

**Ableitung weniger strenger Umweltziele  
in braunkohlebergbau-beeinflussten Grundwasserkörpern der  
Flussgebietsgemeinschaft Elbe**



Auftraggeber: Flussgebietsgemeinschaft Elbe  
Geschäftsstelle Magdeburg  
Otto-v.-Guericke-Straße 5  
39104 Magdeburg

Auftragnehmer: GFI Grundwasserforschungsinstitut GmbH Dresden  
Meraner Straße 10  
01217 Dresden

Projektlaufzeit: 01.12.2007 – 31.03.2008

Bearbeiter: Dr. Th. Sommer  
Dr. F. Werner  
Prof. Dr.-Ing. habil. L. Luckner

Dresden, 30.05.2008

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Problemstellung und rechtlicher Hintergrund</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Methodik zur Anwendung weniger strenger Umweltziele</b>	<b>7</b>
3.1	Kriterien für braunkohle-bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper	7
3.1.1	Flächenbezug	7
3.1.2	Chemismus des Grundwasserkörpers	10
3.1.2.1	Bewertungsmöglichkeiten von Grundwasserkörpern	10
3.1.2.2	Hydrochemische Charakteristik braunkohlen-bergbaubeeinflusster Grundwasserkörper	15
3.1.3	Zeitraum der Erreichbarkeit des Zieles	16
3.2	Ableitung weniger strenger Ziele	17
3.3	Weniger strenger Ziele des mengenmäßigen Zustandes	19
<b>4</b>	<b>Anwendung auf einen exemplarischen Grundwasserkörper</b>	<b>21</b>
4.1	Beschreibung des Grundwasserkörpers SE 4-1	21
4.2	Begründung für weniger strenge Umweltziele	22
4.2.1	Einstufung des Grundwasserkörpers als „bergbaubeeinflusst“	22
4.2.2	Bestimmung eines Grundwassertyps	22
4.2.3	Flächengewichtete Verteilung der Stoffkonzentrationen	25
4.2.4	Betrachtung der Trendentwicklung	26
4.2.5	Prognose der Stoffausbreitung und geringstmögliche Abweichung vom guten Zustand	27
<b>5</b>	<b>Weniger strenge Ziele für weitere bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper</b>	<b>28</b>
5.1	Grundwasserkörper mit Bergbaubeeinflussung	28
5.2	Bergbaubeeinflussung durch Erz- und Steinkohlebergbau	30
5.3	Bergbaubeeinflussung durch Salzbergbau	30
<b>6</b>	<b>Randbedingungen für die Ableitung weniger strenger Ziele</b>	<b>32</b>
6.1	Sachliche Randbedingungen	32
6.2	Rechtliche Randbedingungen	33
6.3	Beeinflussung von grundwasserabhängigen Landökosystemen	35
6.4	Wirtschaftliche Randbedingungen	36
<b>7</b>	<b>Handlungsempfehlungen</b>	<b>36</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>37</b>

## Literatur

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Klassifikationsschema nach SCUKAREV (1934).....	12
Tabelle 2:	Schwellenwerte der Leitmessgrößen zur Abgrenzung der Beeinflussungstypen (HANNAPPEL & VOIGT, 1997).....	13
Tabelle 3:	Bergbaubeeinflussung / verbale Graduierung nach UHLMANN (LUA BB 2006).....	14
Tabelle 4:	Zuordnung der Messwerte zu Grundwasserleitern im GWK SE 4-1 .....	22
Tabelle 5:	Medianwerte ausgewählter Parameter für die Auskohlungs- und Absenkungsflächen im GWK SE 4-1 .....	23
Tabelle 6:	Flächengewichtete Stoffkonzentrationen im GWK SE 4-1 – bezogen auf die Flächenanteile für Auskohlungs- und Absenkungsbereich .....	25
Tabelle 7:	Trendentwicklungen der Sulfatkonzentrationen in den Messstellen des GWK SE 4-1.....	26
Tabelle 8:	Bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper im FG Elbe. ....	28
Tabelle 9:	Notwendige und ergänzende Informationen für die Prognose des Endzustandes eines braunkohlenbergbau-beeinflussten Grundwasserkörpers.....	37

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Grundwasserkörper nach EG-WRRL mit Auskohlungs- und maximalen Absenkungsflächen durch Braunkohlenbergbau. ....	8
Abbildung 2:	Anteile der Auskohlungs- und Absenkungsbereichen an der Fläche der bergbaubetroffenen Grundwasserkörper im Lausitzer Braunkohlenrevier (gelb markiert: Körper, die den guten Zustand nicht erreichen).....	9
Abbildung 3:	Quadratdiagramm zur Charakterisierung des Grundwassers durch Grundwassertypen auf der Grundlage des Alkali-Erdalkali-Gehaltes (MÜLLER 1999).....	10
Abbildung 4:	Häufigkeitsverteilung der hydrochemischen Typen im Grundwasser pleistozäner Lockergesteine in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern (VOIGT 1989) .....	11
Abbildung 5:	Bewertungsschema zur Ausweisung von Beeinflussungstypen (HANNAPPEL & VOIGT, 1997).....	12
Abbildung 6:	Ableitung eines schutzgutspezifischen Bewertungsmaßstabs für das Schutzgut Grundwasser (KERNDORFF et al. 2006).....	14
Abbildung 7:	Allgemeines Bearbeitungsschema zur Ableitung weniger strenger Umweltziele von Grundwasserkörpern.....	16
Abbildung 8:	Wichtung der Grundwasserbeschaffenheit entsprechend des Ausbreitungsgrades im Grundwasserkörper .....	18
Abbildung 9:	Mögliche Zustandentwicklung eines bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpers .....	19
Abbildung 10:	Grundwasserkörper SE 4-1 mit Absenkungs- und Auskohlungsflächen sowie Grundwassermessstellen für die Berichterstattung nach EG-WRRL.....	21
Abbildung 11:	Häufigkeitsverteilung bergbaubedingter Parameter im GWK SE 4-1.....	24
Abbildung 12:	Grundwasserkörper mit bergbaulicher Beeinflussung im FG Elbe (Kartengrundlage: A-Bericht FGG Elbe, 2005; ergänzt durch Karten des MLU ST.).....	29
Abbildung 13:	Mögliche Klassifizierung der Chloridfrachten in einem Gewässer (nach DGFZ 2005).....	31
Abbildung 14:	Schema zu Ermittlung der maßgeblichen bergbaubeeinflussten Flächenanteile in Bezug zur Fläche des Grundwasserkörpers (GWK) anhand einer festgelegten Isokonze .....	31
Abbildung 15:	Zusammenhang zwischen den Phasen wasserwirtschaftlicher Nachsorge und Zustandentwicklung eines Grundwasserkörpers .....	34

## 1 Aufgabenstellung

Mit Schreiben vom 18.12.2007 wurde das GFI Grundwasserforschungsinstitut GmbH Dresden auf der Grundlage eines Angebotes vom 20.11.2007 zur „Ableitung weniger strenger Umweltziele in braunkohlebergbau-beeinflussten Grundwasserkörpern der Flussgebietsgemeinschaft Elbe“ beauftragt.

Die Aufgabenstellung sieht folgende Bearbeitungsschwerpunkte vor:

- (1) Schwerpunkt der Arbeiten soll die Entwicklung allgemeiner Grundsätze für weniger strenge Bewirtschaftungsziele für vom Braunkohlebergbau beeinflusste Grundwasserkörper sein. Zu berücksichtigen sind dabei der chemische Zustand des Grundwasserkörpers sowie die chemische Beeinflussung in Verbindung stehender und fließender oberirdischer Gewässer und grundwasserabhängiger Landökosysteme. Dabei sind die unterschiedlichen, z.T. gleichzeitig wirkenden Einflüsse von aktivem und Sanierungsbergbau zu berücksichtigen. Das Ineinandergreifen bergrechtlicher und wasserrechtlicher Belange ist dabei zu berücksichtigen.
- (2) Auf den allgemeinen Grundsätzen aufbauend soll am Beispiel eines Grundwasserkörpers methodisch aufgezeigt werden, wie konkrete weniger strenge Bewirtschaftungsziele für einen einzelnen betroffenen Grundwasserkörper abgeleitet werden können.
- (3) Vor dem Hintergrund, dass auch für den mengenmäßigen Zustand der vom Braunkohlebergbau beeinflussten Grundwasserkörper Ausnahmeregelungen erforderlich sein werden, ist ebenfalls noch zu prüfen, ob auch hierfür weniger strenge Bewirtschaftungsziele abzuleiten sind.
- (4) Der bestmöglich erreichbare Zustand wird neben den fachlichen auch durch ökonomische Bedingungen bestimmt. Daher sind bei den geforderten methodischen fachlichen Arbeiten die Aspekte technische Machbarkeit, Finanzierbarkeit und Kosteneffizienz insbesondere auf der Grundlage der berg- und wasserrechtlichen Verwaltungsverfahren mit einzubeziehen.

## 2 Problemstellung und rechtlicher Hintergrund

Mit der Einführung der EG-WRRL hat der Begriff des *Wasserkörpers* (water body) Eingang in das Wasserrecht gefunden. Es wird unterschieden zwischen dem Oberflächenwasserkörper – als einheitlicher und bedeutender Abschnitt eines Oberflächengewässers – und dem Grundwasserkörper – als ein abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter. Weiterhin unterscheidet die EG-WRRL zwischen *natürlichen*, *erheblich veränderten* und *künstlichen Wasserkörpern*. Letzterer hat in früherer Zeit nicht bestanden, so z. B. eine Talsperre oder ein Schifffahrtskanal. Zu den künstlichen Gewässern sind auch Tagebaufolgeseen zu rechnen (Art. 2, Nr. 8) (Oberflächenwasserkörper).

In dem an die EG-WRRL mit der 7. Novelle angepassten WHG bleibt der Begriff des Wasserkörpers unbenutzt. Genutzt wird der Begriff des *Gewässers gem. § 1*, die in oberirdische Gewässer, Küstengewässer und Grundwasser unterteilt werden.

Im WHG wird vergleichbar der EG-WRRL der Begriff des „**künstlichen Gewässers**“ als ein von Menschenhand geschaffenes Gewässer nur auf oberirdische Gewässer angewandt. Ein **erheblich veränderter Wasserkörper** ist nach EG-WRRL ein Wasserkörper (Oberflächenwasserkörper), der durch physikalische Veränderungen durch den Menschen in seinem Wesen erheblich verändert wurde (Art. 2, Nr. 9). Analog dazu ist nach WHG ein **erheblich verändertes oberirdisches Gewässer** ein Gewässer, das durch den Menschen in seinem Wesen physikalisch erheblich verändert wurde (§ 25b, Abs. (4)). Gemäß EG-WRRL (2000), Artikel 4, Abs. (3) lassen sich Oberflächenwasserkörper als künstlich oder erheblich verändert einstufen, wenn

- (a) die zum Erreichen eines guten ökologischen Zustands erforderlichen Änderungen der Hydromorphologie signifikante negative Auswirkungen hätten auf:
- die Umwelt im weiteren Sinne,
  - die Schifffahrt, einschließlich Hafenanlagen oder Freizeitnutzung,
  - Tätigkeiten, zu deren Zweck Wasser gespeichert wird, wie Trinkwasserversorgung, Stromerzeugung oder Bewässerung,
  - die Wasserregulierung, Hochwasserschutz, Landentwässerung,
  - andere ebenso wichtige nachhaltige Entwicklungstätigkeiten des Menschen.
- (b) die nutzbringenden Ziele, denen die künstlichen oder veränderten Merkmale des Wasserkörpers dienen, aus Gründen der technischen Durchführbarkeit oder aufgrund unverhältnismäßiger Kosten nicht in sinnvoller Weise durch andere Mittel erreicht werden können, die eine wesentlich bessere Umweltoption darstellen.

Bezüglich des Grundwassers definiert die EG-WRRL (Art. 2, Nr. 12) einen **Grundwasserkörper** als ein abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter. Demgegenüber beschreibt das WHG **das Gewässer Grundwasser** als „das unterirdische Wasser in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht“ (§ 1, Abs. (1), Pkt. 2 – identische Definition gibt die EG-WRRL (Art. 2, Nr. 2)). Die in der EG-WRRL verfassten Begrifflichkeiten des Grundwasserleiters (s. Art. 2, Nr. 11) und des Grundwasserkörpers reflektiert hingegen das WHG nicht.

Eine analog zu den oberirdischen Gewässern anzuwendende Einteilung von Grundwasserkörpern in **künstliche** bzw. **erhebliche veränderte** weisen sowohl die EG-WRRL (2000) als auch die EG-GWTR (2006) nicht aus. Auch im WHG ist eine derartige Einstufung nicht erfolgt. Auf Grund dieses rechtlich vorgegebenen Rahmens kann eine Definition von „künstlichen“ oder „erheblich veränderten“ Grundwasserkörpern nicht vorgenommen werden. Dies gilt demzufolge auch für bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper, die auf Grund ihrer Beanspruchung z.T. erheblichen Veränderungen durch die von Grundwasserabsenkungen und Belüftung bewirkten geochemischen Prozesse bzw. durch Sedimentumlagerungen (Anlage von Kippen) ausgesetzt waren und sind.

Da für Grundwasserkörper eine Kategorisierung in künstliche bzw. erhebliche veränderte Körper nicht erfolgt ist, gelten für bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper die gleichen Qualitätsanforderungen wie für natürliche Grundwasserkörper. Obwohl eine Übertragung der Kategorie „künstliche Gewässer“ auf das Grundwasser als Gewässer nicht

vorgenommen wurde, ermöglicht die Anwendung § 33a Abs. (4) mit seinem Bezug auf § 25d WHG<sup>1</sup> Ausnahmeregelungen auch für Grundwasserkörper zu treffen. Ausgelöst durch die EG-WRRL wird hier im Hinblick auf die Veränderung physischer Eigenschaften oberirdischer Gewässer der Zusammenhang zwischen Grundwasser als Gewässer und oberirdischem Gewässer explizit hergestellt. Kann ein guter chemischer Zustand des Grundwassers nicht erreicht werden, gilt § 25d Abs. 1 WHG entsprechend mit der Maßgabe, dass nach § 25d Abs. 1, Nr. 4 WHG (Auswirkungen infolge der Art der menschlichen Tätigkeit) die *geringstmögliche Veränderung des guten Zustandes des Grundwassers* zu erreichen ist.

Auch darf nicht aus den Augen gelassen werden, dass für natürlich auftretende hohe Konzentrationen von Stoffen oder ihren Indikatoren in einem Grundwasserkörper die Bewertungsvorschriften des chemischen Zustandes des Grundwassers nicht gelten (EG-GWTR, Gründe Pkt. (10)).

Die EG-GWTR (2006) stellt für die *Ressource Grundwasser* den Schutz vor Verschlechterung und vor chemischer Verschmutzung in den Vordergrund. Mit dem Begriff der Ressource betont sie außerdem die Nutzung von Grundwasser für die Versorgung mit Wasser für den menschlichen Gebrauch (EG-GWTR, Gründe Pkt. (1)). Weiterhin betrachtet sie insbesondere die Bedeutung des Grundwassers für grundwasserabhängige Ökosysteme und für oberirdische Gewässer, die es speist (der natürliche Basisabfluss der Fließgewässer formiert sich aus dem Grundwasserzufluss).

Bei der Beurteilung „bergbaubeeinflusster Grundwasserkörper“ müssen darüber hinaus *bergrechtliche Aspekte* Berücksichtigung finden. Im bergrechtlichen Kontext ist die Gefahrenproblematik relevant (Bergschadensgefahr und Gemeenschadensgefahr). Mit dem Tongrubenurteil (BVerwG 7C 26.03) ist betont worden, dass auch im Zuge der Wiederherstellung der ursprünglichen Geländeform (Verfüllung von Abgrabungen) mögliche Gefährdungen der Umwelt zu verhindern sind. Demzufolge muss der anzustrebende gute Zustand eines „bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpers“ gewährleisten, dass *keine schadensrelevante Einwirkung* vom bergbaubeeinflussten Grundwasserkörper ausgeht; Umweltschädigungen sind entsprechend des Tongrubenurteils explizit als Schädigung des öffentlichen Interesses anzusehen. Die EG-GWTR (2006) stellt diesbezüglich mit dem Grundwasser verbundene Oberflächenwasserkörper und grundwasserabhängige Ökosysteme unter besonderen Schutz.

Durch die Begrifflichkeit der *Ressource* Grundwasser in der EG-GWTR (2006) wird außerdem der *Nutzungsaspekt* eingeführt, der eine nutzungskonforme Umweltnorm zur Folge hat. Der Nutzung des Gewässers Grundwasser als Rohwasser-Ressource für die öffentliche Trinkwasserversorgung kommt dabei prioritäre Bedeutung zu. So basieren auch die Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS-Werte) der LAWA in ihrem humantoxikologischen Bezug auf den Werten der Trinkwasserverordnung (TrinkwV).

---

<sup>1</sup> Hierzu heißt es in § 33a, Abs. (4): „Für die in Absatz 1 festgelegten Ziel gilt § 25 d Abs. 2 und 4 entsprechend“.



