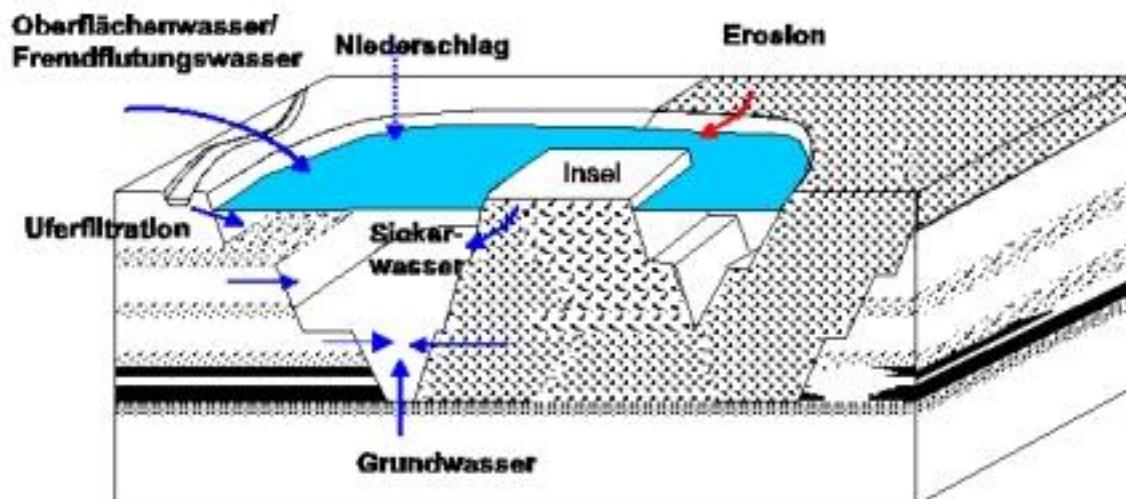


MERKBLATT

Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV mbH



Gliederung

Präambel	5
Rechtliche Grundlagen	5
1 Geltungsbereich	6
1.1 Sachlicher Geltungsbereich	6
1.2 Örtlicher Geltungsbereich	6
1.3 Zeitlicher Geltungsbereich	6
2 Grundsätze	7
3 Stand der allgemeingültigen technischen Regeln, Merkblätter und Instruktionen	9
4 Montanhydrologische Messstellenplanung	9
4.1 Strukturierung der Überwachungsobjekte und Festlegung der Messpunkte	9
4.1.1 Niederschlag und Verdunstung	9
4.1.2 Bodenwasser	10
4.1.3 Grundwasser	10
4.1.4 Seewasser	10
4.1.5 Fließgewässer	12
4.1.6 Grubenwässer	12
4.2 Festlegung der zu erfassenden Daten	13
4.3 Festlegung der Messzeiten	17
5 Anforderungen an die konstruktive Gestaltung der montanhydrologischen Messstellen	18
5.1 Grundwassermessstellen	18
5.1.1 Vorhandene Messstellen	18
5.1.2 Errichtung neuer Messstellen	21
5.2 Bodenwasser- und Bodenluftmessstellen	23
5.2.1 in situ Wassergehaltsbestimmung	23
5.2.2 Bodenwasser-/ Bodenluftprobenahme	24
5.3 Seewassermessstellen	24
5.3.1 Seewasserspiegelmessstellen	24
5.3.2 Seewasserbeschaffenheitsmessstellen	25
5.4 Fließgewässermessstellen	25
5.4.1 Durchflussmessung	25
5.4.2 Beschaffenheitsmessstellen	25
5.5 Grubenwassermessstellen	26
5.5.1 Durchflussmessung	26
5.5.2 Probenahmestellen	26
5.6 Erosionsmessstellen	26
6 Probenahme, -konservierung und -analyse	27
6.1 Boden	27
6.1.1 Probenahme	27

6.1.1.1	Planung	27
6.1.1.2	Durchführung.....	27
6.1.1.3	Auswertung und Dokumentation.....	28
6.1.2	Konservierung der Boden- bzw. Substratproben.....	28
6.1.3	Analyse der Boden-/ Substratproben	28
6.2	Grundwasser	29
6.2.1	Probenahme	29
6.2.1.1	Planung	29
6.2.1.2	Durchführung.....	31
6.2.1.3	Auswertung und Dokumentation.....	33
6.2.2	Konservierung der Grundwasserproben.....	33
6.2.3	Analyse der Grundwasserproben	34
6.2.3.1	Vor-Ort-Analyse der Grundwasserproben.....	34
6.2.3.2	Labor-Analyse der Grundwasserproben	34
6.3	Bodenwasser.....	34
6.3.1	Probenahme	34
6.3.1.1	Planung	34
6.3.1.2	Durchführung.....	34
6.3.1.3	Auswertung	35
6.3.2	Konservierung der Bodenwasserproben	35
6.3.3	Analyse der Bodenwasserproben.....	35
6.4	Bodenluft	35
6.4.1	Probenahme	35
6.4.1.1	Planung	35
6.4.1.2	Durchführung.....	35
6.4.1.3	Auswertung	36
6.4.2	Behandlung der Bodenluftproben.....	36
6.4.3	Analyse der Bodenluftproben	36
6.5	Tagebauseewasser	36
6.5.1	Probenahme	36
6.5.1.1	Planung	36
6.5.1.2	Durchführung.....	36
6.5.1.3	Auswertung und Dokumentation.....	37
6.5.2	Konservierung der Seewasserproben	37
6.5.3	Analyse der Seewasserproben.....	38
6.6	Fließgewässer	38
6.6.1	Probenahme	38
6.6.1.1	Planung	38
6.6.1.2	Durchführung.....	38
6.6.1.3	Auswertung und Dokumentation.....	39
6.6.2	Konservierung der Fließgewässerproben	39
6.6.3	Analyse der Fließgewässerproben	39
6.7	Grubenwasser	39
6.7.1	Probenahme	39
6.7.1.1	Planung	39
6.7.1.2	Durchführung.....	40
6.7.1.3	Auswertung und Dokumentation.....	40
6.7.2	Konservierung der Grubenwasserproben	40
6.7.3	Analyse der Grubenwasserproben	40
6.8	Erosionsmessflächen.....	41
6.8.1	Probenahme	41
6.8.1.1	Planung	41
6.8.1.2	Durchführung.....	41

6.8.1.3 Auswertung und Dokumentation.....	41
6.8.2 Konservierung.....	42
6.8.3 Analyse	42
7 Rückbau von Messstellen	42
7.1 Rückbau von Grundwassermessstellen.....	42
7.2 Rückbau von Bodenwasser-/ Bodenluftmessstellen	43
7.3 Rückbau von Seewasser-, Fließgewässer-, Grubenwasser- und Erosionsmessstellen ..	43

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Nomenklatur der Grundwasserleiter des Tertiärs und Quartärs im Weiße-Elsterbecken und in der nördlichen Leipziger Tieflandsbucht und Nomenklatur der Grundwasserleiter im Lausitzer Revier

Anlage 2: Betreiberplan zum Erreichen der Sanierungsziele und Sanierungszielwerte

Präambel

Das Merkblatt dient der Synchronisation der Qualitätssicherung und dem einheitlichen Handeln in der LMBV mbH bei der Planung und der Durchführung der Überwachung der bergrechtlich bestimmten Sanierung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse (einschl. Bau der dafür erforderlichen Anlagen sowie der Ausschreibung der hierfür insgesamt zu vergebenden Leistungen) in den vom Bergbau betroffenen Flächen, bezogen auf den Absenkungstrichter der bergbaulichen Wasserhaltung in den Ländern Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen bzw. bezogen auf den Abschlussbetriebsplan im Land Brandenburg. Die im Merkblatt getroffenen Aussagen zur Messstellenzahl, zu Mess-/Probenahmeintervallen und Mess-/Analysenprogramm haben orientierenden Charakter. Die tatsächlichen Angaben hierfür sind unter Beachtung der bergbaulichen Spezifik im Sinne einer Einzelfallprüfung objekt-, schutzgut- und nachnutzungskonkret zu treffen und zu begründen. Als Mittel zur Optimierung des Beobachtungsumfanges soll ein Betreiberplan erstellt werden, der spezifisch für das jeweilige Gewässer bzw. den jeweiligen Monitoringbereich die zu untersuchenden Parameter, Messstellen und den Messzyklus definiert. Dabei ist der in der Anlage 2 gezeigte Algorithmus "Betreiberplan ..." umzusetzen.

Insbesondere ist zu gewährleisten, dass mit dem objektkonkreten Erkenntnisgewinn, den der Überwachende im Verlauf des montanhydrologischen Monitorings erzielt, der Überwachungsaufwand spürbar gesenkt werden kann. Das "Montanhydrologische Monitoring" muss dabei jederzeit transparent und prüfbar sein.

Die Repräsentanz verkürzter Analysen ist durch innere und äußere Kontrollen nachzuweisen. Bei der Beprobung ist zu sichern, dass eine Probenahme unter gleichen Bedingungen zu unterschiedlichen Zeiten erfolgen kann.

Rechtliche Grundlagen

Rechtliche Grundlagen für das Monitoring sind das Bergrecht und die wasserrechtlichen Vorschriften, soweit sie in Abschlussbetriebsplänen, Sonderbetriebsplänen oder Nebenbestimmungen aus den Planfeststellungsverfahren bzw. –beschlüssen und die Betriebspläne Folgen des Grundwasserwiederanstieges zu berücksichtigen sind. Nach dem § 55 Abs. 2 Bundesberggesetz ist die LMBV als Bergwerkseigentümerin verpflichtet, die Wiedernutzbarmachung der Oberfläche in der vom einzustellenden Betrieb in Anspruch genommenen Fläche sicherzustellen.

Die LMBV ist als Bergwerkseigentümerin ferner verpflichtet, in Abschlussbetriebsplänen den Nachweis zu erbringen, dass gemeinschädliche Einwirkungen der Stilllegung nicht zu erwarten sind. Das Bundesverwaltungsgericht (BVerwG in ZfW 1995, 290, 295) hat hierzu festgestellt: "Weder genügt es, dass ein Schadenseintritt abstrakt möglich erscheint oder zu besorgen ist, noch bedarf es des Nachweises einer an Gewissheit grenzenden Wahrscheinlichkeit oder einer konkreten Gefahr im ordnungsbehördlichen Sinne. Vielmehr sind Gemeinwohlbe-

einrächtigungen im Sinne des § 6 WHG ebenso wie gemeinschädliche Einwirkungen im Sinne des § 55 Abs. 1 Satz 1 Nr. 9 BBergG dann zu erwarten, wenn sie bei normalem Geschehensablauf nach allgemeiner Lebenserfahrung wahrscheinlich und ihrer Natur nach vorhersehbar sind".

Deshalb ist die LMBV nur zu zeitlich und räumlich begrenzten Untersuchungen verpflichtet. Zur Ausführung dieses Grundsatzes hat die LMBV dieses Merkblatt erarbeitet. Sie konkretisiert damit auch ihre grundsätzliche Auffassung über die Bewirtschaftung von neu entstehenden Gewässern einschließlich Umfang und Dauer der Nachsorge, die sie wie folgt formuliert hat: Beim Monitoring kann die LMBV nur Maßnahmen durchführen, die zeitlich begrenzt sind. Monitoring-Maßnahmen müssen dadurch begrenzt sein, dass sie hinsichtlich des Mess- und Analysenaufwandes zielorientiert auf vorgegebene Nutzungen und zeitlich, räumlich und inhaltlich den Grundsätzen der Verhältnismäßigkeit gerecht werden.

1 Geltungsbereich

Das ***Merkblatt "Montanhydrologisches Monitoring in der Phase des Abschlussbetriebsplans"*** hat die nachfolgend benannten und definierten Geltungsbereiche.

1.1 Sachlicher Geltungsbereich

Überwachung der Sanierung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse im hydrologisch bestimmten Einflussbereich ehemaliger Braunkohlentagebaue und -veredlungsanlagen unter Einbeziehung der Wasserhaushaltselemente Niederschlag, Bodenwasser, Bodenluft, Grundwasser, Seewasser und Fließgewässer.

1.2 Örtlicher Geltungsbereich

Das Merkblatt gilt in den Ländern Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen für die im Rahmen der Sanierung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse durch die LMBV durchzuführenden Arbeiten. Die Überwachung des Grundwasserwiederanstieges erfolgt in den Bereichen der ehemaligen Absenkungsreichweite bezogen auf das Ende der Kohlegewinnung. Die Ausdehnung ist objekt-, schutzwert- und nutzungsspezifisch schriftlich zu begründen. Durch die LMBV mbH ist die bergrechtlich verantwortliche Person für das ausgegrenzte Überwachungsgebiet zu benennen.

1.3 Zeitlicher Geltungsbereich

Der zeitliche Geltungsbereich endet mit der Beendigung aus der Bergaufsicht, es sei denn, dass andere Verpflichtungen bzw. Rechtsverpflichtungen einen anderen zeitlichen Geltungsbereich festlegen.

2 Grundsätze

Die Überwachung der wasserwirtschaftlichen Sanierung in der Bergbaufolgelandschaft bildet einen Sonderbereich der Umweltüberwachung, der sich örtlich, zeitlich und verantwortungsrechtlich sowie finanziell von der ländergetragenen Umweltüberwachung abgrenzt. Der Standort der Messstellen während der zeitlich begrenzten Phase der Existenz dieses Sonderbereiches bedarf der vorsorglichen Regelung bereits in der Phase der Sanierungsplanung. Dabei sind die sich künftig einstellenden Fließbedingungen zu berücksichtigen. Seitens der Länder sollten deshalb auch von Beginn an die Überwachungsmessstellen des Sanierungsbergbaus als problemorientiertes Sondermessnetz betrachtet werden. Mit der Organisation des Datentransfers gilt es auch zu sichern, dass Daten, die in der ländergetragenen Umweltüberwachung ermittelt werden, im Programm des montanhydrologischen Monitorings nicht erneut erhoben werden müssen.

Die Überwachungsplanung, -durchführung und -auswertung der wasserwirtschaftlichen Sanierung im Bergbaufolgegebiet des Sanierungsbergbaus ist bergrechtlich und gegebenenfalls durch andere Rechtsverpflichtungen bzw. Verpflichtungen bestimmt. Sie ist notwendig, um das sichere Erreichen der Ziele des Sanierungsbergbaus:

- die Abwehr von Gefahren für die öffentliche Sicherheit,
- die Wiedernutzbarmachung des Bergaugebietes unter Beachtung der öffentlichen Interessen und
- die Wiederherstellung eines ausgeglichenen, sich weitgehend selbst regulierenden Wasserhaushaltes

für den Sanierungspflichtigen realisierbar, überprüfbar und steuerbar zu halten.

Verantwortlich für die Planung, Durchführung und Auswertung der Überwachung (einschl. Bau der hierfür erforderlichen Anlagen) der wasserwirtschaftlichen Sanierung im Bereich des Sanierungsbergbaus ist die LMBV mbH. Sie kann hierfür Dritte beauftragen, ohne dabei jedoch ihre Verantwortung zu verlieren. Die behördliche Aufsichtspflicht fällt für die Überwachung der wasserwirtschaftlichen Sanierungsaufgaben im Rahmen der Umsetzung des Abschlussbetriebsplanes den Bergbehörden zu.

Die Planung, Durchführung und Auswertung des montanhydrologischen Monitorings bedarf der sachkundigen Prüfung und Überwachung, für die die LMBV einen unabhängigen, gegebenenfalls bergbehördlich vereidigten Sachverständigen beauftragen kann. Grundsätzlich ist im Geltungsbereich dieser Richtlinie die Überwachung modellgestützt zu planen (einschl. der Errichtung der hierfür erforderlichen Anlagen), durchzuführen und auszuwerten, um der Komplexität der Prozessabläufe adäquat Rechnung tragen zu können.

Die hierfür zu nutzenden Wasser- und Stoffhaushalts-/Stofftransportmodelle müssen die Komponenten des Wasserhaushaltes mit zuverlässigen Modellstrukturen reflektieren, die so einfach wie möglich und so detailliert wie notwendig zu gestalten sind. Die prozessbeschreibenden Modelle sollten dabei angemessen wissenschaftlich gestützt und anschaulich aufgebaut sein sowie dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen. Ihre Struktur ist für die Strukturierung der Überwachungsobjekte maßgebend.

