

Vorstudie
für eine Machbarkeitsstudie
„Stabilisierung des Wasserhaushaltes des
Straussees“

Auftraggeber: Strausberger Eisenbahn GmbH
c/o SSG Kastanienallee 38
15344 Strausberg

Auftragnehmer:	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.	Eberswalder Straße 84 15374 Müncheberg
	Prof. Dr. Gunnar Lischeid	Ursula-Goetze-Straße 25 10318 Berlin
	Dr. Jörg Steidl	Ahornring 3 15374 Müncheberg
	Dr. Ottfried Dietrich	Rosenstraße 14 E 15374 Müncheberg

Kontakt: Dr. Jörg Steidl
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung
Institut für Landschaftswasserhaushalt
Eberswalder Straße 84
15374 Müncheberg

tel.: 033432 82362
fax: 033432 82301
email: jsteidl@zalf.de

Müncheberg, Dezember 2009

Inhalt	Seite
1. Veranlassung.....	1
2. Zielstellung	2
3. Hydrologisches System	2
3.1. Seewasserbilanz.....	2
3.2. Einzugsgebiet	3
3.3. Möglichkeiten und Grenzen in der Ursachenanalyse von Seewasserstandsänderungen.....	4
4. Vorgehen.....	4
5. Recherche, Prüfung und Aufbereitung der Datengrundlagen.....	5
5.1. Verwendete Daten und Unterlagen.....	5
5.1.1. Gutachten und Planungen.....	5
5.1.2. Daten.....	6
5.2. Entstehung des Strausseees und seine morphometrischen Größen.....	7
5.3. Oberirdisches Einzugsgebiet	7
5.4. Unterirdisches Einzugsgebiet.....	8
5.5. Klima- und Niederschlagsstationen.....	9
5.6. Pegelmessungen	13
5.6.1. Oberflächenwasser.....	13
5.6.2. Grundwasser	14
5.7. Staurecht.....	18
5.8. Stauregulierung.....	18
5.9. Wassereinleitungen.....	20
5.10. Wasserentnahmen	20
5.10.1. Oberflächenwasser.....	20

5.10.2.	Grundwasser im Einzugsgebiet	21
5.11.	Kampfmittelbergungen	23
5.12.	Defizite der Basisdaten	23
6.	Analysen der wesentlichen Einflussgrößen des Seewasserhaushalts	24
6.1.	Zeitreihen- und Trendanalyse Pegel Fähre, Klima- und Niederschlagsstationen	24
6.2.	Multivariate Zeitreihen- und Trendanalyse der Grund- und Oberflächenwasserpegel	32
6.3.	Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse	36
7.	Machbarkeit einer Analyse der Ursachen für die Wasserstandsänderungen im Straussee ab dem Jahr 2000	38
8.	Empfehlung zum weiteren Vorgehen.....	39
9.	Literatur	41

Tabellenverzeichnis	Seite
Tabelle 1: Oberirdische Einzugsgebietsflächen des Straussees (Landesumweltamt, Flächenverzeichnis der oberirdischen Einzugsgebiete)	8
Tabelle 2: Oberflächenwasserpegel (Landesumweltamt)	13
Tabelle 3: Grundwasserpegel (Landesumweltamt).....	15
Tabelle 4: Grundwasserpegel im Gebiet der Altlastensanierung zwischen Straussee und Wasserwerk Strausberg (AKS).....	16
Tabelle 5: Stichtagsmessungen der Grundwasserhöhen im Gebiet der Altlastensanierung zwischen Straussee und Wasserwerk Strausberg (AKS).....	17
Tabelle 6: Anzahl der Tage mit Abflüssen am Wehr des Straussees in den Jahren 2000 bis 2008.....	20
Tabelle 7: Kampfmittelbergungen (Zentraldienst der Polizei)	23
Tabelle 8: Mittlere Jahreswerte Lufttemperatur (TL in °C), Niederschlag (P in mm/a), potentielle Verdunstung (ETP in mm/a), Seeverdunstung (ETW in mm/a), klimatische Wasserbilanz (KWB in mm/a) und klimatische Seewasserbilanz (SBW in mm/a) für Lindenberg (Lbg) bzw. Strausberg (Sbg).....	27

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abbildung 1: Ganglinie des Wasserspiegels im Straussee – tägliche Terminwerte (Landesumweltamt, Pegel Strausberg Fähre).....	1
Abbildung 2: Jahressummen des Niederschlags in Strausberg (Deutscher Wetterdienst, Station Strausberg, Kennziffer 4912).....	10
Abbildung 3: Vergleich der langjährig mittleren Monatswerte der Lufttemperatur in 2 m Höhe in Müncheberg und Lindenberg, Reihe 1961/1990 (Deutscher Wetterdienst)	11
Abbildung 4: Vergleich der langjährig mittleren Monatswerte der Sonnenscheindauer in Müncheberg und Lindenberg, Reihe 1961/1990 (Deutscher Wetterdienst)	12
Abbildung 5: Vergleich der langjährig mittleren Monatswerte des Niederschlags in Müncheberg, Lindenberg und Strausberg, Reihe 1961/1990 (Deutscher Wetterdienst)	12
Abbildung 6: Durchflüsse im Ablauf des Bötzees - Jahresmittelwerte (Landesumweltamt, Pegel Eggersdorf 2).....	14
Abbildung 7: Grundwasserhöhen bei Gielsdorf – Monatsmittelwerte (Landesumweltamt, Ober- und Unterpegel Gielsdorf).....	15
Abbildung 8: Ganglinie des Wasserspiegels im Straussee – tägliche Terminwerte und die genehmigten Niedrig- und Höchststau (Landesumweltamt, Pegel Strausberg Fähre).....	19
Abbildung 9: Ausschnitt aus der Hydrogeologischen Karte Brandenburg (Landesamt für Bergbau Geologie und Rohstoffe Brandenburg)	22
Abbildung 10: Monatsmittel der Seewasserstände für verschiedene Zeitreihen in den Perioden 1971/1999 und 2000/2008	25
Abbildung 11: Mittlere Monatssummen der Änderung der Seewasserstände in den Perioden 1971/1999 und 2000/2008.....	26

Abbildung 12:	Mittlere Monatswerte der Lufttemperatur der Station Lindenberg in den Perioden 1961/1990, 1971/1999 und 2000/2008.....	28
Abbildung 13:	Mittlere Monatssummen der berechneten Seeverdunstung anhand meteorologischer Messwerte der Station Lindenberg in den Perioden 1961/1990, 1971/1999 und 2000/2008.....	29
Abbildung 14:	Mittlere Monatssummen des Niederschlags der Station Lindenberg in den Perioden 1961/1990, 1971/1999 und 2000/2008.....	29
Abbildung 15:	Mittlere Monatssummen des Niederschlags der Station Strausberg in den Perioden 1971/1999 und 2000/2008.....	30
Abbildung 16:	Mittlere Monatssummen der klimatischen Seewasserbilanz in den Perioden 1971/1999 und 2000/2008.....	31
Abbildung 17:	Mittlere Monatssummen der ober- und unterirdischen Zu- und Abflüsse des Sees, ermittelt aus dem Restglied der Seewasserbilanzgleichung.....	31
Abbildung 18:	Einordnung der verschiedenen Grundwasserganglinien sowie der Seewasser- und Abflussganglinie nach ihren Ladungen auf die erste und zweite Hauptkomponente (PC). Ganglinien mit dem für die Region typischen Verhalten liegen dicht am Außenkreis, solche mit eher untypischem Verhalten weiter innen. Die oberflächenah verfilterten Grundwassermessstellen (GWLK 1) liegen im oberen, die in großer Tiefe verfilterten Messstellen (GWLK 2) im unteren Bereich der Grafik.....	34
Abbildung 19:	Vergleich des gemessenen Seewasserspiegels im Straussee mit dem anhand der typischen Grundwasserganglinien in der Region zu erwartenden Verlauf.....	35

1. Veranlassung

Seit einigen Jahren werden Änderungen der Wasserstände im Straussee beobachtet, die auf ein beginnendes tendenzielles Absinken des Seewasserspiegels schließen lassen. Das Problem wurde aufgrund sinkender werdender jährlicher Tiefstwasserständen wahrgenommen (Abbildung 1).

Zu den möglichen Ursachen gab und gibt es bereits eine öffentliche Diskussion. In dieser Diskussion konnte ein Zusammenhang zu einzelnen Maßnahmen, wie z. B. Brunnenbauten im Stadtgebiet, Kampfmittelsprengungen im See oder Klimaänderungen mit der beobachteten Seewasserstandsentwicklung bislang jedoch nicht schlüssig und glaubhaft hergestellt werden.

Die Stadt Strausberg benötigt eine fundierte Untersuchung der Ursachen der Wasserstandsänderung des Straussees ab dem Jahr 2000 (2000/2009). Die Ergebnisse sollen als Grundlage für die Erarbeitung geeigneter Maßnahmen zur Stabilisierung des Wasserhaushaltes des Straussees dienen.

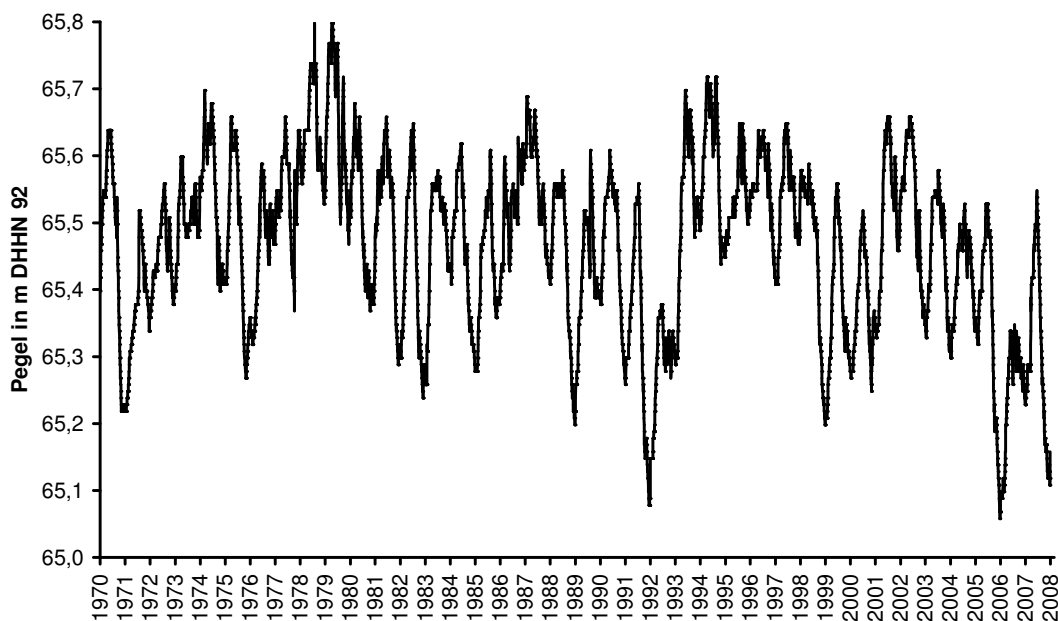


Abbildung 1: Ganglinie des Wasserspiegels im Straussee – tägliche Terminwerte (Landesumweltamt, Pegel Strausberg Fähre)

2. Zielstellung

Diese Studie verfolgt das Ziel, das verfügbare Daten- und Unterlagenmaterial zum Wasserhaushalt des Straussee hinsichtlich der Erfolgsaussichten für eine anschließende Analyse der Ursachen der beobachteten Seewasserstandentwicklungen zu bewerten. Wenn diese Erfolgsaussichten als hinreichend bewertet werden, wird eine konkrete Vorgehensweise bei der Erstellung einer Machbarkeitsstudie entwickelt und dargestellt.

Diese Machbarkeitsstudie soll dann Maßnahmen zur Stabilisierung und Verbesserung des Wasserhaushaltes des Straussee entwickeln und hinsichtlich ihrer Eignung, Durchführbarkeit sowie Nachhaltigkeit bewerten.

3. Hydrologisches System

3.1. Seewasserbilanz

Die Wasserbilanz eines Sees ergibt sich aus der Summe aus Niederschlag (N), Verdunstung (V), den Zuflüssen (Z) und den Abflüssen (A). Die Verlustgrößen Verdunstung und Abfluss gehen dabei mit negativem Vorzeichen ein. Der Zufluss zum See kann über das Grundwasser, über Fließgewässer, Regenwasserkanalsysteme oder direkt als Oberflächenzufluss erfolgen. Ein Abfluss aus dem See kann in den Grundwasserleiter, in Fließgewässer oder in Form von Wasserentnahmen vorkommen. Im Ergebnis steht die Speicheränderung (ΔS) des Sees, die an der Änderung (Steigen oder Fallen) des Seewasserstandes beobachtet werden kann.

$$\Delta S = N + Z - R - V$$

Der Flächenbezug der Seewasserbilanz ist die Wasserfläche des Sees. Die Differenz aus dem Niederschlag und der Verdunstung wird als die klimatische Seewasserbilanz bezeichnet.

3.2. Einzugsgebiet

Als Einzugsgebiet wird der Ausschnitt einer Landschaft betrachtet, aus dem Wasser, das durch Niederschläge abzüglich der Verdunstung, zu ausschließlich einem Ort, dem Gebietsauslass, abfließt. Dieser Ort kann ein See, ein Querschnitt in einem Bach oder Fluss, aber auch ein Brunnen sein. Hat dieser Ort keinen oberirdischen Abfluss über einen Graben oder ein Fließgewässer, spricht man von einem Binneneinzugsgebiet. Die das Einzugsgebiet umgebenden Linien werden als Wasserscheiden bezeichnet. Aus der Horizontalprojektion dieser Linien ergibt sich die Einzugsgebietsfläche.

Das nach der Verdunstung und Bodenspeicherfüllung verbleibende Niederschlagswasser kann teilweise oberirdisch und auch konzentriert in Bächen oder Flüssen abfließen oder aus den Böden in die Poren der tiefer liegenden Sedimentschichten aus Lockergesteinen versickern. Das können quartäre Grundwasserleiter sein. Bildet das Wasser dort einen Wasserkörper, wird es als Grundwasser bezeichnet und kann im Porenraum des Grundwasserleiters abfließen. Das quartäre Grundwasserleitersystem besteht aus mehreren Grundwasserleiterkomplexen, die übereinanderliegend jeweils durch geringdurchlässige Sedimentschichten, die Grundwasserstauer, getrennt werden. Durch die Grundwasserstauer ist der hydraulische Kontakt stark eingeschränkt oder völlig unterbunden. In den Grundwasserleitern kann das Grundwasser zum Gebietsauslass eines Einzugsgebietes fließen. In tieferen Leitern ist auch ein Unterströmen des Gebietsauslasses möglich.

Oberirdische Wasserscheiden werden aus topographischen Höhendaten abgeleitet. Unterirdische Wasserscheiden können nur aus der Oberfläche des Grundwasserkörpers abgeleitet werden. Sie sind durch die Grundwasserdynamik bestimmt und damit in ihrer Lage nicht stationär. Oberirdische und unterirdische Wasserscheiden müssen nicht deckungsgleich sein. Die Fließrichtungen und damit auch die Gebietsauslässe können sich unter Umständen unterscheiden. Es wird zwischen einem oberirdischen Einzugsgebiet und einem unterirdischen Einzugsgebiet unterschieden.

