

---

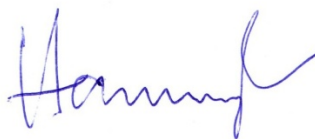
# Investigatives Monitoring zu diffusen Nährstoffeinträgen durch das Grundwasser in die Mochowseen und den Kleinen Schwielochsee.

**Auftraggeber:** Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV)  
Regionalabteilung Süd  
Von Schön Straße 7  
03050 Cottbus

**Auftragnehmer:** HYDOR Consult GmbH  
Am Borsigturm 40  
13507 Berlin

**Bearbeitung:** Dipl. Geol. Elzbieta-Halina Rejman-Rasinska  
Dr. Stephan Hannappel

**Berlin, 15.08.2014**



**Dr. Stephan Hannappel**  
Geschäftsführer HYDOR Consult GmbH

---

Ἀριστον μὲν ὕδωρ – Das Beste aber ist das Wasser

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Veranlassung und Zielsetzung</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagenarbeiten</b> .....	<b>5</b>
2.1	Vorhandener Kenntnisstand aus der Literatur zu Grundwasserbelastungen.....	5
2.2	Landnutzung im Untersuchungsgebiet.....	6
2.3	Recherche und Auswertung hydrogeologischer und hydrochemischer Daten .....	8
2.3.1	Datenrecherche beim LBGR.....	8
2.3.2	Schichtlagerung .....	10
2.3.3	Grundwasserdynamik .....	12
2.3.4	Grundwasserneubildung.....	14
2.3.5	Beschaffenheit des Grundwassers und der oberirdischen Gewässer.....	16
2.4	Recherchen zu lokalen Belastungsquellen vor Ort bzw. bei den Fachbehörden des Landes ....	20
<b>3</b>	<b>Vorbereitung der Geländearbeiten</b> .....	<b>21</b>
3.1	Überprüfung und Bewertung von Grundwasseraufschlüssen .....	21
3.2	Auswahl eines geotechnischen Erkundungsverfahrens.....	24
3.3	Festlegung von Ansatzpunkten und Erarbeitung von geologischen Vorprofilen.....	25
3.4	Genehmigungsplanung.....	26
3.5	Auswahl der Analyseparameter für die Laboranalytik .....	28
3.6	Erarbeitung des Leistungsverzeichnisses .....	28
<b>4</b>	<b>Durchgeführte Geländearbeiten</b> .....	<b>29</b>
4.1	Rammkernsondierungen .....	29
4.2	Bau temporärer Grundwassermessstellen .....	29
4.3	Erste Grundwasserprobenahme im März 2014.....	30
4.4	Zweite Grundwasserprobenahme im Juli 2014 .....	32
4.5	Abflussmessungen.....	34
<b>5</b>	<b>Laboranalytik der Grundwasserproben</b> .....	<b>36</b>
5.1	Ergebnisse der ersten Beprobung im März 2014.....	36
5.2	Ergebnisse der zweiten Beprobung im Juli 2014 .....	36
<b>6</b>	<b>Bewertung und Interpretation der neu gewonnenen Daten</b> .....	<b>38</b>
6.1	Geologischer Aufbau des Untergrundes .....	38
6.2	Grundwasserdynamik .....	40
6.3	Grundwasserbeschaffenheit.....	44
6.3.1	Allgemeine Übersicht zu den hydrochemischen Daten .....	45
6.3.2	Standortbezogene Bewertung der Beschaffenheitsdaten des Grundwassers.....	49
6.4	Vergleich der Nährstoffkonzentration des Grundwassers und der oberirdischen Gewässer.....	50
6.4.1	Stickstoff .....	50
6.4.2	Phosphor.....	52
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>57</b>

---

### **Verzeichnis des Anhangs:**

- Anhang 1: Hydrogeologische Schnitte durch das Untersuchungsgebiet
- Anhang 2: Fotodokumentation der im Gelände aufgesuchten Altmessstellen
- Anhang 3: Fotodokumentation zur Durchführung und geologischen Schichtansprache der Rammkernsondierungen
- Anhang 4: Geologische Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne der Rammkernsondierungen und Grundwassermessstellen
- Anhang 5: Markscheiderische Vermessung der temporären Grundwassermessstellen (Fa. Geotech)
- Anhang 6: Protokolle der Grundwasserprobenahme März 2014 (Fa. GEO TECH)
- Anhang 7: Protokolle der Grundwasserprobenahme Juli 2014 (Fa. GEO TECH)
- Anhang 8: Ergebnisse der chemischen Laboranalytik März 2014 (Labor AZBA)
- Anhang 9: Ergebnisse der chemischen Laboranalytik Juli 2014 (Labor Wessling)

### **Verzeichnis der Anlagen (Übersichtskarten zum Untersuchungsgebiet, M. 1 : 27 500, A3-Format)**

- Anlage 1: Vorhandene Grundwasseraufschlüsse und Pegel an oberirdischen Gewässern
- Anlage 2: Lage aller Entnahmestellen im Jahr 2014 (Grundwasser und oberirdische Gewässer)
- Anlage 3: Elektrische Leitfähigkeit (Mittelwerte März und Juli 2014)
- Anlage 4: TOC (Mittelwerte März und Juli 2014)
- Anlage 5: Kalium (Mittelwerte März und Juli 2014)
- Anlage 6: Sulfat (Mittelwerte März und Juli 2014)
- Anlage 7: Eisen (Mittelwerte März und Juli 2014)
- Anlage 8: Bor (Mittelwerte März und Juli 2014)
- Anlage 9: Nitrat (Mittelwerte März und Juli 2014)
- Anlage 10: Ammonium (Mittelwerte März und Juli 2014)
- Anlage 11: ortho-Phosphat (Juli 2014)
- Anlage 12: Gesamt-Phosphat (Juli 2014)

### **Beilage:**

CD mit allen digitalen Dokumenten des Projektes (pdf-Dokumente des Berichtes, des Anhangs und der Anlagen, Bohrungsdaten)

## 1 Veranlassung und Zielsetzung

Die bisherigen Arbeiten zum Nährstoffreduzierungskonzept (NRK) des Schwielochsees zeigen hohe Belastungen bei den Nährstoffen Phosphor und Stickstoff in den Gewässern der Mochow-Seen-Kette sowie dem Kleinen Schwielochsee an (LUGV (2012) & LimPlan & enviteam 2010). Diese äußern sich sowohl in hohen Konzentrationen der oberirdischen Gewässer als auch des Grundwassers in der Region (LUA 1999). Im Rahmen des Konzeptes wurde im Sinne einer Bilanz ermittelt, dass aus dem direkten Einzugsgebiet des Kleinen Schwielochsees etwa 50 kg dieser Nährstoffe pro Jahr (hier TP) in oberirdische Zuflüsse und den Schwielochsee gelangen. Zudem wurde vermutet, dass hohe Stoffeinträge über das Grundwasser direkt in die Mochow-Seenkette gelangen (Kovalev & Spundflasch 2013).

Die ursprüngliche Herkunft dieser Belastungen ist bisher nicht eindeutig geklärt. Neben diffus wirksamen Einträgen mit landwirtschaftlich verursachten Quellen könnten auch lokale Verursacher in den Siedlungsgebieten in Frage kommen. Die Eintragspfade verlaufen vermutlich primär über den Grundwasserpfad, da die oberirdischen Gewässer hydraulisch mit dem oberflächennahen Grundwasser im Einzugsgebiet der Mochow-Seenkette flächenhaft verbunden sind. Das sollte durch das investigative Monitoring mit primärem Bezug zum Grundwasser geklärt werden, um für zukünftige Maßnahmen eine belastbare Datenbasis zu erlangen und die Erfolgsaussichten dieser Maßnahmen maximieren zu können.

Ausdrückliches Ziel war es auch, die Datenlage zu den geogenen Hintergrundgehalten des Grundwassers zu verbessern, um die Erfolgsaussichten von durchgeführten und geplanten Sanierungsmaßnahmen zu überprüfen. Hierbei sollten vorrangig unter Wald Vergleichsmessungen zu den Belastungsbereichen durchgeführt werden. Es wurde davon ausgegangen, dass in den großräumig bewaldeten Einzugsbereichen unbeeinflusste Grundwassermessungen im Hinblick auf die Beschaffenheit durchgeführt werden können.

Dafür wurden im unterirdischen Einzugsgebiet der Seen, vor allem im Abstrom der Siedlung Mochow und im Abstrom der z. T. bereits vernässten Moorflächen geotechnische Erkundungsarbeiten zum Aufbau des Untergrundes und laboranalytische Bestimmungen zum Nährstoffstatus des oberflächennahen Grundwassers durchgeführt. Anschließend wurden die neu gewonnenen Daten mit den bisher bekannten Daten bewertet. In Vorbereitung der Feldarbeiten mussten u. a. Recherchen zu verfügbaren Grundwassermessstellen für die Probenahme durchgeführt werden. Anschließend wurden ergänzende repräsentative Ansatzpunkte inkl. der notwendigen vorbereitenden Arbeiten festgelegt und die Tiefen der Probenahme bestimmt.

Die Arbeiten berücksichtigten Erfahrungen, die bei vergleichbaren Untersuchungen in Brandenburg in den vergangenen Jahren in Grundwasserkörpern mit hohen Nährstoffeinträgen im Zusammenhang mit den Aufgaben der EU-WRRL (EG 2000, EG 2006) bereits durchgeführt wurden (HYDOR 2009, HYDOR 2010, Hannappel & Braun 2010). Die in diesem Bericht dokumentierten Arbeiten wurden im Zeitraum von Dezember 2013 bis August 2014 durchgeführt.



## 2 Grundlagenarbeiten

### 2.1 Vorhandener Kenntnisstand aus der Literatur zu Grundwasserbelastungen

Der Schwerpunkt der hier durchgeführten Untersuchungen bezieht sich auf die chemische Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers. Daneben wurden auch - soweit vorhanden - hydrochemische Daten zu oberirdischen Gewässern, also Fließ- und Standgewässern sowie Quellen, in die Bewertung einbezogen. Der im Folgenden kurz vorgestellte Kenntnisstand bezieht sich jedoch ausschließlich auf das Grundwasser. Die Beschaffenheit der oberirdischen Gewässer ist umfassend in LUGV (2012) dokumentiert. Den aktuellen Stand der Forschung zum Einfluss von Stickstoff und Phosphor auf die Güte der oberirdischen Gewässer dokumentieren Wiedner et al. (2014) anhand des Projektes „Nitrolimit“. Vorhandene, aber nicht veröffentlichte Daten zur Grundwasserbeschaffenheit werden ergänzend in Kap. 2.3.4 behandelt.

Überregional sind zu den Nährstoffen Stickstoff und Phosphor keine gravierenden Belastungen des Grundwassers bekannt. Der Grundwasserkörper „Untere Spree 3“ wurde aktuell vom LUGV als im „guten chemischen Zustand“ befindlich bewertet (dokumentiert in HYDOR 2014). Auch bisherige landesweite bzw. länderübergreifende Zustandsbewertungen des Grundwassers (Hannappel 1996, LUA 1996, LUA 2002, LUA 2007, Hannappel et al. 2009) zeigen für die Region um den Schwielochsee keine flächenhaft bedeutsamen Auffälligkeiten. Einschränkend muss jedoch erwähnt werden, dass für Phosphor die im Rahmen der EU-Berichtspflichten verwendeten Schwellenwerte im Hinblick auf die Gefährdung der oberirdischen Gewässer deutlich zu hoch sind und damit keine Relevanz für die medienübergreifende hydrochemische Bewertung des Grundwassers und der oberirdischen Gewässer haben.

Hohe Phosphatbelastungen im Grundwasser sind aus der Region des Schlaubegebietes östlich der Untersuchungsregion bekannt. Ginzler & Hannemann (2002) weisen auf mögliche geogene Ursachen dieser Anomalien durch den Kontakt der Grundwasserleiter mit holsteinwarmzeitlichen Sedimenten hin, die einen erhöhten organischen Anteil im Korngerüst der Schichten mit dadurch bedingt erhöhten natürlichen Phosphatgehalten aufweisen. Das Auftreten dieser stratigraphischen Schichten im oberflächennahen Bereich des Untersuchungsgebietes ist zu prüfen.

Auf die besondere Bedeutung des Raseneisenerzes in der Region Südostbrandenburg weisen Sitschick et al. (2005) hin, insbesondere in Niederungsgebieten mit wechselnden oberflächennahen Grundwasserständen. Hier kann es wiederholt zur wechselnden Lösung und Ausfällung von Eisen (III)-hydroxiden kommen, an denen wiederum Phosphat bevorzugt sorbiert wird. Auf diesen Mechanismus weisen auch Jenn et al. (2014) anlässlich von Untersuchungen der Auswirkungen einer über 10-jährigen Vernässung eines Bruchwaldes mit Klarwasser (gereinigtem Abwasser) hin. Sie verdeutlichen, dass es bei einer Vernässung, also einem Grundwasseranstieg zu einer Freisetzung von Phosphor durch die Reduktion der Eisen-III-Verbindungen, an denen Phosphor sorbiert ist, kommen kann. Gemessen wurden seitens der Autoren o-PO<sub>4</sub>-Konzentrationen von bis zu 120 µg/l unter wiedervernässten Gebieten.

## 2.2 Landnutzung im Untersuchungsgebiet (UG)

Die Lage des etwa 10 km langen und 7 km breiten UG sowie die räumliche und prozentuale Verteilung der Landnutzung zeigt Abb. 1. In der Karte sind zusätzlich zu den Hauptlandnutzungsarten nach Corine die Verbreitung natürlicher Moore sowie von aktuellen Projektgebieten

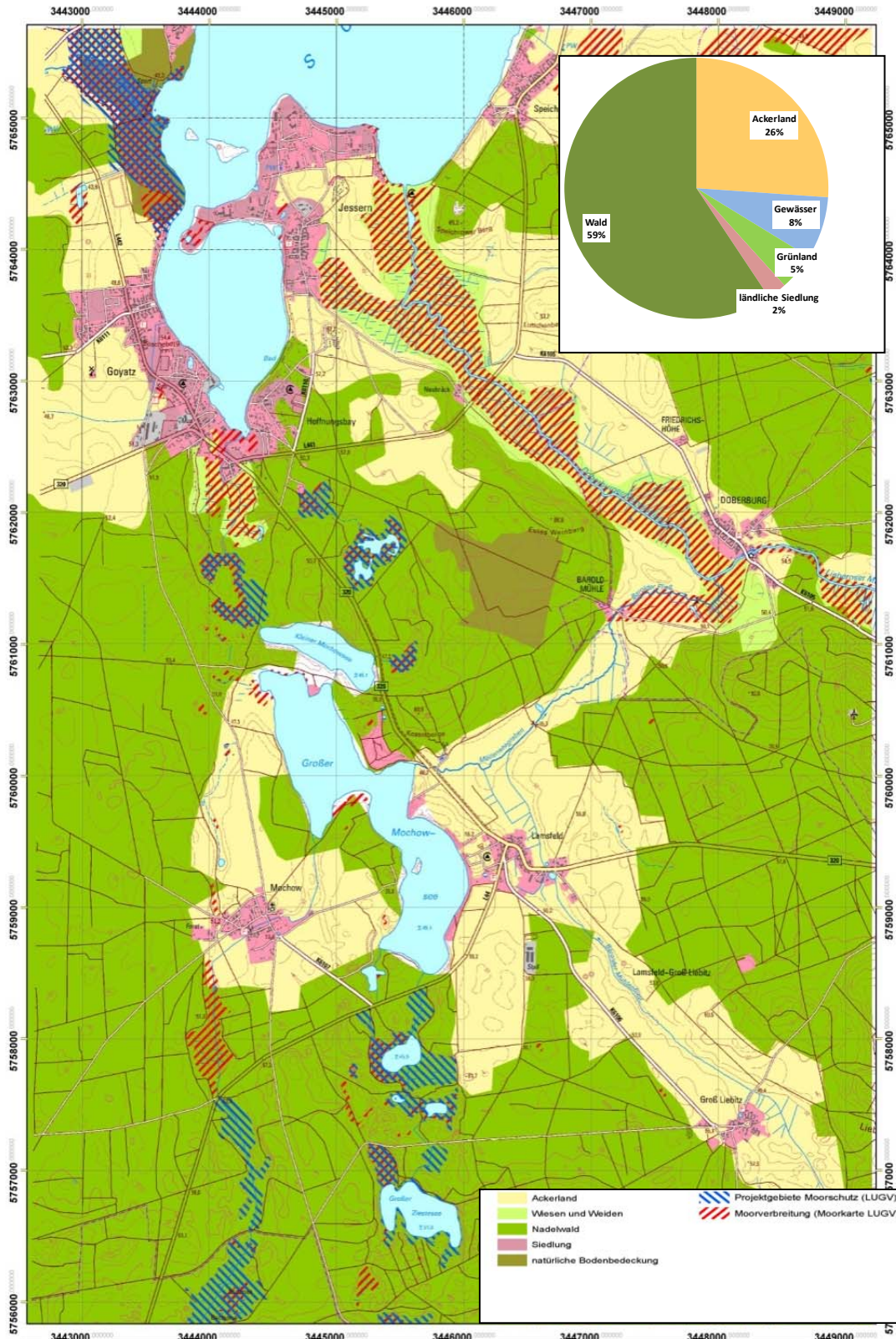


Abb. 1: Landnutzungsverteilung und -anteile im Untersuchungsgebiet sowie Lage von Moorprojektgebieten

des LUGV zum Moorschutz dokumentiert (die in der Karte dargestellte Legendeneinheit „natürliche Bodenbedeckung“ wurde bei den Anteilen dem „Wald“ zugerechnet).

Der regionale Zuschnitt des Untersuchungsgebietes erfolgte vor allem aus hydrodynamischen Gesichtspunkten des Zustroms des Grundwassers zu den Mochowseen und dem Kleinen Schwielochsee von Süden her, näheres dazu in Kap. 2.3.3.

Der Große und der Kleine Mochowsee stehen deutlich im Zentrum der Untersuchungen. Sie werden von Süden über das Mochowfließ sowie einige kleinere Gräben angeströmt. Die beiden Gewässer sind durch einen Graben unmittelbar hydraulisch miteinander verbunden. Vom - deutlich schlechter untersuchten - Kleinen Mochowsee fließt das aus dem Großen Mochowsee abgeflossene Wasser weiter zum Kleinen Schwielochsee. Der Kleine Mochowsee besitzt im Jahr 2009 einen Anteil von 8% der Nährstoffeinträge in den Kleinen Schwielochsee (LUGV 2012, Kovalev & Spundflasch 2012).

Der Hauptabfluss des großen Mochowsees erfolgt jedoch über den östlich abfließenden Möllenseegraben zum Doberburger bzw. Lieberoser Mühlenfließ. In Kap. 6.4 wird eine auf aktuellen Messungen basierende Mengenbilanzierung vorgenommen. Im Gegensatz zum flachen Kleinen Mochowsee weist der 122 ha große Große Mochowsee beachtliche Seetiefen auf. Die maximale Tiefe liegt bei 12 Metern, es handelt sich um einen kalkreichen, geschichteten See, dessen ökologischer und biologischer Zustand seitens des LUGV in den Jahren 2009 als unbefriedigend und 2014 als „mäßig“ eingestuft wurde. Die Zielkonzentration für Gesamtphosphor wird vom LUGV mit 57 µg/l angegeben. Diese Konzentration wird derzeit überschritten.

Insgesamt ist das Untersuchungsgebiet deutlich von forstwirtschaftlicher Nutzung bestimmt. Gegenüber der landwirtschaftlichen Nutzung nimmt diese nahezu doppelt so viel Fläche ein (59 % versus 26 %). Die verschiedenen oberirdischen Standgewässer beanspruchen immerhin 8 % der Fläche, während das Grünland und Siedlungsflächen deutlich zurück treten.

Natürliche Moore liegen vor allem im Süden entlang des Mochowfließes und im Zentrum bzw. im Norden entlang der ausgeprägten Niederung des Doberburger Mühlenfließes vor. Auch entlang des Westufers des Kleinen Schwielochsees sind natürliche Torfflächen verbreitet. Hier sowie auch im Süden befinden sich aktuelle Projektgebiete des LUGV zur Wiedervernässung von Mooren, in denen durch unterschiedliche Maßnahmen versucht wird, dem Moorschwund der vergangenen Jahrzehnte entgegenzuwirken. Von Bedeutung für die hier untersuchten Fragen der Grundwasserbeschaffenheit sind vor allem die Gebiete entlang des Mochowfließes, da hier größere Bereiche durch die hydraulische Stauwirkung von Sperranlagen wirksam und auch aktuell unter Wasser gesetzt wurden (s. Fotos). Diese „Butzener Bagen“ entwässern die südlich angrenzende Lieberoser Endmoräne, innerhalb derer sich großen Moorverbreitungsgebiete befinden. Dadurch kommt dem Wasser des Mochowfließ in Bezug auf in ihm enthaltene Nährstoffe besondere Bedeutung zu, die im Rahmen der Messstellenrecherche sowie der Positionierung der Rammkernsondierungen besonders berücksichtigt wurde.





Abb. 2: Überflutete Bereiche am Butzener Bagen bzw. Mochowfließ im Januar bzw. Juni 2014 (o. rechts; alle Fotos an der L 320 Lamsfeld – Butzen aufgenommen)

## 2.3 Recherche und Auswertung hydrogeologischer und hydrochemischer Daten

Ziel der Datenrecherche zu Beginn des Projektes war es u. a., die Arbeitshypothese, dass der Große und der Kleine Mochowsee sowie auch der Kleine Schwiellochsee überwiegend aus dem Grundwasser gespeist werden - ohne dass dazu bisher exakte Anteile bekannt wären - zu überprüfen. Hierzu ist es notwendig, den Untergundaufbau in Bezug auf die lithologische Schichtlagerung möglichst hinreichend zu kennen. Daher wurden zunächst beim Landesamt für Bergbau, Geowissenschaften und Rohstoffe (LBGR) Informationen und Daten recherchiert.

### 2.3.1 Datenrecherche beim LBGR

Im Ausschnitt aus der Atlastafel zur Geologie des LBGR (2002, s. Abb. 3) ist erkennbar, dass das Untersuchungsgebiet überwiegend aus glazifluviatilen Bildungen aufgebaut wird. Sie bestehen aus weichselzeitlichen Sandern des Brandenburger Stadiums des Eisvorstoßes, der mit der Lieberoser Endmoräne südlich des Untersuchungsgebietes seine Maximalausdehnung erreicht hatte. Untergeordnet sind ebenfalls weichselzeitliche Sande in den Talniederungen erkennbar. Zusammenhängende Grundmoränen, also Geschiebemergel mit einem feinkörnigeren bindigen lithologischen Aufbau (Lehme und Tone), sind dagegen nicht dokumentiert.

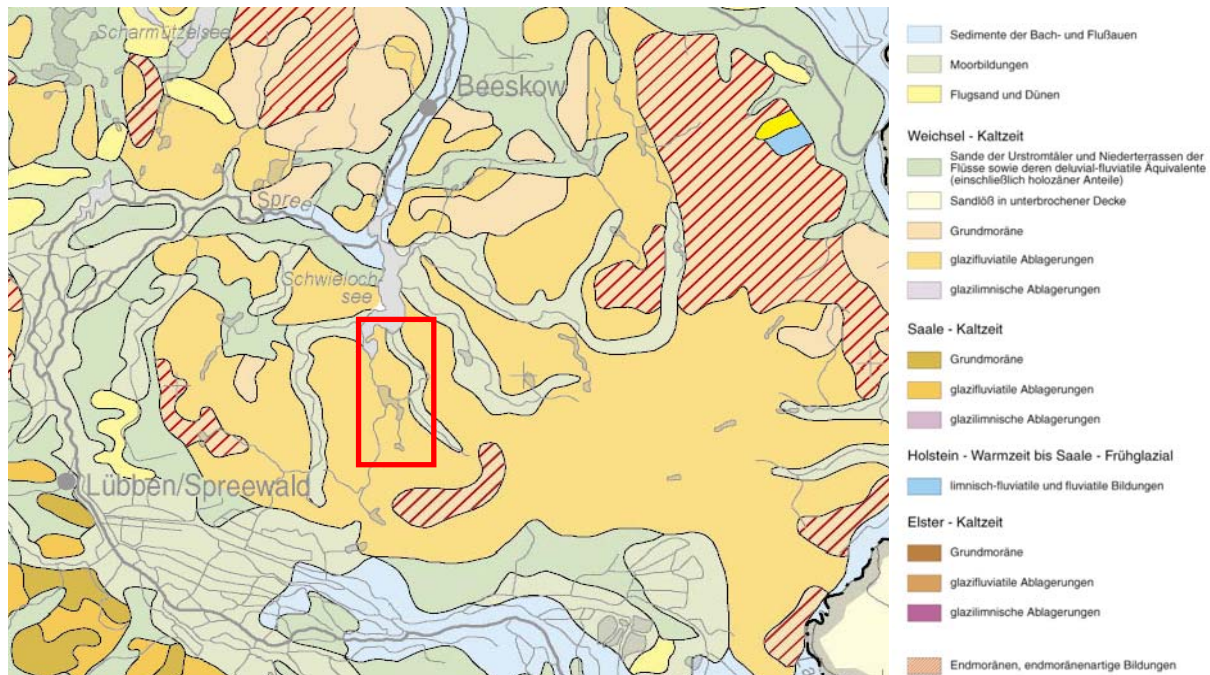


Abb. 3: Regionale Geologische Übersichtskarte mit der markierten Lage des Untersuchungsgebietes (LGRB 2002)

Es dominieren Sande unterschiedlicher Körnungen an der Erdoberfläche, innerhalb derer sich das oberflächennahe Grundwasser in einem unbedeckten Grundwasserleiter befindet. Das dokumentiert auch der in Abb. 4 dargestellte überregionale Schnitt aus der aktuellen „Hyk 50“ des LBGR. Die beiden Pfeile am oberen Bildrand markieren in etwa die Grenzen des Untersuchungsgebietes (UG) im Schnittverlauf.

