ilri Bibliothek Wissenschaft

Jörg Hausmann

# Der Kulkwitzer See

*Referenzobjekt für die Entwicklung anthropogener Standgewässer in der Bergbaufolgelandschaft Mitteldeutschlands*

Ille & Riemer

Der Autor:

*Dipl.-Geol. Jörg Hausmann*

wurde 1980 in Meißen geboren und studierte von 2000 bis zum Diplom 2006 die Fachrichtung Geologie/Paläontologie am Institut für Geophysik und Geologie der Universität Leipzig, am Institut für Geowissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg sowie der Escuela Académico Profesional de Ingenería de la Universidad Nacional Major de San Marcos in Lima – Perú. In dieser Zeit absolvierte er mehrere Praktika mit umweltgeochemischen und lagerstättengeologischen Aufgabenstellungen. Nach einer mehrjährigen Tätigkeit als Geologe im Geotechnischen Sachverständigenbüro Dr.-Ing. B. Müller (Leipzig) im Bereich der Ingenieurgeologie, Sprengtechnik und Erkundung ist er seit November 2010 als wissenschaftlicher Mitarbeiter des Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ am Department für Monitoring- und Erkundungstechnologien tätig. In seiner Arbeit beschäftigt er sich mit Themen aus dem Bereich der angewandten Geophysik mit Schwerpunkt auf Scherwellenseismik sowie Direct-Push Methoden zur Baugrunderkundung.
Die hier vorliegende Arbeit wurde im November 2006 als Diplomarbeit an der Universität Leipzig angenommen und im Jahr 2007 mit dem R. & M.-Teichmüller-Preis ausgezeichnet.

ilri Bibliothek Wissenschaft, Band 7

Jörg Hausmann

# Der Kulkwitzer See - Referenzobjekt für die Entwicklung anthropogener Standgewässer in der Bergbaufolgelandschaft Mitteldeutschlands

Ein Beitrag zur Einordnung nach der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG

Verlag Ille & Riemer
Leipzig - Weissenfels

ilri Bibliothek Wissenschaft, Bd. 7
© VERLAG ILLE & RIEMER GBR LEIPZIG – WEISSENFELS 2011
Alle Rechte vorbehalten
ISBN: 978-3-936308-86-0
Printed in Germany

Abkürzungsverzeichnis ... III
Abbildungsverzeichnis ... IV
Tabellenverzeichnis ... VI
**Abstract**

**1 Einleitung ... 1**

**2 Grundlagen ... 3**

2.1 Zirkulationstypen ... 3
2.2 Limnophysik ... 4
2.3 Trophie ... 6
2.4 Europäische Wasserrahmenrichtlinie ... 7

**3 Der Kulkwitzer See ... 10**

3.1 Geografische Lage und naturräumliche Einordnung ... 10
3.2 Bergbaugeschichte ... 14
3.3 Geologie und Hydrologie ... 16
3.3.1 Geologie des Tagebaus Kulkwitz und Miltitz ... 16
3.3.2 Geologie der Kippenkomplexe ... 20
3.3.3 Beckensedimente ... 20
3.3.4 Oberirdisches Einzugsgebiet ... 21
3.3.5 Unterirdisches Einzugsgebiet ... 22
3.4 Morphometrie des Kulkwitzer und Miltitzer Teilbeckens ... 24

**4 Datengrundlage ... 27**

4.1 Hydrologische Daten ... 27
4.2 Klimadaten ... 28
4.3 Biologische Daten ... 28

**5 Entwicklung der Wasserbeschaffenheit im Kulkwitzer See ... 30**

5.1 Schichtungsentwicklung ... 30
5.2 Sichttiefe ... 32
5.3 Mineralisation, Leitfähigkeit und anorganische Wasserbeschaffenheit ... 33
5.4 Nährstoffe ... 38
5.5 pH-Wert und Puffersystem ... 41
5.6 Sauerstoffverteilung ... 43

5.7 Trophie ..... 45

**6 Biologie des Kulkwitzer Sees ..... 47**

6.1 Fischfauna ..... 47
6.2 Makrozoobenthos ..... 47
6.3 Makrophyten ..... 48
6.4 Plankton ..... 48
6.5 Chlorophyll ..... 50

**7 Aktuelle Einordnung nach EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)..... 52**

**8 Vorschlag der Einordnung nach EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). 55**

8.1 Bewertungsgrundlage ..... 55
8.2 Biologische Komponenten ..... 56
8.3 Hydromorphologische Komponenten in Unterstützung der biologischen Komponenten ..... 57
8.4 Chemische und physikalisch-chemische Komponenten in Unterstützung der biologischen Komponenten ..... 58
8.5 Abschließende Bewertung ..... 59

**9 Schlussfolgerungen ..... 61**

**10 Literaturverzeichnis ..... 62**

**Danksagung ..... 71**

**Anhang I: Berechnungen zur Wasserbeschaffenheit nach LAWA (1998)..... VII**

**Anhang II: Schichtungsentwicklung 1987-2006 ..... IX**

**Anhang III: Entwicklung der Sichttiefe 1977-2006 ..... XIII**

**Anhang IV: Nominative Begriffsbestimmungen nach WRRL ..... XVI**

**Anhang V: Laudatio zur Verleihung des R. & M.-Teichmüller-Preises..... XXII**

**Abkürzungsverzeichnis**

| | |
|---|---|
| mm | Millimeter |
| cm | Zentimeter |
| m | Meter |
| km | Kilometer |
| $km^2$ | Quadratkilometer |
| $m^3$ | Kubikmeter |
| mNN | Meter über Normal Null |
| µS/cm | Microsiemens/Zentimeter |
| °C | Grad Celsius |
| K | Kelvin |
| t | Tonne |
| d | Tag |
| a | Jahr |
| µg/l | Microgramm/Liter |
| mg/l | Milligramm/Liter |
| $mg/m^3$ | Milligramm/Kubikmeter |
| mmol/l | Millimol/Liter |
| $g/m^2d$ | Gramm/Quadratmeter*Tag |
| $kg/m^3$ | Kilogramm/Kubikmeter |
| $mm^3/l$ | Kubikmillimeter/Liter |
| $m^3/d$ | Kubikmeter/Tag |
| $m^3/a$ | Kubikmeter/Jahr |
| g/BG*d | Gramm/Badegast*Tag |
| $W/m^2$ | Watt/Quadratmeter |
| TEF | Trübungseinheiten Formazin (Standart EN ISO 27027) |
| SAK | Spektraler Absorptionskoeffizient |
| SRP | soluble reactive phospor |
| TOC | total organic carbon |
| DOC | dissolved organic carbon |
| TAN | total inorganic nitrogen |
| TON | total organic nitrogen |
| CSB | Chemischer Sauerstoffbedarf |
| $KS_{4,3}$ | Säurekapazität bei pH 4,3 |
| $KB_{8,2}$ | Basenkapazität bei pH 8,2 |
| RW | Rechtswert |
| HW | Hochwert |
| GWL | Grundwasserleiter |
| WRRL | Europäische Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG |

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Übersichtskarte „New Central German Lake District“ mit dem Kulkwitzer See in Feld 6 (JUNGE et al. 2005) ..... 2

Abbildung 2: Konturdarstellung der Dichte von Mischungen aus Meerwasser und reinem Wasser in [kg/m³] bei Atmosphärendruck gegen Temperatur und Salinität (JÖHNK 2000) ..... 5

Abbildung 3: Seeübersichtskarte des Untersuchungsraums 6 des „New Central German Lake District“ (JUNGE et al. 2005) ..... 10

Abbildung 4: Der Kulkwitzer See und anliegende Gemeinden (GC 2006) ..... 11

Abbildung 5: Temperatur und Niederschlag der Station Schkeuditz bei Leipzig für das Jahr 2005 (DWD 2006) ..... 12

Abbildung 6: Der Kulkwitzer See - Blick vom Westufer ..... 13

Abbildung 7: Der gefrorene Kulkwitzer See - Blick vom Ostufer ..... 13

Abbildung 8: Wasserspiegelanstieg nach Daten von CARMIENKE (2006), SAW, SCHÖNE (1977, 1978, 1981, 1982a, 1982b, 1983, 1984, 1985a, 1985b) ..... 15

Abbildung 9: Schematischer geologischer Schnitt, verändert nach EISSMANN (1984) ..... 17

Abbildung 10: Grundwassergleichen östlich des Kulkwitzer Sees (Abbildung Regierungspräsidium Leipzig); unter Berücksichtigung von EISSMANN (1962) ..... 22

Abbildung 11: Morphometrie mit eingezeichneten Messstellen der Stichtagsmessungen ..... 24

Abbildung 12: Restlochkennlinien (BGD 2002) ..... 25

Abbildung 13: Morphometrie 3D (original und invers) ..... 26

Abbildung 14: Schichtungsentwicklung 2006 ..... 30

Abbildung 15: Temperaturverteilung [°C] 10x überhöht im Miltitzer Becken 2005-2006 ..... 31

Abbildung 16: Temperaturverteilung [°C] 10x überhöht im Kulkwitzer Becken 2005-2006 ..... 32

Abbildung 17: Entwicklung der Sichttiefe 2005-2006 ..... 32

Abbildung 18: Salzgehalt 1998-2004 ..... 34

Abbildung 19: Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit [µS/cm] 10x überhöht im Miltitzer Becken 2005-2005 ..... 34

Abbildung 20: Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit [µS/cm] 10x überhöht im Kulkwitzer Becken 2005-2005 ..... 35

Abbildung 21: Entwicklung der Kationen-Konzentration 1977-2006 ..... 36

Abbildung 22: Entwicklung der Anionen-Konzentration 1977-2005 ..... 36

Abbildung 23: P-Einträge in g/m²d und % im Jahr 2000 nach BGD (2002) ..... 38

Abbildung 24: Entwicklung der $o-Phosphat$ - und $TP$ -Konzentration 1977-200539

Abbildung 25: Entwicklung der $TN$ - und $NO_3^{1-}$ -Konzentration 1977-2005 ..... 39

Abbildung 26: pH-Werte 10x überhöht im Miltitzer Becken 2005-2006 ..... 41

Abbildung 27: pH-Werte 10x überhöht im Kulkwitzer Becken 2005-2006 ..... 41

Abbildung 28: Entwicklung der Alkalinität und Acidität im Zeitraum 1976-2005 .. 42

Abbildung 29: Sauerstoffsättigung [%] 10x überhöht im Miltitzer Becken 2005-2006 ..... 44

Abbildung 30: Sauerstoffsättigung [%] 10x überhöht im Kulkwitzer Becken 2005-2006 ..... 44

Abbildung 31: Bewertungsplakette nach LAWA (1998) ..... 10

Abbildung 32: Phytoplankton (ohne Autotrophes Picoplankton) im Kulkwitzer See 2001 nach BGD (2002) ..... 49

Abbildung 33: Zooplankton im Kulkwitzer See 2001 nach BGD (2002) ..... 49

Abbildung 34: Chlorophyllverteilung [µg/l] 10x überhöht im Miltitzer Becken 2005-2006 ..... 50

Abbildung 35: Chlorophyllverteilung [µg/l] 10x überhöht im Kulkwitzer Becken 2005-2006 ..... 50

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Einordnung nach Größenverhältnissen (DMSdB 1999 (01-20) & LMBV 2006 (21-31)) ..... 16

Tabelle 2: Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen (BGD 2002) ..... 21

Tabelle 3: Grundwasserzustrom (stationärer Zustand) nach IBGW (1998) in BGD (2002) ..... 23

Tabelle 4: Gewässerspezifische Parameter ergänzt nach IGBW (2000) & BGD (2001) in BGD (2002) ..... 25

Tabelle 5: Chem./physik. Analyseparameter in CARMIENKE (2006) ..... 28

Tabelle 6: Übersicht der Stichtagmessungen (Nord = Miltitzer Becken, Süd = Kulkwitzer Becken) ..... 29

Tabelle 7: Statistische Auswertung chemischer Wasseranalysen ..... 40

Tabelle 8: Typisierung nach System A gemäß WRRL ..... 52

Tabelle 9: Typisierung nach System B gemäß WRRL ..... 53

Tabelle 10: Qualitätskomponenten für die Einstufung des ökologischen Zustands ..... 55

Tabelle 11: Bewertung des ökologischen Zustands und des ökologischen Potentials nach WRRL (Anhang IV) ..... 60

**Abstract**

Der Kulkwitzer See bei Leipzig in Mitteldeutschland wird in der vorliegenden Arbeit nach der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL) (EU 2001) eingeordnet und bewertet. Er stellt durch seine Ähnlichkeit zum gewählten Referenzgewässer den Idealfall für anthropogene Standgewässer im „New Central German Lake District“ (JUNGE et al. 2005, JUNGE et al. 2006, FRUHNER 2005, SCHNEIDER 2005, CZEGKA et al. 2006a, CZEGKA et al. 2006b, KUCHENBUCH 2006) dar. Sein ökologisches Potential kann gemäß WRRL mit „gut und besser“ beschreiben werden. Die Bewertung fundiert auf langjährigen Datenreihen, welche durch neue Messungen fortgeführt werden. Der Kulkwitzer See, als ältester Braunkohletagebaurestsee im Umfeld des Untersuchungsgebietes, bietet eine detaillierte Einsicht in die postmontane Entwicklung des Gewässers. Sein über 30 jähriges Alter und die sehr guten trophischen Eigenschaften haben Referenzcharakter. Die Diplomarbeit beschreibt die historische Entwicklung, die Geologie, die Morphologie, das über- und unterirdische Einzugsgebiet, die physikalisch-chemischen Eigenschaften sowie die limnische Flora und Fauna des Sees.

**Keywords:** Mitteldeutschland, Tagebaurestsee, WRRL, Langzeituntersuchung, Trophie, Referenzgewässer

The Kulkwitzer See (lake Kulkwitz), situated nearby the city of Leipzig in Central Germany, will be classified and assessed by the European Water Framework Directive 2000/60/EU (WFD) (EU 2001). According to its similarity as to the chosen reference lake, it represents the ideal of anthropogenic water bodies in the “New Central German Lake District“ (JUNGE et al. 2005, JUNGE et al. 2006, FRUHNER 2005, SCHNEIDER 2005, CZEGKA et al. 2006a, CZEGKA et al. 2006b, KUCHENBUCH 2006). Its ecologic potential could be described as to WFD with the status “good or better”. The assessment is based on long term datasets, which are continued by new measurements. Through the fact that the Kulkwitzer See is the oldest open mine pite lake from lignite mining in the surrounding of the investigation area, it offers a detailed understanding in the post mining water development. It has reference character because of the age of 30 years and its trophic state index, which can be assessed as very good. The dissertation describes the historic development, the geology, the morphology, the surface and subterranean drainage area, the physico-chemical attributes as well as the limnic flora and fauna of the lake.

**Keywords:** Central Germany, open mine pit lake, WFD, long term measurements, trophic state index, reference water

Abstract

El Kulkwitzer See (lago Kulkwitz) que se encuentra cerca de la ciudad Leipzig en la parte central de Alémania, será clasificado y valorado en esta tesina por la Directiva Marco de Aquas 2000/60/CE (DMA) (EU 2001). Por su analogía a su lago de referencia, lo represento el ideal de los aguas anthropogénas en el "New Central German Lake District" (JUNGE et al. 2005, JUNGE et al. 2006, FRUHNER 2005, SCHNEIDER 2005, CZEGKA et al. 2006a, CZEGKA et al. 2006b, KUCHENBUCH 2006). Su potencial ecológico se puede definir por la DBA con el éstado "bien ó mejor". La valoración se funda en las datas de largos años, los cuales están continuado por mesuraciónes nuevas. El lago Kulkwitz, lo que es el lago del típo de exploración a cielo abierto de minería lignita más viejo en la vencidad del área investigativo, ofrece un entendimiento detallado al desarollo postmínero del aqua. Por su edad de más de 30 años y su éstado trófico que se puede valorado por "muy bien", el lago tiene una characterística referenciado. La tensina describe el desarollo histórico, la geología, la morfología, la cuenca hidrográfica de la superficie y subterráneo, los atributos físico-químicos y ádemas la flora y fauna límnica del lago.