### 3 Methodik zur Anwendung weniger strenger Umweltziele

#### 3.1 Kriterien für braunkohle-bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper

Mit dem Leitfaden CIS 2.2 (CIS, 2002) ist in der EG ein Instrumentarium für die Einstufung eines Oberflächenwasserkörpers als künstlichen bzw. erheblich veränderten Wasserkörper geschaffen worden. Eine unmittelbare Übertragung auf Grundwasserkörper wurde nicht vorgenommen. Deshalb erschien es sinnvoll, für „bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper“ zunächst Kriterien zu definieren, nach denen die **Einstufung** eines Grundwasserkörpers als **braunkohle-bergbaubeeinflusst** erfolgen soll. Als Kriterien dafür kommen in Frage (vgl. auch § 22a WHG – Schäden an Gewässern):

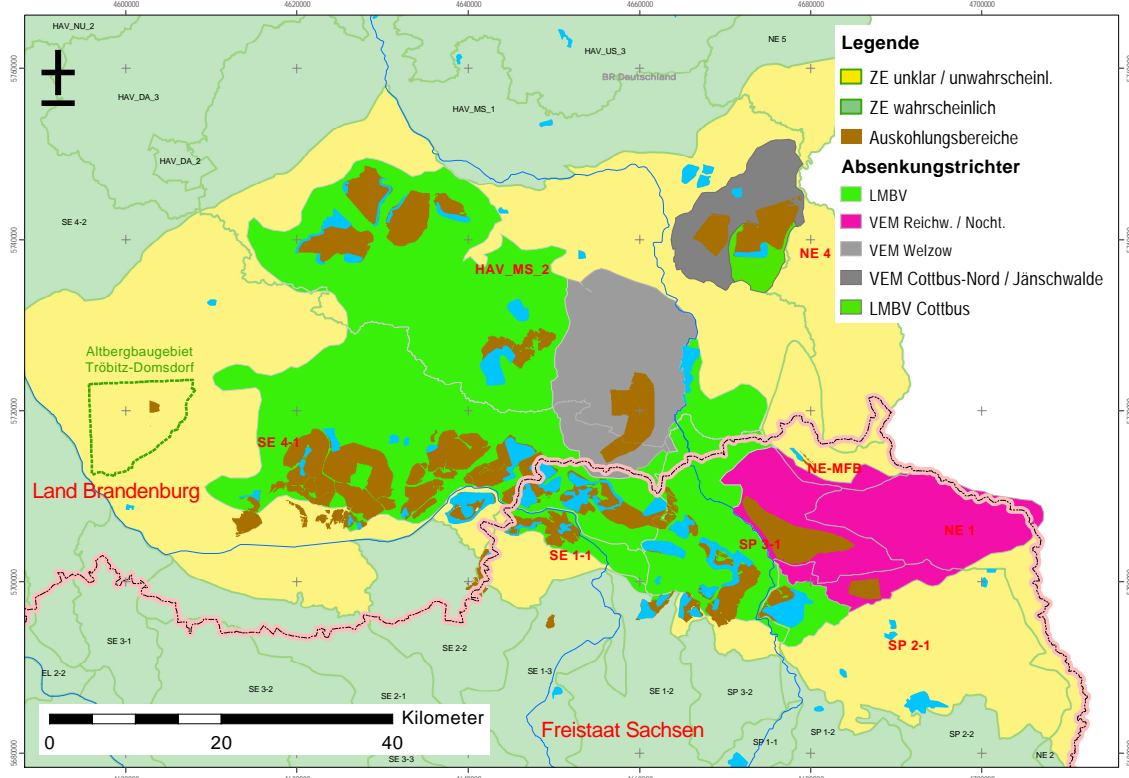
- a) Die Grundwasserleiter eines „bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpers“ bestehen zu einem signifikanten Anteil aus umgelagertem natürlichen Sediment (Bergbaukippe oder -halde) oder wurden durch großräumige und langzeitliche Grundwasser-Absenkungsmaßnahmen in ihrer Struktur (Veränderung der Porosität) oder in ihrem mineralogischen Bestand (Belüftung) signifikant verändert.
- b) Der Chemismus des „bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpers“ ist auf Grund der chemischen Reaktivität des umgelagerten natürlichen Sediments in Teilen des Grundwasserleiters oder durch chemische Reaktionen in Folge großräumiger und langzeitlicher, bergbaubedingter Grundwasser-Absenkungsmaßnahmen beeinflusst, und kann auf ein oberirdisches Ökosystem oder eine Wassernutzung nachteilig einwirken.
- c) Das Ziel des guten chemischen Zustandes des bergbaubeeinflussten Grundwassers ist auf Grund der chemischen Reaktivität des umgelagerten, bzw. durch Grundwasser-Absenkungsmaßnahmen chemisch veränderten natürlichen Sediments in Teilen des Grundwasserleiters mit angemessenem Aufwand auf sehr lange Zeit (Vorschlag: > 50 Jahre) nicht erreichbar (vgl. hierzu § 22a WHG in der dort fixierten Verbindung zu § 25d WHG).

Als bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper sollten demnach die Grundwasserkörper bezeichnet werden, deren Grundwasserleiter auf Grund bergbaulich bedingter Eingriffe in den Grundwasser- und Stoffhaushalt (langzeitige und großräumige, bergbaubetriebsbedingte Grundwasser-Absenkung und / oder Auffüllung einer künstlichen Hohlform mit umgelagerten Sediment) in ihrer Struktur und ihrem Chemismus gegenüber dem natürlichen Zustand erheblichen Veränderungen ausgesetzt waren und sind.

##### 3.1.1 Flächenbezug

Zum Kriterium a) ist zunächst der Flächenbezug für die Bergbaubeeinflussung herzustellen. Dafür bieten sich zum einen die unmittelbaren Auskohlungs- bzw. Kippenbereiche an, die vor allem als Quelle für stoffliche Belastungen des Grundwassers dienen und damit für die Nichterreichung eines guten chemischen Zustandes verantwortlich sind. Im Hinblick auf den guten mengenmäßigen Zustand, der auf die

Ausgeglichenheit zwischen Grundwasserneubildung und Grundwasserentnahme<sup>2</sup> abzielt, ist der Absenkungstrichter bergbaubedingter Entwässerungsmaßnahmen heranzuziehen (s.a. DALLHAMMER 2005). Auf Grund der ablaufenden Reaktionsprozesse im entwässerten Gebirge ist der Absenkungstrichter jedoch auch für den chemischen Zustand des Grundwasserkörpers relevant. Für die Grundwasserkörper im sächsisch-brandenburgischen Braunkohlegebiet wurden exemplarisch die Fläche der Auskohlungsbereiche und des Absenkungstrichters im Verhältnis zur Fläche des ausgewiesenen Grundwasserkörpers, in dem der Auskohlungsbereich liegt, herangezogen. (s. Abbildung 1). Die Überlagerung der Flächen mit denen der Grundwasserkörper ergab die in Abbildung 2 ausgewiesenen Anteile. Für die maximale Absenkungsfläche in Abbildung 1 wurde auf eine Darstellung aus GELLER (1993) zurückgegriffen<sup>3</sup>. Die Abgrenzung zwischen Absenkungsflächen der LMBV und des aktiven Bergbaus entsprechen einer Darstellung der Synopse zur Rekonstruktion des Wasserhaushaltes in der Lausitz (LMBV 2006).



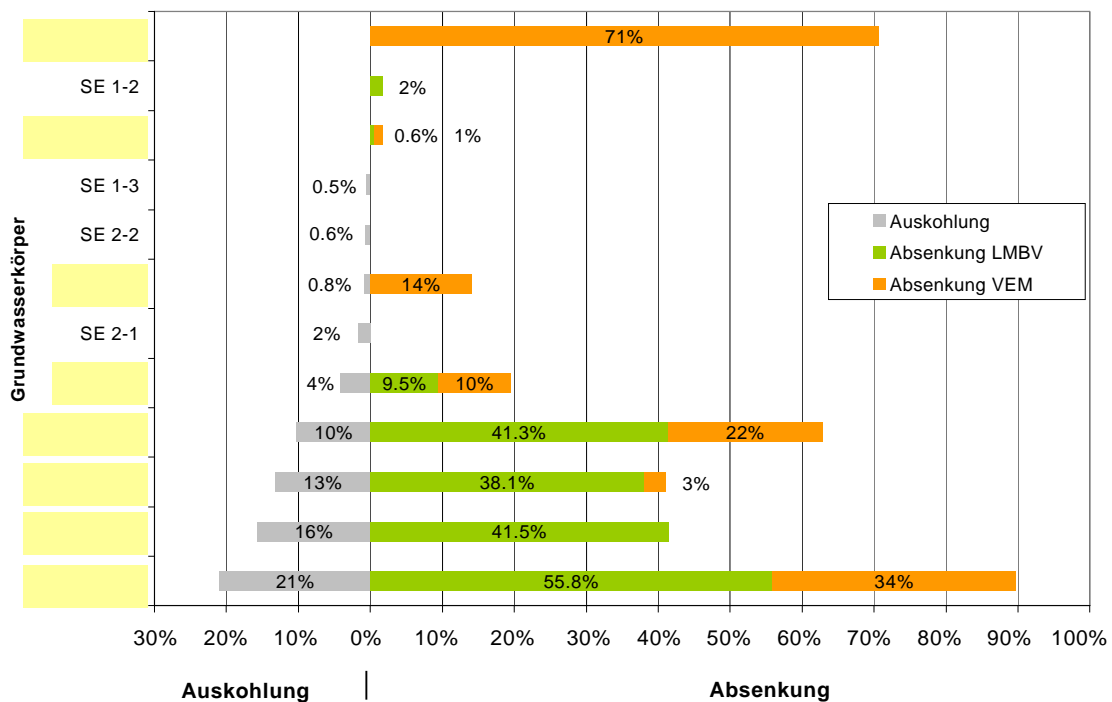
**Abbildung 1:** Grundwasserkörper nach EG-WRRL mit Auskohlungs- und maximalen Absenkungsflächen durch Braunkohlenbergbau.

**Anmerkung:** Im Altbergbauggebiet Tröbitz-Domsdorf ist der GW-Wiederanstieg bereits abgeschlossen, das Gebiet unterliegt aber noch dem Monitoring der LMBV.

<sup>2</sup> s. Anhang V, Pkt. 2.1.2 EG-WRRL: „Der Grundwasserspiegel im Grundwasserkörper ist so beschaffen, dass die verfügbare Grundwasserressource nicht von der langfristig mittleren jährlichen Entnahme überschritten wird.“

<sup>3</sup> Diese Darstellung weist als äußere Umgrenzung die Linie der Absenkung von > 3 m aus; als bergbaubeeinflusst wird jedoch einschlägig die Linie der Absenkung > 1 m angenommen, wozu allerdings keine flächendeckende Darstellung vorlag.





**Abbildung 2:** Anteile der Auskohlungs- und Absenkungsbereichen an der Fläche der bergbaubetroffenen Grundwasserkörper im Lausitzer Braunkohlenrevier (gelb markiert: Körper, die den guten Zustand nicht erreichen).

Die Darstellung zeigt für die bergbaubeeinflussten Grundwasserkörper Flächenanteile zwischen 4 und 21 % bezüglich der Auskohlungsbereiche und zwischen 14 und 90 % bezüglich der Absenkungsbereiche.

Auf Grund der dargestellten Flächenanteile zur Bergbaubelastung, wird vorgeschlagen, die Grundwasserkörper mit  $\geq 10\%$  Flächenanteil ausgekohlter Bereiche ODER  $\geq 20\%$  Flächenanteil maximaler Absenkungsfläche grundsätzlich als „bergbaubeeinflusst“ einzustufen. Darüber wird vorgeschlagen, Grundwasserkörper, die auf Grund von Altbergbau einer Bergbaubelastung ausgesetzt waren (z.B. NE-MFB) bzw. durch Absenkungstrichter aus einem benachbarten Grundwasserkörper beeinflusst sind oder der Absenkungstrichter im GWK sich ausdehnt (z.B. NE 4), in die Kategorie der „bergbaubeeinflussten“ Grundwasserkörper aufzunehmen.

Die o.g. Flächenkriterien stehen nicht im Zusammenhang mit den nach LAWA (2007a) vorgegebenen Bewertungskriterien für einen schlechten Zustand des Grundwasserkörpers. Darin wird festgelegt, dass, wenn die **Ausdehnung der relevanten Belastung** 25 km<sup>2</sup> bzw. in Grundwasserkörpern mit einer Fläche < 75 km<sup>2</sup> die Ausdehnung der Belastung 33 % der Fläche des GWK überschreitet, sich der GWK in einem schlechten Zustand befindet. Diese Kriterien wurden in erster Linie für diffus belastete Grundwasserkörper aufgestellt, an denen auf Grund der Messungen Belastungs-Flächen ausgewiesen sind (je nach Methodik des jeweiligen Bundeslandes). Als **Kriterium für eine Bergbaubeeinflussung eines Grundwasserkörpers** soll nach vorliegender Methodik jedoch die Fläche unmittelbarer bergbaubedingter, physischer oder stofflicher Veränderung des Grundwasserkörpers gelten. Hierunter fallen mit den Auskohlungs-, Kippen- und Absenkungsflächen die

Gebiete, die als Quelle der Verunreinigung gelten müssen. Die Ausdehnung der relevanten Belastung des Grundwasserkörpers i.S. der LAWA kann durch strömungsbedingte Stoffverlagerung dann größer sein. Hierfür soll das 33%-Flächenkriterium nach LAWA (2007a) gelten.

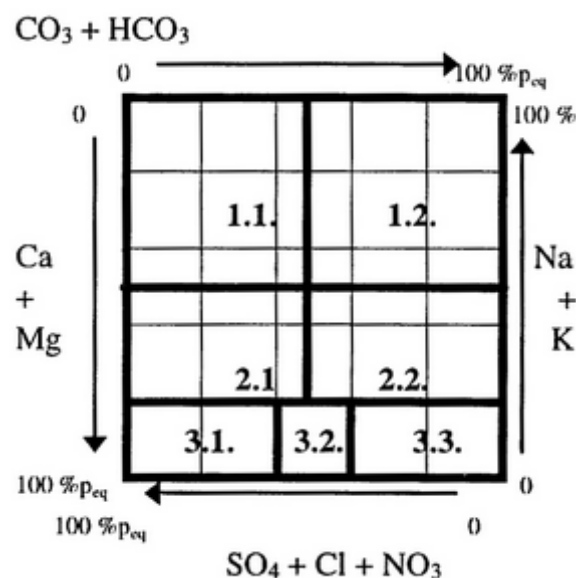
### 3.1.2 Chemismus des Grundwasserkörpers

#### 3.1.2.1 Bewertungsmöglichkeiten von Grundwasserkörpern

Für natürliche Grundwässer sind verschiedene hydrochemische Klassifikationen üblich, die sich z.T. auch an regionalgeologischen Gegebenheiten orientieren.

Nach MÜLLER (1999) werden anhand eines Quadratdiagramms die Grundwässer nach der Dominanz der Alkalien oder Erdalkalien in die folgenden Kategorien eingeteilt (s. Abbildung 3):

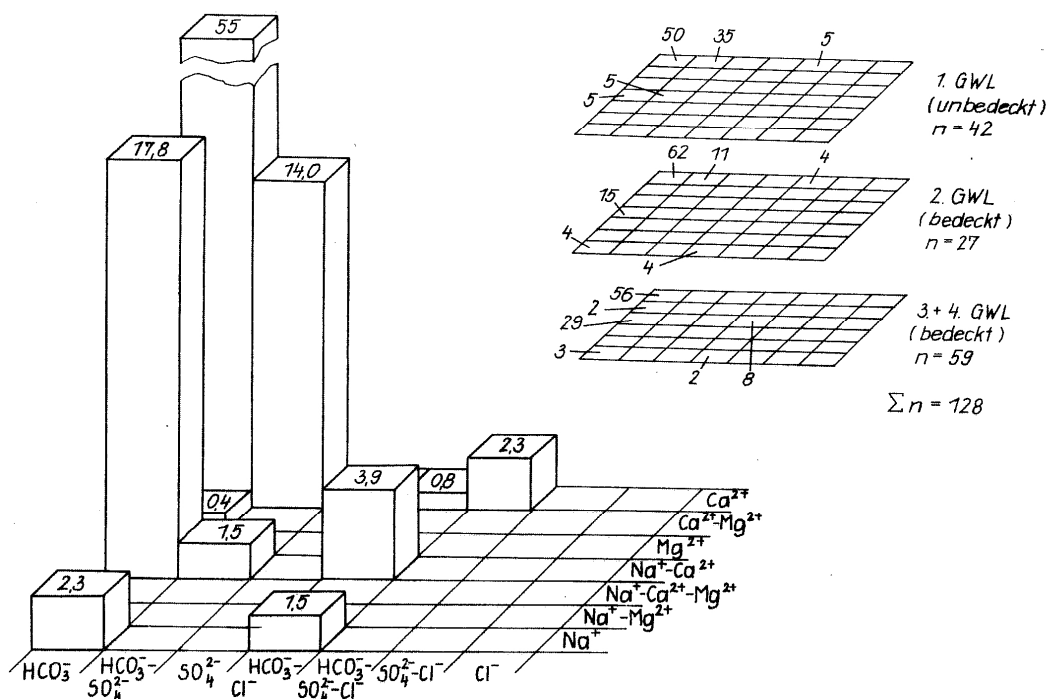
1. alkalische Wässer
  - 1.1. überwiegend sulfatisch-chloridisch
  - 1.2. überwiegend (hydrogen-)-carbonatisch
2. erdalkalische Wässer höheren Alkaligehaltes
  - 2.1. überwiegend sulfatisch-chloridisch
  - 2.2. überwiegend hydrogen-carbonatisch
3. normal erdalkalische Wässer
  - 3.1. überwiegend sulfatisch
  - 3.2. hydrogencarbonatisch-sulfatisch
  - 3.3. überwiegend hydrogencarbonatisch



**Abbildung 3:** Quadratdiagramm zur Charakterisierung des Grundwassers durch Grundwassertypen auf der Grundlage des Alkali-Erdalkali-Gehaltes (MÜLLER 1999)

Für die thüringischen Grundwässer in Festgesteinsgrundwasserleitern wird ein Klassifizierung anhand des Alkali-/Erdalkaligehaltes und der Anionenzusammensetzung in Anlehnung an FURTAG & LANGGUTH (1967) vorgenommen. Die Klassifizierungen berücksichtigen die hydrogeologischen und lithologischen Randbedingungen der Grundwasserleiter und reichen von einfach mineralisierten Wässern (z.B. Ca-SO<sub>4</sub>-Typ) bis zu mehrfach mineralisierten Wässern, die entsprechend des Anteils der Kat- und Anionen eingeteilt werden (z.B. Ca-Na-Mg-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>-Cl-Typ). Diese Klassifizierung stellt vor allem auf geogene Versalzungen ab. Es werden damit aber auch quasigeogene GW-Versalzungen bzw. -Verhärtungen, die durch aufsteigende Grundwässer (z.B.: infolge von Entlastungen initiiert) hervorgerufen sind, und GW-Versalzungen durch Auswaschungen aus Kalirückstandshalden beschrieben (GABRIEL & ZIEGLER, 1997).

