)
Phosphat 0,3 bzw. 0,6 [mg/l]			0 (n=2.081)	0 (n=2.081)	0 (n=3.749)	1,0 (n=3.749)	4,1 (n=8.799)	0 (n=1.003)	0,8 (n=1.003)
			0 (n=443)	0,3 (n=443)	0 (n=2.167)	2,1 (n=2.167)	35,9 (n=2.932)	0 (n=667)	1,4 (n=667)
Nitrat 10 [mg/l]	0	1	0 (n=2.756)	0,5 (n=2.756)	0 (n=5.729)	3,5 (n=5.729)	142 (n=12.690)	0 (n=1.487)	1,3 (n=1.487)
			0 (n=565)	1,8 (n=565)	0 (n=2.817)	2,3 (n=2.817)	494 (n=3.828)	0 (n=1.417)	0,7 (n=1.417)
Oxidier- barkeit 4 [mg/l O ₂]	1	7	0,4 (n=1.323)	2,5 (n=1.323)	0,8 (n=952)	4,1 (n=952)	17 (n=5.298)	1,8 (n=509)	4,5 (n=509)
			0,3 (n=187)	4,3 (n=187)	1 (n=584)	5,5 (n=584)	72 (n=889)	1,7 (n=384)	7,1 (n=384)
pH-Wert >6,5 u. <8 [pH]	6,5	8	7,2 (n=2.937)	7,9 (n=2.937)	7,1 (n=6.254)	7,7 (n=6.254)	4,8 / 9,5 (n=13.584)	7,2 (n=1.593)	7,6 (n=1.593)
			7,0 (n=563)	7,9 (n=563)	7,0 (n=3.324)	7,8 (n=3.324)	3,8 / 9,6 (n=4.238)	7,0 (n=1.397)	7,9 (n=1.397)
(Mg+Ca)/ HCO ₃	1	3	1,0 (n=2.740)	2,0 (n=2.740)	1 (n=5.348)	2,3 (n=5.348)	41,1 (n=12.235)	1,1 (n=1.449)	1,8 (n=1.449)
			1,2 (n=555)	2,4 (n=555)	1,0 (n=2.667)	2,4 (n=2.667)	59,7 (n=3.495)	0,9 (n=1.367)	2,2 (n=1.367)
Bor 100 [µg/l]			0,5 (n=1.741)	30 (n=1.741)	1,0 (n=2.884)	110 (n=2.884)	500 (n=6.624)	1,0 (n=817)	200 (n=817)
			1 (n=461)	1 (n=461)	1 (n=1271)	210 (n=1.271)	1.950 (n=1.942)	1 (n=556)	200 (n=556)