Die in der Legende dargestellte Gliederung der „Grundwasserleiterkomplexe“ (GWLK) folgt der Systematik nach Manhenke et al. (1995), nach der die Hyk50 erstellt wurde. Erkennbar sind im UG unterhalb der blauen Linie, welche die Grundwasseroberfläche markiert, anhand der grün und hellblau dargestellten Sande der o. g. unbedeckte Grundwasserleiter. Er steht mit dem markierten Schwielochsee in direktem hydraulischem Kontakt und ist nur sehr untergeordnet durch grundwasserhemmenden, saalezeitlichen Geschiebemergel unterbrochen. Warmzeitliche Bildungen des Holstein-Interglazials treten ebenfalls nur sehr marginal auf. Die Mächtigkeit des Grundwasserleiters umfasst zumeist 50 Meter oder mehr.

Der aus der aktuellen Hyk50 des LBGR für das UG abgeleitete Befund wird auch durch die ältere hydrogeologische Karte „HyKa50“ bestätigt, die zusätzlich eine eigene Themenkarte zur „Grundwassergefährdung“ beinhaltet (ZGI 1983). Diese dokumentiert den Geschütztheitsgrad des Grundwassers in einer dreistufigen Klassifizierung. Für das UG ist aufgrund der o. g. Schichtlagerung nahezu flächendeckend „ungespanntes“ Grundwasser ohne „Schutz gegenüber flächenhaft eindringenden Schadstoffen“ dokumentiert. Die zusätzlich in dieser Karte abgebildeten Flurabstände des Grundwassers liegen in der Umgebung der oberirdischen Gewässer zumeist bei weniger als 2 Metern in Entlastungsgebieten. Außerhalb davon dominieren Flurabstände von bis zu 5 Metern oder mehr. Der hydraulische Kontakt zu den Gewässern wird also auch durch diese Karte bestätigt.



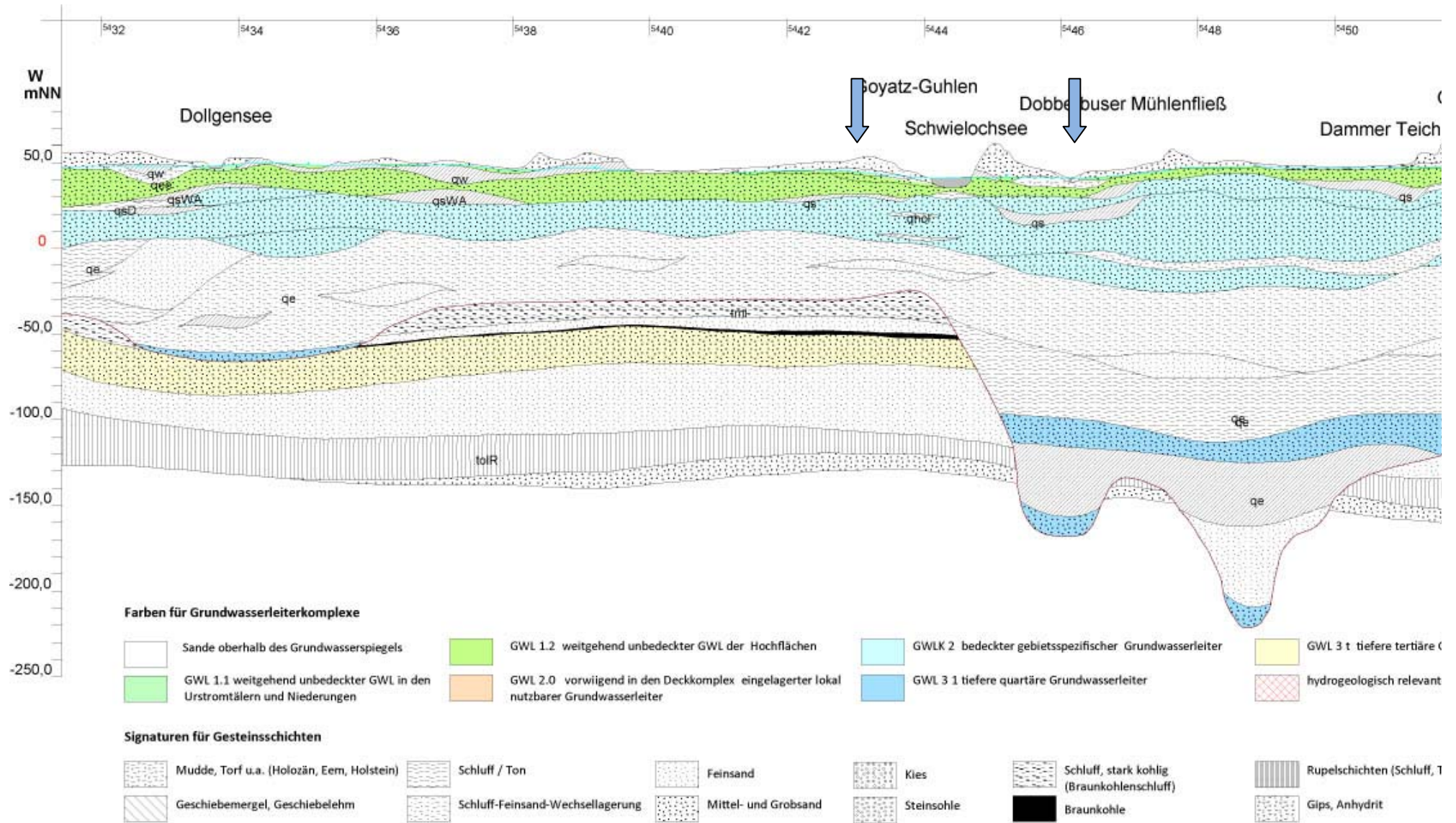


Abb. 4: Hydrogeologischer West-Ost-Schnitt (Hochwert 5765) aus dem Blatt 3950 der Hyk50 des LBGR

Zudem wurde das LBGR um die Übermittlung eines Auszuges aus dem Landesbohrdatenspeicher in digitaler Form gebeten. Zu 80 „frei verfügbaren“ Bohrungen wurden daraufhin die schichtbezogenen Daten übermittelt, mit denen anschließend gezielt auf die Fragestellung des hydraulischen Kontakts der Mochowseen und des Kleinen Schwielochsees mit dem Grundwasser angelegte hydrogeologische Schnitte erstellt werden konnten.

### 2.3.2 Schichtlagerung

Anhang 1 beinhaltet diese beiden konstruierten Schnittdarstellungen in Südwest-Nordost- (Anhang 1a) bzw. in Südost-Nordwest-Richtung (Anhang 1b). Beide Darstellungen kreuzen den Großen bzw. den Kleinen Mochowsee. Der Verlauf der Profilspar der beiden jeweils etwa 9 km bzw. 10 km langen Schnitte ist in der Übersichtskarte zum Aufschlussbestand in Anlage 1 linienhaft eingetragen.

Der SW-NE-Schnitt von Waldow (westlich des UG) bis Doberburg kreuzt zentral den Großen Mochowsee. An der Erdoberfläche sind ausschließlich Mittel- und Feinsande eingetragen. Die Mächtigkeit der ungesättigten Zone - also der Flurabstand - oberhalb der Grundwasseroberfläche ist mit etwa 10 Metern an den Rändern der Schnitte jeweils am höchsten. Am Seeufer und auch beim Doberburger Mühlenfließ zeigt sich der hydraulische Kontakt des Grundwassers mit den Gewässern, die in ihrer gesamten Fläche bzw. Verlauf vom Grundwasser gespeist werden. Der Große Mochowsee ist an seiner Basis von Geschiebemergel unterlagert, der in mehreren Bohrungen (markiert in Anhang 1a) mit abnehmenden Mächtigkeiten in Richtung Nordosten nachgewiesen ist. Dieser trennt lokal das oberflächennahe vom tieferen Grundwasser, überregional (s. Abb. 4) ist diese Trennung vermutlich jedoch nicht ausgeprägt vorhanden.

Der etwas längere SE-NW-verlaufende Schnitt von Klein Liebitz bis Jessern in Anhang 1b zeigt einen vergleichbaren Untergrundaufbau. Der Geschiebemergel ist hier allerdings lückenhafter ausgebildet. Der deutlich flachere Kleine Mochowsee wird vermutlich noch durch geringmächtige Sande oberhalb des Geschiebemergels unterlagert, dazu könnten allerdings nur Bohrungen im See Gewissheit bringen. Beim Kleinen Schwielochsee dagegen besteht dazu eine größere Sicherheit, das zeigen die Bohrungen in Seenähe und auch der Schnitt des LBGR (s. Abb. 4).

Die beiden Schichtenverzeichnisse in Abb. 5a und 5b bestätigen die für das UG beschriebene Schichtlagerung. Die Bohrung in Mochow liegt am Rande des Ortes in der Nähe des Sportplatzes. Sie wurde 2009 gebaut und zeigt bis zur Endtiefe von 10 Meter ausschließlich Sande unterschiedlicher Körnung, vorwiegend Feinsande. Der Filterausbau der Messstelle liegt im Tiefenbereich von 7,50 bis 9,50 Meter in schluffigen, auch kohleführenden Substraten etwa 1 Meter unterhalb des Grundwasseranschnittes. In Doberburg (rechts) - ebenfalls am Rand der Ortschaft - handelt es sich um eine ältere Bohrung aus dem Jahr 19i81 mit deutlich gröberem Sanden bis zur Endtiefe von 25 Metern. Der Filterausbau liegt hier von 8,31 bis 9,31 m unter Gelände. Mit etwa 1 m Mächtigkeit unterbrechen schluffig-tonige Sedimente knapp unterhalb der Grundwasseroberfläche diesen Schichtaufbau, das ist auch im Schnitt in Anhang 1b dargestellt.

**Mochow, MKZ 40515016**

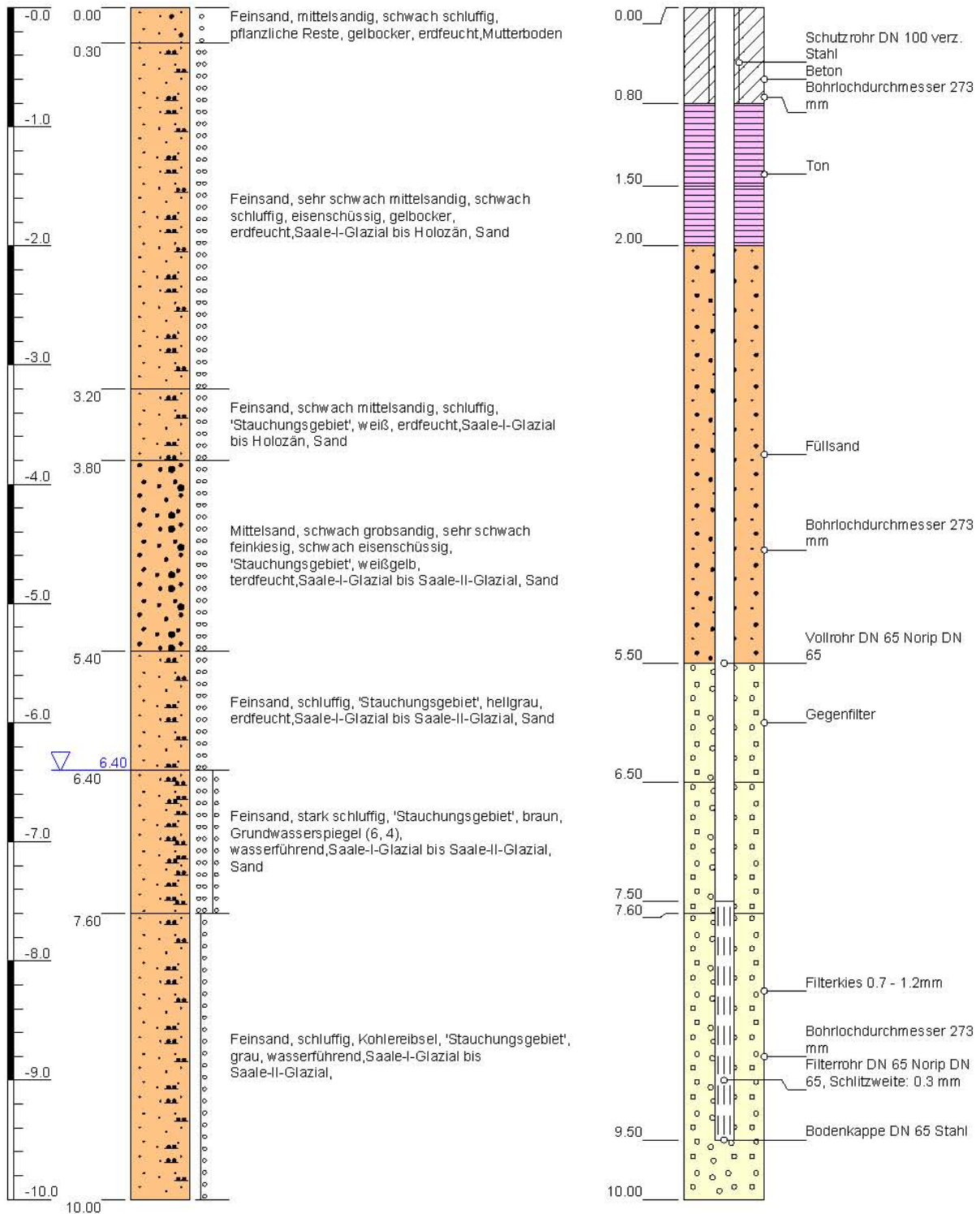


Abb. 5a: Geologisches Schichtenverzeichnis der Grundwassermessstelle in Mochow (s. Kap. 2.3.4)



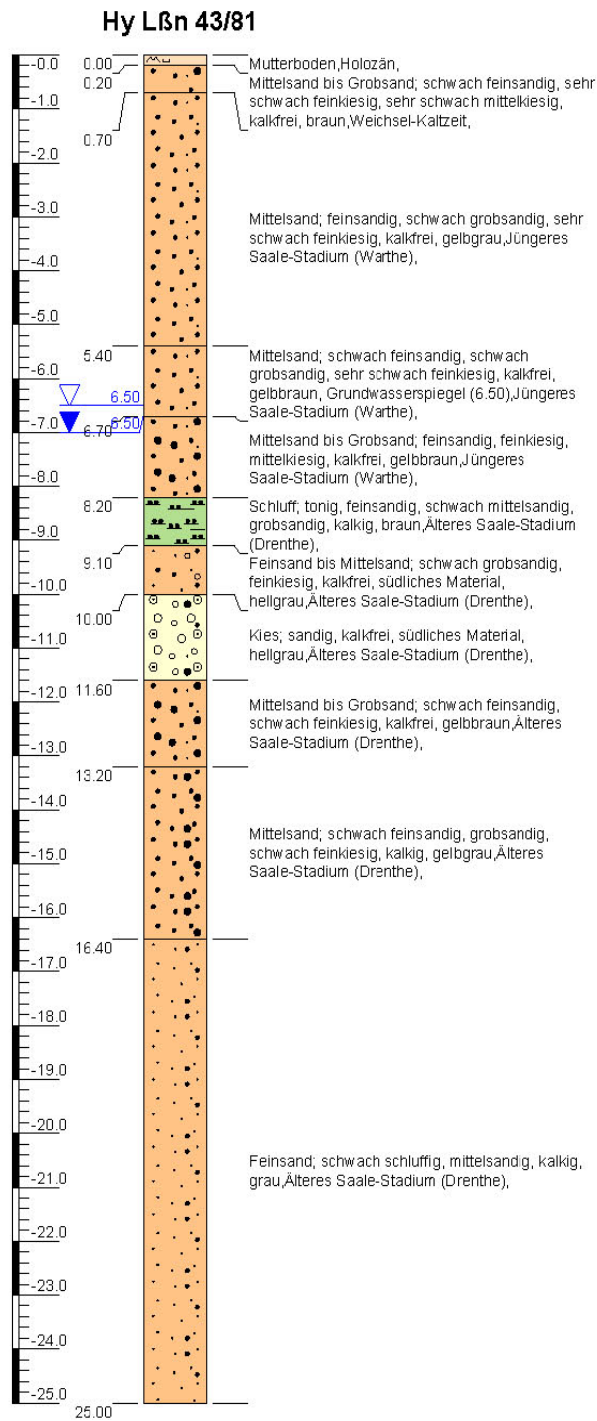


Abb. 5b: Geologisches Schichtenverzeichnis der Grundwassermessstelle in Doberburg s. Kap. 2.3.4)





Die blauen Pfeile in der Karte zeigen schematisch die Fließrichtung in den verschiedenen Teilen des UG. Deutlich erkennbar ist das überwiegend nach Norden ausgerichtete Fließen des Grundwassers sowie die hydraulischen Einflüsse der bestimmenden oberirdischen Gewässer, z. B. des Barolder Mühlenfließes. Das Mochowfließ hingegen wirkt sich nicht erkennbar auf die Geometrie der Isolinien aus, ist also vermutlich nicht an das Grundwasser direkt angebunden

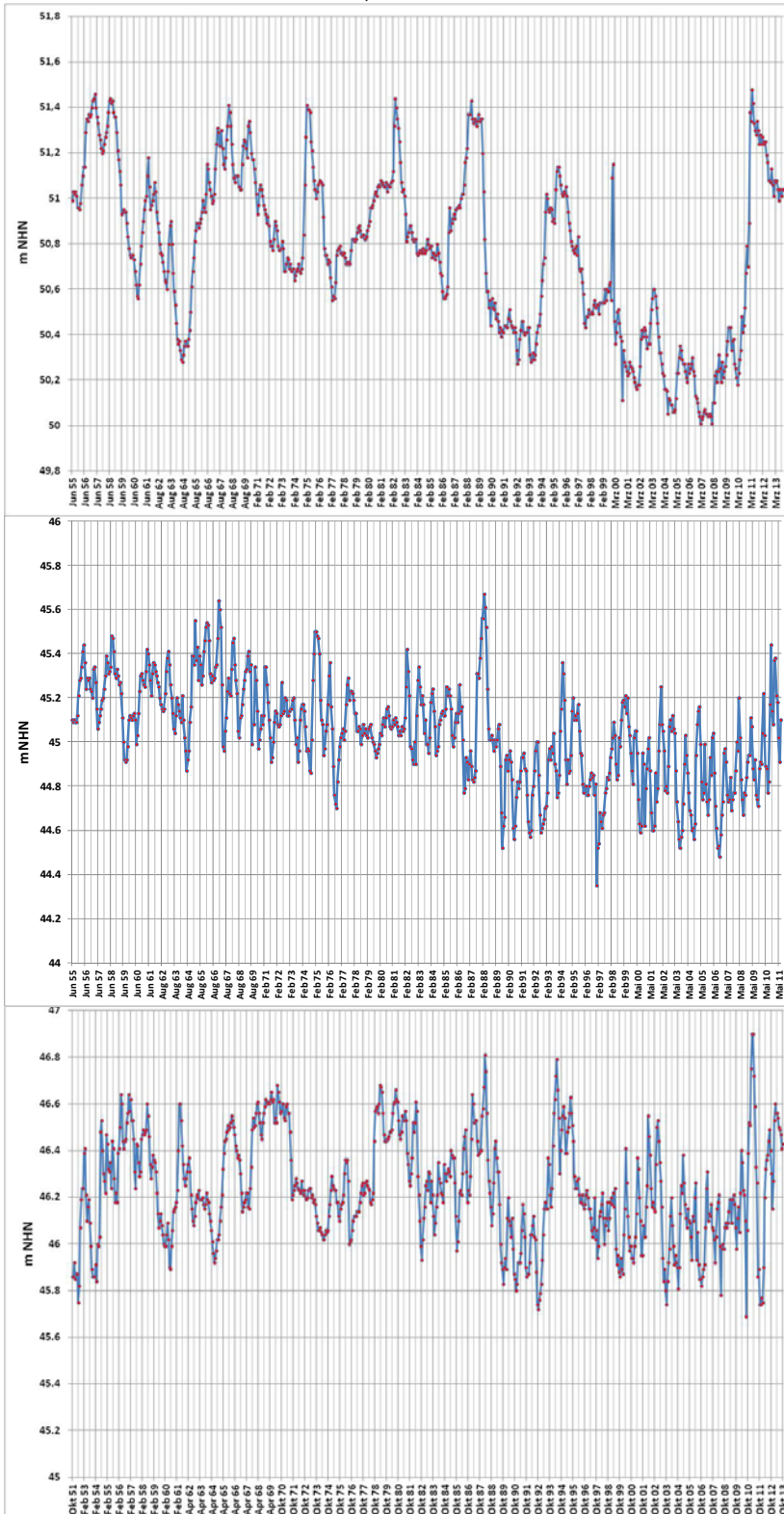


Abb. 7: Zeitliche Entwicklung des Grundwasserstandes an drei geohydraulisch charakteristischen Messstellen im UG (MKZ s. Erläuterungen im Text)

(kolmatiert) oder führt zu geringe Wassermengen für einen erkennbaren Einfluss. Der Große Mochowsee wird an seinem Süd- und Westufer durch das Grundwasser angeströmt, am Ost- und Nordufer erfolgt maßgeblich der Abfluss und nur lokal ein Zufluss (z. B. im Nordosten unterhalb der Kanonenberge). Der Kleine Schwielochsee wird rundum vom Grundwasser gespeist.

Abb. 7 dokumentiert zum oberflächennahen Grundwasser im UG langjährige Ganglinien zu drei charakteristischen, vom LUGV gemessenen Messstellen.

Die obere Ganglinie (40510905) zeigt die zeitliche Entwicklung südlich von Lamsfeld über 50 Jahre mit einem langfristig fallenden Trend bis 2010 und anschließendem kompletten Wiederanstieg eines Neubildungs geprägten Grundwasserleiters.

Die mittlere Ganglinie (4051090) entstammt der Niederung am Barolder Mühlenfließ.

lenfließ nördlich von Lamsfeld. Hier steht das Grundwasser mit dem Fließ in direkter hydraulischer Verbindung. Die Amplitude ist insgesamt geringer ausgeprägt, die kurzfristigen Schwankungen sind dafür höher und ein langfristiger Trend ist nicht vorhanden. Diese Ganglinie repräsentiert ein Entlastungsgebiet und den dominierenden Einfluss des oberirdischen Gewässers.

Die untere Ganglinie (40510147) entstammt einem 4 Meter tiefen Wirtschaftsbrunnen in Lamsfeld. Diese Messstelle liegt in ihrem Erscheinungsbild zwischen den anderen beiden, ein

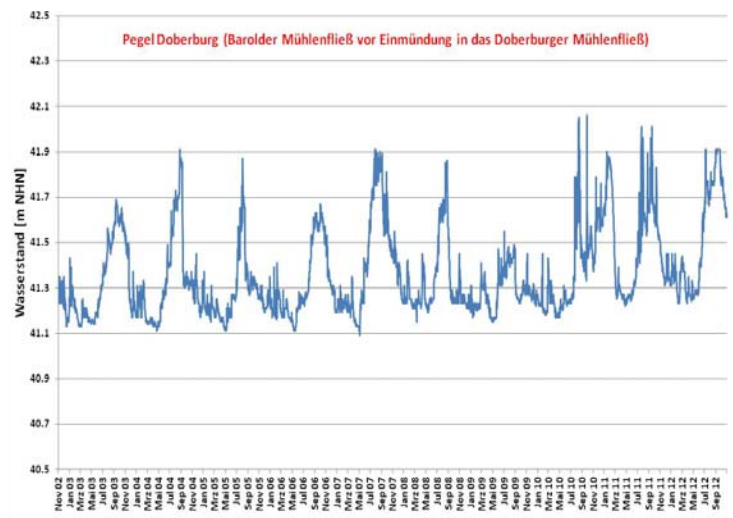
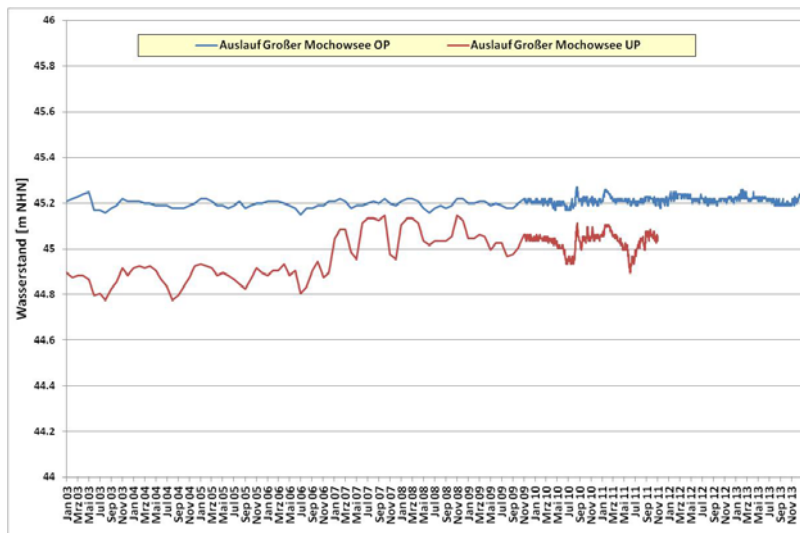


Abb. 8: Zeitliche Entwicklung der Wasserstände des Möllenseegrabens (Auslauf aus dem Großen Mochowsee) bzw. des Barolder Mühlenfließes seit 2003

den dadurch noch deutlich beeinflussten, also gedämpften Wasserstand.

### 2.3.4 Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung beschreibt in der Wasserhaushaltsgleichung das nach Abzug der Verdunstung und des oberirdischen Direktabflusses überschüssige Niederschlagswasser, das in den Boden versickert und dem Grundwasser zuströmt. Vom LUGV werden dazu landesweit Werte zu langjährigen mittleren Neubildungsraten digital vorgehalten (LUGV 2014). Die Karte in Abb. 9 dokumentiert als Ausschnitt daraus für das UG die regionale Verteilung der Daten in

langfristiger Trend ist hier aber nicht erkennbar.

Im Vergleich dazu ist in Abb. 8 die zeitliche Entwicklung der Wasserstände dargestellt, die vom LUGV an Pegeln langfristig gemessen werden. Die Amplituden sind erkennbar geringer als beim Grundwasser ausgeprägt. Kurz vor der Mündung in das Doberburger Mühlenfließ betragen sie langjährig nur etwa 90 cm und entsprechend damit etwa der Gesamtamplitude der in der Nähe befindlichen Grundwassermessstelle (s. Abb. 7, Mitte).