Aus den Oberflächengewässern kann Wasser auch in einen Grundwasserleiter infiltrieren, wenn der Druckgradient zwischen dem Wasserstand im Gewässer und

der Grundwasserhöhe abwärts gerichtet und die Gewässersohle genügend durchlässig ist. In Gewässerabschnitten, bei denen dieser Druckgradient aufwärts gerichtet ist, fließt das Grundwasser dem Gewässer zu.

3.3. Möglichkeiten und Grenzen in der Ursachenanalyse von Seewasserstandsänderungen

Alle Bestandteile der Wasserbilanz eines Sees sind messtechnisch nur sehr aufwendig zu ermitteln. Nur wenige Größen wie Niederschläge und konzentrierte oberirdische Zu- und Abflüsse sowie der Seewasserstand sind direkt messbar. Die anderen Größen sind nur durch Modelle und unterstützende Messungen quantifizierbar. Im Fall der Verdunstung sind die meisten der Größen, die für das Berechnungsmodell benötigt werden, zwar direkt messbar, stehen allerdings oft nicht am See oder seiner Umgebung zur Verfügung. Dann müssen sie aus weiter entfernt liegenden Messstationen übernommen werden. Eine Trendanalyse der für einen langen Zeitraum (> 20 Jahre) vorliegenden klimatischen Seewasserbilanz kann dann allerdings bereits Aufschluss über den Einfluss klimatischer Änderungen auf die Änderungen des Seewasserstandes geben.

Die unsichersten Bilanzgrößen sind jedoch die Zu- und Abflüsse über das Grundwasser. Sie sind nicht direkt messbar und stellen oft das Restglied der Wasserbilanz dar. Außerdem beeinflussen Grundwassernutzungen im Einzugsgebiet, wie die Entnahmen von Brauch- oder Trinkwasser über Brunnen, die Zu- und Abflüsse über das Grundwasser. Brauchwasser wird häufig zu Bewässerungszwecken aus oberen Grundwasserleitern und Trinkwasser aus gut geschützten, tiefer liegenden Grundwasserleitern gefördert. Mit dem Trinkwasserverbrauch entsteht Abwasser, das nach der Reinigung außerhalb des Einzugsgebietes der Trinkwasserfassung wieder einem oberirdischen Gewässer zugeführt wird. In der Wasserbilanz des Einzugsgebietes fehlt das entnommene Wasservolumen dann in jedem Fall.

4. Vorgehen

Zunächst wurde eine eingehende Recherche der Einflussfaktoren auf den Seewasserhaushalt und ihrer Erfassbarkeit durchgeführt. Die wesentlichen

meteorologischen, hydrologischen, wasserwirtschaftlichen und landnutzungsbedingten Einflussfaktoren wurden als Basisdaten einer Ursachenanalyse der Wasserstandsänderungen im Straussee dargestellt und bewertet.

Auf der Basis des damit vorliegenden Datenmaterials wurden Methoden der Zeitreihen- und Trendanalyse auf die klimatische Seewasserbilanz und ihre Basisgrößen sowie der multivariaten Analyse verfügbarer Zeitreihen mit unterschiedlich gedämpften Signalen angewendet.

Zuletzt wurden die Möglichkeiten und Erfolgsaussichten einer detaillierten Ursachenanalyse der Wasserstandsänderungen im Straussee ab dem Jahr 2000 bewertet und eine konkrete Vorgehensweise bei einer Machbarkeitsstudie zur Stabilisierung und Verbesserung des Wasserhaushaltes des Straussees entwickelt.

5. Recherche, Prüfung und Aufbereitung der Datengrundlagen

5.1. *Verwendete Daten und Unterlagen*

5.1.1. Gutachten und Planungen

- ÖNU 1991: Pflege- und Entwicklungsplan Straussee, Zwischenbericht
- ÖNU 1992: Pflege- und Entwicklungsplan Straussee
- Stadtverwaltung 2009a: Akte Staurecht Straussee 1994-2006
- Emch+Berger 1996: Genereller Entwässerungsplan Regenwasser der Stadt Strausberg
- Polizei 2009b: Übersicht Kampfmittelberäumung im Straussee 1995-2008, Zentraldienst der Polizei, Kampfmittelbeseitigungsdienst
- Fugmann, Janotta 2003: Agrarstrukturelle Entwicklungsplanung Annafließ, Berichtsentwurf
- ASK Arbeitsgruppe für Stadtplanung und Kommunalbau GmbH 2002: Erläuterungsbericht zum Flächennutzungsplan Strausberg

- HGN 1999: Hydrogeologisches Gutachten für die Neubemessung des Trinkwasserschutzgebietes der Wasserfassung Strausberg Stadt vom 15.11.1999 (HGN Hydrogeologie GmbH, Niederlassung Berlin-Brandenburg)
- HGN 2006: Hydrogeologisches Gutachten für die Neubemessung des Trinkwasserschutzgebietes für das Wasserwerk Bötzsee vom 30.12.2006 (HGN Hydrogeologie GmbH, Niederlassung Berlin-Brandenburg)
- AKS 2007: Erweiterungsgutachten zum Hydrogeologischen Gutachten für die Neubemessung des Wasserschutzgebietes der Wasserfassung Strausberg Stadt 04/2007 (AKS Aqua-Kommunal-Servie GmbH)

5.1.2. Daten

- Landesamt für Bergbau Geologie und Rohstoffe Brandenburg: Hydrogeologische Karten Brandenburg, <http://www.geo-brandenburg.de/hyk50/>
- Landesumweltamt Brandenburg: Flächenverzeichnis der oberirdischen Einzugsgebiete Landesumweltamt Brandenburg, Ref. Ö4, Stand: 17.10.2008
- Landesumweltamt Brandenburg: Grundwasser- und Oberflächenwasser-Pegelreihen,
- Landkreis Märkisch Oderland: Auszüge aus dem Wasserbuch
- Landkreis Märkisch Oderland: Bekanntgabe weiterer nicht im Wasserbuch enthaltener Entnahmen im Zusammenhang mit dem Tagebau Rüdersdorf
- Deutscher Wetterdienst: Klimareihe Lindenberg 1.1.1991-18.7.2009
- Deutscher Wetterdienst: Niederschlag Strausberg 1.1.1969-18.7.2009
- Golfplatz Wilkendorf: Mitteilung über die Grundwasserentnahmen von ca. 60.000 m³/a
- ISAC Ingenieurbüro für Standortentwicklung, Altlastensanierung und Umweltconsulting GmbH: Grundwasser-Pegelreihen Altlastensanierung Chemische Reinigung Blume

5.2. Entstehung des Strausseees und seine morphometrischen Größen

Der Straussee liegt in einer Schmelzwasserrinne. Über die nördlicher liegenden Lattseen und den Ihlandsee verläuft sie zum Straussee und geht von dort südwestlich weiter über den Herrensee und den Stienitzsee bis in das Berliner Urstromtal über. Im Brandenburger und Frankfurter Stadium der Weichseleiszeit wurde dieser Landschaftsraum mit einem Mosaik aus welligen bis flach hügeligen Sand- und Lehmplatten überformt. Dieses Mosaik geht in den damaligen Eisrandlagen in End- und Stauchmoränenzüge mit teilweise stärker eingeschnittenen Schmelzwasserrinnen über. Beim Abschmelzen des Eises blieben in diesen Rinnen Eisreste als Toteis zurück, die die Entstehung der Mulden der heutigen Seen ermöglichten. Das später abtauende Toteis bildete schließlich die Wasserkörper der Rinnenseen in diesen Mulden. Der Straussee ist ein solcher langgestreckter Rinnensee.

Die Ausdehnung des Strausseees beträgt von Nordost nach Südwest 3,78 km. Er wird dabei bis zu 340 m breit und 19,8 m tief (ÖNU 1992). Damit liegt die tiefste Stelle der Seesohle auf einer geodätischen Höhe von etwa 45,7 m DHHN92. Während der Sommerstagnation bildet sich ab etwa 9 m eine Sprungschicht aus. Aus seiner Wasserfläche von 135 ha und einer mittleren Tiefe um 10 m ergibt sich sein Wasservolumen von ca. 13,8 Mio. m³.

5.3. Oberirdisches Einzugsgebiet

Im Flächenverzeichnis der oberirdischen Einzugsgebiete der Spree (Landesumweltamt Brandenburg, Ref. Ö4, Stand: 17.10.2008) werden vier Teilflächen für das oberirdische Einzugsgebiet des Strausseees ausgewiesen (s. Tabelle 1). Dabei wird das am höchsten gelegene Teileinzugsgebiet des Großen Pichensee als Binneneinzugsgebiet betrachtet. Dieses Gebiet wird durch die Bundesstraße B168 vom oberirdischen Einzugsgebiet der kleinen Barbe getrennt.

Tabelle 1: Oberirdische Einzugsgebietsflächen des Straussees (Landesumweltamt, Flächenverzeichnis der oberirdischen Einzugsgebiete)

Kennzahl	Gewässeralias	von - bis	Fläche
58278811	Großer Pichensee	Binneneinzugsgebiet	21,412 km ²
58278811	Kleine Babe	von Quelle bis oh. Mdg. Roter Hofgraben	16,764 km ²
58278814	Roter Hofgraben	von Quelle bis Mdg. in Rüdersdorfer Mühlenfließ	24,576 km ²
58278819	Straussee	von Einlauf Straussee bis Auslauf Straussee	6,127 km ²

Ohne dieses Binneneinzugsgebiet beträgt das oberirdische Einzugsgebiet des Straussees abzüglich der eigenen Wasserfläche 46,107 km². Oberirdische Gewässerverbindungen bestehen allerdings nicht zwischen den oberhalb liegenden Lattseen und dem Inlandsee bis zum Straussee. Die oberirdischen Zuflussgewässer zum Straussee sind aus Gielsdorf kommend die „Kleine Barbe“, ein kleines Fließ an der Schillerhöhe und der aus Richtung Klostersee kommende „Rote Hof Graben“.

An der Anlegestelle der Fähre wird das überschüssige Wasser aus dem Straussee über ein Wehr durch den verrohrten Postgraben in das Annafließ zum Herrensee abgeführt.

5.4. Unterirdisches Einzugsgebiet

Das unterirdische Einzugsgebiet des Straussees ist auf der Hydrogeologischen Karte Brandenburg des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg nutzerbezogen ausgewiesen. Die Gebietsgrenze ist im westlichen und nördlichen Bereich als Grundwasserscheide gekennzeichnet. Sie beginnt etwas südlich in Strausberg jenseits des Sees und verläuft westlich der Schillerhöhe und östlich der Lattseen weiter bis nördlich von Biesow an die Bahnlinie Werneuchen-Wriezen. Entlang dieser Bahnlinie reicht sie östlich bis in die Nähe Sternebeck/Harnekop, um

dann wieder südlich Richtung Prötzel zu schwenken. Die Grundwasserscheide wird von Prötzel weiter in Richtung Ruhlsdorf geführt. Ab Prötzel ist jedoch eine nutzerbezogene Teileinzugsgebietsgrenze entlang der Prötzeler Chaussee in Richtung Strausberg ausgewiesen, die in Strausberg nahe der Klosterstraße den Straussee bis südlich Jenseits des Sees quert, um dort wieder auf die Grundwasserscheide zu treffen. Dieses nutzerbezogene Grundwasserteileinzugsgebiet hat eine Fläche von ca. 53 km² und ist somit etwa 6 km² größer als das oberirdische Einzugsgebiet (s. Abschn. 5.3).

Der südlicher gelegene Seeteil liegt im nutzerbezogenen Teileinzugsgebiet des Wasserwerkes Strausberg. Diese Gebietsgrenze ist von der Grundwasserscheide südlich Jenseits des Sees um den Staussee herum nördlich am Herrensee vorbei zum Fasanenpark geführt. Von dort verläuft sie westlich Treuenhofs weiter durch Klosterdorf, um in Prötzel wieder auf die Grundwasserscheide zu treffen. Dieses nutzerbezogene Grundwasserteileinzugsgebiet hat eine Fläche von ca. 22 km².

5.5. Klima- und Niederschlagsstationen

Tagessummen der Niederschlagshöhen standen für den Zeitraum 01.02.1969 bis 18.07.2009 für die Niederschlagsmessstation des Deutsche Wetterdienstes in Strausberg (Kennziffer 4912) zur Verfügung. Dabei ersetzte der Deutsche Wetterdienst Messausfälle durch Messwerte der Station Müncheberg (Kennziffer 3376). Die mittlere Jahresniederschlagshöhe beträgt im verfügbaren Zeitraum 579 mm/a (Abbildung 2). Mit 384 mm wurde 1989 die geringste und mit 763 mm 1974 die größte Jahresniederschlagshöhe ermittelt.

Im Gebiet des Straussees betreibt der Deutsche Wetterdienst allerdings keine Klimastation. Die nächstgelegene Klimastation mit langjährigen Messreihen ist Müncheberg. Einige meteorologische Parameter zur Berechnung der Seewasserverdunstung, wie z.B. die Sonnenscheindauer, können durchaus von weiter entfernten Stationen übertragen werden, andere, wie die Windgeschwindigkeit oder die Wassertemperatur, ändern sich jedoch bereits über eine geringe räumliche

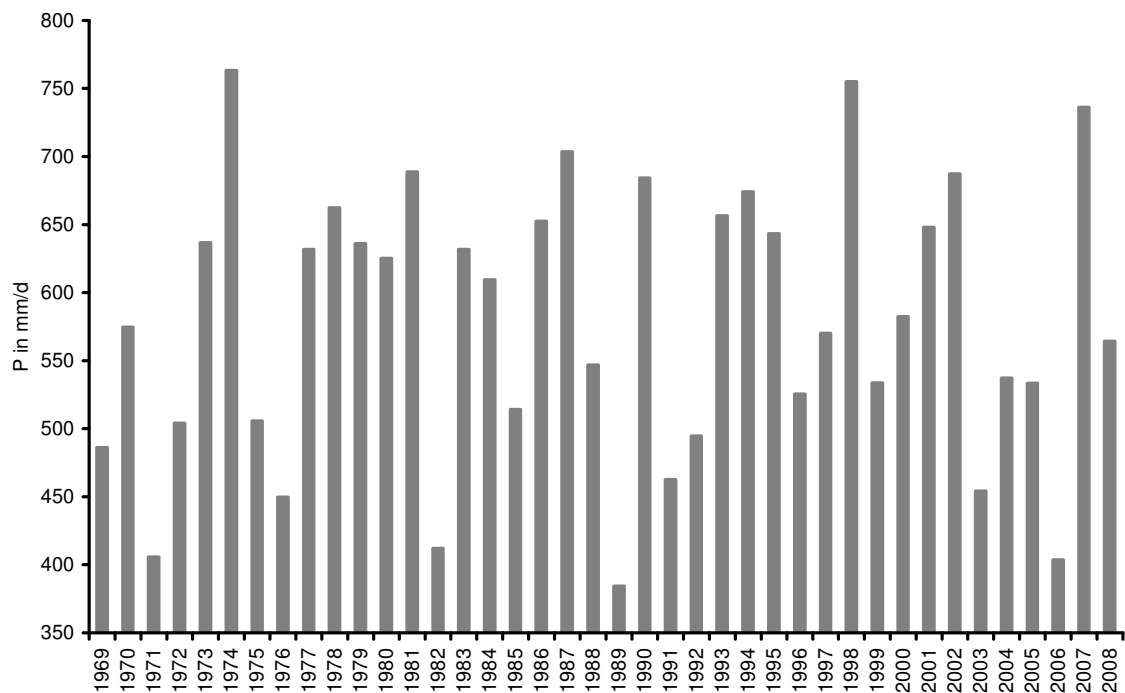


Abbildung 2: Jahressummen des Niederschlags in Strausberg (Deutscher Wetterdienst, Station Strausberg, Kennziffer 4912)

Entfernung so stark, dass in jedem Fall Fehler bei der Verdunstungsberechnung zu erwarten sind. In einem gewissen Umfang können diese Fehler durch die Einbeziehung mehrerer nahe gelegener Klimastationen reduziert werden. Es entstehen damit aber auch mehrfach höhere Beschaffungskosten, die im Rahmen dieser Vorstudie nicht zu begründen waren. Deshalb wurde auf die online frei verfügbaren Messwerte des Deutschen Wetterdienstes aus der Klimastation Lindenberg (Kennziffern 3346 und 10393) zurückgegriffen, welche sich in rd. 45 km Entfernung befindet. Die für eine Verdunstungsberechnung notwendigen Daten lagen für den Zeitraum 01.01.1951 bis 27.08.2009 vor. Durch die Entfernung der Station können die mit den meteorologischen Messdaten von Lindenberg berechneten Seeverdunstungen zwar von der tatsächlichen des Straussees abweichen, jedoch sind die Ergebnisse geeignet, um Trendanalysen durchzuführen (Abschnitt 6.1).