Literatur

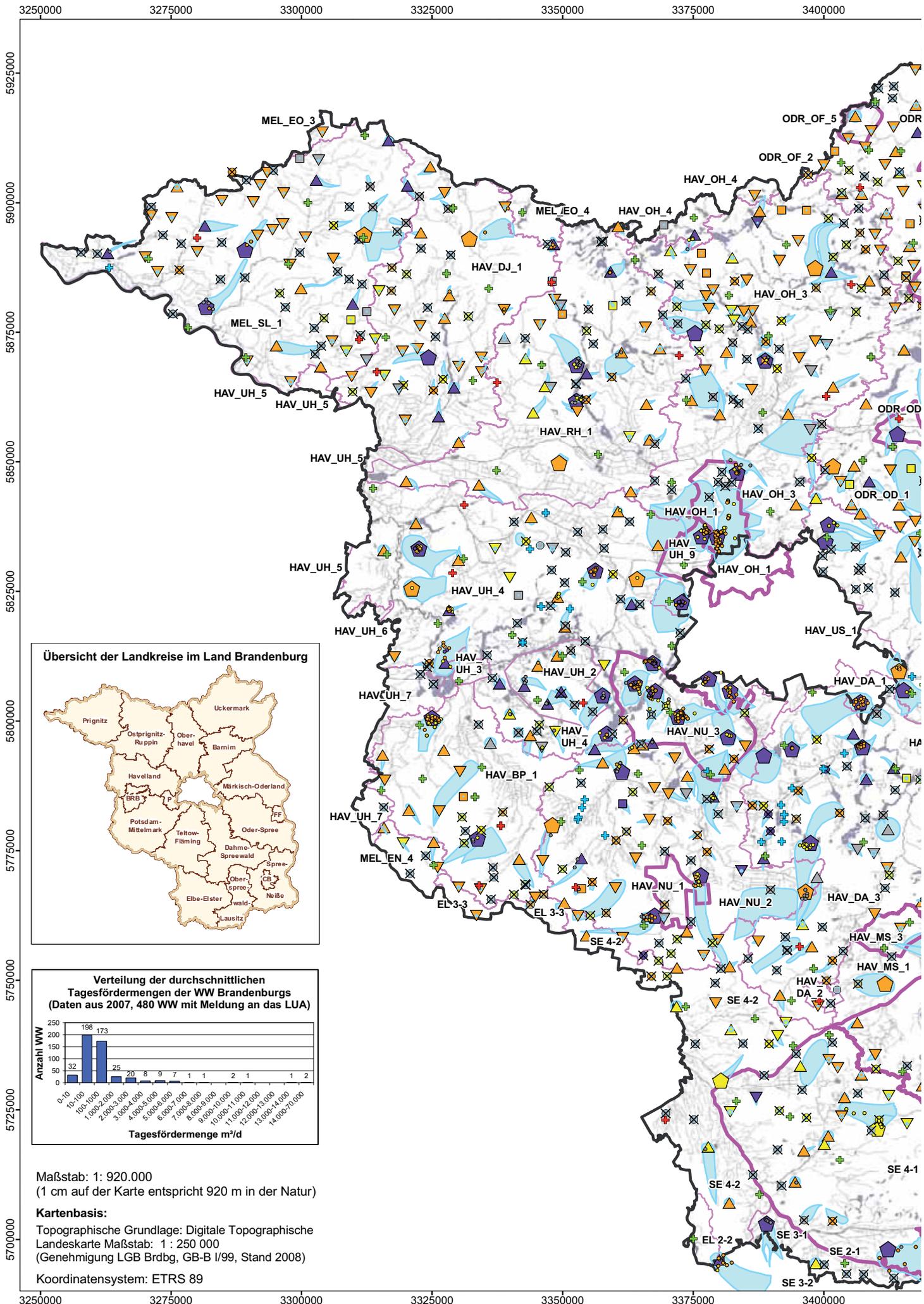
- EG (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasser-rahmenrichtlinie) vom 22.12.2000, Luxemburg.
- EG (2006): Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung. Europäische Union, Brüssel.
- GCI GmbH (2003): Erfassung belastungsrelevanter Parameter in Analysen von Vorfeld- und Rohwassermessstellen der Wasserwerke im Land Brandenburg, 1. Phase Datenerhebung Okt./Nov. 2003 (GCI-3A58.36 vom 12.12.2003), AG Landesumweltamt Brandenburg, nicht veröffentlicht
- GCI GmbH (2004): Erfassung belastungsrelevanter Parameter in Analysen von Vorfeld- und Rohwassermessstellen der Wasserwerke im Land Brandenburg, 2. Phase Datenerhebung 2004, Sachstandsbericht November 2004 (GCI-4A15.22 vom 30.11.2004), AG Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg, nicht veröffentlicht
- GCI GmbH (2005): Erfassung belastungsrelevanter Parameter in Analysen von Vorfeld- und Rohwassermessstellen der Wasserwerke im Land Brandenburg, Fortführung der brunnenbezogenen Recherche von Stamm- und Bewegungsdaten sowie Prüfung, Auswertung und Darstellung der Daten (Teilprojekt 3), Sachstandsbericht Dezember 2005 (GCI-5A13.11 vom 09.12.2005), AG Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg, nicht veröffentlicht