Der Möllenseegraben zeigt beim Auslauf aus dem Großen Mochowsee am Oberpegel den Wasserstand des Sees und beim Unterpegel



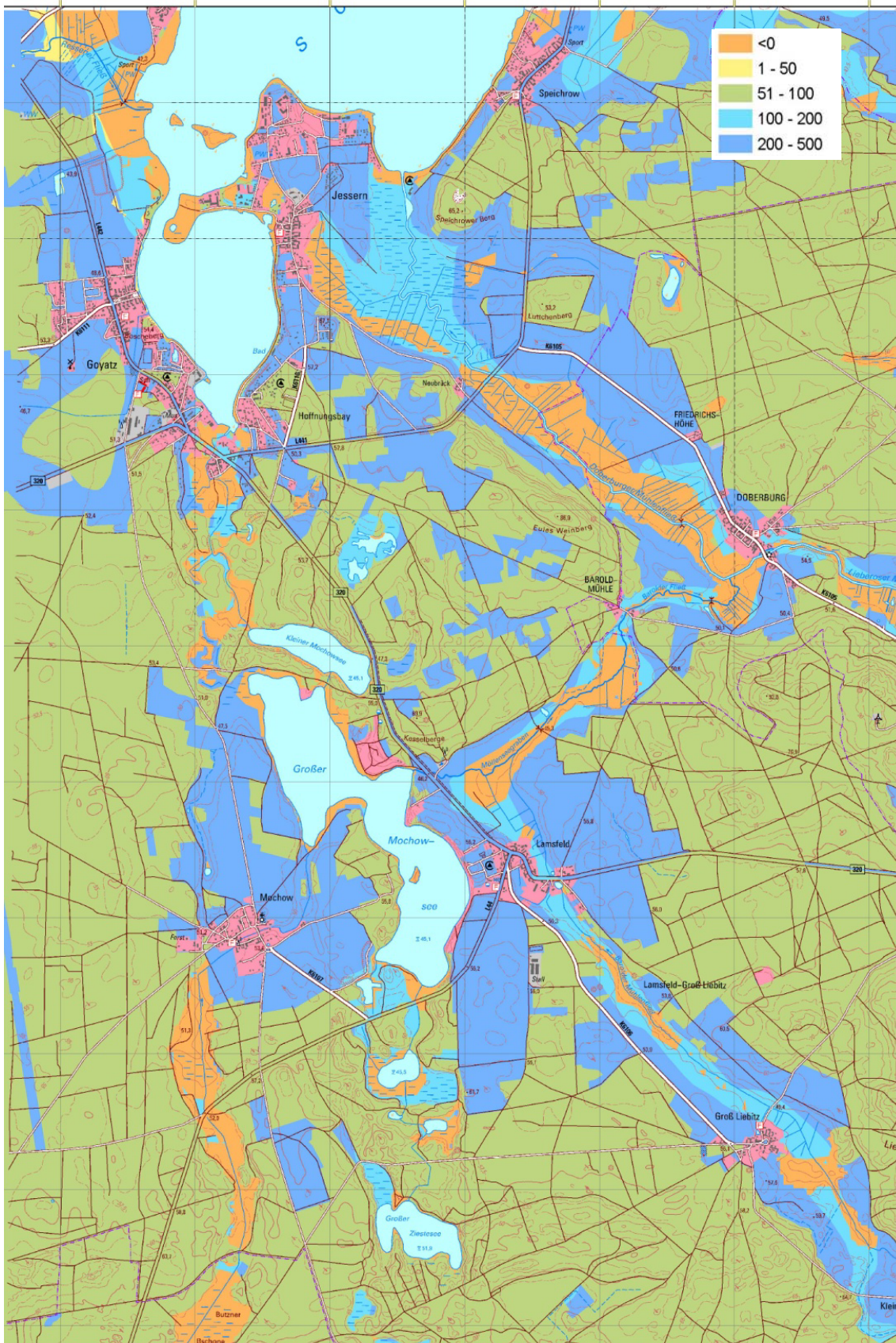


Abb. 9: Langjährig mittlere Grundwasserneubildungsraten (mm/a) nach dem Simulationsmodell ABIMO (LUGV 2014) einer vierstufigen Skalierung. Negative Werte beschreiben Entlastungsgebiete des Grundwassers. Hier findet also im langjährigen Mittel keine Neubildung statt, da entweder die Grundwas-

serstände sehr oberflächennah ausgebildet sind (z. B. beim Barolder oder Lieberoser Mühlenfließ) oder die Deckschichten ein Versickern der Niederschlagswässer nicht zulassen. Letzteres trifft z. B. auf den in der Karte dargestellten Oberlauf des Mochowfließes zu, da hier torfige Schichten der Moore einen Wasserstau bewirken.

Großflächig dominieren im UG Neubildungsraten zwischen 50 und 100 mm/a, das sind normale Werte im Raum Südbrandenburg für die forstlich genutzten Areale. Unter „offenen“ Landschaften, also ohne die ganzjährige Bedeckung der Kiefernforste, nehmen die Neubildungsraten deutlich zu. Werte größer 200 mm/a erscheinen dennoch etwas stark erhöht und sind u. U. der großräumigen Modellierung geschuldet. Vermutlich liegen sie in der Realität etwas niedriger, ohne dass dies bisher durch lokale Messungen verifiziert worden wäre.

### 2.3.5 Beschaffenheit des Grundwassers und der oberirdischen Gewässer

Daten zur Beschaffenheit des Grundwassers lagen zu Beginn der Untersuchungen aus dem Untersuchungsgebiet nur zu den beiden o. g. Grundwassermessstellen in Mochow (4051 50 16) und Doberburg (3951 1820) sowie zu Trinkwasserbrunnen in Lamsfeld und Ressen vor. Die Messstellen wurden vom LUGV im Rahmen des „operativen Monitorings“ von 2009 bis 2012 wiederholt beprobt. Tab. 1 dokumentiert die vorhandenen Daten zur Grundwasserbeschaffenheit. Die beiden Trinkwasserbrunnen des GWAZ sind in größeren Tiefen verfiltert. Die Daten dazu wurden der Rohwasserdatenbank des LUGV entnommen (HYDOR 2014).

Tab. 1: Vorhandene Daten zur Grundwasserbeschaffenheit im Untersuchungsgebiet aus den Jahren 2009 bis 2012 (Daten LUGV); rot gedruckt sind auffallend hohe Werte

	4051 5016 (2009)	4051 5016 (2011)	4051 5016 (2012)	3951 1820 (2009)	3951 1820 (2011)	3951 1820 (2012)	WW Lams- feld Br. 1	WW Res- sen Br. 1
Ammonium mg/l	0,05	0,17	0,06	0,02	<0,04	0,02	0,1	0,05
Bor µg/l		80	72		22	21	10	10
Chlorid mg/l		45	81		1,2	2,6	12	30
DOC mg/l		3,3	4,1		1,2	1,1	1,5	0,5
Eisen-II mg/l		0,28	0,41		0,15	0,1	0,7	1,3
Kalium mg/l		22	25		7,0	6,3	0,5	0,9
Nitrat mg/l	78	75	79	14	9,3	5,4	<0,1	<0,1
Nitrit mg/l N	0,01	<0,01	0,005	0,012	<0,01	0,005	<0,01	<0,01
o-Phosphat mg/l	0,22	<0,01	0,005	0,045	0,14	0,11	<0,1	<0,1
Sauerstoff mg/l		3,8	4,9		7,7	8,7	0,1	0,1
Sulfat mg/l		149			21		35	103
Redoxsp. mV		450	410		400	360		
Leitfähigkeit µS/cm		620	863		215	238	288	486
pH-Wert		5,2	5,1		8,2	8,3	7,7	7,6

Die wiederholt gemessenen Werte der Messstelle in Doberburg und der beiden Trinkwasserbrunnen zeigen bei nahezu allen Parametern keine hydrochemischen Auffälligkeiten im Ver-



gleich zu den in Brandenburg bekannten Konzentrationen des oberflächennahen Grundwassers (Hannappel 1996, LUA 1996, 2002 & 2007).

Auffällig ist jedoch die Messstelle in Mochow, bei der seit 2009 stark erhöhte Nitrat- und Kaliumgehalte gemessen wurden, auch pH liegt mit Werten um pH 5 sehr niedrig. Die Ursachen dafür waren bisher nicht eindeutig geklärt. Vermutet wurde seitens der Anwohner der Einfluss eines landwirtschaftlichen Düngelagers, das bis zur Wende im Zustrom zur Messstelle beim Sportplatz bestanden hat. Dies galt es durch vertiefende Recherche nachzugehen. Die von Limplan & enviteam (2010) dokumentierten sehr hohen Phosphorgehalte an der Messstelle konnten durch Messungen des LUGV 2011 und 2012 im Rahmen des operativen Monitorings nicht bestätigt werden, sowohl ortho- als auch Gesamt-Phosphor lagen unterhalb von 0,01 mg/l.

Zur Beschaffenheit der oberirdischen Gewässer liegen aufgrund der Messungen des LUGV in den vergangenen Jahren (2012 bis 2013) weitaus mehr Daten vor; dokumentiert sind sie in Bezug auf biologische und chemische Parameter in Kovalev & Spundflasch (2012). Der trophische Zustand des Großen Mochowsees wurde 2007 mit eutroph 2 (LAWA-Trophieindex=3,1) und 2010 mit eutroph 1 (LAWA-TI=2,86) eingeschätzt (Daten LGUV). Als Referenzzustand (pot. nat. Trophie) des Sees wurde laut C-Bericht des Landes Brandenburg 2,1 (mesotroph2) ermittelt. Die aktuelle Nährstoffsituation kann demnach nicht als nährstoffarm eingestuft werden. Der Gr. Mochowsee ist belastet. Das Mochowfließ als Zulauf zum Großen Mochowsee hat hohe C-, N- und P-Gehalte, was durch wiedervernässte Moorflächen (Butzener Bagen) verursacht sein könnte. Die Konzentrationen im Großen Mochowsee (0,089 mg TP/l, 0,79 mg TN/l) liegen niedriger als am Auslass des Kleinen Mochowsees. Die Absenkung der seeinternen Konzentrationen im Kleinen und Großen Mochowsee sei wichtig um die Zielkonzentration von 0,036 mg TP/l im Kleinen Schwielochsee zu erreichen. Der Kleine Mochowsee besitze einen Anteil von 8% der Nährstoffeinträge in den Kleinen Schwielochsee (LUGV 2012).

In der Übersichtskarte in Anlage 1 ist die Lage der Entnahmestellen an den Gewässern zusammen mit der Lage der Grundwassermessstellen und Trinkwasserbrunnen dargestellt. Abb. 10 zeigt die Spannweiten der vom LUGV 2012 und 2013 gemessenen Konzentrationen in den oberirdischen Gewässern in Form von Boxplots mit der grafischen Darstellung des Schwerpunktes der Konzentrationen. „N“ jeweils an der Basis der Boxen gibt pro Entnahmestelle an, wie viele Einzelwerte insgesamt der Darstellung zugrunde liegen. Beim Sauerstoff (Abb. 10, o.) fallen vor allem die beiden Entnahmestellen am oberen Mochowfließ mit sehr niedrigen Sauerstoffgehalten zwischen 2 und 4 mg/l auf. Hier drückt sich sicher der Einfluss der organischen Deckschichten in der Nähe des Fließes durch reduzierende Verhältnisse auf den Sauerstoff und erhöhte TOC-Werte aus. Das zeigt sich auch an der Entnahmestelle 53 am Möllenseegraben im Zustrom zum Großen Mochowsee mit ebenfalls verbreitet Torfen in der Umgebung. Bereits an der Mündung des Mochowfließes zum Großen Mochowsee (Nr. 52) und am Auslauf des Möllenseegrabens (Nr. 54) liegen die Konzentrationen aber wieder in einem Bereich, der auch für die übrigen Standorte mit im Mittel etwa 8 mg/l typisch ist.

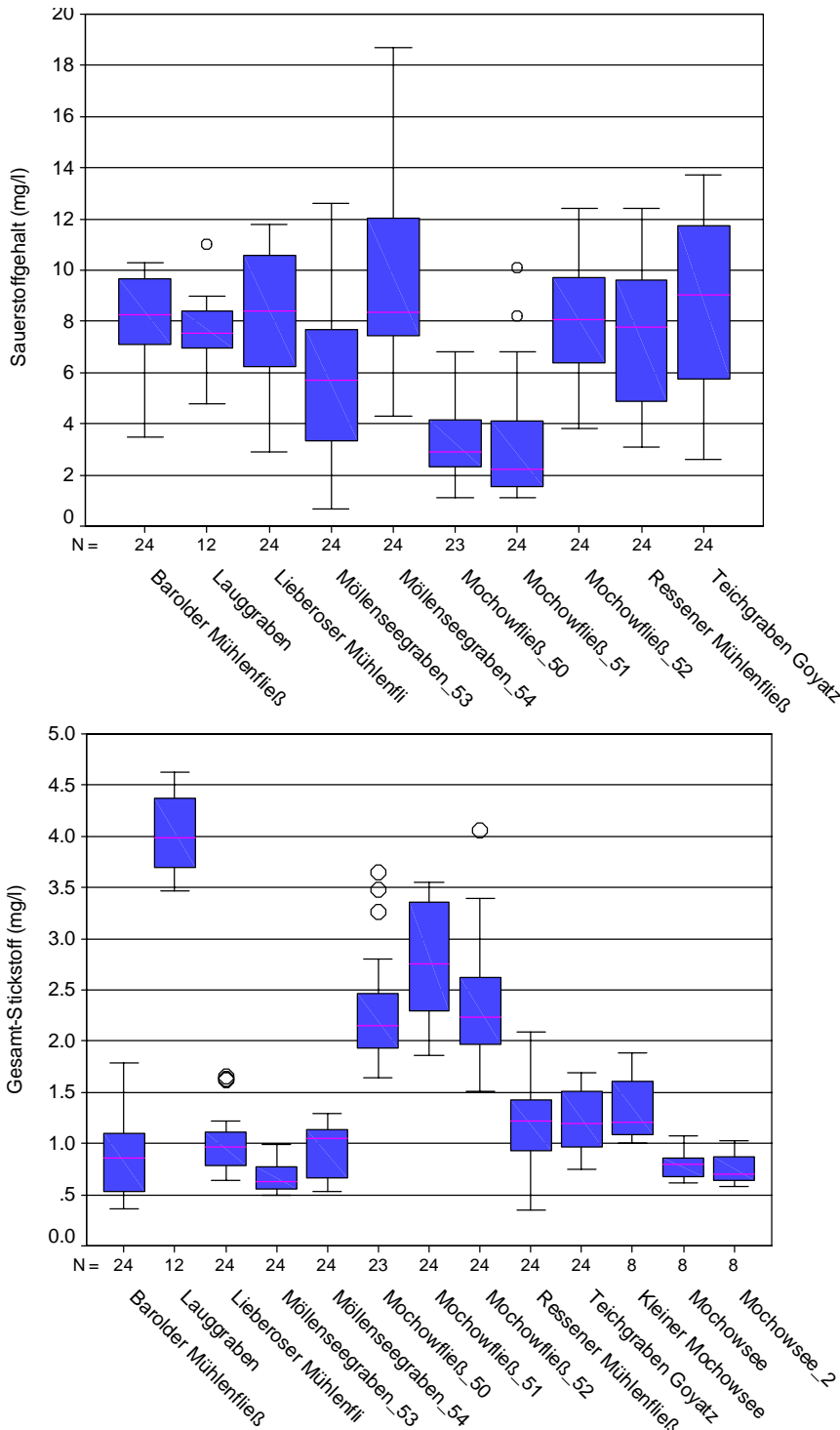


Abb. 10: Boxplots der Konzentrationen von Sauerstoff (oben) und Stickstoff (unten) in den oberirdischen Gewässern (Daten LUGV 2012 und 2013)

Bei Stickstoff (Abb. 10, u.) zeigen sich große Unterschiede zwischen den einzelnen Gewässern: deutlich am höchsten liegen sie im Lauggraben im Nordwesten am Südwestufer des Großen Schwielochsees (auch Phosphor ist hier deutlich erhöht). Diese Entnahmestelle liegt in der Umgebung eines Moores, das vermutlich für die erhöhten Nährstoffgehalte verantwortlich ist.

Ebenfalls deutlich erhöht sind die Stickstoffwerte bei allen drei Entnahmestellen des Mochowfließes (Mediane > 2 mg/l N), während vor allem der Mochowsee, aber auch der Möllenseegraben und das Lieberoser Mühlenfließ erkennbar niedrigere Werte zeigt (< 1 mg/l).

Ein äquivalentes Bild zeigt sich auch beim Phosphor. (Abb. 23 auf S. 52) mit niedrigeren Werten im See und den großen Fließten, während das Mochowfließ

erhöhte Werte aufweist. Auch hier besteht ggf. ein Einfluss der organischen Sedimente im Zufluss auf die erhöhten Konzentrationen des Sees.

Zu zwei der Entnahmestellen am Ressener Mühlenfließ und am Teichgraben Goyatz liegen darüber hinaus langjährig gemessene Konzentrationen des anorganischen Stickstoffs und von Gesamt-Phosphor seit 1992 vor. Diese sind in den Abb. 11a und b dargestellt.



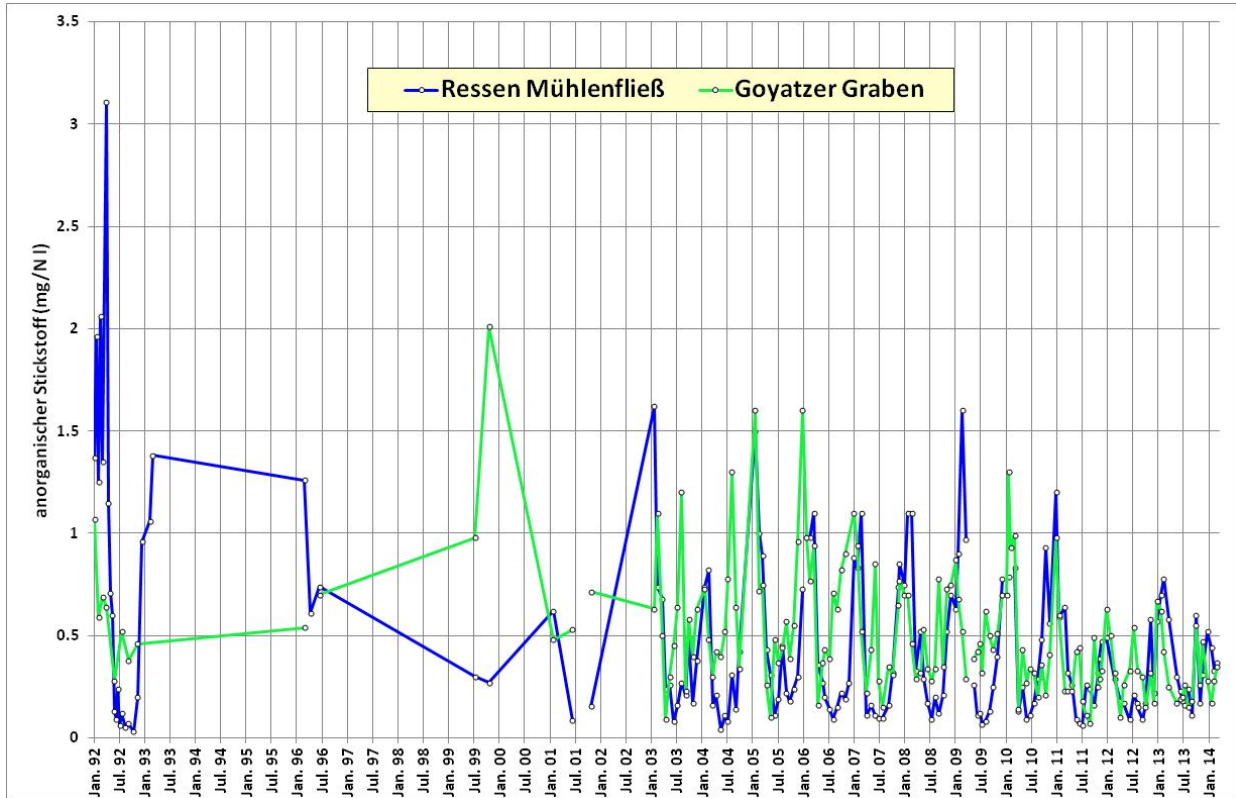


Abb. 11a: Langjährige Konzentrationen von Stickstoff an zwei oberirdischen Gewässern im UG

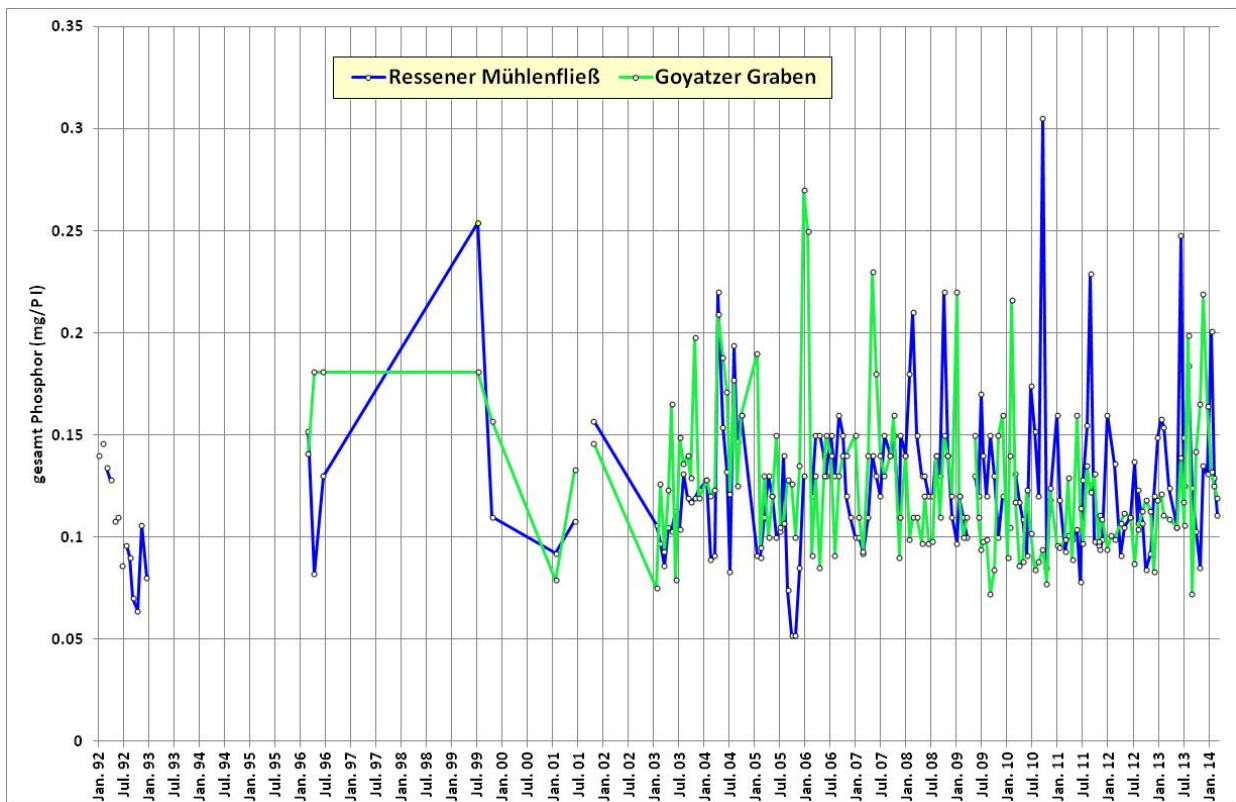


Abb. 11b: Langjährige Konzentrationen von Phosphor an zwei oberirdischen Gewässern im UG

Die langjährigen Ganglinien zeigen für beide Parameter keinen statistisch nachweisbaren zeitlichen Trend. Beim Stickstoff deutet sich eine Abnahme der starken Schwankungen in den ver-

gangenen Jahren an. Aktuell - im Januar 2014 - liegen die monatlich gemessenen Konzentrationen zumeist unterhalb von 0,5 mg/l.

Bei Phosphor schwanken die Konzentrationen auch aktuell noch stark. In den vergangenen zehn Jahren sind die Werte hier nicht zurück gegangen. Noch weiter zurück reicht die Datenbasis für einen zuverlässigen Vergleich nicht aus. Erkennbar sind beim Resserer Mühlenfließ vor allem zu den markanten Hochwasserzeitpunkten der letzten Jahre (2010, 2011 und 2013) besonders hohe Werte, die ggf. auf Auswaschungsvorgänge zurückgeführt werden können.

## 2.4 Recherchen zu lokalen Belastungsquellen bei den Fachbehörden des Landes

Von der Unteren Wasserbehörde des Landkreis Dahme-Spreewald wurden – basierend auf Daten des Gubener Wasser- und Abwasserzweckverbandes (GWAZ) – aktuelle Angaben zur Abwasserentsorgung der Gemeinden des Amtes Schwielochsee im Untersuchungsgebiet zur Verfügung gestellt (s. Tab. 2).

Tab. 2: Angaben zur Abwasserentsorgung in den Gemeinden des Untersuchungsgebietes (zur Verfügung gestellt von der UWB des LK Dahme-Spreewald)

OT Name	Amt Gemein- de	EW 31.12.1 1	Fäkalien- grube	Kleinkläran- lage	Kanalisa- tion
Goyatz	Schwieloch- see	461	88	57	316
Goyatz, GT Guhlen		116	0	0	116
Goyatz, GT Siegadel		79	22	57	0
Jessern		243	48	6	189
Lamsfeld - Gr. Liebitz, GT Lamsfeld		107	0	0	107
Lamsfeld - Gr. Liebitz, GT Groß Liebitz		27	15	12	0
Lamsfeld - Gr. Liebitz GT Klein Liebitz		25	15	10	0
Mochow		141	56	85	0

Erkennbar ist, dass sämtliche Haushalte in Mochow sowie in Groß Liebitz und Klein Liebitz nicht an die öffentliche Abwasserentsorgung über die Kanalisation angeschlossen sind. Hier erfolgt die Entsorgung primär über Kleinkläranlagen und Fäkaliengruben in den Untergrund, deren Dichtheit zudem nicht immer gewährleistet sein muss. Die Abwässer stellen also eine potentielle Gefahrenquelle für das oberflächennahe Grundwasser dar.

Zu beachten ist dabei aber natürlich der mengenmäßige Aspekt der nur 141 Einwohner (Stand: 2011). Anhand der durchgeführten Analysen im Jahr 2014 wurde versucht, dem über geeignete Indikatorparameter nachzugehen.