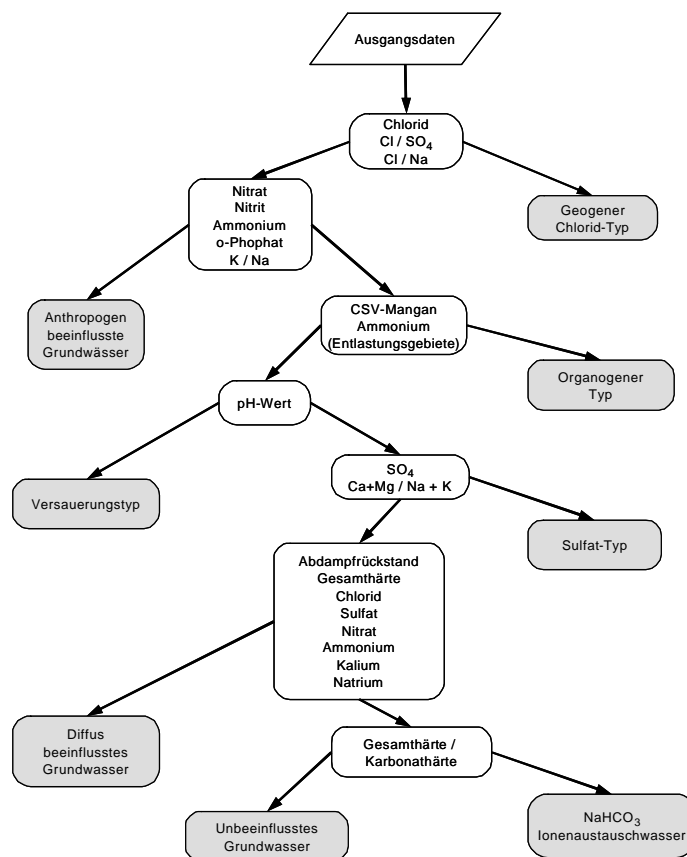
VOIGT (1989) betont, dass für jede Region die spezifischen Faktoren der Beschaffenheitsentwicklung des Grundwassers herausgearbeitet werden müssen. Eine Häufigkeitsverteilung von hydrochemischen Typen in Grundwässern pleistozäner Lockergesteine in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern (Abbildung 4) nimmt Bezug auf die hydrochemischen Typen nach SCUKAREV (1934) (s. **Tabelle 1**). Diese Typisierung orientiert sich an den Hauptanionen und Erdalkali-/Alkaligehalten und reicht vom einfachen Na-Cl-Typ bis zum Na-Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Cl-Typ, der jeweils die lithologischen und petrochemischen Randbedingungen des Grundwasserleiters widerspiegelt.



**Abbildung 4:** Häufigkeitsverteilung der hydrochemischen Typen im Grundwasser pleistozäner Lockergesteine in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern (VOIGT 1989)

**Tabelle 1:** Klassifikationsschema nach SCUKAREV (1934)

Ionen >25 meq%	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Cl <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>
Ca <sup>2+</sup>	1	8	15	22	29	36	43
Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup>	2	9	16	23	30	37	44
Mg <sup>2+</sup>	3	10	17	24	31	38	45
Na <sup>+</sup> Ca <sup>2+</sup>	4	11	18	25	32	39	46
Na <sup>+</sup> Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup>	5	12	19	26	33	40	47
Na <sup>+</sup> Mg <sup>2+</sup>	6	13	20	27	34	41	18
Na <sup>+</sup>	7	14	21	28	35	42	49



**Abbildung 5:** Bewertungsschema zur Ausweisung von Beeinflussungstypen (HANNAPPEL & VOIGT, 1997)<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Die Reihenfolge der Typen in vertikaler Richtung entspricht der Reihenfolge der Ausweisung im Berechnungsalgorithmus. Die weißen Kästchen geben die Leitmessgrößen an; die grauen Kästchen markieren Beeinflussungstypen.

**Tabelle 2:** Schwellenwerte der Leitmessgrößen zur Abgrenzung der Beeinflussungstypen (HANNAPPEL & VOIGT, 1997)

Leitmessgröße	Neubildungsgebiet	Indirekte Neubildung	Durchflussgebiet	Entlastungsgebiet
Chlorid-Typ (geogene Versalzung)				
Chlorid (mg/l)	-	-	> 142	> 142
Cl/Na-Verhältnis			> 1 / < 1,3	> 1 / < 1,3
SO <sub>4</sub> /Cl-Verhältnis			< 1	< 1
Nährstoff-Typ				
Nitrat (mg/l)	> 10	> 12	> 1,7	> 4,1
Nitrit (mg/l)	> 0,2	> 0,34	> 0,3	> 0,22
Ammonium (mg/l)	> 1,0	> 1,2	> 1,5	> 2,6
o-Phosphat (mg/l)	> 0,3	> 0,5	> 0,6	> 0,54
K/Na-Verhältnis	> 0,35	> 0,38	> 0,24	> 0,37
Organogener Typ				
CSV-Mangan (mg/l O <sub>2</sub> )	-	-	> 7,8	> 14,6
Ammonium (mg/l)			< 1,2	< 1,6
Versauerungs-Typ				
pH-Wert	< 6,1	< 6,4	< 6,6	< 6,2
Sulfat-Typ				
Sulfat (mg/l)	> 138	> 207	> 143	> 225
Ca+Mg/Na+K-Verhältnis	> 3	> 3	> 3	> 3
Diffus beeinflusster Typ				
Abdampfrückstand (mg/l)	> 518	> 596	> 642	> 633
Gesamthärte (°dH)	> 18	> 23	> 21	> 21
Chlorid (mg/l)	> 58	> 77	> 99	> 85
Sulfat (mg/l)	> 120	> 167	> 117	> 176
Nitrat (mg/l)	> 2,4	> 2,5	> 0,5	> 1,2
Ammonium (mg/l)	> 0,7	> 0,7	> 1,0	> 1,4
Natrium (mg/l)	> 34	> 48	> 96	> 61
Kalium (mg/l)	> 5,0	> 6,6	> 6,2	> 6,9
NaHCO <sub>3</sub> -Typ: Ionenaustauschwässer				
Ca+Mg/HCO <sub>3</sub> -Verhältnis	< 1	< 1	< 1	< 1

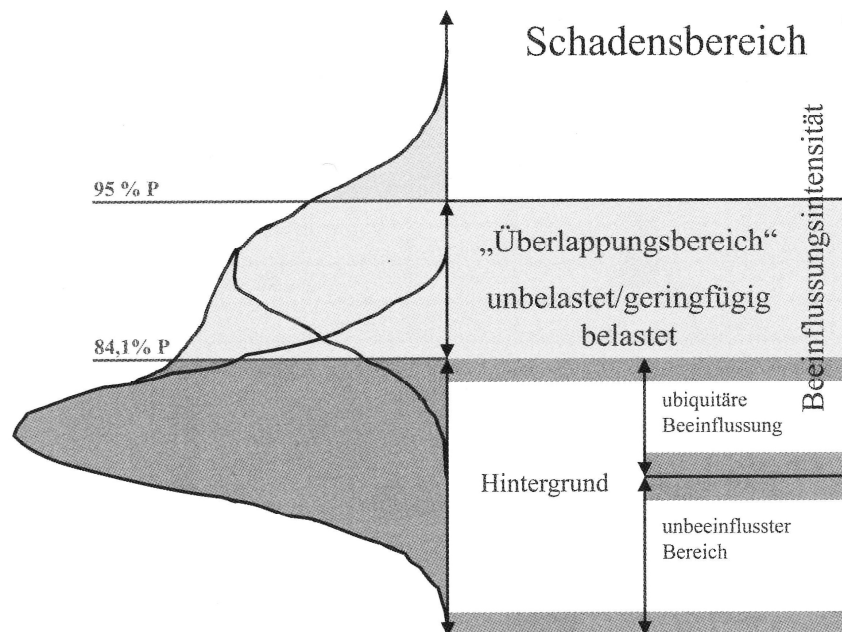
Sämtliche vorgenannten Klassifizierungen von Grundwässern sind auf *natürliche* Grundwasser ausgerichtet. Die Schwellenwerte in Tabelle 2 zeigen, dass deren Heranziehung für die Beschreibung bergbaubeeinflusster Grundwasserkörper ungeeignet ist. Außerdem wird in den Klassifizierungen das Eisen völlig unberücksichtigt gelassen. Für die Bewertung von bergbaubedingten Änderungen des Chemismus von Grundwässern ist deshalb in der Bergbauregion der Niederlausitz ein Klassifizierungsverfahren üblich, das auf UHLMANN zurückgeht (LUA BB 2006).

Danach werden die Grundwässer nach den Kriterien el. Leitfähigkeit, Sulfat, K<sub>B8,2</sub>, Eisen, gelöst, Aluminium und Ammonium klassifiziert (s. Tabelle 3).

**Tabelle 3:** Bergbaubeeinflussung / verbale Graduierung nach UHLMANN (LUA BB 2006).

Graduierung	El. Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	Sulfat [mg/l]	$\text{K}_{\text{B8,2}}$ [mmol/l]	Eisen, gelöst [mg/l]	Aluminium [mg/l]	Ammonium [mg/l]
Keine	< 300	< 100	< 0,3	< 10	< 1	< 1
Gering	300 ... 1000	100 ... 300	0,3 ... 1,0	10 ... 30	1 ... 3	1 ... 3
Mittel	1000 ... 3000	300 ... 1000	1 ... 3	30 ... 100	3 ... 10	3 ... 10
Stark	> 3000	1000 ... 3000	3 ... 10	100 ... 300	10 ... 30	> 10
Sehr stark extrem		> 3000	10 ... 30 > 30	300 ... 1000 > 1000	30 ... 100 > 100	

Vor dem Hintergrund der Grundwasserschädigung, die von Abfallablagerungen ausgeht, wurde von KERNDORFF et al. (2006) eine Klassifizierung der Grundwasserverunreinigung vorgenommen, die auf statistischen Auswertungen vorhandener Grundwasseranalysen beruht. Dieser Ansatz stellt darauf ab, anhand der Messwertverteilung und statistischer Parameter den Schadensbereich von Hintergrundwerten abzugrenzen, wenn für einen bestimmten Aquifertyp oder eine lokale Situation genügend Messwerte vorhanden sind. Die Obergrenze des Hintergrundbereiches eines Parameters lässt sich dann mit einem bestimmten Perzentilwert definieren, über dem der Schadensbereich definiert ist. (s. Abbildung 6). Es wird weiter ein Übergangsbereich definiert, der weder dem geschädigten noch dem nicht geschädigten Bereich im Grundwasser zuzuordnen ist. Diese Vorgehensweise der statistischen Verteilung der Messwerte innerhalb des Grundwasserkörpers kann einen geeigneten Ansatz bieten, für alle braunkohlebergbau-beeinflussten Grundwasserkörper begründete Konzentrationsbereiche für weniger strenger Umweltziele abzuleiten.



**Abbildung 6:** Ableitung eines schutzgutspezifischen Bewertungsmaßstabs für das Schutzgut Grundwasser (KERNDORFF et al. 2006)



### 3.1.2.2 Hydrochemische Charakteristik braunkohlen-bergbaubeeinflusster Grundwasserkörper

Die folgenden Vorschläge für die Ableitung weniger strenger Ziele für „braunkohlen-bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper“ sollen sich auf Grundwasserkörper beziehen, deren Veränderungen auf bergbauliche Tätigkeiten und deren Folgen zurückzuführen sind.

Nach der Klassifizierung von HANNAPPEL & VOIGT (1997) wären die „bergbaubeeinflussten GWK“ auf Grund ihres Chemismus und der in den Grundwasserleitern ablaufenden Prozesse dem Sulfat-Typ und dem Versauerungs-Typ zuzuordnen. Die diesbezüglichen Schwellenwerte für diese Typen natürlicher Grundwässer zeigen jedoch, dass sie der Beschaffenheitssituation „bergbaubeeinflusster Grundwasserkörpern“ nicht gerecht werden.

Die bis zur „extremen Belastung“ reichende Klassifizierung nach UHLMANN beschreibt hingegen das Spektrum der heute anzutreffenden Grundwässer. Da die Ausweisung weniger strenger Ziele jedoch auch einen Zielzustand für die Wasserbeschaffenheit speziell von bergbaubeeinflussten Wässern impliziert, müssen diese der Forderung genügen, dass langfristig wirkende, anthropogene Einflüsse auf das Gewässer so minimiert sind, dass intolerable Gefahren für andere Schutzgüter ausgeschlossen sind (BBodSchG; BBergG, WHG). Daher sollten die zu definierenden Zielzustände **deutlich unter** den sehr hohen Stoffgehalten liegen, wie sie in den Kategorien „extreme“ bzw. „sehr starke Belastung“ nach UHLMANN ausgewiesen sind.

Als wichtiger Parameter für braunkohlebergbau-beeinflusste Grundwässer wird in der Klassifikation von UHLMANN auch die Basenkapazität  $K_{B8,2}$  (die molare Konzentration an Base, die zuzugeben ist, um einen festgelegten pH-Wert – hier 8,2 – zu erreichen) aufgeführt. Diese gibt Auskunft über die **Azidität** und damit über das Puffervermögen des Gewässers. Für die Montanhydrologie wurde eine an die DIN angepasste Methodik zur Bestimmung der Azidität entwickelt, die mit den für das Karbonatsystem abgeleiteten Titrationsgrenzwerten (z.B.  $K_{B8,2}$  und  $K_{S4,3}$ ) arbeitet (LMBV 2000). In dieser Methodik wird auch berücksichtigt, dass in den Grundwässern der Braunkohlenbergbaugebiete der Karbonatpuffer aber nicht der einzig wirksame ist. Über diese bereits seit Jahren angewandte und anerkannte Methodik hinaus werden derzeit ergänzende Vorschläge zur Bestimmung der gesamten wirksamen Azidität diskutiert.

Ergänzend zu den gängigen Grundwasser-Klassifizierungen, wird vorgeschlagen, für den Istzustand der bergbaubeeinflussten Grundwasserkörper einen „**bergbaubedingten Eisen-Sulfat-Typ**“ wie folgt zu definieren.

*Der „bergbaubedingte Eisen-Sulfat-Typ“ ist ein hydrochemischer Grundwassertyp, der durch Sulfat- und Eisenkonzentrationen gekennzeichnet ist, die signifikant über dem geogenen Hintergrund liegen und deren Ursache in der vorübergehenden Belüftung umgelagerter Kippensedimente und/oder Grundwasserleiter und den dadurch induzierten Reaktionsprozessen liegt.*

Mit dieser Definition soll zum Ausdruck gebracht werden, dass zum einen Stoffkonzentrationen **über dem geogenen Hintergrund** eines vergleichbaren natürlichen Grundwasserkörpers liegen, zum anderen die Ursache für die erhöhten Stoffkonzentrationen in der **bergbaulichen Flächennutzung** liegt.

### 3.1.3 Zeitraum der Erreichbarkeit des Zieles

Die Zeiträume der Erreichbarkeit des Zieles eines guten Zustandes des Grundwasserkörpers können auf Grund der chemischen Reaktivität des umgelagerten, bzw. durch Grundwasser-Absenkungsmaßnahmen chemisch veränderten natürlichen Sediments in Teilen des Grundwasserleiters sehr lang sein. Das Ziel des guten chemischen Zustandes des bergbaubeeinflussten Grundwassers ist somit mit angemessenem Aufwand auf sehr lange Zeit nicht erreichbar (vgl. hierzu § 22a WHG in der dort fixierten Verbindung zu § 25d WHG).

Verschiedene Untersuchungen in Braunkohlenbergbau-Gebieten haben hier Zeiträume von bis zu 100 Jahren angegeben, in denen die Reaktionsprozesse im Grundwasserleiter zu signifikanten Abnahmen des Stoffinhalts im Grundwasserkörper führen (BERGER 2000, BILEK 2004, BRAND 1996, HOTH 2002). Es wird deshalb vorgeschlagen, einen Zeitraum der Erreichbarkeit des guten Zustandes von > 50 Jahre als Kriterium anzusetzen.



**Abbildung 7:** Allgemeines Bearbeitungsschema zur Ableitung weniger strenger Umweltziele von Grundwasserkörpern

### 3.2 Ableitung weniger strenger Ziele

Für die Ableitung weniger strenger Ziele wird auf der Basis der vorgenannten Kriterien und Klassifizierungen folgende allgemeine Vorgehensweise vorgeschlagen (Abbildung 7).