- GCI GmbH (2006): Erfassung belastungsrelevanter Parameter in Analysen von Vorfeld- und Rohwassermessstellen der Wasserwerke im Land Brandenburg, Fortführung der brunnenbezogenen Recherche von Stamm- und Bewegungsdaten sowie Prüfung, Auswertung und Darstellung der Daten (Teilprojekt 4) (GCI-6A16.11 vom 01.12.2006), AG Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg, nicht veröffentlicht
- GCI GmbH (2008): Erfassung belastungsrelevanter Parameter in Rohwasserproben von Wasserwerken im Land Brandenburg, Recherche der Stamm- und Bewegungsdaten von Vorfeldmessstellen sowie Prüfung, Auswertung und Darstellung der Daten für den Zeitraum 1990 - 2006 (Teilprojekt 5) (GCI-7A42.21 vom 03.06.2008), AG Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg, nicht veröffentlicht
- GCI GmbH (2009): Analyse und Bewertung der im Wasserversorgungsplan von 1996 für die Landkreise und kreisfreien Städte des Landes Brandenburg dargestellten Entwicklungen und Ziele AG Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg, nicht veröffentlicht
- Hannappel, S., Hermsdorf, A., Pohl, S., Rietz, C., Koseck, R. (2007): Aufbau von Sondermessnetzen zur geogenen Grundwasserversalzung in Brandenburg - Brandenburgische geowissenschaftliche Beiträge, Kleinmachnow, 14 (2007)
- Kunkel, R., Voigt, H.-J., Wendland, F., Hannappel, S. (2004): Die natürliche, ubiquitär überprägte Grundwasserbeschaffenheit in Deutschland. – Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 47; Jülich
- LAWA (2003): Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. – Hrsg. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Stand 30.04.2003, 109 S.