**Keywords:** Alémania central, lago mínero de exploración a cielo abierto de lignito, DMA, larga mesuraciónes, éstado trófico, agua referenciado

# 1 Einleitung

Der Kulkwitzer See im Osten von Leipzig ist der nunmehr älteste Braunkohletagebaurestsee im unmittelbaren Stadtgebiet. Nach der Rekultivierung in den sechziger und siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts gestaltet sich der See heute als Freizeitoase vieler Anrainer aus der Stadt Leipzig und Umgebung. Als Versuchsobjekt der Rekultivierung, unter ausschließlichem Einsatz von nichtsalinaren Grund- und Niederschlagswässern zur Flutung, ist er bisher einzigartig für die Region. Der See ist ein frühes Beispiel für die naturräumlichen Veränderungsprozesse, welche sich aktuell im Südraum von Leipzig wiederholen. Sie reichen von der Entdeckung der Kohle und der Einrichtung der ersten Kohleminen im späten 19. Jahrhundert, über die Öffnung der Großtagebaue ab den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts hin zur Schließung derselben mit der politischen Wende 1989/90 bis hin zur gegenwärtigen Rekultivierung, die in der Entstehung des „Neuseenlands“ mündet.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich ein in die Betrachtung unterschiedlicher Typen anthropogener Standgewässer im „New Central German Lake District“ (JUNGE et al. 2005, Abbildung 1) seitens der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. In diesem Zusammenhang entstehen sowohl Übersichtswerke (JUNGE et al. 2006, FRUHNER 2005, SCHNEIDER 2005, CZEGKA et al. 2006a, CZEGKA et al. 2006b), als auch typspezielle Arbeiten hinsichtlich des Alters (vorliegende Arbeit), der Ankopplung an Gewässersysteme (ZERLING et al. 2001, JUNGE & JENDRYSCHICK 2003, HAUSMANN et al. 2004, JUNGE et al. 2004a, JUNGE et al. 2004b), des Salinareinflusses (KUCHENBUCH 2006), der Genese und anderer Faktoren.

Als jahrzehntelanges Studienobjekt verschiedener Interessengruppen existieren heute umfangreiche Datensammlungen zum Kulkwitzer See. Ziel dieser Arbeit ist es zum einen, die bisher erhobenen Daten zusammenzufassen und zum anderen bestehende Arbeiten fortzusetzen. Im Einzelnen werden dazu physiko-chemische Messungen durchgeführt, welche in die limnologische Beurteilung aus Alt- und Neudaten eingehen. Darüber hinaus wird der See nach der im Jahr 2000 in Kraft getretenen Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) 2000/EG/60 (EU 2001) eingeordnet. In diesem Zusammenhang wird er als Referenzobjekt anthropogener Standgewässer in der Bergbaufolgelandschaft Mitteldeutschlands vorgestellt.

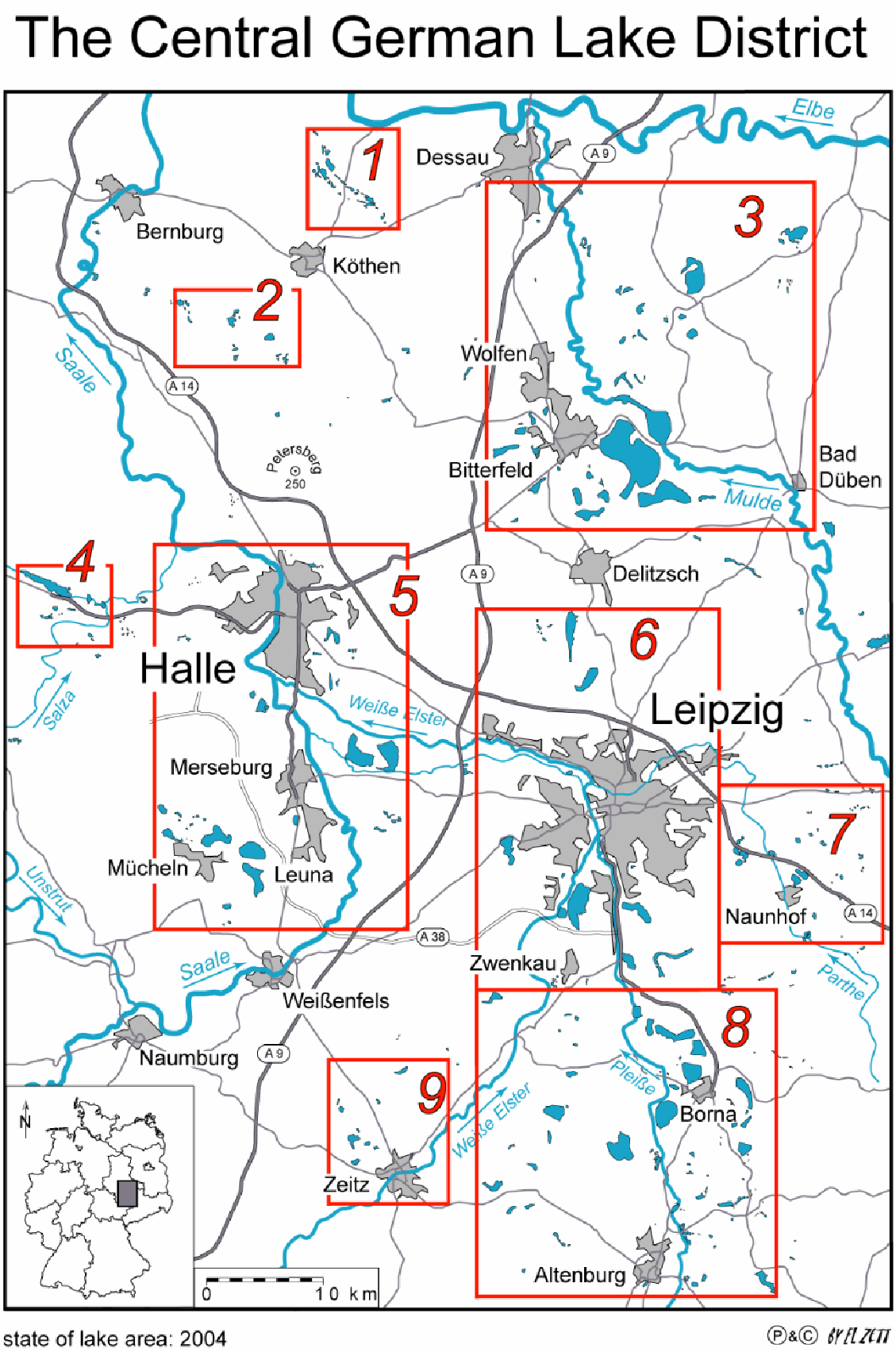



Abbildung 1: Übersichtskarte „New Central German Lake District“ mit dem Kulkwitzer See in Feld 6 (JUNGE et al. 2005)

# 2 Grundlagen

## 2.1 Zirkulationstypen

Man unterscheidet zwischen drei Hauptgruppen und einem Zwischenstadium. Holomiktische Seen durchlaufen mindestens einmal jährlich einen Durchmischungsprozess. Dabei unterscheidet man (z.B. nach WETZEL 1983, SCHWOERBEL 1999 & SCHÖNBORN 2003) verschiedene Subtypen.

**Polymiktische Seen** findet man in den Tropen. Unter warm polymiktischen Seen werden Tropenseen mit häufigen Vollzirkulationen durch stärkere nächtliche Abkühlung verstanden. Tropische Hochgebirgsseen mit fast ständiger Vollzirkulation werden als kalt polymiktisch bezeichnet.

**Temperierte Seen** mit einer Vollzirkulation jeweils im Frühjahr und im Herbst im nördlichen Nordamerika und Eurasien werden als dimiktische Seen bezeichnet. Sie bilden im Sommer eine Temperaturschichtung und im Winter eine Eisdecke. Nach BOEHRER (2005) gehören viele Seen im deutschsprachigen Raum zu dieser Klasse, die tief genug sind und für die Eisbildung entweder hoch genug in den Bergen liegen, östlich genug für winterlich kontinentales Klima, bzw. geschützt genug, dass Windeinwirkung die Eisbildung nicht kontinuierlich unterbinden kann.

Als **warm monomiktische Seen** werden Seen des subtropischen Typus bezeichnet, die nur bei ausreichender Abkühlung des Oberflächenwassers in den Wintermonaten zirkulieren. Dazu zählen nach BOEHRER (2005) die meisten tieferen und größeren Seen im deutschsprachigen Raum.

**Kalt monomiktische Seen** zirkulieren nur während der Sommermonate vollständig, wogegen sie in den Wintermonaten Winterstagnation (Homothermie) unter Eisbedeckung aufweisen. Dazu zählen polare und subpolare Seen.

Unter **oligomiktischen Seen** versteht man Seen mit zeitlich unregelmäßiger, meist nicht jährlicher Zirkulation, die durch extreme Wettersituationen ausgelöst werden kann.

**Meromiktische Seen** weisen keine bis zum Grund reichende Tiefenwasserzirkulation auf. Das sog. Monimolimnion nimmt am Homogenisierungsprozess nicht teil. Gründe hierfür können die zu geringe Angriffsfläche des Windes (morphologisch bedingte Meromixis), die besonders windgeschützte Lage (topografisch bedingte Meromixis) oder ein besonders salzhaltiges Hypolimnion (chemisch bedingte Meromixis) sein. Die chemische Sprungschicht bei chemischer Meromixis wird als Chemokline bezeichnet

(SCHWOERBEL 1999). Durch die Abkoppelung des Monimolimnions von den Mischprozessen treten Prozesse der Sauerstoffzehrung und Gasanreicherung, z.B. von Schwefelwasserstoff ($H_2S$) oder Methan ($CH_4$), auf.

**Polare Seen** mit permanenter Eisdecke in der Antarktis, in Grönland und im extremen Hochgebirge werden als amiktische Seen bezeichnet.

Als Zwischenstadium gelten Seen mit **episodischer Tiefenwassererneuerung** durch Oberflächenwasser ohne Vollzirkulation. Diese wird über klimatische oder morphologische Faktoren reguliert. Die Zeitabstände der Erneuerung sind unregelmäßig (meist in einer Dekade).

## 2.2 Limnophysik

Die ausschlaggebende Größe, die die Schichtung in Seen reguliert, ist die Temperatur. Durch Kopplung des Sees an die Atmosphäre einerseits und durch die jahreszeitliche Veränderung der Klimafaktoren andererseits, schwankt der Energieeintag. Wichtigste Summanten des Energieeintages sind nach IMBODEN & WÜEST (1995) aus BOEHRER (2005) die Solarstrahlung (Globalstrahlung), die Wärmestrahlung der Atmosphäre bzw. der Wasseroberfläche, der sensitive Wärmeaustausch, der Wärmefluss durch die Verdunstung und der Kondensation oder des Niederschlags [alle $W/m^2$].

Da die atmosphärische Wärmeenergie nur das Oberflächenwasser direkt erwärmen kann, bildet sich ein Temperaturgradient in der Wassersäule. Der molekulare Wärmetransport reicht nicht aus, um das Tiefenwasser ebenfalls zu erwärmen. Vielmehr spielt der Wind als Energielieferant die wichtigste Rolle. Durch Wellenschlag kommt es zur Durchmischung der oberen Wasserschichten. Nur so ist es möglich, dass das oberflächlich über 4 °C erwärmte, d.h. von seiner Dichte her leichtes, Wasser tiefer eingemischt wird. Diese sich in den gemäßigten Breiten der Nordhemisphäre auf Grund der jahreszeitlichen atmosphärischen Temperaturschwankungen im Sommer ausbildende Schicht, nennt man Epilimnion. Durch Starkwindereignisse wird es regelmäßig durchmischt und ist daher in seiner Temperaturverteilung recht homogen. Als Ausnahmen werden Seen mit extrem schwachen Winden angegeben, bei denen die Eindringtiefe der Solarstrahlung größer ist, als die Durchmischungstiefe des Windes. Weiterhin wird als Spezialfall die Bildung einer Eisdecke durch Wärmediffusion betrachtet (BOEHRER 2005).

Den Übergang zum von atmosphärischen Prozessen unabhängigeren Hypolimnion bildet ein in der Schichtungsphase auftretender scharfer Temperaturgradient, das Meta-

limnion (auch Thermokline und Sprungschicht). Das Hypolimnion unterscheidet sich vom Epilimnion zum einen durch seine geringere Temperatur und zum anderen durch seine höhere Dichte. Die Temperatur der höchsten Dichte von Wasser liegt bei 4 °C (Abbildung 2). Daher ist es zu erwarten, dass Wasser mit eben dieser Temperatur bei ausreichender Tiefe sich am Boden eines jeden Sees ansammelt. Die Temperatur nimmt, soweit nicht von anderen Faktoren beeinflusst, von der Thermokline bis zum Grund kontinuierlich ab und erreicht letztendlich diesen Wert.

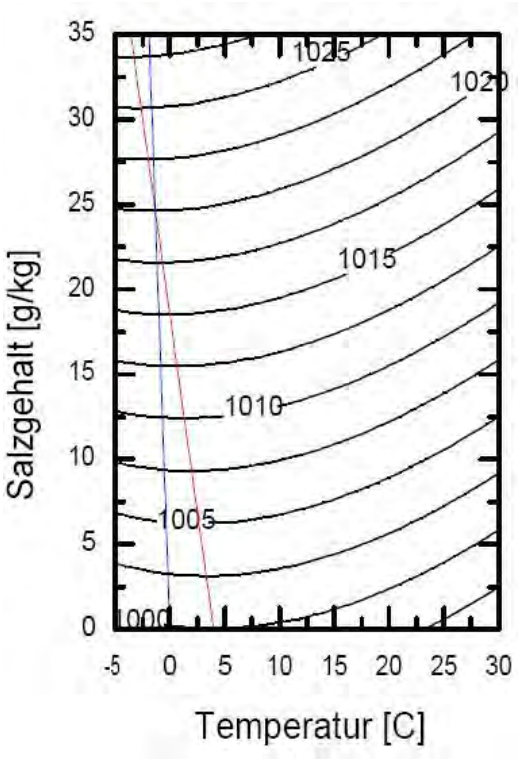



Abbildung 2: Konturdarstellung der Dichte von Mischungen aus Meerwasser und reinem Wasser in [kg/m³] bei Atmosphärendruck gegen Temperatur und Salinität. Die vertikale Linie beginnend bei 0 °C markiert den Gefrierpunkt, die stärker geneigte Linie beginnend bei 4 °C die Temperatur maximaler Dichte bei gegebener Salinität (JÖHNK 2000)

Die Dicke des Epilimnions ist über das Jahr nicht konstant. Die Koppelung an die atmosphärischen jahreszeitlichen Schwankungen der Solarstrahlung (Globalstrahlung) und daher auch der Temperatur führt zu drei wesentlichen Stadien in der Seeschichtung, dem Übergangsstadium (Frühjahrszirkulation und Herbstzirkulation), der Sommerstagnation und der Winterstagnation. Das Übergangsstadium bezeichnet den Zeitraum des Auf- und Abbaus eines stabilen Epilimnions vor und nach der Stagnationsphase. Das Stadium der sog. Sommerstagnation ist gekennzeichnet durch ein in seiner Mächtigkeit veränderliches, jedoch konstant vorhandenes Epilimnion mit scharfen Temperaturgradient (Thermokline oder Metalimnion) zum Hypolimnion. Die Winterstagnation ist die Phase der Homogenisierung der Temperaturverhältnisse, auch Homothermie, im See. Die oberflächliche Abkühlung gleicht die Dichteunterschiede zwischen Epi- und Hypolimnion aus und führt zur Absenkung des Oberflächenwassers und Durchmischung des gesamten Seekörpers. Die entstehende Wassermasse wird als Mixolimnion be-

zeichnet. Tiefenwasserkörper, die nicht an Mischvorgängen teilnehmen, werden als Monimolimnion bezeichnet.

## 2.3 Trophie

Die Trophie bezeichnet nach ELSTER (1958) die Intensität der organischen photoautotrophen Produktion. Sie wird dabei von einem kaum zu überblickenden Komplex von Faktoren beeinflusst (SCHÖNBORN 2003). Beispiele dieser Faktoren sind neben den morphometrischen Kriterien vor allem der Stoffeintrag und dessen abiotischer bzw. biotischer Umsatz mit den entsprechenden Wechselbeziehungen. Das wichtigste Hilfsmittel der Voraussage stellen mathematische Modelle dar (ebd.), welche in Klassifizierungssysteme münden.

LAWA (1998) schlägt abweichend zum internationalen dreistufigen System (oligotroph, mesotroph, eutroph) nach VOLLENWEIDER (OECD 1982) die Einführung zweier weitere Trophiestufen – polytroph und hypertroph – vor. Bewertet wird nach dem 5-stufigem System in Anlehnung an den Fachbereichsstandart (1982) „Stehende Gewässer TGL 27885/01“.