Ein Vergleich der langjährigen Monatsmittel der Zeitreihe 1961/1990 der gemessenen Lufttemperatur und Sonnenscheindauer der nächstgelegenen DWD-Station Müncheberg mit der Station Lindenberg zeigt allenfalls geringfügige

Differenzen zwischen den Stationen (Abbildung 3 und Abbildung 4). Die Werte dieser gegenwärtigen Normreihen sind ebenfalls frei online beim DWD abrufbar.

Ein lokal sehr viel stärker variierender Parameter ist der Niederschlag. Dieses zeigt der Vergleich der langjährigen Mittelwerte der Niederschlagshöhen der Stationen Strausberg, Müncheberg und Lindenberg (Abbildung 5). Aufgrund dieser hohen lokalen Variabilität des Niederschlags und seiner absoluten Bedeutung in der Wasserbilanz war es notwendig, hier mit den Messdaten der lokalen Messstation Strausberg zu arbeiten.

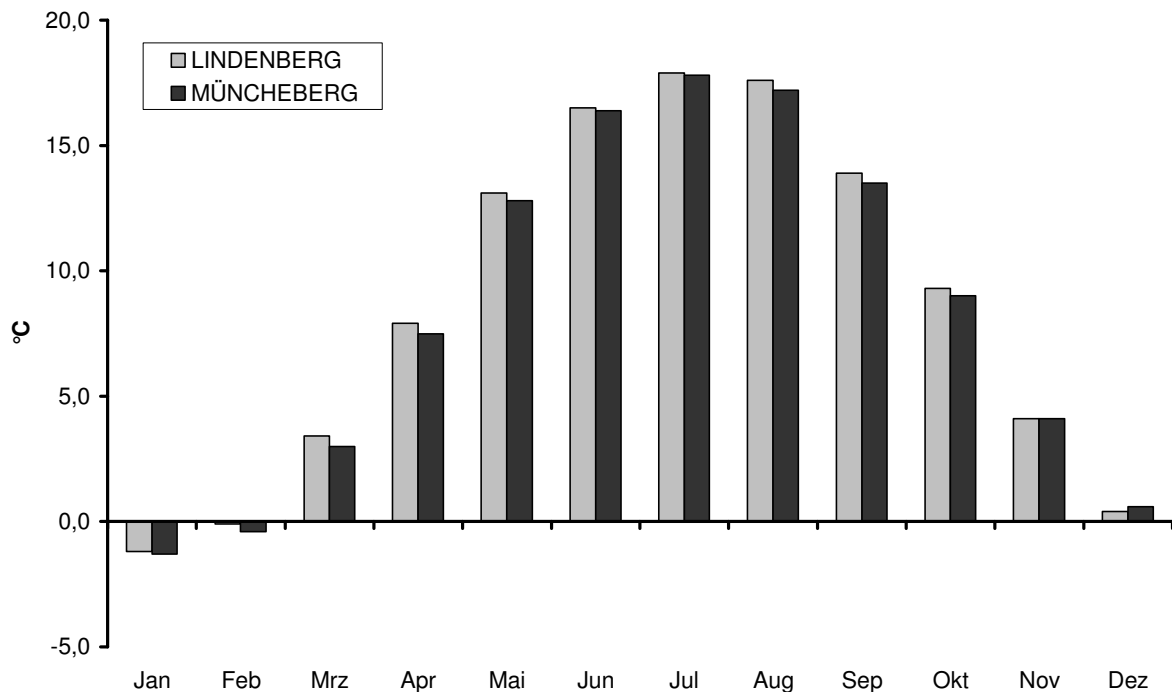


Abbildung 3: Vergleich der langjährig mittleren Monatswerte der Lufttemperatur in 2 m Höhe in Müncheberg und Lindenberg, Reihe 1961/1990 (Deutscher Wetterdienst)

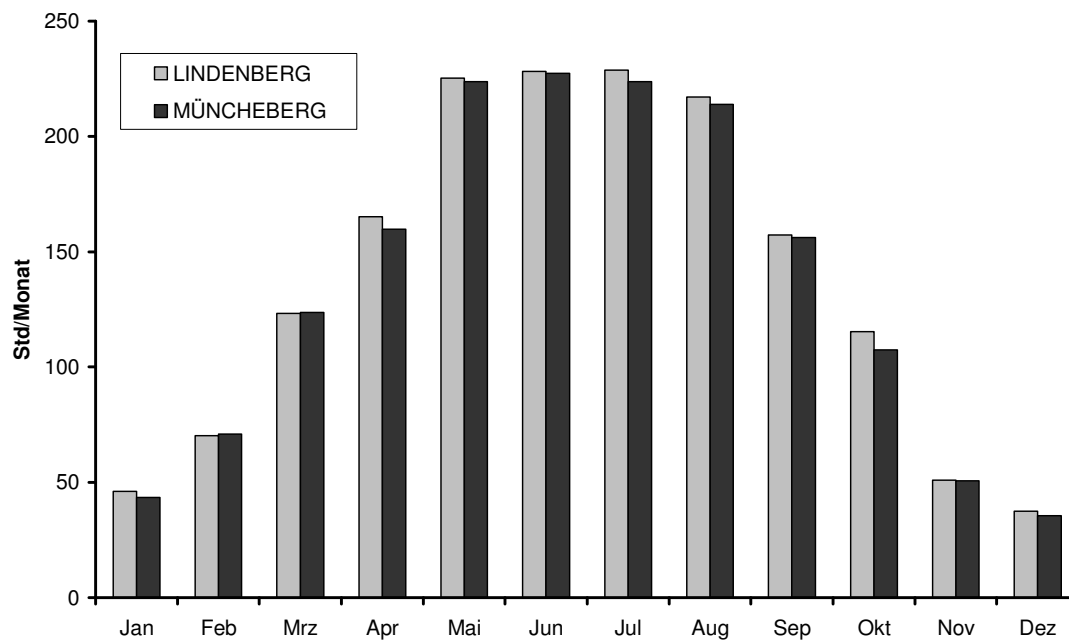


Abbildung 4: Vergleich der langjährig mittleren Monatswerte der Sonnenscheindauer in Müncheberg und Lindenbergl, Reihe 1961/1990 (Deutscher Wetterdienst)

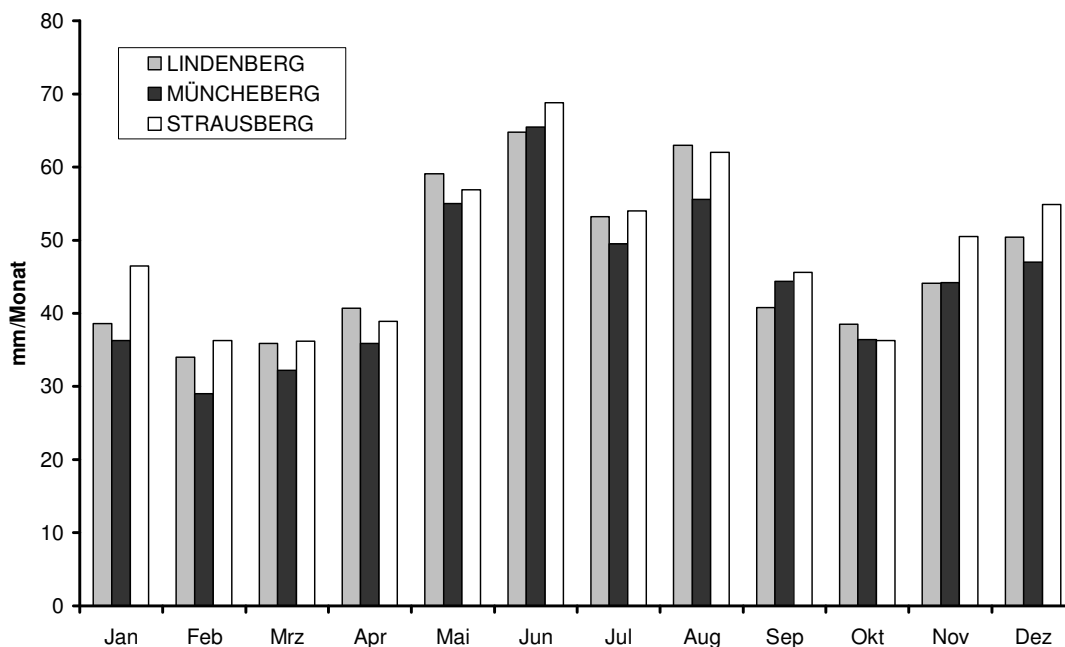


Abbildung 5: Vergleich der langjährig mittleren Monatswerte des Niederschlags in Müncheberg, Lindenbergl und Strausbergl, Reihe 1961/1990 (Deutscher Wetterdienst)

Als Kompromiss zwischen den für das Untersuchungsgebiet vorliegenden meteorologischen Daten, der Notwendigkeit, die Kosten für die Datenbeschaffung in vertretbaren Grenzen zu halten, und den Anforderungen an die Genauigkeit der Ergebnisse wurden für die weiteren Auswertungen die gemessenen Tageswerte des Niederschlags der Station Strausberg und alle für die Berechnung der potentiellen Verdunstung sowie der Seeverdunstung notwendigen Daten der Station Lindenberg verwendet. Die Berechnung der potentiellen Verdunstung erfolgte nach der Methode der FAO-Gras-Referenz-Verdunstung, die Seeverdunstung nach der Penman-Methode (DVWK Merkblatt 238, 1996).

5.6. Pegelmessungen

5.6.1. Oberflächenwasser

Das Landesumweltamt betreibt nur im Straussee und im Fredersdorfer Mühlenfließ, dem Ablauf des Bötzsees, Wasserstandspegel, für die seit 1970 bzw. 1966 tägliche Terminwerte zur Verfügung stehen (s. Tabelle 2, Abbildung 1 und Abbildung 6).

Durchflüsse in den oberirdischen Zuflüssen zum Straussee (s. Abschn. 5.3) werden nicht erfasst. Im Gegensatz zum Fredersdorfer Mühlenfließ wird auch der Durchfluss am Wasserstandspegel am Ablaufbauwerk des Straussees nicht gemessen. Damit sind auch keine Messungen zum tatsächlichen Abfluss aus dem Straussee verfügbar.

Tabelle 2: Oberflächenwasserpegel (Landesumweltamt)

MKZ	Name	Messrhythmus	Parameter	PNP	seit
5860700	Eggersdorf 2	täglich	W, Q	58,333	01.03.1966
	Strausberg				
5860200	Fähre	täglich	W	64,138	01.07.1970

Welche Veränderungen der Durchflüsse am Ablauf des benachbarten Bötzsees zu beobachten waren, verdeutlichen die aus den täglichen Durchflussmessungen berechneten mittleren jährlichen Abflüsse aus dem See (s. Abbildung 6). Waren es in

der Periode 1967/1977 im Mittel noch 260 l/s, wurden in der Periode 1997/2007 im Mittel nur noch 139 l/s beobachtet.

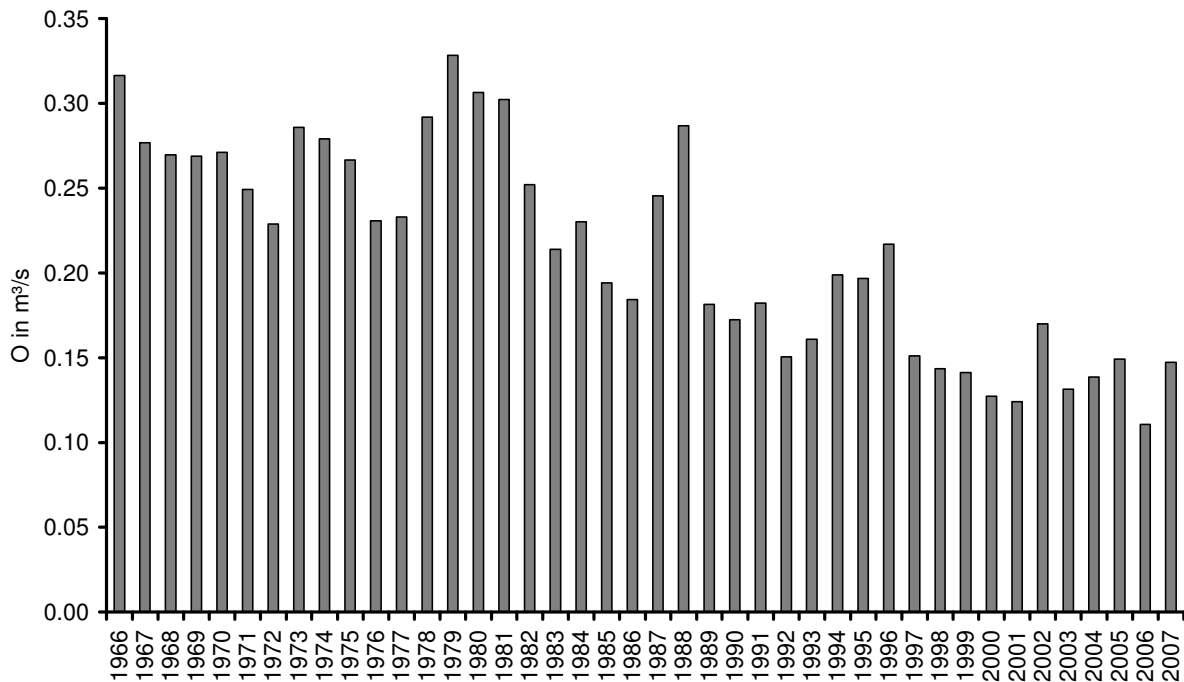


Abbildung 6: Durchflüsse im Ablauf des Bötzsees - Jahresmittelwerte (Landesumweltamt, Pegel Eggersdorf 2)

5.6.2. Grundwasser

Das Landesumweltamt beobachtet bei Gielsdorf im benachbarten Grundwassereinzugsgebiet des Bötzsees die Grundwasserhöhen in zwei Grundwasserleitern, die durch dazwischen liegende geringdurchlässige Sedimentschichten (Grundwasserstauer) getrennt werden (Tabelle 3).

So zeigt der Pegel im oberen Grundwasserleiter (Oberpegel) eine um bis zu 10 m größere Druckhöhe als der Unterpegel (Abbildung 7). Die Dynamik beider Pegel ist ähnlich. In einigen Jahren (z. B. 2001 oder 2006) weicht sie allerdings erheblich voneinander ab. Beide Pegel weisen ab 1995 zudem einen abnehmenden Trend der gemessenen Grundwasserhöhen in vergleichbaren Größenordnungen auf.