Die modellgestützte Überwachung der Entwicklung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse im Sanierungsgebiet erfolgt durch fortlaufende orts- und zeitdiskrete messtechnische Erfassung der Komponenten, d.h. durch messtechnische Erfassung der maßgebenden Zu- und Abflüsse von Wasser und Stoffen bezüglich des Betrachtungsgebiets bzw. -raumes und ihre Mengenänderung in diesem Gebiet. Durch modellgestützte Szenarioanalysen (Modellfallanalysen) ist dabei über maßgebende (wesentliche) und zu vernachlässigende (unwesentliche) Komponenten zu entscheiden.

Messdaten des montanhydrologischen Monitorings müssen zum einen modellunabhängig den erreichten Stand der wasserwirtschaftlichen Sanierung im Sinne einer Erfolgskontrolle der eingeleiteten oder abgeschlossenen Sanierungsmaßnahmen zumindest punktuell (bzw. stichprobenartig) einzuschätzen gestatten. Zum anderen müssen sie der Modellverifikation dienen, um die modellgestützte Festlegung oder Präzisierung der Sanierungsmaßnahmen flächendeckend iterativ verbessern zu helfen.

In der Regel dürfen zur Qualitäts- und Beweissicherung nur Personen die Feldarbeiten im Rahmen der Umsetzung des montanhydrologischen Monitorings ausführen, die von der LMBV beim Bergamt benannt wurden, über eine Befahrungsgenehmigung verfügen, von der LMBV über die betrieblichen Sicherheits- und Meldevorschriften unterwiesen wurden sowie ein Zertifikat über die erfolgreiche Teilnahme an einer in Verantwortung der LMBV mbH durchgeführten Weiterbildung zur Durchführung und Auswertung der im Bereich des montanhydrologischen Monitorings erforderlichen Leistungen besitzen.

Die praktische Umsetzung der Forderungen dieses LMBV-Merkblattes wird durch Musterauflösungen geregelt.

3 Stand der allgemeingültigen technischen Regeln, Merkblätter und Instruktionen

Das Merkblatt fasst die durch DIN, DVWK, DVGW und LAWA vorgegebenen allgemeingültigen Regeln für die montanhydrologische Aufgabenstellung zusammen und findet an ihrer Statt Anwendung.

4 Montanhydrologische Messstellenplanung

Die montanhydrologische Messstellenplanung einschließlich der Erarbeitung eines Messnetzbetreiberplans liegt in Verantwortung der LMBV. Die Messstellenplanung erfolgt stets modellgestützt und beinhaltet sowohl die Eignungsprüfung von vorhandenen als auch die Errichtung neuer Messstellen.

4.1 Strukturierung der Überwachungsobjekte und Festlegung der Messpunkte

Gemäß der Struktur der Wasser- und Stoffhaushaltsmodelle untergliedert man den Modellraum (Betrachtungsraum) in den Boden- und Grundwasserraum (-zone) sowie in die Teirläume, die die Stand- und die Fließgewässer einnehmen. Die von den Messstellen zu erfassenden Daten müssen in diesen Räumen entweder die gespeicherte Wasser- oder Stoffmenge oder einen der maßgebenden Wasser- oder Stoffflüsse repräsentativ widerspiegeln.

Das montanhydrologische Monitoring umfasst die Wasserhaushaltselemente für den Niederschlag, die Verdunstung, das Bodenwasser, das Grundwasser, die Restseen (einschl. deren oberirdischen Zufluss über Böschungen) und Fließgewässer nach Menge und Beschaffenheit. Vor der Festlegung der Messpunkte ist hierzu eine umfassende Kenntnisstandsanalyse für das zu betrachtende Überwachungsobjekt durchzuführen.

4.1.1 Niederschlag und Verdunstung

Ohne Begründung im Betreiberplan sollen keine sanierungsobjektbezogenen Niederschlags- bzw. Klimamessstationen betrieben werden. Als Repräsentative Niederschlags-, atmogene Stoffdepositions- und Klimadaten sind in der Regel die Daten und Gutachten des DWD zu verwenden.

Für die Ermittlung der bodennahen mittleren Niederschläge im Bilanzgebiet ist im Rahmen der Sondermessnetzplanung eine fachlich prüffähige Vorschrift zu fixieren, die vorschreibt, aus welchen Stationsdaten mit welchen Transformations- bzw. Wichtungsfaktoren der wasserhaushaltsrelevante bodennahe Niederschlag für Teilmodellgebiete (z.B. die Restseefläche) zu bestimmen ist. In vergleichbarer Weise ist bei der Festlegung der Verdunstung von den Seewasserflächen und der Gebietsverdunstung (mittlere reale Evapotranspiration) und damit auch der mittleren Gesamtabflussspende als Differenz von erdbodennahem Gebietsniederschlag und realer Gebietsverdunstung zu verfahren.

4.1.2 Bodenwasser

In der Regel sind Bodenwassermessstellen zur punktuellen (stichprobenhaften) Überwachung des volumetrischen Wassergehalts im Absenkungstrichter des Gewachsenen und in der Aerationszone der Kippen erforderlich. Sie sollen auch die Bodenwasser- und Bodenluftbeprobung ermöglichen. Die Anzahl der Messstellen sollte sich nach der Größe des Überwachungsgebietes richten.

Bodenwasser/Bodenluftmessstellen mit mindestens drei vertikal differenziert angeordneten Mess-/Probenahmesystemen pro Messstelle geplant, errichtet und betrieben werden. Ihre Positionierung muss sich sowohl an der hydrogeologischen Struktur im Bereich des Absenkungstrichters bzw. den abraumtechnologisch bedingten Kippenstrukturen und der zeitlichen Wiederanstiegsentwicklung des Grundwassers orientieren (eine dynamische Anpassung an die geohydraulischen Bedingungen und den Sanierungsfortschritt ist zu gewährleisten). Die Beprobung der Messstellen sollte 1 bis 2 mal jährlich erfolgen.

4.1.3 Grundwasser

Das montanhydrologische Monitoring erfordert Grundwassermessstellen, die den Grundwasserstand in den Hauptgrundwasserleitern flächendeckend im Einflussbereich des Tagebaus und in den bergbaubedingt belasteten Grundwasserkörpern widerspiegeln und die Grundwasserprobenahme aus den maßgebenden grundwassergetragenen Stoffströmen ermöglichen. In der *Markscheider-Bergverordnung* (Bundesgesetzbl. Jg. 1986, Teil 1) heißt es hierzu unter Pkt. 7: *"Der Grundwasserriss muss die Linien gleicher Veränderungen des Grundwasserstandes, getrennt nach den Grundwasserleitern, und die zugehörige Tagessituation enthalten"*.

Die zu überwachenden Grundwasserleiter ergeben sich aus den hydrogeologischen Regel- bzw. Idealprofilen der Braunkohlenreviere bzw. deren lokaler Ausbildungen. Anlage 1 enthält diese Profile für das Mitteldeutsche und Lausitzer Revier.

Grundwassermessstellen, die ein repräsentatives Monitoring des Grundwasserhaushaltes nach Menge und Beschaffenheit ermöglichen, sind strömungspfadorientiert zu positionieren und am hydrogeologischen Regelprofil des Reviers zu orientieren. Sie sind primär im Umfeld der Tagebauseen und nach Möglichkeit auch in den Innenkippen zu installieren, wenn diese nicht ständig überstaut werden. Die Anzahl der Messstellen sollte sich nach der Größe des Überwachungsgebietes richten.

4.1.4 Seewasser

Das montanhydrologische Monitoring erfordert Seemessstellen, die folgende Zielstellung ermöglichen:

- fortlaufende Einmessung der Seespiegellage und der Seetiefe,
- Aufnahme von Vertikalprofilen für die Kennwerte: elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Sauerstoffsättigung, Temperatur, Trübung und Redoxspannung,

- tiefenorientierte Entnahme von Seewasserproben und
- Entnahme von Substratproben aus dem Bereich der Seesedimente und erosionsgefährdeter Böschungen.

Die Seewassermessstelle ist im Bereich der tiefsten Stelle des Tagebausees anzuordnen. In Tagebauseen, die durch Flachwasserbereiche (Flachwasserbereiche über Innenkippen, pflanzenbestandene Uferzonen (Litoral) und Seeausbuchtungen) geprägt sind, sind in diesen Bereichen ebenfalls Seewassermessstellen zu betreiben, da diese dann einen wesentlichen Anteil am Stoffhaushalt des Gesamtsystems bilden.

Untergliedert sich der Tagebausee in Teileseen, die durch Flachwasserbereiche oder Fließe verbunden sind, ist in jedem der Teileseen eine Wasserstandsmessstelle zu errichten und zu betreiben.

Untergliedert sich das Hypolimnion in mehrere nicht zusammenhängende Tiefseebecken (z.B. eingestaute Randschlüche), so ist jedes als Teilkörper zu betrachten und zu überwachen. Ist bei der Auswertung der Untersuchungen ein gemeinsames Hypolimnion der Teileseen nachweisbar, so können die Untersuchungen auf den Hauptrestsee eingeschränkt werden.

Eine Untergliederung des Epilimnion ist vorzunehmen, wenn die windgetriebene Durchmischung nicht eine etwa gleiche Wasserbeschaffenheit an jedem Punkt des Epilimnions zu bewirken vermag, sondern die von Zu- und Abflüssen bewirkte Seedurchströmung eine hydraulische Fragmentierung verursacht.

Der Seewasserkörper ist unter limnologischen Gesichtspunkten in wenige Teilkörper zu untergliedern, die als 0-dimensionale Mischreaktoren eine etwa einheitliche Wasserbeschaffenheit und einheitliche Stoffumsatzraten erwarten lassen. Eine feinere Strukturierung ist nur bei adäquater Beschreibungsmöglichkeit der Austauschstoffströme zwischen den Teilkörpern sinnvoll. Für die tieferen Restseen ist eine Fragmentierung des Seekörpers in das Hypolimnion und das Epilimnion während einer Zeit von etwa 6 bis 7 Monaten im Jahr notwendig. Bei den durch Grundwasserzufluss dominierten Seen kann es auch zur Ausbildung einer grundwassergeprägten Seewasserzone mit Temperaturen um 9°C über das ganze Jahr hinweg kommen, die eine Herausbildung von Epilimnion und Hypolimnion erschweren (so z. B. im Sedlitzer See, Partwitzer See, Concordiasee).

In der Regel sollten 1 bis 7 Messstellen pro Tagebausee durch verankerte und gut sichtbare Bojen oder durch festgelegte Koordinaten, die vom Probenehmer angesteuert werden können, fixiert werden. Die Probenahme und Profilaufnahme erfolgt in der Regel mit Schlauchbooten (Mehrkammersystem) durch zwei Personen. Besteht die Gefahr von Böschungsrutschungen und Fließrutschungen, die das Betreten der Böschungsbereiche und das Befahren der Seen (d.h. den Personenverkehr) arbeitsschutzrechtlich nicht gestatten, so können z. B. automatisch gesteuerte Katamarane mit ferngesteuerter Mess- und Probenahmetechnik oder schwimmende Messstationen, die durch Signalleitungen und Schläuche mit dem gewachsenen Ufer verbunden sind, eingesetzt werden. Eine weitere Alternative besteht in der Beprobung mittels Hubschrauber.

Die Seemorphologie ist im Regelfall aller 5 Jahre zu aktualisieren.

In bedeutendem Maße beeinflussen auch die hydromechanische Böschungsabflachung, Böschungsrutschungen, Setzungsfließen, der Landoberflächenabfluss bei Extremniederschlägen und die Wellenerosion die Seewasserbeschaffenheit. Da zu Flutungsbeginn der Wasserspiegel vor allem auf steile Restlochböschungen, sowohl im Bereich des Gewachsenen als auch der Kippen trifft, bewirken die Wellen örtliche Böschungsbrüche und das Auswaschen des in den Seewasserkörper stürzenden Substrates. Das Böschungsmaterial, das solcher Auswaschung unterliegen könnte, ist deshalb vorausschauend zu beproben.

Im Ergebnis der bereichsweise erarbeiteten Messnetzbetreiberpläne können nach Auswertung der bisher vorliegenden Daten Veränderungen des Untersuchungsumfanges in Hinblick auf die Analysenprogramme bzw. Messstellen und deren Beprobungsfrequenz vorgenommen werden. Dazu zählen auch die Möglichkeiten, die qualitative und quantitativen Phyto- und Zooplanktonuntersuchungen bei Seen mit pH-Wert < 4 für eine festgelegte Zeit auszusetzen sowie die Häufigkeit der Analysen nach dem Zusatzprogramm Versauerung zu reduzieren.

4.1.5 Fließgewässer

Das montanhydrologische Monitoring erfordert Durchflussmessstellen zur messtechnischen Erfassung der maßgebenden Volumenströme. An diesen Messstellen ist auch die messtechnische Erfassung der Leitkennwerte (Elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoff, Temperatur und ggf. Redoxspannung) sowie die Entnahme von qualifizierten Stichproben zur Erfassung der Wasserbeschaffenheit zu ermöglichen, um so vor allem im Sinne einer Ein- und Ausgangskontrolle (in bergrechtlicher Verantwortung) neben den Volumenströmen des Wassers auch die maßgebenden Stoffströme quantifizieren zu können, die dem betroffenen Sanierungsobjekt zugehen bzw. von ihm in das Umfeld abgegeben werden. Eine Speicherung der Messwerte und Datenfernübertragung ist zu begründen. Die Anzahl der Messstellen sollte sich nach den Zu- und Abflüssen im zu betrachtenden Überwachungsgebiet richten.

Im Ergebnis der bereichsweise erarbeiteten Messnetzbetreiberplänen können nach Auswertung der bisher vorliegenden Daten Veränderungen des Untersuchungsumfanges in Hinblick auf die Analysenprogramme bzw. Messstellen und deren Beprobungsfrequenz vorgenommen werden. Dazu zählen z.B. die Einführung reduzierter Analysenprogramme und die Reduzierung der Häufigkeit von Analysen nach dem Zusatzprogramm Versauerung.

4.1.6 Grubenwässer

Die aus dem Bereich des aktiven Bergbaus (VATTENFALL bzw. MIBRAG) bereitgestellten Flutungswässer sind an deren Übergabestelle hinsichtlich der Volumen- und Stoffströme zu überwachen. Hierzu werden automatische Messstationen empfohlen, die neben der Messung und Speicherung der Volumenströme, der Leitkennwerte (Elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur sowie ggf. Sauerstoff und Redoxspannung) die Entnahme einer über 24 Stunden gemittelten Mischprobe ermöglichen. Eine Datenfernübertragung der gespeicherten Messwerte ist anzustreben, um bei einer Veränderung der Leitkennwerte eine Beprobung der Flutungswässer zu veranlassen.

4.2 Festlegung der zu erfassenden Daten

Im Rahmen des montanhydrologischen Monitorings ist ein für alle Wasserhaushaltsskomponenten einheitliches und aufeinander abgestimmtes Mess- und Analysenprogramm zu garantieren. Dieses muss sowohl den Anforderungen einer Qualitätssicherung (u.a. Ionenbilanz) als auch einer modellgestützten Entscheidungsfindung genügen (s. nachfolgende Tabellen).