Oligotrophe Seen weisen eine schwache Produktion auf Grund der geringen Verfügbarkeit von Nährstoffen auf. Die Phytoplantonentwicklung ist ganzjährig gering, die Sichttiefe dagegen hoch. Die Sauerstoffkonzentration des Tiefenwassers am Ende der Stagnationsphase liegt bei über 4 mg/l. Die Bewertungsstufen mesotroph, eutroph, polytroph und hypertroph beschreiben abweichend dazu die generelle Zunahme der Verfügbarkeit von Nährstoffen. Diese geht mit der Erhöhung der Assimilationstätigkeit des Phytoplanktons einher. Im Gegensatz dazu nimmt die Sichttiefe ab. Mit zunehmender Trophiestufe treten verstärkt Sauerstoffdefizite im Tiefenwasser auf.

In diese Klassifikation gehen neben der Ermittlung von hydrogeografischen Seenklassen auch die quantitative Beschreibung des Referenzzustandes unter Zuhilfenahme des potentiellen natürlichen Nährstoffeintrags sowie der trophiesteuernden Kenngrößen der Seebeckenmorphometrie und die quantitative Beschreibung des Istzustandes ein.

Das Trophiesystem nach LAWA (1998) verfolgt einen ausschließlich wertfrei beschreibenden Charakter und dient zur Klassifikation, ist aber nicht als ökologisch begründetes Bewertungssytem geeignet. Es vergleicht den derzeitigen trophischen Istzustand mit dem gewässerspezifisch zu definierenden trophischen Zustand (Referenzzustand), in dem sich das Gewässer in einem unbelasteten naturnahen Zustand, d.h. dem potentiell natürlichen Zustand, befinden würde (ebd.). Der Maßstab der Bewertung erfolgt nach

LAWA (1998) über die Abweichung der beiden Zustände voneinander. Die Charakterisierung der Nährstoffsituation erfolgt über den Gesamt-Phosphorgehalt. Die Parameter Chlorophyll a und die Sichttiefe dienen zur Beschreibung des Trophiegrades.

Laut LAWA (1998) werden die Begriffe wie folgt definiert (gekürzt):

Der **Istzustand** ist der durch Untersuchungen feststellbarer trophische Zustand.

Als **potentiell natürlichen Zustand**, auch Leitbild genannt, wird der unbelastete Zustand des Gewässers, der seinen naturräumlichen (geologischen, geografischen und klimatischen) Randbedingungen entspricht, definiert. Dabei werden gewisse von Menschen gesetzte, irreversible und sinnvollerweise nicht zu verändernde Fakten akzeptiert und mit einbezogen.

Als **Referenzzustand** dient der potentiell natürliche Zustand. Es wird mit dem Istzustand verglichen, um eine Bewertung abzuleiten.

Der **potentiell natürliche Nährstoffeintrag** ist die Summe der natürlichen Bodenauswaschung genutzter und ungenutzter Flächen, der direkten atmosphärischen Deposition auf der Seefläche, sowie der Eintrag genutzter und ungenutzter Flächen im Einzugsgebiet des See, welcher selbst bei einer ausschließlich extensiv land- und forstwirtschaftlichen Nutzung nicht unterschritten werden kann.

## 2.4 Europäische Wasserrahmenrichtlinie

Am 22.12.2000 wurde die Europäische Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL) (EU 2000 in KEITZ & SCHMALHOLZ 2002, EU 2001 in BOHNE 2005) von der Europäischen Kommission erlassen. Dieses komplexe Werk schafft den Rahmen zur Untersuchung, Klassifizierung und Bewertung der Gewässer Europas. Der Hintergrund des Erlasses der WRRL war das Bestreben, eine Gesamtkonzeption für den europäischen Gewässerschutz zu definieren und zu verwirklichen (ESPINEY 2005).

Die WRRL unterschiedet zwischen Grund- und Oberflächengewässern. Letztere gliedern sich wiederum in die Kategorien Flüsse, Seen, Übergangsgewässer und Küstengewässer mit entsprechenden Typen. Sonderfälle stellen die erheblich veränderten und die künstlichen Gewässer dar. Die Deskriptoren zurr Typisierung sind die Zugehörigkeit zu festgelegten Ökoregionen bzw. alternativ physikalisch-chemische Faktoren, die die Eigenschaften des Gewässers und daher auch die Struktur und Zusammensetzung der Biozönosen bestimmen. Hiezu zählen Beispielsweise die geografische Lage, die Geo-

logie, die Morphometrie, ausgewählte Klimafaktoren, chemische Parameter und die Stofffracht. Grenzwerte werden durch integrierte Richtlinien beschrieben.

Die Subtypisierung erfolgt durch den Vergleich des Gewässers mit dem zugehörigen Referenzgewässer. In Anlehnung an das Ziel der WRRL, bis 2015 einen guten Zustand für Oberflächengewässer zu erreichen, werden die Gewässer nach den vier folgenden Kriteriengruppen betrachtet: Den biologischen Komponenten, den hydromorphologischen Komponenten in Unterstützung der biologischen Komponenten, den chemisch und physikalisch-chemischen Komponenten in Unterstützung der biologischen Komponenten und den spezifischen Schadstoffen. Diese vier Gruppen schließen je nach Gewässertyp geeignete Parameter ein.

Die WRRL bewertet in fünf Zustandsformen: „sehr gut“, „gut“, „mäßig“, „unbefriedigend“ und „schlecht“ (Anhang IV). Die Beurteilung erfolgt dabei zunächst allgemein; speziell aber nach den oben genannten Komponenten. Erheblich veränderte oder künstliche Wasserkörper werden nur nach den biologischen und hydromorphologischen Qualitätskomponenten charakterisiert. Darüber hinaus werden die allgemeinen Bedingungen beurteilt. Im Gegensatz zu natürlichen Gewässern wird dabei das ökologische Potential in „höchstes“, „gutes“ und „mäßiges“ bewertet (Anhang IV). Die Bewertung ist dagegen vierstufig, wobei die die beiden besten Klassen zu „gut und besser“ zusammengezogen werden. Es folgen die Stufen „mäßig“, „unbefriedigend“ und „schlecht“. Parallel zum ökologischen Status wird der chemische Zustand betrachtet. Bewertungsstufen sind „gut“ (kein Handlungsbedarf) und „nicht gut“ (Handlungsbedarf).

Die Ziele der WRRL sind (LAWA 2003c):

1. Verhindern einer Verschlechterung des Zustands aller Oberflächen- und Grundwasserkörper (Artikel 4.1 (a)(i), Artikel 4.1 (b)(i))
2. Schützen, Verbessern und Sanieren aller Oberflächen- und Grundwasserkörper mit dem Ziel, den „guten Zustand“ bis 2015 zu erreichen (Artikel 4.1 (a)(iI), Artikel (b)(ii))
3. Schützen, verbessern und sanieren aller künstlichen und erheblich veränderten Oberflächenwasserkörper mit dem Ziel, das gute ökologische Potential und einen guten chemischen Zustand bis 2015 zu erreichen (Artikel 4.1 (a)(iii))
4. Maßnahmendurchführung mit dem Ziel, die Verschmutzung durch prioritäte Stoffe schrittweise zu reduzieren und die Einleitungen, Emissionen oder Verluste der prioritären, gefährlichen Stoffe zu beenden oder schrittweise einzustellen (Artikel 4.1 (a)(iv))
5. Verhindern oder Begrenzen der Einleitung von Schadstoffen in Grundwässer (Artikel 4.1 (b)(i))
6. Umkehr aller signifikanten und anhaltenden Trends einer Steigerung der Konzentrationen von Schadstoffen im Grundwasser (Artikel 4.1 (b)(iii))

7. Erfüllen aller Ziele und Normen für Schutzgebiete bis spätestens 2015, einschließlich der Ziele für Gebiete, dir für Artikel 7 als Gewässer für die Entnahme von Trinkwasser ausgewiesen sind (Artikel 4.1 (c), Artikel 7)

In der WRRL ist ein terminiertes Stufenprogramm verwirklicht. Das Ziel, 2015 den „guten Zustand“ der Oberflächengewässer zu erreichen, soll schrittweise umgesetzt werden. Der erste Schritt war die Bestandaufnahme (bis Dezember 2004). Sie ist die Eröffnungsbilanz, die maßgeblich für die weiteren Schritte der Umsetzung ist und dazu dient, mögliche Belastungen von Gewässern festzustellen (LfUG 2004a). Ziel der Bestandsaufnahme ist die Identifikation der Wasserkörper, die den „guten Zustand“ voraussichtlich nicht selbst erreichen (ebd.). Für Sachsen wurde diese am 22.03.2005 abgeschlossen (LfUG 2005). Die Ergebnisse gehen in den nächsten Schritt, den Aufbau von Überwachungsprogrammen (bis Dezember 2006), über. Dies Programme geben einen Überblick über den Zustand der Gewässer und die Überwachung von Maßnahmen bei Sollzustands-Verfehlungen (LfUG 2004a). Die Intensität der Untersuchungen folgt dem Gefährdungsgrad in Abhängigkeit der Ergebnisse der Bestandaufnahme, welche durch Rückkopplung der Ergebnisse zusätzlich erweitert wird. Weitere Schritte sind nach WRRL die Maßnahmeprogramme (bis Dezember 2009), die für diejenigen Wasserkörper geschaffen werden, die durch die vorangegangenen Schritte das Ziel des „guten Zustands“ nicht erreichen (LfUG 2004a). Sie gelten als regionale Programme und gehen somit als Kern in die gewässerspezifisch zu erstellenden Bewirtschaftungspläne ein, wobei es gilt die Defizite an den Gewässern zu beseitigen (ebd.). Die Umsetzung dieser Programme ist in der WRRL bis zum Dezember 2012 festgesetzt, damit bis 2015 das Ziel erreicht werden kann.

Die Einordnung des Kulkwitzer Sees anhand dieser Kriterien geschieht nach der durch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser vorgeschlagenen Vorgehensweisen (LAWA 2003a, 2003b & 2003c) und der Sächsischen Wasserrahmenrichtlinien Verordnung (SächsWRRL 2004) als geltendes Länderrecht.

# 3 Der Kulkwitzer See

## 3.1 Geografische Lage und naturräumliche Einordnung

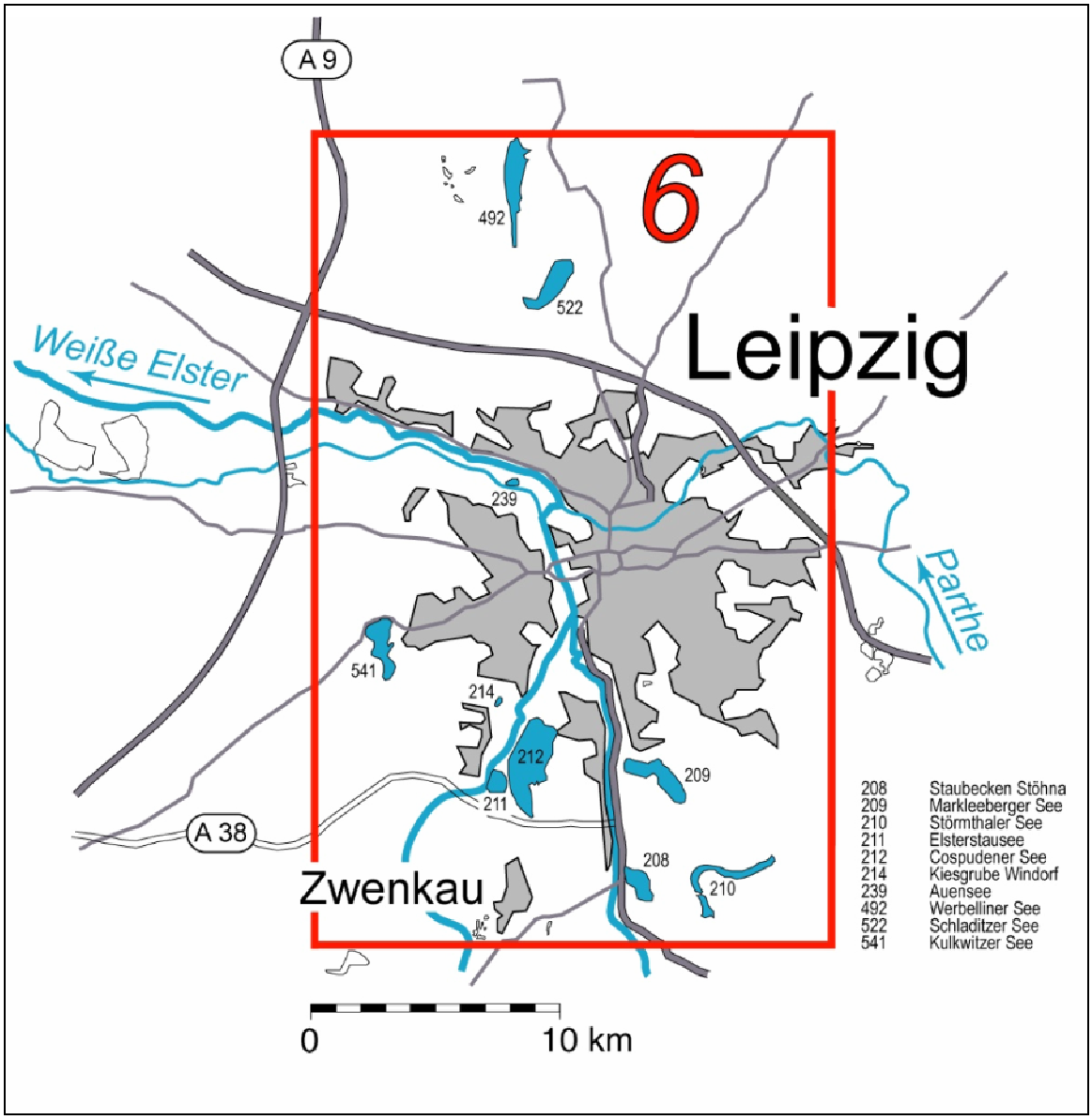



Abbildung 3: Seeübersichtskarte des Untersuchungsraums 6 des „New Central German Lake District“ (JUNGE et al. 2005)

Der Kulkwitzer See liegt im Nord-Westen Sachsens in der Leipziger Tieflandsbucht. Eingebettet zwischen den Städten Markranstädt im Westen und Leipzig mit seinen Stadtteilen Lausen und Grünau im Osten weist er eine Größe von 1,6 km² (Abbildung 3, 4, 6 und 7). Im Norden liegt die Gemeinde Miltitz; im Süden die Gemeinde Göhrenz. Namen gebend ist der Kraftwerksstandort Kulkwitz im gleichnamigen Ort südwestlich

des Sees. Der See ist das Ergebnis der Rekultivierung der ehem. Tagebaue Miltitz und Kulkwitz, deren Restlöcher durch Flutung zum Kulkwitzer See umgestaltet wurden. Das ursprüngliche Relief ist flach geneigt und fällt von Südwesten nach Nordosten ein (+121 mNN bei Göhrenz und +117 mNN bei Miltitz). Durch die Ablagerung von Abraum auf der Ostkippe Miltitz (syn. Hochkippe Miltitz), im Bereich des heutigen Zeltplatzes am Ostufer mit ca. +116 mNN und der Hochkippe Kulkwitz (syn. Südkippe Miltitz syn. Kulkwitzer Kippe) am Südwestrand mit max. +134 mNN ist das Relief jedoch nachhaltig überprägt worden. Darüber hinaus wurde ein Aussichtspunkt am Ostufer mit einer Höhe von +135 mNN aufgeschüttet.

Abbildung 4: Der Kulkwitzer See und anliegende Gemeinden (verkleinertes Luftbild [1:20.000], GC 2006)

Der Kulkwitzer See hat keine Anbindung zum lokalen Gewässernetz (Abbildung 3). Die größten Fließgewässer sind die Saale im Westen und die Weiße Elster, gespeist im Leipziger Gewässerknoten durch Pleiße und Parthe, östlich durch das Leipziger Stadtgebiet strömend. Unmittelbar im Osten grenzt der See an das Einzugsgebiet des Zschampert-Bachs.