Tabelle 3: Grundwasserpegel (Landesumweltamt)

MKZ	Name	Mess- rhythmus	Sohle	Filter	Filter	OW ETRS 89	NW ETRS 89	Statistik- beginn
				u. GOK von	u. GOK bis			
33491521	Gielsdorf	4 x monatl.	2.56	6.06	4.06	3423710	5828528	01.01.1970
33491520	Gielsdorf	4 x monatl.	73.26	76.31	74.31	3423710	5828528	01.01.1970

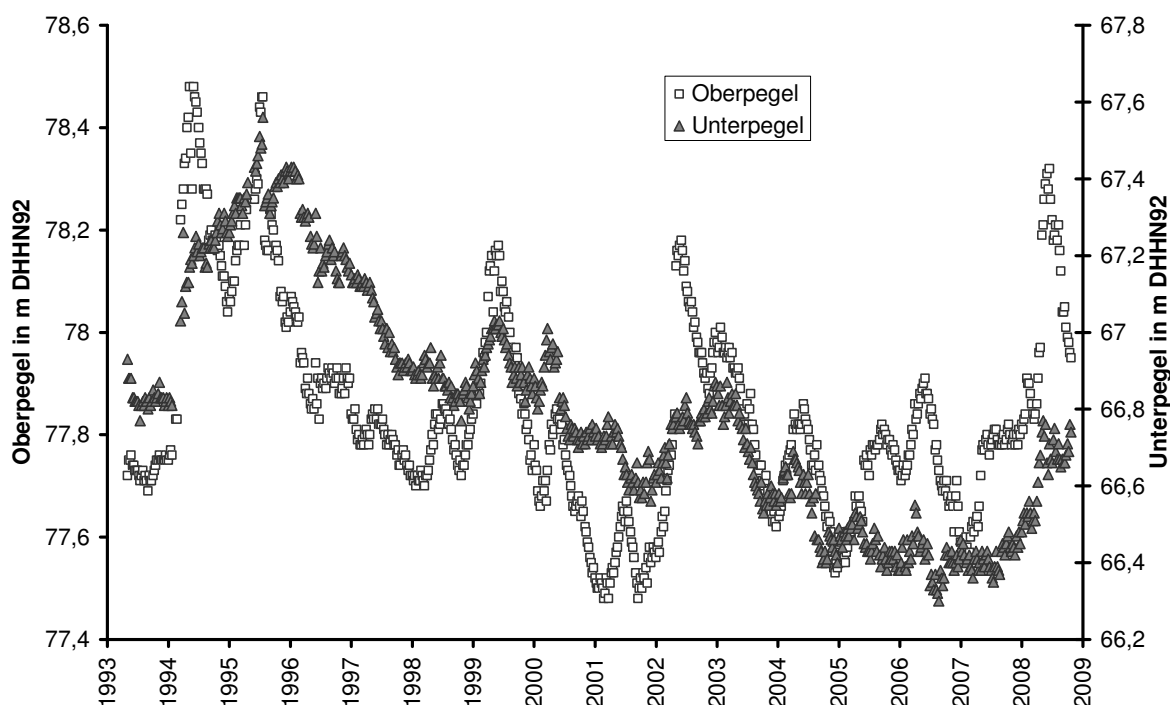


Abbildung 7: Grundwasserhöhen bei Gielsdorf – Monatsmittelwerte (Landesumweltamt, Ober- und Unterpegel Gielsdorf)

Weitere Pegelbeobachtungen werden im nutzerbezogenen Grundwasserteileinzugsgebiet des Wasserwerkes Strausberg an der südöstlichen Seeseite vom ISAC Ingenieurbüro für Standortentwicklung, Altlastensanierung und Umweltconsulting GmbH Neuenhagen durchgeführt und wurden für diese Studie zur Verfügung gestellt (Tabelle 4). Im Rahmen der Altlastensanierung an der Textilreinigung Blume wird dort auch ein Monitoring der oberen Grundwasserleiter

durchgeführt. Die meisten Brunnen dienen der Beobachtung dieser oberen, häufig unbedeckten und geringmächtigen Grundwasserleiter. Im Brunnen 1 und 4 wird darüber hinaus in jeweils zwei Teufen der darunter liegende, bedeckte Hauptgrundwasserleiterkomplex beobachtet.

Tabelle 4: Grundwasserpegel im Gebiet der Altlastensanierung zwischen Straussee und Wasserwerk Strausberg (AKS)

MKZ	Name	Mess- rhythmus	Sohle	Filter	Filter	OW ETRS 89	NW ETRS 89	Erstellung
				u. GOK von	u. GOK bis			
			m DHHN92					
1	BR 1 OP	Stichtag	13.70	12.60	13.70	3423637	5825056	21.12.1990
2	BR 1 MP	Stichtag	46.00	44.00	46.00	3423637	5825056	21.12.1990
3	BR 1 UP	Stichtag	70.00	68.30	70.00	3423637	5825056	21.12.1990
4	BR 3	Stichtag	9.10	6.60	9.10	3423610	5825058	22.12.1992
5	BR 4 OP	Stichtag	18.40	17.00	18.40	3423703	5824895	14.01.1991
6	BR 4 MP	Stichtag	42.10	41.00	42.10	3423702	5824895	14.01.1991
7	BR 4 UP	Stichtag	70.30	69.00	70.30	3423703	5824895	14.01.1991
8	BR 5	Stichtag	18.80	15.00	18.80	3423636	5825022	19.10.1993
9	BR 6	Stichtag	12.00	6.20	10.20	3423630	5825046	07.12.1993
10	B 1/99	Stichtag	9.10	3.00	8.00	3423601	5825044	24.03.1999
11	B 2/99	Stichtag	9.40	3.00	9.00	3423681	5825024	30.03.1999

Alle Beobachtungen erfolgten im Rahmen von Stichtagsmessungen der Grundwasserhöhen in den Brunnen bislang an neun Terminen (Tabelle 5). Die Grundwasserhöhen im oberen Grundwasserleiter lagen immer um mindestens einen Meter tiefer als die bislang beobachteten tiefsten Wasserspiegellagen des Straussees in den Jahren 1992 und 2006 (s. Abbildung 1). Der hydraulische Gradient ist nach Südostsüd gerichtet, Der Straussee verliert also durch den Grundwasserabstrom kontinuierlich Wasser. Ob dafür die Förderung des in dieser

Richtung gelegenen Wasserwerks Strausberg verantwortlich ist oder es sich um die natürliche Grundwasserströmung handelt, lässt sich anhand der vorliegenden Daten nicht beurteilen.

Tabelle 5: Stichtagsmessungen der Grundwasserhöhen im Gebiet der Altlastensanierung zwischen Straussee und Wasserwerk Strausberg (AKS)

Stichtag	Grundwasserhöhen in m DHHN92			
	BR1 OP GWL 2.0	BR3 GWL 2.0	BR5 GWL 1.2	BR6 GWL 1.2
13.01.1993	63.91	64.00		
28.11.1997	64.12	64.20	64.03	64.09
29.12.1997	64.09	64.37	64.02	64.16
13.01.1998	64.06	64.17	64.02	63.67
20.01.1998	64.04	64.19	64.04	64.07
27.11.2000	63.98	64.11	63.93	63.99
18.01.2001	63.94	64.06	63.89	63.94
08.02.2002	64.17	64.28	64.11	64.16
28.08.2006	63.92	64.09	63.86	63.98

Für die Wasserfassungsanlagen der Wasserwerke Strausberg und Bötzsee ist mit den Erlaubnissen zur Grundwasserförderung auch die Auflage eines regelmäßigen Grundwassermonitorings erteilt worden. Vom Wasserverband Strausberg-Erkner wurde dazu das Ingenieurbüro AKS Aqua-Kommunal-Servie GmbH beauftragt. Dieses Monitoring wird ausschließlich für den bedeckten Hauptgrundwasserleiterkomplex einmal jährlich durchgeführt und dokumentiert (AKS, Dr. Kuhn, mündliche Mitteilung 06.11.2009).

Ein Aufruf für weitere bislang unbekanntes Grundwasserbeobachtungsdaten im Stadtanzeiger der Stadt Strausberg brachte keine neuen Erkenntnisse.

5.7. Staurecht

Mit der Wasserrechtlichen Genehmigung W-GWBA-Sr-01/00/Be wurde das Staurecht der Stauanlage Straussee am 3.2.2000 an die Stadt Strausberg, die auch der Eigentümer des Sees ist, übergeben. Das Staurecht betrifft das Heben und Senken des Wasserspiegels zur Sicherung einer optimalen Einstauhöhe des Sees und ist aktuell bis zum 31.12.2011 befristet.

Der Seewasserstand wird am Pegel Strausberg/Fähre erfasst. Dabei wird der Wasserstand zwischen 65,138 und 66,138 m DHHN 92 mit einem Pegelnullpunkt PNP von 64,138 m DHHN 92 erfasst. Aus der Beobachtungs- und Messreihe 1970 bis 1998 werden von der unteren Wasserbehörde folgende Werte angegeben:

NW	=	65,08 m DHHN 92	=	94 cm am Pegel
MNW	=	65,32 m DHHN 92	=	118 cm am Pegel
MW	=	65,49 m DHHN 92	=	135 cm am Pegel
MHW	=	65,63 m DHHN 92	=	149 cm am Pegel
HW	=	65,80 m DHHN 92	=	166 cm am Pegel

Unter Berücksichtigung des Pflege und Entwicklungsplans Straussee und den hydrologischen Gutachten der Behörde werden bei einem Pegelstand von 130 bis 135 cm optimale Wasserverhältnisse erwartet. Im Staurecht sind dazu die folgenden Stauhöhen festgelegt:

Niedrigstau:	65,29 m DHHN 92 = 115 cm am Pegel
Normalstau:	65,49 m DHHN 92 = 135 cm am Pegel
Höchststau:	65,64 m DHHN 92 = 150 cm am Pegel

5.8. Stauregulierung

Das Auslaufbauwerk wurde 1996 durch ein regulierbares Wehr ersetzt. Von der Stadtverwaltung wurden danach wiederholt unbefugte Manipulationen der Wehrtafel registriert, die zu unerwünschten Wasserständen führten (Stadtverwaltung, 2009a). In der Folge wurde eine durch alle Beteiligten, insbesondere die Eisenbahn Strausberg und den Fischreibetrieb Rienast, tolerierte und dem Staurecht

entsprechende Wehrhöhe festgelegt. Zusätzlich wurden Sicherungselemente am Auslaufbauwerk installiert, die ein unbefugtes Verändern der Wehrhöhe verhindern.

Veränderungen der Wehrhöhe am Auslauf des Straussees durch den Staurechtinhaber, die Stadt Strausberg, wurden seit 2000 nicht vorgenommen (Frau Zimmermann, 21.09.2009 mündliche Mitteilung).

Die Wehrtafel hat die feste Höheneinstellung von 138 cm (65,52 m DHHN92). Bei dieser Wehrstellung wurde seit 2000 der im Staurecht festgelegte Höchststau in zwei Jahren nur geringfügig, jedoch höchstens um 1 cm überschritten (s. Abbildung 8). Demgegenüber konnte der Niedrigstau in fünf Jahren nicht gehalten werden. Im November 2006 wurde er mit 23 cm am weitesten seit 1971 unterschritten.

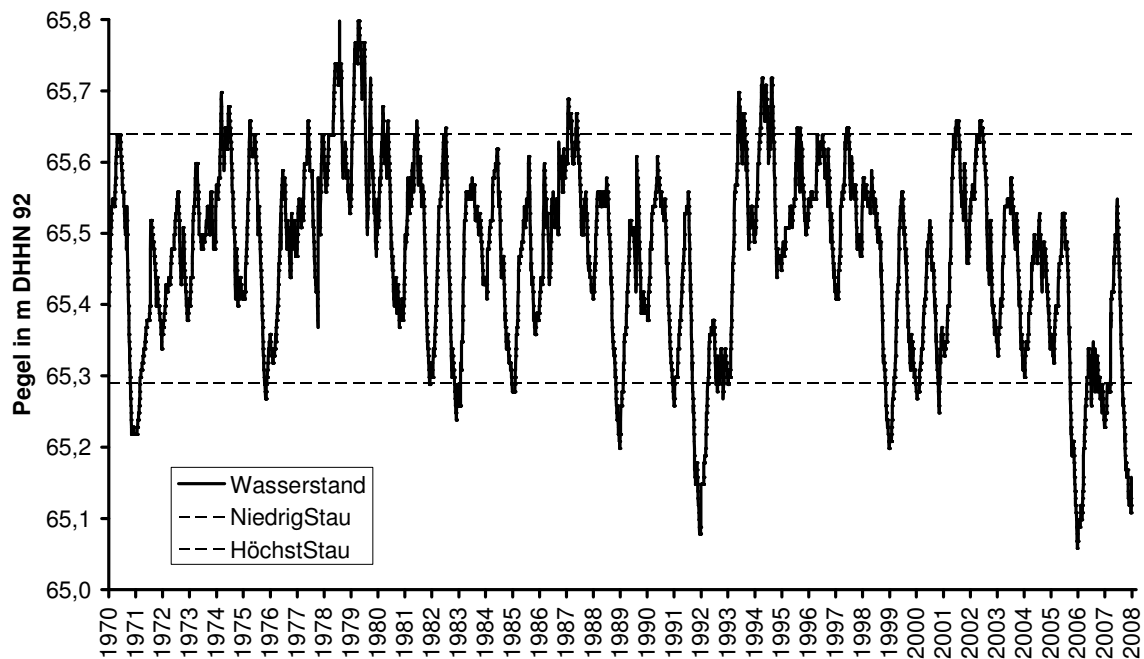


Abbildung 8: Ganglinie des Wasserspiegels im Straussee – tägliche Terminwerte und die genehmigten Niedrig- und Höchststau (Landesumweltamt, Pegel Strausberg Fähre)

Wird von dieser Wehrstellung seit 01.01.2000 ausgegangen, kam es in den Jahren 2001 und 2007 an keinem Tag zu Abflüssen über das Wehr am Straussee (Tabelle

6). Nur in den Jahren 2002 bis 2004 waren an mehr als 45 Tagen Abflüsse zu beobachten.

Tabelle 6: Anzahl der Tage mit Abflüssen am Wehr des Straussee in den Jahren 2000 bis 2008

Jahr	Abflusstage
2000	43
2001	0
2002	258
2003	166
2004	124
2005	2
2006	23
2007	0
2008	9

5.9. Wassereinleitungen

Direkte Wassereinleitungen in den Straussee entstehen hauptsächlich durch Ableitungen des Niederschlagswassers von bebauten Flächen im Stadtgebiet Strausbergs (Emch+Berger, 1996). Bei Möglichkeit wird dieses Niederschlagswasser über Mulden o. ä. Systeme in den oberen Grundwasserleiter versickert (s. Wasserbuch, untere Wasserbehörde). Wo der hydraulische Kontakt besteht, kann es dadurch verzögert und kontinuierlicher in den Straussee gelangen. Ein Teil dieses Niederschlagswassers wird auch über Sandabscheider direkt in den See oder seine Zuflüsse geleitet.

5.10. Wasserentnahmen

5.10.1. Oberflächenwasser

Wasserentnahmen aus dem Straussee oder in seinen Zuflüssen sind nicht bekannt.