Tab. 1-a: Mess- und Analysenprogramm - Grundprogramme

Parameter/ Kennwert	Nieder- schlag	Boden- wasser	Boden- luft	Liner/ Bö- schung	OFW- Sedi- ment	Grund- wasser	See- wasser	Fließ/Gru- benwässer
Strömung/ Menge								
Druck		✓	✓			(✓)		
Wasserstand						✓	✓	✓
Volumen/ Zeit	✓							
Durchfluss								✓
Kornverteilung				✓				
Beschaffenheit - Grundprogramm								
pH-Wert	✓	✓		✓ (E)	✓ (PW)	✓	✓	✓
Elektr. Leitf. (25°C)	✓	✓		✓ (E)	✓ (PW)	✓	✓	✓
Sauerstoff		✓				✓	✓	✓
Redoxspannung		✓				✓	✓	✓
CO ₂ , O ₂ , N ₂			✓					
Acidität [KB(4,3); KB(8,2)]	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Alkalinität [KS(4,3); KS(8,2)]	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Eisen (II)		✓				✓		
Eisen, gelöst		✓		✓ (E)	✓ (PW)	✓	✓	✓
Eisen, ge- samt				✓				
Sulfat	✓	✓		✓ (E)	✓ (PW)	✓	✓	✓
Sulfid						✓		
Chlorid	✓	✓		✓ (E)		✓	✓	✓
o-Phosphat	✓				✓ (PW)	✓	✓	✓
Phosphor, ges.	✓	✓		✓		✓	✓	✓
Nitrat	✓	✓				✓	✓	✓
Nitrit							✓	
Ammonium	✓	✓				✓	✓	✓
Stickstoff, ge- samt	✓			✓	✓			
Gesamthärte		✓				✓	✓	✓
Karbonathärte		✓				✓	✓	✓
DOC		✓				✓		
TOC	✓	✓		✓	✓		✓	✓
TIC	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Trocken- u. Filtratrückstand						✓		

(E): im Eluat

(PW): im Porenwasser

Tab. 1-a: Mess- und Analysenprogramm - Grundprogramme

Parameter/ Kennwert	Nieder- schlag	Boden- wasser	Boden- luft	Liner/ Bö- schung	OFW- Sedi- ment	Grund- wasser	See- wasser	Fließ/Gru- benwässer
Aluminium				✓	✓ (PW)			
Kalium		✓		✓		✓	✓	✓
Natrium		✓		✓		✓	✓	✓
Calcium		✓		✓		✓	✓	✓
Magnesium		✓		✓		✓	✓	✓
Mangan, gel.		✓				✓		
Mangan, ges.				✓				
Phytoplankton							✓	
Zooplankton							✓	
Chlorophyll a							✓	
Sichttiefe							✓	
Tiefenprofile für T, pH- Wert, elektr. LF, O ₂ , Re- dox,						✓	✓	
Trübung							✓	
Trockensub- stanz				✓	✓			
Glühverlust				✓	✓			
disulfid. Schwefel				✓	✓			
Schwefel, ges.				✓	✓			

Tab. 1-b: Mess- und Analysenprogramm – Zusatzprogramme für Feststoffuntersuchungen; sind entsprechend der Zielstellung zu begründen

Parameter/ Kennwert	Liner/ Böschung	OFW-Sediment
Porosität	✓	✓
pF-Kurven	✓	
k _f -Darcy	✓	✓
Spez. Oberfläche	✓	
Sulfid		✓ (PW)
Eisen (II)		✓ (PW)
Gesamtkonzentration an Fe, Mn, Al, Ca und P	✓	✓
P-Fraktionierung nach Psenner		✓
Kationenaustauschkapazität	✓	✓
Säurefreisetzungsversuch nach REICHEL	✓	✓
Gesamtmineralbestand	✓	✓
röntgendiffraktometrische Tonmineralanalyse	✓	✓

Tab. 1-c: Mess- und Analysenprogramm – Zusatzprogramme für Wasseruntersuchungen; sind entsprechend der Zielstellung zu begründen

Parameter/ Kennwert	Nieder-schlag	Boden-wasser	Grund-wasser	See-wasser	Fließ/Gru-benwässer
Zusatzprogramm Altlasten					
AOX		√	√	√	√
LHKW		√	√	√	√
BTEX		√	√	√	√
MKW		√	√	√	√
Phenolindex		√	√	√	√
Quecksilber		√	√	√	√
PAK		√	√	√	√
Bor		√	√	(√)	(√)
CSB		√	√		√
Cyanide, ges.		√	√	√	√
Weitere Parameter zur Bewertung der Kontamination, wie BSB5, PCB, Chlorbenzole, MBAS, SAK254, PBSM und Toxizitätstests, sind entsprechend den behördlichen Vorgaben anzuwenden oder entsprechend der Zielstellung zu begründen.					
Zusatzprogramm Versauerung für pH ≤ 5 und 1x/a**					
Arsen		√	√	√	√
Blei		√	√	√	√
Cadmium		√	√	√	√
Nickel		√	√	√	√
Kupfer		√	√	√	√
Zink		√	√	√	√
Aluminium		√	√	√	√
Silizium		√	√		
Eisen (II)				√	√
Mangan, gel.				√	√
Chrom, ges.		√	√	√	√
Zusatzprogramme besondere Indikationen					
1) in Seebereichen mit O ₂ < 1mg/L; 2) für Kontrolluntersuchungen (1x/a);					
3) nur bei pH > 7					
Sulfid 1)		√		√	√
Eisen (II) 1)				√	√
Nitrit-N 2)		√	√		√
Fluorid 2)		√	√	√	√
gesamte wirksame Acidität 2)		√	√		
DOC 3)				√	√
Silizium 3)				√	√

** die Bewertung ist bei hoher Metallacidität zu prüfen

Tab. 1-d: Mess- und Analysenprogramm – Zusatzprogramme für Wasseruntersuchungen; sind entsprechend der Zielstellung zu begründen

Zusatzprogramm Betonaggressivität					
Gesamtprogramm für Einzelproben, die außerhalb des Grundprogramms entnommen werden – wenn im Rahmen des Grundprogramms, dann die bereits im Grundprogramm enthaltenen Kennwert bzw. Parameter streichen					
(fett: zusätzlich zum Grundprogramm erforderliche Analysen).					
Parameter/ Kennwert	Nieder-schlag	Boden-wasser	Grund-wasser	See-wasser	Fließ/Gru-benwässer
pH-Wert			✓		✓
El. Leitfähigkeit (25°C)			✓		✓
Färbung, qual.			✓		✓
Geruch, qual.			✓		✓
Geruch, nach An-säuern			✓		✓
Gesamthärte			✓		✓
Karbonathärte			✓		✓
Kohlendioxid, kalklösend			✓		✓
Sulfid			✓		✓
Chlorid			✓		✓
Sulfat			✓		✓
Calcium			✓		✓
Magnesium			✓		✓

4.3 Festlegung der Messzeiten

Die Festlegung der Messzeiten erfordert ebenfalls einen einheitlichen und aufeinander abgestimmten Zeitplan. Der nachfolgend aufgelistete Zeitplan entspricht in der Regel diesen Forderungen und kann in begründeten Fällen auf der Grundlage des in der Anlage 2 dargestellten Messnetzbetreiberplanes geändert werden.

Tab. 2: Mess- und Analysenprogramm

Monat	Nieder-schlag	Boden-wasser	Boden-luft	Boden/Substrat	Grund-wasser	See-wasser	Fließ/Gru-benwässer
nach Eisauftauch- oder Februar/ März	✓ ⁺	✓	✓	✓	✓	✓ ¹	✓*
April	✓ ⁺						
Mai	✓ ⁺						
Juni	✓ ⁺	✓	✓			✓ ²	✓*
Juli	✓ ⁺				✓		
August/ September	✓ ⁺	✓	✓			✓ ³	✓*
Oktober/ November	✓ ⁺	✓	✓			✓ ⁴	✓*
Dezember/ Januar	✓ ⁺						

✓⁺ entsprechend der Regenereignisse

✓* - in begründeten Fällen auch in kürzeren Zeitabständen

$\sqrt{1}$: bei Frühjahrsvollzirkulation
 $\sqrt{3}$: Ende der Sommerstagnation

$\sqrt{2}$: Beginn der Sommerstagnation
 $\sqrt{4}$: bei Herbstvollzirkulation (im November, da Oktober dafür i.d.R. zu zeitig)

Grundwasser: 2-mal jährlich Untersuchungen nur im ersten und zweiten Jahr nach Errichtung neuer Messstellen oder Messnetze, ab dem dritten Jahr sollte 1-mal pro Jahr reichen (außer bei besonderen Indikationen oder behördlichen Festlegungen im Altlastbereich; in jedem Fall ist eine Optimierung des Messnetzbetriebes durch einen Messnetzbetreiberplan zu begründen – s. Anlage 2).

Fließ-/Grubenwasser: Empfehlung: monatliche Beprobung, da die Beschaffenheit witterungsbedingt stark schwanken kann.

5 Anforderungen an die konstruktive Gestaltung der montanhydrologischen Messstellen

5.1 Grundwassermessstellen

Die Anforderungen unterscheiden sich gemäß der Zielstellung, ob die Grundwassermessstelle nur zur Messung des Grundwasserstandes oder zusätzlich auch zur Entnahme von Grundwasserproben genutzt werden soll. Prinzipiell ist durch die Installation und den Betrieb der Grundwassermessstellen der zu überwachende Untergrund so gering wie möglich zu stören sowie sicherzustellen, dass eine repräsentative Entnahme von Grundwasserproben ermöglicht wird. Dies wird durch folgende konstruktive Forderungen erzielt:

- Rohrinnendurchmesser DN65 (2,5") bis DN75 (3") und Bohrdurchmesser 273 mm für Grundwassermessstellen mit einer Endteufe bis zu 50 m
- Rohrinnendurchmesser DN100 (4") bis DN 125 (5") und Bohrdurchmesser 273 bzw. 325 mm für Grundwassermessstellen mit einer Endteufe von größer 50 m
- der verfilterte Bereich sollte nicht mehr als 2 m betragen
- Installation eines 1 m langen Sumpfrohres mit Bodenkappe¹

5.1.1 Vorhandene Messstellen

Bei der Eignungsprüfung vorhandener Grundwassermessstellen ist zuerst eine formale Prüfung erforderlich, ob in dem modellgestützt ausgegrenzten Überwachungsgebiet Grundwassermessstellen vorhanden sind (zukünftig zu beprobende Grundwasserleiter, die bisher noch kein Wasser führen, sind zu berücksichtigen), die:

- über eine Dokumentation verfügen (Lage, Ausbauzeichnungen, Schichtenverzeichnis, Datenreihen),
- nicht zerstört, überbaggert oder verwahrt und
- in den letzten 10 Jahren genutzt wurden.

¹ Gemäß LfUG-Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Messstellenausbau und repräsentative Grundwasserprobenahme aus Grundwassermessstellen im Grundmessnetz Beschaffenheit des Freistaates Sachsen, Teilthema 2: Untersuchungen zum Einfluss von Sumpfrohren auf die Grundwasserprobenahme“, 2002

Die daran anschließende Prüfung, ob eine vorhandene Messstelle als GW-Standmessstelle oder/ und als GW-Beschaffenheitsmessstelle in das Messnetz der LMBV Aufnahme findet, ist gemäß folgender Ablaufschemata durchzuführen:

Eignungsprüfung für GW-Standmessstellen

I Vorauswahl in Wertung der verfügbaren Bestandsunterlagen		Ja	Nein
1. Liegt die Grundwassermessstelle und ihre Filterstrecke an einem zu überwachenden Punkt	↓	⇒	
2. Liegt die Filterstrecke im Grundwasserbereich und entspricht ihre Länge der Zielstellung der Wasserstandsmessung?	↓	⇒	
3. Garantiert die Lage der Dichtung eine eindeutige Zuordnung zu dem zu überwachenden Punkt?	↓	⇒	
4. Erlauben die Eigentumsrechte die sichere Nutzung, bzw. sind solche Rechtsverhältnisse mit angemessenem Aufwand herstellbar?	↓	⇒	
II Visuelle Bewertung vor Ort			
5. Ist die Grundwassermessstelle zugänglich bzw. sind vorhandene Hindernisse ausräumbar?	↓	⇒	
6. Ist die Grundwassermessstelle äußerlich intakt und stimmt das visuelle Erscheinungsbild mit den Bestandsdaten überein? (Abschluss des Schutzrohres zur Geländeoberfläche (Setzungen, Risse, Klüfte,...), Deformationen am Schutz- bzw. Vollrohr, Abweichungen des Schutz- bzw. Vollrohres von der Lotrechten, undichte bzw. fehlende Verschlusskappe, Ablagerungen im Bereich der Grundwassermessstelle).	↓	⇒	
7. Stimmt die gelotete Teufe mit der angegebenen Teufe auf $\pm 0.5\text{m}$ überein und ist das Ein- und Ausfahren eines Wasserstandsmess-Dummys problemlos möglich?	↓	⇒	
III Technische Überprüfung vor Ort			
8. Sind Lage und Wirksamkeit der Dichtung z.B. durch eine geophysikalische GR-/ GG-/ NN-Prüfung nachweisbar?	↓	⇒	
9. Ermöglicht der mittels Kamerabefahrung festgestellte innere Zustand von Filter- und Vollrohr eine repräsentative Ermittlung hydraulischer Kennwerte?	↓	⇒*	
10. Ist die Dichtigkeit des Vollrohres durch einen WD-Test in dem über dem Filterrohr abgepackten Aufsatzrohr nachweisbar?	↓	⇒	
11. Ist der Filter nach dem Klarpumpen hydraulisch ausreichend mit dem zu überwachenden GW-Leiter verkoppelt (Pump- oder Infiltrations-test)?	↓	⇒	
Für die GW-Standmessung geeignete Messstelle Gütepass mit Grunddaten und Prüfprotokoll ausfertigen			
Für die GW-Standmessung nicht geeignete Messstelle			

* Es ist zu prüfen, ob die Mängel zu beseitigen sind (z.B. Regenerierung).

Eignungsprüfung für GW-Beschaffenheitsmessstellen

<u>I Vorauswahl</u> in Wertung der verfügbaren Bestandsunterlagen	Ja	Nein
1. Liegt die Messstelle und ihre Filterstrecke an einem zu überwachenden Punkt	↓	⇒
2. Beträgt der Ausbaudurchmesser <u>mindestens</u> 2,5 Zoll und für Filtertiefen >50 m 4 Zoll?	↓	⇒
3. Garantiert die Lage der Dichtung eine eindeutige Zuordnung der zu entnehmenden GW-Probe zu dem zu überwachenden Punkt?	↓	⇒
4. Erlauben die Eigentumsrechte die sichere Nutzung, bzw. sind solche Rechtsverhältnisse mit angemessenem Aufwand herstellbar?	↓	⇒
<u>II Visuelle Bewertung vor Ort</u>		
5. Ist die Grundwassermessstelle angemessen zugänglich bzw. sind vorhandene Hindernisse ausräumbar?	↓	⇒
6. Ist das Ausbaumaterial Edelstahl, HDPE oder PVC-hart oder ein vergleichbarer Kunststoff?	↓	⇒
7. Ist die Grundwassermessstelle äußerlich intakt und stimmt das visuelle Erscheinungsbild mit den Bestandsdaten überein? (Abschluss des Schutzrohres zur Geländeoberfläche (Setzungen, Risse, Klüfte,...), Deformationen am Schutz- bzw. Vollrohr, Abweichungen des Schutz- bzw. Vollrohres von der Lotrechten, undichte bzw. fehlende Verschlusskappe, Ablagerungen im Bereich der Grundwassermessstelle).	↓	⇒
8. Stimmt die gelotete Teufe mit der angegebenen Teufe auf ± 0.5 m überein und ist das Ein- und Ausfahren eines Probenahme-Dummies (z.B. Dummy der später einzusetzenden Pumpe) problemlos möglich?	↓	⇒
<u>III Technische Überprüfung vor Ort</u>		
9. Sind Lage und Wirksamkeit der Dichtung z.B. durch eine geophysikalische GR-/ GG-/ NN-Prüfung nachweisbar?	↓	⇒
10. Ermöglicht der mittels Kamerabefahrung festgestellte innere Zustand von Filter- und Vollrohr eine repräsentative Ermittlung hydraulischer Kennwerte?	↓	⇒**
11. Ist die Dichtigkeit des Vollrohres durch einen WD-Test in dem über dem Filterrohr abgepackten Aufsatzrohr nachweisbar?	↓	⇒
12. Ist der Filter nach dem Klarpumpen hydraulisch ausreichend mit dem zu überwachenden GW-Leiter verkoppelt (Pump- oder Infiltrationstest)?	↓	⇒
13. Ist die Erstbeprobung positiv*?	↓	⇒

Für die GW-Beschaffenheitsbestimmung **geeignete** Messstelle
Gütepass mit Grunddaten und Prüfprotokoll ausfertigen

Für die GW-Beschaffenheitsbestimmung **nicht geeignete** Messstelle

* Die Erstbeprobung dient der Überprüfung der Repräsentativität der Messstelle. Abweichungen vom Erwartungsbild bedürfen der geochemisch/geobiologischen Erklärung.