Die umliegenden urbanen Gebiete, vor allem Leipzig-Grünau, Leipzig-Lausen und Makranstädt, reichen bis unmittelbar in die Nähe des Sees (Abbildung 4, 6 und 7). Große Teile des Ufers werden zusätzlich durch touristische Infrastruktur genutzt. Am See befinden sich zwei Zeltplätze, drei Tauchschulen, eine Wasserski-Anlage, ein Segelhafen, eine Bootsausleihstation und große Strandbereiche mit gastronomischen Einrichtungen. Landwirtschaftliche Nutzung findet im unmittelbaren Umfeld nicht statt.

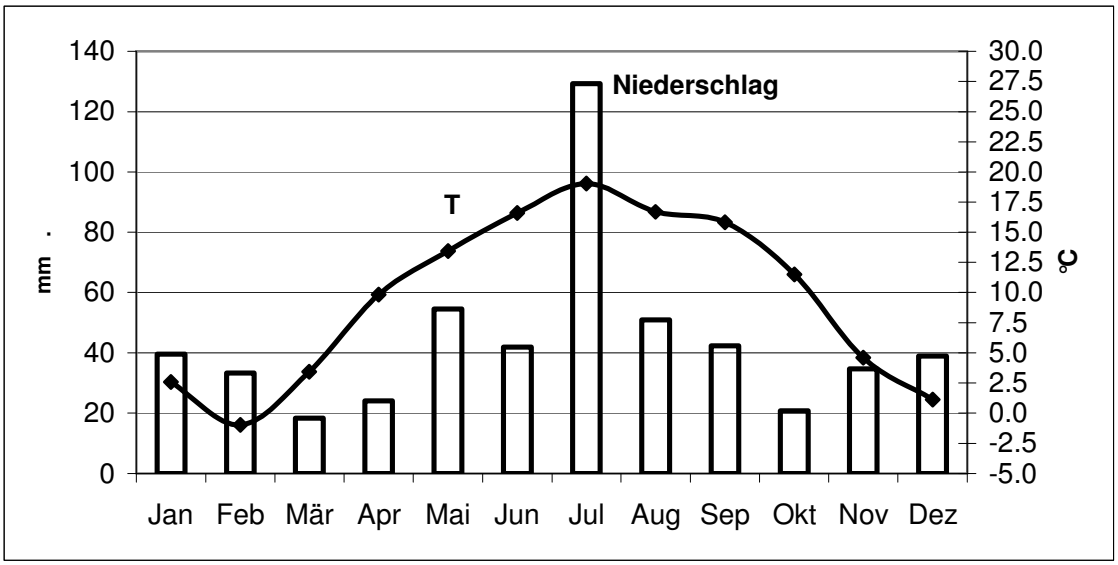



Abbildung 5: Temperatur und Niederschlag der Station Schkeuditz bei Leipzig für das Jahr 2005 (DWD 2006)

Die Ufer des Kulkwitzer Sees sind, soweit nicht anderweitig genutzt, durch mittleren bis dichten Waldbestand gekennzeichnet. In den Strandbereichen im südlichen Kulkwitzer Becken treten Schilfbestände auf. Das Südwest- und das Nordufer sowie die Kippe Kulkwitz sind stark bewaldet (Abbildung 7). Es dominieren Birken; ferner Buchen, Eichen und Weiden in der Uferzonierung.

Im Untersuchungsraum herrscht ein mildes, relativ trockenes subkontinentales Klima. Im Beobachtungszeitraum 1901-1950 werden für die Station Leipzig eine Jahresmitteltemperatur von 9,3 °C und eine mittlere Jahresniederschlagsmenge von 545 mm angegeben (ABO-RADY et al. 1993, Abbildung 5).

Abbildung 7: Der Kulkwitzer See - Blick vom Westufer über das Miltitzer Becken auf den Zeltplatz (ehem. Kippe Miltitz) und Leipzig-Grünau im Sommer 2006

Abbildung 6: Der gefrorene Kulkwitzer See - Blick vom Ostufer über den Zeltplatz (ehem. Kippe Miltitz) mit dem Miltitzer Becken (rechts), der bewaldeten Kippe Kulkwitz mit dem Schornstein des ehem. Braunkohlekraftwerks Kulkwitz (Mitte) und dem Kulkwitzer Becken (links) im Frühjahr 2006

## 3.2 Bergbaugeschichte

Die Braunkohle ist der wichtigste Bodenschatz der Region um die Großstadt Leipzig. Schon im 19. Jahrhundert wurde im Gebiet um Makranstädt, aber auch andernorts Kohle geschürft. 1881 entdeckte der Landwirt Traugott Schröter, wohnhaft in Göhrenz, bei Brunnenarbeiten in ca. 20 m Tiefe ein abbauwürdiges Flöz (Flöz IV). Im Jahr 1864 wurde die „Grube Mansfeld“, benannt nach den überwiegend aus dem Mansfelder Land stammenden Bergleuten, eingeweiht und die Braunkohle unter Tage gewonnen. Nachdem die Kohleförderung 1899 durch die Gründung der Leipziger Braunkohle AG Kulkwitz und der Einrichtung des Kraftwerks Kulkwitz zunehmend an Bedeutung gewann, erlebte auch die Region einen wirtschaftlichen Aufschwung. Ab 1936 wurde durch bereitstehende fortschrittlichere Technik der Untertageabbau eingestellt und der Tagebaubetrieb aufgenommen (FLORIAN & LINGELBACH 2006 & DMSdB 2003).

1937 ging die Grube „Christian“, die später den Namen Tagebau Kulkwitz erhielt, in Betrieb (IBGW 2000). Der Abbau mit einer Förderleistung von 2 Mio. t/a (DMSdB 2003) fand zunächst in zwei getrennten Gruben, namentlich Miltitz und Kulkwitz, statt. 1956 ging der Tagebau Kulkwitz schließlich fließend in Tagebau Miltitz über (IBGW 2000).

Bereits im Jahr 1958 fasste der Rat des Bezirks Leipzig und der Kreistag Leipzig-Land den Beschluss, den zu dieser Zeit noch aktiven Braunkohletagebau mit seinen beiden Restlöchern Miltitz und Kulkwitz sowie die Hochkippe in ein Naherholungsgebiet umzuwandeln (GRUNDMANN 1996). Ab dem Zeitpunkt der Auskohlung 1963/64 bis zur offiziellen Einweihung des Erholungsgebietes vergingen 10 Jahre. In dieser Zeit fanden umfangreiche Rekultivierungsmaßnahmen statt. Bis 1938 wurde auf Teilen der Fluren Albersdorf, Göhrenz, Kulkwitz, Makranstädt, Rehbach, Gärnitz, Seebenisch und Quesitz, insgesamt auf ca. 3,4 km² Tiefbau betrieben (IBGW 2000). Die dadurch veränderte Geländeoberfläche, geprägt durch Senkungen, Tagesbrüche und entstandene Vernässungsgebiete als Folge des großflächigen Tiefbaus, wurde nach IGBW (2000) etappenweise ab 1967/68 mit Ton, Sand, Zement, Wasserglas und Chlorkalzium saniert. Weiterhin wurden zwischen 1976/1978 und 1978/1980 Braunkohlenfilterasche aus dem nahe gelegenen Kraftwerk Kulkwitz eingebracht (ebd.). VEB BKW Borna (1984) gibt die Einstellung der Einspülung für das Jahr 1974 an. Die durch aufsteigendes Grund- und Niederschlagswasser gefüllten Restlöcher Miltitz und Kulkwitz waren ursprünglich durch einen Damm getrennt. Durch weiteren Grundwasserzutritt und den 1978 herbeigeführten Dammdurchbruch (KLAPPER et al. 1981) vereinigten sich die beiden Teilbecken 1981 (VEB BKW Borna 1984) zum heutigen Kulkwitzer See (Tabelle 1). Die Flutungs-

phase dauerte bis einschließlich 1983 (DMSdB 2003) und umfasst somit einen Zeitraum von 20 Jahren. Der Prozess verlief sowohl hydraulich als auch hydrochemisch problemlos (GLÄSSER 1994). Mit dem Ende der Wasserentnahmen 1992/93 gefährdete der ansteigende Wasserspiegel (Abbildung 8) die etablierte Ufernutzung, so dass ab 1996 eine limitierende Wasserhaltung einführt wurde (KRINGEL & CARMIENKE 2000). Der Wasserspiegel wird durch Überpumpen in den nahen Bach Zschampert bei 145,5 mNN gehalten (Abschnitt 3.4.4).

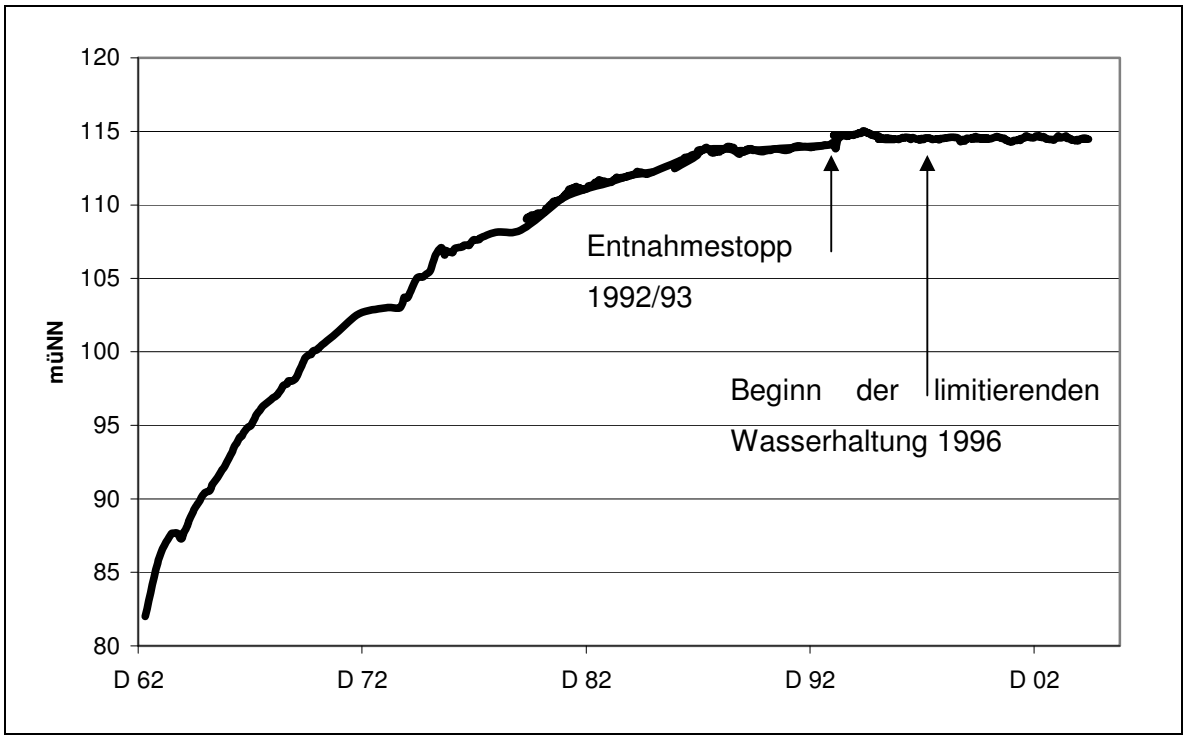



Abbildung 8: Wasserspiegelanstieg nach Daten von CARMIENKE (2006 [GMS 46390014 in Abbildung 8 Abschnitt 3.3.5], SAW, SCHÖNE (1977, 1978, 1981, 1982a, 1982b, 1983, 1984, 1985a, 1985b)

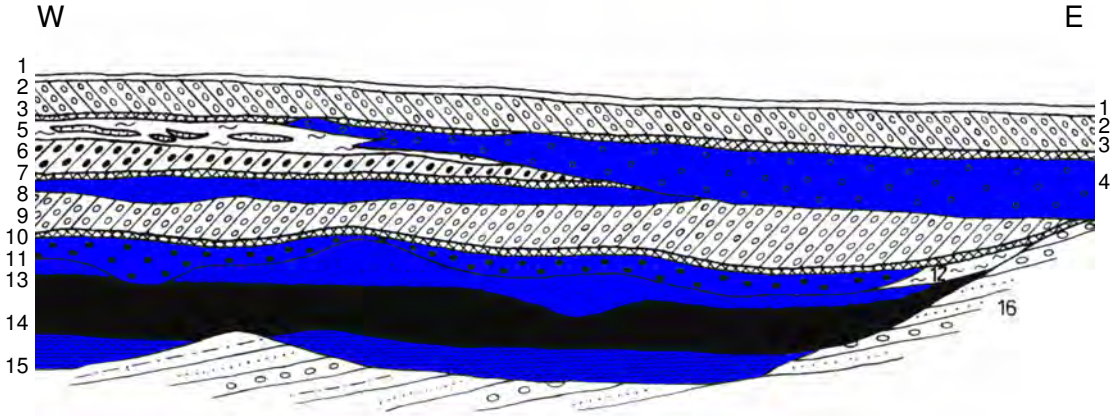
Tabelle 1: Einordnung nach Größenverhältnissen (DMSdB 1999 (01-20) & LMBV 2006 (21-31)); (*) in Flutung,

| See/Lageeinordnung | Fläche (km²) | max. Tiefe (m) | Volumen (Mio. m³) |
|---|---|---|---|
| 01 Bodensee (Alpenvorland) | 538,5 | 252 | 48.465 |
| 02 Müritz (Mecklenburg) | 110,3 | 31 | 662 |
| 03 Chiemsee (Alpenvorland) | 82,0 | 73 | 2.132 |
| 04 Schweriner See (Mecklenburg) | 60,6 | 51 | 787 |
| 05 Starnberger See (Alpenvorland) | 57,2 | 128 | 3.089 |
| 06 Ammersee (Alpenvorland) | 46,6 | 81 | 1.771 |
| 07 Hambacher See (Rheinisches Revier) | 42,0 | >300 | 4.600 |
| 08 Plauer See (Mecklenburg) | 38,0 | 24 | 304 |
| 09 Kummerower See (Mecklenburg) | 32,2 | 26 | 258 |
| 10 Steinhuder Meer (Niedersachsen) | 29,4 | 3 | 59 |
| 11 Großer Plöner See (Holsteinische Schweiz) | 29,0 | 60 | 406 |
| 12 Schaalsee (Mecklenburg/Holstein) | 23,3 | 72 | 396 |
| 13 Garzweiler See (Rheinisches Revier) | 23,0 | 190 | 2.000 |
| 14 Selenter See (Holsteinische Schweiz) | 22,4 | 36 | 381 |
| 15 Kölpinsee (Mecklenburg) | 19,9 | 28 | 80 |
| 16 Geiseltalsee (Mitteldt. Revier) | 18,9 | 70 | 410 |
| 17 Trollensee (Mecklenburg) | 17,8 | 33 | 303 |
| 18 Nochtener See (Lausitzer Revier) | 17,7 | 80 | 354 |
| 19 Walchensee (Alpenvorland) | 16,3 | 190 | 1.320 |
| 20 Goitsche (Mitteldt. Revier) | 14,0 | 75 | 215 |
| 21 Zwenkauer See (Mitteldt. Revier)* | 9,1 | - | 174 |
| 22 Störmthaler See (Mitteldt. Revier)* | 7,3 | 52 | 158 |
| 23 Cospudener See (Mitteldt. Revier) | 4,4 | 54 | 109 |
| 24 Hainer See (Mitteldt. Revier)* | 3,8 | 49 | 73 |
| 25 Haselbacher See (Mitteldt. Revier) | 3,4 | - | 24 |
| 26 Markleeberger See (Mitteldt. Revier)* | 2,5 | 63 | 61 |
| 27 Bockwitzer See (Mitteldt. Revier) | 1,7 | 19 | 19 |
| 28 Kulkwitzer See (Mitteldt. Revier) | 1,6 | 30 | 27 |
| 29 Haubitzer See (Mitteldt. Revier)* | 1,6 | 26 | 25 |
| 30 Kahnsdorfer See (Mitteldt. Revier)* | 1,1 | 43 | 20 |
| 31 Werbener See (Mitteldt. Revier) | 0,8 | 34 | 9 |

## 3.3 Geologie und Hydrologie

### 3.3.1 Geologie des Tagebaus Kulkwitz und Miltitz

Der geologische Überblick des Kulkwitzer Sees folgt EISSMANN (1994) für das Grundgebirge, nach EISSMANN et al. (1985) für die känozoischen Sedimente des Deckgebirges und des Lockergesteinsstockwerks. Angaben zur geodätischen Höhe und lokalen Verbreitung der Schichten macht IBGW (2000).