5.10.2. Grundwasser im Einzugsgebiet

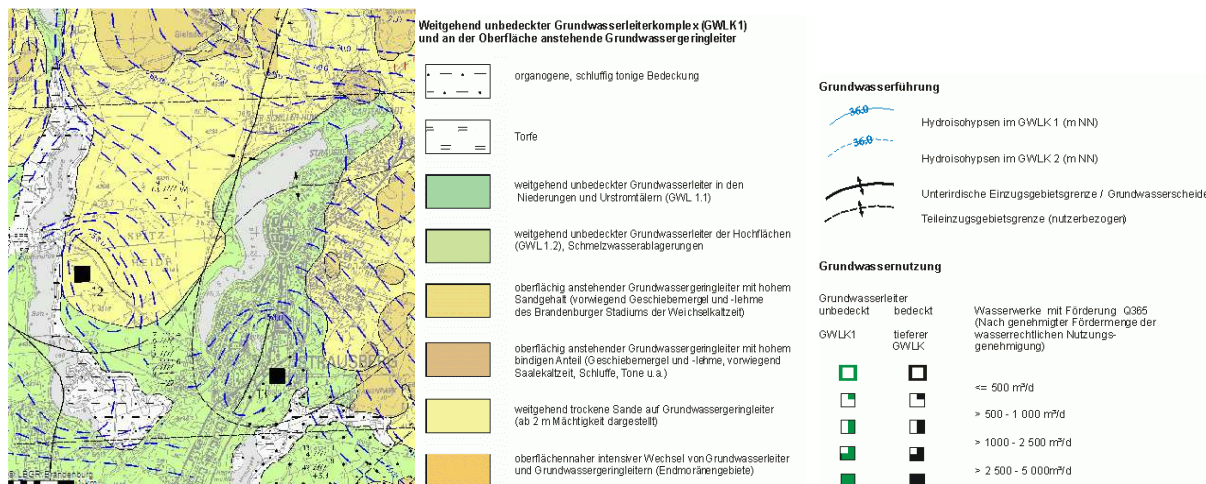
In der Gemarkung Strausberg wird an ca. 20 Stellen Wasser mittels Brunnen aus dem oberen Grundwasserleiter entnommen. Das Wasser wird vorrangig für die Garten- und Grünanlagenbewässerung, aber auch als Brauch- und Trinkwasser gefördert. Die Genehmigungen für diese Wasserentnahmen lassen ein Fördervolumen von höchstens 4.226 m³/a zu (s. Wasserbuch, untere Wasserbehörde). HGN (2006) gibt darüber hinaus die für die Bundeswehr an der Prötzeler Chaussee genehmigte Entnahme von 140 m³/d an.

Im nutzerbezogenen Grundwasserteileinzugsgebiet des Straussee können aus dem tiefer liegenden bedeckten Hauptgrundwasserleiter mit Wasserrechtlicher Erlaubnis vom 10.06.1997 bis zu 150.000 m³/a (91,6 m³/h, 2200 m³/d) Grundwasser zur Bewässerung des Golfplatzes Wilkendorf entnommen werden. Nach Auskunft des Golfplatzbetreibers beträgt die tatsächliche Entnahme mit durchschnittlich 60.000 m³/a weniger als die Hälfte der erlaubten Menge. Ein weiteres Wasserwerk an der Stadtstelle östlich der Lattseen entnimmt ebenfalls aus dem Hauptgrundwasserleiter, allerdings mit einer genehmigten Fördermenge von weniger als 500 m³/a.

Die größten Entnahmen aus dem Hauptgrundwasserleiter entstehen südöstlich nahe dem Straussee im Wasserwerk Strausberg, das vom Wasserverband Strausberg-Erkner betrieben wird. Diese Grundwasserentnahme ist mit der wasserrechtlichen Erlaubnis auf $Q_{365} = 6.000 \text{ m}^3/\text{d}$ (2,19 hm³/a) begrenzt.

In dem westlich des Straussees gelegen Grundwassereinzugsgebiet des Bötzsees können im Wasserwerk Bötzsee bis zu $Q_{365} = 9.000 \text{ m}^3/\text{d}$ (3.285 hm³/a) Trinkwasser gefördert werden (Abbildung 9). Beide Wasserwerke fördern aus demselben Grundwasserleiter (HGN, 2006). Zwischen dem Straussee und dieser Wasserfassung wird zwar eine Grundwasserscheide ausgewiesen. Die ausgesetzten Isohypsen weisen allerdings daraufhin, dass die Strömungsverhältnisse jedoch nicht eindeutig geklärt sind. Immerhin lässt sich die Druckdifferenz zwischen dem Wasserstand im Straussee und der Grundwasserhöhe im Absenktrichter mit 7,5 m in der gleichen Größenordnung wie für die Wasserfassung Strausberg angeben. Wegen der größeren Entfernung ist der hydraulische Gradient mit 0,48% jedoch geringer als der zur Wasserfassung Strausberg. Das der Wasserfassung Bötzsee

zugrundeliegende Grundwassermodell berücksichtigt auch das angrenzende Grundwassereinzugsgebiet der Wasserfassungen Strausberg und Erkner (HGN, 2006). In HGN (2006) wurden die mit dem Grundwassermodell berechneten Wasserbilanzen für eine geringe Trinkwasserförderung aus den Wasserfassungen mit der in der Prognose höheren verglichen. Bei Förderung in der schließlich erlaubten Höhe wurde ein Rückgang des Grundwasserzuflusses in das System der Oberflächengewässer von 11.406 m³/d festgestellt.



© Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Topographische Kartengrundlage TK300 bzw. TK50 Nutzung mit Genehmigung der LGB BB, Nummer GB-G IV/2001

Abbildung 9: Ausschnitt aus der Hydrogeologischen Karte Brandenburg (Landesamt für Bergbau Geologie und Rohstoffe Brandenburg)

Den Wasserrechtlichen Erlaubnissen der Grundwasserentnahmen liegen Ermittlungen des Wasserdargebots und des Schutzgebietes zugrunde. Grundlage der Dargebots- und Schutzgebietsermittlung war die landesweit mit dem Modell ABIMO berechnete Grundwasserneubildung (LUA, 2001), die dazu vom Landesumweltamt zur Verfügung gestellt wurde (HGN, 2006).

5.11. *Kampfmittelbergungen*

Im Zuge von Kampfmittelbergungen wurden zwei Sprengungen im Straussee durchgeführt (Tabelle 7).

Tabelle 7: Kampfmittelbergungen (Zentraldienst der Polizei)

Räumfirma / Zeitraum	Vorhaben	Räummethode	Munition
Auftrags-Nr.			ja/nein
UAB L 1213400021	27.08.01 -30.08.01 Gefahrenabwehr Straussee	visuell	ja Sprengung bei ?m Tiefe
UAB L 1209700024	17.06.04 -17.06.04 Gefahrenabwehr Straussee Badestelle	Wasserräumung Wassersonde / visuell	ja Sprengung bei 4,80 m Tiefe

5.12. *Defizite der Basisdaten*

Am Straussee oder in dessen Nähe werden von den für eine Seewasserbilanz erforderlichen meteorologischen Größen ausschließlich die Niederschläge gemessen. Zur Verdunstungsberechnung müssen meteorologischen Größen aus anderen Messstationen auf den Straussee übertragen werden, so dass eine näherungsweise Berechnung der klimatischen Wasserbilanz möglich wird. Die weiteren direkt messbaren Bilanzgrößen der oberirdischen Zu- und Abflüsse in und aus dem Straussee werden nicht gemessen.

Im Einzugsgebiet sind zwar viele Grundwassermessstellen vorhanden. Jedoch wird für keine davon ein für eine sichere Ursachanalyse hinreichendes, kontinuierliches Messprogramm durchgeführt. Das gilt insbesondere für den oberen Grundwasserleiter im Bereich des Wasserwerkes Strausberg. Im Rahmen von dessen Überwachung wird ausschließlich der Hauptgrundwasserleiter einmal jährlich

beobachtet und bewertet. Bei der Überwachung einer Altlastensanierung werden in einem Bereich zwischen See und Wasserwerk im oberen Grundwasserleiter nur jährliche Stichtagsmessungen vorgenommen.

Es gibt mehrere Grundwassermodelle, die für die Nachweise der Dargebote und der Ausweisung der Trinkwasserschutz-zonen der Wasserfassungen entwickelt worden sind. Dort werden bereits Größenordnungen zur Verringerung des Basisabfluss der Oberflächengewässer durch die Trinkwasserförderung angegeben. Welchen Einfluss diese Verringerung auf den Seewasserstand des Straussees hat, wurde jedoch nicht ausgewiesen.

Alle Basisdaten geben nur das Bild bereits beobachteter Zustände wieder. Auch die zur Prognose der Trinkwasserförderung genutzten Dargebotsermittlungen stützen sich auf langjährige mittlere Grundwasserneubildungsraten bereits beobachteter Zustände. Die gegenwärtig diskutierten Szenarien möglicher Klimaänderungen und ihre Auswirkungen auf ein künftiges Dargebot und auf die künftige Seewasserbilanz werden damit noch nicht berücksichtigt.

6. Analysen der wesentlichen Einflussgrößen des Seewasserhaushalts

6.1. *Zeitreihen- und Trendanalyse Pegel Fähre, Klima- und Niederschlagsstationen*

Zur Darstellung der möglichen Veränderungen des Seewasserhaushalts nach 2000 wurden für eine Zeitreihen- und Trendanalyse aus den vorhandenen Messungen des Seewasserstandes und der meteorologischer Größen mittlere Monatswerte für die Perioden 1971/1999 und 2000/2008 gebildet und vergleichend analysiert.

Alle Monatsmittel der Seewasserstände liegen in der Periode 2000/2008 tiefer als in der vorangehenden Periode 1971/1999. Im Jahresmittel beträgt die Differenz der Wasserstände 90 mm. Die Tiefststände, die nach wie vor im Oktober erreicht werden, liegen um 100 mm tiefer, die Höchststände im April um 50 mm. In der Periode 2000/2008 ist die Amplitude der Monatsmittel der Seewasserstände um 40 mm größer als 1971/1999 (Abbildung 10).

Nach den herbstlichen Tiefstständen füllt sich der See in beiden Perioden zwischen Oktober und April wieder auf (Abbildung 11). Diese Auffüllung ist nach 2000 insgesamt um ca. 58 mm höher, ohne jedoch die Wasserstände der Periode 1971/1999 zu erreichen. Sie hat sich deutlich aus den Monaten November und Dezember in die Monate Januar bis März verlagert. Das aufgefüllte Wasser wird allerdings insbesondere im Juni, aber auch von August bis Oktober, auch infolge der gestiegenen Seeverdunstung wieder aufgebraucht.

Bei den Zeitreihen- und Trendanalysen der meteorologischen Größen werden die Basisgrößen Lufttemperatur und Niederschlag Lindenberg, der Niederschlag Strausberg, die berechneten Verbrauchgrößen potentielle Verdunstung und Seeverdunstung Lindenberg sowie die berechneten Bilanzgrößen klimatische Wasserbilanz und klimatische Seewasserbilanz ausgewertet.

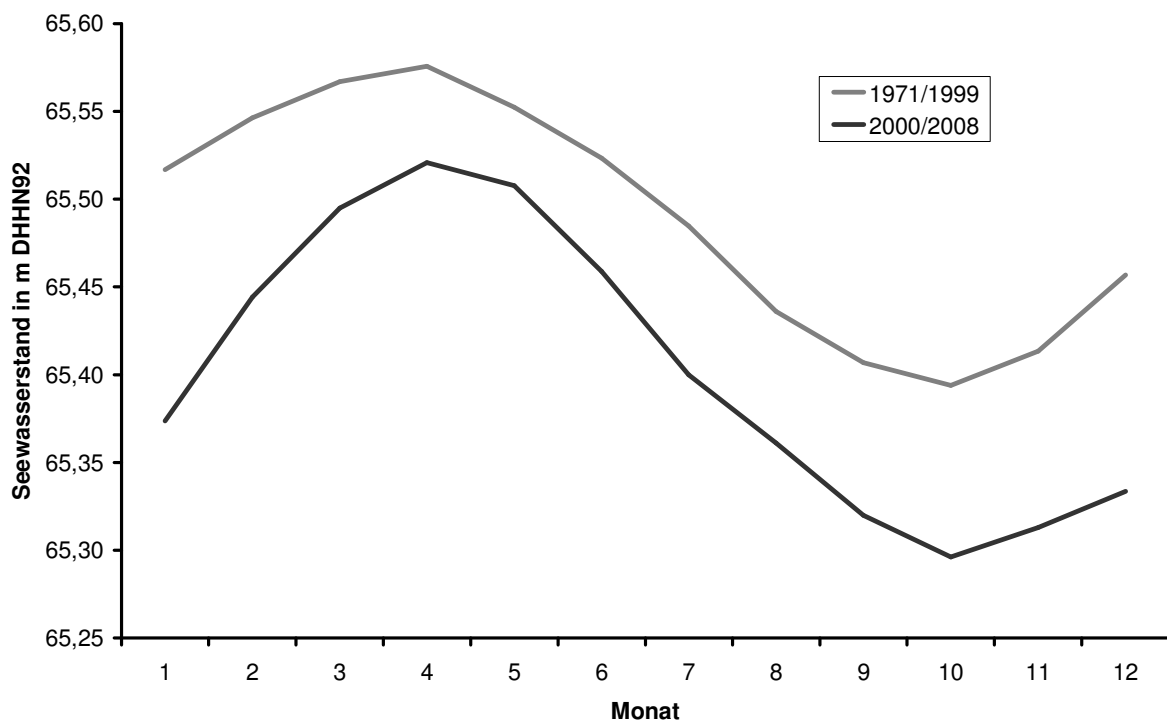


Abbildung 10: Monatsmittel der Seewasserstände für verschiedene Zeitreihen in den Perioden 1971/1999 und 2000/2008

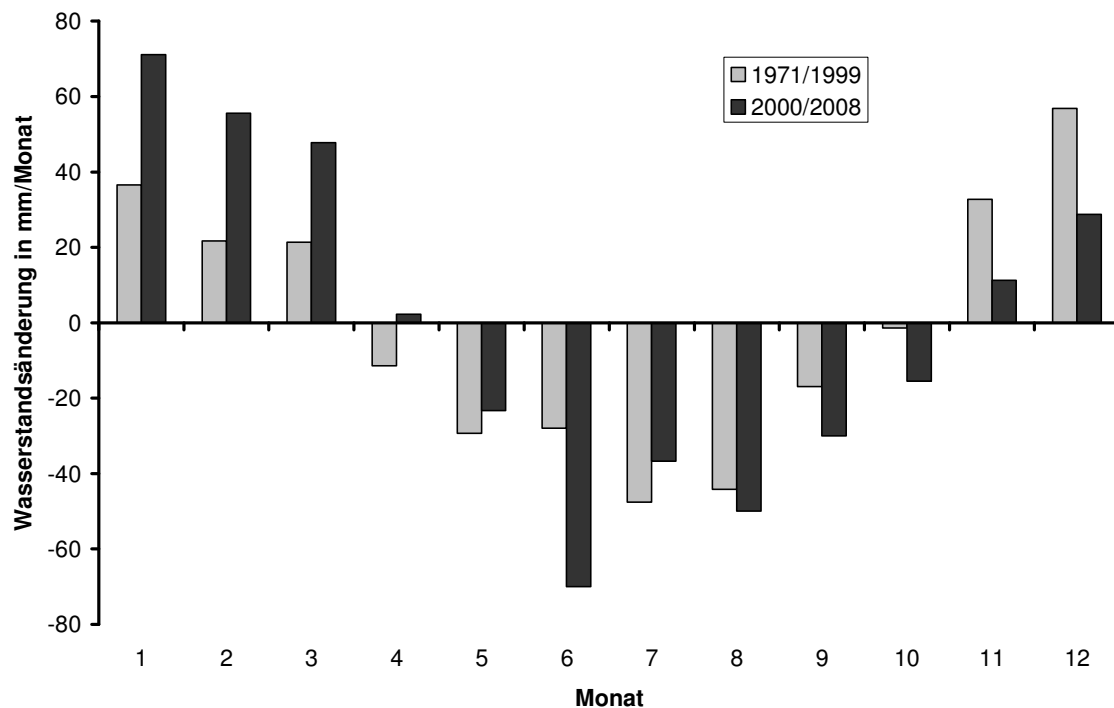


Abbildung 11: Mittlere Monatssummen der Änderung der Seewasserstände in den Perioden 1971/1999 und 2000/2008

Die potentielle Verdunstung ist definiert als die Verdunstung einer Grasfläche mit 12 cm Gras und ganzjährig ausreichender Wasserversorgung der Pflanzen. Sie spiegelt also lediglich den Verdunstungsanspruch der Atmosphäre wider, nicht die tatsächliche Verdunstung eines Pflanzenbestandes. Um die zu berechnen, wäre ein unvergleichlich höherer und komplizierterer Modellierungsaufwand erforderlich. Die potentielle Verdunstung ermöglicht hier aber eine Einschätzung der klimatischen Entwicklung über einen Zeitraum und ist vor allem für die Einschätzung der Entwicklung im Einzugsgebiet relevant. Die Summe aus Niederschlag und potentieller Verdunstung ist definitionsgemäß die klimatische Wasserbilanz, wobei die Verdunstung als Entzugsterm mit negativem Vorzeichen in die Gleichung eingeht. Dabei werden hier die gemessenen Niederschlagswerte für Strausberg und die berechnete potentielle Verdunstung von Lindenberg verwendet. Bei der klimatischen Seewasserbilanz wird von dem nach der Methode von Richter (1985) korrigierten Niederschlag von Strausberg die mit den meteorologischen Basisdaten von Lindenberg berechnete Seeverdunstung abgezogen.