** Es ist zu prüfen, ob die Mängel zu beseitigen sind (z.B. Regenerierung).

5.1.2 Errichtung neuer Messstellen

Neu zu errichtende Grundwassermessstellen sind prinzipiell als Einzel- oder Messstellengruppen auszubauen. In hydraulisch gering ergiebigen Grundwasserleitern (Kippenbereich oder tertiäre Grundwasserleiter) sollten Grundwassermessstellen bevorzugt als Sondermessstellen ausgebaut werden (z.B. Messstellengruppen mit stationärem Packer/ Pumpensystem, Multilevelfilter, SGM Sicker- und Grundwassermesssystem oder gleichwertiges Produkt). Weitere Sondermessstellen sind zu begründen.

Entsprechend dem Stand der Regelwerke sind zwischen den durchbohrten Grundwasserleitern Dichtungen zu setzen. Für die Verhinderung einer vertikalen Strömung im Bereich des zwischen Bohrlochwandung und Messstellenrohr verfüllten Ringraumes sollten aller 10 m weitere Dichtungen angeordnet werden.

Das zu verwendende Bohrverfahren muss folgende aufgabenspezifischen Forderungen erfüllen:

- Gewinnung von ungestörten² und unverfälschten Substratproben aus dem auszubauenden Filterbereich und
- eine Schichtauflösung im Bereich von ca. 50 cm.

Bei einer zusätzlichen Nutzung der Bohrung zur Gewinnung von geologischen Informationen, Mess-/ Analysenwerten und Parametern sind nachfolgende Forderungen einzuhalten:

- Gewinnung von ungestörten und unverfälschten Substratproben über den interessierenden Teufenbereich ggf. vollständig und
- eine Schichtauflösung im dm-Bereich.

Zur Gewährleistung der Entnahme repräsentativer Kernproben (keine Veränderung und Verlust an Porenwasser) ist der Einsatz von Zusätzen im Zusatz- bzw. Spülwasser auf der Basis von Bentonit zulässig. Das Zusatzwasser ist hinsichtlich seines Volumens in Abhängigkeit von der Bohrtiefe zu erfassen. Um durch das Zusatzwasser keine signifikanten Veränderungen des Bohrbereiches zu bewirken, sollte es nach Möglichkeit aus in der Nähe befindlichen und im Bohrbereich ausgebauten Grundwassermessstellen bzw. Brunnen entnommen werden. Ist dies nicht möglich, so ist Trinkwasser zu verwenden. Sind Kontaminationen im zu verwendenden Grundwasser nicht auszuschließen, ist ebenfalls Trinkwasser zu verwenden. In jedem Fall ist das verwendete Wasser hinsichtlich seiner Beschaffenheit auszuweisen. Weiterhin ist der Bohraushub in seinem Volumen zu erfassen.

Folgende weitere Anforderungen werden an den GW-Messstellenneubau gerichtet:³

² In Abhängigkeit von der Aufgabenstellung ist in Ausnahmefällen auch die Entnahme strukturgestörter oder gestörter Proben zulässig.

³ Der Ausbau temporärer Rammpegel kann in begründeten Fällen von diesen Vorgaben abweichen.

GW-Standmessstellen

Ausbau durchmesser:	Rohrinnendurchmesser \geq DN 50 (2")
Ausbaumaterial:	HDPE, PVC-U
Länge des Filterrohres:	1 - 2 m (im begründeten Fall auch länger)
Filterschlitzweite und Filterschüttung:	gemäß DIN 4924 auf der Grundlage einer Vor-Ort-Nasssiebung; die Verwendung von Kiesklebefiltern wird ausgeschlossen; prinzipiell muss die Verfüllung der Grundwassermessstelle mittels Schüttrohr erfolgen
Länge der Filterschüttung	bis ca. 0,5 m oberhalb der Filteroberkante bzw. unterhalb der Filterunterkante
Länge des Gegenfilters	ca. 0,5 m beidseitig im unmittelbaren Anschluss an die obere und untere Filterschüttung
Abdichtungen im Ringraum:	\geq 1 m (mittels geophysikalischer Methoden lokalisierbar) beidseitig im unmittelbaren Anschluss an den Gegenfilter sowie aller 10 m bzw. vollständige Dichtung durchteufter stauender Schichten
Sumpfrohr:	1 m mit Bodenplatte
Geländeabschluss:	Schutzrohrkonstruktion als Messstellenkopf "Einhänger" gegen das Einwerfen von Feststoffen bzw. Einschütten von Fluiden; sicherer Kappenverschluss
Einbau	mit Abstandshaltern und Schüttrohr (ist beim Einbau mitzuführen)

GW-Beschaffenheitsmessstellen

Ausbau durchmesser:	Rohrinnendurchmesser DN 65 (2,5") bzw. DN 75 (3") bis 50 m Teufe, DN 100 bis DN 125 (4" – 5") für mehr als 50 m Teufe und in Kippen bzw. Kippenanteil
Ausbaumaterial:	Edelstahlwickeldrahtfilter + HDPE- bzw. PVC-U Vollrohr HDPE oder PVC-U (starkwandig bei DN 100 bis DN 125)
Länge der Filterstrecke:	1 - 2 m (im begründeten Fall auch länger)
Filterschlitzweite und Filterschüttung:	gemäß DIN 4924 ggf. auf der Grundlage einer Vor-Ort-Nasssiebung; die Verwendung von Kiesklebefiltern wird ausgeschlossen; prinzipiell muss die Verfüllung der Grundwassermessstelle mittels Schüttrohr erfolgen
Länge der Filterschüttung	bis ca. 0,5 m oberhalb der Filteroberkante bzw. unterhalb der Filterunterkante
Länge des Gegenfilters	ca. 0,5 m beidseitig im unmittelbaren Anschluss an die obere und untere Filterschüttung
Abdichtungen im Ringraum:	\geq 1 m (mittels geophysikalischer Methoden lokalisierbar) beidseitig im unmittelbaren Anschluss an den Gegenfilter sowie aller 10 m bzw. vollständige Dichtung durchteufter stauender Schichten
Sumpfrohr:	1 m mit Bodenplatte
Geländeabschluss:	Schutzrohrkonstruktion als Messstellenkopf "Einhänger" gegen das Einwerfen von Feststoffen bzw. Einschütten von Fluiden; sicherer Kappenverschluss
Einbau	mit Abstandshaltern und Schüttrohr (ist beim Einbau mitzuführen)

Die Grundwassermessstellen werden einer Zertifizierung durch das die Maßnahme betreuende Ingenieurbüro unterzogen. Damit wird gewährleistet, dass die Messstellen die technischen Voraussetzungen für eine repräsentative Probennahme erfüllen. Für die Zertifizierung der Messstellen sind neben den Planungsgrundlagen und den Bohrmeisterausbaudaten bzw. -darstellungen die Ergebnisse der technischen Abnahmeprüfung, gemäß der Ablaufpläne für die Eignungsprüfung für Grundwassermessstellen notwendig (s. S. 19 bzw. 20: Teilschritte II 7, II 8 und III 9 bis III 13). Nach erfolgter Zertifizierung kann die Messstelle in die turnusmäßige Beprobung überführt werden.

5.2 Bodenwasser- und Bodenluftmessstellen

Die Bodenwasser- und Bodenluftmessstellen werden als Einzelmessstellen, Messstellengruppen oder Sondermessstellen [z.B. Sicker- und Grundwassermesssystem (SGM-System oder gleichwertiges Produkt) oder Multilevelsysteme] installiert. Einzeln bzw. in Gruppen angeordnete Messstellen sind zu bevorzugen.

Die Bohrungen werden als Hand-, Rammkernbohrungen (ggf. mit Rammkernsonde) oder einer Drucksonde mit Linerprobenahmesystem ausgeführt. Der Bohrdurchmesser sollte max. 10 mm größer sein als der Außendurchmesser des Mess- bzw. Probenahmesystems. Ab einer Einbautiefe von 3 m sind die Bohrungen verrohrt abzuteufen.

Die Umsetzung der Forderungen ist der Musterausschreibung "Errichtung und Abnahme von Bodenwasser- und Bodenluftmessstellen" zu entnehmen.

5.2.1 in situ Wassergehaltsbestimmung

Die repräsentative Ermittlung des Bodenwassergehaltes ist eine wesentliche Voraussetzung zur Prognose der Wasserbewegung und des daran gekoppelten Stofftransports in der Bodenzone.

An den Ausbau werden folgende Anforderungen gestellt:

Ausbaumaterial:	HDPE- oder PVC-U Vollrohr
Sensortypen	Tensiometer, Time Domain Reflectrometry (TDR), Frequency Domain Sensor (FD-Sensor) oder ähnliche Systeme, außer Gipsblöcke
Ausbaudurchmesser:	1 cm größer als der Messkopf
Verfüllung:	mit dem Bohrgut von der Einbaustelle des Messkopfes; das Bohrgut wird die Fraktion ≤ 2 mm nass abgesiebt und mittels Schüttrohr zwischen Messkopf und Bohrlochwandung verfüllt. Darüber sind Dichtungen zu setzen.

Geländeabschluss:	Schutzrohrkonstruktion als Messstellenkopf
	"Einhänger" gegen das Einwerfen von Feststoffen bzw. Einfüllen von Fluiden; sicherer Kappenverschluss

5.2.2 Bodenwasser-/ Bodenluftprobennahme

Für die Entnahme von Bodenwasser- und Bodenluftproben sollten kombinierte Bodenwasser-/ Bodenluftmessstellen installiert werden. Die hierzu erforderlichen Separatoren müssen langzeitstabil und inert sein.

Zur Separation der Bodenluft vom Boden und Bodenwasser werden Edelstahlwickeldraht- oder Filterelemente aus HDPE eingesetzt, deren Schlitzweite an das Verfüllmaterial bzw. den angrenzende Boden anzupassen ist.

Für die Entnahme von Bodenwasserproben sind Separatoren (Saugkerzen) erforderlich, die:

- einen Lufteintrittspunkt von 500 bis 1000 hPa aufweisen,
- dünnwandig sowie
- hydraulisch gut durchlässig sind (high flow) und
- eine für die zu entnehmende Bodenwasserprobe nicht relevante Beschaffenheitsveränderung bewirken.

Als Materialien eignen sich z.B.:

- Keramikkerzen, high flow, ca. 1000 hPa (ca. 1 bar) Lufteintrittspunkt
- Glassinterkerzen, Porosität 5 (1,0 - 1,6 μm Parendurchmesser).

Der Ringraum zwischen Saugkerze und Bohrlochwand ist mittels einer aus dem Bohrgut (Körnung ≤ 2 mm) der Einbaustelle der Saugkerze hergestellten Bodenpaste auszufüllen. Darauf sind Dichtungen zu setzen.

Die Entnahme repräsentativer Bodenwasserproben erfordert einen kontinuierlichen Betrieb der Bodenwassersammler mittels einer ständig wirkenden, die Saugspannung konstant haltenden Unterdruckerzeugungseinheit bzw. eines kapillardruckgesteuerten Unterdrucksystems.

Im Bereich eines Tagebaurestloches sollte eine einheitliche Bauweise der Bodenwasser- und Bodenluftmessstellen erfolgen.

5.3 Seewassermessstellen

5.3.1 Seewasserspiegelmessstellen

Für die Überwachung der Wasserstände sind Lattenpegel oder registrierende Wasserstandsmessgeräte, wie Schreibpegel, Schwimmer mit Winkelkodierer oder Drucksonden mit Datenlogger zu verwenden. Um den Einfluss von Wellen und Wind zu vermeiden sind alle registrierenden Wasserstandsmessgeräte in einem Tauchrohr zu installieren. Eine Datenfernüber-

tragung der Messwerte (Funk- bzw. öffentliches Telefonnetz) bedarf der Begründung. Die Überprüfung bzw. Kalibrierung der Seewasserpegel sollte jährlich mit einem zweiten, von dem bei der Routinemessung verwendeten unabhängigen Messsystem erfolgen.

5.3.2 Seewasserbeschaffenheitsmessstellen

Für die Überwachung der Seewasserqualität ist die Entnahmestelle eindeutig zu fixieren. Bei gefahrfreier Befahrbarkeit ist eine festverankerte Boje zu installieren oder bei jeder Probenahme eine terrestrische Peilung (bei kontinuierlicher Tiefenlotung und anschließender Verankerung des Probenahmefahrzeugs) durchzuführen. Die Positionierung eines ferngesteuerten Probenahmefahrzeugs bzw. Hubschraubers kann ebenfalls durch eine Boje erfolgen. Ist das Setzen von Bojen nicht möglich, so ist des Probenahmegerät mit einer automatischen Navigationshilfe auszurüsten (bei Hubschraubern ist diese vorhanden). Auch ist die Einrichtung einer durch Verankerung fixierten schwimmenden Entnahmestation mit Schlauchverbindungen zum Ufer und Temperaturmessfühler möglich.

Eine reproduzierbare Entnahmetiefe ist bei der Wasserprobenahme zu gewährleisten. Die Entnahmetiefen sind dem steigenden Wasserstand, der Ausbildung thermischer Schichtungen und dem Grundwasserzustrom anzupassen. Eine Entnahme in Grundnähe ist immer vorzusehen.

Die Umsetzung der Forderungen ist der Musterausschreibung "Errichtung und Abnahme von Oberflächenwassermessstellen" zu entnehmen.

5.4 Fließgewässermessstellen

5.4.1 Durchflussmessung

Für Messstellen ohne veränderlichen unterstromigen Rückstau ist der Durchfluss unter Nutzung der Beziehung zwischen Wasserstand und zugehörigem Durchfluss (d.h. durch Nutzung der sogenannten Schlüsselkurve $Q = f(H_W)$) zu ermitteln. Bei der Wahl des Messpunkts ist ein Bereich mit geringstmöglichen Veränderlichkeiten im Gewässer und in unmittelbarer Nähe zur Probenahmestelle anzustreben. Für die Messung der Wasserstände gelten die gleichen Bedingungen und Empfehlungen wie für die Seewasserstandsmessstellen.

Durchflussmessungen sollen sich auf den gesamten Bereich zwischen Niedrig- und Hochwasser erstrecken.

Eine Verifikation der funktionellen Abhängigkeit $Q=f(H_W)$ ist erforderlich:

- mindestens alle drei Jahre
- nach Hochwasserereignissen, mit einem mittleren Wiederkehrsintervall von 10 Jahren
- vor und nach jeder baulichen Maßnahme im Gewässerbett

5.4.2 Beschaffenheitsmessstellen

Die Wasserprobenahme aus Fließgewässern dient der Stofffrachtschätzung der Zu- und Abflüsse in bzw. aus dem zu bilanzierenden Tagebaurestsee. Dementsprechend sind Mess- und Probenahmestellen im unmittelbaren Zu- bzw. Abflussbereich des Restsees zu errichten.

Der Betrieb automatischer Messstationen, die neben der Messung und Speicherung der Wasserstände, der Leitkennwerte (Elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur, ggf. Sauerstoff und Redoxspannung) die Entnahme einer über 24 Stunden gemittelten Mischprobe ermöglichen, ist zu begründen.

5.5 Grubenwassermessstellen

Grubenwassermessstellen werden an den zwischen der LMBV und der VATTENFALL bzw. MIBRAG vereinbarten Übergabestellen errichtet und betrieben.

5.5.1 Durchflussmessung

Für die Durchflussmessung sind in der Regel kontinuierlich messende und registrierende Systeme einzusetzen. Eine Datenfernübertragung der Messwerte (Funk- bzw. öffentliches Telefonnetz) bedarf der Begründung.

5.5.2 Probenahmestellen

Die Übernahmekontrolle des vom Aktivbergbau übergebenen Grubenwassers erfolgt seitens der LMBV an dem Stutzen der Druckrohrleitung unmittelbar nach der Pumpe. Dabei ist zu garantieren, dass die zu analysierende Wasserprobe eine Mischprobe der Wasserqualität der vergangenen 24 h ist. Hierzu werden automatische Messstationen verwendet, die neben der Messung und Speicherung der Volumenströme, der Leitkennwerte (Elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur, ggf. Sauerstoff und Redoxspannung) die Entnahme einer über 24 Stunden gemittelten Mischprobe ermöglichen. Eine Datenfernübertragung der gespeicherten Messwerte ist anzustreben, um bei einer Veränderung der Leitkennwerte eine Beprobung der Flutungswässer zu veranlassen.