- 1. Einstufung eines Grundwasserkörpers als bergbaubeeinflusst.**

Dazu wurden in Kap. 3.1 (s. S. 7ff) Kriterien genannt, die für die Einstufung herangezogen werden können. Der Wirkungsbereich der Bergbaubeeinflussung kann dabei an der Fläche der Auskohlung bzw. der Kippen- und Haldenfläche sowie der maximalen Fläche bergbaubedingter Grundwasserabsenkung im Verhältnis zum Grundwasserkörper gesetzt werden (s. Kap. 3.1). Darüber hinaus wird vorgeschlagen, Grundwasserkörper, die auf Grund von Altbergbau einer Bergbaubelastung ausgesetzt waren (z.B. NE-MFB) bzw. durch Absenkungstrichter aus einem benachbarten Grundwasserkörper beeinflusst sind oder der Absenkungstrichter im GWK sich ausdehnt (z.B. NE 4), in die Kategorie der „bergbaubeeinflussten“ Grundwasserkörper aufzunehmen.
- 2. Bestimmung eines Grundwassertyps** anhand der Häufigkeitsverteilung bergbaubedingter Beschaffenheitsparameter in den betroffenen Grundwasserkörpern. Der Grundwassertyp ist nach den bergbaubedingten Stoffgruppen (Anionen und Kationen), die in ihrer Konzentration über dem geogenen Hintergrund vergleichbarer natürlicher Grundwasserkörper liegen, zu bestimmen. Dieser Grundwassertyp soll den argumentativen Hintergrund zur Begründung weniger strenger Ziele für bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper bilden (s. Kap. 3.1.2.2).
- 3. Auswertung der flächengewichteten Verteilung bergbaubedingter Parameter innerhalb des Grundwasserkörpers.**

In Anlehnung an die Methodik von KERNDORFF et al. (2006) wird die Verteilung der bergbaubedingten Stoffe in den bergbaubeeinflussten Flächen den nicht bergbaubeeinflussten Flächen, die gemäß den Flächenanteilen gewichtet werden, gegenübergestellt (s. Abbildung 8). Dabei werden zunächst die Verteilungen der Stoffkonzentrationen innerhalb und außerhalb bergbaubeeinflusster Flächen untersucht. Gibt es signifikante Unterschiede in der Verteilung, sind die Konzentrationen innerhalb der direkt bergbaubeeinflussten Flächen (z.B. des Absenkungsbereiches) und außerhalb der bergbaubeeinflussten Flächen flächengewichtet zu mitteln. Daraus kann die bergbaubedingte Beschaffenheitscharakteristik durch flächengewichtete Konzentrationswerte ermittelt werden.
- 4. Betrachtung der Trendentwicklung der bergbaubedingten Stoffe im Grundwasserkörper.**

Auf Grund des langfristig nicht zu unterbindenden Transports von Stoffen aus den bergbaubeeinflussten Bereichen in den restlichen Grundwasserkörper muss damit gerechnet werden, dass ein ansteigender Trend der gelösten Stoffmenge im Grundwasserkörper über Jahrzehnte anhält, nämlich so lange, wie im künstlich angelegten Teil des Grundwasserleiters (verfüllte Hohlformen und Bergbaukippen) das Stoffpotenzial für die Austrags- und Freisetzungsprozesse vorhanden ist. Erst die Einstellung eines Plateaus der Stoffmenge bzw. eine sich einstellende Trendumkehr sind Anzeichen des Abklingens der Freisetzungs- und Austragsprozesse.

Zur Methodik der Trendbetrachtung wird die Herangehensweise der LAWA (2007a) als geeignetes Instrument gesehen (Auswertung des Anstiegs der Regressionsgeraden).

Für die Trendentwicklung sollte die Stoffkonzentration nur in erster Näherung betrachtet werden. Zur Beurteilung der Stoffaustrags- und Transportprozesse sind vielmehr die Stoffmengen von Bedeutung. Dazu muss eine Abschätzung der Grundwassermenge im Grundwasserkörper getroffen werden, um über die Konzentrationen die Stoffmengen ermitteln zu können.

#### 5. **Prognose der Ausbreitung der bergbaubedingten Stoffmengen im Grundwasserkörper.**

Bei der Diskussion der Stoffmengen im Grundwasserkörper muss berücksichtigt werden, dass einerseits das Volumen des Grundwasserkörpers in Folge des Grundwasserwiederanstieges über die Zeit wächst. Andererseits steigt der Volumenanteil bergbaubeeinflussten Grundwassers (s. Abbildung 8). Ursache dafür ist die Ausbreitung des aus den künstlich angelegten Teilen des Grundwasserleiters austretenden, gelösten Stoffanteils. In erster Näherung kann dafür die Fläche des Absenkungstrichters angenommen werden, da innerhalb dieser Bereiche maßgebliche Stofffreisetzungprozesse zu erwarten sind. Ist der zeitliche Horizont der durch den Wiederanstieg bedingten Volumenvergrößerung zeitlich begrenzt und prognostizierbar, kann dies für die Ausbreitung des gelösten Stoffanteils nicht gesagt werden. Erste Aussagen zur möglichen zeitlichen Entwicklung können zum einen durch Auswertung der Monitoringergebnisse getroffen werden. Hierbei sind die Lage der Messstellen, deren Anströmung, ihre Repräsentanz für einen bestimmten Raum des GWK sowie die Veränderung der Grundwasserdynamik zu berücksichtigen.



**Abbildung 8:** Wichtung der Grundwasserbeschaffenheit entsprechend des Ausbreitungsgrades im Grundwasserkörper

**Anmerkung:** Als Flächenanteil für den Ausbreitungszustand wurde beispielhaft der Flächenanteil des Absenkungstrichters im GWK SE 4-1 gewählt (s. Kap. 4.2.1).

Liegen entsprechende Informationen für die betroffenen Grundwasserkörper vor, können des Weiteren für die Prognose der Stoffausbreitung Abschätzungen der Stoffmengen vorgenommen werden, die im Grundwasserkörper zu erwarten sind. Dazu müssen das reaktive Stoffinventar in den Kippen und Halden, die sich entwickelnde Grundwasserdynamik und daraus abgeleitet die Grundwassermengen im GWK sowie das Abbaupotenzial in den Grundwasserleitern bekannt sein.

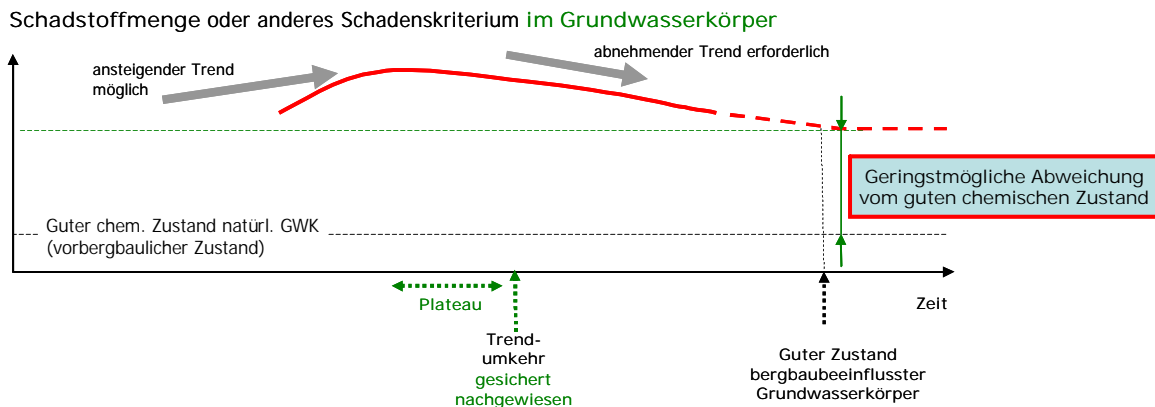
Geht man allein von Verdünnungsprozessen aus, können je nach Stand des GW-

Wiederanstiegs Berechnungen der sich entwickelnden Stoffkonzentrationen vorgenommen werden.

Ergänzend zu diesen auf Messwerten basierenden Abschätzungen können durch Modellierungen des Stofftransports, gekoppelt mit der Modellierung des reaktiven Stoffabbaus, für jeden Grundwasserkörper individuell Aussagen zur Prognose der Stoffmenge getroffen werden (s. z.B. GRAUPNER et al. 2008)

6. Da der gute Zustand eines bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpers nicht wie bei einem natürlichen Grundwasserkörper mit angemessenen Mitteln erreicht werden kann, ist als Zielzustand für bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper die **geringstmögliche Abweichung vom guten Zustand** anzusehen. Hierbei ist davon auszugehen, dass es langfristig zu einer Trendumkehr in der Beschaffenheitsentwicklung eines bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpers kommt, die allerdings auf Grund der freigesetzten Stoffmenge im unmittelbar bergbaubeeinflussten Teil des Grundwasserkörpers nicht auf den natürlichen (vorbergbaulichen) Zustand des Grundwasserkörpers zurück geht. Abbildung 9 soll dies verdeutlichen. Die Ableitung der erwarteten geringsten Abweichung vom guten Zustand ist mit der Abschätzung der Stoffmengen im Grundwasserkörper für den Zeitraum möglich, für den davon ausgegangen werden kann, dass sich ein Gleichgewicht zwischen Stoffnachlieferung und Stoffabbau eingestellt hat.

Die bereits angeführten Modellierungen des Stofftransports können dazu dienen, Aussagen zum Endzustand des Grundwasserkörpers mit bestmöglicher Genauigkeit abzuleiten, wenn der Simulationszeitraum dafür weit genug gefasst ist.



**Abbildung 9:** Mögliche Zustandentwicklung eines bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpers

### 3.3 Weniger strenger Ziele des mengenmäßigen Zustandes

Gemäß Anhang V, Pkt. 2 der EG-WRRL ist ein Grundwasserkörper in einem guten mengenmäßigen Zustand, wenn „die verfügbare Grundwasserressource nicht von der langfristigen jährlichen Entnahme überschritten wird“. Außerdem dürfen Änderungen der Strömungsrichtung, die sich aus Änderungen des Grundwasserspiegels ergeben und zulässig sind, keinen Zustrom von Salzwasser oder sonstige Zuströme, die den betrachteten GWK nachteilig verändern, verursachen.

Als maßgebliches Kriterium für den guten mengenmäßigen Zustand ist somit die Ausgeglichenheit zwischen verfügbarer Grundwasserressource und langfristiger jährlicher Entnahme. Damit ist nicht das gesamte verfügbare Grundwasserdargebot nutzbar, sondern nur der Anteil, bei dessen Nutzung es zu keiner Gefährdung grundwasserabhängiger Landökosysteme und Oberflächengewässer kommt und auch bei langjährigen Trockenperioden eine stabile Nutzung des Grundwasserdargebotes möglich ist (GOCKSCH 2008). Deshalb wird nur ein bestimmter Anteil der Grundwasserneubildung (je nach hydrogeologischen Verhältnissen zwischen 20 und 50%) als für die Einhaltung eines guten mengenmäßigen Zustandes nutzbares Grundwasserdargebot angesetzt.

Für braunkohlebergbau-beeinflusste Grundwasserkörper ergibt sich daraus, dass in erster Linie die Grundwasserkörper mit weitreichenden Absenkungstrichtern auf Grund von ehemaligem Entwässerungsmaßnahmen von denen des aktiven Bergbaus zu unterscheiden sind. D.h. allein die Ausweisung eines Absenkungstrichters – der sich in einer anthropogen bedingten Änderung der Strömungsrichtung zeigt – ist noch kein Indiz dafür, ob ein Grundwasserkörper in einem guten oder schlechten mengenmäßigen Zustand ist.

Die Absenkungstrichter, die **auf Grund von auflässigem Bergbau** heute (noch) vorhanden sind und der Wiederauffüllung unterliegen, müssen demzufolge nicht einen schlechten mengenmäßigen Zustand des Grundwasserkörpers bedeuten.

Für die Grundwasserkörper, in denen **aktiver Bergbau** mit weit reichenden Absenkungstrichtern durch Sumpfungmaßnahmen umgeht, ist ein schlechter mengenmäßiger Zustand auszuweisen, wenn die langjährige Entnahme das nutzbare Dargebot übersteigt. Da als Flächenbezug für die Grundwasserneubildung und somit für das Dargebot die Fläche des Grundwasserkörpers anzusetzen ist, kann es bei relativ großflächigen Grundwasserkörpern zu einem Ausgleich zwischen Entnahme und Dargebot kommen, so dass in diesem Fall kein schlechter Zustand ausgewiesen werden muss. Außerdem kommt es in der Zeit der Absenkung zu einer Abflusserhöhung in den oberirdischen Gewässern, in die das Sumpfungswasser abgeschlagen wird.

Deshalb sollte für Grundwasserkörper, die durch aktiven Bergbau in einem schlechten mengenmäßigen Zustand sind, eine **Fristverlängerung** zur Erreichung des guten mengenmäßigen Zustandes vorgesehen werden, die bis zum Zeitpunkt der Beendigung der Bergbautätigkeit reicht.

Von Ausnahmeregelungen für die Erreichung des guten mengenmäßigen Zustandes sollte nach Sicht des Gutachters abgesehen werden. Die bergbauliche Grundwasserabsenkung ist eine zeitweilige Maßnahme mit durch das Bergrecht abgesteckten Zeiträumen. Kommt es nach Beendigung der aktiven bergbaulichen Tätigkeit zur Beendigung der Absenkung, gleicht sich die Wasserbilanz wieder aus, indem sich der Absenkungstrichter wieder auffüllt. Allerdings können durch einen Rückgang der Abflüsse in den Vorflutern nach Abschalten der Sumpfungsbunnen oberirdische Gewässer so verändert werden, dass kein guter ökologischer Zustand mehr erreichbar ist. In diesem zeitlich begrenzten Falle sollte die Fristverlängerung bis zur Herstellung des natürlichen Wasserhaushalts (Ende des Wiederanstieges mit Erreichen des hydraulischen Anschluss des Grundwassers an die Vorflut) ausgeweitet werden.

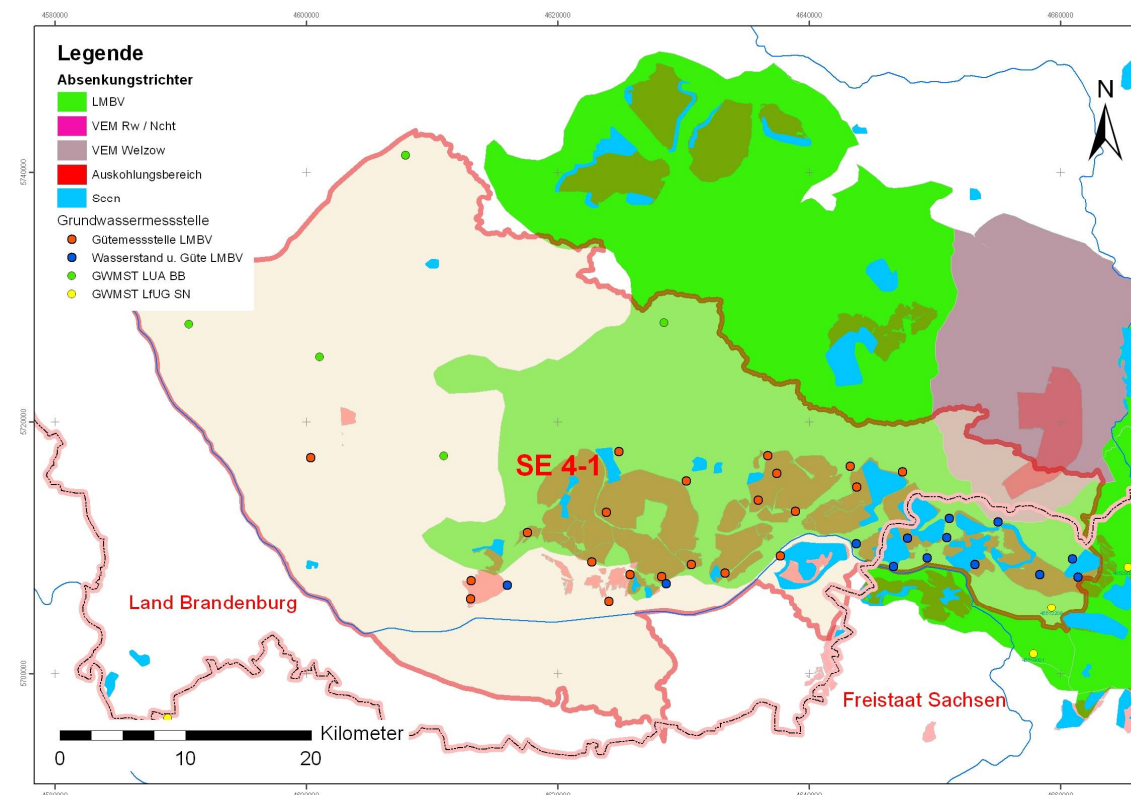


## 4 Anwendung auf einen exemplarischen Grundwasserkörper

### 4.1 Beschreibung des Grundwasserkörpers SE 4-1

Die oben beschriebene Methodik wurde auf den Grundwasserkörper SE 4-1 (Schwarze Elster) angewandt. Der Grundwasserkörper umfasst eine Fläche von 1816 km<sup>2</sup>. Bei dem Grundwasserkörper handelt es sich um einen Komplex silikatischer Lockergesteinsgrundwasserleiter.

Der Grundwasserkörper, dessen geologische nördliche Grenze durch den Lausitzer Grenzwall gebildet wird, weist geologisch eine Zweiteilung auf. Der südöstliche Teil des GWK (südöstlich der Linie Bad Liebenwerda – Finsterwalde) beinhaltet die westlichen Ausläufer des Lausitzer Bergbaureviers mit mächtigen tertiären Ablagerungen, die bis in die erste Hälfte der neunziger Jahre Gegenstand des Braunkohlenabbaus waren. In seinem nordwestlichen Teil bestehen kleinere Restflächen von Altbergbau, wo Kohleabbau auf oberflächennah lagernden Braunkohlenflözen umging. Der Grundwasserkörper ist hier stärker von mächtigen quartären Ablagerungen gekennzeichnet, die in Rinnen Mächtigkeiten bis zu 150 m aufweisen können.



**Abbildung 10:** Grundwasserkörper SE 4-1 mit Absenkungs- und Auskohlungsflächen sowie Grundwassermessstellen für die Berichterstattung nach EG-WRRL

In den Berichten zur Bestandsaufnahme zur WRRL (MES-B 2005; BB-C 2005) wurde der Grundwasserkörper aufgrund der in der Lausitzer Bergbauregion neben der

Mengenproblematik auftretenden hochmineralisierten Wässer und der potenziellen Versauerung so eingeschätzt, dass die Zielerreichung eines guten chemischen Zustandes aufgrund sonstiger anthropogener Belastung unwahrscheinlich ist.

## 4.2 Begründung für weniger strenge Umweltziele

### 4.2.1 Einstufung des Grundwasserkörpers als „bergbaubeeinflusst“

Die Einstufung des Grundwasserkörpers SE 4-1 mit „sonstigen anthropogenen Belastungen“ als braunkohlen-bergbaubeeinflusst entspricht den in Kap. 3.1 (s. S. 7ff) genannten Kriterien (s. S. 7ff). Der Grundwasserkörper beinhaltet ca. 13 % an direkt durch den Bergbau betroffene Fläche (Aus Kohlungs- und Kippenbereiche). Ca. 38% der Fläche des GWK waren und sind durch Grundwasserabsenkung betroffen, die heute dem Rechtsbereich der LMBV zuzuordnen sind. Etwa 3 % der Fläche sind durch Absenkung des aktiven Bergbaus der VEM (Tagebau Welzow-Süd) betroffen. Der Flächenanteil der Absenkungsfläche von insgesamt 41 % begründet auch eine bergbauliche Beeinflussung hinsichtlich des mengenmäßigen Zustandes.