Verglichen werden alle Parameter für die mittleren Jahres- und Monatswerte der Perioden 1961/1990, 1971/1999 und 2000/2008. Die Periode 1961/1990 ist die gegenwärtig und in den zurückliegenden Jahren in hydrologischen Untersuchungen verwendete Standardreihe. Die Reihe 1971/1999 wurde ausgewählt, da die Niederschlagsmessungen Strausberg 1969 begannen und die Seepegelmessungen erst ab 1971 vorliegen. Sie ist damit die früheste mögliche langjährige Vergleichreihe. Die Reihe 2000/2008 stellt die Zeitreihe mit den aufgetretenen Problemen in der Seewasserstandsentwicklung dar.

Die mittleren Jahreswerte (Tabelle 8) zeigen für die letzte Periode 2000/2008 einen deutlichen Anstieg der Lufttemperatur, der sich auch in den Verdunstungswerten widerspiegelt. Die mittleren Jahressummen des Niederschlags sind dagegen leicht zurückgegangen. Beides zusammen führt zu einer Abnahme der klimatischen Seewasserbilanz um 47 mm/a. Dieses allein kann jedoch noch nicht den beobachteten Verlauf des Seewasserstandes erklären.

Tabelle 8: Mittlere Jahreswerte Lufttemperatur (TL in °C), Niederschlag (P in mm/a), potentielle Verdunstung (ETP in mm/a), Seeverdunstung (ETW in mm/a), klimatische Wasserbilanz (KWB in mm/a) und klimatische Seewasserbilanz (SBW in mm/a) für Lindenberg (Lbg) bzw. Strausberg (Sbg)

Periode	TL-Lbg	P-Lbg	P-Sbg	ETP-Lbg	ETW-Lbg	KWB-Sbg	SBW-Sbg
1961/1990	8,6	563	-	600	783	-	-
1971/1999	8,8	560	585	605	787	-20	-132
2000/2008	9,8	552	572	631	820	-59	-179

Die mittleren Monatswerte der Lufttemperatur (Abbildung 12) zeigen einen leichten Temperaturanstieg zwischen den Perioden 1961/1999 und 1971/1999 und einen deutlicheren zur Periode 2000/2008. Zu beachten ist dabei auch die weitgehende Überlappung der ersten beiden Perioden. Die Abbildung zeigt aber auch, dass in den Monaten April bis Juni die Lufttemperaturen 2000/2008 besonders deutlich über denen der vorhergehenden Perioden liegen. Damit kommt es auch zu einer

schnelleren Erwärmung der Seen und einem schnelleren und höheren Anstieg der Seeverdunstung (Abbildung 13) bzw. der potentiellen Verdunstung. Die Jahrgänge der potentiellen Verdunstung sind ähnlich der der Seeverdunstung und werden daher nicht separat dargestellt. Sie können bei Bedarf nachgefordert werden.

Die mittleren Monatssummen des Niederschlags zeigen für beide Stationen vergleichbare Trends (Abbildung 14 und Abbildung 15). In den ersten 3 Monaten kam es zu leicht ansteigenden Werten, danach eine deutliche Verschärfung der Trockenheit im späten Frühjahr/Frühsummer. Juli und September waren in der Periode 2000/2008 dann deutlich feuchter als in den früheren Perioden.

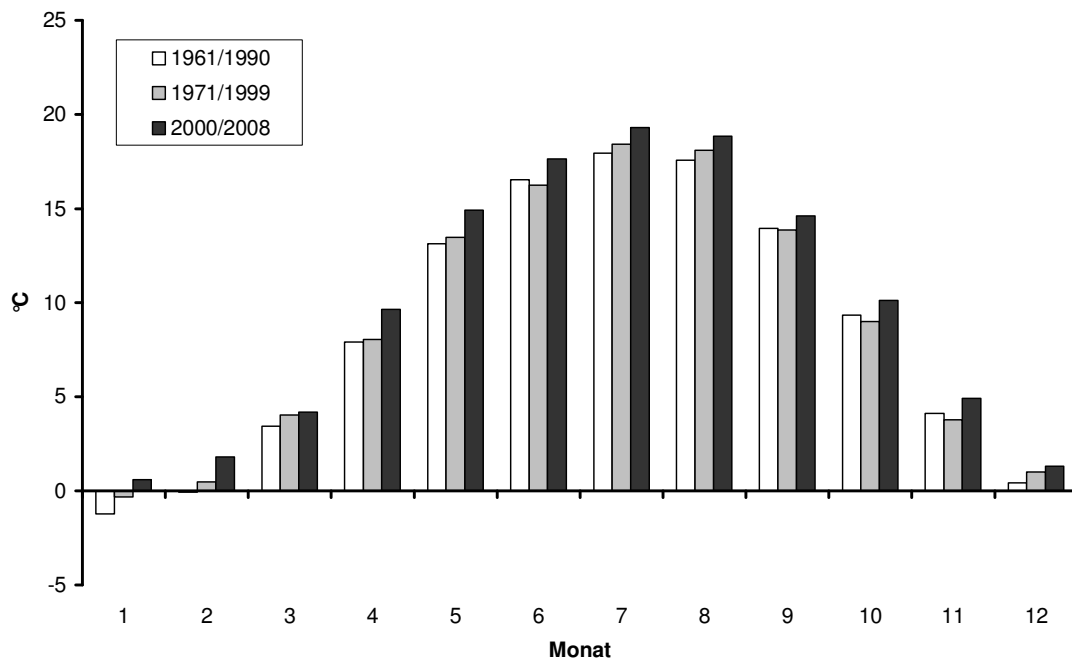


Abbildung 12: Mittlere Monatswerte der Lufttemperatur der Station Lindenberg in den Perioden 1961/1990, 1971/1999 und 2000/2008

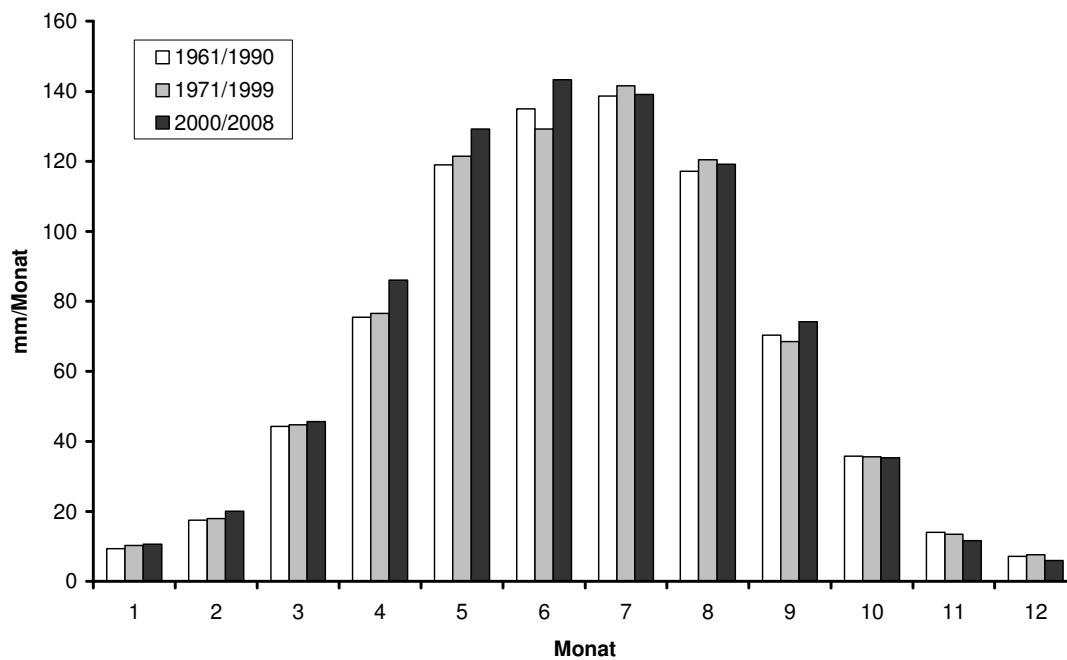


Abbildung 13: Mittlere Monatssummen der berechneten Seeverdunstung anhand meteorologischer Messwerte der Station Lindenberg in den Perioden 1961/1990, 1971/1999 und 2000/2008

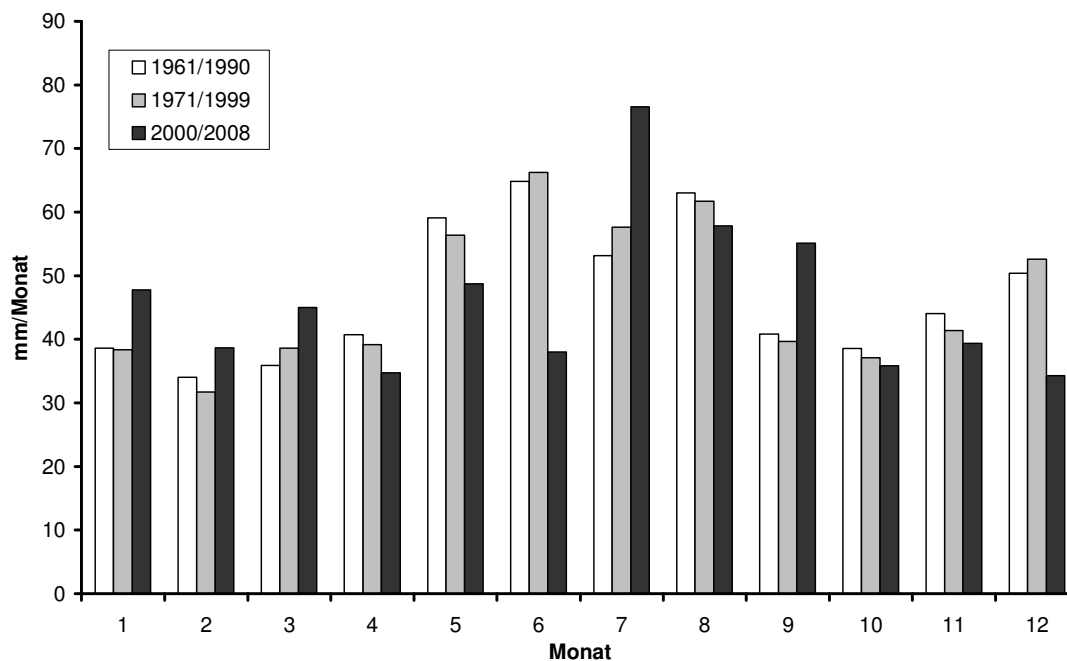


Abbildung 14: Mittlere Monatssummen des Niederschlags der Station Lindenberg in den Perioden 1961/1990, 1971/1999 und 2000/2008

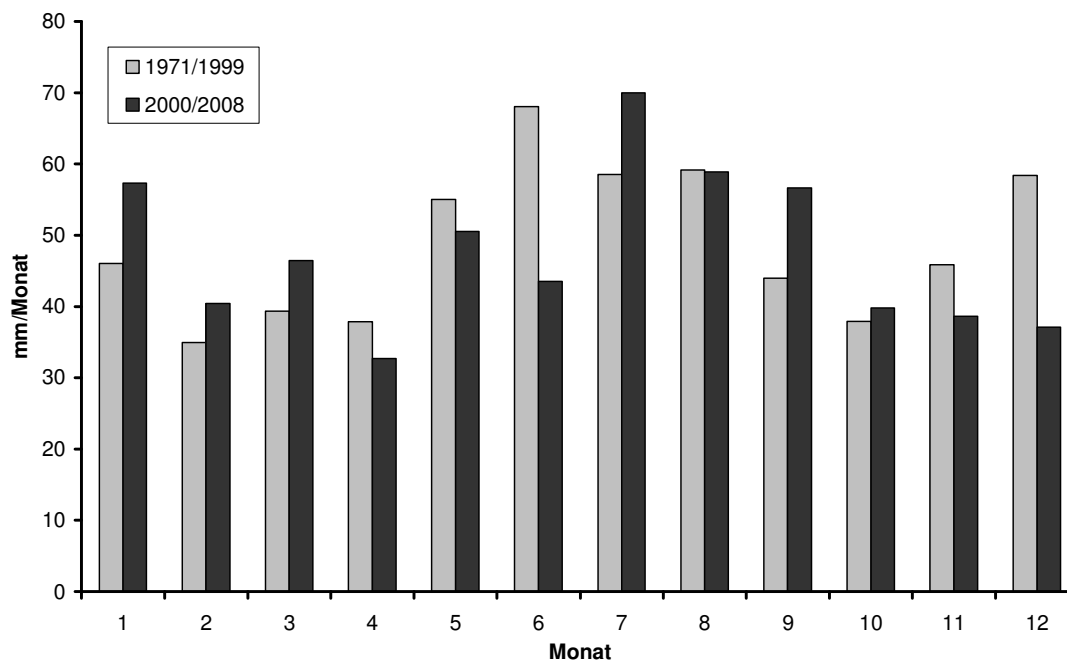


Abbildung 15: Mittlere Monatssummen des Niederschlags der Station Strausberg in den Perioden 1971/1999 und 2000/2008

Hohe Verdunstungswerte im Frühjahr/Frühsummer bei gleichzeitig geringeren Niederschlägen führen gerade in dieser Periode zu einem deutlichen Anstieg des Defizits in der klimatischen Seewasserbilanz (Abbildung 16). Auf die Darstellung der klimatischen Wasserbilanz wird wieder verzichtet, da sie ähnlich der Seewasserbilanz ist. Da in dieser Zeit des Jahres auch der Bodenwasserspeicher im Einzugsgebiet noch nicht ausgeschöpft ist, kann der Anstieg des Defizits in der klimatischen Wasserbilanz auch deutliche Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung haben, was sich letztlich auf die Zuflüsse zum See auswirkt.