- LAWA (2004): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Düsseldorf.
- LGRB (2002): Atlas zur Geologie von Brandenburg, Stand 2002
- LUA (1995): Basisbericht zur Grundwassergüte des Landes Brandenburg, „Fachbeiträge des Landesumweltamtes“ – Titelreihe Nr. 15, Potsdam, November 1996
- LUA (2007): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit im Land Brandenburg für den Zeitraum 2001 bis 2005. – Hrsg. Landesumweltamt Brandenburg, Studien und Tagungsbericht (ISSN 0948-0838), Band 55, 103 S.
- Manhenke, V., Hannemann, M., Rechlin, B. (1995): Gliederung und Bezeichnung der Grundwasserleiterkomplexe im Lockergestein des Landes Brandenburg. Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge, Kleinmachnow, Heft 1/1995, S. 12ff
- MLUR (1999): Erlass W/16/1999 des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zum Vollzug des § 62 Abs. 3 und 4 des Brandenburgischen Wassergesetzes zur Durchsetzung der Selbstüberwachung der Betreiber der öffentlichen Wasserversorgung, 1. März 1999
- MUGV (2009): Wasserversorgungsplan 2009 für das Land Brandenburg. - Hrsg. Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (Der Wasserversorgungsplan und die Anlagen sind als pdf-Datei auf der Seite <http://www.mugv.brandenburg.de> abrufbar)
- Rechlin, B. (1997): Zur Anwendung des hydrogeochemischen Genesemodells der Wässer in den Grundwasserleiterkomplexen des Landes Brandenburg (mittelbrandenburgischen Raum, Stand April 1997) Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge, Kleinmachnow, Heft 1/1997, S. 67ff

Kartenanhang

**Karte 1: Übersichtskarte der Wasserwerke Brandenburgs
Informationen zu Förderung, Vorfeldmessstellen und Analysen
für 909 Wasserwerksstandorte und 1.119 Vorfeldmessstellen
(Maßstab 1 : 920 000)**

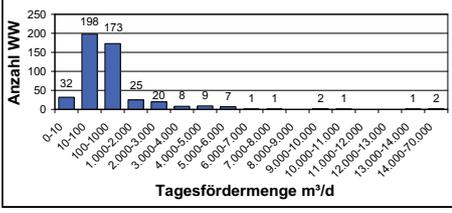
**Karte 2: Leitfähigkeit 20°C in Brunnen, Rohmischwasser und Vorfeldmess-
stellen, statistische Auswertung der Analysen 1990 – 2008
(Maßstab 1 : 920 000)**