### **3 Vorbereitung der Geländearbeiten**

Die durchzuführenden Geländearbeiten sollten der Verbesserung des Kenntnisstandes und der Aufklärung von Wissensdefiziten in Bezug auf die Beschaffenheit der oberirdischen Gewässer und des Grundwassers dienen. Um sie kosteneffizient durchführen zu können mussten sie möglichst optimal angepasst auf die örtlichen Verhältnisse vorbereitet werden. Das umfasste vor allem die Aufsuchung und Bewertung vorhandener Grundwasseraufschlüsse (s. Kap. 3.1) sowie im Ergebnis davon die Vorbereitung des Baus neuer Messstellen (s. Kap. 3.2 bis 3.6).

#### **3.1 Überprüfung und Bewertung von Grundwasseraufschlüssen**

Die Übersichtskarte in Anlage 1 dokumentiert die Lage aller Grundwasseraufschlüsse und der Pegel bzw. Entnahmestellen oberirdischen Gewässern, zu denen vom LUGV (RS 5 und Ö 4) Stamm- und Beschaffenheitsdaten übergeben wurden. Ebenfalls dort eingetragen sind die Brunnen und Trinkwasserschutzzone der beiden Wasserwerke Lamsfeld (östlich vom Großen Mochowsee) und Ressen (westlich des Großen Schwielochsees) des GWAZ. Insgesamt handelte es sich um 27 Grundwasseraufschlüsse (Messstellen und Brunnen) im UG.

Zusätzlich eingetragen in der Karte ist die Lage der Bohrungen, zu denen vom LBGR digitale Schichtenverzeichnisse übergeben wurden. Erkennbar ist die räumliche Konzentration auf die Ortslagen, vor allem im Raum Goyatz unmittelbar südlich des Kleinen Schwielochsees. In direkter Umgebung des Großen Mochowsees dagegen befinden sich nur wenige Bohrungen, so dass der geologische Aufschlussbestand hier als unzureichend bewertet werden muss. Die für die hydrogeologischen Profile verwendeten Bohrungen befinden sich auf den Schnittlinien.

Die Pegel an den oberirdischen Gewässern waren nicht Gegenstand der Überprüfungen im Gelände, da diese aktuell vom LUGV routinemäßig gemessen bzw. beprobt werden und zu ihnen ein guter Kenntnisstand vorliegt

Die Grundwassermessstellen sind z. T. Bestandteil des Messnetzes Grundwasserstand. Ergänzend befinden sich die beiden bisher bereits für eine Beprobung verwendeten Messstellen in Doberburg und Mochow sowie Archivmessstellen auf der Karte. Vor allem zu diesen existieren zumeist nur Stammdaten und es war nicht klar, ob sie für eine Beprobung genutzt werden konnten. Vor allem bei ihnen musste also die technische Eignung dafür im Gelände mit nachvollziehbaren Methoden überprüft werden. Folgende Arbeiten wurden dazu im Januar 2014 durchgeführt:

- Aufsuchung der Grundwassermessstellen im Gelände nach Datenlage des LUGV (dabei: zusätzliche Integration neuer, dem LUGV bisher nicht bekannter Aufschlüsse),
- Überprüfung der Koordinatenangaben (Hoch- und Rechtswerte),
- Fotodokumentation aller aufgefundenen Messstellen (s. Anhang 2 zu den neun als für die Beprobung geeignet eingestuft und einigen weiteren Messstellen sowie die Fotodokumentation auf CD in der Beilage zu allen aufgesuchten Messstellen )



- technische Bewertung der Rohre und des Abschlussbauwerks im Hinblick auf eine mögliche Beprobung,
- Tiefenlotung und Messung des Grundwasserstandes (Ruhewasserspiegel),
- einfacher Auffülltest zur hydraulischen Charakterisierung bei vorläufiger Eignung sowie
- eine abschließende Klassifizierung und Bewertung der Aufschlüsse zur Eignung für die anstehende Beprobung (s. Tab. 2).

Abb. 12 zeigt exemplarisch dazu vier aufgesuchte und gefundene Aufschlüsse:



Abb. 12: Exemplarische Fotos geeigneter (oben) und ungeeigneter Messstellen (unten); die vollständige Dokumentation samt Messstellenbezeichnung befindet sich im Anhang 2

Folgende Ergebnisse ergaben sich im Rahmen der Aufsuchung bzw. Klassifizierung (s. Tab. 2):

- sechs der 27 Aufschlüsse konnten nicht aufgefunden werden, sind - aus verschiedenen Gründen - also nicht mehr im Gelände existent (z. B. die Archivmessstelle mit der MKZ 4051 0164 am Westufer des großen Mochowsees an einem offenen Feldweg innerhalb der landwirtschaftlichen Nutzfläche);
- 12 weitere Aufschlüsse wurden zwar im Gelände aufgefunden, waren aber für eine Beprobung nicht geeignet (z. B. weil es Wirtschafts- oder Feuerlöschbrunnen sind, bei denen keine Pumpe in das Rohr eingebaut werden kann oder weil das Rohr krumm ist);

Tab. 3: Vierstufige (farbig markierte) Klassifizierung der 27 im Gelände aufgesuchten und für die Beprobungsfähigkeit bewerteten Grundwasseraufschlüssen

MKZ	Bezeichnung / Ortslage	Netz	SVZ ja/nein	Messstellenart / Bemerkung	RW	HW	Beginn	ROK	GOK	FOK	FUK	Sohle	GW 01/14 u. MP m	Tiefe u. MP m	Prüfergebnis vor Ort Januar 2014 / Kommentar Sondieransatzpunkt
39511820	Doberburg	GWBesch	ja	Beobachtungsrohr	3447944	5762071	01.01.1981	52.31	51.91	43.60	42.60	41.60	7.71	12.35	Mst. funktionsfähig, für PN geeignet
39515009	Hy FdlNdl 22/78 OP	Archiv	ja	Beobachtungsrohr	3446504	5763699		48.05	47.1	40.5	38.5	36.5	3.77	11.41	Mst. funktionsfähig, für PN geeignet
40510905	Lamsfeld	GWStand	nein	Beobachtungsrohr	3446455	5758161	01.01.1955	55.92	55.20			46.88	5.11	7.51	Mst. funktionsfähig, für PN geeignet
40515016	Mochow	GWBesch	ja	Beobachtungsrohr	3444500	5759090	01.11.2012	55.41	54.81	47.31	45.31	45.31	7.2	10.10	Mst. funktionsfähig, für PN geeignet
	Hy Bieb 120/87	Archiv	ja	Beobachtungsrohr	3443083	5764605		46.5	45.4				3.18	25.90	muss klargepumpt werden
	Hy Lan 51/80	Archiv	ja	Beobachtungsrohr	3443534	5763594		44.2	43.8				1.14	11.15	muss klargepumpt werden
	Hy Lre 10/69 OP	Archiv	ja	Beobachtungsrohr	3447738	5757325		57	55.8	43.6	39.6		4.46	18.81	muss klargepumpt werden
	LFE_3		nein	Beobachtungsrohr	3444073	5757250		53.88	52.96			45.88	2.21		muss klargepumpt werden
	PEGEL1		ja	Beobachtungsrohr	3445785	5757208		52.65	51.73	49.65	47.65	48.01	1.59		muss klargepumpt werden
40510907	Lamsfeld	Archiv	nein	eingestellt 2011	3446515	5760410	01.01.1955	47.20	46.40			43.84	2.13	3.22	für PN nicht geeignet, trocken
40516402	Mochow	Archiv		eingestellt 2007	3444481	5758071	01.01.1970	57.11	56.20	49.87	47.87	47.85	6.31	6.94	hydraulisch defekt, für PN nicht geeignet
39510143	Goyatz	GWStand		Feuerlöschbrunnen	3443407	5763419	01.11.1960	47.16	46.62	37.50	29.50	29.00			keine Prüfung möglich, für PN nicht geeignet
40510146	Lamsfeld	GWStand		Wirtschaftsbrunnen	3446396	5759480	01.01.1951	49.31	49.01	45.96	45.26	45.26			keine Prüfung möglich, für PN nicht geeignet
40510147	Lamsfeld	GWStand		Feuerlöschbrunnen	3446396	5759480	01.01.1999	49.41	49.05			28.11			keine Prüfung möglich, für PN nicht geeignet
39515008	Schadow	Archiv		Beobachtungsrohr	3448464	5765074				22	24		6.83	26.80	Rohr verbogen, für PN nicht geeignet
	Brunnen 1/87	WW-Brunnen		WW Ressen-Zaue	3442846	5764806				18.00	23.00				keine Prüfung möglich, für PN nicht geeignet
	Brunnen 2/87	WW-Brunnen		WW Ressen-Zaue	3442870	5764739				13.00	17.00				keine Prüfung möglich, für PN nicht geeignet
	Brunnen 1/88	WW-Brunnen		WW Lamsfeld	3445365	5760516				25.00	30.00				keine Prüfung möglich, für PN nicht geeignet
	Brunnen 3/87	WW-Brunnen		WW Lamsfeld	3445346	5760520				28.00	32.00				keine Prüfung möglich, für PN nicht geeignet
	Brunnen 1/85	WW-Brunnen		WW Lamsfeld	3445373	5760453				31.00	35.00				keine Prüfung möglich, für PN nicht geeignet
	Hy ResLn 1/87 OP	Archiv		Beobachtungsrohr	3442827	5764789							7.65	25.60	hydraulisch defekt, für PN nicht geeignet
39516102	Goyatz	Archiv		eingestellt 2000	3445343	5762621						22.20			Messstelle nicht mehr existent
40510164	Mochow	Archiv		eingestellt 1980	3444287	5759960						9.67			Messstelle nicht mehr existent
40510906	Lamsfeld	Archiv		eingestellt 1990	3446316	5759710	01.11.1975	45.87	45.37			41.52			Messstelle nicht mehr existent
40510908	Lamsfeld	Archiv		eingestellt 1992	3446366	5759250	01.01.1959	47.07	46.67			45.56			Messstelle nicht mehr existent
40516401	Liebitz	Archiv		eingestellt 1983	3448995	5756202	01.01.1971	57.09	56.19	33.20	31.20	29.20			Messstelle nicht mehr existent
39516106	Speichrow	Archiv		Beobachtungsrohr	3446456	5765188									Messstelle nicht mehr existent

- Bei fünf Messstellen konnte zwar eine technische konstatiert werden, jedoch erbrachte der Auffülltest ein negatives Ergebnis. Hier wurde eine vorläufige Eignung festgestellt, die im Rahmen der Beprobung durch Abpumpen überprüft werden sollte. Bei all diesen vier Messstellen gelang das dann auch (s. Kap. 4), so dass sie erfolgreich beprobt werden konnten.
- Bei vier Messstellen konnte die uneingeschränkte Eignung für die Beprobung festgestellt werden, da sie allen technischen Anforderungen genügten und auch der auffülltest ein positives Ergebnis erbrachte. Zusätzlich zu den beiden bisher bereits vom LUGV im operativen Messnetz beprobten Messstellen handelte es sich hierbei um zwei dem LUGV bisher nicht bekannte Messstellen nordwestlich von Goyatz sowie östlich von Jessern (s. Tab. 3).

### **3.2 Auswahl eines geotechnischen Erkundungsverfahrens**

Die neun als (mindestens vorläufig) geeignet bewerteten Grundwassermessstellen liegen sehr ungleichmäßig im UG verteilt, das zeigt Anlage 2 sehr deutlich. Vor allem in unmittelbarer Nähe zum Großen Mochowsee befinden sich nur sehr wenige Messstellen. Auch der Abstrombereich des Ses in Richtung Kleiner Schwielochsee und zum Doberburger Mühlenfließ ist nicht mit Messstellen belegt. Im südlichen Anstromgebiet des sees hingegen existieren im Wald einige geeignete Messstellen (z. B. „LFE\_3“ und „Pegel 1“ der Forstverwaltung).

Für die notwendige Ergänzung des Messstellennetzes wurde das Verfahren der Rammkernbohrungen (DN 80) gewählt, da mit diesen temporäre Grundwassermessstellen angelegt werden konnten, die im Projektzeitraum wiederholt zu zwei Zeitpunkten (März und Juli 2014) beprobt werden konnten. Hierdurch war es möglich, einmalige Laborergebnisse einer Verifizierung zu unterziehen, was nach Rücksprache mit dem AG als geeignet im Hinblick auf die Belastbarkeit der Daten gewertet wurde. Zudem ist der Zielhorizont der Untersuchungen das oberflächennahe Grundwasser im Teufenbereich von 10 bis maximal 15 m Tiefe. Hier können Rammkernsondierungen sehr effizient eingesetzt werden.

Das Verfahren bietet im Vergleich zu Direct-Push-Sondierungen (DP) zudem zwei weitere technologische Vorteile: zum Einen können auch bindige Geschiebemergel-Horizonte, die aufgrund des Untergrundaufbaus (z. B. am Westufer des Großen Mochowsees erwartet werden mussten), mit einer größeren Mächtigkeit im Vergleich zum DP-Verfahren durchteuft werden. Zum Anderen ist eine direkte geologische Ansprache der erbohrten Sedimente möglich, was für die Interpretation der Beschaffenheitsdaten von Bedeutung ist. Zudem handelt es sich auch um ein deutlich kostengünstigeres Verfahren im Vergleich zu DP, bei dem z. B. allein die zuverlässige Bestimmung des Grundwasserstandes zu Zusatzkosten führt.

Die Vorteile der DP-Sondierungen mit der Möglichkeit der tiefengestaffelten Probenentnahme von Grundwasser an einem Ort hingegen wurden für das UG als nicht prioritär eingestuft, da die Stickstoffbelastung des Grundwassers nicht im Fokus der Untersuchungen stand. Bei dieser ist



aufgrund der Redoxabhängigkeit der N-Spezies die DP-Technologie von Vorteil. Hier jedoch wurde der wiederholten Beprobung zu zwei Zeitpunkten größeres Gewicht beigemessen.

Abb. 13 zeigt exemplarisch Fotos zur Durchführung der Rammkernsondierungen mit dem Probegut, die im März 2014 von der Fa. GEO TECH Service Gesellschaft mbH (Königs Wusterhausen) im Rahmen eines Nachauftrages durchgeführt wurden.



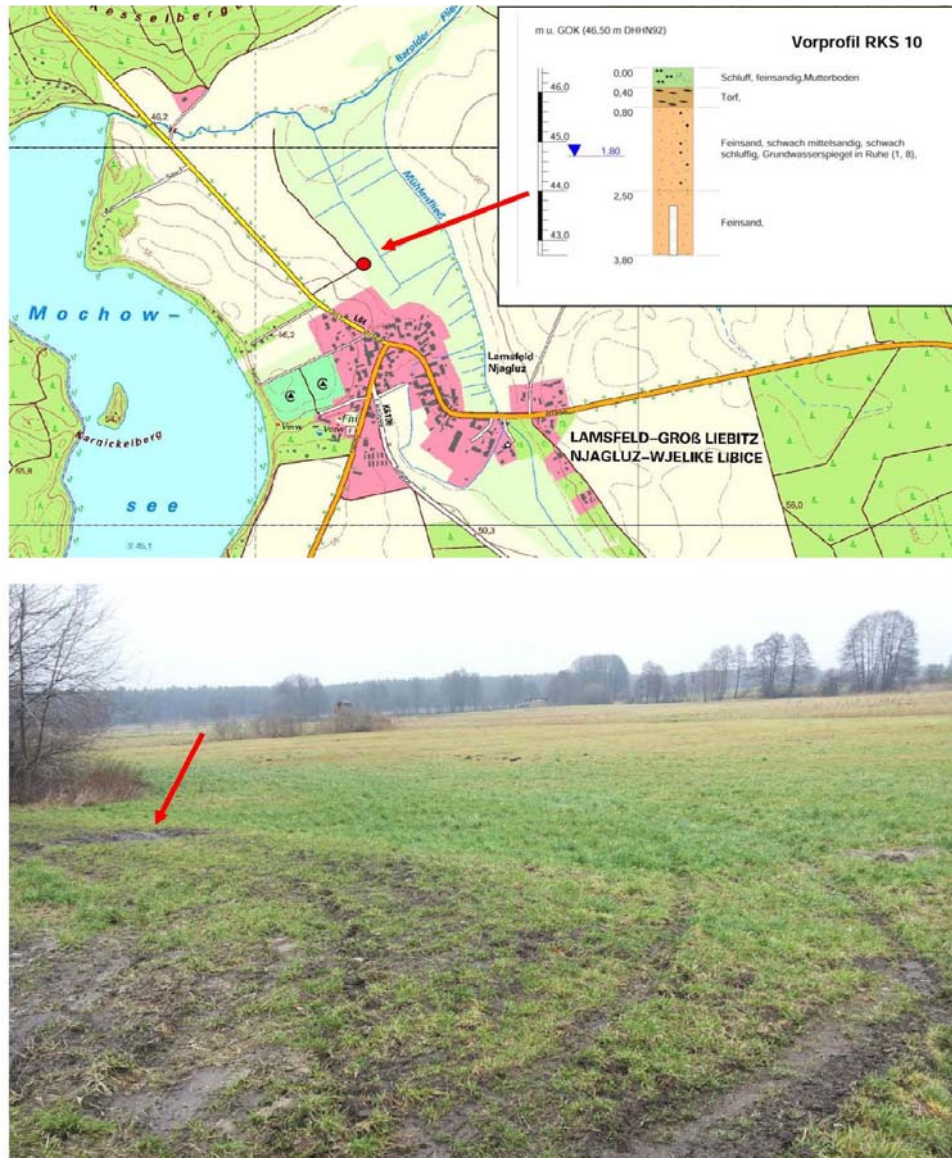
Abb. 13: Durchführung der Rammkernsondierungen im Gelände im März 2014 zur Errichtung der temporären Grundwassermessstellen (s. Kap. 4.2)

### 3.3 Festlegung von Ansatzpunkten und Erarbeitung von geologischen Vorprofilen

Im Ergebnis der bis dahin durchgeführten Arbeiten wurden anschließend ortskonkrete Ansatzpunkte für 13 Rammkernsondierungen festgelegt und für diese auf Basis des Kenntnisstandes zu den Bohrungen des LBGR geologische Vorprofile in Vorbereitung der Erarbeitung des Leistungsverzeichnisses erstellt.

Abb. 14 zeigt exemplarisch für einen der 13 Standorte einen Lageplan, das Foto des Standortes im Gelände sowie das Vorprofil. Zu jedem Standort wurde eine kurze Charakterisierung gegeben, die den Kenntnisstand zusammenfasst und in Abb. 13 exemplarisch unter dem Foto dokumentiert ist.

Anlage 2 zeigt zu den 13 Standorten die räumliche Verteilung der Sondieransatzpunkte. Deutlich erkennbar ist die Konzentration um den Großen Mochowsee, vor allem im südwestlichen Anstrom- und im nordöstlichen Abstrombereich. Mit diesem hydrodynamischen Bezug sollten die Konzentrationen der Nährstoffe im See besser erklärt werden können. Besondere Bedeutung haben auch die Ansatzpunkte mit den Nummern 3 und 4, da hier der direkte Abstrom vom Großen über den Kleinen Mochowsee zum Kleinen Schwielochsee verfolgt wird. Bewusst wurden auch die RKS 6 und 1 in den An- bzw. den Abstrom der Grundwassermessstelle in Mochow mit den bekannt hohen Nitratkonzentrationen und die RKS 12 in den Abstrom der vermoorten Bereiche nördlich vom Großen Ziestesee gelegt.



Der Standort der Rammkernsondierung 10 liegt in Abstrom Lamsfeld und wird durch Siedlungseinfluss geprägt. Unter geringmächtigen Torfen werden feinsandige Sedimente erwartet, in denen der Filterausbau knapp unterhalb der Grundwasseroberfläche realisiert wird.

Abb. 14: Exemplarische Darstellung des Lageplans, des Fotos und des Vorprofils für eine Sondierung

Die Standorte der Sondierungen wurden zudem so gelegt, dass die sich daraus ergebenden Fließzeiten des Sicker- bzw. Grundwassers bis zum nächsten oberirdischen Standgewässer einer möglichst großen Streuung unterliegen (s. Kap. 6.2).

Tab. 4 fasst zu den 13 Standorten alle Informationen inkl. der anschließend recherchierten Katasterinformationen (s. Kap. 3.4) zusammen. Entscheidend war die Festlegung der Tiefen der Sondierungen. Hierfür wurden sowohl die geologisch als auch die hydrodynamischen Informationen genutzt. Ziel war es, den Filterausbau der Messstellen knapp unterhalb der zu erwartenden Grundwasseroberfläche zu realisieren, um einen möglichen anthropogenen Stoffeintrag bewerten zu können. Genutzt wurde für die Planung der Grundwassergleichenplan vom Frühjahr 2011. Da es sich hierbei um besonders hohe Grundwasserstände handelte (nach dem



feuchten Extremjahr 2010) wurden zur Sicherheit die geplanten Teufen der Sondierungen und des Filterausbaus um 1 Meter im Vergleich zu den Isolinien erhöht, also ein potentiell niedriger Grundwasserstand im Frühjahr 2014 im Vergleich zum Frühjahr 2011 berücksichtigt.

Tab. 4: Zusammenfassung der Informationen zu den 13 Sondieransatzpunkten der Rammkernsondierungen (RKS) zum Bau der temporären Grundwassermessstellen („AG“: Agrargenossenschaft)

Nr	Gemarkung	Flur	Flurstück	Eigentümer	Lage
1	Mochow	1	235	AG Schwielochsee	SW Zustrom Gr. Mochowsee
2	Mochow	1	248	AG Schwielochsee	SW Zustrom Gr. Mochowsee
3	Jessern	2	11/3	Gemeinde Schwielochsee	Abstrom Kl. Mochowsee
4	Mochow	1	161	Gemeinde Schwielochsee	Abstrom Gr. Mochowsee zum Kl.Mochowsee
5	Mochow	1	157	Gemeinde Schwielochsee	westlicher Zustrom Gr. Mochowsee
6	Mochow	2	9	Gemeinde Schwielochsee	SW Zustrom zu Gr. Mochow See
7	Lamsfeld	1	219	Gemeinde Schwielochsee	Abstrom Gr. Mochowsee
8	Lamsfeld	4	11	Gemeinde Schwielochsee	Östlicher Zustrom in das UG (Wald)
9	Lamsfeld	1	288	Gemeinde Schwielochsee	Abstrom Lamsfeld (Siedlungseinfluss)
10	Jessern	1	622	Gemeinde Schwielochsee	Südlich von Jessern
11	Jessern	1	113	Gemeinde Schwielochsee	zwischen Kleiner und Großer Schwielochsee
12	Mochow	3	91	Gemeinde Schwielochsee	Abstrom Möllnsee
13	Lamsfeld	3	239	Gemeinde Schwielochsee	östlicher Abstrom Großer Mochowsee

### 3.4 Genehmigungsplanung

Bei allen Sondieransatzpunkten wurde im Zuge der Planung versucht, sowohl öffentlich zugängliche bzw. anfahrbare Wege als auch im öffentlichen Besitz befindliche Wege auszuwählen, damit für den Bau der temporären Messstellen der zu erwartende Aufwand minimiert werden konnte. Dies konnte mit Ausnahme von 2 Standorten auch erreicht werden. Bei den RKS 1 und 2 gestattete jedoch die Agrargenossenschaft Schwielochsee als Grundstückseigentümer den Bau ebenfalls, so dass hier kein Ersatzstandort gefunden werden musste.

Für alle 13 Sondieransatzpunkte wurden auf Grundlage der Liegenschaftskarte ALK die Flurstücksangaben ermittelt und damit die Eigentümer kontaktiert. Abb. 15 zeigt für zwei Standorte exemplarisch die geplanten Standorte innerhalb der Flurstücksgrenzen. Die Gemeinde Schwielochsee als Eigentümerin von 11 der 13 Flurstücke erklärte sich ausdrücklich mit der Realisierung der Sondierungen und dem Bau der Messstellen einverstanden und unterstrich dies durch die Teilnahme des Bürgermeisters an der Bauanlaufberatung vor Ort, der Verpflockung der Ansatzpunkte.



Abb. 15: Auszüge aus der ALK für zwei Sondieransatzpunkte (links: RKS 11, rechts: RKS 1)

### 3.5 Auswahl der Analyseparameter für die Laboranalytik

Für die Laboranalytik der Grundwasserproben wurden geeignete Inhaltsstoffe zur Bewertung der Nährstoffproblematik und der Möglichkeit der Erstellung von Ionenbilanzen als Plausibilitätskriterium der Güte der Laboranalytik ausgewählt, und zwar:

- Kationen: Ca, Mg, Na, K, NH<sub>4</sub>, Fe, Mn, NH<sub>4</sub>,
- Anionen: Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, o-PO<sub>4</sub> und Gesamt-Phosphat sowie
- TOC und Bor.

Die Analytik wurde von zwei verschiedenen Laboren durchgeführt, und zwar der AZBA GmbH (1. Beprobung im März) sowie der Wessling GmbH (2. Beprobung im Juli, näheres s. Kap. 5).

### 3.6 Erarbeitung des Leistungsverzeichnisses

Das Leistungsverzeichnis zur Durchführung der geotechnischen Geländearbeiten durch die Fa. GEO TECH Servicegesellschaft mbH wurde auf Grundlage des erarbeiteten Kenntnisstandes zusammengestellt und umfasste folgende Positionen:

- Bohrarbeiten zur Durchführung der Rammkernsondierungen,
- Temporärer Einbau und Rückbau der Grundwassermessstellen,
- markscheiderische Vermessung der Messstellen.
- zweimalige Grundwasserprobenentnahme und
- laborchemische Grundwasseranalytik.

## **4 Durchgeführte Geländearbeiten**

Die Geländearbeiten wurden im Zeitraum von Januar 2014 (Messstellenüberprüfung) bis Juli 2014 (2. Beprobung und Rückbau der temporären Messstellen) durchgeführt.

### **4.1 Rammkernsondierungen**

Vom 18. bis zum 20.3.2014 wurden an allen 13 geplanten Standorten die Sondierungen erfolgreich abgeteuft. Anhang 3 beinhaltet dazu exemplarisch eine Fotodokumentation zu vier der 13 Standorte. Anhang 4 beinhaltet die grafische Darstellung der geologischen Schichtenverzeichnisse in einer Säulendarstellung zusammen mit dem jeweils vorgenommenen Filterausbau. Eingetragen ist - neben der detaillierten lithologischen Beschreibung der angetroffenen Schichten - hier der Ruhewasserspiegel in Meter unter Gelände, der Bohrlochdurchmesser sowie die Tiefenlagen der HDPE-Rohrelemente (Abschlusskappe, Voll- und quer geschlitzte Filterrohre sowie die vertikal nach unten gerichtete Bohrspitze).