Weichsel-Komplex: 1 – Sandlöß mit Steinsohle; Saale-Komplex: 2 – Erste Grundmoräne, 3 – Böhlener Bänderton, 4 – Schotter der Weißen Elster (Hauptterrasse) [GWL 1.5], 5 – Fließerde aus sandig-kiesigem Lehm und reineren Sand- und Kieslagen; Elster-Komplex: 6 – Obere Elstergrundmoräne, 7 – Miltitzer Bänderton, 8 – sandig-kiesiger Miltitzer Horizont [GWL 1.7], 9 – Untere Elstergrundmoräne, 10 – Dehlitz-Leipziger Bänderton, 11 – Schotter der Saale (Frühelsterterrasse) [GWL 1.8], 12 – Fließerde (sandig-kiesige Sedimente mit umgelagerten Schluff-, Ton- und Sandsteinen sowie Konglomeraten); Tertiär: 13 – mitteloligozäne glauko-nitische Feinsande und Schluffe mit einer Kieseinlage an der Basis [GWL 2.6], 14 – Böhlitzer Oberflöz (Flöz IV) (Flöz Gröbers), 15 – tertiäre Liegendsande aus Ton, Schluff und Sand [GWL 3]; Prätertiär: 16 – Ton-, Schluff- und Sandsteine mit Konglomerateinlagen (Äquivalent der Grillenberger Schichten)

Abbildung 9: Schematischer geologischer Schnitt, verändert nach EISSMANN (1984), GWL sind blau eingefärbt

Das Saale-Elbe-Gebiet ist Teil des präsudetischen Unterbaus am Nordwestrand der Böhmischen Masse und gehört zur varistischen Großstruktur des Saxoturingikums. Den Nordabschnitt des gefalteten Grundgebirges bildet die Mitteldeutsche Kristallinschwelle; den Südrand der Nordsächsische Sattel, dessen Kern vorwiegend aus der Nordsächsichen Grauwacke aufgebaut ist. Der durch Intramontansenken geprägte Raum wird im Leipziger Gebiet durch eine Grundgebirgsschwelle vom Nordwestsächsischen Vulkanitkomplex getrennt. Als Ausgangssituation der känozoischen Ablagerung kann man sich eine ausgeprägt flachwellige bis kuppige Landschaft vorstellen, deren Becken zunehmend verfüllt wurden. Das Gebiet um den Kulkwitzer See zählt im weiteren zum Ablagerungsraum des Weißelsterbeckens, welches zwischen dem Mitteleozän und dem Unteroligozän als Binnensenke südlich von Leipzig bestand. Nach der Transgression im Unteroligozän verschmolzen die verschiedenen Binnensenken zur Leipziger Bucht. Diese untergliedert sich nach den verschiedenen Auenbereichen der sie durchschneidenden Flüsse. Die präkänozoische Basis der Schichtenfolge der ehemaligen Tagebaue Kulkwitz und Miltitz bildet eine meist durch Kaolinisierungsprozesse gebleichte und tonig zersetzte Wechsellagerung von Ton-, Schluff- und Sandsteinen mit Konglomerateinlagen (Schicht 16, Abbildung 7). Die Konglomerate zeigen mit ihrer Zusammensetzung

aus Quarzit- und Grauwackegeröllen, untergeordnet auch Schiefer, Gang- und Phyllitquarze, das Erscheinungsbild der varistischen Molassesedimente. Diese Grillenberger Schichten (Westfal C/D) sind aus dem westlichen Stadtgebiet Leipzigs bekannt.

Hangend folgen am Westrand der Leipziger Prätertiärhochlage auf einer flachwelligen, von einzelnen Rücken überragten, Morphologie die tertiären Deckgebirgssedimente. Sie erreichen eine maximale Mächtigkeit von ca. 25 m. Die Basis wird durch die Liegendsedimente aus Ton, Schluff und Sand gebildet (Schicht 15, Abbildung 9).

Am Kulkwitzer See ist der GWL 3 im Nordbecken (Miltitzer Teilbecken) lokal verbreitet. Trotz seiner schmalen Verbindung zum Hauptverbreitungsgebiet weiter nördlich bei Meuselwitz-Zeitz-Lützen-Markranstädt-Schkeuditz ist seine hydrogeologische Wirksamkeit gering. Dies liegt zum einem an seiner geringen Mächtigkeit von 0,5 m und dem Anschnitt beim Abbau des hangenden Flöz' (Schicht 14, Abbildung 9). Dieses erreicht im Mittel Mächtigkeiten zwischen 6 und 10 m; maximal bis 13 m. Sein innerer Aufbau weicht von dem der aus dem Leipziger Süden bekannten Flöze ab. Es wird mit dem Böhlener Oberflöz (Flöz IV) bzw. dem Flöz Gröbers aus dem Raum Halle-Merseburg parallelisiert. Die Rupeltransgression arbeitete Teile davon auf und lagerte das ihr typische Konglomerat von 0,1 – 0,5 m Mächtigkeit ab. Die hangenden unteroligozänen glaukonitführenden schluffigen Sande und sandigen Schluffe (Schicht 13, Abbildung 9) bilden den GWL 2.6. Im Miltitzer Teilbecken erreichen sie 5 m; im Kulkwitzer Teilbecken bis 12 m an Mächtigkeit. Deren Basis bildet ein Glaukonitschluffhorizont. Er liegt mit 3 m Mächtigkeit zwischen +94 und +100 mNN an der südlichen bzw. südöstlichen Böschung, sowie mit 1-2 m Mächtigkeit bei +104 mNN an der westlichen Böschung des Kulkwitzer Sees. Die quartäre Erosion affektiert auch den GWL 2.6, welcher im westlichen Teil von 10 m auf 0,5-4 m Mächtigkeit reduziert wurde.

Die diskordant aufliegenden quartären Sedimente beginnen mit frühelsterglazialen Schottern der Saale (Schicht 11, Abbildung 9). Diese bilden den GWL 1.8. Aufgebaut werden sie aus Fein- bis Mittelkiesen mit Grobkiesanteilen. In ihrer Mächtigkeit von 1-5 m (EISSMANN 1985 et al.) bzw. 5-7 m (IBGW 2000) stark schwankend streichen sie ein einer Höhe von +102 mNN bis +105 mNN aus. Zum Hangenden erfolgt eine Korngrößenverfeinerung und der Übergang zum Schlepp. Dieser wird aus einem teils schräg-, teils horizontalgeschichtetem 0,2-0,5 m mächtigen Schluff-Feinsand-Horizont gebildet. Im Nordosten des Miltitzer Teilbeckens geht der Saaleschotter in einen solifluidalen Schutt aus Grillenberger Schichten über (Schicht 12, Abbildung 9). Die Verbreitung des GWL 1.8 als N-S verlaufende 8-10 km breite Terrasse, lässt sich von Lützen bis zur

Elsteraue verfolgen. Die östliche Verbreitungsgrenze deckt sich dabei fast mit der Ostböschung des Kulkwitzer Sees. Weiterhin ist sie am Nordrand des Sees und an der Kippe Kulkwitz angeschnitten, jedoch ist die Verbreitungsgrenze am Nordrand unsicher. Nach Osten lässt die Mächtigkeit nach. Im Nordwesten des Kulkwitzer Teilbeckens und an der Nordböschung werden daher nur 1-3 m Kieslage erreicht. Zwischen dem See und Markranstädt im Westen erstreckt sich eine ca. 2 km in N-S-Richtung verlaufende Zone, in der der GWL 1.8 nicht ausgebildet ist (EISSMANN 1962).

Den Übergang zur Unteren Elstergrundmoräne (Schicht 9, Abbildung 9) bildet der 0,3-0,5 m mächtige Dehlitz-Leipziger-Bänderton (Schicht 10, Abbildung 9) als in Warven aufgebautes glazilimnisches Sediment (JUNGE 1998). Die 10-16 m mächtige Ablagerung von Geschiebemergel wird von Schmelzwassersanden, dem sog. Miltitzer Horizont – GWL 1.7 , überlagert (Schicht 8, Abbildung 9). Dabei handelt es sich um einen 1-3 m mächtigen Kiessandkörper. Die Basis wird an der westlichen Böschung des Kulkwitzer Sees mit +116 bis +118 mNN als Hochlage angegeben, Von dort fällt sie nach Norden und nach Süden auf ein Niveau von +112 mNN und liegt somit im nordwestlichen Bereich unter der Uferlinie. Die Sande gehen in den Miltiltzer Bänderton über (Schicht 7, Abbildung 9). Das gewarvte glazilimnische Sediment ist in seiner Ausprägung starken Schwankungen unterworfen und leitet zur Oberen Elstergrundmoräne über (Schicht 6, Abbildung 9). Diese war nur im Westteil des ehem. Tagebaus Miltitz mit einer Mächtigkeit von 3 m aufgeschlossen und stand wohl auch im Bereich Kulkwitz an.

Der Kulkwitzer See schneidet die westlichen Ausläufer der Schotter der Weißen Elster in Form der frühsaaleglaziale Haupterrasse an (Schicht 4, Abbildung 9). Diese Terrasse ist ca. 5 km breit und bis 12 m mächtig und bildet den GWL 1.5. Im Bereich des ehemaligen Tagebaus werden Mächtigkeiten von 6-8 m erreicht; <2 m bei Miltitz. Nach Osten verzahnt sie sich mit sandig-schluffigen Schwemm- und Fließerden (Schicht 5, Abbildung 9). Die Liegendhöhe beträgt im Bereich Kulkwitzer See +110 mNN, die Hangendhöhe bei +116 mNN bis +117 mNN mit einem allgemeinen Einfallen nach Norden. Der stark mittel- und grobsandige Fein- bis Grobkies liegt auf einem Pflaster einer aus nordischen Geschieben bestehenden Blocksohle, d.h. auf Auswaschungsrückständen der Elstermoräne. Zum Hangenden erfolgt eine Korngrößenverfeinerung und ebenfalls der Übergang zum Schlepp, gebildet aus teils schräg-, teils horizontalgeschichtetem schluffigen Fein- bis Mittel-, gelegentlich auch Grobsand. Der GWL 1.5 streicht im Bereich der Nordböschung und Gebiet südlich von Lausen aus. Nördlich von Miltitz wurde er durch den Zschampert vollständig erodiert. In der Hauptterrasse tritt ein 0,1-0,5 m mächtiger

schwach geschichteter und stark verkneteter sandiger Schluffhorizont, der sog. Markleeberger Schluffhorizont, auf.

Der nur 0,02-0,05 m mächtige Böhlener Bänderton (Schicht 3, Abbildung 9) leitet zur Ersten Saalegrundmoräne über (Schicht 2, Abbildung 9). Ihre Mächtigkeit wird mit 2-5 m (EISSMANN et al. 1985) bzw. 1-3 m (IBGW 2000) angegeben. Die Basis des Geschiebemergels- bzw. Geschiebelehms, liegt bei +118 mNN im Süden und bei +116 mNN im Norden des Sees. Hangend ist eine weichselzeitliche Steinsohle ausgeprägt, die von einer 0,2-0,5 m mächtigen Decke aus Sandlöß zugedeckt wurde (Schicht 1, Abbildung 9).

### 3.3.2 Geologie der Kippenkomplexe

Es liegen Untersuchungen sowohl zur Ostkippe Miltitz (syn. Hochkippe Miltitz) und zur Hochkippe Kulkwitz (syn. Südkippe Miltitz syn. Kulkwitzer Kippe) vor (Abbildung 4). Dem Gutachten VEB BKW Borna (1984) zufolge besteht die Ostkippe vollständig aus Geschiebemergel. Dieser weist die typische Bandbereite der Korngröße gemischtbindiger Kippenböden auf. Die Proben der Kulkwitzer Kippe zeigen eine ähnliche Verteilung der Korngrößen. Die oberste Kippscheibe bildet dabei eine Ausnahme, da hier hauptsächlich rolliges Kippenmaterial angetroffen wurde. Dieses ist deutlich kiesiger als die gemischtbindigen Kippensedimente, welche vorwiegend sandig sind. EISSMANN et al. (1985) beschreiben die Hochkippe Kulkwitz als „ein Sammelsurium aller Bodenarten über dem Braunkohleflöz, ein […] Gemisch aus Sand und Kies und Geschiebemergel und Geschiebelehm, untergeordnet aus Glaukonitschluff und –sand.“ Die Setzungserscheinungen und der unterschiedliche Bewuchs der Bodenarten sind bis heute klar erkennbar.

#### 3.3.3 Beckensedimente

Die Sedimente des Kulkwitzer Sees sind hauptsächlich toniger und sandiger Natur (Tabelle 2). Deutlich wird dies an den Sedimentkernen RKUN 01/01 und RKUS 01/01 (BGD 2002) aus den beiden Teilbecken Miltitz und Kulkwitz. Die Sedimente stellen demnach eine Wechselfolge aus tonigen und sandigen Lagen dar. Teilweise ist Kies eingeschaltet. Die Auflage wird in beiden Becken gleichermaßen durch eine Tonschicht gebildet. Zum Liegenden wird das Material wiederum gröber. Die pH-Werte der Wasser-Sediment-Grenzfläche entsprechen den gemessen Daten in der Wassersäule (Abschnitt 5.5). Unterschiede bestehen bei der Leitfähigkeit (Abschnitt 5.3).

In der Studie von BDG (2002) wird der Anteil organischer Stoffe mittels Glühverlust auf 12-17 % im Nordbecken und 6-8 % im Südbecken bestimmt. Der TOC-Gehalt liegt jeweils bei 7-9 % bzw. 1-3 %. Unterschiede gibt es auch in der Konzentration von Calcium (2-5 %) und Eisen (1-4 %). Die Calziumfällung ist im Norden tendenziell höher; die Ausfällung von Eisenhydroxiden tendenziell höher im Süden. BGD (2002) erklärt dies durch den stärkeren Zutritt eisenhaltiger Grundwässer zum Kulkwitzer Becken.

Tabelle 2: Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen (BGD 2002)

| | RKUN 01/01 | Miltitzer Becken | | | RKUS01/01 | Kulkwitzer Becken | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tiefe [m] | Bodenart | pH | el. Leitfäh. [µS/cm] | Tiefe | Bodenart | pH | el. Leitfäh. [µS/cm] |
| 0,00-0,05 | U, s2 graubraun | 7,28 | 1670 | 0,00-0,05 | U, ms5 schwarz, graubraun | 6,93 | 2120 |
| 0,05-0,10 | U, s2 graubraun | 7,31 | 1460 | 0,05-0,10 | U, ms5 schwarz, graubraun | 6,86 | 1770 |
| 0,10-0,20 | mS, gs5, u5 braun | 7,15 | 944 | 0,10-0,20 | mS, u, vereinzelt fg grau | 6,79 | 1160 |
| 0,20-0,30 | U, s5, Kohlebröckchen braun | | | 0,20-0,22 | fG, gs5, ms, u grau | | |
| | | | | 0,22-0,30 | mS, gs, u, vereinzelt fg grau | | |

### 3.3.4 Oberirdisches Einzugsgebiet

Das oberirdische Einzugsgebiet des Kulkwitzer Sees hat eine Größe von 3,39 km² (LMBV 2005). Von den östlichen Teilen von Markranstädt über die Kulkwitzer Hochkippe und die Böschungen des Sees reicht es bis zur Zschampertaue im Osten. Die Nordgrenze verläuft in Höhe der Bundesstraße 87. Der Zschampert besitzt ein Einzugsgebiet von 32,6 km², wobei 40 % oberstromig an den See anschließen. Im Falle einer Infiltration aus dem Zschampert in den Kulkwitzer See würden sich demzufolge 60 % dessen Einzugsgebiets addieren (LMBV 2005). Grundwasser und Niederschlag bilden die einzigen Zuflüsse. EISSMANN et al. (1985) weisen jedoch auf eine eisensulfatreiche Mineralquelle am Osthang der Hochkippe Kulkwitz hin, welche ihren Ursprung in schwefeleisenreichen Schichten hat.