Übersicht der Landkreise im Land Brandenburg



Verteilung der durchschnittlichen Tagesfördermengen der WW Brandenburgs (Daten aus 2007, 480 WW mit Meldung an das LUA)



Maßstab: 1: 920.000
 (1 cm auf der Karte entspricht 920 m in der Natur)

Kartenbasis:
 Topographische Grundlage: Digitale Topographische Landeskarte Maßstab: 1: 250 000
 (Genehmigung LGB Brdbg, GB-B I/99, Stand 2008)

Koordinatensystem: ETRS 89

3250000 3275000 3300000 3325000 3350000 3375000 3400000

5925000

5900000

5875000

5850000

5825000

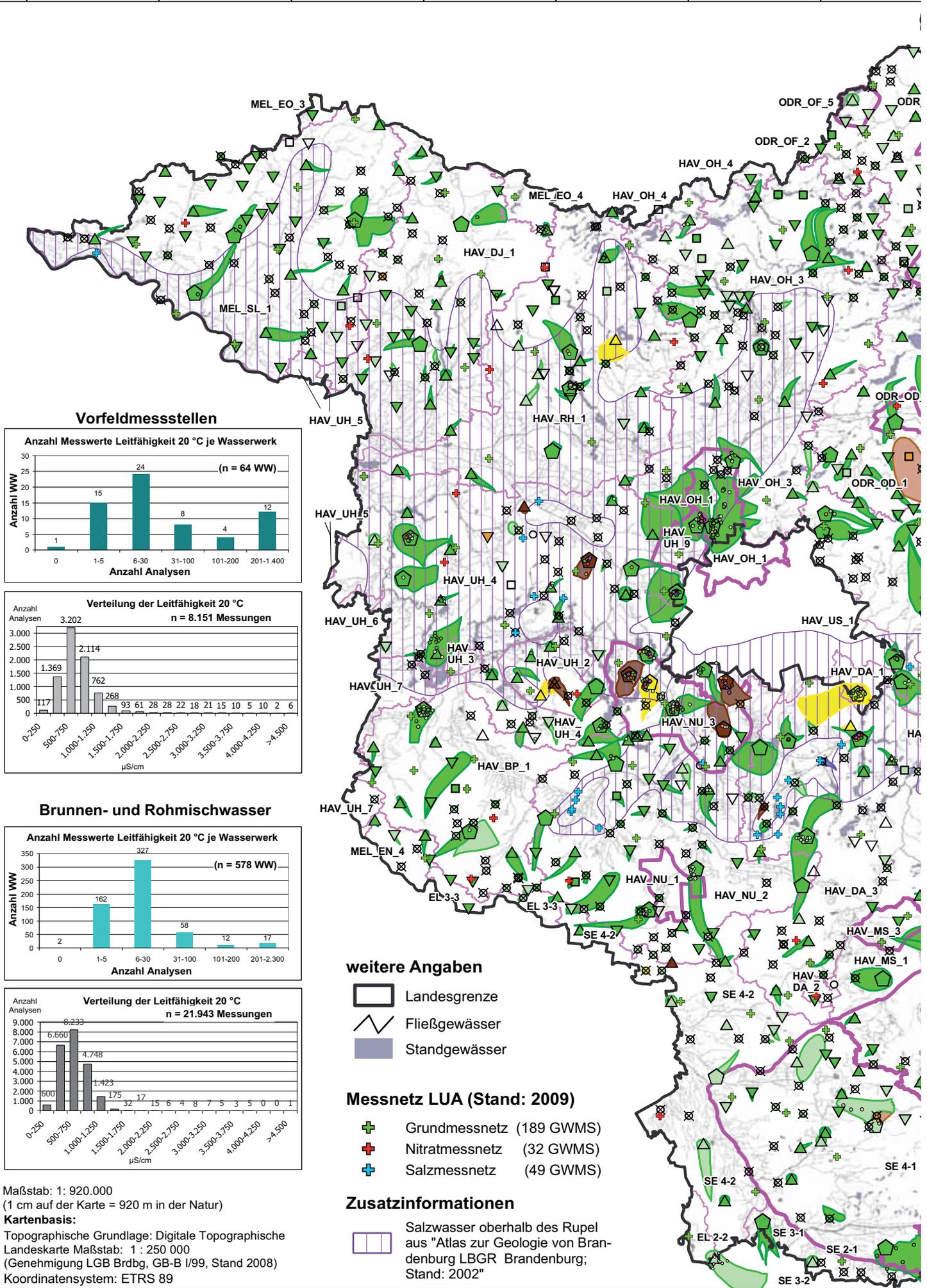
5800000

5775000

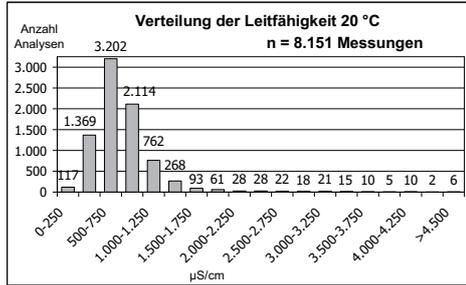
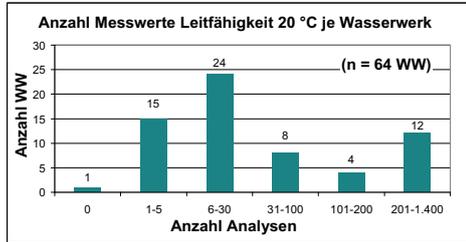
5750000

5725000

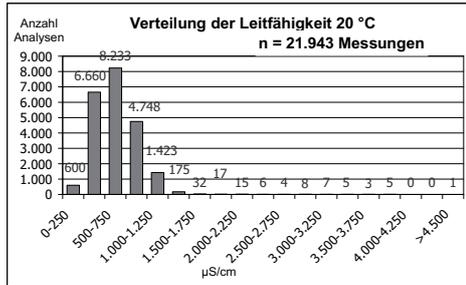
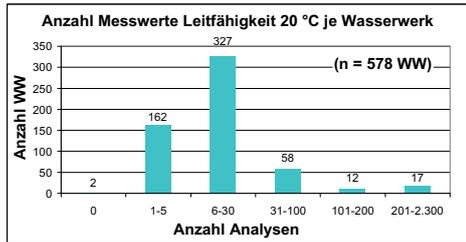
5700000



Vorfeldmessstellen



Brunnen- und Rohmischwasser



weitere Angaben

- Landesgrenze
- Fließgewässer
- Standgewässer

Messnetz LUA (Stand: 2009)

- Grundmessnetz (189 GWMS)
- Nitratmessnetz (32 GWMS)
- Salzmessnetz (49 GWMS)

Zusatzinformationen

- Salzwasser oberhalb des Rupel aus "Atlas zur Geologie von Brandenburg LBGR Brandenburg; Stand: 2002"

Maßstab: 1 : 920.000

(1 cm auf der Karte = 920 m in der Natur)

Kartenbasis:

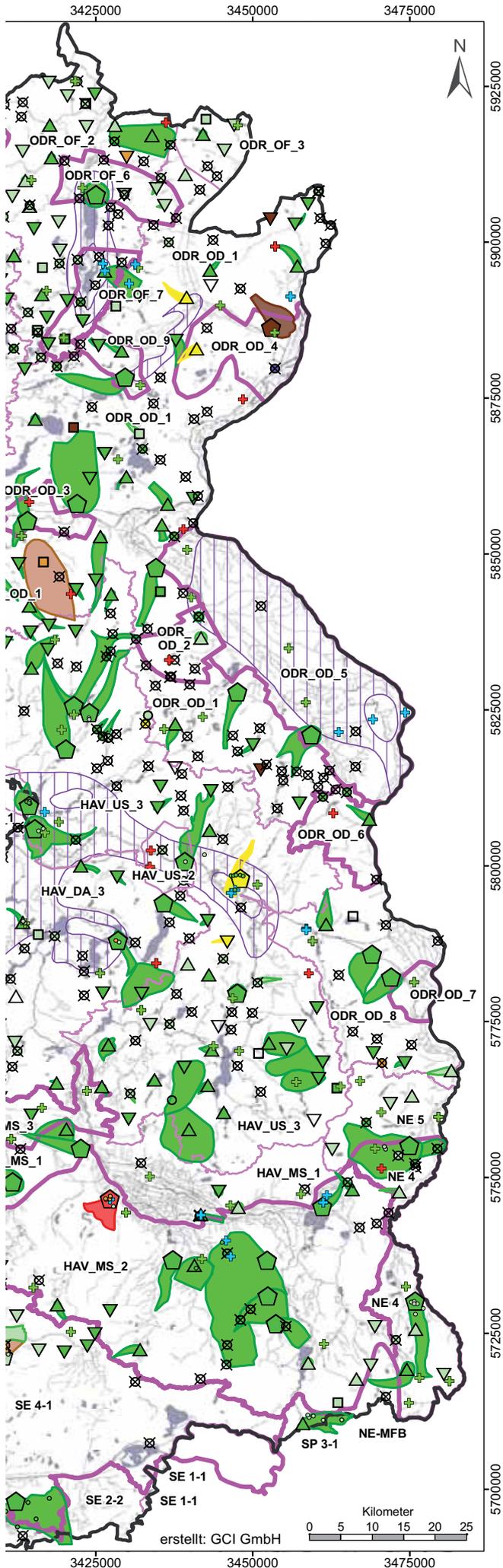
Topographische Grundlage: Digitale Topographische

Landeskarte Maßstab: 1 : 250 000

(Genehmigung LGB Brdrg, GB-B I/99, Stand 2008)

Koordinatensystem: ETRS 89

3250000 3275000 3300000 3325000 3350000 3375000 3400000



Legende

klassifizierte Darstellung der Leitfähigkeit bezogen auf den Richtwert (RW) = 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

(Der Grenzwert der TrinkwV von 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ wird nur in einzelnen Untersuchungen überschritten, vergleiche Diagramm Häufigkeitsverteilung)

Erläuterung zur Darstellung

- 1) WW-bezogene Auswertung berücksichtigt alle Brunnen- und Rohmischwasseranalysen, die einem WW zugeordnet sind
 → Farbabstufung des WW-Einzugsgebietes und des Symbols der WW-Fördermenge
- 2) Messstellenbezogene Auswertung berücksichtigt alle Analysen von Vorfeldmessstellen (V-GWMS) im Einzugsgebiet der WW mit Filtern im Bereich 0 - 50 m u. GOK
 → Farbabstufung des Messstellensymbols

Bei 5 oder weniger Analysen beruht die Klassifizierung jeweils auf den ermittelten maximalen Konzentrationen

	max. Konz. > RW	7 WW	53 V-GWMS
	max. Konz. < RW	162 WW	333 V-GWMS

Bei mehr als 5 Analysen beruht die Klassifizierung jeweils auf der Auswertung der 10-, 25-, 50-, 75- und 90-Perzentile

	10-Perzentil > RW	0 WW	32 V-GWMS
	25-Perzentil > RW	1 WW	18 V-GWMS
	50-Perzentil > RW	2 WW	19 V-GWMS
	75-Perzentil > RW	12 WW	29 V-GWMS
	90-Perzentil > RW	11 WW	20 V-GWMS
	90-Perzentil < RW	381 WW	323 V-GWMS

(Bsp.: 10-Perzentil > RW bedeutet, dass ca. 90 % der Analysenwerte den Richtwert überschreiten bzw. ca. 10 % den Richtwert unterschreiten)

Wasserwerk mit klassifizierter Darstellung der Förderung im Jahr 2007 (Q₃₆₅) (480 WW)

	in m^3/d	in m^3/d
	0 - 10	> 100 - 1.000
	> 10 - 100	> 1.000
	WW ohne Förderung in 2007	
	WW stillgelegt	

Vorfeldmessstelle (1.119 V-GWMS)