Anhang 4 beinhaltet auch die geologischen Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne von sieben der stationären Grundwassermessstellen, die als geeignet für die Beprobung ausgewählt worden waren. Sehr deutlich wird hier der oberflächennahe Ausbau der Messstellen bei zumeist auch geringen Flurabständen von wenigen Metern und dem fast ausschließlich sandigem Aufbau der Versickerungszone. Torfige Substrate sind nur sehr untergeordnet in den Dokumenten - mit allerdings sehr unterschiedlicher Qualität - vermerkt.

Die 13 Sondierungen ergaben insgesamt eine klare Bestätigung des im Zuge der Grundlagenrecherche erarbeiteten Kenntnisstandes, jedoch auch Modifizierungen im Detail. Insgesamt wurden 87 Bohrmeter abgeteuft, im Mittel waren das knapp 7 Meter pro Sondierung. Die Spannweite reichte von 4 bis 12 Meter. Bei nur 2 der 13 Sondierungen wurde ein gespannter Grundwasserleiter unter bindiger Bedeckung angetroffen. Bei den übrigen 11 handelt es sich um ungespannte Grundwässer im sandigen Bereich der Versickerungszone (näheres s. Kap. 6.1).

Torfige Lagen an der Erdoberfläche wurden bei keiner Sondierung festgestellt. Bei einigen Sondierungen konnten jedoch kohlige Bestandteile (Lignite) als untergeordnete Gemenge in der Schichtenabfolge identifiziert werden (z. B. RKS 4), darauf wird im Zusammenhang mit der Interpretation der Beschaffenheitsdaten des Grundwassers eingegangen (s. Kap. 6).

### **4.2 Bau temporärer Grundwassermessstellen**

Unmittelbar im Anschluss an die Rammkernsondierungen wurden die temporären Messstellen durch Einbringen der HDPE-Rohre errichtet (s. Abb. 15). Anschließend erfolgte das Klarpumpen bzw. das Entsanden, um das Eindringen von feinen Sedimentbestandteilen des Grundwasserleiters in die Filterschlitz zu verhindern.

Der Grund für den nur temporären Ausbau der Messstellen lag darin, dass es aus Kapazitätsgründen dem LUGV nicht möglich war, die Messstellen in eines der bestehenden Messnetze



zu integrieren und damit den Betrieb und die laufenden Kosten einer stationären Messstelle finanziell zu sichern.



Abb. 15: Temporäre Grundwassermessstelle RKS 1 nordöstlich von Mochow am Südwestufer des Großen Mochowsees

Anschließend wurden die Rohroberkanten bzw. Abschlusskappen der Messstellen mittels markscheiderischem Nivellement vermessen, um die beim Bau und während der Beprobung gewonnenen Abstiche des Grundwasserstandes in das reguläre Höhennetz (Meter NHN) umrechnen und damit für die Neukonstruktion des Grundwassergleichenplans nutzen zu können. Anhang 5 beinhaltet die Ergebnisse der Vermessung in tabellarischer Form.

Nach der 2. Beprobung im Juli 2014 wurden die Messstellen wieder durch das komplette Ziehen der Rohre zurückgebaut und das Gelände ordnungsgemäß in den Zustand vor dem Bau versetzt. Somit ist im Gelände nichts mehr von den temporären Messstellen erkennbar.

#### **4.3 1. Grundwasserprobenahme im März 2014**

Direkt im Anschluss an den Bau der temporären Messstellen wurde die erste Beprobung der insgesamt 22 Messstellen durchgeführt. Abb. 16 zeigt exemplarisch zwei Fotos der Beprobung von zwei Altmessstellen in Mochow und westlich von Groß Liebitz.

Anhang 6 beinhaltet die dazugehörigen Probenahmeprotokolle der Fa. GEO TECH. Diese beinhalten:

- Allgemeine Angaben (Name und Lage der Entnahmestelle, Datum der Probenahme),
- Technische Angaben zur Entnahmestelle (z. B. Filterober- und -unterkante);





Abb. 16: Beprobung der bestehenden Grundwassermessstellen in Groß Liebitz (oben) und Mochow (unten) im März 2014

- Angaben zur Probenentnahme (z. B. Entnahmegerät);
- Angaben zur Durchführung der Probenahme (z. B. Grundwasserspiegel vor und nach der Entnahme);



- Untersuchungen während der Probenahme (Angaben zu organoleptischen und zur sondenbasierten Bestimmung der vor-Ort-Parameter);
- Untersuchungsparameter, Probengefäße und Konservierungsmaßnahmen;
- Bemerkungen sowie
- Angaben zur Probenübergabe und zum Probenentnehmer.

Wichtig sind vor allem die mengenbezogenen Angaben zum Umfang der Probenentnahme und zu den Messungen der vor-Ort-Parameter. Bei einer Entnahmerate von 4 Liter/Minute wurde zumeist die 1,5-fache Menge des verfilterten Ringraumes der Messstelle entnommen, das waren bei den Altmessstellen Volumina bis zu 360 Liter und bei den neu gebauten Messstellen – aufgrund des deutlich geringeren Durchmessers - von 80 Liter. Die Absenkung des Ruhewasserspiegels betrug zumeist nur einigen Dezimeter, was auf eine gute Ergiebigkeit entsprechend des lithologischen Aufbaus der Grundwasserleiter hinweist.

Von den mit Sonden gemessenen Werten der vor-Ort-Parameter ist vor allem das Redoxpotential für die Interpretation der Beschaffenheitsdaten (Stickstoff und Phosphor) von Bedeutung, hierauf wird in Kap. 6.4 messstellenspezifisch gesondert eingegangen.

Bei den neun beprobten Altmessstellen wiesen einige eine auch durch das Abpumpen nicht zu entfernende Resttrübung des entnommenen Grundwassers auf. Diese wurde toleriert, kann jedoch zu Unsicherheiten bei der hydrochemischen Laboranalytik aufgrund des Verbleibs von Feststoffen führen, an denen ausgefällte Bestandteile bestimmter Ionen (z. B. Eisen, Mangan) haften können. Das muss bei der Interpretation dieser Proben berücksichtigt werden (s. Kap. 6.3). Erwies sich die Trübung als zu stark, wurde die entsprechende Messstelle jedoch nicht beprobt und die Probe verworfen. Das war z. B. bei der Messstelle am Möllenseegraben östlich des Großen Mochowsees der Fall (4051 0907), in dessen Nachbarschaft dann eine Sondierung in die gleiche Tiefe abgeteuft wurde.

#### **4.4 2. Grundwasserprobenahme im Juli 2014**

Die zweite Probenentnahme fand vom 08. bis zum 10.07. 2014 statt (s. Anhang 7 mit den Protokollen). Sie umfasste diesmal nur 21 Grundwassermessstellen, da auf einen gezielten Hinweis von Herrn Grassmehl eine Quelfassung zusätzlich erfolgreich beprobt werden konnte (s. Abb. 17). Daher wurde auf die Wiederholungsbeprobung der Altmessstelle in der Ortslage von Goyatz (Hy Lßn 51/80) am Westufer des Kleinen Schwielochsees, dessen Wasser bei der Beprobung im März 2014 eine erkennbare Resttrübung aufwies und die für die Bewertung des zentralen Untersuchungsgebietes nur eine untergeordnete Rolle spielte, verzichtet.

Die Quelfassung liegt am Westufer des Großen Mochowsees zwischen der RKS 1 und der RKS 2 (s. Anlage 2). Es handelt sich um eine bestehende Quelfassung eines stehenden Betonrohres mit einem Durchmesser von 300 mm, deren Oberkante etwa 45 cm über dem benachbarten Seegrund liegt. Beobachtet wurde im Juli 2014 ein sehr geringer Eintrag von Seewasser

in die Quelfassung. Zudem wurde eine Beschädigung an der Oberkante des Rohres festgestellt (Abbruch ca. 5-6 cm unterhalb des eigentlichen Überlaufes), der etwa 39 cm über dem See-  
grund liegt. Die Fassung bedürfte dringend einer Erneuerung, um für zukünftige Probenent-  
nahmen genutzt werden zu können.

Nicht endgültig bestätigt werden konnte durch die Probenahme, ob es sich um echtes Quell-  
wasser handelt, das der westlich sich an das Seeufer anschließenden Böschung des Hanges  
entspringt oder ob ein Einfluss des Sees selber besteht. Weitere Quellen bestehen nicht.



Abb. 17: Beprobung des gefassten Quellaustritts am südwestlichen Ufer des Großen Mochowsees

Die in den Protokollen dokumentierten Messwerte bestätigen die im März 2014 vorgefundenen  
Verhältnisse des Grundwassers sowohl in mengen- als auch hydrochemischer Hinsicht.

#### 4.5 Abflussmessungen

Abb. 18 dokumentiert die Spannweiten der vom LUGV übergebenen, insgesamt 202 und zu meist monatlich erhobenen Messwerte zu den Abflüssen der oberirdischen Gewässer im UG des hydrologischen Jahres 2013 (November 2012 bis Oktober 2013).

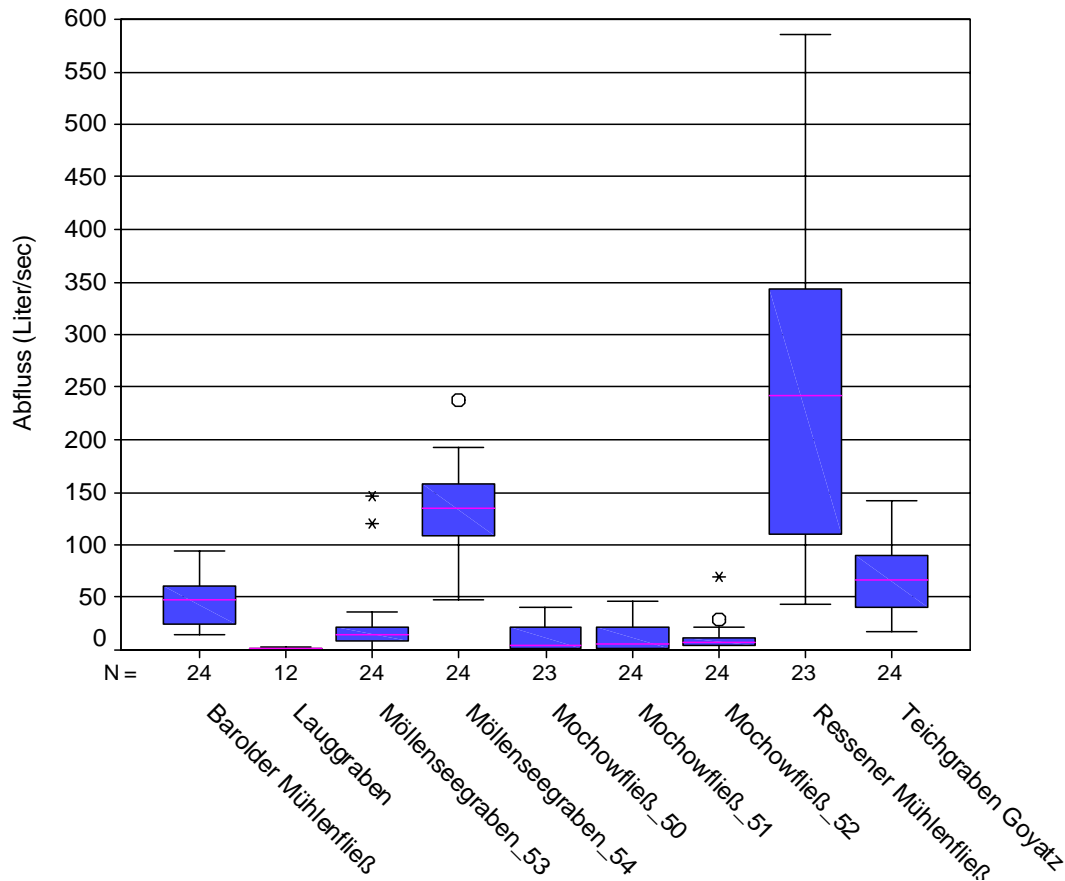


Abb. 18: Spannweiten der vom LUGV 2012 und 2013 gemessenen Abflüsse oberirdischer Gewässer

Die Spannweite der Abflüsse reicht von 0,11 Liter/sec am Lauggraben bis 586 Liter/sec am Resserer Mühlentfließ. Die Messwerte von den drei Standorten am Mochowfließ (50, 51 und 52 in Abb. 18) zeigen einen durchschnittlichen Abfluss von 11,4 Liter/sec bei minimal 0,11 Liter/sec (August 2013) und maximal 70 Liter/sec (Dezember 2012) an. Trockengefallen ist das Mochowfließ in diesem Zeitraum also nicht, in der Vergangenheit nach übereinstimmenden Aussagen von Bürgern zu Trockenzeiten jedoch wiederholt in mehreren Jahren ohne dass dazu konkrete Messwerte vorliegen.

Der südlich in den Großen Mochowsee einmündende Möllenseegraben (53 in Abb. 18) führt deutlich mehr Wasser aus der südlich sich an den see anschließenden und z. T. vermoorten Niederung in den See. Im Jahr 2013 waren das im Mittel 24,4 Liter/sec, also mehr als doppelt so viel wie das Mochowfließ. Die Spannweite reichte von 0,5 bis 146 Liter/sec. Weitere messbare oberirdische Zuflüsse zum Großen Mochowsee existieren nicht.

Der wichtigste Abfluss ist der Möllenseegraben (Nummer 54 in Abb. 17). Hier flossen 2013 durchschnittlich 133 Liter/sec bei einer Spannweite der Werte von 48 bis 238 Liter/sec ab.



Um eine überschlägige mengenmäßige Bilanzierung der Zu- und Abflüsse zum Großen Mochowsee durchführen zu können, wurde am 13.06.2014 vom LUGV eine Abflussmessung durchgeführt, die zusätzlich zu den in Abb. 18 dokumentierten Standorten auch den nördlichen Abfluss des Großen Mochowsees zum Kleinen Mochowsee umfasste, zu dem bisher keine Werte vorlagen, der jedoch für die Bilanzierung des Seekörpers von Bedeutung ist. Zu diesem Zeitpunkt wurden dort 26 Liter/sec gemessen. Die zeitliche Einordnung der Abflüsse von den anderen im Juni 2014 gemessenen Standorten (z. B. beim östlichen Abfluss des Großen Mochowsees in den Möllenseegraben) zeigt, dass es sich hierbei um einen Niedrigwasserabfluss handelt. Da es im Frühjahr 2014 nur geringe Niederschläge gab, ist das plausibel.

Tab. 5: Gemessene und abgeschätzte Bilanzgrößen zum Wasserhaushalt des Großen Mochowsees

Zu- und Abflüsse Großer Mochowsee	Liter/sec	Anteil
<b>Zuflüsse</b>		
Zufluss Mochowfließ (52)	11.0	6%
Zufluß Möllenseegraben (53)	24.4	14%
Niederschlag abzgl. Verdunstung (ABIMO)	17.1	10%
Grundwasserneubildung (resultierend)	119.6	70%
<b>Summe Zuflüsse</b>	<b>172.1</b>	<b>100%</b>
<b>Abflüsse</b>		
Abfluss Möllenseegraben (54)	133.1	77%
Abfluss Kleiner Mochowsee	39.0	23%
<b>Summe Abflüsse</b>	<b>172.1</b>	<b>100%</b>

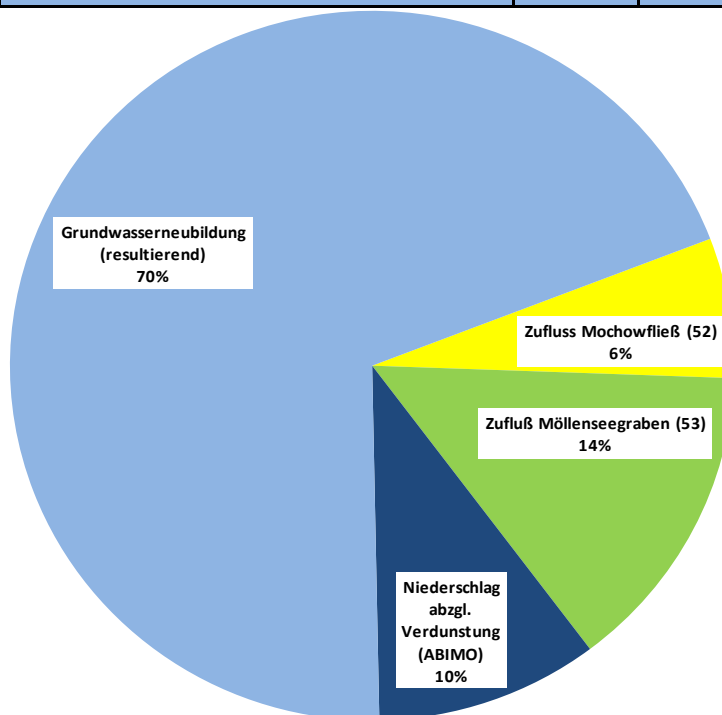


Abb. 19: Mengenanteile der Zuflüsse zum Großen Mochowsee

Tab. 5 zeigt die verwendeten Bilanzglieder für die überschlägige Bilanzierung. Der Messwert des Ablaufs zum Kleinen Mochowsee vom Juni 2014 wurde aufgrund der Niedrigwassersituation im Vergleich zu den übrigen verwendeten langjährigen Mittelwerten mit dem Faktor 1,5 multipliziert.

Der Niederschlag wurde aus den Klimastationen benachbarter Stationen abgeschätzt und um die Verdunstung nach ABIMO reduziert. Die Grundwasserneubildung als resultierende Größe wurde mit den ABIMO-Daten bei guter Übereinstimmung im Einzugsgebiet des Sees verglichen.

Im Ergebnis ergibt sich eine abgeschätzte, mittlere Speisung des Sees von 70 % über das Grundwasser und von nur etwa 20 % über die beiden Zuflüsse im Süden. Die besondere Bedeutung des Grundwassers für den Wasserhaushalt des Sees wird also sehr deutlich. Sie steht in Übereinstimmung mit den recherchierten und dokumentierten Lagerungsverhältnissen des Untergrundes in der Umgebung des Sees (s. Anhang 1a & 1b).

## 5 Laboranalytik der Grundwasserproben

Die bei den Probenahmen entnommenen Wasserproben wurden jeweils in separate PE- bzw. geschliffene Braunglasflaschen abgefüllt und unverzüglich gekühlt und dunkel gelagert am gleichen Arbeitstag in das Labor transportiert (s. PN-Protokolle in den Anhängen 6 und 7).

Eine der Flaschen mit einem Volumen von 50 ml bzw. 250 ml war vom Labor jeweils mit einer Konservierung versehen (Salpetersäure), da hieraus die Bor-, Eisen-, Mangan- und Phosphatbestimmung (letztere bei ortho-Phosphat photometrisch bzw. bei Gesamt-Phosphat mittels ICP) vorgenommen wurde. Das darin abgefüllte Wasser wurde vorher zudem mittels einer 0,45 µm-Membran filtriert, um ausschließlich gelöste Anteile laboranalytisch bestimmen zu können.

### 5.1 Ergebnisse der ersten Beprobung im März 2014

Die Ergebnisse der Laboranalytik der Grundwasserproben vom März 2014 durch die Fa. AZBA GmbH befinden sich im Anhang 8 in Form des Prüfberichtes vom 17.04.2014. Er enthält pro Parameter jeweils die verwendete Methode und die dazugehörige Bestimmungsgrenze.

Bei Gesamtposphat lag diese bei 0,31 mg/l und damit in einem sehr hohen Bereich<sup>1</sup> 15 der 23 Werte waren davon betroffen. Das war der Grund dafür, anlässlich der zweiten Probenahme das Labor zu wechseln. Der Parameter Gesamtposphat wurde nachträglich im Projektverlauf aufgrund seiner Bedeutung der Bewertung des Sees im Vergleich zu den vorhandenen Beschaffenheitsdaten des LUGV zu den oberirdischen Gewässern in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. Das Gleiche trifft auf Bor zu, um anthropogene Einträge in das Grundwasser mit den Werten dieses Indikatorparameters herausfinden zu können.

Die im Sinne einer Plausibilitätsprüfung für die Qualität der Laborergebnisse berechneten Ionenbilanzen - also die summarischen Abweichungen der äquivalenten Anteile der Kationen von den Anionen - ergaben einen durchschnittlichen Betrag der Abweichung von etwa 9 % bei maximal 27 % Kationenüberschuss. Das sind relativ hohe Abweichungen, die einerseits durch die erwähnte Resttrübung in den Proben einiger Altmessstellen und auch durch die ausschließlich junge Herkunft der Wässer verursacht werden, bei denen sich noch kein hydrochemisches Gleichgewicht nach der Sickerwasserpassage eingestellt hat. Erkennbar ist das auch an den oft noch sehr hohen Sauerstoffgehalten, die untypisch für Brandenburger Grundwässer sind.

### 5.2 Ergebnisse der zweiten Beprobung im Juli 2014

Die Ergebnisse der Laboranalytik der Proben vom Juli 2014 durch die Fa. Wessling GmbH befinden sich im Anhang 9 mit den äquivalenten Angaben zum AZBA-Labor. Die Bestimmungsgrenze für Gesamtposphat lag hier bei 10 µg TP/l und damit in einem Konzentrationsbereich, der für die Bewertung der Nährstoffsituation des Sees deutlich besser geeignet ist.

Die Ionenbilanzen ergaben hier einen durchschnittlichen Betrag der Abweichung von etwa 6 % bei maximal 23 % (beide hohe Werte im „Pegel 1“). Das ist zwar ein besseres Ergebnis, deutet aber ebenfalls noch auf die genannte Ursache der Abweichungen hin.

## 6 Bewertung und Interpretation der neu gewonnenen Daten

### 6.1 Geologischer Aufbau des Untergrundes

Mit den Sondierungen konnte der bisherige Kenntnisstand zum Aufbau des Untergrundes lokal deutlich verbessert werden. Die entsprechenden Daten wurden im GeODin-Format auf CD in der Beilage übergeben und sollten dem LBGR zur Integration in die landesweite Bohrdatenbank überreicht werden. Abb. 20 zeigt exemplarisch aus dem Anhang 4 zwei Schichtenverzeichnisse vom Westufer des Großen Mochowsees im Bereich des Schnittes in Anhang 1a. Beide reichen mit Tiefen von 11 bzw. 12 m jeweils etwa 4 bzw. 5 m unter die Wasseroberfläche des Sees:

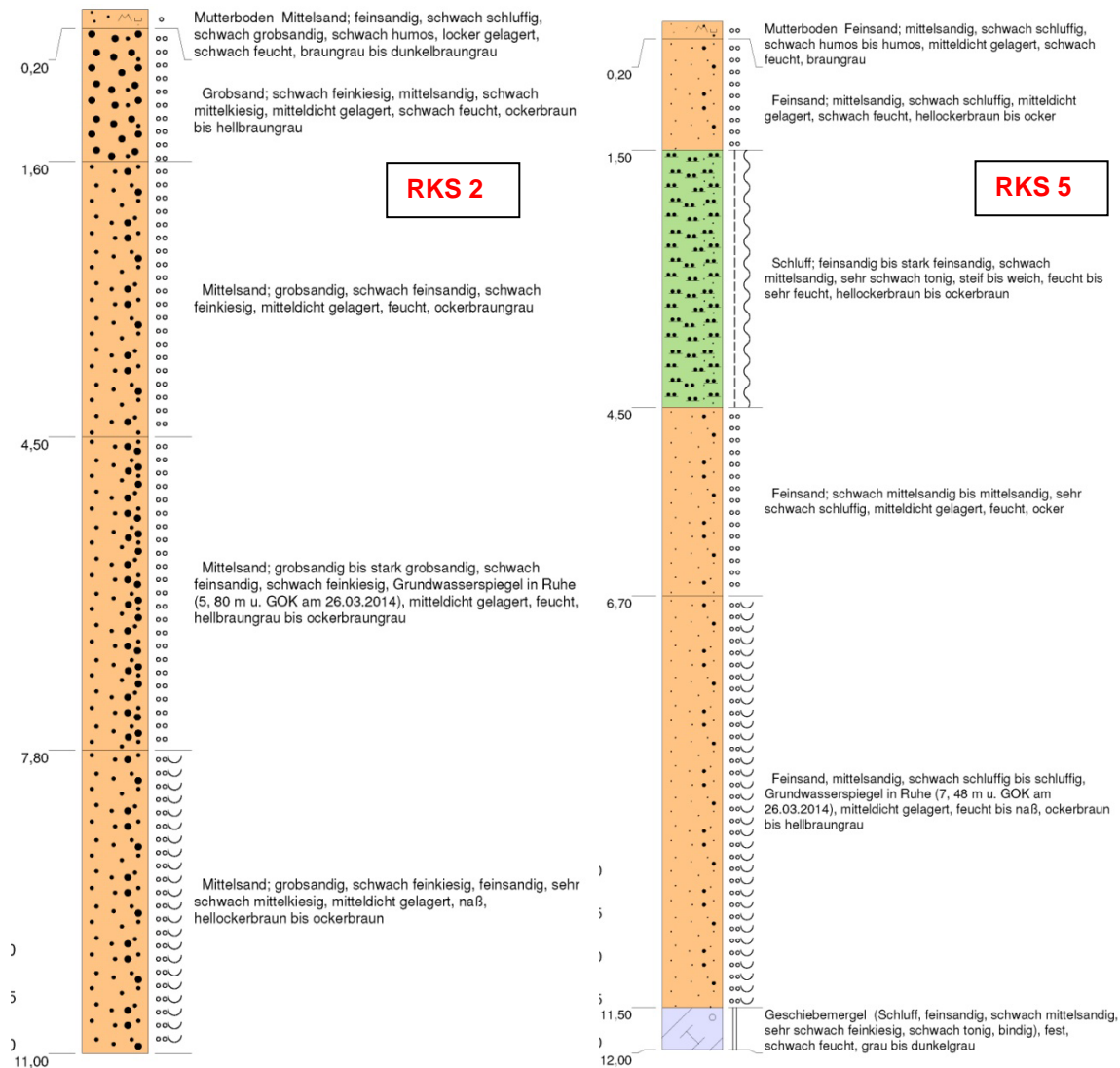


Abb. 20: Geologischer Aufbau des Untergrundes am Westufer des Großen Mochowsees

Erkennbar ist der überwiegend sandige, z. T. aber auch wechselnde (RKS 5) Aufbau der Versickerungszone. Die Flurabstände lagen bei 7,5 m (RKS 5) bzw. 4,8 m (RKS 2). Bei der RKS 5 wurde die Basis des Grundwasserleiters erreicht, die durch den Geschiebemergel gebildet wird, der auch im Schnitt in Anhang 1 a dargestellt ist und auf dem auch die Sohle des Seekörpers lagert. Zur Ausbildung der Mudden am Seeboden liegen leider im LUGV keine Daten vor und auch in der Literatur ist dazu nichts dokumentiert (frdl. Auskunft Dr. Gellbrecht, IGB). Die hyd-



raulische Anbindung des Wasserkörpers des Sees selber an das oberflächennahe Grundwasser wird durch diese Daten eindeutig bestätigt.