### 4.2.2 Bestimmung eines Grundwassertyps

Für die Bestimmung des Grundwassertyps wurden an ca. 900 vorliegenden Grundwasseranalysen der Jahre 2000 bis 2006 aus dem Bereich der Niederlausitz die Konzentrationsverteilungen von Sulfat, Eisen (gel.), pH-Wert und Ammonium ermittelt. Für diese Parameter lagen die umfassendsten Datenkollektive vor. Da die für die Bestimmung der Azidität maßgeblichen Parameter  $K_{B8.2}$  und  $K_{S4.3}$  nur von den Messstellen des LMBV-Monitorings vorlagen, konnte mit diesem Parameter kein Vergleich zwischen den bergbaubeeinflussten Messstellen und den Landesmessstellen im unbeeinflussten Gebiet vorgenommen werden. Der Datenpool wurde klassifiziert nach Messstellen innerhalb / außerhalb der Aus Kohlungsbereiche und innerhalb / außerhalb der Absenkungsbereiche ausgewertet. Aus den Aus Kohlungsbereichen stammen 29%; aus dem Absenkungsbereich ca. 70% der vorliegenden Analyseergebnisse. In Tabelle 4 ist die Zuordnung der Messwerte zu den Grundwasserleitern zusammengestellt.

**Tabelle 4:** Zuordnung der Messwerte zu Grundwasserleitern im GWK SE 4-1

GWL	Gesamtzahl der GW-Analysen	Aus Kohlungs-bereich	außerhalb Aus Kohlungs-bereich	Absenkungs-bereich	außerhalb Absenkungs-bereich
100	196		196	130	66
111	304	267	37	279	25
300	3		3	3	
400	70		70	66	4
500	23		23	15	8
600	28		28	28	
nicht zugeordnet	275	1	274	110	165
SUMME	899	268	631	631	268

Die Unterschiede zwischen den Messwerten innerhalb der Absenkungs- und Auskohlungsgebiete zu den übrigen Bereichen zeigen sich deutlich in den Medianwerten der Parameter (Tabelle 5).

**Tabelle 5:** Medianwerte ausgewählter Parameter für die Auskohlungs- und Absenkungsflächen im GWK SE 4-1

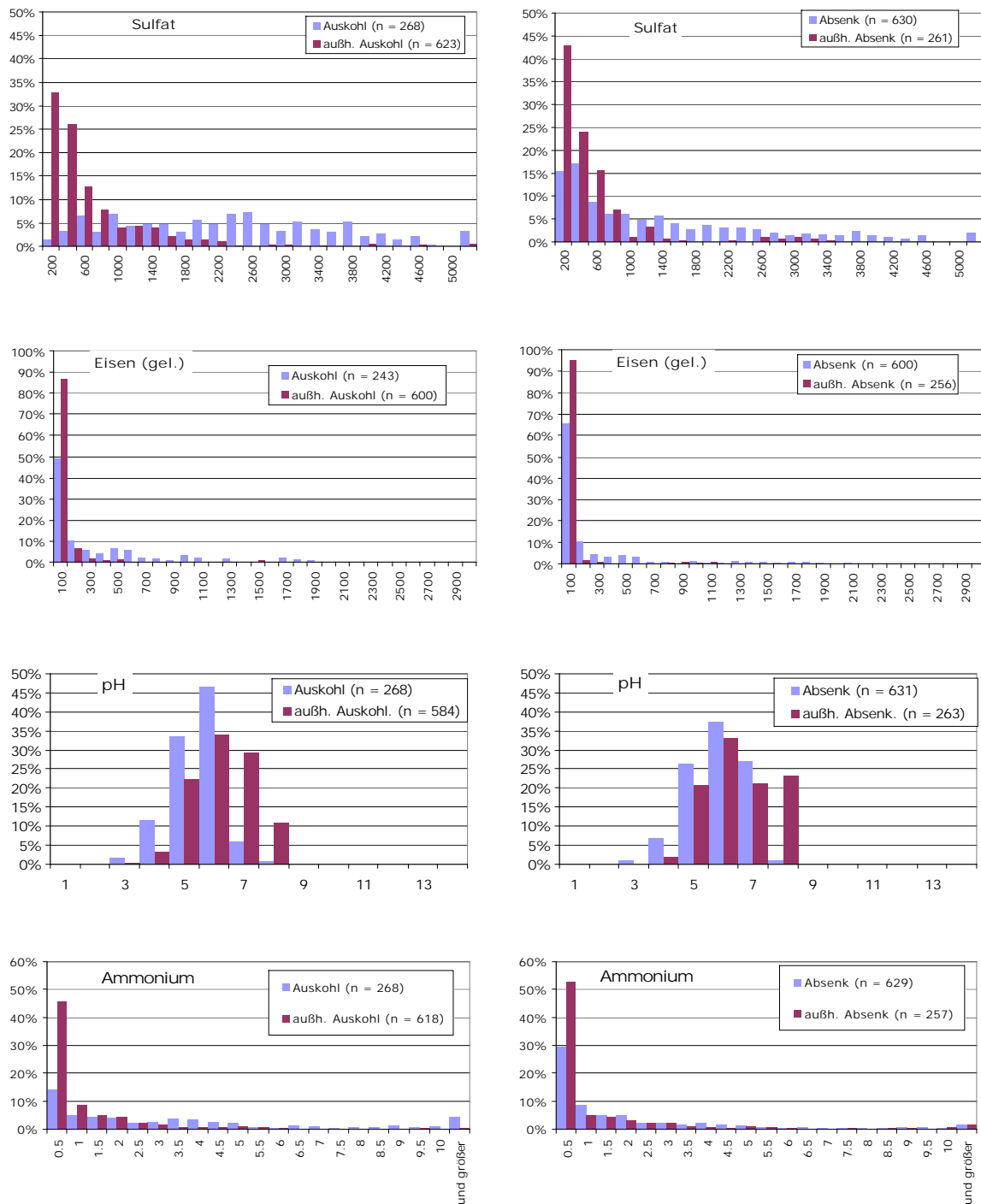
		Auskohlungs- bereich	außerhalb Auskohlungs- bereich	Absenkungs- bereich	außerhalb Absenkungs- bereich	geogener Hintergrund- wert <sup>1)</sup> (LUA 2007)
Sulfat (mg/L)	Median	2230.0	313.0	879.5	246.0	93 ... 128
Eisen (ges.) (mg/L)	Median	141.0	9.0	23.2	3.7	0 ... 2 <sup>2) 3)</sup>
pH (-)	Median	5.06	5.74	5.40	5.79	7.2 ... 7.4 <sup>2)</sup>
Ammonium (mg/L)	Median	2.82	0.60	1.20	0.49	0,7

<sup>1)</sup> bezogen auf Brandenburg; <sup>2)</sup> Maximum der Verteilung; <sup>3)</sup> Angabe für Fe<sup>2+</sup>

In Abbildung 11 sind die Häufigkeitsverteilungen der einzelnen Parameter zusammengestellt. In der linken Seite sind die Daten in Bezug zur Auskohlungsfläche, auf der rechten Seite in Bezug zur Absenkungsfläche aufgetragen. Die Gegenüberstellung zeigt den schärferen Gegensatz der Parameterverteilung zwischen den Auskohlungsgebieten und den nicht ausgekohnten Bereichen als zwischen den Absenkungsgebieten und den Gebieten außerhalb der Absenkungsfläche, wie er sich auch in den Medianwerten für die Flächen abzeichnet (Tabelle 5). Dies ist unter anderem darauf zurück zu führen, dass von den 714 Messwerten, die einem bestimmten GWL zugeordnet werden konnten, 276 Messwerte innerhalb der Auskohlungsflächen aus dem GWL 111 (Braunkohlenkippe) stammen.

Für das **Sulfat** zeigt sich für die außerhalb der Auskohlungsgebiete stammenden Analysen eine Häufung im Konzentrationsbereich von 200 bis 400 mg/L. Der Median der Messwerte liegt bei 313 mg/L. Ein möglicherweise bereits vorhandener bergbaulicher Einfluss dieser Gruppe ist nicht auszuschließen, da die bergbauliche Beeinflussung des Grundwassers bereits über mehrere Jahrzehnte wirkt. Auch kann eine geogen bedingte Sulfidoxidation – wie die bergbaubedingte Sulfidoxidation – zu Sulfatkonzentrationen führen, die höher liegen als der geogene Hintergrund in den Grundwässern anderer Regionen Brandenburgs.

Die Gruppe der innerhalb der Auskohlungsgebiete gemessenen Sulfatkonzentrationen weist eine Häufung im Konzentrationsbereich 1500 bis 3000 mg/L auf. Der Median der Sulfatkonzentrationen liegt bei 2.230 mg/L. Es ist auffallend, dass diese Gruppe eine weite Streuung aufweist. Die Ursache hierfür liegt in der anhaltenden Sulfidoxidation, der Heterogenität der Kippen und dem noch nicht abgeschlossenen Grundwasseranstieg. Deutlich erkennbar ist, dass die Konzentrationen um ein Mehrfaches über dem geogenen Hintergrund (93 ...128 mg/L nach LUA BB 2005). Die Höhe der Konzentrationen ist durch die geochemisch-hydrologische Situation der jeweiligen Kippe im Umfeld der Messstellen verursacht.



**Abbildung 11:** Häufigkeitsverteilung bergbaubedingter Parameter im GWK SE 4-1.  
linke Seite: in Bezug zur Auskohlungsfläche  
rechte Seite: in Bezug zur Absenkungsfläche  
Klassen: Sulfat, Eisen und Ammonium in mg/L

Für den Bereich der Absenkungsflächen liegt der Median der Sulfatwerte bei 879,5 mg/L. Die Verteilung der Werte zeigt, dass der Konzentrationskontrast zwischen Absenkungsflächen und Flächen außerhalb des Absenkungsbereiches nicht so stark ist wie bezüglich der Auskohlungsflächen.

Für die Messwerte von **gelöstem Eisen** wurde eine analoge Auswertung vorgenommen. Die Wässer innerhalb der Auskohlungsflächen weisen neben Messwerten < 100 mg/L eine Häufung zwischen 500 und 700 mg/L auf. Der Median liegt bei 141 mg/L. Aus den vorliegenden 600 Messwerten des Grundwassers außerhalb der Auskohlungsflächen ergibt sich bei einer extrem linksschiefen Verteilung ein Median von 9 mg/L. Die Verteilung der Eisenkonzentrationen verhält sich damit ähnlich wie die Sulfatkonzentrationen. Auf Grund der höheren Reaktivität des Eisens zeigen die aus Kippen stammenden Analysen neben der Häufung bei hohen Konzentrationen eine im Vergleich zum Sulfat deutlichere Häufung bei niedrigen Konzentrationen, da Eisen bei verfügbarem Sauerstoff gegenüber Sulfat auf dem Fließweg stärker zurückgehalten wird.

Auch für die Messwerte des **pH-Wertes** und von **Ammonium** zeigt sich jeweils der stärkere Kontrast zwischen Auskohlungsflächen und Flächen außerhalb der Auskohlungsgebiete als zwischen den Absenkungsflächen und den Flächen außerhalb des Absenkungsbereiches.

Die beschriebenen und in Tabelle 5 zusammengestellten Stoffkonzentrationen begründen eine Zuordnung des Grundwassers in den „**bergbaubedingten Eisen-Sulfat-Typ**“.

#### 4.2.3 Flächengewichtete Verteilung der Stoffkonzentrationen

Ausgehend von den Anteilen der Auskohlungs- und Absenkungsflächen an den Grundwasserkörpern werden die Medianwerte für Sulfat und gelöstes Eisen einer Wichtung unterzogen, um den Volumenanteil am Gesamtgrundwasserkörper zu berücksichtigen. In nachfolgender Tabelle 6 sind die Mediane und daraus gewichteten Mittelwerte zusammengestellt.

**Tabelle 6:** Flächengewichtete Stoffkonzentrationen im GWK SE 4-1 – bezogen auf die Flächenanteile für Auskohlungs- und Absenkungsbereich

	ME	Auskohlungs- bereich (13 %)	außerh. Auskohl. (87 %)	Gew-Mittel	Absenkungs- bereich (41 %)	außerh. Absenkungs. (69 %)	Gew-Mittel
Sulfat	mg/L	2230,0	313,0	565.6	879.5	246.0	505.7
Eisen (ges.)	mg/L	141,0	9,0	26.4	23.2	3.7	11.7
Ammonium	mg/L	2.82	0.60	0.9	1.20	0.49	0.8

Je nach Flächenbezug ergeben sich daraus flächengewichtete Stoffkonzentrationen von

500 ... 550 mg/L für Sulfat  
10 ... 30 mg/L für Eisen (gel.)  
~ 1 mg/L für Ammonium

#### 4.2.4 Betrachtung der Trendentwicklung

Die Betrachtung der Trendentwicklung wurde für den Grundwasserkörper exemplarisch für das Sulfat vorgenommen. Auf Grund fehlender Angaben zur Gesamtgrundwassermenge im Grundwasserkörper konnte die Auswertung der bisherigen Trendentwicklung nur anhand der Stoffkonzentrationen vorgenommen werden.

Die Trenduntersuchung wurde entsprechend LAWA (2007b) vorgenommen, d.h. es wurde der Anstieg der Konzentrationswerte über die Zeit ( $m(t) > 0; \pm 0; < 0$ ) betrachtet<sup>5</sup>.

Die Auswertung der vorliegenden Daten wurde messstellenweise, getrennt nach den Bereichen Auskohlung, Absenkung (außerhalb der Auskohlungsgebiete) und Bereiche außerhalb der Absenkungs- und Auskohlungsgebiete vorgenommen. Die Tabelle 7 gibt die Anzahl der Messstellen mit ansteigendem und abnehmendem Trend in den genannten Bereichen wieder.

**Tabelle 7:** Trendentwicklungen der Sulfatkonzentrationen in den Messstellen des GWK SE 4-1

Bereich	ansteigend	kein Trend	abnehmend
Auskohlung	22	2	27
Absenkung (außerh. Auskohlung)	30	3	25
außerh. Absenkung / Auskohlung	20	2	26

Innerhalb der Auskohlungsgebiete wurde in der überwiegenden Anzahl der Messstellen ein abnehmender Trend festgestellt. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass es sich hier um Gebiete mit stark ansteigendem Grundwasser und damit mit einer sich vergrößernden Grundwassermenge im Grundwasserkörper handelt. Da der Anstieg des Grundwassers schneller vonstatten gehen kann als die Freisetzung des Sulfats, kann es zunächst zu abnehmenden Trends des Sulfats innerhalb der Auskohlungsgebiete kommen (Verdünnungseffekt), die jedoch nach Erreichen der Zielwasserstände wieder ansteigen können (Remobilisierung von Sulfat). Die überwiegend ansteigenden Trends in den Absenkungs-Bereichen außerhalb der Auskohlungsgebiete können darauf zurück geführt werden, dass in diesen Bereichen in größeren Arealen der Wiederanstieg des Grundwassers bereits zum Abschluss gekommen ist und hier die Stoffaustragsprozesse dominieren.

Insofern sollte die Trendentwicklung auf die Menge des gelösten Stoffes im Grundwasserkörper bezogen werden. Dazu sind jedoch zeitlich differenzierte Berechnungen der Grundwassermengen im GWK (z.B. in Jahresschritten, entsprechend des Fortschrittes des Grundwasserwiederanstieges) erforderlich.

<sup>5</sup> Einschränkung muss dazu vermerkt werden, dass nicht an allen Punkten mindestens 6 Messwerte, wie in LAWA (2007b) gefordert, vorlagen.



#### 4.2.5 Prognose der Stoffausbreitung und geringstmögliche Abweichung vom guten Zustand

Da das sulfat- und eisenangereicherte Grundwasser in den kommenden Jahrzehnten einer Ausbreitung unterliegt, kann der Volumenanteil bergbaubeeinflussten Grundwassers von 13 % (s. Kap. 4.2.1, S.22) nur als untere Grenze angesehen werden. Ausgehend von einer reichlichen Verdoppelung der Fläche wurde zusätzlich ein Wichtungsfaktor von 41% bergbaubeeinflussten Grundwassers angesetzt (s. Abbildung 8). Dies gilt für den beschriebenen Grundwasserkörper als Annahme, da sowohl Abbauprozesse des Sulfats als auch Verdünnung der Konzentration wirken können. Diese Erwartungswerte sollen als volumengewichtetes Mittel (Gesamtstoffmenge / Gesamtvolumen des Grundwasserkörpers) unter Einbeziehung des Anteils des künstlich angelegten Teils des Grundwasserleiters gelten.

Mit Bezug auf den angenommenen 41%-igen Flächenanteil bergbaubeeinflussten Grundwassers mit den Konzentrationen, die derzeit innerhalb der Auskohlungsflächen vorliegen (s. Abbildung 8, S. 18), ergeben sich die folgenden Erwartungswerte der betrachteten Schadstoffkonzentrationen:

1100 mg/L für Sulfat  
65 mg/L für Eisen (gel.)  
~ 1,5 mg/L für Ammonium

Berücksichtigt man eine Unsicherheit von  $\pm 15$  % bei der Ausweisung des zukünftigen betroffenen Flächenanteils, ergibt sich (bezogen auf 35 % ... 47 % Flächenanteile) eine Spannweite der Erwartungswerte von:

1000 ... 1200 mg/L für Sulfat  
55 ... 70 mg/L für Eisen (gel.)  
~ 1.4 ... 1.8 mg/L für Ammonium

Diese Konzentrationsbereiche können für die Begründung „weniger strenger Ziele“ als Erwartungswert der Beschaffenheit gelten. Sie stellen dafür eine **hinreichende Bedingung**, jedoch nicht einen handlungsinduzierenden Schwellenwert dar. Die Abbildung 8 verdeutlicht die Problematik der Wirkung des sich ausbreitenden bergbaubeeinflussten Grundwassers auf die Wasserqualität des Grundwasserkörpers.