- V-GWMS im hydrodynamischen Einzugsgebiet der WW mit Filtern im Bereich 0 bis 50 m u. GOK

Grundwasserkörper (Stand: 2009)

	Grundwasserkörper (GWK)		GWK im schlechten chemischen Zustand
--	-------------------------	--	--------------------------------------

SP 3-1 MS_CD_GB - Code Grundwasserkörper

Einzugsgebiete der WW

- -
 -
- hydrodynamisches Einzugsgebiet (Informationen vom LBGR und MUGV)
- Flächeninhalt des Einzugsgebietes, ermittelt aus der Grundwasserneubildung am WW-Standort (LUA 2009) und der Förderung in 2007, dargestellt als Kreisfläche
- Einzugsgebiet angenommen, da kein bilanziertes Einzugsgebiet bzw. Förderung bekannt

Leitfähigkeit 20°C

in Brunnen, Rohmischwasser und Vorfeldmessstellen
 statistische Auswertung der Analysen 1990 - 2008

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Archivierung und Darstellung von WW-Daten in der Projektdatenbank des LUGV	8
Abb. 2: Archivierung und Darstellung von Brunneninformationen in der Projektdatenbank des LUGV.....	9
Abb. 3: Übersichtskarte der aktiven WW in Brandenburg mit Klassifizierung der Fördermengen (Stand 2007)	10
Abb. 4: Verteilung der durchschnittlichen Tagesfördermengen der WW Brandenburgs (Daten 2007).....	11
Abb. 5: Übersicht der Brunnen- und Rohmischwasseranalysen pro Jahr zu den insgesamt 578 WW, für die Analysen in der Projektdatenbank des LUGV erfasst sind	14
Abb. 6: Verteilung der Datensätze von Brunnen- und Rohmischwasser (Zeitraum 1990 - 2008)	14
Abb. 7: Anzahl der Analysen von Grundwassermessstellen pro Jahr (Zeitraum 1990 - 2008).....	16
Abb. 8: Verteilung der Datensätze von Vorfeldmessstellen auf die Wasserwerke.....	16
Abb. 9: Verteilung der WW im Land Brandenburg, deren Rohwasseranalysen statistisch ausgewertet wurden.....	17
Abb. 10: Verteilung Ionensummenfehler [%] (nach DVWK 128/1992) der Vorfeldmessstellen (linke Abb.) bzw. Brunnen- und Rohmischwasseranalysen (rechte Abb.), die in der Projektdatenbank für den Zeitraum 1990 - 2008 archiviert sind (Stand Nov. 2009)	18
Abb. 11: Prüfung der Perzentile von Sulfat gegen den Richtwert (RW) 130 mg/l (Bsp. WW B).....	21
Abb. 12: Beispiel für WW-bezogene statistische Kennzahlen der Leitparameter und Auswertung der Maluspunktzahlen für die klassifizierte Darstellung	23
Abb. 13: Beispiel Gangliniendiagramm – Sulfat-Konzentrationen der Brunnen WW A	24
Abb. 14: Beispiel Gangliniendiagramm – Sulfat-Konzentrationen der Brunnen WW B	25
Abb. 15: Beispiele Spannweiten – Konzentrationen von Nitrat, Ammonium, Kalium sowie Ionenverhältnisse Kalium/Natrium der Brunnenrohässer aus WW A und WW B	26
Abb. 16: Beispiele Spannweiten – Konzentrationen von Chlorid, Sulfat, Phosphat und Bor der Brunnenrohässer aus WW A und WW B	27
Abb. 17: Ausschnitt der Parameterkarte PSM	29
Abb. 18: Ausschnitt der Parameterkarte Nitrat	29
Abb. 19: Ausschnitt der Parameterkarte Ammonium	29
Abb. 20: Ausschnitt der Parameterkarte Chlorid	31
Abb. 21: Ausschnitt der Parameterkarte Sulfat	31
Abb. 22: Ausschnitt der Parameterkarte Kalium	31
Abb. 23: Ausschnitt der Parameterkarte Phosphat	33
Abb. 24: Ausschnitt der Parameterkarte Bor	33
Abb. 25: Ausschnitt der Gesamtbewertung	33
Abb. 26: Auszug der Parameterkarte Chlorid	34
Abb. 27: Parameterkarte Chlorid – Spannweiten der Rohwasseranalysen Brandenburger Wasserwerke, Klassifizierung der Wasserwerke nach Beeinflussung	35
Abb. 28: Parameterkarte Chlorid – Histogramm der Chlorid-Konzentrationen aus dem Zeitraum 1990 - 2008	35
Abb. 29: Parameterkarte Chlorid – Histogramm Anzahl der Chlorid-Analysen je WW	35
Abb. 30: Beispiel für ein Typendiagramm nach Valjaschko und Rechlin / Schirrmeister (Rechlin, 1997) zur Bewertung der Genese eines Rohwassers	36
Abb. 31: Auszug der Übersichtskarte zur Gesamtbewertung der Rohwasserbeschaffenheit.....	39