5.6 Erosionsmessstellen

Erosionsmessstellen sind Sondermessstellen und werden sowohl zur Erfassung des flächenhaften Sedimentabtrages als auch des Oberflächenabflusses verwendet (Sedimentfalle mit Wasserleit- und -speichersystem). Ihre Lage muss im Rahmen der Böschungskartierung begründet werden. Die Erosionsmessflächen sind jährlich zu vermessen und zu kartieren (s. hierzu DVWK 239). Die Erosionsmessstellen sind so anzulegen, dass die zu erfassenden Proben eindeutig der zu untersuchenden Fläche zuordenbar sind. Eine Beeinflussung der Sediment- und Wasserproben durch das Grundwasser ist auszuschließen. Der Flächenwasserabfluss ist mit einem Durchflussmesssystem im Anschluss an die Sedimentationsfalle zu erfassen.

Grundsätzlich gilt, dass die Vermeidung der starkniederschlagsbedingten Böschungserosion Vorrang vor deren messtechnischen Erfassung haben muss.

6 Probenahme, -konservierung und -analyse

Die repräsentative Probennahme setzt eine sehr detaillierte Planungsphase voraus, um die Qualitätssicherung bei der Durchführung der Probennahme im Bereich der verschiedenen Tagbauseen zu garantieren.

6.1 Boden

6.1.1 Probenahme

6.1.1.1 Planung

Die Planung dient der Ermittlung:

- der Anzahl und räumlichen Lage der Beprobungspunkte auf der Grundlage hydrogeochemischer und hydrogeologischer Kenntnisse bzw. Modellergebnisse
- der Anzahl der gestört und ungestört zu entnehmenden Bodenproben,
- der technischen Voraussetzungen zur Gewährleistung einer repräsentativen Entnahme von Bodenproben,
- des Finanzmittelbedarfs zur Schaffung der technischen Voraussetzungen und
- des Zeitaufwandes, der für die repräsentative Entnahme von Bodenproben erforderlich ist.

6.1.1.2 Durchführung

Für die Entnahme von Bodenproben sind die nachfolgend genannten Aufschlussverfahren zu verwenden. Die Probenahmeansatzpunkte sind einzumessen und die Bodenprofile bzw. Schichtenverzeichnisse aufzunehmen. Letzteres nach dem Symbolschlüssel der Braunkohlen-erkundung.

Aufschlussverfahren	Tiefenbereich	Durchführung der Probenahme	
		gestörte Probenahme	ungestörte Probenahme
Bohrung	≥ 1 m	Becher-/ Beutelproben; beachte: verfahrensbedingter Verlust an Feinkorn bei der Beprobung feinkörniger Grundwasserleiter und im Grundwasserbereich liegender Kippenkörper	Kernprobengewinnung mittels Kunststoffliner, ggf. unter Verwendung von Spülungszusätzen auf Bentonitbasis (GR-nachweisbar)
Schurf	0 m bis 2 m	Becher-/ Beutelproben	Kernproben mittels Stechzylinder
ohne	0 m bis 0,2 m	Becher-/ Beutelproben	Kernproben mittels Stechzylinder

6.1.1.3 Auswertung und Dokumentation

Die Auswertung und Dokumentation beinhaltet:

- die kartographische Dokumentation,
- die Herstellung von Aufschlussprofilen bzw. Schichtenverzeichnissen nach dem Symbolschlüssel der Braunkohlenkundung bzw. DIN EN ISO 22475-1 und
- die Anfertigung von Probenahmeprotokollen.

6.1.2 Konservierung der Boden- bzw. Substratproben

Entsprechend der Zielstellung sind die Boden- bzw. Substratproben wie folgt zu konservieren:

Zielstellung	Konservierung
Gewinnung von Porenwasser aus dem Grundwasserbereich im Feld.	nicht erforderlich bei der Gewinnung von Kernproben unter Verwendung von Spülzusätzen auf Bentonitbasis
Gewinnung von Porenwasser aus dem Grundwasserbereich im Labor Gewinnung unbelüfteter Boden-/ Substratproben aus dem Grundwasser- bereich.	Einfrosten der Bohrkerne unmittelbar nach der Entnahme aus dem Bohrwerkzeug, wobei die Bohrung unter Verwendung von Spülzusätzen auf Bentonitbasis abgeteuft wird. Oder Flutung des Bohrlochbereiches über dem Grundwasserspiegel mit CO_2 und anschließendem Ziehen des Liners. Unmittelbar nach der Entnahme aus dem Bohrwerkzeug erfolgt der beidseitige Verschluss des Liners mit anschließender Flutung der Kernprobe mit Grundwasser aus deren Entnahmefeld.
	Erfolgt die Analyse nicht innerhalb von 4 Wochen, so sind die gefrostenen Bohrkerne unter Schutzgas zu lagern.
Gewinnung unbelüfteter Boden-/ Substratproben aus dem Bodenwasserbe- reich	Verschließen der Stirnseiten der Kernproben mit einer Bentonitsuspension. Erfolgt die Analyse nicht innerhalb von 4 Wochen, so sind die Bohrkerne zu frosten und unter Schutzgas zu lagern.
Gewinnung gestörter Boden-/ Substrat- proben aus dem Boden- und Grund- wasserbereich	Erfolgt die Analyse nicht innerhalb von 4 Wochen, so sind die Becher- bzw. Beutelproben zu frosten und unter Schutzgas zu lagern.

6.1.3 Analyse der Boden-/ Substratproben

Die Boden-/ Substratproben werden auf die in Tabelle 1 aufgelisteten Inhaltsstoffe analysiert. Dabei werden je nach Zielstellung der Untersuchungen zusätzlich zum Grundprogramm Zusatzprogramme empfohlen. Abweichungen von diesem Programm bedürfen der schriftlichen Begründung (Ergebnis des Messnetzbetreiberplanes gemäß Anlage 2)

6.2 Grundwasser

Grundsätzlich ist eine repräsentative Entnahme von Grundwasserproben als Schöpfproben ohne Verwendung einer geeigneten Abpumptechnik zur Erreichung des hydraulischen Abbruchkriteriums nicht möglich. Daher ist im Geltungsbereich des MHM die Entnahme von Schöpfproben aus Grundwassermessstellen nur dann zulässig, wenn druckhaltende Schöpfer, wie das BAT-System verwendet werden und dieser in Kombination mit der Abpumptechnik so verwendet wird, dass er das gleiche Grundwasser wie das von der Abpumptechnik geförderte beproben kann. Dies kann z.B. dadurch erzielt werden, dass der Kühlmantel einer MP 1 (GRUNDFOS) oder eines gleichwertigen Produkts so verlängert wird, dass das BAT-System darin vollständig integriert ist. Der druckhaltende Schöpfer ist erst nach Erreichen des hydraulischen Abbruchkriteriums (s. 6.2.1.1) zu betätigen.

6.2.1 Probenahme

6.2.1.1 Planung

Auf der Grundlage der Planungsunterlagen wird ermittelt:

- das Wasservolumen (V_F), das während der Abpumpphase zu fördern ist, um die Einhaltung des für eine repräsentative Grundwasserprobenahme erforderlichen hydraulischen Abbruchkriteriums zu gewährleisten [Gl.(1)].

$$V_F = 1,5 \frac{\pi}{4} d_{BL}^2 L_F \quad (1)$$

V_F 1,5-fache Filervolumen [m^3]

L_F Länge der Filterschüttung [m]

d_{BL} Durchmesser der Bohrung [m]

- der Pumpenförderstrom, der eine repräsentative Grundwasserprobenahme ermöglicht

$$Q_P = s k_f L_{FR} 20 F_F \quad (2)$$

s Wasserspiegelabsenkung in der Grundwassermessstelle [cm]

Q_P Volumenstrom der Grundwasserprobenahmetechnik [l/min]

k_f kf-Wert des Grundwasserleiters (Tab. 3) [m/s]

F_F Filterflächenfaktor (Tab. 4) [-]

L_{FR} Länge des Filterrohres [cm]

Die Reichweiten- und Geometrieabhängigkeit ist in dem Faktor (20) enthalten.

Tab. 3: kf-Wertabschätzung

Bodenart	kf-Wert in m/s
schluffiger Sand	$2 \cdot 10^{-6}$... $8 \cdot 10^{-6}$
Feinsand	$2 \cdot 10^{-5}$... $8 \cdot 10^{-5}$
Mittelsand	$1 \cdot 10^{-4}$... $8 \cdot 10^{-4}$
Grobsand	$2 \cdot 10^{-3}$... $8 \cdot 10^{-3}$

Tab. 4: Filterflächenfaktor in Abhängigkeit der Filterart

Material	Lochungsart	Filterflächenfaktor
PVC/HDPE	Schlitzung 0,2 bis 3,0 mm	0,08 bis 0,13
Spezialfilter	Maschenweite 0,1 bis 0,6 mm	0,07 bis 0,23
Stahl	Wickeldrahtschlitzung 0,1 bis 3,0 mm	0,35 bis 0,40
	Schlitzbrücke 1 bis 4 mm	bis 0,15
	Schlitzlochung 1 bis 4 mm	bis 0,12
Filterrohr mit Kiesbelag	Schlitzung entsprechend Filterrohr	0,07 bis 0,23

- Zeitbedarf für jede Grundwasserbeprobung

$$t_{PN} = \frac{V_F}{Q_P} + t_{AP} + t_{VA} + t_{EA} \quad (3)$$

- t_{PN} Gesamtzeit für die Entnahme einer Grundwasserprobe
 V_F Abzupumpendes Filtervolumen entsprechend Gl.(1)
 Q_P Pumpenvolumenstrom der Entnahmepumpe entsprechend Gl.(2)
 t_{AP} Zeitaufwand für das Abfüllen und Präparieren der Grundwasserprobe
 t_{VA} Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik (z.B. KS-/ KB-Wert)
 t_{EA} Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Probenahme- und Messtechnik

- die Entsorgung des abgepumpten Wassers V_F

- die Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen

Die Festlegung der Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen sollte so erfolgen, dass eine Reinigung der Probenahmetechnik im Feld vermieden wird. Dementsprechend sollten an einem Tag nur Grundwassermessstellen in Gebieten mit gleichen Wasserinhaltsstoffen bzw. Kontaminanten beprobt werden. Die Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen ist so zu planen, dass anfangs die gering und zuletzt die höher belasteten Grundwasserbereiche beprobt werden.

6.2.1.2 Durchführung

Unmittelbar nach der Ankunft an der Grundwassermessstelle erfolgt deren **äußere Zustandsprüfung**. Folgende Auffälligkeiten sind im Probenahmeprotokoll unter "Bemerkungen" zu fixieren:

- Abschluss des Schutzrohres zur Geländeoberfläche (Setzungen, Risse, Klüfte,...),
- Deformationen am Schutz- bzw. Vollrohr,
- Abweichungen des Schutz- bzw. Vollrohres von der Lotrechten,
- undichte bzw. fehlende Verschlusskappe,
- Zugängigkeit zur Messstelle und
- Ablagerungen im Bereich der Grundwassermessstelle.

Anschließend erfolgt die **innere Prüfung** der Grundwassermessstelle

Nach der Messung der Wasserspiegellage in der Grundwassermessstelle wird deren Tiefe gelotet. Beide Werte werden im Probenahmeprotokoll eingetragen und mit den Ausbaudaten der Grundwassermessstelle verglichen. Werden Abweichungen in der Tiefe von > 10 cm festgestellt, so ist dies im Probenahmeprotokoll unter "Bemerkungen" einzutragen.

Nach der Tiefenlotung der Grundwassermessstelle wird ein Dummytest für das Grundwasserentnahmesystem durchgeführt. Das Ergebnis ist im Probenahmeprotokoll zu vermerken.

Ist die Tiefensonde einsetzbar, so wird ein vollständiges Tiefenprofil für die Temperatur, die Sauerstoffkonzentration, die Elektrische Leitfähigkeit, den pH-Wert und die Redoxspannung (Leitkennwerte) in der Grundwassermessstelle aufgenommen.

Wird bei der Eintragung der gewonnenen Daten in das Probenahmeprotokoll festgestellt, dass sich der Wasserstand in der Grundwassermessstelle im Sumpfrohr befindet, ist dies ebenfalls unter Bemerkungen einzutragen. Im Geltungsbereich des MHM ist es nicht zulässig, Grundwasserproben aus dem Sumpfrohrrbereich zu entnehmen. Somit ist von einer Beprobung dieser Grundwassermessstellen abzusehen.

Abpumpphase

Zu Beginn der Abpumpphase wird die geplante Pumpenförderleistung eingestellt und der Wasserspiegel überwacht. Der Pumpenvolumenstrom ist so einzustellen, dass die Wasserspiegelabsenkung konstant ist ($\Delta h/\Delta t = 0$). Sollte die gemessene Absenkung den geplanten Wert [Gl.(2)] überschreiten, so ist die Pumpenförderleistung zu reduzieren. Dementsprechend ist die erforderliche Abpumpzeit neu zu berechnen. Grundsätzlich ist das hydraulische Abbruchkriterium einzuhalten.

Prinzipiell ist ein konstanter Wert der Wasserspiegelabsenkung in der Grundwassermessstelle einzustellen. Dieser ist den messstellenspezifischen Probennahmenvorgaben der LMBV zu entnehmen. Während der Abpumpphase sind bei Abpumpzeiten < 90 min mindestens aller 5 min bzw. bei Abpumpzeiten > 90 min mindestens aller 10 min zu notieren und digital im Echtzeitverfahren zu speichern:

- Wasserspiegellage in der Grundwassermessstelle
- Pumpenförderleistung

- Temperatur (Sauerstoffmessung in der Durchflusszelle)
- pH-Wert in der Durchflusszelle
- elektrische Leitfähigkeit in der Durchflusszelle
- Sauerstoffkonzentration in der Durchflusszelle und
- Redoxpotenzial in der Durchflusszelle.

Wurde bei der geplanten Pumpenförderleistung eine Differenz zwischen der vorgegebenen und gemessenen Wasserspiegelabsenkung in der Grundwassermessstelle von $\Delta s > 2\text{m}$ festgestellt, so ist unter Nutzung früherer Messwerte eine Regenerierung der Grundwassermessstelle zu empfehlen.

Sollte eine Pumpenförderleistung von $Q_p \leq 2 \text{ l/min}$ erforderlich sein, d.h. ist eine Standardprobenahme aufgrund geringer Ergiebigkeit bzw. geringen Grundwasserzustromes zur Messstelle trotz niedrigster Förderleistung der Pumpe nicht möglich, so ist die Grundwasserprobenahmetechnik auf ca. FOK bzw. 1 m über Endteufe der GWM (wenn der Wasserspiegel im Filterbereich der GWM liegt) einzubauen und die Messstelle leer zu pumpen. Dieser Vorgang ist an drei aufeinander folgenden Kalendertagen zu wiederholen. Danach ist am darauf folgenden vierten Tag die Grundwasserprobe mit einer Förderleistung von $Q_p \leq 1 \text{ l/min}$ zu entnehmen. Bei niedrigem Wasserstand bzw. geringem Wasservolumen in der Messstelle nach dreimaligen Abpumpen kann am vierten Tag alternativ die Probenahme auch mit einem Schöpfer im Bereich der Filterstrecke erfolgen, wenn durch die Bauart des Schöpfers (vor und nach der Probenahme verschließbare Systeme, z.B. Ruttner-Schöpfer oder Schöpfer mit Fußventil) eine tiefenorientierte Beprobung möglich ist. Auf dem Probenahmekontrollprotokoll ist der verwendete Schöpfertyp anzugeben. Unzulässig ist die Beprobung des im Sumpfrohr befindlichen Wassers.

Entnahme der Grundwasserprobe

Prinzipiell erfolgt die Entnahme einer Grundwasserprobe:

- mit der selben Pumpenförderleistung wie während der Abpumpphase und
- **wenn das hydraulische Abbruchkriterium erreicht wurde.** Die dabei gemessenen Leitkennwerte:
 - elektrische Leitfähigkeit
 - pH-Wert
 - Temperatur
 - Sauerstoff
 - Redoxspannung

charakterisieren die Probe zum Zeitpunkt der Entnahme.

Im Probenahmeprotokoll wird das Ergebnis der organoleptischen und optischen Bewertung der Grundwasserprobe, eventuelle Ausgasungen und Bodensatz sowie die Endwerte der Leitkennwerte notiert.