Wie bereits ausgeführt, sollten konkrete *Aussagen zum Endzustand* des Grundwasserkörpers durch Modellierungen des Stofftransports, gekoppelt mit der Modellierung des reaktiven Stoffabbaus, für bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper ergänzt werden. Ergebnisse derartiger Modellierungen können eine Abschätzung der geringstmöglichen Abweichung vom guten Zustand mit größtmöglicher Genauigkeit ermöglichen (vgl. Kap. 3.1.3, Pkt. 6, S. 18 und Abbildung 9, S 19).

## 5 Weniger strenge Ziele für weitere bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper

### 5.1 Grundwasserkörper mit Bergbaubeeinflussung

Außer den braunkohle-bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpern gibt es im Flussgebiet der Elbe auch Grundwasserkörper, die durch anderen Bergbau in der Zielerreichung des guten Zustandes gefährdet sind (s. Abbildung 12). Die Art der Beeinflussung wird dabei punktuellen Quellen und sonstigen anthropogenen Einwirkungen zugeordnet. Es handelt sich um die nachfolgend aufgeführten Grundwasserkörper.

**Tabelle 8:** Bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper im FG Elbe.

Grundwasserkörper		Art der Beeinflussung	Ursache
OT 5	Zielitzer Haldengebiet	punktuelle Schadstoffquelle	Kalihalden / Grundwasserversalzung
EL 1-6	Sandstein-Sächsische Kreide		stillgelegte Uranerzgrube (Grube Königstein)
ZM 1-1	Zwickau		Altbergbau (Steinkohle, Uranerz)
SAL GW 032	Nordthüringer Buntsandsteinausstrich – Wipper	sonstige anthropogene Einwirkungen	Vier Großhalden des stillgelegten Kalibergbaus
SAL GW 054	Ronneburger Horst		aufgelassener Uranerzbergbau

Auf Grund der spezifischen stofflichen Belastungen der Grundwasserkörper sollen in den weiteren Betrachtungen die GWK mit Bergbaubeeinflussung durch Erz- und Steinkohlebergbau sowie mit Bergbaubeeinflussung durch Salzbergbau gesondert behandelt werden.

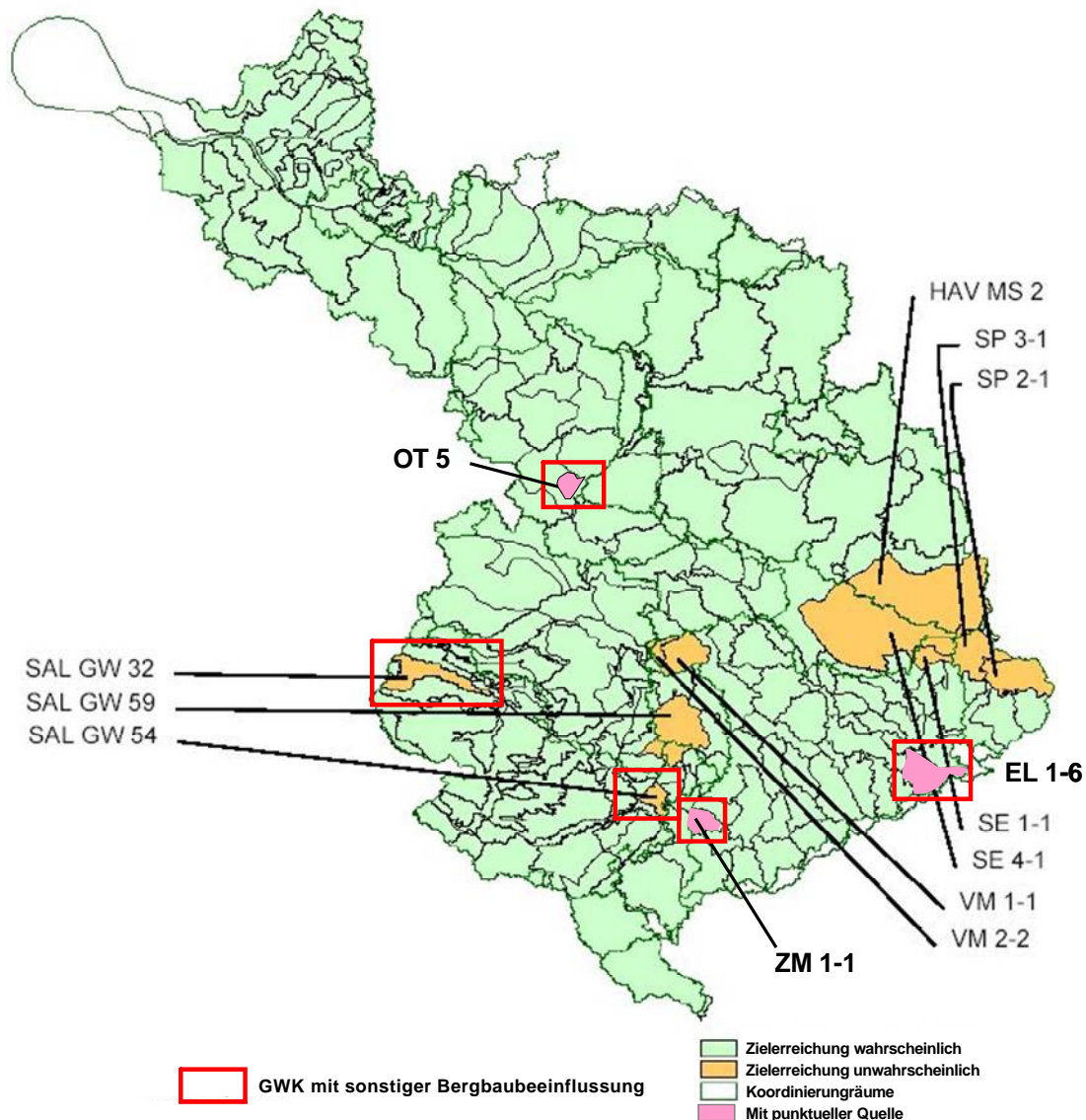
Zur Ableitung weniger strenger Umweltziele soll dabei nach der allgemeinen Methodik entsprechend Abbildung 7 verfahren werden.

Für die Einordnung in bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper können dabei in Analogie zu Kap. 3.1 (s. S. 4) grundsätzlich folgende Kriterien herangezogen werden.

- a) Im Bereich des Grundwasserkörpers befinden sich Grubengebäude und / oder bergbaubedingte Ablagerungen, von denen signifikante Beeinflussungen auf den Grundwasserkörper ausgehen. Diese Beeinflussungen können sowohl den mengenmäßigen Zustand als auch den chemischen Zustand des Grundwasserkörpers betreffen.

Ein Flächenbezug – analog zur Herangehensweise für die braunkohlebergbau-beeinflussten Grundwasserkörper – kann dabei für die Ausdehnungsfläche des Grubengebäudes und für die Fläche des Absenkungstrichters hergestellt werden.

Mit den Zuordnungen zu „Beeinflussungen auf Grund von Punktquellen“ bzw. „sonstigen anthropogenen Beeinflussungen“ (s. Tabelle 8) sind die Länder hierzu offensichtlich unterschiedliche Wege gegangen.



**Abbildung 12:** Grundwasserkörper mit bergbaulicher Beeinflussung im FG Elbe  
(Kartengrundlage: A-Bericht FGG Elbe, 2005; ergänzt durch Karten des MLU ST.)

- b) Der Chemismus des „bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpers“ ist entweder auf Grund der chemischen Reaktivität des Umgebungsgesteins des Grubengebäudes, das sich im Zentrum des Absenkungstrichters befindet, beeinflusst und kann nach erfolgtem Wiederanstieg des Grundwassers auf oberirdische Ökosysteme und auf Vorfluter einwirken; oder der Chemismus ist durch bergbaubedingte Ablagerungen (Bergbauhalden oder -kippen), die sich im Bereich des Grundwasserkörpers befinden, beeinflusst. Eine bergbaubedingte Beeinflussung liegt außerdem vor, wenn eine Stofffahne aus einem direkt betroffenen Grundwasserkörper (Grundwasserkörper in dessen Bereich sich die Bergbauanlage befindet) in einen nicht direkt betroffenen Grundwasserkörper gelangt. Dies kann insbesondere bei dichtegetriebener Grundwasserströmung der Fall sein.

- c) Auf Grund der chemischen Reaktivität des Umgebungsgesteins des Grubengebäudes, bzw. durch lang anhaltende Sickerprozesse aus abgelagerten Bergbauhalden wird auch für diese Grundwasserkörper das Ziel des guten chemischen Zustandes des bergbaubeeinflussten Grundwassers mit angemessenem Aufwand auf sehr lange Zeit nicht erreichbar sein.

## 5.2 Bergbaubeeinflussung durch Erz- und Steinkohlebergbau

Die *Bestimmung des Grundwassertyps* muss sich auch für Grundwasserkörper mit einer Bergbaubeeinflussung durch Erz- und Steinkohlebergbau nach dem mineralogischen Bestand im Gebirge des Grubengebäudes und des Absenkungstrichters richten. Von besonderer Bedeutung sind dabei die durch die Absenkung und daraus folgende Belüftung des Gebirges entstandenen Mineralphasen. Vor allem für die sulfidisch gebundenen Erze tritt hier ein zu den braunkohlebergbau-beeinflussten Gebieten vergleichbarer Prozess auf, indem es durch die Oxidation von Sulfiden zur Sulfatbildung kommt. Als weitere Parameter für die Bestimmung des Grundwassertyps sind Schwermetalle und Radionuklide zu berücksichtigen.

Für die *Auswertung der flächengewichteten Verteilung* bergbaubedingter Parameter innerhalb des Grundwasserkörpers ist als Bezugsfläche der maximaler Absenkungstrichter – als Reaktionsraum für Oxidationsprozesse – oder die Ausdehnung des Grubengebäudes heranzuziehen.

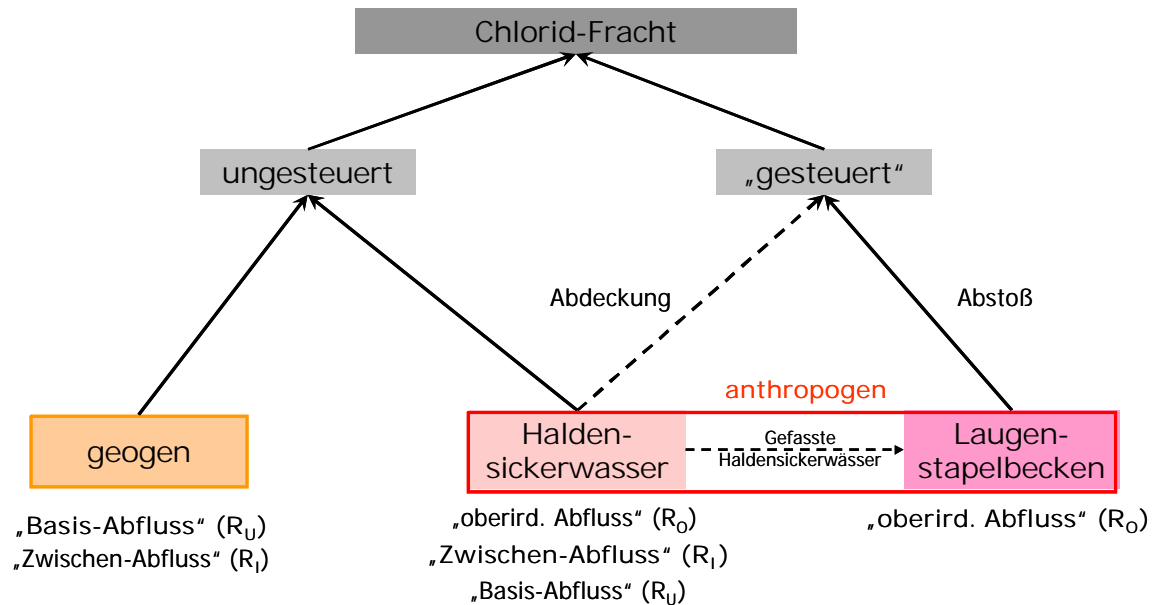
Eine Besonderheit können hierzu die Grundwasserkörper darstellen, die durch Altbergbau (Erzbergbau im Erzgebirge und im Harz) betroffen sind. Der Flächenbezug kann hier nicht auf einen Absenkungstrichter bezogen werden, da dieser oft nicht zu rekonstruieren ist. Setzt man in den Altbergbaugebieten stationäre Strömungsverhältnisse voraus, kann die Ausdehnung einer erhöhten Stoffkonzentration – gemessen an einer für das Bergbaugbiet festzulegenden Isokonzentration – als Bezugsfläche gewählt werden.

Für die weiteren Schritte zur Ableitung weniger strenger Umweltziele sind die weiteren in Kap. 3.1.3 (s. S. 16 ff) Schritte 4. bis 6. anzuwenden.

Für die Grundwasserkörper mit Altbergbau können gegebenenfalls aus den Betrachtungen zur Trendentwicklung bereits Aussagen zur geringstmöglichen Abweichung vom guten Zustand abgeleitet werden, wenn die Strömungs- und Stofftransportprozesse bereits eine langjährige Stationarität erreicht haben und sich somit weitergehende Prognosebetrachtungen erübrigen.

## 5.3 Bergbaubeeinflussung durch Salzbergbau

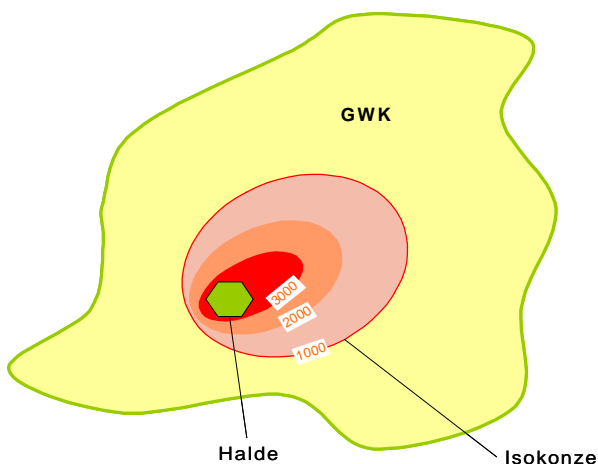
Bei der *Bestimmung des Grundwassertyps* für Grundwasserkörper mit Bergbaubeeinflussung durch Salzbergbau ist zu berücksichtigen, dass die anthropogenen Beeinflussungen durch geogene Stoffeinträge überlagert werden können. Die Abbildung 13 sucht dies zu verdeutlichen.



**Abbildung 13:** Mögliche Klassifizierung der Chloridfrachten in einem Gewässer (nach DGFZ 2005)

Für die Ableitung eines weniger strengen Umweltzieles auf Grund von Bergbaubeeinflussung ist deshalb nur der anthropogene Anteil der Salzbelastung heranzuziehen. Die geogene Salz-Belastung eines Grundwasserkörpers ist durch die entsprechende Typologie bei der Beschreibung des natürlichen Grundwassers zu berücksichtigen (s. Anhang II, Pkt. 2.2 der EG-WRRL). Zu den anthropogenen Beeinflussungen zählen vor allem Sickerwasserausträge aus Bergbauhalden.

Im Unterschied zu den Verhältnissen in der Umgebung von Erzbergbaustandorten kann sich der Flächenbezug nicht auf einen Absenkungstrichter beziehen. Für die **Auswertung der flächengewichteten Verteilung** bergbaubedingter Parameter innerhalb des Grundwasserkörpers sollte deshalb hier als Flächenbezug für die Ausbreitung anthropogen bedingter Stoffkonzentrationen – analog zur vorgeschlagenen Herangehensweise in Altbergbaugebieten – eine für das Bergbauggebiet festzulegende Isokonzentration des Chlorids im Grundwasser gewählt werden (s. Abbildung 14).



**Abbildung 14:** Schema zur Ermittlung der maßgeblichen bergbaubeeinflussten Flächenanteile in Bezug zur Fläche des Grundwasserkörpers (GWK) anhand einer festgelegten Isokonzentration.



Bei der **Betrachtung der Trendentwicklung** der bergbaubedingten Stoffe im Grundwasserkörper sollte auch die Entwicklung von Haldenabdeckungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Diese kann zu einer Verringerung des Sickerwassereintrages führen und damit den Rückgang von bergbaubedingten Stoffmengen im Grundwasserkörper bedingen. Außerdem können über die Verbreitungen von Aureolen der anthropogenen Salzausbreitungen im Abstrom von Bergbauhalden Aussagen zum Trend des Zustands des Grundwasserkörpers getroffen werden. Geophysikalische Messungen können die Aussagen unterstützen (DGFZ 2005).

Für die **Prognose der Ausbreitung** und **Abschätzung der geringstmöglichen Abweichung** vom guten Zustand sind die weiteren in Kap. 3.1.3 (s. S. 16 ff) Schritte 5. und 6. entsprechend anzuwenden. Bei der Modellierung der Stoffausbreitung ist gegebenenfalls die Dichte zu berücksichtigen.

## 6 Randbedingungen für die Ableitung weniger strenger Ziele

Die Ableitung weniger strenger Ziele für „bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper“ unterliegt sowohl sachlichen als auch rechtlichen Randbedingungen, die im Folgenden erläutert werden sollen.