Der weitere südliche Zustrombereich des Großen Mochowsees ist ebenfalls ausschließlich von Sanden dominiert, das zeigen die Schichtenverzeichnisse der Sondierungen 6, 8 und 12 sowie der Altmessstellen (z. B. Hy Lre 10/69) eindeutig.

Auch im Abstrom des Sees wurden ausschließlich Sande erbohrt, bei der RLS 3 z. B. bis in 7 m Tiefe. Bei der RKS 4 zwischen Großen und Kleinen Mochowsee wurden in etwa 3 m Tiefe die bereits in Kap. 4.1 erwähnten braunkohleführenden Schichten identifiziert, desweiteren bei den RKS 7 und 9 im oberflächennahen, bei letzterer auch im darunterliegenden Bereich. Die hierdurch zu erklärenden hohen TOC-Gehalte (z. B. bei RKS 9 mit 13 mg/l) im Grundwasser können also als geogen bewertet werden.

Desweiteren wurden bei einigen Schichtenverzeichnissen signifikante Braun- bzw. Rotfärbungen der Sedimente festgestellt. In Anhang 4 sind sie in den entsprechenden Tiefen als „eisen-schüssig“ vermerkt. Sie können zu stark erhöhten, ebenfalls geogenen Eisenkonzentrationen im Grundwasser führen, z. B. bei der RKS 7 mit 6,2 mg/l im Juli 2014. Das ist eine deutliche Abweichung von den insgesamt im Mittel mit 1,4 mg/l gemessenen Konzentrationen.

Torfe wurden bei keiner Sondierung oberflächennah erbohrt. Das hängt mit der gewählten Lage der Ansatzpunkte zusammen, die nicht direkt in lokale Niederungen, sondern eher an die Hänge gesetzt wurden (z. B. RKS 12 in der Nähe der Moore im Bereich des Möllenseegrabens. Das Gleiche trifft auch auf die Altbohrungen zu, in diesen sind ebenfalls keine Torfe dokumentiert. Aus aktuellen Arbeiten im Auftrag der Stiftung Naturlandschaften Brandenburg (HYDOR et al. 2013, Hannappel et al. 2013) ist jedoch bekannt, dass die Moore südlich des UG kleinräumig bis zu mehrere Meter mächtig sein können. Das trifft sicher auch auf die Moore des Butzener Bagens am Südrand des UG zu, Bohrungsdaten hierzu existieren jedoch leider nicht.

## **6.2 Grundwasserdynamik**

Mit den im März 2014 im Gelände bei den Sondierungen und den Altmessstellen gemessenen Grundwasserständen wurde die bisher vom LUGV für das Frühjahr 2011 zur Verfügung gestellte Übersicht zur Grundwasserdynamik in Form der Gleichelinien aktualisiert.

Das Ergebnis ist in der Aufschlusskarte in Anlage 2 zusammen mit den hierfür verwendeten Stützstellen für das UG dargestellt. Im Vergleich mit den Daten vom Frühjahr 2011 zeigt sich an vielen Standorten ein um etwa 1 bis 2 Meter niedrigerer Grundwasserstand (z. B. am Nordufer des Großen Ziestesees im Süden des UG). Das ist aufgrund der klimatischen Entwicklung im Vorfeld der beiden Stichtagszeiträume plausibel. Weiter nach Norden hin verkleinern sich die Differenzen, da die großen Seen als annähernde Festpotentiale mit geringen Schwankungsamplituden sich puffernd auf die Grundwasseroberfläche auswirken.

Insgesamt konnten auch für den aktuellen Zeitraum die bisher bekannten Fließrichtungen des Grundwassers bestätigt werden. Auf Basis der digital vorliegenden Grid-Daten konnten damit für März 2014 auch die Flurabstände des Grundwassers als Differenz zwischen der Gelände- und der Grundwasseroberfläche berechnet werden (s. Abb. 21). Hier zeichnet sich sehr deutlich die Morphologie der Geländeoberfläche des verwendeten DGM 25 (digitales Geländehöhenmodell mit einer Rasterweite von 25 Meter, Hannappel & Riek 2011) ab. Entlang der Fließgewässer in den Niederungen dominieren geringe Flurabstände von 1 Meter und weniger, da hier das Grundwasser in die Vorfluter entwässert. In Flächen mit „ $< 0$  Meter“ steht das Grundwasser über Flur, das kann lokal auch einer nicht ausreichenden Datenlage zur Grundwasseroberfläche im Vergleich zum DGM 25 geschuldet sein (z. B. im Abstrom des Butzener Bagens nördlich der L 44). Gleiches trifft auch entlang der Uferbereiche der Seen zu (z. B. Südrand des Großen Schwielochsees). Die Flurabstände nehmen mit zunehmendem Abstand von den Gewässern deutlich zu und erreichen für große Bereiche des UG Werte von 5 Metern und mehr. In den zentralen Hochflächenbereichen (z. B. westlich des Mühlenfließes unterhalb von Doberburg) werden auch Werte von 20 und mehr erreicht.

Für die insgesamt 22 Standorte der beprobten Sondierungen und Alt-Grundwassermessstellen wurden anschließend mit den gemessenen und recherchierten Daten zum Grundwasserstand und zur Lithologie des Untergrundes die Fließzeiten berechnet, die ein Tropfen Wasser von der Versickerung am Standort - also der Geländeoberfläche – über die Passage in der ungesättigten Zone und im Grundwasser (gesättigte Zone) bis zum Erreichen des nächsten relevanten oberirdischen Fließ- oder Standgewässers braucht. Die Berechnungen beruhen auf der DIN 19732 für das Sickerwasser und dem Darcy'schen Gesetz für das Grundwasser. Sie gelten nur für den Zeitraum bis zum Austritt (Entlastung) des Grundwassers in das oberirdische Gewässer und geben somit eine Vorstellung von der Dauer des Aufenthaltes des Wassers im Untergrund.

Das Ergebnis ist in Tab. 6 als Übersicht dokumentiert, die letzte Zeile beinhaltet die Mittelwerte. Im Mittel benötigt der Wassertropfen 17 Jahre vom Eintritt in den Untergrund bis zum nächsten Gewässer, den allergrößten Teil davon bewegt er sich im Grundwasser. Die ungesättigte Zone wird zumeist rasch passiert, das steht mit den oft geringen Flurabständen, den hohen hydraulischen Gradienten sowie der guten Durchlässigkeit des Untergrundes zusammen. Einen großen Einfluss hat natürlich auch die Entfernung zum Gewässer, die von nur wenigen Metern (z. B. RKS 4) bis hin zu einigen Kilometern betragen kann, z. B. die Messstelle LFE 3 westlich des Mochowfließes. Bei dieser wurde dem Mochowfließ als Gewässer keine entlastende Wirkung zugesprochen, da der hydraulische Anschluss an das Grundwasser eher unwahrscheinlich ist und das Fließ zudem in der Vergangenheit bereits öfters trockengefallen war.

Typische Fließzeiten über den reinen Grundwasserpfad wurden z. B. den Standorten der RKS 1, 2, 5, 6 und 12 ermittelt, da hier der Grundwasserstrom direkt auf den großen Mochowsee ohne dazwischen liegende oberirdische Gewässer gerichtet ist. Die Fließzeiten liegen hier bei wenigen Jahren bis Jahrzehnten, so wie auch bei der Messstelle in Mochow (34 Jahre) mit den



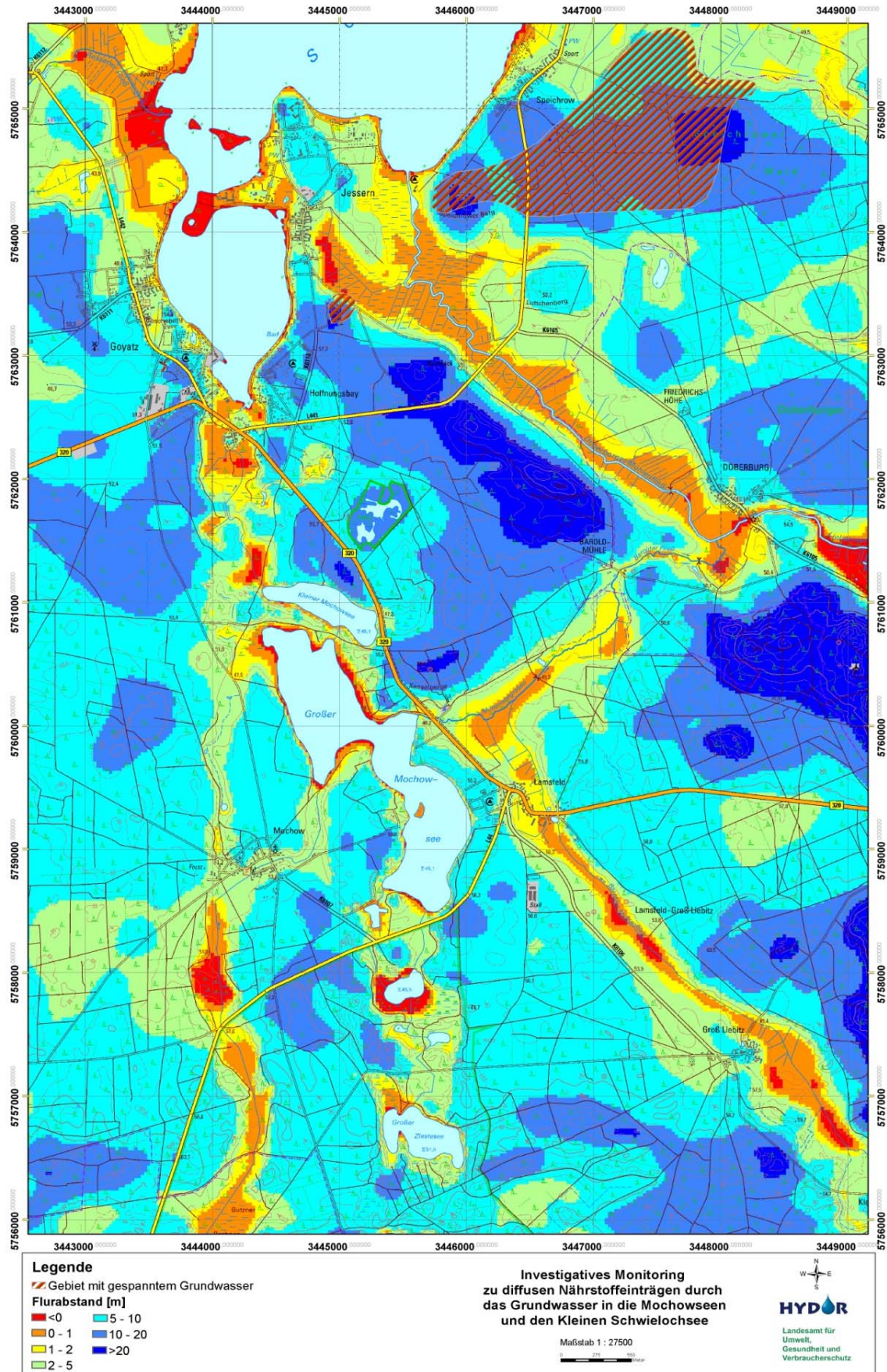


Abb. 21: Flurabstände des Grundwassers im März 2014 innerhalb des Untersuchungsgebietes



Tab. 6: Berechnete Fließzeiten des Sicker- und Grundwassers der Sondierungs- und Messstellenstandorte von der Erdoberfläche bis zum Gewässer ( $k_f$ : Durchlässigkeitsbeiwert;  $\Delta h$  bzw.  $l$ : Höhen- bzw. Längendifferenz der Grundwasseroberfläche zur Berechnung des hydraul. Gradienten;  $v_f / v_a$ : Filter-/Abstandsgeschwindigkeit; VZ: Verweilzeit)

Name Mess-stelle / RKS	Fließricht. GW °	$k_f$ (m/sec)	Delta h (m)	Delta l (m)	hydraul. Gradient	Porosität eff (%)	$v_f$ (m/d)	$v_a$ (m/d)	FA GW Meter	GWNB mm/a	Feldkap mm	VZ SW Jahre	Entfernung OW (m)	Fließzeit GW Jahre	Fließzeit SW+GW Jahre	Bezugs-Gewässer Fließzeiten
39511820	225	1.E-04	0.9	970	0.09%	0.12	0.008	0.067	7.312	149	57.3	2.8	300	12	15.1	Dob. Mühlenfließ
39515009	225	5.E-04	0.1	250	0.04%	0.12	0.017	0.144	2.82	81	50.7	1.8	950	18	19.8	Dob. Mühlenfließ
40510905	315	6.E-04	0.3	325	0.09%	0.12	0.048	0.399	4.39	81	43.9	2.4	700	5	7.2	Gr. Mochowsee
40515016	45	2.E-05	0.8	260	0.31%	0.10	0.005	0.053	6.4	217	91.2	2.7	600	31	33.6	Gr. Mochowsee
Hy Bieb 120/87	45	4.E-04	0.5	500	0.10%	0.12	0.030	0.252	2.08	92	22.8	0.5	550	6	6.5	Gr. Schwiellochsee
Hy Lan 51/80	90	2.E-04	0.5	660	0.08%	0.10	0.013	0.131	0.74	225	10.36	0.0	60	1	1.3	Kl. Schwiellochsee
Hy Lre 10/69 OP	45	1.E-03	0.5	240	0.21%	0.17	0.180	1.059	3.26	81	45.64	1.8	550	1	3.3	Barold. Mühlenfließ
LFE_3	45	7.E-04	0.2	720.0	0.03%	0.1	0.017	0.140	2.1	82.0	21.3	0.6	2000	39	39.7	Gr. Mochowsee
PEGEL1	360	7.E-04	0.2	160	0.13%	0.12	0.076	0.630	1.2	81	12	0.2	1300	6	5.8	Gr. Mochowsee
RKS 1	45	2.E-04	0.2	2100	0.01%	0.12	0.001	0.010	1.4	217	19	0.1	100	27	26.8	Gr. Mochowsee
RKS 2	45	7.E-04	0.2	2050	0.01%	0.15	0.006	0.039	5.8	81	51.4	3.7	50	3	7.2	Gr. Mochowsee
RKS 3	350	2.E-04	0.05	360	0.01%	0.12	0.002	0.020	3.8	81	51.6	2.4	250	34	36.6	Teichgraben Goyatz
RKS 4	45	8.E-04	0.9	1000	0.09%	0.15	0.062	0.415	1.1	81	10.2	0.1	50	0	0.5	Kl. Mochowsee
RKS 5	45	2.E-04	0.9	300	0.30%	0.10	0.052	0.518	7.5	217	168	5.8	350	2	7.6	Gr. Mochowsee
RKS 6	45	7.E-04	0.1	320	0.03%	0.15	0.019	0.126	3.2	82	32	1.2	1350	29	30.6	Gr. Mochowsee
RKS 7	270	2.E-04	0.5	2300	0.02%	0.12	0.003	0.023	1.9	81	23.8	0.6	100	12	12.2	Gr. Mochowsee
RKS 8	315	7.E-04	0.7	325	0.22%	0.13	0.130	1.002	8.2	81	94.2	9.5	1600	4	13.9	Barold. Mühlenfließ
RKS 9	360	4.E-04	0.2	1700	0.01%	0.12	0.004	0.034	1.2	163	34.25	0.2	200	16	16.4	Barold. Mühlenfließ
RKS 10	360	2.E-04	0.5	450	0.11%	0.12	0.019	0.160	1.3	81	12.9	0.2	750	13	13.0	Schwiellochsee
RKS 11	360	3.E-05	0.5	1000	0.05%	0.12	0.001	0.009	1.1	88	14.8	0.2	100	30	30.6	Gr. Schwiellochsee
RKS 12	360	8.E-04	0.2	2600	0.01%	0.15	0.005	0.033	2.2	74	44.8	1.4	600	49	50.8	Gr. Mochowsee
RKS 13	45	6.E-04	1	2050	0.05%	0.15	0.025	0.169	1.4	163	14.3	0.1	75	1	1.3	Barold. Mühlenfließ
<b>Mittelwert</b>	<b>184</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>938</b>	<b>0.001</b>	<b>0.127</b>	<b>0.033</b>	<b>0.247</b>	<b>3.2</b>	<b>117</b>	<b>42.1</b>	<b>1.7</b>	<b>572</b>	<b>15.5</b>	<b>17.3</b>	

hohen Nährstoffbelastungen (Nitrat und Kalium). Diese Zeiten geben eine Vorstellung davon, nach wie langen Zeiten ein einmal eingetragener Stoff im oberirdischen Gewässer auftreten kann – allerdings nur dann, wenn er in dieser Zeit im Untergrund nicht mikrobiell abgebaut oder transformiert wird - es ist also ein konservativer Ansatz mit der Berechnung des „worst cases“.

### 6.3 Grundwasserbeschaffenheit

Im Folgenden wird eine standortbezogene Interpretation der Grundwasserbeschaffenheitsdaten vorgenommen. Auf eine geostatistische Regionalisierung der hydrochemischen Daten wurde verzichtet, da nach gemeinsamer Einschätzung aller am Projekt Beteiligten die fachlich erforderliche Datendichte dafür nicht ausreichend war. Der Vergleich mit den Daten zu den oberirdischen Gewässern wird anschließend separat vorgenommen (s. Kap. 6.4). In den Anlagen 3 bis 10 sind für die wichtigsten Parameter die Konzentrationen in klassierter Form als Mittelwerte der beiden Beprobungen im März und Juli 2014 zusammen mit der Grundwasserdynamik punktbezogen dargestellt. Für ortho- und Gesamtphosphat-P werden diese Übersichten in den Anlagen 11 und 12 für die Beprobung vom Juli 2014 dokumentiert und in Kap. 6.4 interpretiert.

Tab. 7 enthält zu allen 21 vor Ort und laboranalytisch bestimmten Konzentrationen - gegliedert nach den vor-Ort erhobenen Milieuparametern, den Hauptinhaltsstoffen (Kationen und Anionen) sowie den weiteren erhobenen Parametern (TOC und Bor) - die Zusammenstellung der Mittelwerte für beide Beprobungen. Beim Flurabstand ist der stichtagsbezogene Wert vom März angegeben. Im Juli lagen die Flurabstände im Mittel nur um fünf Zentimeter höher (s. Anhang 7).

Im Allgemeinen wurden die Konzentrationen der ersten Beprobung durch die zweite Beprobung bestätigt. Abweichungen treten nur sehr untergeordnet auf und werden im Folgenden diskutiert. Das ist - auch vor dem Hintergrund der Analytik in zwei verschiedenen Laboren - ein wichtiges Ergebnis im Hinblick auf die Belastbarkeit der Werte. Auf parameter- bzw. messstellenbezogene Unterschiede im Detail wird bei der Interpretation (s. Kap. 6.3.1) eingegangen.

In den Originaldokumenten der Labore in den Anhängen 6 bis 9 sind alle Einzelwerte der acht bzw. neun (nur März 2014) Messstellen, der 11 Sondierungen sowie der Quelle am Ufer des Großen Mochowsees (nur Juli 2014) dokumentiert.

In Tab. 7 sind für die Mittelwertberechnungen die Angaben vom Labor „< Bestimmungsgrenze“ in den jeweils angegebenen, halben numerischen Wert der BG umgerechnet worden. Genauso wurde auch bei der Datengrundlage für die Darstellung der Konzentrationen in den Übersichtskarten in den Anlagen verfahren, um das Analysenergebnis numerisch verwenden zu können.

Für die nachfolgende Interpretation werden zum Vergleich jeweils die Ergebnisse der primärstatistischen Auswertung zu den Messwerten des landesweiten Messnetzes zur Grundwasserbeschaffenheit herangezogen (LUA 2007). Diese basieren zwar auf der Auswertung der Werte aller - auch deutlich tiefer ausgebaute - Messstellen, bieten aber dennoch derzeit die beste Vergleichskulisse in Brandenburg.

### 6.3.1 Allgemeine Übersicht zu den hydrochemischen Daten

Bei den vor-Ort-Parametern reichen die Temperaturen des Grundwassers von 8° C bis 13° C. Das entspricht den natürlichen Verhältnissen. Im Juli lagen sie saisonbedingt um etwa 1° C höher als im März. Hohe Temperaturen wurden vor allem bei sehr oberflächennah ausgebauten Standorten gemessen, z. B. der RKS 1 im Juli mit 13° C in nur 4 Meter Tiefe.

Die pH-Werte reichen – bei nur geringen saisonalen Unterschieden - von 4,8 bis 8,6 und umfassen damit einen großen Bereich. Der Mittelwert von 6,9 liegt im landesweiten Vergleich etwas niedriger. Das ist plausibel, da im Südbrandenburg außerhalb der Niederungen altpleistozäne Sedimente anstehen, in denen nur noch wenig karbonatreiche und säurepuffernde Bestandteile im Sediment enthalten sind. Die niedrigsten Werte von pH 5 wurden bei den Sondierungen RKS 3 und 8 und der Messstelle in Mochow (4051 5016) bestimmt. Alle 3 Schichtenverzeichnisse zeigen hier ausschließlich sandige Substrate in der Versickerungszone. Das Grundwasser dieser Messstellen ist also deutlich versauert mit entsprechenden Konsequenzen in hydrochemischer Hinsicht, z. B. geringerer Nitratabbau infolge verminderter mikrobieller Aktivität. Auffällig sind zudem die drei Altmessstellen in Goyatz, nördlich von Goyatz und in Doberburg durch pH-Werte um 8 und mehr. Hier könnte ein Einfluss des damals verwendeten Ausbaumaterials (z. B. Asbestbeton) bestehen, zu dem keine Informationen vorhanden sind.

Die elektrischen Leitfähigkeiten zeigen bei den meisten Messstellen typische Wertbereiche ohne erkennbare saisonale Einflüsse. Deutlich erhöht sind sie bei der RKS 8 mit einem Mittelwert von 1383  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , hier liegt vermutlich der Einfluss von Straßenlaugenwässern der unmittelbar benachbarten Bundesstraße vor (s. Chlorid). Besonders niedrig sind sie mit 71  $\mu\text{S}/\text{cm}$  bei der RKS 3 und mit 198  $\mu\text{S}/\text{cm}$  bei der RKS 6. Letztere Messstelle ist ebenfalls erkennbar versauert, das Mineralgerüst besteht hier primär aus Mittelsanden, deren Quarzkörner nur sehr gering löslich sind und damit das Grundwasser nicht aufmineralisieren können.

Die Redoxpotentiale liegen mit durchschnittlich 184 mV im für brandenburgische Grundwässer typischen, jedoch leicht oxischen Milieubereich. Die Spannweite reicht von -26 (Messstelle in Goyatz mit vermutetem Ausbaueinfluss bis 486 mV, und zwar bei der versauerten Messstelle in Mochow. Die Werte des Redoxmilieus korrespondieren mit den hohen Nitratwerten, da das Nitration im oxischen Milieu besonders stabil ist (Krajnov & Voigt 1990). Im Juli lagen die als Spannungen gemessenen und auf Potentiale umgerechneten Werte geringfügig höher.