6.2.1.3 Auswertung und Dokumentation

Die Auswertung und Dokumentation der Grundwasserprobenahme umfasst:

- die graphische Auswertung der Tiefenprofilmessung in der Grundwassermessstelle für die Temperatur, die elektrische Leitfähigkeit, die Sauerstoffkonzentration, das Redoxpotenzial und den pH-Wert,
- den zeitlichen Verlauf des Pumpvolumenstroms, des Wasserspiegels in der Grundwassermessstelle und dem aus der Wasserspiegelabsenkung in der Grundwassermessstelle resultierenden Anteil am Abpumpvolumen,
- die zeitliche und auf die ausgetauschten Filtervolumen bezogene Aufnahme der Leitkennwerte pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Redoxpotenzial und Sauerstoffgehalt in der Durchflussmesszelle (on site),
- Erstellung eines Probenahmeprotokolls.

Die Ergebnisse der Grundwasserprobenahme hinsichtlich Lotung der Messstellenteufe, der Förderleistung und der daraus resultierender Absenkung des Grundwasserspiegels während der Probenahme sowie des Wiederanstiegs sind unter Beachtung der im Messnetzbetreiberplan dafür vorzugebenden Randbedingungen als Bewertungsgrundlage für eine Regenerierung der Grundwassermessstellen zu verwenden.

6.2.2 Konservierung der Grundwasserproben

Alle Grundwasserproben sind in vorgekühlte Kunststoff- bzw. Glasflaschen direkt aus dem Pumpenförderstrom über einen Bypass, der unmittelbar nach der Rohroberkante anzuordnen und mit einem Durchfluss von ca. 1L/min zu betreiben ist, abzufüllen. Durch die Konservierung ist eine Beschaffenheitsveränderung der Grundwasserprobe zu minimieren bzw. auszuschließen. Die Filtration der Grundwasserproben erfolgt unmittelbar nach der Probenahme. Die Verwendung einer Druckfiltration mit Stickstoff über ein 0,45 µm Filter nach vorheriger Spülung des Filters mit 1l Grundwasser hat sich bewährt. Bei der Ermittlung drucksensitiver Kennwerte ist zu beachten, dass diese durch die Routineprobenahme verfälscht werden können. Um die Abweichungen zwischen den an Routineproben ermittelten Analysen von den repräsentativen Werten für drucksensitive Kennwerte zu ermitteln, haben sich z.B. Schöpfer bewährt, die nach dem BAT-Prinzip wirken (druckhaltende Schöpfer). Diese Schöpfer werden unterhalb der Grundwasserentnahmepumpe positioniert und erst geöffnet, wenn die Grundwasserproben aus dem Pumpenstrom abgefüllt werden können (s. 6.2 Grundwasser).

Prinzipiell sind die Proben noch am Tag der Probenahme an das Labor zu übergeben.

6.2.3 Analyse der Grundwasserproben

6.2.3.1 Vor-Ort-Analyse der Grundwasserproben

Die Ermittlung der Säure- und Basenkapazität $[K_S(4,3)$ bzw. $K_S(8,2)$ - und $K_B(4,3)$ bzw. $K_B(8,2)$ - Wert] erfolgt in einem Feldlabor (DIN 38 409/7). Hierfür haben sich Digitalbüretten (oder gleichwertige Büretten), die mit einem Magnetrührer und pH-Messgerät verwendet werden, bewährt.

Weiterhin sind Schnelltests zur Abschätzung des Konzentrationsbereiches für Fe (II) zu verwenden, um über die Notwendigkeit einer für die Probenpräparation erforderlichen Probenverdünnung entscheiden zu können.

6.2.3.2 Labor-Analyse der Grundwasserproben

Die Grundwasserproben werden auf die in Tab. 1 aufgelisteten Inhaltsstoffe analysiert.

Eine grundsätzliche matrixbedingte Anpassung der Probenpräparation wurde in den Musterleistungsbeschreibungen mit Musterleistungsverzeichnissen fixiert. Die matrixspezifische Anpassung der Probenpräparation ist im Rahmen des aufgabenspezifischen Einfahrens des jeweiligen Messnetzes festzulegen. Die Ergebnisse sind in die messnetzspezifischen Ausschreibungsunterlagen aufzunehmen.

6.3 Bodenwasser

6.3.1 Probenahme

6.3.1.1 Planung

Auf der Grundlage der bodenkundlichen und geohydraulischen Kenntnisse erfolgt die Planung:

- des Unterdruckes, der für eine repräsentative Bodenwasserprobenahme erforderlich ist und
- des Zeitbedarfs, der für jede Bodenwasserbeprobung benötigt wird.

6.3.1.2 Durchführung

Unmittelbar nach der Ankunft an der Bodenwassermessstelle erfolgt deren **äußere Zustandsprüfung** analog Pkt. 6.2.1.2 (Grundwassermessstellen).

Anschließend erfolgt die **innere Prüfung** der Bodenwassermessstelle. Hierzu wird zunächst der anliegende Unterdruck gemessen (ggf. ist der Datenlogger auszulesen). Ist dieser verschieden von dem an der Unterdruckerzeugungseinheit eingestellten Druck, so ist das System nach der Entnahme des Bodenwassers zu entlüften und erneut zu überprüfen.

Entnahme der Bodenwasserprobe

Die Entnahme der in der Bodenwassermessstelle gesammelten Bodenwasserprobe kann mittels Druckgas [(1)Schutzgas] oder unter Verwendung des BAT-Prinzips oder gleichwertiger Systeme [(2) shuttle-Prinzip] erfolgen.

Das Abfüllen der vorher gekühlten Probengefäße erfolgt bei (1) im Feld bzw. bei (2) im Labor mittels eines Schlauches gasblasenfrei über eine Durchflusszelle (Messung von Temperatur, pH-Wert, Elektrische Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt). Der Schlauch ist nach jeder Probenahme zu erneuern.

6.3.1.3 Auswertung

Die Auswertung der Bodenwasserprobenahme umfasst:

- die graphische Auswertung (zeitlich) der während der Probenahme bei (1) bzw. während des Abfüllens der Probengefäße bei (2) gemessenen Temperatur, Elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration und des pH-Wertes sowie
- die Erstellung eines Probenahmeprotokolls.

6.3.2 Konservierung der Bodenwasserproben

Alle Bodenwasserproben sind analog Pkt. 6.2.2 (Grundwasser) zu konservieren. Ob eine Filtration des Bodenwassers durchzuführen ist, ist auf der Grundlage einer prozessbezogenen Bewertung der in der Bodenwasserprobe während der Entnahmzeit stattfindenden Veränderung (z.B. Druckänderungen mit daraus resultierenden Fällungen) zu entscheiden.

Prinzipiell sind die Proben noch am Tag der Probenahme an das Labor zu übergeben.

6.3.3 Analyse der Bodenwasserproben

Die Bodenwasserproben werden auf die in Tab. 1 aufgelisteten Inhaltsstoffe analysiert. Eine grundsätzliche matrixbedingte Anpassung der Probenpräparation wurde in den Musterleistungsbeschreibungen mit Musterleistungsverzeichnissen fixiert. Die matrixspezifische Anpassung der Probenpräparation ist im Rahmen des aufgabenspezifischen Einfahrens des jeweiligen Messnetzes festzulegen. Die Ergebnisse sind in den messnetzspezifischen Ausschreibungsunterlagen aufzunehmen.

6.4 Bodenluft

6.4.1 Probenahme

6.4.1.1 Planung

Die Planung der Bodenluftprobenahme erfolgt analog Pkt. 6.3.1.1 (Bodenwasser).

6.4.1.2 Durchführung

Unmittelbar nach der Ankunft an der Bodenluftmessstelle erfolgt deren **äußere Zustandsprüfung** analog Pkt. 6.3.1.2 (Bodenwasser).

Entnahme der Bodenluftprobe

Prinzipiell erfolgt die Entnahme von Bodenluftproben mittels gesteuertem Unterdruck über einen Schlauch, der nach jeder Probenahme zu erneuern ist. Dabei sind Druck und Gasvolumen im zeitlichen Verlauf zu messen und zu protokollieren.

6.4.1.3 Auswertung

Die Auswertung der Bodenluftprobenahme umfasst:

- die graphische Auswertung des während der Abpumpphase gemessenen Druckes und geförderten Gasvolumens
- die Erstellung eines Probenahmeprotokolls.

6.4.2 Behandlung der Bodenluftproben

Alle Bodenluftproben sind in vorgekühlte Gasmäuse bzw. Headspacegläser abzufüllen. Der Transport ist in gekühlten Gefäßen unter Wasser durchzuführen. Prinzipiell sind die Proben noch am Tag der Probenahme an das Labor zu übergeben.

6.4.3 Analyse der Bodenluftproben

Die Bodenluftproben werden auf die in Tab. 1 aufgelisteten Inhaltsstoffe analysiert.

6.5 Tagebauseewasser

6.5.1 Probenahme

6.5.1.1 Planung

Die Planung betrifft:

- die Anzahl und Tiefen der zu beprobenden Seewassermessstellen
- die Befahrbarkeit des Restsees (Schlauchboot, Hubschrauber oder automatischer Probenehmer)
- den Zeitbedarf für jede Seewasserbeprobung

6.5.1.2 Durchführung

Unmittelbar nach der Ankunft an dem Tagebaurestsee werden folgende Auffälligkeiten bei deren Feststellung im Probenahmeprotokoll unter "Bemerkungen" schriftlich benannt:

- Zustand der Messstellenbojen (Beschädigungen, Verlust),
- Veränderungen an den Böschungen (frische Rutschungen, veränderter Bewuchs) und
- Zustand der Seefahrt.

Nach der Ermittlung der Wasserspiegellage wird die Tiefe der Seewassermessstelle gelotet. Beide Werte werden im Probenahmeprotokoll eingetragen.

Tiefenprofile

Vor der Seewasserbeprobung ist ein Tiefenprofil von der Wasseroberfläche bis zum Grund für die Wassertemperatur, den pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit (bezogen auf 25°C), die Sauerstoffkonzentration, Sauerstoffsättigung, Redoxpotenzial und die Trübung mit einer Tiefenauflösung von $\leq 0,3$ m (mindestens 3 Messwerte pro Meter) aufzunehmen. Die Aufnahme

des Tiefenprofils muss mindestens die Entnahmetiefen der Proben für chemische und biologische Untersuchungen einschließen.

Hierfür haben sich Tiefensonden (Kombisonden) mit einer rechnergestützten Messwertaufnahme bewährt.

Entnahme der Seewasserprobe

Vor der tiefenorientierten Entnahme der Wasserproben ist an der Probenahmestelle auf dem See die Sichttiefe mit Hilfe einer Secchi-Scheibe zu ermitteln.

Bei Restseen erfolgt die Entnahme der Wasserproben aus unterschiedlichen Wassertiefen prinzipiell mit den für eine repräsentative tiefenorientierte Probenahme geeigneten Schöpfern. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich im Probenraum der Schöpfer keine Metallteile befinden. Wird ein größeres Wasservolumen als das in einem Schöpfer befindliche benötigt, so ist eine Mischprobe aus mehreren Schöpferinhalten herzustellen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die gasblasenfrei abzufüllenden Proben direkt aus dem Schöpfer abgefüllt werden (Schlauchanschluss). Die Entnahme der Phytoplanktonproben erfolgt ebenfalls aus dieser Mischprobe.

Die für die einzelnen Seen vorgegebenen Entnahmetiefen sind einzuhalten. Die Schöpfer sind dabei so zu platzieren, dass sich die jeweils vorgegebene Entnahmetiefe (außer an der Seeoberfläche) in der Mitte des Schöpferzylinders befindet. Proben "über Grund" sind in einer Höhe von max. 0,5 bis 1 m in Schöpfermitte über dem Seegrund (Lotung) zu entnehmen. Die zulässige Abweichung zwischen der in Tabelle 1a der entsprechenden Leistungsbeschreibung (Anlage 7.6 der LB) vorgegebenen Entnahmetiefe und der tatsächlichen Entnahmetiefe sowie der Maximaltiefe der Tiefenprofile darf nicht mehr als 1,5 m betragen.

Das Abfüllen der Proben erfolgt im Probenahmefahrzeug (Schlauchboot oder automatisiertes Boot). Die TIC-, KS-, KB- und H₂S- Proben werden direkt aus dem Schöpfer mittels eines Schlauches gasblasenfrei abgefüllt.

6.5.1.3 Auswertung und Dokumentation

Die Auswertung und Dokumentation der Seewasserprobenahme umfasst:

- die graphische Auswertung der Tiefenprofilmessung an der Seewassermessstelle für die Wassertemperatur, den pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit (bezogen auf 25°C), die Sauerstoffkonzentration, Sauerstoffsättigung, Redoxpotenzial und die Trübung sowie
- die Erstellung eines Probenahmekontrolls.

6.5.2 Konservierung der Seewasserproben

Durch die Art der zu verwendenden Probengefäße und Konservierung ist eine Beschaffenheitsveränderung der Seewasserprobe auszuschließen. Drucksensitive Kennwerte sind an Proben zu analysieren, deren *in situ* Druck bis zur Analyse erhalten wird. Hierfür haben sich z.B. Schöpfer bewährt, die nach dem BAT-Prinzip wirken. Diese Schöpfer werden in der zu beprobenden Teufe positioniert, gefüllt, verschlossen und nach der Entnahme aus dem Schöpfersystem in einen Behälter mit tiefem Seewasser gelagert.

Prinzipiell sind die Proben noch am Tag der Probenahme an das Labor zu übergeben.

6.5.3 Analyse der Seewasserproben

Die Seewasserproben werden auf die in Tab. 1 aufgelisteten Inhaltsstoffe analysiert. Eine grundsätzliche matrixbedingte Anpassung der Probenpräparation wurde in den Musterleistungsbeschreibungen mit Musterleistungsverzeichnissen fixiert. Die matrixspezifische Anpassung der Probenpräparation ist im Rahmen des aufgabenspezifischen Einfahrens des jeweiligen Messnetzes festzulegen. Die Ergebnisse sind in die messnetzspezifischen Ausschreibungsunterlagen aufzunehmen.

6.6 Fließgewässer

6.6.1 Probenahme

6.6.1.1 Planung

Die Planung umfasst die Ermittlung:

- der Anzahl der zu beprobenden Fließgewässer
- den Ausbau der Mess- und Probenahmestationen und
- des Zeitbedarfs, der für jede Fließgewässerbeprobung erforderlich ist.

6.6.1.2 Durchführung

Unmittelbar nach der Ankunft an der Mess- und Probenahmestation werden folgende Auffälligkeiten im Probenahmeprotokoll unter "Bemerkungen" fixiert:

- Zustand der Mess- und Probenahmetechnik (Beschädigungen, Verlust) und
- Veränderungen an den Böschungen (Verkrautungen, veränderter Bewuchs).

Anschließend erfolgt die Prüfung der Mess- und Probenahmestation im unveränderten Zustand. Die aktuellen Messwerte werden wie folgt überprüft:

- Wasserspiegellage im Vergleich zum Lattenpegelwert,
- pH-Wert, Elektrische Leitfähigkeit, Redoxspannung und Sauerstoffgehalt im Vergleich mit der Eichlösung (nur bei installierten Messsystemen).

Die Soll- und Istwerte werden im Probenahmeprotokoll eingetragen. Nach erfolgter Probenahme werden die Messsysteme gereinigt und kalibriert (nur bei installierten Messsystemen).

Entnahme der Fließgewässerprobe

Die Entnahme der Wasserproben erfolgt prinzipiell mit dem für eine repräsentative Probenahme geeigneten Entnahmegerät (z.B. Schöpfbecher mit Teleskopstange). Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich im Probenraum des Schöpfers keine Metallteile befinden. Die Probe ist als **qualifizierte Stichprobe** zu entnehmen (d.h. Mischprobe aus mindestens 5 Einzel-Stichproben, die in einem Zeitraum von höchstens zwei Stunden im Abstand von nicht weniger

als zwei Minuten entnommen und in äquivalenten Volumenanteilen gemischt werden). Das Gesamtvolumen der herzustellenden Mischprobe richtet sich nach dem für die Analysen benötigten Gesamtwasservolumen.