### 6.1 Sachliche Randbedingungen

- 1) Die geringen Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers im und großen Kontaktflächen zum Grundwasserleiter begründen einen generellen Unterschied zwischen der stofflichen Belastung eines Grundwasserkörpers und der eines Oberflächenwasserkörpers, obwohl auch für diese eine starke Berücksichtigung des Sediments im Gewässerbett immer wieder diskutiert wird (z.B. HANISCH, 2005 u. RICKING et al., 2000). Für die „bergbaubeeinflussten Grundwasserkörper“ gilt diese Aussage im Besonderen, da der überwiegende Teil der Belastung zum (gegenwärtigen) Zeitpunkt der Beurteilung noch nicht im Wasser zu finden ist, sondern sich im **Stoffdepot des Grundwasserleiters** befindet. Diese Zusammenhänge sind unter Fachleuten unstrittig.
- 2) Neu angelegte Teile des Grundwasserleiters (Kippen) weisen zusätzlich zur geogen bedingten Heterogenität noch eine bergbaubedingte Heterogenität auf, die insgesamt zu einer großen Streuung von Messwerten führt. Wenn das mittlere Niveau der Belastung (der emittierten Frachten) gesenkt werden soll, dann sind die künstlichen Grundwasserleiter bei der Erstellung mit Neutralisationsmitteln und Sekundärstoffen zu behandeln. Das ist für die vorhandenen Kippen weitestgehend nicht erfolgt und erfolgt auch für die durch den Bergbau gegenwärtig erstellten Kippen noch nicht.
- 3) Bei der Exfiltration von GW in oberirdische Gewässer bzw. der Nutzung erfolgt ein Milieuwechsel in Richtung oxisches geochemisches Milieu. Die dadurch ausgelösten Reaktionen an oberirdischen Gewässern bewirken eine Versauerung und eine Eisenschlammbelastung. Beide Effekte sind zuverlässig prognostizierbar. Die bei der Exfiltration in oberirdische Gewässer erfolgende Beeinträchtigung dieser Gewässer ist zusätzlich noch von weiteren Faktoren abhängig. Zwar ist die Schnittstelle des



Grundwassers zu den oberirdischen Gewässern grundsätzlich gut von den bestehenden Regelungen erfasst. Es muss aber auch der Tatsache Rechnung getragen werden, dass eine Bewertung des bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpers immer auch von der Bewertung der Oberflächenwasserkörper, die durch den Grundwasserkörper beeinflusst werden, abhängig ist.

- 4) Zur Nutzung von Grundwasser aus bergbaulich beeinflussten Grundwasserkörpern ist anzumerken, dass eine primäre Nutzung des Naturraumes durch den Bergbau stattgefunden hat. Eine weitere Nutzung durch Wasserentnahmen, z.B. zur Versorgung mit Trinkwasser, muss sich dieser Tatsache unterordnen. Die hohen Eisenkonzentrationen können gegebenenfalls noch wirtschaftlich aufbereitet werden. Die hohen Sulfatkonzentrationen können bis zur Schwelle der TrinkwV toleriert werden. Darüber hinaus sind andere Naturräume zur Wassergewinnung zu nutzen.
- 5) Hinsichtlich der Gütekriterien für Fließgewässer nach LAWA (1998) ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Schwellenwert des Sulfats nach TrinkwV (240 mg/L) für Fließgewässer die Einordnung in die chemische Güteklasse III bedeuten würde. Damit ist bei Erreichung des TrinkwV-Wertes im Grundwasser eine Beeinträchtigung eines oberirdischen Gewässers nicht ausgeschlossen.

## 6.2 Rechtliche Randbedingungen

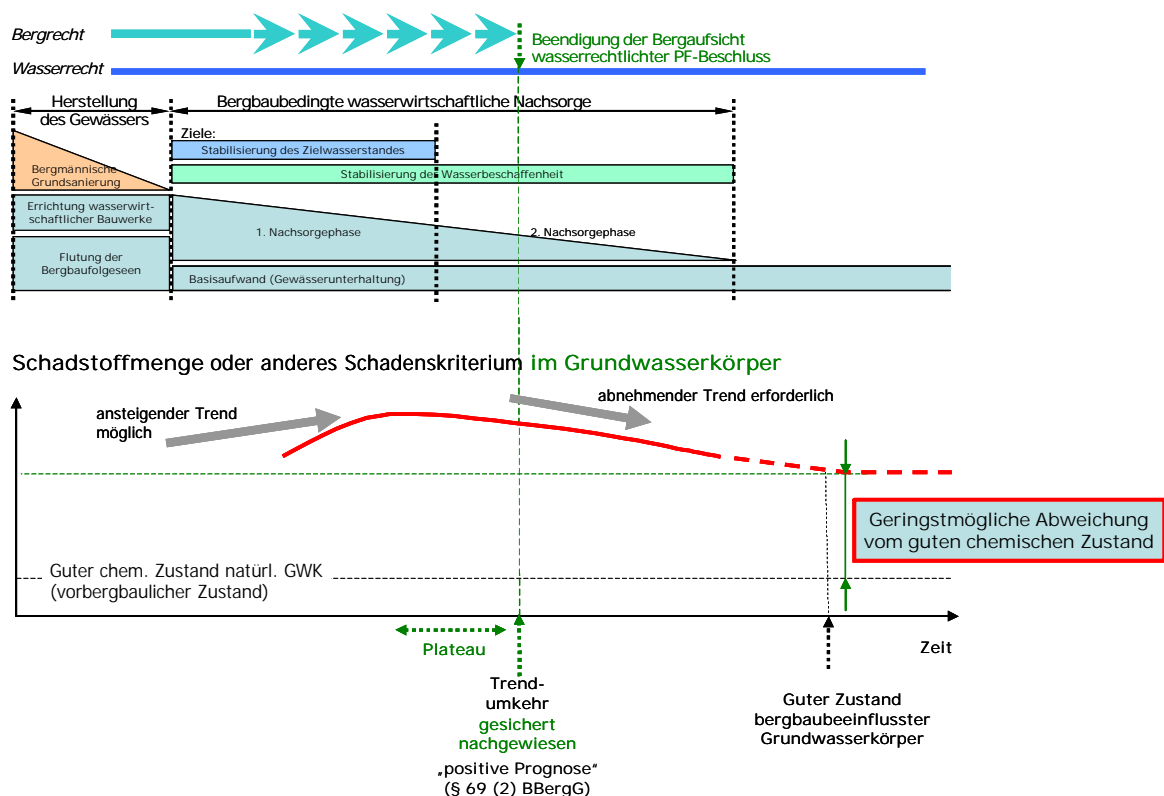
- 6) Für den Sanierungsbergbau besteht als Hauptziel, die Reintegration der bergbaubeeinflussten Kompartimente in den Naturhaushalt bzw. die Folgenutzung der Kompartimente zu gewährleisten. Dieser Zeitpunkt ist gleichzusetzen mit der Beendigung der Bergaufsicht. Diese kann erfolgen, wenn von dem bergbaubetriebsbedingt beeinträchtigten Kompartiment keine Bergschadensfolgen und/oder Gemeinschadensfolgen für Schutz- bzw. Rechtsgüter ausgehen (s. § 69, Abs. (2) BBergG<sup>6</sup>). Nach dem Tongrubenurteil, das auf das Verhältnis von Bergrecht und Bodenschutz eingeht, gehören zu den öffentlichen Interessen auch die Anforderungen des Umweltrechts, da sie dem Ziel dienen, im öffentlichen Interesse schädliche Einwirkungen auf die Umwelt abzuwehren. Die Anwendung des Umweltrechts „fügt sich damit ein in den Gesetzeszweck, die Vorsorge gegen Gefahren, die sich aus bergbaulicher Tätigkeit für Leben, Gesundheit und Sachgüter Dritter ergeben, zu verstärken und den Ausgleich unvermeidbarer Schäden zu verbessern (§ 1 Nr. 2 BBergG)“ (BVerwG 7C 26.03, S. 13f).
- 7) Der Zeitpunkt der Entlassung aus der Bergaufsicht muss, da er sich an den Kriterien der Schadensfolgen orientiert, nicht zwingend mit dem Erreichen eines guten Zustandes des „bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpers“ zusammenfallen. Abbildung 15 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen bergbaulicher Nachsorge und

---

<sup>6</sup> BBergG § 69, Abs (2): Die Bergaufsicht endet nach der Durchführung des Abschlussbetriebsplanes (§ 53) oder entsprechender Anordnungen der zuständigen Behörde (§ 71 Abs. 3) zu dem Zeitpunkt, in dem nach allgemeiner Erfahrung **nicht mehr damit zu rechnen** ist, dass durch den Betrieb Gefahren für Leben und Gesundheit Dritter, für andere Bergbaubetriebe und für Lagerstätten, deren Schutz im öffentlichen Interesse liegt, oder **gemeinschädliche Einwirkungen eintreten** werden.

dem Zustand des betrachteten Grundwasserkörpers. Hierzu kann bezüglich der Stoffmenge im Grundwasserkörper die gesichert nachgewiesene Trendumkehr den Zeitpunkt bestimmen. Diese zeitliche Einordnung würde dem Erfordernis an die Bewirtschaftung des Grundwassers gem. § 33a, Abs. (1) WHG entsprechen. Die gesicherte Trendumkehr kann dann auch einer „positiven Prognose“ gem. § 69, Abs. (2) BBergG<sup>6</sup> entsprechen. Diese Aspekte sind bei der Bearbeitung und Genehmigung von Abschlussbetriebsplänen zu berücksichtigen, um den Bergbaubetrieben Planungssicherheit zu geben.

- 8) Der gute Zustand eines bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpers ist mit dem guten Zustand eines natürlichen Grundwasserkörpers nicht gleichzusetzen. Er ist mit dem Erreichen der geringstmöglichen Abweichung vom guten chemischen Zustand erzielt (s. Abbildung 15).
- 9) Der gute Zustand bergbaubeeinflusster Grundwasserkörper ist in Abhängigkeit von den hydrogeologischen und bergbaubedingten Gegebenheiten im Zuge von Einzelfallentscheidungen für jeden Grundwasserkörper zu bestimmen. Die Erreichung eines „guten Zustandes“ des bergbaubeeinflussten GWK muss demzufolge nicht Kriterium für die Entlassung aus dem Bergrecht der im Bereich des Grundwasserkörper liegenden Anlage sein, sondern die von ihnen ausgehenden Gefahren für Rechtsgüter.



**Abbildung 15:** Zusammenhang zwischen den Phasen wasserwirtschaftlicher Nachsorge und Zustandsentwicklung eines Grundwasserkörpers

### 6.3 Beeinflussung von grundwasserabhängigen Landökosystemen

Die nicht nachteilige Beeinflussung von grundwasserabhängigen Landökosystemen stellt eine wichtige Randbedingung für die Beurteilung eines guten Zustandes eines Grundwasserkörpers dar. Dies muss auch für die Ableitung weniger strenger Umweltziele für braunkohlebergbau-beeinflusste Grundwasserkörper gelten.

Als **notwendige Bedingung** für die Beschaffenheit „bergbaubeeinflusster Grundwasserkörper“ steht deshalb in jedem Fall, dass von ihnen **keine intolerable Gefahr** für Schutzgüter im Umfeld ausgehen darf. Die Bewertung grundwasserbeeinflusster Ökosysteme und oberirdischer Gewässer im Bereich des jeweiligen Grundwasserkörpers führt hier zu einer Rückwirkung auf die Bewertung des Grundwasserkörpers, da für die Bewertung des gesamten Grundwasserkörpers – mit seiner Wirkung auf ein oberirdisches Gewässer – das jeweils strengste Ziel maßgebend ist.

Hierzu können bergrechtliche Regelungen geltend gemacht werden. Wenn die Beeinflussung von grundwasserabhängigen Landökosystemen und oberirdischen Gewässern als Gemeenschaden i.S.v. § 69, Abs. (2) BBergG zu betrachten sind – und dies muss im Kontext des bereits zitierten Tongrubenurteils angenommen werden, ist die Entlassung aus der Bergaufsicht für die Flächen, von denen die Beeinflussungen ausgehen erst zu vollziehen, wenn keine nachteilige oder schädliche Beeinflussung der grundwasserabhängigen Landökosysteme und oberirdischen Gewässern mehr gegeben ist. Ob eine intolerable Beeinträchtigung eines oberirdischen Gewässers vorliegt, kann anhand der Gütekriterien für Fließgewässer nach LAWA (1998) beurteilt werden. Die Verschlechterung der chemischen Gewässergüte mit der Folge einer schlechteren Güteklasse muss in jedem Falle als eine intolerable Beeinflussung angesehen werden; bei einer Verschlechterung innerhalb einer chemischen Gewässergüteklasse oberirdischer Gewässer ist der Einzelfall zu prüfen.

Aus den genannten Zusammenhängen heraus ergibt sich für jeden betroffenen Grundwasserkörper die Notwendigkeit der **Einzelfallbewertung**, die sich an **hinreichenden** und **notwendigen Bedingungen** orientieren soll.

Als **hinreichende Bedingung** für das Erreichen eines guten chemischen Zustandes eines bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpers gilt, dass die geringstmögliche Abweichung vom guten chemischen Zustand des Grundwasserkörpers (entspr. § 25d, Abs. 1, Nr. 4 WHG) im Ergebnis des abnehmenden Trends erreicht ist. Es wird demzufolge keine signifikante Abnahme der Stoffmenge im Grundwasserkörper mehr zu erwarten sein.

Als **notwendige Bedingung** muss jedoch gelten, dass – auch wenn die hinreichende Bedingung der geringstmöglichen Abweichung vom guten Zustand erreicht ist – keine intolerable Gefahr vom Grundwasserkörper ausgeht (§ 22a WHG und § 69, Abs. 2 BBergG). Dies bezieht sich neben Bergschadens- und Gemeenschadensfolgen auch auf andere Umweltschäden als Teil des öffentlichen Interesses (Tongrubenurteil). Insbesondere ist hier die Beeinflussung von oberirdischen Gewässern und grundwasserabhängigen Landökosystemen zu berücksichtigen.

## 6.4 Wirtschaftliche Randbedingungen

Der Bezug zu wirtschaftlichen Randbedingungen wird durch § 33a, Abs (4) i.V.m. § 25d, Abs. (2) und (4) WHG hergestellt, in dem ausgeführt ist, dass weniger strenge Ziele festgelegt werden können, wenn „die Gewässer **durch menschliche Tätigkeiten** so beeinträchtigt oder ihre natürlichen Gegebenheiten so beschaffen sind, dass die Erreichung der Ziele unmöglich ist oder **mit unverhältnismäßig hohem Aufwand** verbunden wäre“.

Diese Randbedingungen gelten für die bergbaubeeinflussten Grundwasserkörper uneingeschränkt. Die Stofffracht in den Grundwasserkörpern ist zum einen „durch menschliche Tätigkeit“ – und zwar durch den Bergbau – hervorgerufen. Zum anderen gilt es als unstrittig, dass eine großflächige Sanierung der Grundwasserkörper unmöglich bzw. unverhältnismäßig ist und auch in Teilbereichen nur mit z.T. unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich wäre. Dies gilt insbesondere für das Problem der Sulfatreduzierung.

Lediglich für die Flächen des aktiven Braunkohlenbergbaus besteht die Möglichkeit, durch Behandlung im Zuge der Ablagerung des Kippen- und Haldenmaterials vorsorgende Maßnahmen gegen einen Säureaustrag zu treffen. Wenn das mittlere Niveau der Belastung (der emittierten Frachten) gesenkt werden soll, dann sind die künstlichen Grundwasserleiter bereits **bei der Erstellung** mit Neutralisationsmitteln und Sekundärstoffen zu behandeln. Das ist für die vorhandenen Kippen weitgehend nicht erfolgt und erfolgt zur Zeit auch noch nicht für die durch den Bergbau gegenwärtig erstellten Kippen im Lausitzer und Mitteldeutschen Revier.

## 7 Handlungsempfehlungen

Aus den Arbeiten zu vorliegendem Gutachten ergeben sich für die vollziehenden und berichterstattenden Wasserbehörden folgende Handlungsempfehlungen:

- Die Bewertung eines bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpers hinsichtlich eines guten Zustandes unter Berücksichtigung weniger strenger Umweltziele kann nur auf dem Wege von Einzelfallprüfungen der Entwicklung der Beschaffenheit erfolgen.
- **Als weniger strenges Umweltziel ist die geringstmögliche Abweichung vom guten Zustand eines natürlichen Grundwasserkörpers anzusehen.** Diese geringstmögliche Abweichung ist im Ergebnis von Trendentwicklungen und Prognoserechnungen zu bestimmen. Ergänzend dazu sollten jedoch auf den jeweiligen Grundwasserkörper anzuwendende Strömungs- und Transport-Modellierungen herangezogen werden. Es wird daher empfohlen, für jeden dieser braunkohlenbergbau-beeinflussten Grundwasserkörper modellgestützte Prognosen der Zustandsentwicklung durchzuführen.
- Für die Prognoseabschätzungen der Zustandsentwicklung braunkohlenbergbau-beeinflusster Grundwasserkörper sind umfangreiche Eingangsinformationen nötig, die jedoch von den Bergbautreibenden bzw. Nachsorgeverpflichteten beigebracht werden können (s. Tabelle 9).

**Tabelle 9:** Notwendige und ergänzende Informationen für die Prognose des Endzustandes eines  
braunkohlenbergbau-beeinflussten Grundwasserkörpers

notwendige Informationen	ergänzende Informationen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächen und Volumina ausgekohler / verkippter Grundwasserleiter,</li> <li>• Grundwasserbeschaffenhheitsdaten aus dem Monitoring des Sanierungsbergbaus und des aktiven Bergbaus (zurückliegend bis möglichst 15 Jahre),</li> <li>• Beschaffenhheitsdaten der betroffenen oberirdischen Gewässer (zurückliegend bis möglichst 15 Jahre),</li> <li>• Grundwasserstandsdaten sowie Prognose des Wiederanstiegs des Grundwassers im betroffenen GWK.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liegezeit und –bedingungen der Kippenkörper und der ihrem Chemismus prägenden regionalen Grundwasserströmungsverhältnisse (Entwicklung der GW-Absenkung und Grundwasserströmung im Verlauf der bergbaulichen Geschichte des Raumes – historische Erkundungsdaten)</li> <li>• aktuelles Stoffinventar der Auskohlungs-/Verkipfungsbereiche bzw. Ableitung dieser Daten aus einer epignostischen Grundwasserbeschaffenhheitsmodellierung</li> <li>• Stoffaustragsprognosen für Kippengrundwasserleiter</li> </ul>

- Zur Analytik von Grundwassermessstellen innerhalb (braunkohlen)bergbau-beeinflusster Grundwasserkörper wird der Abgleich des Analysenspektrums des landeseigenen Messnetzes mit dem des Monitorings der Bergbauunternehmen bzw. Nachsorgeverpflichteten empfohlen. Insbesondere sollte die Bestimmung der Säure- und Basenkapazität ( $K_{B8,2}$  und  $K_{S4,3}$  nach DIN 38409/7), die für das Reaktionsverhalten der bergbaurelevanten Stoffe bzw. für die Bestimmung der Azidität oder Alkalinität von Bedeutung sind, in das Untersuchungsprogramm der Messstellen in bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpern aufgenommen werden.