### 3.3.5 Unterirdisches Einzugsgebiet

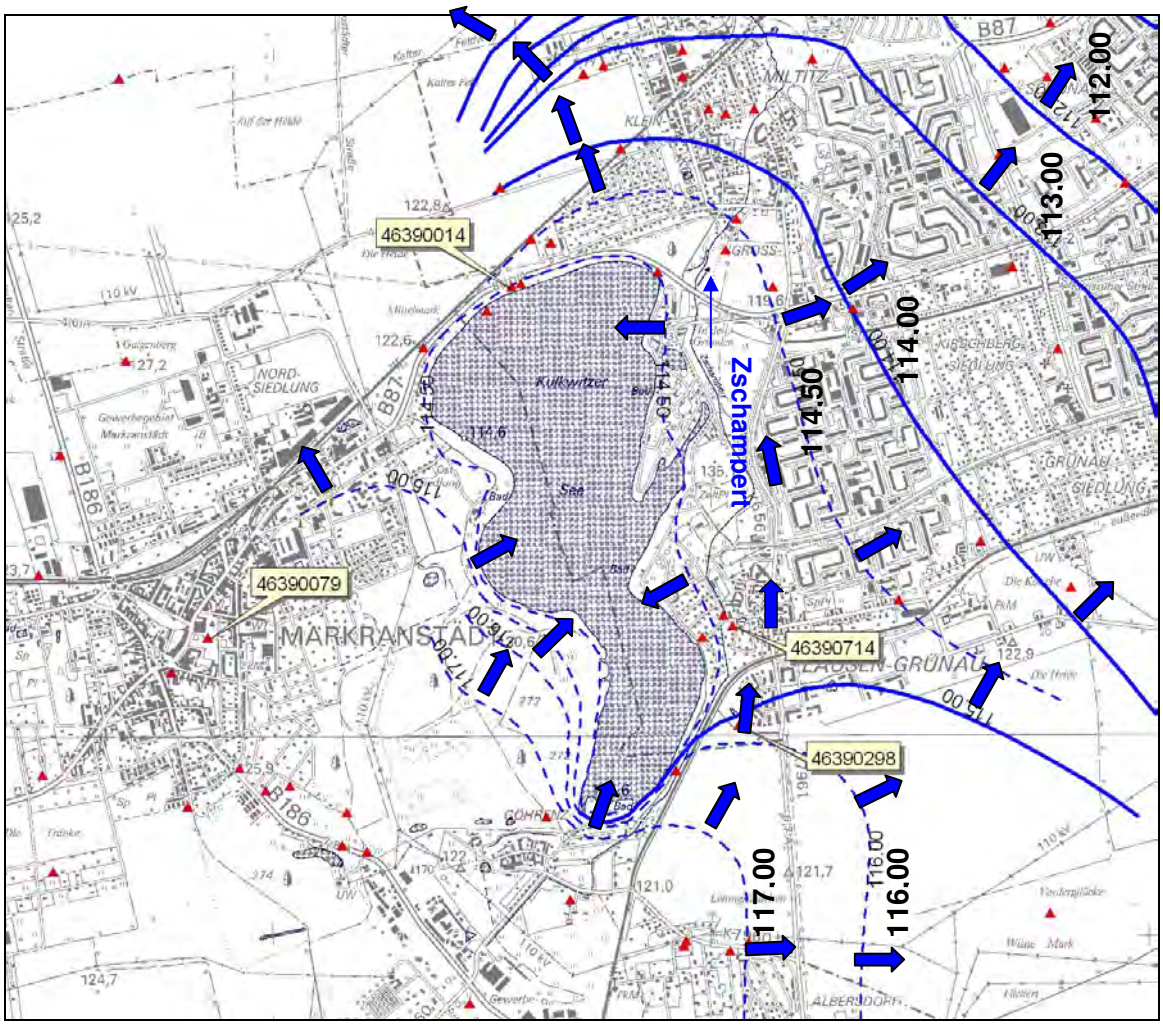



Abbildung 10: Grundwassergleichen östlich des Kulkwitzer Sees (Abbildung Regierungspräsidium Leipzig); unter Berücksichtigung von EISSMANN (1962)

Der Kulkwitzer See wird ausschließlich durch zuströmendes Grundwasser und einfallenden Niederschlag gespeist. Die Grundwassergleichen streichen in Richtung NW-SE; Hauptströmungsrichtung ist SW-NE. Durch den Kulkwitzer See ist dieses System gestört. Die Limitierung des Wasserspiegels auf das Niveau 145,5 mNN führt zu einem starken Strömungsgradienten am Ost- und Südufer des Sees. Abbildung 10 zeigt die Grundwassergleichen und die Strömungsrichtungen. In mittleren Jahren strömen dabei nach BGD (2002) 1.043.842 m³ Wasser aus den verschiedenen GWL zu. Die Menge verdoppelt sich in feuchten Jahren auf 2.095.567 m³. In trockenen Jahren dagegen sinkt sie dagegen um fast 18 % auf 856.728 m³. Der mengenmäßig stärkste Zufluss erfolgt dabei aus dem GWL 1.5. Die Zuflüsse aus den GWL 1.7 spielen eine untergeordnete

Rolle. Der GWL 2.6 ist vernachlässigbar. Die Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Zuflüsse der einzelnen GWL in mittleren, feuchten und trockenen Jahren.

Die Limitation des Wasserspiegels erfolgt durch Überpumpen von Tiefenwasser aus dem See in den Bach Zschampert. Ohne Regulierung würde sich dieser nach Berechnungen der LMBV (2005) in feuchten Jahren auf eine Höhe von 116,4 mNN einstellen. In trockenen Jahren würde er dagegen auf Grund der hohen Verdunstung bei 115,1 mNN stagnieren. Der Zwangswasserspiegel von 114,5 m sinkt im Vergleich dazu auf maximal 114,1 mNN. Nach LMBV (2005) wird daher die durchschnittlich abzuleitende Wassermenge zum Einstellen dieses Zwangniveaus mit 1,13 m³/min kalkuliert. Dies entspricht ungefähr dem Zufluss aus dem GWL 1.5 aus östlicher Richtung in einem mittleren Jahr. Derzeit wird eine oberirdische Verbindung des Kulkwitzer Sees mit dem Zschampert realisiert, welche das Überpumpen überflüssig macht. Die Freispiegelleitung soll bis Ende 2006 fertig gestellt werden (LACHMANN 2006).

Tabelle 3: Grundwasserzustrom (stationärer Zustand) nach IBGW (1998) in BGD (2002)

| Bilanz gebiet | GWL | VAR 2 (Wsp. 114,5 müNN) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m³/min | m³/a | % $\sum GW_{zu}$ | m³/min | m³/a | % $\sum GW_{zu}$ | m³/min | m³/a | % $\sum GW_{zu}$ |
| | | mittl. Jahr | | | feuchtes Jahr | | | trockenes Jahr | | |
| Ost | 1.5 | 1,290 | 678.024 | 65,0 | 1,954 | 1.027.022 | 49,0 | 1,033 | 542.945 | 63,4 |
| Nord | 1.5/1.7 | 0,198 | 104.069 | 10,0 | 0,749 | 393.674 | 18,8 | 0,136 | 71.482 | 8,3 |
| Kippe Kulk-witz | | 0,189 | 99.338 | 9,5 | 0,444 | 233.366 | 11,1 | 0,259 | 136.130 | 15,9 |
| Süd | 1.5 | 0,142 | 74.635 | 7,2 | 0,360 | 189.216 | 9,0 | 0,063 | 33.113 | 3,9 |
| Ost | 2.6 | 0,090 | 47.304 | 4,5 | 0,118 | 62.021 | 3,0 | 0,079 | 41.522 | 4,8 |
| West | 1.7 | 0,077 | 40.471 | 3,9 | 0,362 | 190.267 | 9,1 | 0,060 | 31.536 | 3,7 |
| $\sum$ | | **1,986** | **1.043.842** | **100** | **3,987** | **2.095.567** | **100** | **1,630** | **856.728** | **100** |

## 3.4 Morphometrie des Kulkwitzer und Miltitzer Teilbeckens

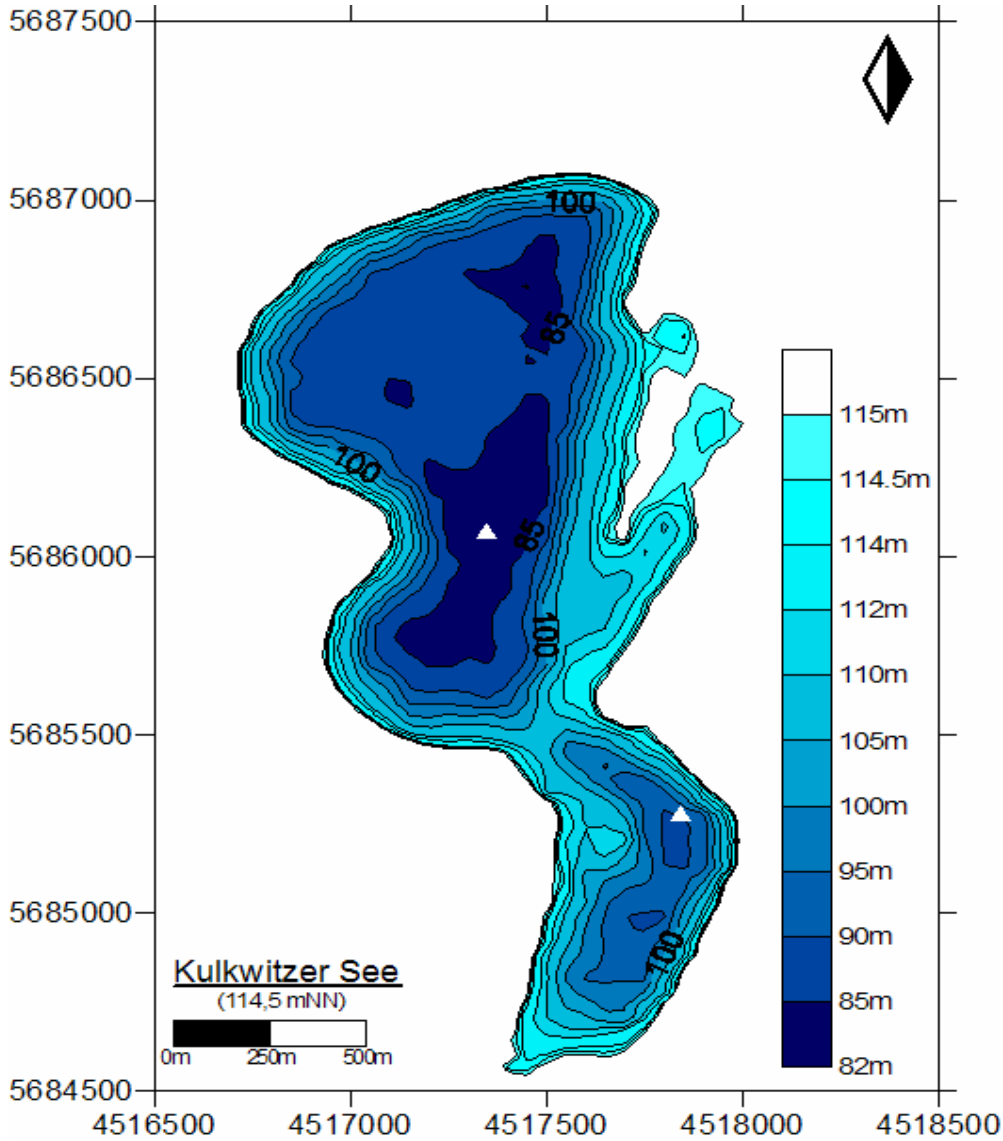



Abbildung 11: Morphometrie mit eingezeichneten Messstellen der Stichtagsmessungen

Der Kulkwitzer See entstand aus zwei ursprünglich getrennten Tagebauaufschlüssen (Abbildung 11 und Abschnitt 3.2). Der im Jahr 1978 durchstochene Damm (KLAPPER et al. 1981) behindert den Wasseraustausch durch seine geringe Tiefe von maximal 5 m. Die morphometrischen Daten bezüglich des Kulkwitzer Sees werden in Tabelle 4 wiedergegeben und in Abbildung 13 visualisiert.

Tabelle 4: Gewässerspezifische Parameter ergänzt nach IGBW (2000) & BGD (2001) in BGD (2002)

| Größe – bezogen auf das Stauziel von 114, 5 müNN | Symbol | Einheit | Norden (Miltitzer Teilbecken) | Süden (Kulkwitzer Teilbecken) | Kulkwitzer See gesamt |
|---|---|---|---|---|---|
| Wasserspiegel, Ziel-zustand | | müNN | 114,5 | 114,5 | 114,5 |
| Volumen, gesamt | V | Mio. m³ | 22,86 | 4,14 | 27,00 |
| Fläche | $A$ | km² | 1,219 | 0,364 | 1,586 |
| Max. Tiefe | $Z_{max}$ | m | 30,2 | 26,0 | 30,2 |
| Mittl. Tiefe | $Z_m$ | m | 18,8 | 11,4 | 17 |
| Aufenthaltszeit | $R_t$ | a | n.b. | n.b. | 30 |
| Oberirdisches Ein-zugsgebiet | | km² | n.b. | n.b. | 3,4 |
| Effektive Länge | $L_{eff}$ | km | 1,575 | 0,970 | 2,480 |
| Effektive Breite | $B_{eff}$ | km | 1,050 | 0,570 | 1,054 |

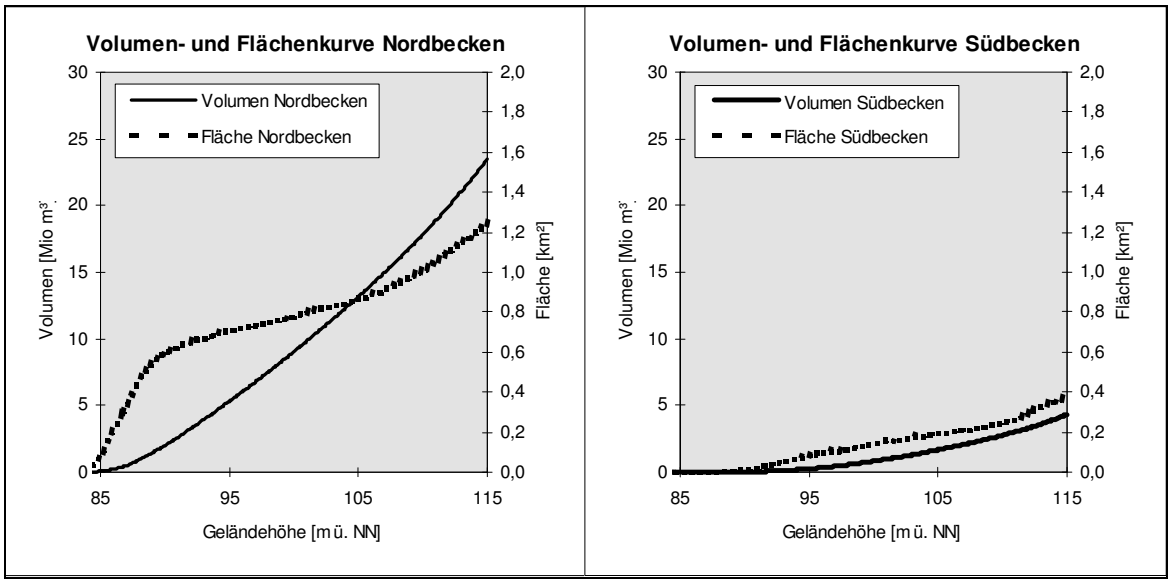



Abbildung 12: Restlochkennlinien (BGD 2002)

Die Restlochkennlinien (BGD 2002, Abbildung 12) zeigen die unterschiedliche Wichtung der beiden Teilbecken im Vergleich zum Gesamtsee. Das Nordbecken weist den für Tagebaurestseen so typischen wannenförmigen Grund auf. Flachwasserbereiche bestehen bis zu einer Tiefe von ca. 7 m (+107,5 mNN). Die bis in eine Wassertiefe von ca. 25 m (+89,5 mNN) reichende steile Böschung geht dann in den flachwelligen Seegrund über. Im Südbecken sind weniger ausgeprägte Tiefenbereiche vorhanden. Die Flachwasserbereiche dominieren aufgrund des Verhältnisses von Seeoberfläche zu Seetiefe.

Wendepunkte sind bei ca. 2-3 m (+112 mNN) und bei ca. 17,5 m (+97 mNN) auszumachen.