Die Entnahme der Wasserprobe erfolgt unter der Wasseroberfläche, im oberen Drittel der Gesamttiefe des Gewässers. Der Gehalt der Probe an suspendierten Stoffen muss dem im Gewässer entsprechen. Das Abfüllen der Probenflaschen muss unverzüglich nach Probenahme stattfinden, um ungelöste Stoffe in ihrer tatsächlichen Konzentration erfassen zu können (kein Absetzen der Probe im Probenahmefäß).

Die Durchflussmessungen sollten im Interesse der Ermittlung von Stofffrachten zeitnah bzw. idealerweise zum Termin der Probenahme an der jeweiligen Probenahmestelle erfolgen.

6.6.1.3 Auswertung und Dokumentation

Die Auswertung und Dokumentation der Fließgewässerprobenahme umfasst folgende Teilleistungen:

- die graphische Auswertung der Wasserdurchflussfunktion, der Zeitfunktionen für die Temperatur, die Elektr. Leitfähigkeit, die Sauerstoffkonzentration, die Redoxspannung und den pH-Wert (nur bei installierten Messsystemen)
- die Erstellung eines Probenahmeprotokolls.

6.6.2 Konservierung der Fließgewässerproben

Die Konservierung der Fließgewässerproben erfolgt analog Pkt.6.5.2 (Seewasserproben).

6.6.3 Analyse der Fließgewässerproben

Die Fließgewässerproben werden auf die in Tab. 1 zusammengestellten Inhaltsstoffe analysiert. Eine grundsätzliche matrixbedingte Anpassung der Probenpräparation wurde in den Musterleistungsbeschreibungen mit Musterleistungsverzeichnissen fixiert. Die matrixspezifische Anpassung der Probenpräparation ist im Rahmen des aufgabenspezifischen Einfahrens des jeweiligen Messnetzes festzulegen. Die Ergebnisse sind in den messnetzspezifischen Aus schreibungsunterlagen aufzunehmen.

6.7 Grubenwasser

6.7.1 Probenahme

6.7.1.1 Planung

Die Planung umfasst die Ermittlung:

- der Anzahl der zu beprobenden Grubenwasserleitungen
- den Ausbau der Mess- und Probenahmestationen und
- den Zeitbedarf, der für jede Grubenwasserbeprobung erforderlich ist.

6.7.1.2 Durchführung

Unmittelbar nach der Ankunft an der Mess- und Probenahmestation werden folgende Auffälligkeiten im Probenahmeprotokoll unter "Bemerkungen" fixiert:

- Zustand der Mess- und Probenahmetechnik (Beschädigungen, Verlust),
- Zustand des Vorfilters (Verstopfungsgrad) und
- Veränderungen des Wasservolumenstroms.

Anschließend erfolgt die Prüfung der Mess- und Probenahmestation im unveränderten Zustand. Die aktuellen Messwerte werden wie folgt überprüft:

- Gesamtdurchfluss im Vergleich zum Sollwert,
- pH-Wert, Elektrische Leitfähigkeit, Redoxspannung und Sauerstoffgehalt im Vergleich mit der Eichlösung.

Die Soll- und Istwerte werden im Probenahmeprotokoll eingetragen. Nach erfolgter Probenahme werden die Messsysteme gereinigt und kalibriert.

Entnahme der Grubenwasserprobe

Prinzipiell erfolgt die Entnahme der Wasserprobe aus dem Probenahmegeräß, in dem sich die über 24 Stunden entnommene Mischwasserprobe befindet.

6.7.1.3 Auswertung und Dokumentation

Die Auswertung und Dokumentation der Grubenwasserprobenahme umfasst folgende Teilleistungen:

- die graphische Auswertung der Wasserdurchflussfunktion, der Zeitfunktionen für die Temperatur, die Elektrische Leitfähigkeit, die Sauerstoffkonzentration, die Redoxspannung und den pH-Wert sowie
- die Erstellung eines Probenahmeprotokolls.

6.7.2 Konservierung der Grubenwasserproben

Die Konservierung der Grubenwasserproben erfolgt analog Pkt. 6.5.2 (Seewasserproben), ohne Berücksichtigung drucksensitiver Kennwerte.

6.7.3 Analyse der Grubenwasserproben

Die Grubenwasserproben werden auf die in Tab. 1 zusammengestellten Inhaltsstoffe analysiert.

6.8 Erosionsmessflächen

Unter Berücksichtigung, dass Erosionsmessstellen Sondermessstellen sind, bestehen auch bei deren Betrieb besondere Anforderungen an die fachliche Kompetenz der mit diesen Leistungen beauftragten Unternehmen, die im Rahmen der Ausschreibung durch Referenzen nachzuweisen ist.

Grundsätzlich wird zwischen einem Routinebetrieb und einem niederschlagsabhängigen Betrieb der Erosionsmessflächen unterschieden. Bei letzteren wird die Anzahl der Feldeinsätze auf der Grundlage von Erfahrungswerten geschätzt.

6.8.1 Probenahme

6.8.1.1 Planung

Die Planung beinhaltet die Ermittlung:

- der Anzahl der Erosionsmessstellen
- des Ausbaus der Erosionsmessstellen
- des Zeitbedarfs, der für jede Beprobung erforderlich ist.

6.8.1.2 Durchführung

Unmittelbar nach der Ankunft an der Erosionsmessstelle, werden folgende Auffälligkeiten im Probenahmekontrollprotokoll unter "Bemerkungen" fixiert:

- Zustand der Erosionsmessstelle (Beschädigungen, Verlust),
- Sedimentverteilung in der Rinne und
- Veränderungen an der Sedimentmessstellenoberfläche.

Entnahme der Wasserprobe

Prinzipiell erfolgt die Entnahme der Wasserprobe aus dem Probenahmegeräß bzw. Probenahmegeräßen, nachdem das Gesamtvolumen des gesammelten Oberflächenwasserabflusses ermittelt und die Vor-Ort-Kennwerte der Temperatur, des pH-Wertes, der elektrischen Leitfähigkeit, des Sauerstoffgehaltes und der Redoxspannung gemessen wurden.

Entnahme der Sedimentprobe

Die Entnahme der repräsentativen Sedimentprobe erfolgt aus der Sedimentfalle und der Sedimentrinne. In Abhängigkeit der Sedimentmenge erfolgt die gravimetrische Ermittlung der Sedimentgesamtmenge sowie die Probenteilung im Feld oder im Labor.

Das Abfüllen erfolgt in Kunststoffbehälter.

6.8.1.3 Auswertung und Dokumentation

Die Auswertung und Dokumentation umfasst die Erstellung eines Probenahmekontrollprotokolls für die Wasser- und Sedimentprobe.

6.8.2 Konservierung

Alle Proben sind in vorgekühlte Kunststoff- bzw. Glasflaschen abzufüllen. Durch die Konservierung ist eine Beschaffenheitsveränderung der Probe auszuschließen.

Prinzipiell sind die Proben noch am Tag der Probenahme an das Labor zu übergeben.

6.8.3 Analyse

Die Wasser- und Sedimentproben werden auf die in Tab. 1 zusammengestellten Inhaltsstoffe analysiert.

7 Rückbau von Messstellen

Ein Rückbau von Messstellen kann erforderlich werden, wenn durch Sanierungs- bzw. Regenerierungsmaßnahmen deren Funktionsfähigkeit nicht mehr hergestellt werden kann bzw. wenn durch eine modellgestützte Optimierung des Messnetzes oder aus anderen Gründen entschieden wird, dass diese nicht mehr benötigt werden. Die Rückbauarbeiten sind zu dokumentieren.

7.1 Rückbau von Grundwassermessstellen

Von den im DVGW-Regelwerk W 135 "Sanierung und Rückbau von Bohrungen, Grundwassermessstellen und Brunnen" angegebenen Rückbauvarianten, ist im Regelfall die Verfüllung zu verwenden. Weiterhin gilt die jeweils aktuelle Arbeitsanweisung der LMBV „Verfüllung von Bohrungen und Rückbau von in Bohrungen eingebauten Betriebsanlagen und sonstigen Einbauten“.

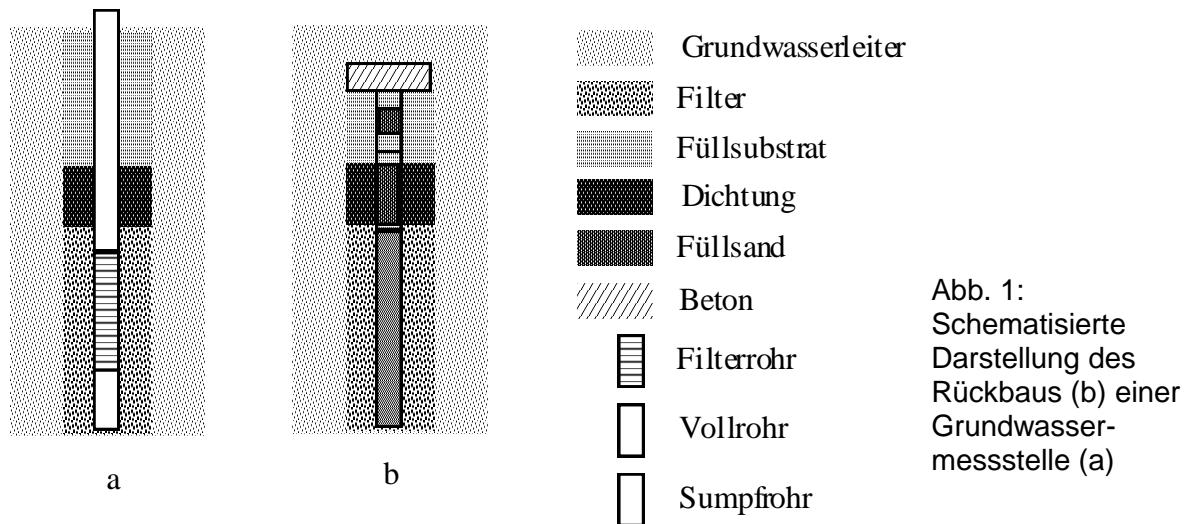
Der Regelfall liegt vor, wenn im Fall einer zu besorgenden vertikalen Wasserwegsamkeit im Ringraum der Messstelle zwischen Vollrohr- und Bohrlochwand kein unangemessenes Gefährdungsrisiko für bestimmte Grundwasserhorizonte bewirkt wird.

Im Regelfall ist wie folgt zu verfahren:

- Verfüllen des Filterbereiches mit Sand; darüber wird eine 1 m mächtige Dichtung aus einer Ton-Zement-Suspension eingebracht
- Verfüllen des Vollrohrbereiches mit Sand, wobei entsprechend den geologischen Bedingungen in den hydraulisch wirksamen Trennschichten eine 1 m mächtige Dichtung aus einer Ton-Zement-Suspension eingebracht wird und
- Entfernen des Messstellenkopfes bis ca. 1,5 m unter Geländeoberkante und Auffüllen der Bodengrube bis zur Geländeoberkante mit dem anstehenden Erdstoff.⁴

Die Verwendung von Filteraschesuspensionen bzw. Betondichtungen ist ebenfalls für die Verwahrung von Bohrungen, Grundwassermessstellen bzw. Brunnen zulässig

⁴ In begründeten Fällen kann das Setzen einer Betonplombe mit einer Mächtigkeit von 0,5 m erforderlich sein.



7.2 Rückbau von Bodenwasser-/ Bodenluftmessstellen

Für den Rückbau von Bodenwasser-/ Bodenluftmessstellen ist im Regelwerk des allgemein anerkannten Standes der Technik nichts fixiert. Um eine Belüftung bzw. Kontamination des Untergrundes auszuschließen, ist die Messstelle wie folgt zurückzubauen:

bis 1,5 m Tiefe:

- vollständiger Ausbau des Entnahmesystems

ab 1,5 m Tiefe:

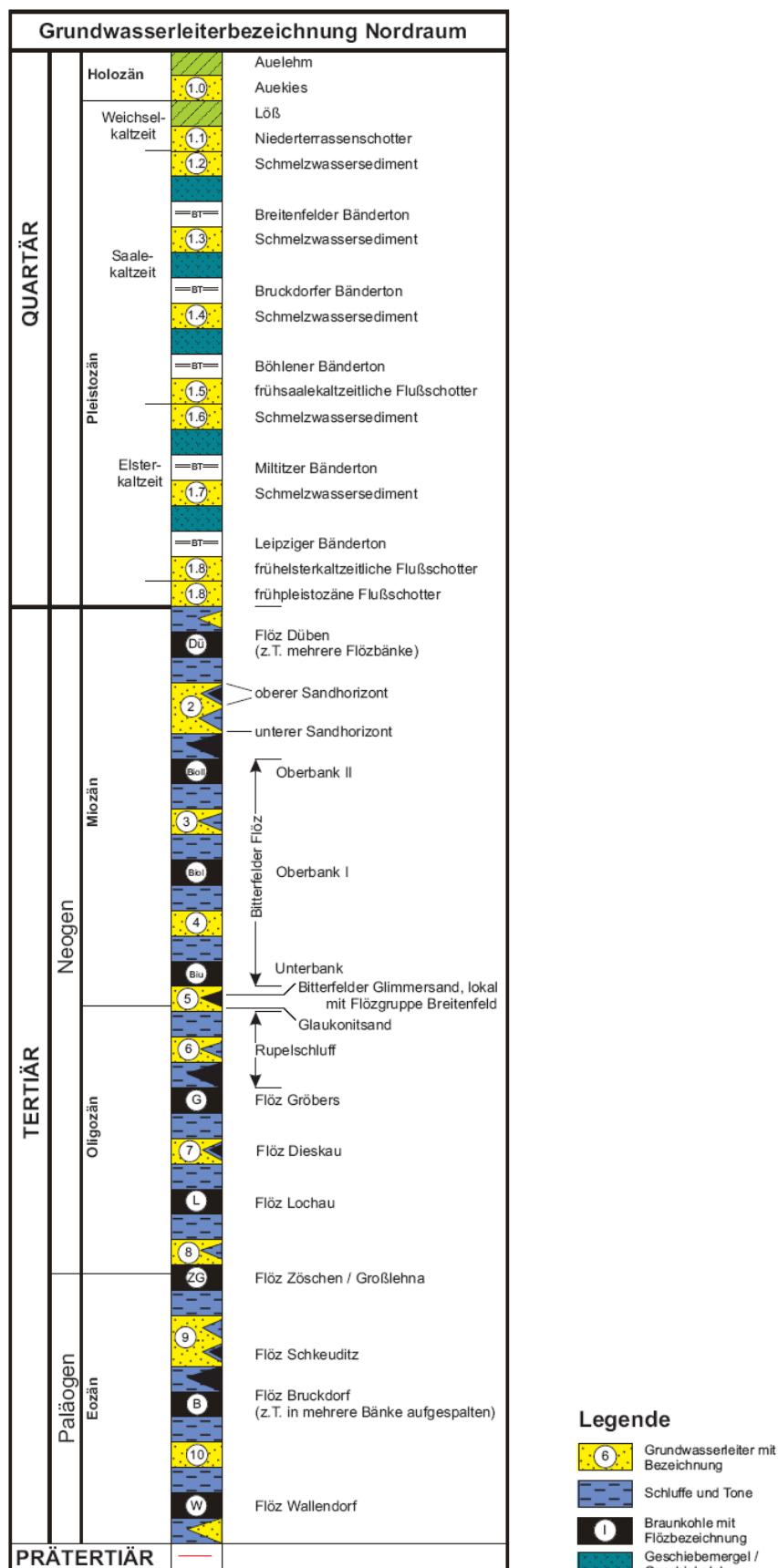
- Verpressen des gesamten Entnahmesystems mit einer Ton-Zement-Suspension (über die Schlauchleitungen) und
- Entfernen des Messstellenkopfes bis ca. 1,5 m unter Geländeoberkante, Setzen einer Tonplombe mit einer Mächtigkeit von ca. 0,5 m und Auffüllen der Bodengrube bis zur Geländeoberkante mit dem anstehenden Erdstoff

Die Verwendung von Filteraschesuspensionen bzw. Betondichtungen ist ebenfalls zulässig.