## 8 Zusammenfassung

Mit der Einführung der EG-WRRL hat der Begriff des *Wasserkörpers* (water body) Eingang in das Wasserrecht gefunden. Es wird unterschieden zwischen dem Oberflächenwasserkörper – als einheitlicher und bedeutender Abschnitt eines Oberflächengewässers – und dem Grundwasserkörper als ein abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter. Eine analog zu den oberirdischen Gewässern anzuwendende Einteilung von Grundwasserkörpern in *künstliche* bzw. *erhebliche veränderte* weisen sowohl die EG-WRRL (2000) als auch die EG-GWTR (2006) bislang nicht aus. Auch im WHG ist eine derartige Einstufung nicht erfolgt. Auf Grund dieses rechtlich vorgegebenen Rahmens kann eine Definition von „künstlichen“ oder „erheblich veränderten“ Grundwasserkörpern a priori nicht vorgenommen werden. Dies gilt demzufolge auch für die bergbaubeeinflussten Grundwasserkörper, die auf Grund ihrer Nutzungsgeschichte z.T. erheblichen Veränderungen durch Grundwasserabsenkungen bzw. durch Sedimentumlagerungen mit erheblichen Strukturveränderungen (Anlage von Kippen) ausgesetzt waren und sind.

Die bergbaubeeinflussten Grundwasserkörper befinden sich also in Grundwasserleitern, die durch langzeitliche Absenkungen und / oder Material-Umlagerungen z.T. irreversibel anthropogen überprägt oder sogar künstlich angelegt sind, was zwangsläufig seine Auswirkungen auf den Zustand des Grundwasserkörpers haben muss. Da für diese

Grundwasserkörper eine Kategorisierung in künstliche bzw. erhebliche veränderte Körper jedoch nicht vorgesehen ist, gelten erst einmal für bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper die gleichen Qualitätsanforderungen wie für natürliche Grundwasserkörper. Da die Bewirtschaftungsziele für diese Grundwasserkörper nach § 33a, Abs. (4) WHG auf Grund ihrer erheblichen Veränderungen absehbar nicht erreicht werden, sind **weniger strenge Bewirtschaftungsziele** festzulegen.

In vorliegendem Gutachten wird nach einer ausführlichen Erörterung der Problemlage vor dem Hintergrund der rechtlichen Situation bezüglich Wasser- und Bergrecht eine Methodik zur Ableitung weniger strenger Umweltziele erarbeitet. Diese umfasst die Schritte:

1. Einstufung eines Grundwasserkörpers als bergbaubeeinflusst
2. Bestimmung eines Grundwassertyps
3. Auswertung der flächengewichteten Verteilung bergbaubedingter Parameter innerhalb des Grundwasserkörpers
4. Betrachtung der Trendentwicklung der bergbaubedingten Stoffe
5. Prognose der Ausbreitung der bergbaubedingten Stoffmengen im Grundwasserkörper.
6. Feststellung der geringstmöglichen Abweichung vom guten Zustand

Die Stufen 1 – 4 sind an vorhandenen Messwerten in Grundwasserkörpern in aller Regel vollziehbar. Im Rahmen der Bestandsaufnahme zur EG-WRRL sind mit der Ausweisung der möglichen Zielerreichung des guten chemischen Zustandes und der Begründung für die voraussichtliche Nichterreichung durch sonstige anthropogene Beeinflussungen diese Bearbeitungsstufen im Prinzip vollzogen worden. Die Stufen 5 und 6 sollen der Begründung für weniger strenge Umweltziele dienen. Hierzu werden in Abhängigkeit von der verfügbaren Datenlage Ausbreitungs- bzw. Bilanzrechnungen der prognostischen Stoffmengen vorgeschlagen. Grundlage dafür müssen die zu den Prognosezeitpunkten zu erwartenden Verhältnisse der Grundwasserdynamik sein. Ergänzend dazu sollten entsprechende Stofftransportmodellierungen für die betroffenen Grundwasserkörper vorgenommen werden.

Hinsichtlich des mengenmäßigen Zustandes eines bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpers ist zwischen den Flächen des auflässigen und des aktiven Bergbaus zu unterscheiden. Die Absenkungstrichter, die auf Grund von auflässigem Bergbau heute (noch) vorhanden sind und der Wiederauffüllung unterliegen, müssen keinen schlechten mengenmäßigen Zustand des Grundwasserkörpers bedeuten. Für die Grundwasserkörper, in denen aktiver Bergbau mit weit reichenden Absenkungstrichtern durch Sumpfungmaßnahmen umgeht, ist ein schlechter mengenmäßiger Zustand auszuweisen, wenn die langjährige Entnahme das nutzbare Dargebot übersteigt.

Bei der Ausweisung weniger strenger Ziele für weitere bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper ist zwischen Bergbaubeeinflussung durch Erz- und Steinkohlebergbau und Bergbaubeeinflussung durch Salzbergbau zu unterscheiden. Die vorgelegte Methodik ist unter Berücksichtigung der Spezifika der Bergbaubeeinflussung auf diese Grundwasserkörper grundsätzlich übertragbar.

Die Methodik wurde exemplarisch auf den braunkohlebergbaubeeinflussten Grundwasserkörper SE 4-1 (Schwarze Elster) angewandt. Dieser konnte auch anhand der erarbeiteten Kriterien als bergbaubeeinflusst dargestellt werden. Entsprechend der gegenwärtigen Verteilungen bergbaubeeinflusster und nicht bergbaubeeinflusster Flächen



wurden Erwartungswerte der Stoffkonzentrationen für Sulfat, Eisen (ges.) und Ammonium abgeleitet. Diese wurden auf einen möglichen Ausbreitungszustand übertragen.

Für die Ableitung weniger strenger Ziele wurden am Schluss sachliche und rechtliche Rahmenbedingungen mit Bezug auf das Bergrecht formuliert. Im Hinblick auf den Zeitpunkt der Entlassung aus der Bergaufsicht muss beachtet werden, dass dieser nicht zwingend mit dem Erreichen eines guten Zustandes des „bergbaubeeinflussten Grundwasserkörpers“ zusammenfallen muss. Für die Entlassung aus der Bergaufsicht kann bezüglich der Stoffmenge im Grundwasserkörper die gesichert nachgewiesene Trendumkehr den Zeitpunkt bestimmen. Diese zeitliche Einordnung würde dem Erfordernis an die Bewirtschaftung des Grundwassers gem. § 33a, Abs. (1) WHG entsprechen. Diese Trendumkehr entspricht dann auch einer „positiven Prognose“ gem. § 69, Abs. (2) BBergG.

Die Handlungsempfehlungen stellen auf die Einzelfallbewertung der Grundwasserkörper ab, die **geringstmögliche Abweichung vom guten Zustand** als weniger strenges Umweltziel durch auf den jeweiligen Grundwasserkörper bezogene Bilanzrechnungen zu prognostizieren. Diese sollten möglichst durch entsprechende Strömungs- und Transport-Modellierung untersetzt werden. Hinsichtlich der Analytik von Grundwassermessstellen innerhalb braunkohlenbergbau-beeinflusster Grundwasserkörper wird der Abgleich des Analysenspektrums mit dem des Monitorings der Bergbauunternehmen bzw. Sanierungsunternehmen empfohlen.

## Literatur

- BERGER, W. (2000): Stoffinventar und Stoffänderung durch Redoxreaktionen in Sedimenten des Lausitzer Braunkohlereviere, in Proceedings des Dresdner Grundwasserforschungszentrums e.V., Heft 18, Dresden, Dissertation, ISSN: 1430-0176
- BILEK, F. (2004): Beschaffenheitsprognose für den Grundwasser-Abstrom aus Braunkohle-Tagebaukippen auf der Basis von experimentell bestimmten Parametern und geochemisch charakterisierten Sedimenten in: Proceedings des Dresdner Grundwasserforschungszentrums e.V., Heft 26, Dresden, Dissertation, ISSN: 1430-0176
- BRAND, TH. (1996): Numerische Simulation dreidimensionaler Strömungs-, Transport- und hydrogeochemischer Reaktionsprozesse im Grundwasserabstrom von Braunkohlentagebaukippen, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Besondere Mitteilungen zum Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch, Heft 59
- CIS (2002): Leitfaden zur Identifizierung und Ausweisung von erheblich veränderten und künstlichen Wasserkörpern. CIS-Arbeitsgruppe 2.2,  
(Quelle: URL: [deutsch.pdf?command=downloadContent&filename=HMWB-deutsch.pdf](#) )
- DALLHAMMER, W.-D. (2005): Wasserrechtliche Anforderungen im Rahmen der bergbaulichen Sanierung. In: Nachsorge Betriebsbedingter Boden- und Grundwasserschäden des Bergbaus nach der endgültigen Betriebsstilllegung. Proceedings des DGFZ e.V., Nr. 27, S. 47-52 (ISSN: 1430-0176)
- DGFZ (2005): Wasserhaushalt und Salinare Gewässerbelastungen im Einzugsgebiet der Unstrut – Untersuchungen und Modellierungen. Abschlussbericht zum BMBF-Projekt „Erstellung eines Management-Tools zur Wasserbewirtschaftung unter den Bedingungen bergbaubedingter salinärer Einträge im Einzugsgebiet der oberen und mittleren Unstrut. (FKZ: 0330028). Dresden, Oktober 2005. 207 S.  
(URL: [-11-2005 mit 134.pdf](#))
- EG-GWTR (2006): Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung. Amtsblatt der Europäischen Union, Nr. L 372/19, vom 27.12.2006.
- EG-WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (EG Wasserrahmenrichtlinie).  
(Abl. EG vom 22.12.2002 Nr. L 327/1)
- FGG Elbe (2005): Zusammenfassender Bericht der Flussgebietsgemeinschaft Elbe über die Analysen nach Artikel 5 der Richtlinie 2000/60/EG (A-Bericht)
- FGG Oder (2005): Internationale Flussgebietseinheit Oder. Bericht an die Europäische Kommission gemäß Artikel 15, Abs. 2.1 der Richtlinie 2000/60/EG (A-Bericht)
- GABRIEL, B. & ZIEGLER, G. (1997): Natürliche und anthropogen überprägte Grundwasser-Beschaffenheit in Festgesteinsaquiferen. In: Matschullat, J. et al.: Geochemie und Umwelt. Springer, 1997, 343-357.
- GELLER, W.; LUCKNER, L.; MATTHES, R.; GOCKEL, G.; BÖRNER, S. (2005): Möglichkeiten und Grenzen der Gewässersanierung vor dem Hintergrund der relevanten gesetzlichen Vorgaben, in: Nachhaltige Entwicklung von Folgelandschaften des Braunkohlebergbaus : Stand und

- Perspektiven in Wissenschaft und Praxis, Zeitschrift für angewandte Umweltforschung (ZAU), Sonderheft 14, Cornelia Gläser Hrsg., 1. Aufl., Berlin, Analytica-Verl., S. 59-70
- GOCKSCH, E. (2008): Neu Bewirtschaftung des Grundwassers nach WRRL in Niedersachsen. Wasser und Abfall, 3/2008, S. 10-14.
- GRAUPNER, B., KOCH, C. & WERNER, F. (2008): Prognose der langfristigen Sulfatbelastung im Grundwasser des Niederlausitzer Bergbaureviers. SDGG, Heft 57 – FH-DGG-Tagung Göttingen 2008, S. 67 (ISBN 978-3-510-49204-6)
- HANISCH, D. (2005): Verlagerung, Verdünnung und Austragung von schwermetallbelasteten Flusssedimenten im Einzugsgebiet der Saale - ein Beitrag zur Abwägung von Gefährdungspotential und Selbstreinigungsvermögen unserer Fließgewässer. Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, 64, 1, Leipzig, 2005.
- HANNAPPEL, S. & VOIGT, H.-J. (1997): Beschaffenheitsmuster des Grundwassers in Lockergesteinen. In: Matschullat, J. et al.: Geochemie und Umwelt. Springer, 1997, 359-379
- HOTH, N. (2002): Modellgestützte Untersuchungen zur Grundwassergüteentwicklung in Braunkohleabraumkippen und deren Abstrom unter Berücksichtigung natürlicher Rückhalt- und Abbauprozesse, Dissertation, TU Bergakademie Freiberg, Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau
- KERNDORFF, H.; KÜHN, ST. et al. (2006): Schutzgutspezifische Bewertung von Grundwasserkontaminationen durch Altablagerungen mit dem Ziel einer passiven Sanierung mittels natürlicher Selbstreinigungskräfte (NA). altlasten spektrum 1/2006, S. 9 – 20.
- LAWA (1998): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland – Chemische Gewässergüteklassifikation. Hrsg. von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. 1. Aufl. 1998, Kulturbuchverlag Berlin; - 69 S.
- LAWA (2003): Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. Teil 3: Vorarbeiten und Hinweise für die Berichterstattung an die Kommission sowie für die Aufstellung eines Bewirtschaftungsplanes.
- LAWA (2007a): Fachliche Umsetzung der Grundwasser-Tochtrichtlinie (GWTR). Teil 1: Bundesweit einheitliche Methode zur Beurteilung des chemischen Zustandes nach Artikel 4 und Anhang III der GWTR. 19. April 2007
- LAWA (2007b): Sachstandsbericht LAWA – Unterausschuss Fachliche Umsetzung der Grundwasser-Tochtrichtlinie (GWTR). Teil 3: Bundesweit einheitliche Methode zur Ermittlung signifikanter und anhaltend steigender Schadstofftrends nach Artikel 5 und Anhang IV GWTR. 6. Juni 2007
- LfUG (2005a): Grundwasser-Leitfaden – Methoden-Leitfaden zur Bestandsaufnahme Grundwasser gemäß Artikel 5 und Anhang II Nr. 2 der EG-Wasserrahmenrichtlinie. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Bearbeitungsstand 30.04.2004; akt. 30.06.2005. 54 S.; 1 Anl.
- LfUG (2005b): Kompaktbericht zur Bestandsaufnahme nach WRRL im Freistaat Sachsen. Dresden, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, März 2005, 62 S., 28 Karten.
- LfUG (2006): Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie in Sachsen. Rahmenkonzept zur Gewässerüberwachung in den sächsischen Teilen der Flussgebietseinheiten Elbe und Oder – Sächsisches Monitoringkonzept. Bearbeitungsstand 06. März 2006
- LMBV (2000): Montanhydrologisches Monitoring. Werkstandard. LMBV unveröff.

- LMBV (2006): Flutungs-, Nachsorge- und Wasserbehandlungskonzept Lausitz. Stand 12/2006. Senftenberg, Dezember 2006; Anlagen 1 – 4: Febr. 2008.
- LUA BB (2000): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit 1995 – 2000 im Land Brandenburg. Studien und Tagungsberichte Bd. 41. Potsdam, November 2002.
- LUA BB (2005): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit 2001 – 2005 im Land Brandenburg. Studien und Tagungsberichte Bd. 55. Potsdam, Dezember 2007.
- LUA BB (2005a): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie Bericht zur Bestandsaufnahme für das Land Brandenburg (C-Bericht), Potsdam, September 2005. 136 S., 25 Karten.
- LUA BB (2006a): Monitoringkonzept des Landes Brandenburg zur Gewässerüberwachung nach Richtlinie 2000/60/EG (Wasserrahmenrichtlinie) – Teil II Grundwassermonitoring. Entwurf Stand 27.01.2006.
- LUA BB (2006b): Operatives Monitoring in Bergbaugebieten – Grundwasserkörper mit sonstiger anthropogener Belastung – Lebus 03.04.2006. (5 PowerPoint-Folien)
- LUA-BB (2005b): Niederschrift zum Abstimmungsgespräch operatives Monitoring gem. EG-WRRL im Bergbaugebiet., LUA Bandenburg, 15.12.2005.
- MERTEN, O. (2003): Versauerungserscheinungen in quartären Lockergesteins-Grundwasserleitern unter besonderer Berücksichtigung atmosphärischer Stoffeinträge. Studien und Tagungsberichte Bd. 45. Landesumweltamt Brandenburg, Januar 2003 (ISSN: 0948-0838)
- MES (2005): Bericht über die Umwetzung der Anhänge II, III und IV der Richtlinie 2000/60/EG im Koordinierungsraum Mulde – Elbe Schwarze Elster (B-Bericht)
- MÜLLER, T. (1999): Wörterbuch und Lexikon der Hydrogeologie. Springer1999, 367 S.
- RUMM, P.; VON KEITZ, ST. & SCHMALHOLZ, M. (Hrsg.) (2006): Handbuch der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Erich Schmidt Verlag Berlin, 2. neu bearbeitete und wesentlich erweiterte Auflage, 2006 (ISBN: 3 503 09027 4)
- Senatsverw. Berlin, MLUV-BB, UM-MV, SMUL, MLU-SA (2005): Bericht über die Umsetzung der Anhänge II, III und IV der Richtlinie 2000/60/EG für den Koodinationsraum Havel (B-Bericht). 37 S., 28 Anlagen.
- SMUL, MLUV-BB, MLU-SA (2005): Bericht über die Umsetzung der Anhänge II, III und IV der Richtlinie 2000/60/EG für den Koodinationsraum Mulde – Elbe - Schwarze Elster (B-Bericht). 60 S., 37 Anlagen.
- VOIGT, H.-J. (1989): Hydrogeochemie. Eine Einführung in die Beschaffenheitsentwicklung von Grundwasser. Verlag f. Grundstoffindustrie, Leipzig, 1989. 310 S.
- VON KEITZ, ST. & SCHMALHOLZ, M. (Hrsg.) (2002): Handbuch der EU-Wasserrahmenrichtlinie – Inhalte, Neuerungen und Anregungen für die nationale Umsetzung. Erich Schmidt Verlag Berlin , 2002 (ISBN 3-503-06620-9)