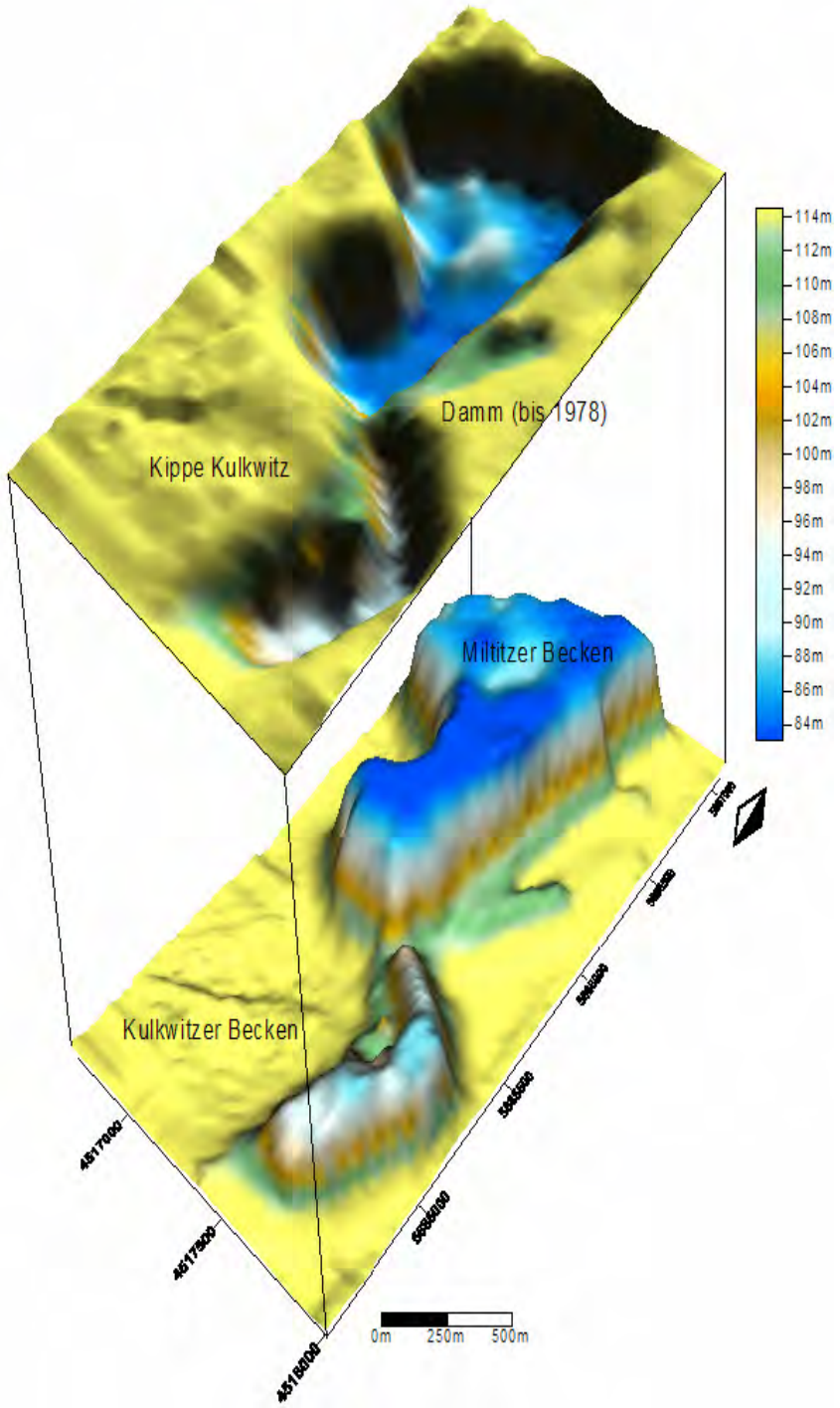



Abbildung 13: Morphometrie 3D (original und invers)

# 4 Datengrundlage

## 4.1 Hydrologische Daten

In dieser Arbeit wurde versucht, die bisher bekannten erhobenen Daten des Kulkwitzer Sees zusammenzuführen. Datenbezogene Veröffentlichungen sind meist Gutachten verschiedener Autoren: SCHÖNE (1977, 1978, 1981, 1982a, 1982b, 1983, 1984, 1985a, 1985b), PIETSCH (1979), KLAPPER et al. (1981), JENDRYSCHIK & MÜLLER (1988), JENDRYSCHIK (1989), IGBW (2000) und BGD (2002). Langjährige Messreihen zur Schichtung und chemischen Beschaffenheit wurden vom Regierungspräsidium Leipzig (CARMIENKE 2006) bereitgestellt. Die aktuell zeitlich höchstauflösenden Daten stammen von Sächsische Akademie der Wissenschaften (HANISCH et al. 2006).

Die Messungen nach HANISCH et al. (2006) erfolgten an zwei geeichten, durch Bojen markierten und via GPS (Global Positioning System) geodätisch erfassten Punkten im Miltitzer (RW 4517340 HW 5686105) und im Kulkwitzer Teilbecken (RW 4517860 HW 5685266) (Abbildung 11). Mit Tiefenmesssonden (Firma WTW) wurden die Parameter elektrische Leitfähigkeit [µS/cm], Temperatur [°C], pH-Wert, gelöster Sauerstoff [mg/l] und Sauerstoffsättigung [%] erfasst. Der Chlorophyllgehalt [µg/l] und die Trübung [TEF] konnten nur bis 12 m bzw. 20 m Tiefe gemessen werden. Der Messabstand beträgt jeweils 1 m ab der Oberfläche bis Grund. Zusätzlich wurde die Sichttiefe mit Hilfe der Secci-Scheibe bestimmt und Oberflächenwasserproben zur SAK-252-Bestimmung entnommen.

Die Daten von CARMIENKE (2006) erfassen ebenfalls die wichtigsten limnologischen Parameter. Darüber hinaus umfassen einzelne Stichtagmessungen umfangreiche chemische Analysen. Die Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die bestimmten Parameter.

Die Stichtagmessungen umfassen den Zeitraum 1977-2006. Eine Übersicht zur Datendichte bietet Tabelle 6.

In der vorliegenden Arbeit wurde nach dem durch die LAWA (1998) vorgeschlagenen Trophiesystem klassifiziert (Abschnitt 2.3). Bewertet wird nach dem 5-stufigen System in Anlehnung an den Fachbereichsstandart (1982) „Stehende Gewässer TGL 27885/01“. In diese Klassifikation gehen neben der Ermittlung von hydrogeografischen Seenklassen auch die quantitative Beschreibung des Referenzzustandes unter Zuhilfenahme des potentiellen natürlichen Nährstoffeintrags sowie der trophiesteuernden Kenngrößen der

Seebeckenmorphometrie und die quantitative Beschreibung des Istzustandes ein. Die zugrunde liegenden Formeln können dem Anhang I entnommen werden.

Tabelle 5: Chem./physik. Analyseparameter in CARMIENKE (2006)

| Parametergruppe | | Einheit |
|---|---|---|
| Stickstoff | $TN$, $TON$, $TAN$, $NO_2 - N$, $NO_2^{1-}$, $NO_3 - N$, $NO_3^{1-}$, $NH_4 - N$, $NH_4^{2-}$ | mg/l |
| Phosphor | $TP$, $o - Phosphat - P$, $o - Phosphat$, $SRP - filtriert$ | mg/l |
| Anionen | $SO_4^{2-}$, $S^{2-}$, $Cl^-$, $F^-$, $HCO_3^-$ | mg/l |
| Kationen | $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, $Na^+$, $K^+$, | mg/l |
| Eisen und Mangan | $Fe^{3+/2+}_{gesamt/gelöst}$, $Mn_{gelöst}$ | mg/l, µg/l |
| Verbindungen | $SiO_2$, $CaCO_3$, $H_2CO_3$ | mg/l |
| Organik | $TOC$, $DOC$, $SAK_{252}$ | mg/l, 1/m |
| Schwermetalle | $Ag_{gel}$, $Al_{gel}$, $As_{gel}$, $B_{gel}$, $Ba_{gel}$, $Be_{gel}$, $Cd_{gel}$, $Co_{gel}$, $Cr_{gel}$, $Cu_{gel}$, $Ni_{gel}$, $Mo_{gel}$, $Pb_{gel}$, $Tl_{gel}$, $U_{gel}$, $Zn_{gel}$ | µg/l |
| weitere chem./physik. Parameter | $CSB$, $KS_{4,3}$, $KB_{8,2}$ | mg/l, mmol/l |

## 4.2 Klimadaten

Die verwendeten Klimadaten stammen vom Deutschen Wetterdienst (DWD) und sind im Internet unter www.DWD.de frei verfügbar. Für die naturräumliche Einordnung wurden die Daten der geographisch nächst gelegenen Wetterstationen 10469 Leipzig-Schkeuditz herangezogen. Der Datensatz (DWD 2006) umfasst Tagesmittelwerte des Zeitraums 1991 bis 2006 und wird ständig aktualisiert.

## 4.3 Biologische Daten

Die Daten zum Fischbesatz folgen den Studien des IfB (2000) in FLORIAN & LINGELBACH (2006) und RÜMMLER et al. (2005), gemessen durch Probebefischungen unterschiedlicher Art.

Als Teilstudie in BGD (2002) hat die Firma IDUS Biologisch Analytisches Umweltlabor GmbH in Ottendorf-Okrilla (UBG 2004) umfangreiche Planktonanalysen nach TÜMPLING & FRIEDRICH (1999) durchgeführt. BGD (2002) führte im Jahr 2001 eine umfangreiche Makrophytenkartierung im Kulkwitzer See durch. Von Tauchern beprobte Strecken zeichnen ein repräsentatives Bild der Ausbreitung und Biodiversität im See.

Tabelle 6: Übersicht der Stichtagmessungen (Nord = Miltitzer Becken, Süd = Kulkwitzer Becken)

| Nord | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D | | | | | | | | | | | | 17 | 15 | 14, 28 | | | | | | | 4 | | | | | | | | | 7, 22 | |
| N | | | | | | | | | | | | 12 | 3, 17, 30 | 2, 30 | 2, 15 | | | | 23 | | 11 | 6, 27 | 4 | 1 | 29 | 19 | 18 | 13 | 15 | 7 9,24 | |
| O | | | | | | | | | 21 | | | 14 | 3 6, 20 | 5, 10 | 4, 18 | 25 | | | 18 | 4 | 2, 15 | | | | 25 | 9 22 | 9 | 8 | 18 | 11 | |
| S | | | | 24 | | | | 21 | | | | 30 | 1, 22 | 4 5, 21 | 6, 19 | 9 | | | | | 3, 16 | | 23 | | 27 | 25 | 11 | | 20 | 14, 27 | 26 15, 29 |
| A | | | | | | | | | | | | | 18 | 10, 24 | 10,28 27 | 9, 22 | | | 30 | | 19 | 27 | | | 24 | 30 | | 8 | | 4, 17, 31 | 29 2,16, 30 |
| J | 19 | | | | | | | | | 15 | | 2, 15 | 28 | 27 | 12, 26 | 22 | | | | | 10 | 11 | 9 | | 31 | 23 | 17 | 14 | 26 | 6, 20 | 11 5, 19 |
| J | | 22 | | | | | | | | | | | 2, 30 | 1, 15 27 | 14 | | | | | | 19 | | | 15 | 13 | | | | 1 | 1, 8, 22 | 6 8, 20 |
| M | | | 31 | | | | 24 | | 2 | | | | 5, 16 | 4, 18 | 3, 17, 31 | 13 30 | 8 | | | | 23 | 22 | 28 | 31 | | 31 | 27 | 19 | | 25 | 10, 24 |
| A | | | | 19 | | | | 18 | | 22 | | | 14 | 6 20 | 9 5, 19 | 11, 26 | 23 | | | | 15 | | 15 | | 6 | | | | | 6 | 12, 25 |
| M | | | | | | | | | | | | | 10 | 9,23 | 8, 22 | 14 | | | | | | 26 | | 22 | | 28 | 26 | 31 | 29 | | 30 |
| F | | | | | | | | | | | | | 18 | 23 | 8, 22 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | | | | | | | | | | | | | 14 | 12, 26 | 11 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 1 | 1 | 2 | | | 1 | 2 | 2 | 2 | | 6 | 19 | 24 | 23 | 11 | 2 | | 3 | 1 | 11 | 6 | 5 | 4 | 7 | 8 | 6 | 6 | 6 | 22 | 14 |

| Süd | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D | | | | | | | | | | | | 30 | 15 | 14, 28 | | | | | | | 4 | | | | | | | | | 7 | |
| N | | | | | | | | | | | | 26 | 3, 30 | 2, 16 | 2, 15 | | | | 23 | | 11 | | 4 | 1 | 29 | 19 | 18 | 13 | 15 | 7 9,14 | |
| O | | | | | | | | | | | | 8,22 | 6 | 5, 19 | 4, 18 | 25 | | | 13,18 | | 15 | | | | | 23 | 10 | 13 | 19 | 11 | |
| S | | | | | | | | | | | | | 8 | 5 21 | 6, 9 | | | | | | 16 | 12 | 23 | | 27 | 24 | 12 | 9 | 21 | 14 | 27 15, 29 |
| A | | | | | | | | | | | | | 11, 18 | 10, 24 | 10, 28 | 9, 22 | | | 29 | | 5, 19 | 27 | | | 24 | | | | | 4, 17, 31 | 30 2, 16 |
| J | | | | | | | | | | | | 2, 15 | 13 | 13, 27 | 12, 26 | 22 | | | | | 10,22 | 11 | 9 | | 31 | 24 | 29 | 15 | 17 | 6, 20 | 12 5, 19 |
| J | | | | | | | | | | | | | 16 | 1, 15 27 | 14 | | | | | | 19 | | | 15 | 13 | 6 | | | 2 | 7 | 8, 22 8, 20 |
| M | | | | | | | | | | | | | 19 | 4, 18 | 3, 17, 31 | 30 | 8 | | | | 23 | 22 | 28 | 31 | | | 28 | 20 | | 25 | 27 10, 24 |
| A | | | | | | | | | | | | | 21 | 6 20 | 5, 19 | 11, 26 | 23 | | | | 15 | | 15 | | 6 | | | | | 6 | 12, 25 |
| M | | | | | | | | | | | | | 31 | 9 | 8, 22 | 14 | | | | | | | | 22 | | 28 | 26 | 31 | 29 | | 30 |
| F | | | | | | | | | | | | | 25 | 9, 23 | 22 | 11, 18 | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | | | | | | | | | | | | | 23 | 12, 26 | 11 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 6 | 19 | 23 | 20 | 11 | 2 | | 4 | | 11 | 4 | 5 | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 20 | 13 |

| | |
|---|---|
| SAW | Sächsische Akademie der Wissenschaften (JENDRYSCHIK et al. 1988, JENDRYSCHIK 1989, HANISCH et al. 2006, SAW) |
| RPL | Regierungspräsidium Leipzig (CARMIENKE 2006) |
| BGD | Boden und Grundwasserlabor GmbH Dresden (BGD 2002) |

# 5 Entwicklung der Wasserbeschaffenheit im Kulkwitzer See

## 5.1 Schichtungsentwicklung

Der Kulkwitzer Seen gehört zu den dimiktischen Seen, die laut SCHWOERBEL (1999) für den gesamten nördlichen eurasiatischen und nordamerikanischen Raum charakteristisch sind (Abschnitt 2.1). Sie bilden im Sommer eine Temperaturschichtung und im Winter eine Eisdecke. Gemäß der Definition des dimiktischen Subtypus (SCHÖNBORN 2003) baut sich im Kulkwitzer See nach der Frühjahrsvollzirkulation und Frühjahrsteilzirkulation ein stabiles Epilimnion auf. Nach der Sommerstagnation wird es durch die Herbstteil- und Herbstvollzirkulation zerstört. Im Winter findet keine windbedingte Mischung statt. Abgeschirmt durch eine geschlossene Eisdecke verharrt der See in Winterstagnation. Vom Frühjahr bis in den November existiert eine dreistöckige Wassersäule. Das oberflächennahe Epilimnion wird durch das Metalimnion, auch als Thermokline und Sprungschicht bezeichnet, vom liegenden Hypolimnion getrennt. Das Epilimnion nimmt dabei im Verlauf des Jahres an Mächtigkeit zu, wogegen sich das Hypolimnion dazu relativ verringert. Die Grenze zum Metalimnion ist als Temperaturunterschied von >1 K/m definiert. Es handelt sich demnach um einen, von Temperatur gesteuerten, die Dichte beeinflussenden physikalischen Prozess (Abschnitt 2.2).