Aus der am Pegel Fähre messbaren Wasserstandsänderung und der nun berechneten klimatischen Wasserbilanz lässt sich die Seewasserbilanz nur teilweise auflösen. Es verbleibt ein Restglied, das die ober- und unterirdischen Zu- und Abflüsse des Sees zusammenfasst (Abbildung 17). Außerdem können Volumenfehler enthalten sein, die sich aus der vereinfachenden Annahme einer konstanten Seefläche ergeben. Positive Werte bedeuten, dass die Summe der Zuflüsse die Summe der Abflüsse übersteigt. Danach übersteigen die Zuflüsse in den Straussee die möglichen Abflüsse durch Wehrüberläufe am Seeauslassbauwerk

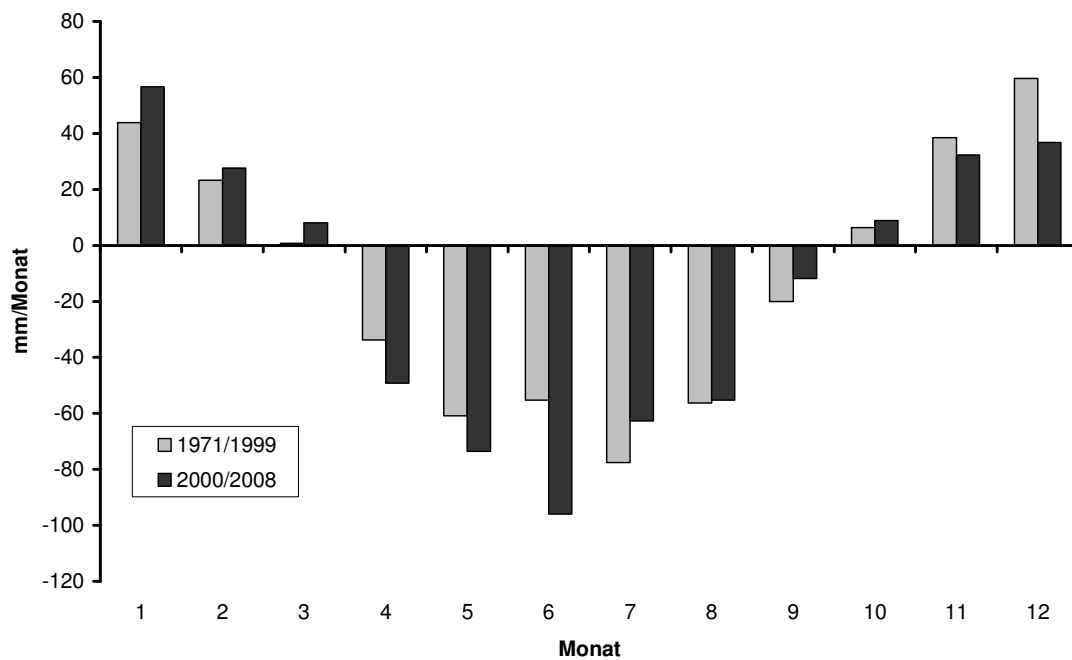


Abbildung 16: Mittlere Monatssummen der klimatischen Seewasserbilanz in den Perioden 1971/1999 und 2000/2008

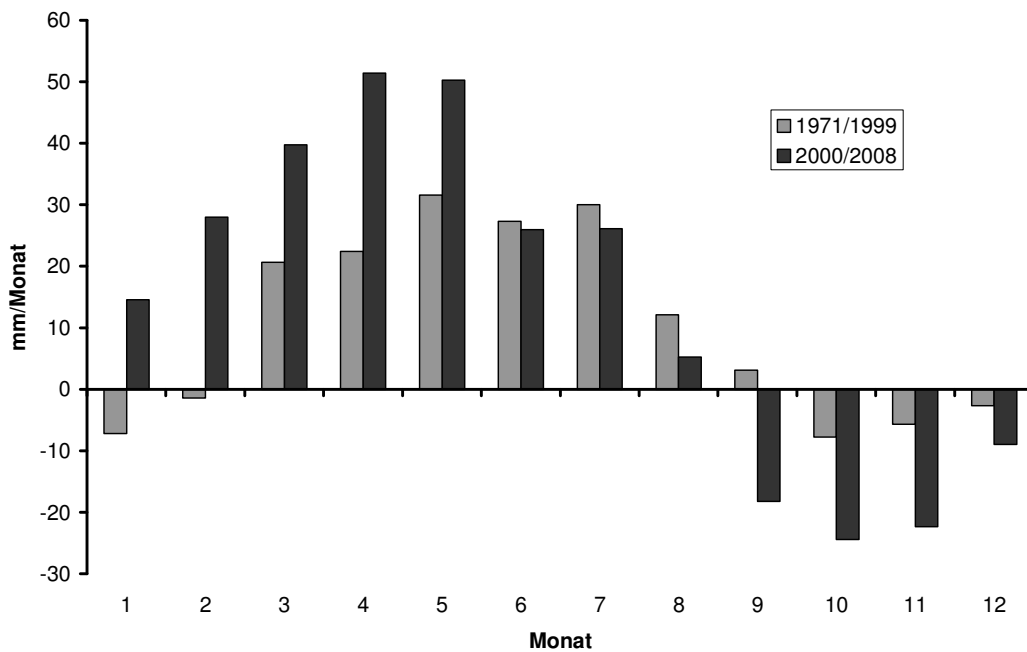


Abbildung 17: Mittlere Monatssummen der ober- und unterirdischen Zu- und Abflüsse des Sees, ermittelt aus dem Restglied der Seewasserbilanzgleichung

und Grundwasserabstrom aus den südlichen Seeteilen in der Periode 2000/2008 von Januar bis in den August. Das sind zwei Monate mehr als in der Periode 1971/1999 und bis Mai auch deutlich höhere Beträge. Dieses Verhalten kann möglicherweise auch durch eine Staubewirtschaftung vor 1990, über die jedoch keine Dokumentation vorliegt, überprägt sein. Nach 2000 wurde der Seewasserstand durch Änderungen der Wehrstellungen nicht mehr reguliert. Ob nach August die Zuflüsse bis zum Ende Jahres sehr viel geringer ausfallen als vor 2000 oder die Verluste durch einen möglichen Grundwasserabstrom größer geworden sind, lässt sich anhand dieser Auswertung nicht feststellen.

Als Fazit der Zeitreihenanalyse ist festzustellen, dass der Wasserstand in den letzten zehn Jahren im Jahresmittel um 90 mm tiefer liegt als vorher. In dieser Zeit kam es zu einer leichten Zunahme des Defizits in der jährlichen klimatischen Seewasserbilanz. Diese allein kann die sinkenden Wasserstände des Straussee jedoch nicht vollständig erklären. Gravierender können sich schon die innerjährlichen Verschiebungen auswirken. So kam es zu einer deutlichen Zunahme des Defizits in der klimatischen Seewasserbilanz in der Zeit von April bis Juni. Während diese Zunahme des klimatischen Defizits im April noch durch höhere Zuflüsse ausgeglichen werden kann, bewirkt sie im Juni einen deutlich stärkeren Rückgang des Seewasserstandes als vor 2000. Dem stehen leichte Zunahmen der Bilanzüberschüsse von Januar bis März gegenüber.

Das die festgestellten klimatischen Änderungen auch zu einer deutlichen Verschiebung des innerjährlichen Abflussregimes im Einzugsgebiet des Straussee geführt haben müssen, verdeutlicht die Abbildung 17. Diese Veränderungen können aber nur mit aufwendigeren hydrologischen Modellierungen analysiert und quantifiziert werden.

6.2. *Multivariate Zeitreihen- und Trendanalyse der Grund- und Oberflächenwasserpegel*

Der Vergleich der Pegelganglinien (1993-2004) in Oberflächen- und Grundwassermessstellen kann dazu genutzt werden, um Auffälligkeiten in einzelnen Ganglinien zu identifizieren, die z.B. durch starke Wasserentnahmen bedingt sein

können. Aufgrund der hohen hydraulischen Leitfähigkeit der überwiegend sandigen Sedimente im Bereich des Straussees ist von einer guten hydraulischen Verbindung zwischen See und Grundwasserleiter auszugehen. Deshalb wurden Ganglinien von 17 Grundwassermessstellen genutzt, die, soweit bekannt, nicht von künstlichen Grundwasserabsenkungen betroffen sind. Sie liegen in dem Dreieck, das von den Ortschaften Gielsdorf, ca. 1,5 km nordwestlich des nördlichen Endes des Straussees, Wriezen und Gottesgabe-Neufriedland im Oderbruch aufgespannt wird. Die Grundwassermessstellen erfassen sowohl den oberen ersten Grundwasserleiter-Komplex (GWLK 1) als auch den davon durch eine mächtige Dichtschicht abgetrennten tieferen zweiten Grundwasserleiterkomplex (GWLK 2). Letzterer ist der Hauptgrundleiter, aus dem die Wasserwerke Strausberg, Bötzeesee und Wriezen Wasser fördern. Von der Förderung beeinflusste Grundwassermessstellen wurden nicht für diese Analyse herangezogen. Außerdem wurden Pegelaufzeichnungen vom Abfluss des Bötzees an der Messstelle Eggersdorf genutzt.

Ein direkter Vergleich der Ganglinien ist nicht möglich, da mit zunehmender Tiefe die natürliche zeitliche Variabilität der Pegelwasserstände stärker gedämpft wird und außerdem gegenüber der Reaktion oberflächennaher Messstellen verzögert ist. Für solchen Fragestellungen wurde am Institut für Landschaftswasserhaushalt des ZALF eine Anwendung der Hauptkomponentenanalyse entwickelt (Lewandowski et al., 2009; Lischeid et al., eingereicht).

Die Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse sind in Abbildung 18 dargestellt. Die Grundwassermessstellen ordnen sich ausnahmslos in der Schale zwischen dem 70%- und dem 100%-Varianz-Kreis ein. Das heißt, die Grundwasserganglinien entsprechen sämtlich dem typischen Verlauf, wie er für diese Region und diesen Zeitraum zu erwarten wäre. Das Dämpfungsverhalten der Messstellen nimmt dabei mit dem Uhrzeigersinn zu. Folgerichtig ordnen sich die Messstellen aus dem tieferen Grundwasserleiterkomplex (GWLK 2) im unteren Bereich der Grafik an. Außerdem liegen alle 4 Messstellen aus dem GWLK 2 in der Grafik sehr dicht beieinander, weisen also ein sehr ähnliches Verhalten auf. Dies kann zufällig bedingt sein. Andererseits wäre das aber gerade für gespannte Grundwasserleiter typisch, die durch eine mächtige, wasserundurchlässige Schicht vom oberen Grundwasserleiter getrennt sind.

Die Pegelganglinie des Strausseees ordnet sich in Abbildung 18 in der Nähe der Grundwasserganglinien des GWLK 1 ein. Dies stützt die Vermutung, dass der See aufgrund der gut durchlässigen sandigen Substrate eine enge hydraulische Anbindung mit dem Grundwasser im oberen Grundwasserleiterkomplex aufweist.

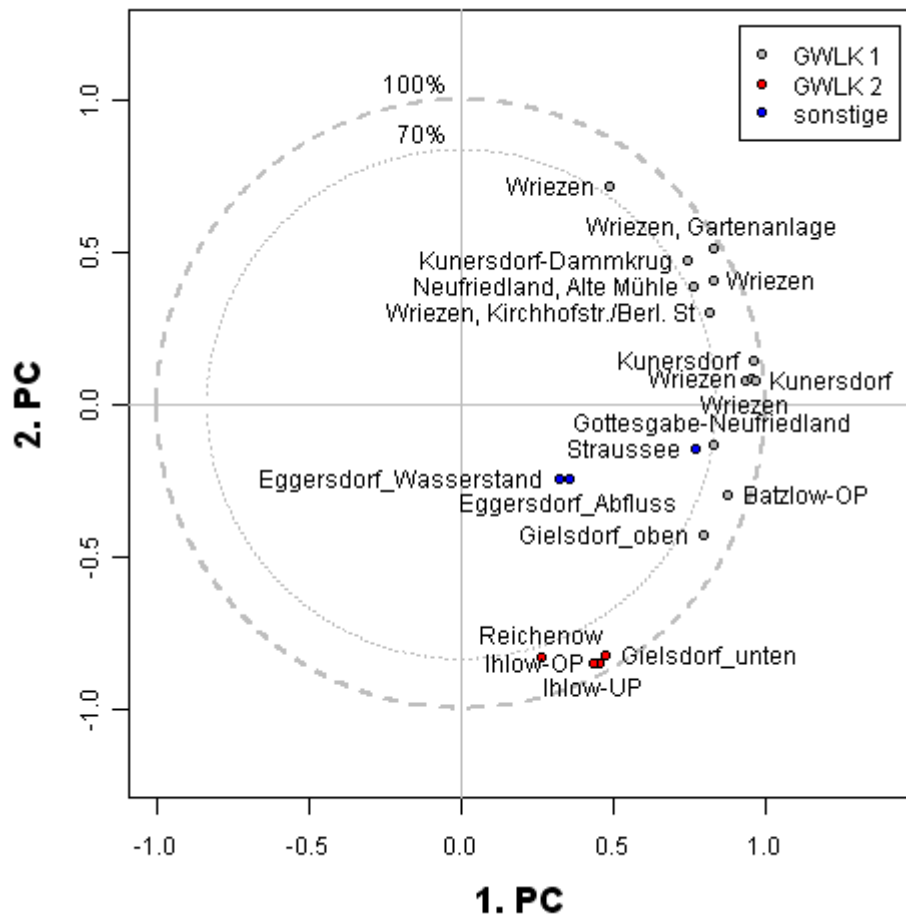


Abbildung 18: Einordnung der verschiedenen Grundwasserganglinien sowie der Seewasser- und Abflussganglinie nach ihren Ladungen auf die erste und zweite Hauptkomponente (PC). Ganglinien mit dem für die Region typischen Verhalten liegen dicht am Außenkreis, solche mit eher untypischem Verhalten weiter innen. Die oberflächennah verfilterten Grundwassermessstellen (GWLK 1) liegen im oberen, die in großer Tiefe verfilterten Messstellen (GWLK 2) im unteren Bereich der Grafik.

Allerdings liegt der Straussee innerhalb des 70%-Kreises. Das bedeutet, dass die Seespiegelganglinie gegenüber den typischen Grundwasserganglinien der Region Besonderheiten aufweist. Anhand der Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse lässt sich die beobachtete Seewasserganglinie dem theoretisch zu erwartenden typischen Verhalten gegenüberstellen (Abbildung 19). In den Sommern 1996-1998 und 2001 ist der tatsächliche Seewasserspiegel höher als anhand der Grundwasserganglinien zu erwarten war. Dies ist im ersteren Zeitraum vermutlich auf die Stauhaltung zurückzuführen. Im Gegensatz dazu war im Sommer 1999 der Seewasserspiegel niedriger als zu erwarten. In den folgenden beiden Jahren weicht die Seespiegelganglinie nur noch unwesentlich vom zu erwartenden Verlauf ab. Ein Einfluss der Kampfmittelbergung vom August 2001 auf die Pegelganglinie, z.B. durch erhöhte Versickerung in den tiefer gelegenen Grundwasserleiter, ist nicht zu erkennen.