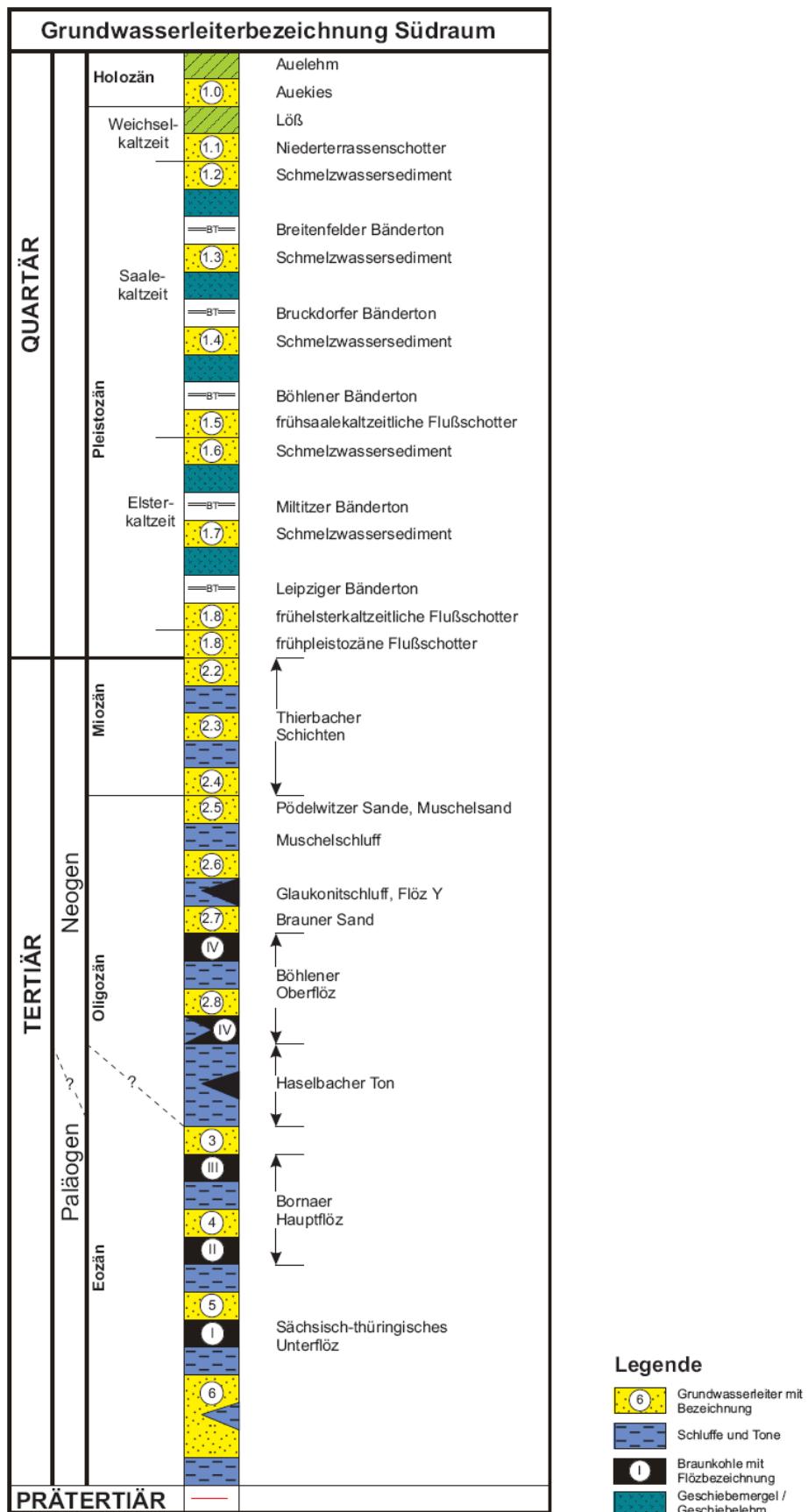
7.3 Rückbau von Seewasser-, Fließgewässer-, Grubenwasser- und Erosionsmessstellen

Der Rückbau von Seewasser-, Fließgewässer-, Grubenwasser- und Erosionsmessstellen umfasst die vollständige Entfernung aller technischen Einrichtungen, die für den Betrieb der Messstelle erforderlich waren sowie alle mit der Geländeanpassung in Zusammenhang stehenden Maßnahmen.

Anlage 1: Nomenklatur der Grundwasserleiter des Tertiärs und Quartärs im Weiße Elsterbecken und in der nördlichen Leipziger Tieflandsbucht und Nomenklatur der Grundwasserleiter im Lausitzer Revier

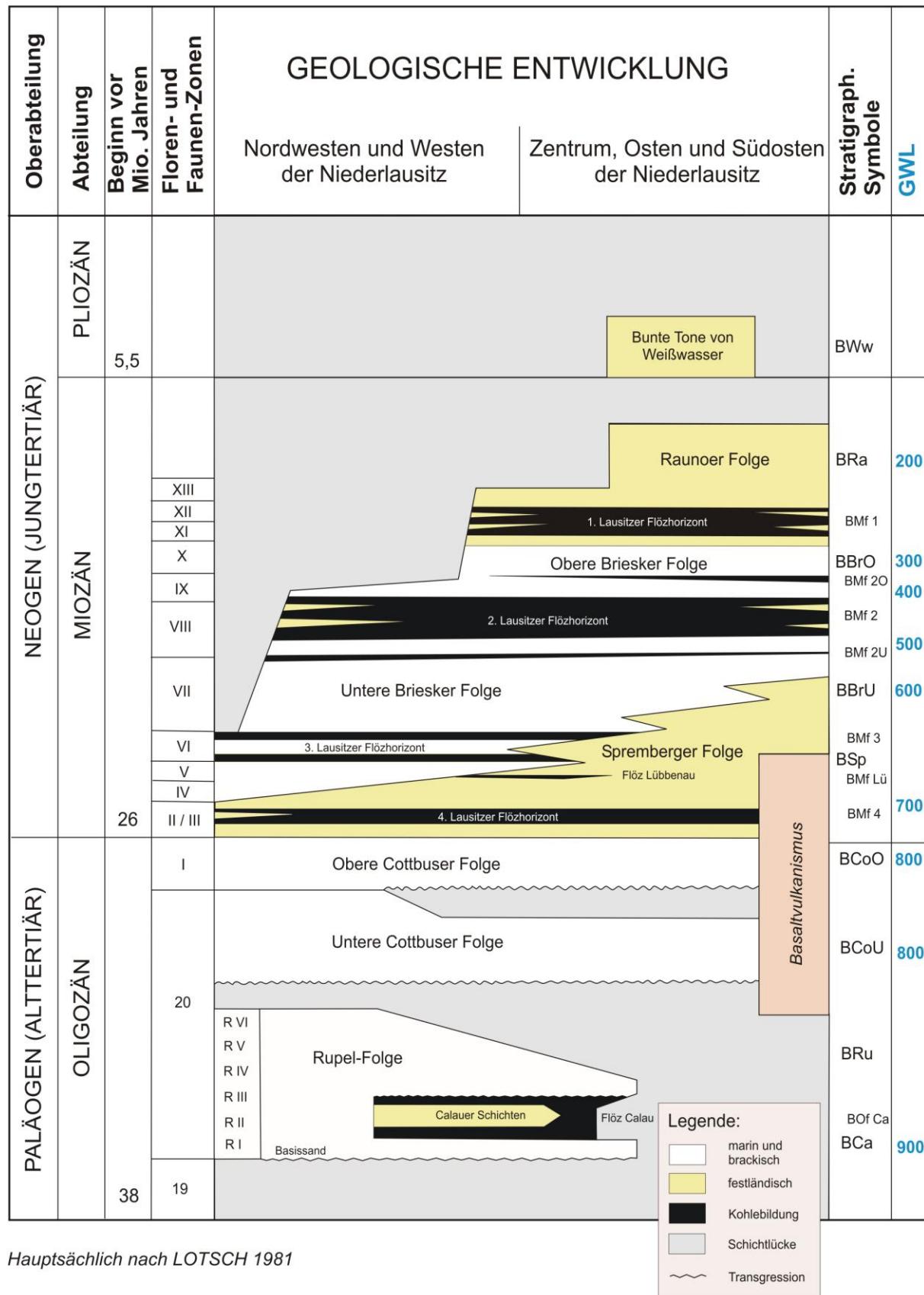


Nomenklatur der Grundwasserleiter des Tertiärs und Quartärs in der nördlichen Leipziger Tieflandsbucht

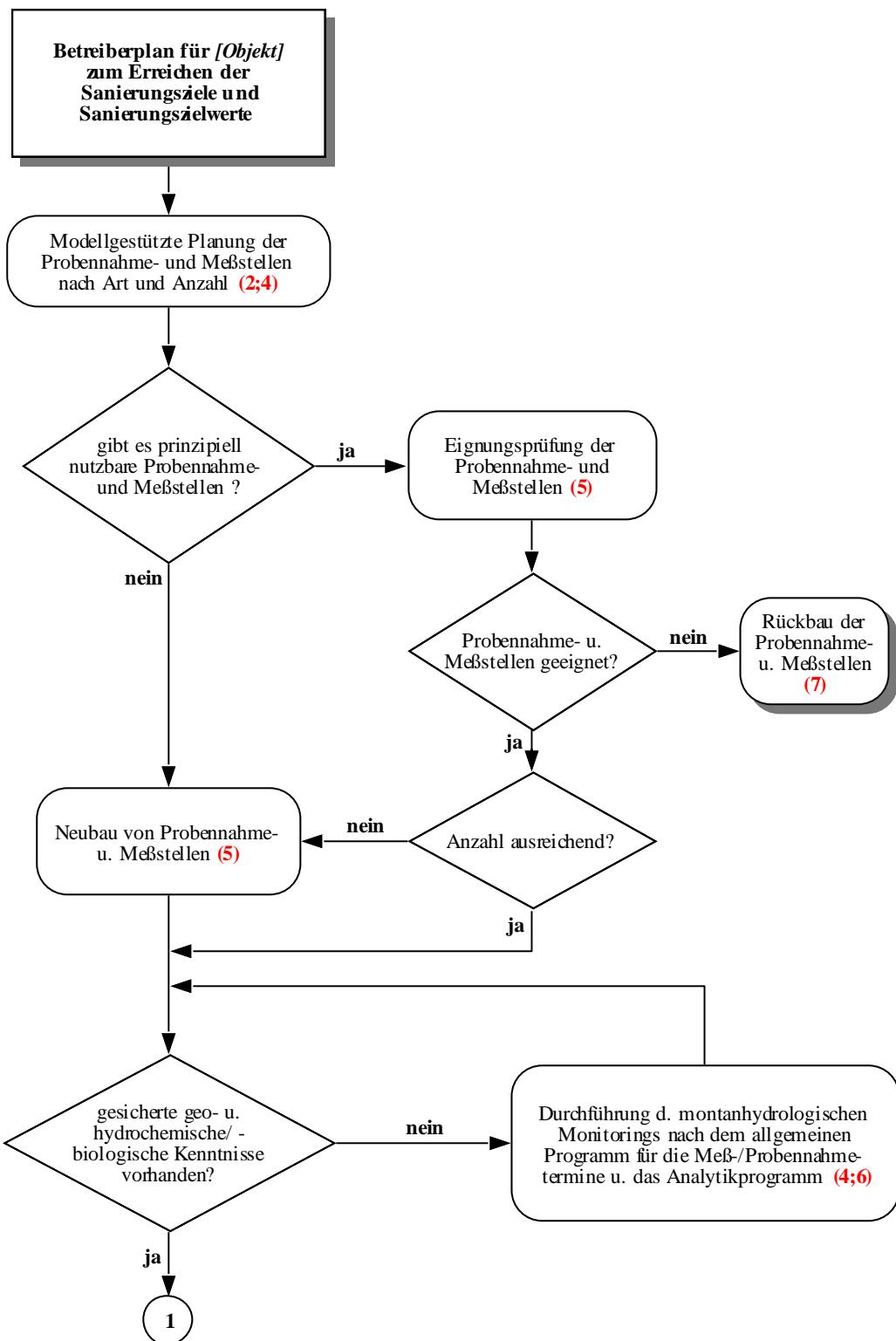


Nomenklatur der Grundwasserleiter des Tertiärs und Quartärs im Weißelsterbecken

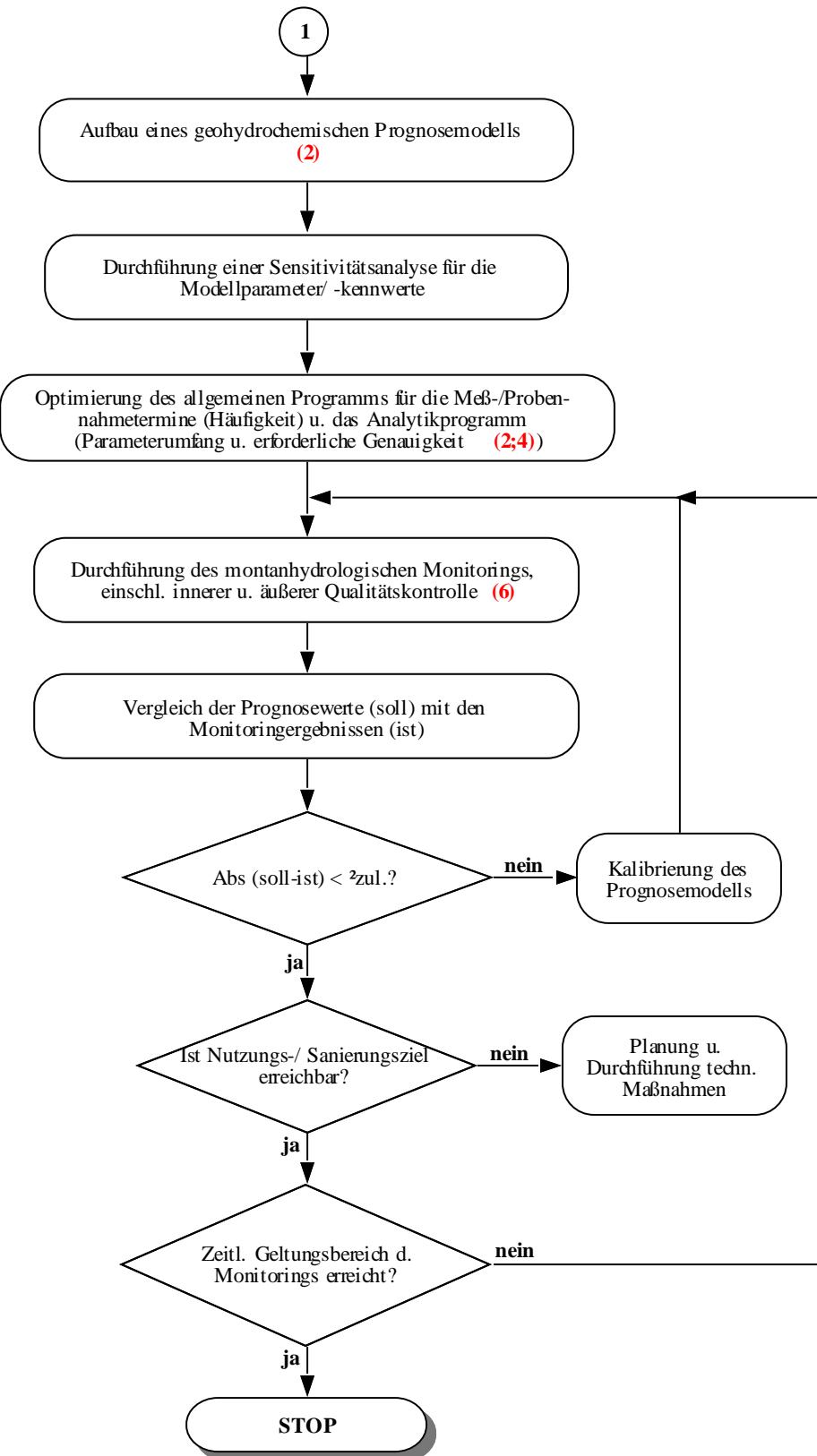
Anlage 1 zum Merkblatt Montanhydrologisches Monitoring

Vereinfachte Stratigraphie des Tertiärs im Niederlausitzer Braunkohlenrevier
(ab Oligozän)

Anlage 2: Betreiberplan zum Erreichen der Sanierungsziele und Sanierungszielwerte



Die in Klammern gesetzten Zahlen stehen für die entsprechenden Kapitel im Merkblatt



Die in Klammern gesetzten Zahlen stehen für die entsprechenden Kapitel im Merkblatt