Abb. 32: Übersicht der Förderstandorte im Bezug auf die Gebiete, in denen nach (LGRB 2002) mit geogen-salinarem Tiefenwassereinfluss zu rechnen ist	40
Abb. 33: Förderung der 64 WW, deren Vorfelddaten in die statistische Auswertung einbezogen wurden und Förderung der 417 WW, für die keine Vorfelddaten übermittelt wurden	43

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Übersicht der Brunnen und Stand der Erhebung zu Schichtenverzeichnissen, Ausbau und Filterlage.....	12
Tab. 2: Stand der Erhebung zu Schichtenverzeichnissen, Ausbau und Filterlage von GWMS	13
Tab. 3 Übersicht der Grundwassermessstellen mit Analysen	15
Tab. 4: Schwerpunktmäßig ausgewertete Parameter, für die Richtwerte festgelegt wurden.....	19
Tab. 5: Klassifizierung der Parameterkonzentrationen mittels der Perzentil- oder Maximalkonzentrationsauswertung.....	21
Tab. 6: Gesamtbewertung der WW anhand von 4 Beeinflussungstypen (Basis: 7 Leitparameter)	38
Tab. 7: Übersicht der Gesamtbewertung der Rohwasserbeschaffenheit in Brandenburg	41
Tab. 8: Vergleich der Gesamtbewertungen der WW auf Basis von Brunnen- und Rohmischwasseranalysen, Auswertungen der Teilprojekte 4 und 6	41
Tab. 9: Vergleich der Gesamtbewertungen der WW auf Basis der Analysen von Vorfeldmessstellen, Auswertungen der Teilprojekte 5 und 6	44
Tab. 10: Vergleich der Gesamtbewertungen der WW auf Basis von Brunnen- und Rohmischwasseranalysen mit denen auf Basis von Vorfeldmessstellenanalysen	44
Tab. 11: Statistische Kennwerte für die Brunnen- und Rohmischwasseranalysen der Wasserwerke Brandenburgs im Zeitraum 1990 bis 2008 im Vergleich zu den natürlichen, ubiquitär überprägten Grundwasserbeschaffenheiten in Deutschland nach Kunkel et al. (2004).....	47
Tab. 12: Statistische Kennwerte für die Vorfeldmessstellenanalysen der Wasserwerke Brandenburgs im Zeitraum 1990 bis 2008 im Vergleich zu den natürlichen, ubiquitär überprägten Grundwasserbeschaffenheiten in Deutschland nach Kunkel et al. (2004)	47
Tab. 13: Übersicht der ermittelten Konzentrationsspannen im Rohwasser Brandenburger Wasserwerke (Stand November 2009)	48

**Ministerium für Umwelt,
Gesundheit und Verbraucherschutz
des Landes Brandenburg**

**Landesamt für Umwelt, Gesundheit
und Verbraucherschutz**
Referat Umweltinformation/Öffentlichkeitsarbeit

Seeburger Chaussee 2
14476 Potsdam OT Groß Glienicke
Tel. 033201 442 171
Fax 033201 43678
E-Mail infoline@lugv.brandenburg.de
www.lugv.brandenburg.de