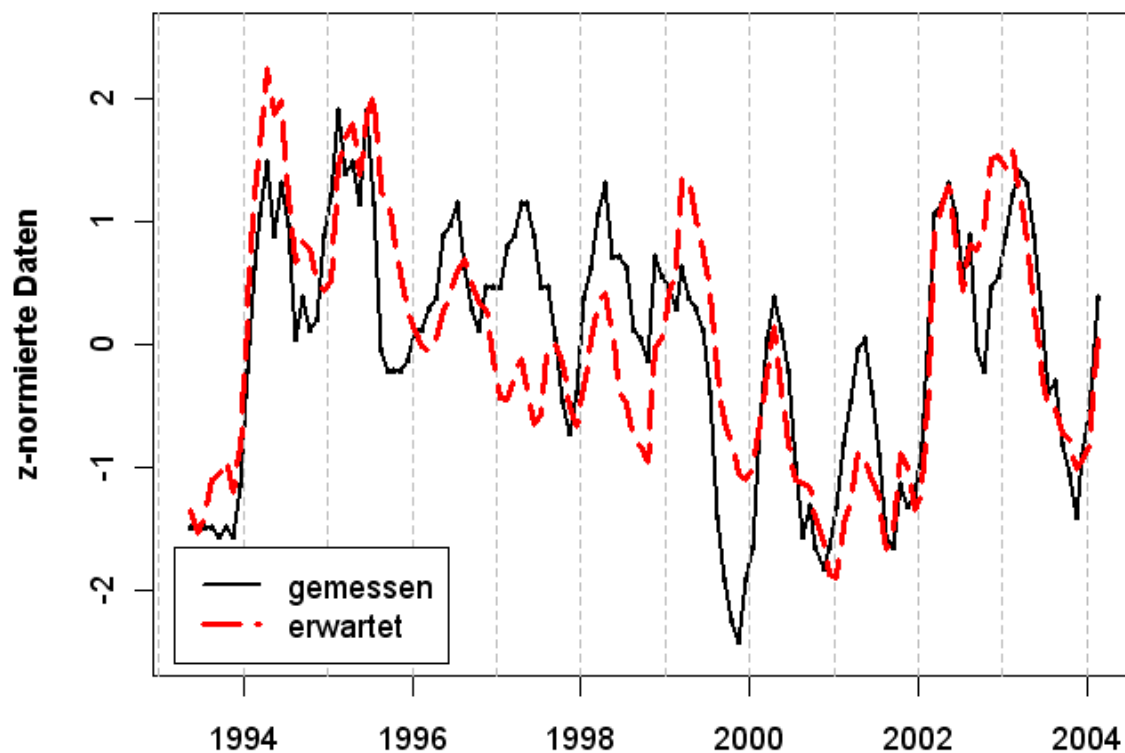


Abbildung 19: Vergleich des gemessenen Seewasserspiegels im Straussee mit dem anhand der typischen Grundwasserganglinien in der Region zu erwartenden Verlauf.

6.3. Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Vorstudie zu den möglichen Ursachen des Rückgangs des Wasserspiegels im Straussee lassen sich wie folgt zusammenfassen.

- 1. Hydrologische Situation des Straussee:** Aufgrund der überwiegend sandigen Beschaffenheit des Untergrunds steht der Straussee im engen hydraulischen Kontakt mit dem Grundwasser des oberen Grundwasserleiter-Komplexes (GWLK 1). Der Seewasserspiegel reagiert deshalb auf Änderungen des Grundwasserspiegels. Der GWLK 2 verläuft in größerer Tiefe unterhalb des Seebodens. Seine Oberkante liegt dort von West nach Ost auf einer Höhe von 40 bis 30 m ü. NN (HGN, 1999). Die Dichtschicht, die den GWLK 2 vom GWLK1 trennt, wäre dann mit zwischen 10 und 25 m höchstens halb so mächtig wie im Umland des Sees. Es gibt jedoch keine klaren Anzeichen dafür, dass der Austausch mit dem GWLK 2 eine Rolle für den Seewasserhaushalt spielt.
- 2. Klimatische Bedingungen:** In großen Teilen Brandenburgs werden seit Beginn der 1980er Jahre sinkende Grund- und Seewasserspiegel beobachtet. Die Gründe werden in einer leichten Abnahme der Niederschläge und einer Zunahme der Sommertemperaturen, und damit einer Erhöhung der Verdunstung gesehen. Die Trendanalyse der Daten aus der Region bestätigen dies sowohl für die klimatologischen Daten als auch hinsichtlich der an vielen Grundwassermessstellen beobachteten Trends. Dies allein kann die sinkenden Wasserstände des Straussee jedoch nicht vollständig erklären
- 3. Wasserentnahme Golfplatz Wilkendorf:** Die Wasserentnahmen für den Golfplatz Wilkendorf erscheinen zunächst gering und ließen mit den verfügbaren Daten auch bei der multivariaten Zeitreihenanalyse keinen Effekt erkennen. Die Entnahmen beschränken sich auf die Zeit des Bewässerungsbedarfs und können bis zu 30% der erlaubten Fördermenge des Wasserwerkes Strausberg, die dann auch ihr jährliches Maximum erreicht, betragen. Bei der Dargebotsberechnung und Schutzgebietsausweisung für die Trinkwasserfassungen sind diese Entnahmen nicht berücksichtigt worden.

4. **Kampfmittelbergung im Straussee:** Die Vorstellung, durch Sprengung von Kampfmittelresten im Straussee könnte eine Dichtschicht am Seegrund zerstört werden und Seewasser in tieferen Schichten versickern, ist nicht zutreffend. Der See stand auch vor der Sprengung bereits in einem guten Kontakt mit dem oberen Grundwasserleiterkomplex. Die multivariate Zeitreihenanalyse ließ keinen Effekt der Kampfmittelbergung vom Sommer 2001 erkennen.
5. **Wasserwerk Straussee:** Die Wasserentnahme erfolgt im GWLK 2, der nach Aussage des Gutachtens der HGN Hydrogeologie GmbH vom 15.11.1999 keine direkte hydraulische Verbindung mit dem darüberliegenden GWLK 1 und somit auch dem Straussee aufweist. Dies ließ sich mit den verfügbaren Daten nur sehr eingeschränkt überprüfen. Dabei ergab sich bisher kein Hinweis darauf, dass ein direkter Zusammenhang zum Seewasserspiegel besteht.

Allerdings bestehen auf jeden Fall indirekte Zusammenhänge: Wasser, das hier entnommen wird, steht nicht mehr für den Grundwasserhaushalt zur Verfügung. Damit ergeben sich langfristig und auf großer Skala Auswirkungen auf die ganze Region. Zwar wird dieses Wasser fast vollständig wieder als geklärtes Abwasser in die Vorfluter eingeleitet. Dies geschieht jedoch in großer Entfernung vom Straussee und kommt somit den Unterliegern, aber nicht dem Straussee und seiner Umgebung zugute.

Die der Ermittlung des Wasserdargebotes zur Trinkwasserförderung zugrundeliegenden Daten der Grundwasserneubildung berücksichtigen keinesfalls die beobachteten klimatischen Änderungen. Wenn die Entnahmen das vertretbare Dargebot übersteigen, führt das zum weiteren Absinken der Grundwasserstände im Einzugsgebiet und zur Reduktion des Grundwasserzuflusses in die oberirdischen Gewässer.

6. **Sonstige Wasserentnahmen:** Weder die durchgeführten Recherchen noch die Analyse der Seewasserganglinien ergaben irgendwelche Hinweise auf weitere, hier nicht berücksichtigte Wasserentnahmen im nennenswerten Umfang.

Ob der beobachtete Rückgang des Seewasserspiegels im Straussee ausschließlich auf die klimatischen Verhältnisse der letzten Jahre zurückzuführen ist oder nicht doch durch andere Faktoren entscheidend verstärkt wurde, ließ sich im Rahmen dieser Vorstudie nicht abschließend klären. Zu überprüfen bleibt der Einfluss der Trinkwassergewinnung in den Wasserwerken Strausberg und Bötze auf den Straussee. Kritisch ist hier insbesondere die hydraulische Funktion der Dichtschicht zwischen GWLK 1 und GWLK 2 zu überprüfen. Ungeklärt blieb auch, inwiefern Effekte im gemeinsamen Einzugsgebiet des Straussees und der Wasserwerke Bötze und Strausberg hier eine Rolle spielen.

7. Machbarkeit einer Analyse der Ursachen für die Wasserstandsänderungen im Straussee ab dem Jahr 2000

Mit den vorliegenden Daten sind die messbaren Bilanzgrößen des Seewasserhaushaltes teilweise beschreibbar. Die klimatische Wasserbilanz des Straussees ließe sich durch die Einbeziehung der Klimastation Müncheberg weiter qualifizieren. Deutlichere Verbesserungen der Verdunstungsberechnung sind aber nur mit Messungen der Oberflächentemperatur des Seewassers und der Windgeschwindigkeit am Straussee möglich. Zusätzlich ist die Messung des Abflusses über das Wehr am Auslassbauwerk des Straussees hilfreich. Die Wehrstellung ist seit langem nicht mehr verändert worden. Die Abflussganglinie kann damit mit einer geeigneten Wasserstands-Durchfluss-Beziehung aus der vorhandenen Wasserstandsganglinie auch rückwirkend erstellt werden. Messungen der oberirdischen Zuflüsse in der Kleinen Babe sowie im Roten Hofgraben bieten diese Möglichkeit nicht. Ob solche Messungen und ähnliche in kleineren temporären oberirdischen Zuflüssen aus den Regenentwässerungsanlagen im Stadtgebiet möglich sind, wäre noch zu klären. Bis auf die Abflussmessungen am Auslassbauwerk des Straussees wären alle neuen Messungen jedoch erst nach einer längeren Messperiode nutzbar.

Die nicht messbaren Bilanzgrößen Zu- und Abflüsse über das Grundwasser und die nicht gemessenen Bilanzgrößen können nur mit geeigneten Modellen, die mit

aktuellen Zeitreihen betrieben werden, bestimmt werden. Das können moderne hydrologische Modellsysteme leisten. Mit ihnen sind die relevanten Prozesse, wie Klima und Landnutzung, die oberirdischen Zu- und Abflüsse, der Zufluss aus dem Grundwasser und den Grundwasserabstrom, hinreichend darstellbar. Auch Wassernutzungen, wie z. B. Grundwasserentnahmen, können berücksichtigt werden. Ein solches Modell kann auch mit den Grundwassermodellen, die im Auftrag des Wasserversorgers zur Dargebotsemittlung und Ausweisung der Schutzzonen erstellt wurden, kombiniert werden.

Damit ist die Ermittlung der klimabedingten und nutzungsbedingten Veränderungen des Wasserdargebots aus dem Einzugsgebiet des Straussee möglich und die Ursachen für die beobachteten Wasserstandsänderungen im Straussee ab dem Jahr 2000 können in guter Näherung identifiziert werden. Vor dem Hintergrund zu erwartender Klimaänderungen sind mit solchen Modellen auch Zukunftsszenarien zu möglichen Veränderungen des Dargebotes und der Wasserstände im Straussee möglich.

8. Empfehlung zum weiteren Vorgehen

1. Es wird empfohlen die Wehrhöhe am Seeauslauf um etwa 50 mm anzuheben. Nach den winterlichen Auffüllungen des Sees können im Frühjahr dann wieder Seewasserstände von vor 2000 erreicht werden. Gleichzeitig wird damit die Wasserrücklage im See erhöht, so dass die sommerlichen Wasserstandsrückgänge geringer ausfallen dürften. Etwas größere Effekte lassen sich mit einem breiteren Wehrüberlauf erreichen. Die damit verbundene Verringerung der erforderlichen Überfallhöhe würden dann noch höhere Rücklagen ermöglichen. Eine erste Bewertung der Wirkungen der tatsächlich vorgenommenen Wehränderungen auf den Seewasserhaushalt ist nach etwa einem Jahr möglich. Durchflussmessungen am Auslaufbauwerk ermöglichen eine Qualifizierung dieser Bewertung.
2. Es wird eine Untersuchung des Einflusses der Trinkwasserförderung in den Wasserwerken Straussee und Bötze auf den Seewasserstand des Straussee empfohlen. Dazu sind die für die Ermittlung der Wasserdarangebote und der Ausweisung der Schutzzonen im Auftrag des Wasserversorgers

erstellten Grundwassermodelle geeignet, wenn sie mit Grundwasserneubildungsraten betrieben werden, die den klimatischen Änderungen angepasst wurden. Solche Untersuchungen können beim Wasserversorger, dem Wasserverband Strausberg-Erkner, oder auch bei der oberen Wasserbehörde, dem Landesumweltamt Brandenburg, angefordert werden.

3. Parallel dazu wird ein detaillierteres Monitoring der Grundwasserstände und -entnahmen als bisher empfohlen. Dazu sind kontinuierliche Beobachtungen ausgewählter Grundwassermessstellen im oberen Grundwasserleiterkomplex zu initiieren und durchzuführen. Solche Messungen sollten mit der Wasserbehörde abgestimmt werden. Die über die Zeit aus dem Hauptgrundwasserleiter entnommenen Wassermengen sind bei den Betreibern größerer Brunnen, dem Wasserverband Strausberg und dem Golfplatz Wilkendorf, anzufordern. Alle so gewonnenen Zeitreihen können dann hinsichtlich des Einflusses der Grundwasserentnahmen auf den Seewasserstand höchstens jährlich geprüft werden. Dazu ist die beschriebene multivariate Zeitreihen- und Trendanalysen geeignet.
4. Eine detailliertere Ursachenanalyse der nach 2000 beobachteten Seewasserstandsentwicklungen wird erst notwendig, wenn kein hinreichender Einfluss der größeren Grundwasserentnahmen auf den Seewasserstand nachgewiesen werden konnte. Für eine detailliertere Ursachenanalyse wird der Aufbau eines hydrologischen Modells für den Straussee und sein Einzugsgebiet empfohlen, das die oberirdischen Seezuflüsse, ihre Kopplungen mit dem oberen Grundwasserleiter, das tiefer liegende Grundwasserleitersystem und die entsprechenden Wassernutzungen hinreichend abbilden kann. Dieses Modell sollte ebenfalls mögliche zukünftige Klimaänderungen berücksichtigen können. Damit lassen sich möglicherweise daraus resultierende zukünftige Defizite im Seewasserhaushalt analysieren und die Wirkungen gegensteuernder Maßnahmen untersuchen.

9. Literatur

- DVWK Merkblätter 238/1996 (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Bonn
- Lewandowski, J., Lischeid, G., Nützman, G. (2009): Drivers of water level fluctuations and hydrological exchange between groundwater and surface water at the lowland River Spree (Germany): field study and statistical analyses. *Hydrological Processes*, 23: 2117-2128, DOI: 10.1002/hyp.7277
- Lischeid, G., Natkhin, M., Steidl, J., Dietrich, O., Dannowski, R., Merz, C.: Assessing coupling between lakes and layered aquifers in a complex Pleistocene landscape based on water level dynamics. *Advances in Water Resources* (eingereicht)
- LUA (2001): Flächendeckende Modellierung von Wasserhaushaltsgrößen für das Land Brandenburg. Studien und Tagungsberichte des Landesumweltamtes Brandenburg, Band 48 (ISSN 0948-0838)
- Merkblatt ATV-DVWK-M 504 (2002): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef
- Richter, D. (1985): Berichte des deutschen Wetterdienstes 194 - Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers, Hrsg. DWD, Offenbach am Main