Die Sauerstoffgehalte liegen – bei nur sehr gering ausgeprägten saisonalen Schwankungen - mit durchschnittlich 1,8 mg/l etwas höher im Vergleich zu den Messwerten des Messnetzes (0,6 mg/l), das ist aufgrund des deutlich oberflächennäheren Ausbaus plausibel. Niedrige Konzentrationen von < 0,5 mg/l – also nahezu sauerstofffrei – korrespondieren mit einem entsprechend feinkörnigen Aufbau der Versickerungszone bzw. dem Vorhandensein von bindigen Deckschichten (z. B. RKS 10 und 11). Hohe Werte treten z. B. bei der LUGV-Standsmessstelle südlich von Lamsfeld auf (4051 0905), die gleichzeitig stark nitratbelastet ist. Leider existiert hierzu



Tab. 7: Mittelwerte aller hydrochemischen Parameter der beiden Beprobungen im März und Juli 2014 zu den 13 Sondierungen, 9 Messstellen und der Quelle am Mochowsee (FA: Flurabstand des Grundwassers im März 2014, die ortho- und Gesamtphosphat-P-Werte entstammen der Beprobung Juli 2014, s. Text)

Name	Tiefe	vor-Ort-Parameter						Anionen							Kationen							TOC	Bor
		FA	Temp	pH	Leitf	Redox	O2	HCO3	Cl	SO4	NO3	NO2	o-PO <sub>4</sub>	ges-PO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	NH <sub>4</sub>	Fe	Mn		
Einheit	m	m	°C		µS/cm	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l P	mg/l P	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
39511820	10.7	7.5	10.8	8.4	262	243	5.2	102	6	58	3.8	0.01	0.033	0.031	4	6.4	51	2.7	0.01	0.1	0.01	5.5	0.01
39515009	6.3	3.1	9.5	7.5	618	59	0.4	166	28	213	0.1	0.01	0.002	0.049	17	4.8	140	9.1	0.01	1.5	0.03	1.9	0.01
40510905	6.3	4.5	10.8	6.8	292	196	7.6	30	8	31	98.5	0.06	0.002	0.005	6	14.8	36	6.8	0.22	1.7	0.08	1.2	0.02
40515016	8.9	6.2	11.2	5.1	468	484	2.0	20	17	137	56.1	0.03	0.002	0.005	13	23.0	56	13.2	0.01	0.3	0.08	3.7	0.05
HyBieb 120/87	18.9	2.2	10.5	8.0	368	39	0.2	115	27	85	0.2	0.01	0.013	0.091	6	1.7	77	4.1	0.07	0.7	0.12	1.1	0.01
HyLßn 51/80	7.4	0.7	11.8	7.9	250	-26	0.3	160	14	38	0.0	0.02			10	2.8	65	3.6	0.28	0.6	0.24	11.5	0.01
HyLre 10/69 O	8.9	3.4	9.5	7.4	360	33	0.1	139	25	43	0.1	0.01	0.002	0.27	11	5.9	72	3.3	0.95	4.9	0.62	6.7	0.01
LFE_3	6.7	1.4	9.9	7.7	375	76	1.2	111	23	94	0.2	0.01	0.002	0.046	10	2.4	71	4.8	0.05	1.4	0.26	1.5	0.01
Pegel 1	4.1	0.7	10.0	6.3	206	136	0.2	119	8	2	0.2	0.03	0.054	0.15	6	1.7	43	2.8	0.60	4.5	0.32	64.1	0.01
RKS 1	4.0	1.4	11.2	6.9	723	300	4.0	201	45	181	21.4	0.01	0.007	0.013	25	18.1	138	12.1	0.05	0.2	1.32	4.6	0.01
RKS 2	8.4	5.8	10.3	7.1	381	245	0.2	128	18	96	0.4	0.03	0.016	0.017	11	1.2	69	7.3	0.02	0.5	0.23	5.7	0.01
RKS 3	6.0	3.7	9.8	4.9	71	385	4.7	16	3	16	1.8	0.01	0.007	0.01	4	2.7	7	2.0	0.17	1.5	0.07	8.3	0.01
RKS 4	3.4	1.1	10.6	6.7	293	49	0.2	200	9	2	0.1	0.01	0.010	0.26	8	1.4	53	3.6	1.61	2.0	0.33	8.9	0.01
RKS 5	10.0	7.7	10.9	7.8	688	255	4.2	226	17	170	0.5	0.04	0.003	0.026	22	2.6	114	18.6	0.04	0.6	0.32	7.2	0.01
RKS 6	3.8	3.2	9.9	5.6	198	454	1.4	31	8	44	27.2	0.08	0.010	0.016	11	7.6	22	3.6	0.22	0.1	1.85	5.9	0.03
RKS 7	4.4	1.9	9.7	6.5	243	120	0.2	155	4	0	0.1	0.01	0.003	0.17	10	1.0	38	4.2	0.08	5.7	0.09	1.8	0.01
RKS 8	10.2	8.2	10.3	5.0	1383	382	8.5	14	398	70	9.6	0.01	0.007	0.014	177	5.8	76	23.2	0.01	0.2	0.12	6.8	0.01
RKS 9	3.4	0.9	10.0	6.8	548	157	0.3	250	23	60	15.4	0.14	0.002	0.019	12	20.7	92	9.8	0.05	0.8	0.23	13.1	0.05
RKS 10	6.1	1.2	9.6	7.5	532	51	0.2	243	22	95	0.1	0.01	0.003	0.054	7	1.1	111	11.5	0.01	0.6	0.14	6.2	0.01
RKS 11	3.7	1.1	9.8	7.4	314	70	0.2	191	11	14	0.1	0.02	0.127	0.22	10	2.6	54	7.0	0.36	0.6	0.08	9.2	0.11
RKS 12	3.6	2.2	9.8	6.4	261	178	0.2	76	9	67	0.3	0.02	0.007	0.089	9	1.2	44	4.2	0.04	1.7	0.41	1.6	0.01
RKS 13	3.1	1.4	10.4	6.5	292	285	0.4	96	11	44	7.3	0.08	0.021	0.051	8	17.2	41	3.7	0.10	1.3	0.18	12.7	0.02
Quelle			12.0	8.0	299	72	0.2	125	11	30	0.3	0.01	0.062	0.18	7	1.4	50	3.3	0.08	0.7	0.17	1.8	0.01
<b>Mittelwert</b>	<b>6.7</b>	<b>3.2</b>	<b>10.3</b>	<b>6.9</b>	<b>410</b>	<b>184</b>	<b>1.8</b>	<b>127</b>	<b>32</b>	<b>69</b>	<b>10.6</b>	<b>0.03</b>	<b>0.018</b>	<b>0.08</b>	<b>17</b>	<b>6.4</b>	<b>66</b>	<b>7.1</b>	<b>0.22</b>	<b>1.4</b>	<b>0.32</b>	<b>8.3</b>	<b>0.02</b>

kein geologisches Schichtenverzeichnis.

Bei den Hauptinhaltsstoffen des Grundwassers liegen beim wichtigsten Anion Hydrogencarbonat die mittleren Konzentrationen aufgrund des jüngeren Alters der untersuchten Grundwässer etwas niedriger als beim Messnetz. Auffallend niedrige Werte treten bei den gering mineralisierten und versauerten Messstellen auf, da Hydrogencarbonat im oberflächennahen Grundwasser zumeist an Calcium gebunden ist, das hier nur sehr untergeordnet in Lösung ist.

Die Chlorid-Werte liegen fast ausnahmslos niedrig vor ( $< 50$  mg/l) und zeigen damit keine geogenen Versalzungen an, die in der Region und der Tiefenlage auch nicht zu erwarten sind. Einzige Ausnahme ist die RKS 8, bei der offenbar ganzjährig die im Winter eingetragenen Straßenlaugenwässer das Grundwasser kontaminieren. Im Juli 2014 lagen die Konzentrationen mit 370 mg/l nur geringfügig niedriger als im März mit 426 mg/l. Bei den berechneten 10 Monaten der Verweilzeit des Sickerwassers war das auch nicht anders zu erwarten.

Die Sulfat-Werte schwanken zwischen den einzelnen Standorten recht deutlich, der Mittelwert von 69 mg/l ist hier nicht aussagekräftig. Saisonale Einflüsse treten jedoch nur untergeordnet auf. Nahezu sulfatfrei ist das Grundwasser der RKS 7 direkt am Ostufer des Großen Mochowsees unterhalb der Bungalowsiedlung. Die Konzentration der übrigen Parameter zeigen – mit Ausnahme stark erhöhter Gesamtphosphatwerte - keinen abwasserbürtigen Einfluss, so dass ein anthropogener Eintrag nicht klar belegt ist. Das Schichtenverzeichnis zeigt eisenschüssige Bestandteile, die Auswirkungen auf Sulfat sind jedoch nicht eindeutig. Hohe Sulfatwerte treten bei der Messstelle südlich von Speichrow unter Acker auf, die Konzentrationen hier könnten ggf. sekundär durch den mikrobiellen Nitratabbau verursacht sein. Insgesamt liegen die Konzentrationen (s. Tab. 7) aber durchaus im typischen Bereich für oberflächennahe Grundwässer.

Nitrat wurde zumeist nicht im Grundwasser gefunden. Ausnahmen sind zwei Messstellen mit sehr hohen ( $> 50$  mg/l) und drei Messstellen mit geringfügig erhöhten Konzentrationen ( $> 10$  mg/l). Beide Male konnte bei den beiden Messstellen mit sehr hohen Werten - in Mochow und südlich von Lamsfeld - eine Bestätigung der Werte durch die Wiederholungsbeprobung erreicht werden: in Mochow z. B. lag der Wert im März bei 54 und im Juli bei 58 mg/l. Die Ursachen liegen nach Anwohnerauskünften beide Male in Düngelagern, die in der Nähe der Messstellen über viele Jahre hinweg bestanden haben, in Mochow am Sportplatz und südlich von Lamsfeld auf einem ehemaligen Militärflugplatz zur Düngung des Forstes. Bei den RKS 1, 6 und 9 liegen die Werte leicht erhöht vor, bei der RKS 1 zudem mit großen Unterschieden zwischen den Beprobungen (35 mg/l im März und 8 mg/l im Juli 2014). Alle drei Standorte liegen im landwirtschaftlich beeinflussten Umfeld, so dass der Eintrag über die Düngung wahrscheinlich ist.

Bei Nitrit fällt nur eine Messstelle mit deutlich erhöhten Werten auf. Es ist die RKS 9 mit im Mittel 0,14 mg/l (ohne deutliche Schwankungen), die auch nitratbelastet ist (s. o.). Alle übrigen Proben liegen zumeist deutlich unterhalb von 0,01 mg/l.

Die Konzentrationen ortho-Phosphat liegen mit durchschnittlich 0,018 mg/l P im Vergleich zu den Messwerten des Messnetzes niedrig. Es treten allerdings deutliche Unterschiede auf und bei drei Messstellen liegen die mittleren Werte höher als 0,05 mg/l P. Die RKS 11 liegt unmittelbar am Ufer zwischen Kleinem und Großem Schwielochsee, zudem handelt es sich um die Quelle am Großen Mochowsee und um den Pegel 1 im Abstrom eines vernässten Moores südlich vom Großen Mochowsee (zur Interpretation s. Kap. 6.4).

Die durchschnittlichen Gesamt-Phosphat-Konzentrationen schwanken von minimal 0,008 bis maximal 0,27 mg/l P. Bei sechs Messstellen liegen die Konzentrationen oberhalb von 0,1 mg/l P. Auch hier wird eine standortbezogene Interpretation gemeinsam mit den oberirdischen Gewässern in Kap. 6.4 vorgenommen.

Bei den Kationen liegen die Konzentrationen bei Natrium mit einer Ausnahme im unauffällig niedrigen Bereich. Es ist die RKS 8 mit Straßenlaugeneinfluss (s. Leitfähigkeit und Chlorid).

Die mittleren Kalium-Konzentrationen entsprechen denjenigen des landesweiten Messnetzes. Auffallend hohe Werte zeigen sich bei fünf Messstellen mit mittleren Werten > 12 mg/l. Es sind die bereits durch die erhöhten Nitratwerte aufgefallenen Messstellen und zusätzlich die RKS 13 mit zwar niedrigeren, aber dennoch erkennbaren Nitratgehalten. Diese liegt auch im landwirtschaftlichen Einflussbereich, so dass hier ein schwacher Düngungseinfluss wahrscheinlich ist.

Bei Calcium sind keine Auffälligkeiten erkennbar. Die mittleren Werte liegen mit 66 mg/l niedrig. Sie entsprechen dem Aufbau der Korngerüste und den bereits bei den anderen Hauptinhaltsstoffen und Milieuparametern (pH-Wert,  $\text{HCO}_3$ ) erkannten hydrochemischen Zusammenhängen.

Das trifft inhaltlich auch auf Magnesium zu. Die mittleren Konzentrationen liegen niedriger als im landesweiten Messnetz. Mit 23 mg/l zeigt die straßenlaugenbeeinflusste Messstelle die höchsten Konzentrationen.

Ammonium wurde bei den meisten Messstellen nur in sehr niedrigen Konzentrationen analysiert, aufgrund des überwiegend oxischen Milieus der Grundwässer war das auch nicht anders zu erwarten. Ausnahmen sind die beiden Messstellen westlich von Groß Liebitz und nördlich des Großen Ziestesees (beide im Wald, letztere moorbeeinflusst) sowie die RKS 4 zwischen Großem und Kleinem Mochowsee mit Ligniten im Untergrund. Bei allen drei liegen die mittleren Werte > 0,5 mg/l, bei der RKS 4 mit 1,6 mg/l deutlich erhöht. Zu vermuten sind bei allen drei primär geogene Einflüsse, da sie nicht im landwirtschaftlich beeinflussten Gebiet liegen.

Die Eisen- und Mangankonzentrationen liegen entsprechend des Redoxmilieus der Grundwässer im normalen, im landesweiten Vergleich tendenziell leicht unteren Bereich. Geogen erhöhte Werte wurden bei bereits genannten Messstellen unter dem Einfluss von Mooren und mit reduzierten Grundwässern (z. B. Hy Lre 10/69 OP westlich von Groß Liebitz, Pegel 1, RKS 4 und RKS 7) analysiert. Zudem besteht eine gute Korrelation zu eisenschüssigen Befunden in den geologischen Schichtenverzeichnissen.



Die TOC-Konzentrationen sind in fast allen Proben deutlich erhöht. Der Mittelwert von 8,3 mg/l liegt weit über dem landesweiten Wert von 3,8 mg/l. Es sind jedoch auch deutliche Unterschiede zwischen den beiden Beprobungen erkennbar. Im März 2014 lag der Mittelwert bei 10,8 mg/l und im Juli bei 5,9 mg/l. Das steht vermutlich im Zusammenhang mit den sich deutlich unterscheidenden Probenahmebedingungen. Da im Frühjahr einige Proben eine Resttrübung aufwiesen waren hier vermutlich organische Komplexbildner mit deutlich erhöhten TOC-Gehalten noch in den Proben enthalten, die im Sommer bei den dann klaren Proben nicht mehr gewonnen wurden. Bei der Interpretation auch anderer Inhaltsstoffe (z. B. Phosphor) wird das berücksichtigt. Betroffene Messstellen mit Unterschieden von mehreren mg/l sind z. B. die RKS 2, 3, 4 und 5. Besonders hohe TOC-Gehalte auch im Juli wurden beim Pegel 1 und der RKS 13 gemessen (61 bzw. 16 mg/l) gemessen. Beide Messstellen führen auch bei anderen Inhaltsstoffen deutlich erhöhte Werte, so dass eine Beeinflussung deutlich gegeben ist (s. Kap. 6.4).

Die Bor-Konzentrationen liegen mit einer Ausnahme alle im unauffälligen Bereich und zeigen damit keine erkennbare Abwasser-Belastung des Grundwassers an. Nur bei der RKS 11 zwischen Kleinem und Großem Schwielochsee weisen die Werte von 0,09 mg/l (im März 2014) bzw. von 0,12 mg/l (im Juli 2014) auf einen solchen Einfluss der nahen Siedlung (Jessern) oder des Kleinen Schwielochsees selber auf das oberflächennahe Grundwasser hin.

### **6.3.2 Standortbezogene Bewertung der Beschaffenheitsdaten des Grundwassers**

Auf Grundlage der in den Anhängen dokumentierten Einzelwerte sowie den in den Übersichtskarten in den Anlagen erkennbaren räumlichen Zusammenhängen enthält Tab. 8 für alle 23 Standorte eine Zusammenfassung der hydrochemischen Besonderheiten pro Standort:

Im Ergebnis der standortbezogenen Bewertung zeigt sich eine sehr deutliche hydrochemische Beeinflussung des oberflächennahen Grundwassers in der Umgebung der Mochowseen:

Nur bei vier der 23 Standorte wurden keine Anomalien festgestellt (RKS 2, 10 und 12 sowie LFE\_3). Zwei der Altmessstellen zeigen sehr deutliche, punktquellenbezogene Anomalien (Nitrat), bei denen jedoch mit einem zwar langsamen, aber kontinuierlichem Rückgang der Konzentrationen zu rechnen ist. Drei weitere der Altmessstellen sind zudem durch den Einfluss des Ausbaus der Voll- und Filterrohre (z. B. Doberburg, 3951 1820) und eine der Sondierungen (RKS 8) durch Straßenlaugen dauerhaft deutlich beeinflusst.

Die Mehrzahl der Messstellen dagegen (13 von 23) zeigen hydrochemische Auffälligkeiten, bei denen eine Überlagerung geogener und / oder anthropogener Quellen - und auch der Probenahme bei den Altmessstellen - die Ursache sein kann: sekundär erhöhte Sulfatgehalte infolge mikrobiell induzierter Denitrifizierung (DWA 2014) sind bei einigen Messstellen erkennbar (z. B. 3951 5009 oder RKS 13). Daneben treten bei einigen auch deutlich erhöhte Eisen, TOC- und Gesamtphosphatwerte auf, die auf den Einfluss vermoorter Bereiche des Untergrundes unter reduzierenden Milieubedingungen im Anstrom der Messstellen schließen lassen (z. B. Pegel 1,

RKS 4 und 11). Hierzu wird in Kap. 6.4.2 gesondert im Zusammenhang mit der Bewertung der Nährstoffkonzentrationen in den oberirdischen Gewässern eingegangen.

Tab. 8: Übersicht zur standortbezogenen Bewertung der Beschaffenheitsdaten des Grundwassers

Name	Tiefe (m)	Flurabstand (m)	Hinweise zu hydrochemischen Besonderheiten des Standortes
39511820	10.7	7.5	pH-Werte stark erhöht (ggf. Einfluss Altausbau möglich, z. B. Asbestbeton)
39515009	6.3	3.1	Sulfat leicht erhöht, ggf. sekundär durch mikrobiellen Nitratabbau (Landwirtschaft)
40510905	6.3	4.5	sehr stark nitrat- und kaliumbelastet (Punktquelle: Lagerplatz Dünger für Forst)
40515016	8.9	6.2	stark nitrat- und kaliumbelastet (Punktquelle: Lagerplatz Dünger für Landwirtschaft)
Hy Bieb 120/87 OP	18.9	2.2	pH-Werte stark erhöht (ggf. Einfluss Altausbau möglich, z. B. Asbestbeton)
Hy Lßn 51/80	7.4	0.7	pH-Werte stark erhöht (ggf. Einfluss Altausbau möglich, z. B. Asbestbeton)
Hy Lre 10/69 OP	8.9	3.4	Ammonium und TOC geogen erhöht (Forst); Gesamt-Phosphat stark erhöht
LFE_3	6.7	1.4	unbeeinflusstes, geogen geprägtes Grundwasser ohne hydrochemische Anomalien
Pegel 1	4.1	0.7	extrem hohe TOC- und stark erhöhte Gesamt-PO <sub>4</sub> -Gehalte (Mooreinfluss)
RKS 1	4.0	1.4	nitratbelastet im Abstrom von Mochow, Kalium erhöht
RKS 2	8.4	5.8	unbeeinflusstes, geogen geprägtes Grundwasser ohne hydrochemische Anomalien
RKS 3	6.0	3.7	stark schwankende Gesamtphosphatwerte, sonst keine Auffälligkeiten
RKS 4	3.4	1.1	stark erhöhte Gesamtphosphat- und Ammoniumwerte; Kohle im SVZ (ggf. geogen)
RKS 5	10.0	7.7	Sulfat leicht erhöht, ggf. sekundär durch mikrobiellen Nitratabbau (Landwirtschaft)
RKS 6	3.8	3.2	erkennbar nitratbelastet und gering versauert, aber Anstrom direkt aus Wald
RKS 7	4.4	1.9	Gesamtphosphat hoch, sulfatreduziert, kein eindeutiger Abwassereinfluss, Fe im SVZ
RKS 8	10.2	8.2	Salzeintrag durch Straßenlauge von benachbarter Bundesstraße, zudem versauert
RKS 9	3.4	0.9	nitratbelastet im Abstrom von Lamsfeld (Landwirtschaft im Umfeld)
RKS 10	6.1	1.2	unbeeinflusstes, geogen geprägtes Grundwasser ohne hydrochemische Anomalien
RKS 11	3.7	1.1	Gesamtphosphat sehr hoch im direkten Abstrom vom Kleinen Schwielochsee
RKS 12	3.6	2.2	unbeeinflusstes, geogen geprägtes Grundwasser ohne hydrochemische Anomalien
RKS 13	3.1	1.4	Kalium stark, Nitrat leicht erhöht; ggf. landwirtschaftlicher Einfluss im Umfeld
Quelle Mochowsee			Gesamtphosphat stark erhöht im Vergleich zum Großen Mochowsee

## 6.4 Vergleich der Nährstoffkonzentration des Grundwassers und der oberirdischen Gewässer

### 6.4.1 Stickstoff

In Ergänzung zu Abb. 10 (Gesamt-Stickstoff) zeigt Abb. 22 die Spannweiten der in den Jahren 2012 und 2013 gemessenen Nitrat- und Ammonium-Stickstoff-Werte in den Fließten und Seen (diese Werte entsprechen nahezu den in Tab. 7 dokumentierten Werten, da der Umrechnungsfaktor von NH<sub>4</sub>-N zu NH<sub>4</sub> lediglich 1,1 beträgt). Erkennbar sind in Abb. 22 mit Ausnahme der beiden oberen Messstellen des Mochowfließes und des Lauggrabens mittlere Werte (Mediane, lila Balken in den Boxen) von unter 0,25 mg/l NH<sub>4</sub>-N. Das entspricht sehr deutlich auch den im Grundwasser gemessenen Werten, der Mittelwert liegt hier mit Ausnahme von drei Messstellen (Hy Lre 10/69 OP, Pegel 1 und RKS 4) bei nur 0,08 mg/l NH<sub>4</sub>-N und damit im für Brandenburger Grundwasserverhältnisse deutlich unbeeinflussten Bereich (BTU 2014).

Die hydraulische Verbindung des Grundwassers mit den oberirdischen Gewässern wird dadurch bestätigt. Bei zwei der drei genannten Messstellen sind geogene Ursachen der erhöhten

Ammoniumwerte erkennbar: kohlige Bestandteile im Schichtenverzeichnis (RKS 4) und torfige Bestandteile im Oberboden erklären genauso wie bei den drei Fließgewässerstandorten den Einfluss von entwässerten Mooren auf die Beschaffenheit des Wassers. Bei der Altmesstelle westlich von Groß Liebitz sind daneben auch die TOC und Gesamtphosphatwerte deutlich er-

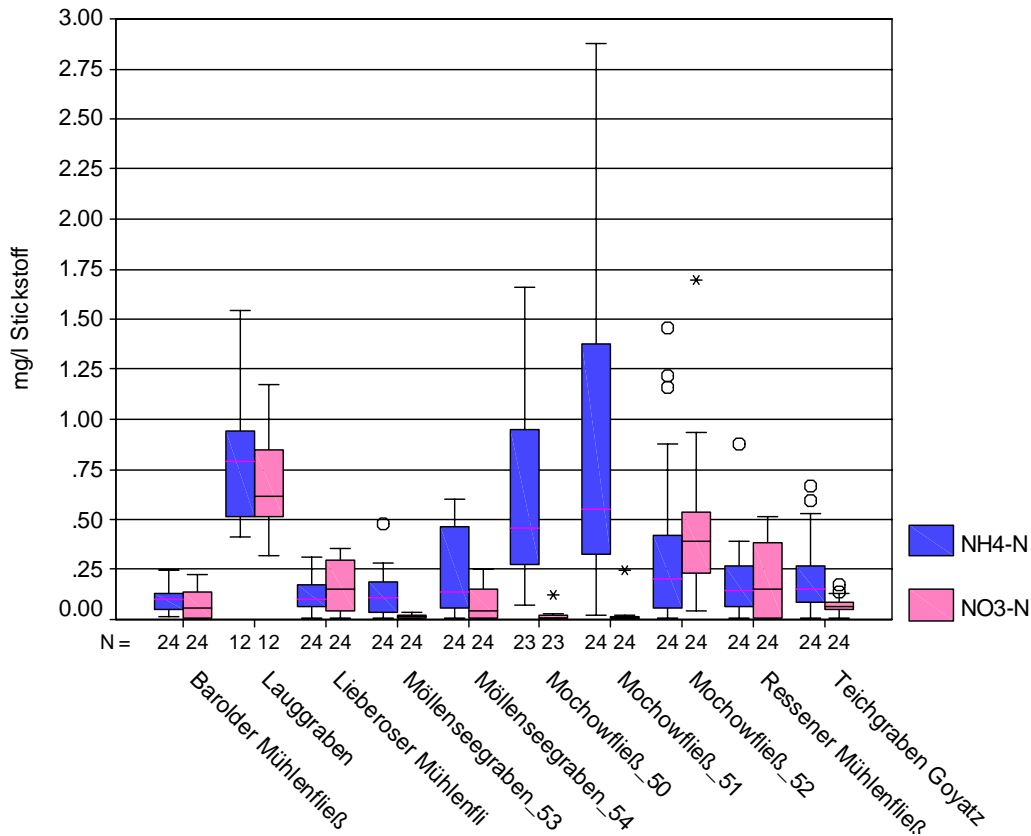


Abb. 22: Konzentrationen von Ammonium- und Nitrat-Stickstoff in den oberirdischen Gewässern

höht (s. Tab. 8), ohne dass dies bisher plausibel erklärt werden kann, da der Zustrom aus einem reinen Forstgebiet ohne vermoorte Flächen erfolgt. Siedlungseinfluss naheliegender Gebäude erscheint unwahrscheinlich, kann jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Die Nitrat-N-Werte der oberirdischen Gewässer (lila Balken in Abb. 22, hier beträgt der Faktor zu multiplizierende Faktor zum Vergleich mit den Nitratwerten des Grundwassers in Tab. 8 4,2) liegen alle in sehr niedrigen Konzentrationen vor. Mit Ausnahme vereinzelter Messstellen trifft dies auch auf das Grundwasser zu (s. Tab. 8): bei 15 der 23 Messstellen liegt der Mittelwert der werte vom März und Juli 2014 unterhalb von 5 mg/l.

Die Ausnahmen werden als Punktquellen bzw. diffus landwirtschaftlich (s. o.) bewertet, die sich auf die Qualität der oberirdischen Gewässer aufgrund der langen Verweilzeiten des Sickerwassers in der ungesättigten Zone mit der Möglichkeit der Denitrifizierung nicht auswirken. Das bezieht sich auch auf die Messstelle in Mochow mit den hohen Konzentrationen durch den früheren Düngerlagerplatz. Für den Großen Mochowsee geht von dieser Punktquelle aufgrund der berechneten Gesamtfliesszeit in der ungesättigten und gesättigten Zone von mehr als 30 Jahren bis zum See vermutlich keine Gefahr aus – jedenfalls ist diese bis heute nicht erkennbar.



## 6.4.2 Phosphor

Abb. 23 dokumentiert die Verteilung der Gesamt-Phosphor-Konzentrationen der oberirdischen Gewässer von 2012 / 2013. Die Werte liegen bei den drei Messstellen im Kleinen und Großen Mochowsee zumeist unterhalb von 0,1 mg/l P, im Mochowfließ und bei den übrigen „moorbeeinflussten“ Fließgewässern dagegen fast immer deutlich darüber. Auffällig sind zudem sehr große Schwankungen in den Konzentrationen, vor allem bei den drei Entnahmestandorten am Mochowfließ. Der Mittelwert der im Juli 2014 gemessenen Gesamphosphor-Konzentrationen im Grundwasser (s. letzte Zeile Tab. 7) liegt bei 0,08 mg/l P, die Schwankungsbreite reicht von 0,005 bis 0,27 mg/l P. Deutlich erhöhte Werte oberhalb von 0,1 mg/l P treten im Grundwasser vor allem im Süden des Gebietes sowie an den beiden Messstellen unmittelbar im Uferbereich der Seen auf (RKS 4 zwischen Großem und Kleinem Mochowsee und RKS 11 zwischen Kleinem und Großem Schwielochsee). Die bei der Quelle am Westufer des Großen Mochowsees im Juli 2014 gemessenen Konzentrationen (0,18 mg/l P) liegen auch deutlich höher als die in den beiden Jahren davor gemessenen Werte im See selber und geben damit einen Hinweis auf die Belastung des hier zuströmenden Grundwassers - auch wenn bisher dazu nur ein Wert vorliegt.

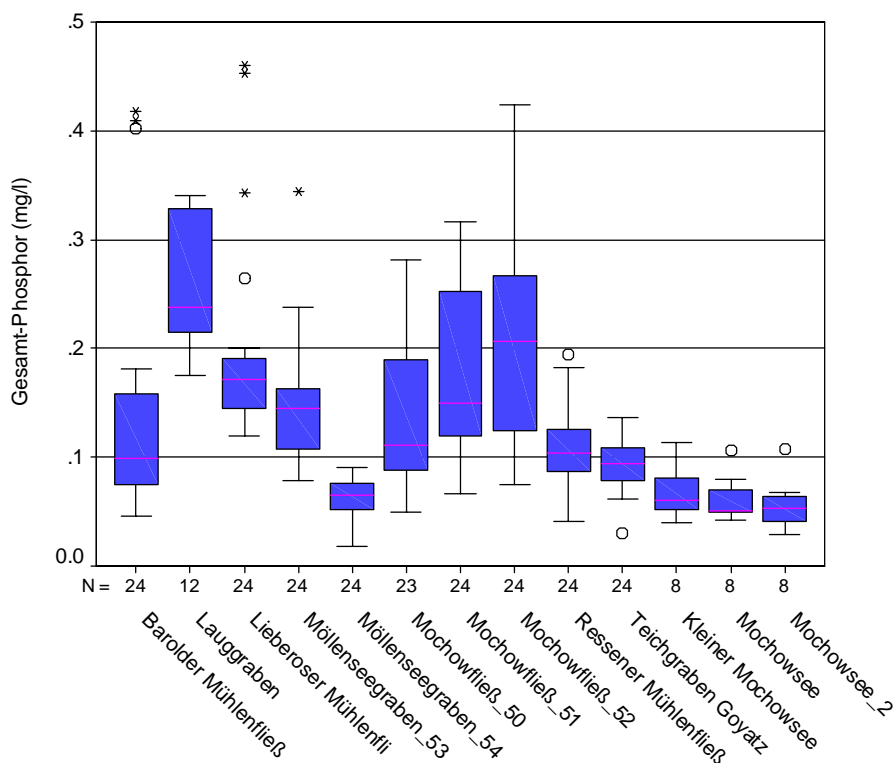


Abb. 23: Gesamtphosphor (TP) in oberirdischen Gewässern (Daten LUGV 2012 / 2013)

Das gleiche Muster zeigt sich auch bei ortho-Phosphat (s. Anlage 11), hier liegen die absoluten Konzentrationen allerdings deutlich niedriger, der Mittelwert liegt bei 0,018 mg/l P.

Abb. 24 zeigt die mittleren Gesamt-Phosphor-Werte 2012 / 2013 in den Mochowseen sowie seinen beiden Zuflüssen in grafischer Form zusammen mit dem aktuellen Zielwert des LUGV für den Großen Mochowsee von 0,057 mg/l P (rote Linie). Die mengenmäßig abgeschätzten Anteile der Zuflüsse zum See in Form der prozentualen Angaben oberhalb der Balken entspre-

chen Abb. 19 auf S. 37. Deutlich wird, dass die 2013 gemessenen Werte im Großen Mochowsee bereits fast dem Zielwert des LUGV - s. o., also der Grenze von „gut“ zu „mäßig“- entspricht. Im Jahr 2010 lag der Mittelwert im Großen Mochowsee noch bei 0,0975 mg/l P, hier hat also aktuell bereits eine deutliche Verbesserung stattgefunden. Im Kleinen Mochowsee lagen die mittleren Werte in 2013 mit 0,07 mg/l P nur wenig höher als im Großen Mochowsee.

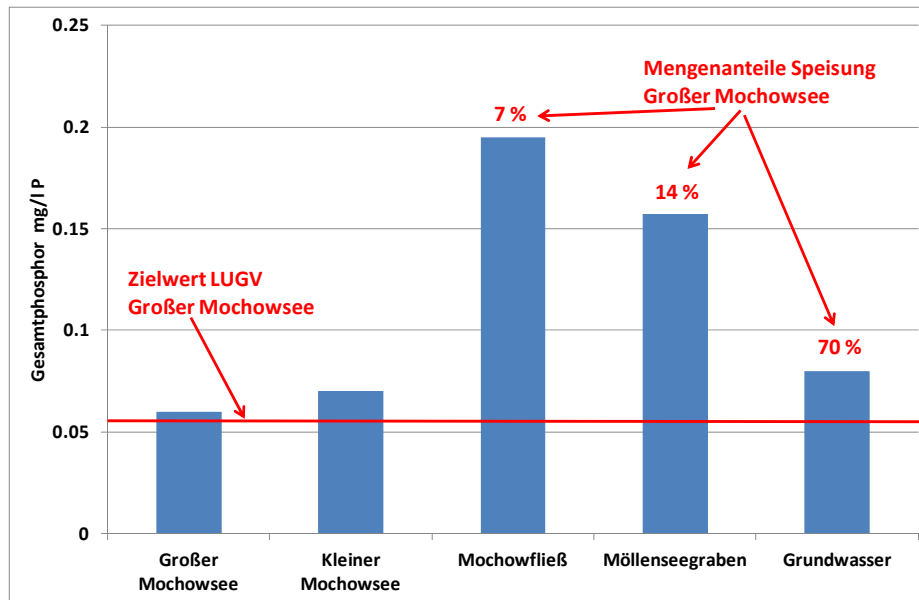


Abb. 24: Mittelwerte von TP im Großen und Kleinen Mochowsee und Zuflüssen

auf die beiden oberirdischen Zuflüsse zum See zu, bei denen die Phosphor-Konzentrationen im Wasser deutlich am höchsten liegen. Aufgrund der relativ geringen Abflüsse muss der Einfluss der Phosphorkonzentration der beiden Zuflüsse jedoch relativiert werden.

Aufgrund der großen Schwankungen der TP-Werte über fast drei Dimensionen (5 bis 270 µg/l, s. Tab. 7) und der niedrigen Messstellenanzahl lässt sich der geogene Konzentrationsbereich methodisch bedingt nicht sicher eingrenzen. Die Verwendung des (üblichen) 90-Perzentiles z. B. würde zu deutlich zu hohen Konzentrationen führen. Der räumliche Zusammenhang zu den Vernässungsgebieten der Moore im Süden des Großen Mochowsees ist jedoch offensichtlich.

Moore fungieren als sogenannte „Nährstoffsinken“ in der Landschaft. Im intakten Moor, also unter Wassersättigung bei hohen Wasserständen, werden Nährstoffe festgelegt und gelangen nicht ins Grundwasser. Wenn Moore entwässert - also belüftet - werden, kommen mikrobielle Abbauprozesse in Gang, die die Nährstoffe freisetzen. Diese können dann mit ansteigendem Wasser wieder ausgespült werden. Viele Moore im Einzugsgebiet des Mochowfließes sind in früheren Zeiten entwässert worden, um die Flächen landwirtschaftlich zu nutzen. Die extremen Niederschlagsereignisse in 2010 und 2011 haben in allen diesen Mooren einen erheblichen Wasserstandsanstieg verursacht, der in der Folge zu erhöhten Nährstofffrachten geführt haben dürfte. Manche Moore sind aufgrund der extremen Niederschlagsereignisse auch „übergelaufen“, so dass erhöhte Nährstofffrachten ins Grundwasser gelangt sein können. Insgesamt ist der Flächenanteil der Moore im Verhältnis zur Fläche der Grundwasserneubildung jedoch gering, so dass sich die Moore nicht signifikant auf die Nährstoffsituation des Grundwassers aus-

Das Grundwasser speist zu 70 % den Großen Mochowsee. Die Konzentrationen liegen mit durchschnittlich 0,08 mg/l P zwar nur geringfügig höher im Vergleich zum See, im hydraulischen Zuflussbereich südlich des Sees jedoch z. T. deutlich höher. Das trifft auch

wirken. Zu beachten sind auch sehr lange Verweilzeiten des Sickerwassers bei z. T. erhöhten Flurabständen des Grundwassers in den höheren Lagen der Lieberoser Endmoräne bzw. die langen Fließzeiten des Grundwassers bis zum Erreichen des Großen Mochowsees über viele Kilometer, innerhalb derer die Konzentrationen der aus den Mooren freigesetzten Nährstoffe durch lateralen Zustrom von Grundwasser ohne Kontakt mit Mooren herabgesetzt werden.

Anders ist die Situation bei den Mooren, die an das Mochowfließ und den Möllenseegraben angeschlossen sind. Insbesondere das Mochowfließ, aber auch der Oberlauf des Möllenseegrabens sind künstlich angelegt worden, um Moore zu entwässern. Die dabei freigesetzten Nährstoffe, insbesondere auch der Phosphor, werden auch hier mit den höheren Wasserständen in den Mooren ausgewaschen und nun in gewissem Maße über die Gräben abgeführt. Eine exakte quantitative Abschätzung der Phosphor-Frachten im Vergleich der einzelnen Zuflüsse zum Großen Mochowsee ist problematisch, da die Datenbasis aus den unterschiedlichen Jahres-scheiben nicht direkt miteinander vergleichbar (Beschaffenheitsdaten Grundwasser 2014, Abfluss- und Beschaffenheitsdaten oberirdische Gewässer 2012 und 2013) und die methodischen Grundlagen für eine solche Berechnung sehr unsicher sind (Meinikmann et al. 2013).

Unter Vernachlässigung der Phosphor-Düngung über die Niederschläge – hierzu liegen keine belastbaren Daten in entsprechender räumlicher Auflösung vor - ergibt eine überschlägige Berechnung auf Basis der in Abb. 23 aufgeführten Daten, dass das Grundwasser einen Anteil an der Phosphorfracht-Zulieferung zum Großen Mochowsee von etwa 61 %, das Mochowfließ von etwa 15 % (68 kg P/a) und der Möllenseegraben von etwa 24 % (119 kg P/a) hat (s. Abb. 25):

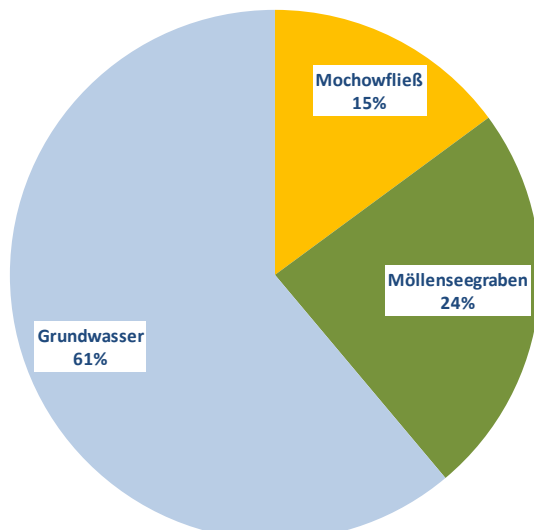


Abb. 24: Frachtanteile der Zulieferung von Gesamtphosphor zum Großen Mochowsee

Das entspricht vergleichbaren Erkenntnissen aus anderen Seen im nordostdeutschen Tiefland. Nach Müller et al. (2014) betrug z. B. beim Arendsee der Anteil der Phosphorzulieferung über das Grundwasser 50 %. Das wird also beim Großen Mochowsee noch übertroffen. Zur exakten Berechnung wären aktuelle Phosphor-Konzentrationen im Mochowfließ und im Möllenseegraben von 2014 notwendig. Die berechneten und genannten Anteile - vor allem zum Grundwasser - werden jedoch sicher nur wenig schwanken. Zu vermuten ist, dass sich die Phosphorfrachten aus den überstauten Mooren am Mochowfließ und am Möllenseegraben

in den nächsten Jahren bzw. Jahrzehnten verringern, hierzu besteht Forschungsbedarf (Zak et al. 2010). Der jetzt frei verfügbare Phosphor wird mit der Zeit zum großen Teil ausgeschwemmt bzw. durch das Pflanzenwachstum aufgebraucht. Da mit der Wassersättigung der Moorböden aufgrund der hier stattgefundenen Renaturierungsprojekte die Abbauprozesse des organischen Materials gestoppt werden, erfolgt hier keine permanente Nachlieferung von Phosphor.



## 7 Zusammenfassung

Zur aktuellen Untersuchung der Nährstoffbelastung des oberflächennahen Grundwassers in der Umgebung der Mochowseen und des Vergleichs mit den Daten der oberirdischen Gewässer aus den vergangenen Jahren wurden im Zeitraum Januar bis Juli 2014 Geländearbeiten und laborchemische Untersuchungen durchgeführt. Das Abteufen von Rammkernsondierungen zur Errichtung von temporären Grundwassermessstellen geschah auf einer gründlichen Recherche zu vorhandenen Messstellen aus den Beständen des LUGV. Zusätzlich zu neun als geeignet befundenen Archivmessstellen wurden an 13 temporären Messstellen im März und Juli 2014 wiederholt Grundwasserproben entnommen. Im Juli 2014 konnte nach einem Anwohnerhinweis auch eine gefasste Quelle am Westufer des Großen Mochowsees beprobt werden.

Die mit den gleichzeitig erhobenen Grundwasserständen aktualisierte Übersicht zur Grundwasserdynamik erbrachte eine Bestätigung des bisherigen, landesweiten Gleichenplans des LUGV aus dem Jahr 2011. Abweichungen erwiesen sich als von nur lokaler Natur. Die Mochowseen werden primär von Süden über das Grundwasser angeströmt bzw. durchströmt, das konnte auch anhand von zwei hydrogeologischen Profilschnitten auf Basis von Archivbohrungen des LBGR eindeutig bestätigt werden. Der Abstrom des Grundwassers erfolgt nach Norden. Der Große Mochowsee entwässert zusätzlich nach Nordosten über den Möllinseegraben.

Auch die geologische Schichtansprache der zumeist weniger als 10 Meter tiefen Sondierungen bestätigte den hydraulischen Anschluss der Seen an das Grundwasser; oberflächennah wurden in der Umgebung des Sees ausschließlich Sande erbohrt, über die eine Versickerung der Niederschläge bis in das Grundwasser und von dort direkt zu den Seen erfolgt. Eine Abschätzung der Fließzeiten ergab mittlere Verweilzeiten des Sickerwassers in der ungesättigten Zone von etwa 2 Jahren und Fließzeiten im Grundwasser von etwa 15 Jahren, gerechnet jeweils von den Standorten der Sondierungen bis zum nächsten relevanten See.

Die Nährstoffbelastung des Grundwassers ist insgesamt recht hoch, unbeeinflusste Probenstandorte fanden sich kaum. Deutliche Abweichungen zwischen den beiden Beprobungsterminen wurden nicht festgestellt. Neben einigen punktquellenartigen Konzentrationserhöhungen (vor allem Nitrat und Chlorid) wurden bei der Mehrheit der Messstellen hydrochemische Anomalien festgestellt, die vermutlich auf diffuse Quellen zurückzuführen sind. Besonders auffällig sind die Grundwassermessstellen in Mochow und südlich Lamsfeld, für deren hohe Nitratbelastung eine Erklärung durch ehemalige Düngemittelplätze gefunden wurde. Eine unmittelbare Gefahr für den Großen Mochowsee ist aufgrund der Fließzeiten des Grundwassers und Abbauprozesse des Nitrats im Boden nicht zu erwarten.

Problematisch ist vor allem Phosphor, da dieser im Großen Mochowsee in der Vergangenheit bereits wiederholt zum unerwünschten Biomassewachstum beigetragen hat. Eine grobe Abschätzung der Nährstofffrachten ergab, dass etwa 61 % des Phosphors über das Grundwasser dem Großen Mochowsee zufließt. Im Jahr 2012 erreichte der Große Mochowsee allerdings na-

hezu die gewünschte Zielvorgabe von 0,057 mg/l Gesamtphosphor. Die Stickstoffwerte der Mochowseen liegen im relativ niedrigen Bereich und geben keinen Anlass zur Sorge.

Neben dem Grundwasser stellen die beiden Zuflüsse Mochowfließ und Möllnseegraben Phosphorquellen dar, die zusammen ca. 39 % der Frachten ausmachen und vermutlich aus wiedervernässten Mooren in den Oberläufen stammen. Aufgrund der zeitlich begrenzten Auswaschung des Phosphors in den renaturierten Mooren ist vermutlich in den nächsten Jahren bis Dekaden mit dem Abklingen der Belastung zu rechnen. Diese Entwicklung kann durch die Anlage von nährstoffzehrenden Feuchtgebieten (Schilfpolder) unterstützt werden.

## 8 Literaturverzeichnis

- BTU (2014): Hydrochemisch-genetische Interpretation erhöhter Ammonium-Konzentrationen in Brandenburg.- Gutachten der Brandenburgisch-Technischen Universität im Auftrag des LUGV Brandenburg, Cottbus.
- DWA (2014): Stickstoffumsatz im Grundwasser. Hrsg.: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., DWA-Themenband, Autoren: Cremer, N., Hannappel, S., Hansen, C., Isermann, K., Walther, W. & R. Wolter, Hennef (in Vorbereitung).
- EG (2000): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.- 2000/60/EG, Abl. L 327 vom 22.12.2000, Brüssel.
- EG (2006): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung.- 2006/118/EG, (Abl. L 372 vom 27.12.2006, S. 19, L 53 vom 22.2.2007, S. 30, L 139 vom 31.5.2007, S. 39).
- Ginzel, G. & M. Hannemann (2002): Hohe Phosphatbelastungen in Gewässern des Schlaubegebietes und deren geogene Ursachen.- Brandenburger Geowissenschaftliche Mitteilungen 9, S. 69-75, Kleinmachnow.
- GCI (2012): Grundwassergleichenplan Frühjahr und Herbst 2011 für den oberen genutzten Grundwasserleiter (HGWL) im Land Brandenburg; Königs Wusterhausen.- Bericht der GCI GmbH an das LUGV Brandenburg, Königs Wusterhausen (unveröffentlicht)
- Hannappel, S. (1996): Die Beschaffenheit des Grundwassers in den hydrogeologischen Strukturen der neuen Bundesländer.- Diss. FU Berlin, Berl. Geowiss. Abhandl., Reihe A, Bd. 182, Berlin.
- Hannappel, S. & Braun, P. (2010): Planung und Durchführung eines Grundwasser-Monitorings mit Direct Push in Nordostbrandenburg.- Grundwasser, Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Springer Verlag, Band 15, Heft 2.
- Hannappel, S., Lemke, G., Wagner, M., Kunze, J., Barthel, E. & P. Börke (2009) Flächenhafte Ermittlung der Konzentrationen diffus eingetragener Nährstoffe in das oberflächennahe Grundwasser Nordostdeutschlands.- Wasser & Abfall, Heft 6/2010, Wiesbaden.
- Hannappel, S. & W. Riek (2011): Berechnung des Flurabstandes des oberflächennahen Grundwassers der Waldfläche Brandenburgs für hydrologisch typische Zeiträume.- Hydrologie & Wasserbewirtschaftung, 1/11, Koblenz.
- Hannappel, S., Huber, A. & H. Schumacher (2013): Hydrogeologische Modelluntersuchungen zum Grundwasseranstieg beim Waldumbau im Einzugsgebiet von Mooren des Lieberoser Endmoränengürtels in Brandenburg.- Kurzbeitrag, in: Hydrologie & Wasserbewirtschaftung, Heft 6/13, 57. Jg., Koblenz.
- HYDOR (2009): Konzeptionelle Untersuchungen zur Möglichkeit des Einsatzes eines investigativen Monitorings mittels Direct Push-Verfahren in zwei Pilotprojektgebieten in Nordostbrandenburg (GWK Schwedt und Prenzlau).- Bericht der HYDOR Consult GmbH an das LUA Brandenburg, Berlin (unveröff.)
- HYDOR (2010): Konzeption und Ergebnisauswertung zum investigativen Monitoring mit Direct Push und einmaliger Probenahme an Grundwassermessstellen in sieben stickstoffbelasteten Grundwasserkörpern des Landes Brandenburg.- Bericht der HYDOR Consult GmbH an das LUGV Brandenburg, Berlin (unveröff.)
- HYDOR et al. (2013): Machbarkeitsstudien zur Umsetzung von Moorschutzprojekten im Bereich der Lieberoser Endmoräne.- Bericht der HYDOR Consult GmbH, der IHU GmbH und von biota GmbH an die Stiftung Naturlandschaften Brandenburg, Berlin (unveröff.)
- HYDOR (2014): Erfassung belastungsrelevanter Parameter in Rohwasserproben von Wasserwerken im Land Brandenburg, Teilprojekt 8A: Recherche, Auswertung und Darstellung der Daten, Zeitraum 2011 und 2012.- Bericht der HYDOR Consult GmbH an das LUGV Brandenburg, Berlin (unveröff.)
- Jenn, F., Koinzer, F. & H.-J. Voigt (2014): Auswirkungen einer über 10-jährigen Vernässung eines Bruchwalds mit gereinigtem Abwasser.- In: Grundwasser trifft Boden und Energie, Tagungsband der Fachsektion Hydrogeologie in der DGG, Bayreuth.



- Kovalev & Spundflasch (2012): Zusammenfassung der Daten aus den verschiedenen Unterlagen zum Gesamtphosphorgehalt.- Büro für Ingenieurbioogie, Umweltplanung und Wasserbau Kovalev & Spundflasch, 13.09.2012 (unveröff.).
- Krajnov, S. R. & Voigt, H.-J.(1990): Geochemische und ökologische Folgen der Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit unter Einwirkung von Wasserschadstoffen.- Zeitschrift für angewandte Geologie, 36 (1990) 11, S. 405-410.
- LBGR (2010): Hydrogeologische Karte 1 : 50 000 des Landes Brandenburg, Blatt 3950.- Hrsg.: Landesamt für Bergbau, Geowissenschaften und Rohstoffe, Cottbus.
- LGRB (2002): Atlas zur Geologie von Brandenburg.- Hrsg.: Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Kleinmachnow.
- LimPlan & enviteam (2010): Maßnahmenvorbereitendes investigatives Monitoring am Schwielochsee, Endbericht.- LimPlan Büro für Gewässer und Landschaftsökologie & enviteam Umweltnetzwerk Gewässer & Landschaft im Auftrag des LUA Brandenburg (unveröff.)
- LUA (1996): Basisbericht zur Grundwassergüte des Landes Brandenburg.- Hrsg.: Fachbeiträge des Landesumweltamtes, Titelreihe Nr. 15, Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam.
- LUA (1999): Geogen bedingte Grundbelastung der Fließgewässer Spree und Schwarze Elster und ihrer Einzugsgebiete.- Hrsg.: Landesumweltamt Brandenburg, Studien und Tagungsberichte, Band 23, Potsdam.
- LUA (2002): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit 1996 bis 2000 im Land Brandenburg.- Hrsg.: Landesumweltamt Brandenburg, Studien und Tagungsberichte, Band 41, Potsdam.
- LUA (2007): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit 2001 bis 2005 im Land Brandenburg.- Hrsg.: Landesumweltamt Brandenburg, Studien und Tagungsberichte, Band 55, 103 S., Potsdam.
- LUGV (2012): Regionales Nährstoffreduzierungskonzept Schwielochsee.- Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg, Fachbeiträge Heft 125, Bearbeiter: Clemens Böckmann & Jens Pätzold, Potsdam..
- LUGV (2014):- Dokumentation der ABIMO-Daten zur Grundwasserneubildung Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg, Potsdam (in Vorbereitung).
- Manhenke, V., Hannemann, M. & B. Rechlin (1995): Gliederung und Bezeichnung der Grundwasserleiterkomplexe im Land Brandenburg.- Brandenburgische Geowiss. Beitr., 2, 1, S. 47-55, Kleinmachnow.
- Meinikmann, k., Nützmann, G. & J. Lewandowski (2013): Lacustrine groundwater discharge: combined determination of volumes and spatial patterns.- Journal of Hydrology 502, pp. 202-211.
- MÜLLER, E.N., L. VAN SCHAİK, T. BLUME, A. BRONSTERT, J. CARUS, J.H. FLECKENSTEIN, N. FOHRER, K. GEIßLER, H.H. GERKE, T. GRAEFF, C. HESSE, A. HILDEBRANDT, F. HÖLKER, P. HUNKE, K. KÖRNER, J. LEWANDOWSKI, D. LOHMANN, K. MEINIKMANN, A. SCHIBALSKI, B. SCHMALZ, B. SCHRÖDER & B. TIETJEN (2014): Skalen, Schwerpunkte, Rückkopplungen und Herausforderungen der ökohydrologischen Forschung in Deutschland. – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 58 (4), 221–240; DOI: 10.5675/HyWa\_2014,4\_2.
- Sitschik, H., Ludwig, F., Wetzel, E., Luckert, J. & T. Höding (2005): Raseneisenerz – auch in Brandenburg ein mineralischer Rohstoff mit bedeutender wirtschaftlicher Vergangenheit.- Brandenburger Geowissenschaftliche Mitteilungen 12, S. 119-128, Kleinmachnow.
- Wiedner, C., Dolman, A., Kolzau, S., Köhler, K., Mischke, U. & J. Rücker (2014): Einfluss von Stickstoff versus Phosphor auf die Gewässergüte.- NITROLIMIT-Projektseminar 12.05.2014, Berlin (unveröff.)
- Zak, D., Gelbrecht, J., Wagner, C., Payer, B., and Augustin, J. (2010): Phosphorus mobilization in rewetted fens: the effect of altered peat properties and implications for their restoration. Ecological Applications 20, 1336-1349
- ZGI (1983): Hydrogeologisches Kartenwerk 1 : 50 000 der DDR, Karte 4 (Grundwassergefährdung), Hrsg.: Zentrales Geologisches Institut, Berlin (unveröff.).