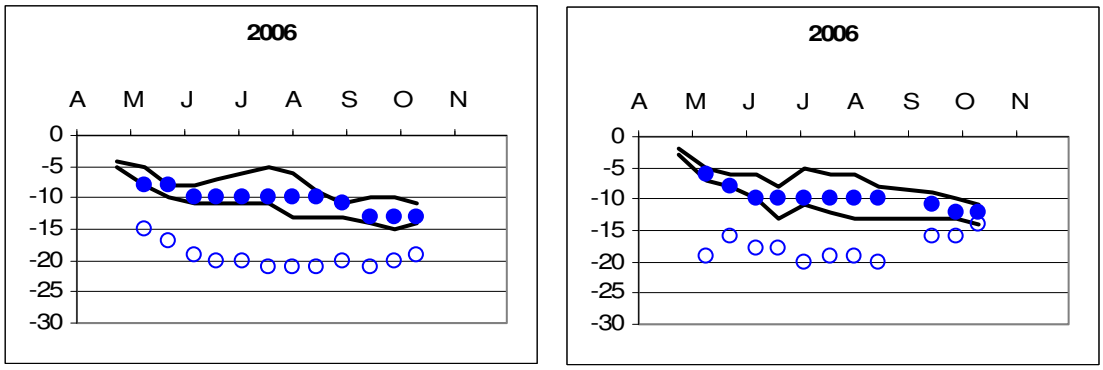



Abbildung 14: Schichtungsentwicklung 2006 (schwarz: Grenzen des Temperaturgradienten >1 K/m, blau-gefüllt: Maximum der Sauerstoffübersättigung, blau-leer: Sauerstoffsättigung <100%)

Im Kulkwitzer See (Abbildung 14) nimmt das Epilimnion im Jahr 2006 ab Ende April bis Mai kontinuierlich an Mächtigkeit zu. Ab Mitte Mai verringert es sich bis Juni, um aufgrund des überdurchschnittlich heißen Julie stark zuzunehmen. Von anfänglich 5 m erreichte es bis Oktober Tiefen um 12 m. Das Metalimnion ist in seiner Mächtigkeit im Sommer erwartungsgemäß am stärksten ausgebildet. Gegen Ende der Jahre 2005 und

2006 schwächt sich der Temperaturgradient ab und die Sprungschicht löst sich zwischen Oktober und November mit dem Einsetzten der Herbstzirkulation auf. Der Temperaturgradient beeinflusst neben der Dichte des Wassers auch dessen Lösungsverhalten für Sauerstoff. Das Sauerstoffmaximum bewegt sich innerhalb des Metalimnions (Abbildung 14). Das wärmere Epilimnion kann durch Kontakt an die Atmosphäre (Partialdruck) den Sauerstoff ausgasen. Die Einschichtung des Sauerstoffs bleibt während der gesamten Sommerstagnation sichtbar und löst sich erst mit der Herbstzirkulationen auf (Abbildung 29 und 30 im Abschnitt 5.6).

Die Abbildungen 15 und 16 geben die Verhältnisse im Schichtungsverhalten für die beiden Teilbecken des detailliert untersuchten Zeitraums 2005-2006 in visualisierter Form wieder.

Es bestehen keine Unterschiede im Schichtungsverhalten der beiden Teilbecken. Die Mächtigkeiten des Epilimnions schwanken jedoch in der historischen Betrachtung. Die Sprungschicht erreicht im Herbst Tiefen zwischen 15 und 20 m. Eine allgemeine Tendenz gibt es jedoch nicht.

Anhang II dokumentiert die Schichtungsentwicklung zwischen 1987-2006 unter Einbezug aller Daten entsprechend der Abbildung 14.

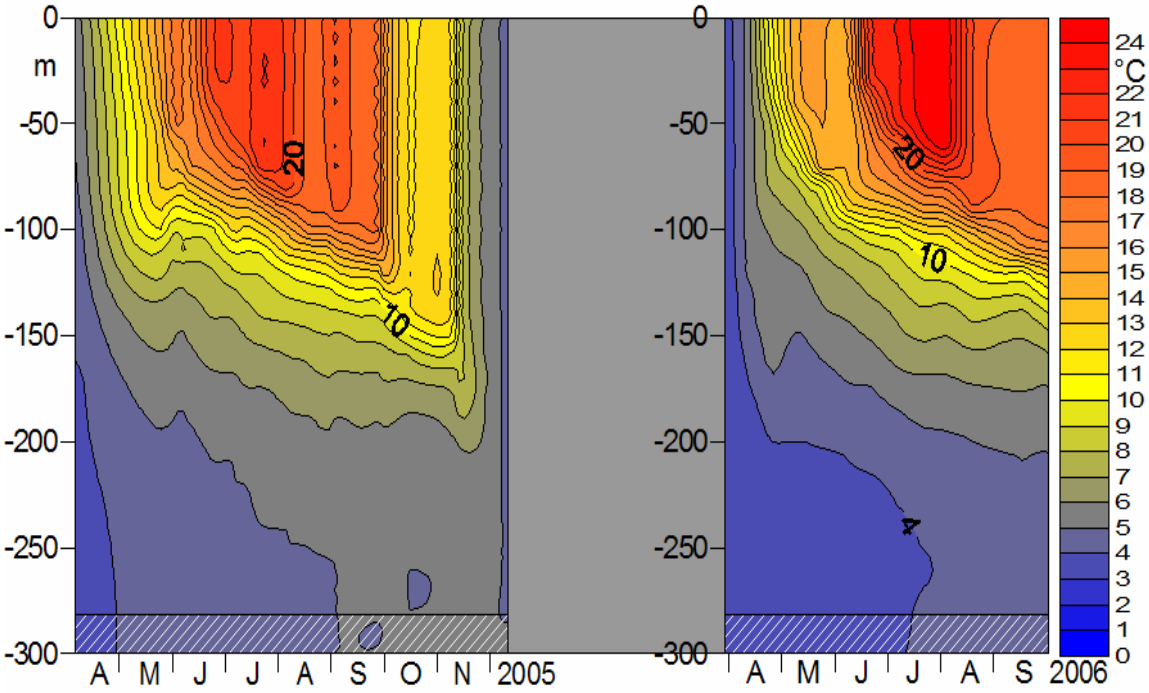



Abbildung 15: Temperaturverteilung [°C] 10x überhöht im Miltitzer Becken 2005-2006

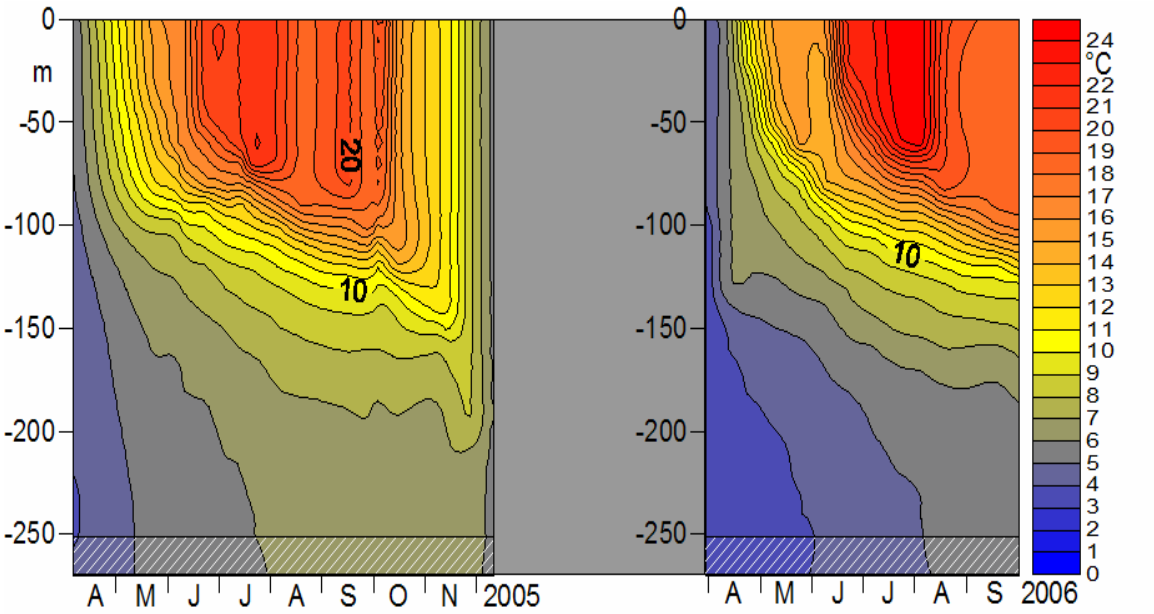



Abbildung 16: Temperaturverteilung [°C] 10x überhöht im Kulkwitzer Becken 2005-2006

## 5.2 Sichttiefe

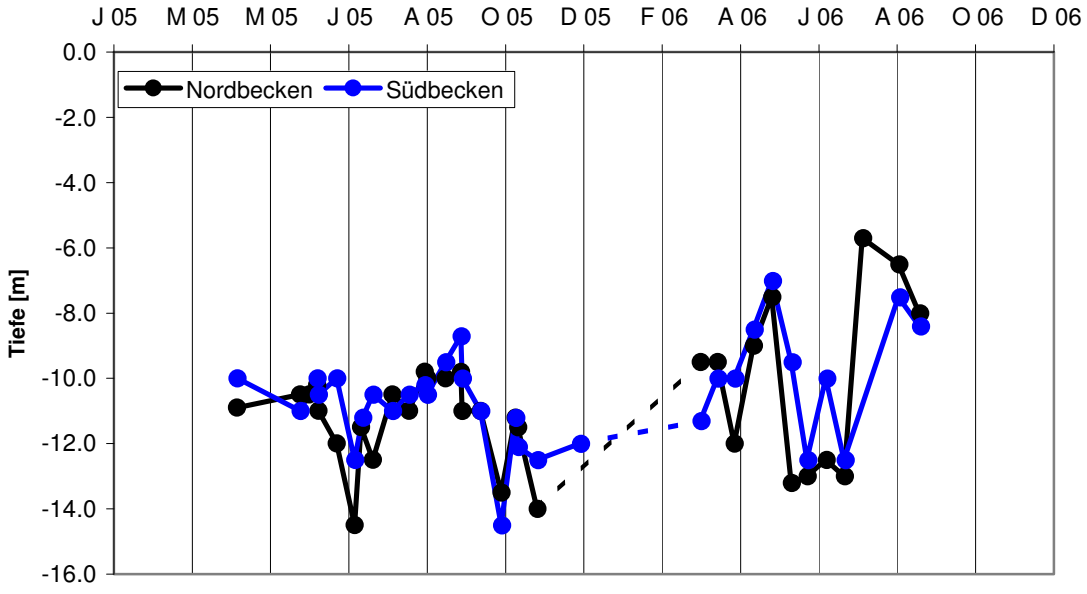



Abbildung 17: Entwicklung der Sichttiefe 2005-2006

Die Ermittlung der Sichttiefe ergibt einen groben Hinweis über die Lichtdurchlässigkeit (SCHWOERBEL 1999) in einem See. Die Langzeitbeobachtung des Kulkwitzer Sees gibt Aufschluss über die Variabilität dieses Parameters im Zeitraum von 1977 bis 2006 (An-

hang III). Nach der Frühjahrszirkulation sinkt mit steigender Bioproduktion des Phytoplanktons die Sichttiefe. Ein erstes Minimum wird im Zeitraum April-Mai erreicht. Sich aufgrund des Nahrungsüberangebots vermehrendes Zooplankton frisst das Phytoplankton im Zeitraum Juni-Juli. Die Sichttiefe erhöht sich in diesen Klarwasserstadien um 2 bis 4 m, 1996 sogar um 6 m, gegenüber der mittleren sommerlichen Sichttiefe und erreicht ihr Maximum. In den Zeiträumen 1987-1992, 1996 bzw. 2005-2006 (Abbildung 17) konnte dies anschaulich nachgewiesen werden. Ab August stellen sich die Sichttiefen wieder auf das Ausgangsniveau ein. Ende September bildet sich erneut ein Minimum aus. Ursache ist vermutlich der Eintrag von Nährstoffen abgestorbener Makrophyten, die ein erneutes Algenwachstum begünstigen. Ab Oktober erhöhen sich die Werte erneut und erreichen bis November durch das Erlöschen der Bioproduktion und dem Absinken der Schwebstoffe ein weiteres Minimum.

Die Sichttiefen variieren innerhalb eines Jahres teilweise deutlich. Die Schwankungsbreite hat im Jahresvergleich der Daten jedoch abgenommen. Lag sie 1987-1992 noch bei bis zu 10 m, so erreichen neuere Messungen max. 7 m Unterschied. Im Allgemeinen fällt auf, dass das Kulkwitzer Teilbecken meist geringere Sichttiefen aufweist. Der jahreszeitliche Trend ist jedoch gleich. Dieser ist ferner durch eine 10-12 jährige Periodizität geprägt. Inwieweit dies mit dem Sonnenfleckenzyklus in Zusammenhang gebracht werden kann, wurde nicht explizit untersucht.

Nach LAWA (1998) beschreiben die Sichttiefen den See als oligotroph (Abschnitt 5.7).

### 5.3 Mineralisation, Leitfähigkeit und anorganische Wasserbeschaffenheit

Das der Kulkwitzer See ein Bergbaurestsee ist, spiegelt sich deutlich in der Mineralisation des Typs Ca-Mg-Na-K-$SO_4$-Cl-$HCO_3$ wieder. Der Salzgehalt schwankt je nach Wassertiefe im Bereich 1450-1650 mg/l (Abbildung 18). Es wurden keine Unterschiede zwischen den beiden Teilbecken des Sees beobachtet (Tabelle 7, Abbildung 21 und 22).

Die elektrische Leitfähigkeit beschreibt die Verteilung der Mineralisation im Wasserkörper (Abbildung 19 und 20). Deutlich wird die Abhängigkeit zu den Schichtungsprozessen. Generell zeigt sich eine Zunahme mit steigender Tiefe. Während der Sommerstagnation führen die Assimilationsprozesse zur Verringerung des Nährstoffangebots und verringern damit die Gesamtmineralisation im Epilimnion. Der Gradient wird durch die Herbstzirkulation aufgelöst. Ingesamt ist die elektrische Leitfähigkeit aufgrund der tagebaurestseetypischen Mineralisation erhöht. Die Spannweite reicht von 1950-2100 µS/cm.

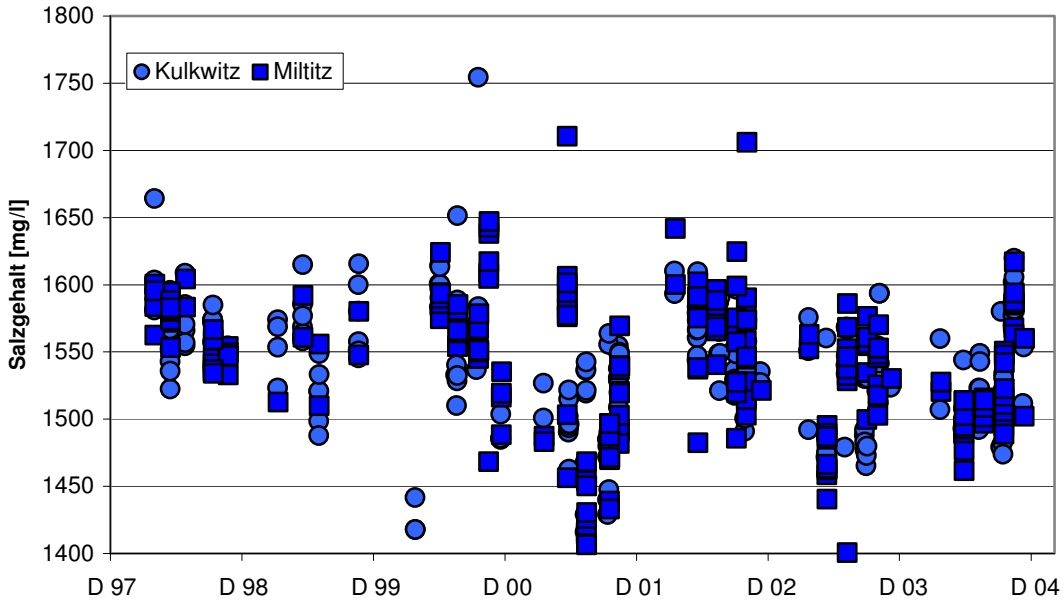



Abbildung 18: Salzgehalt 1998-2004

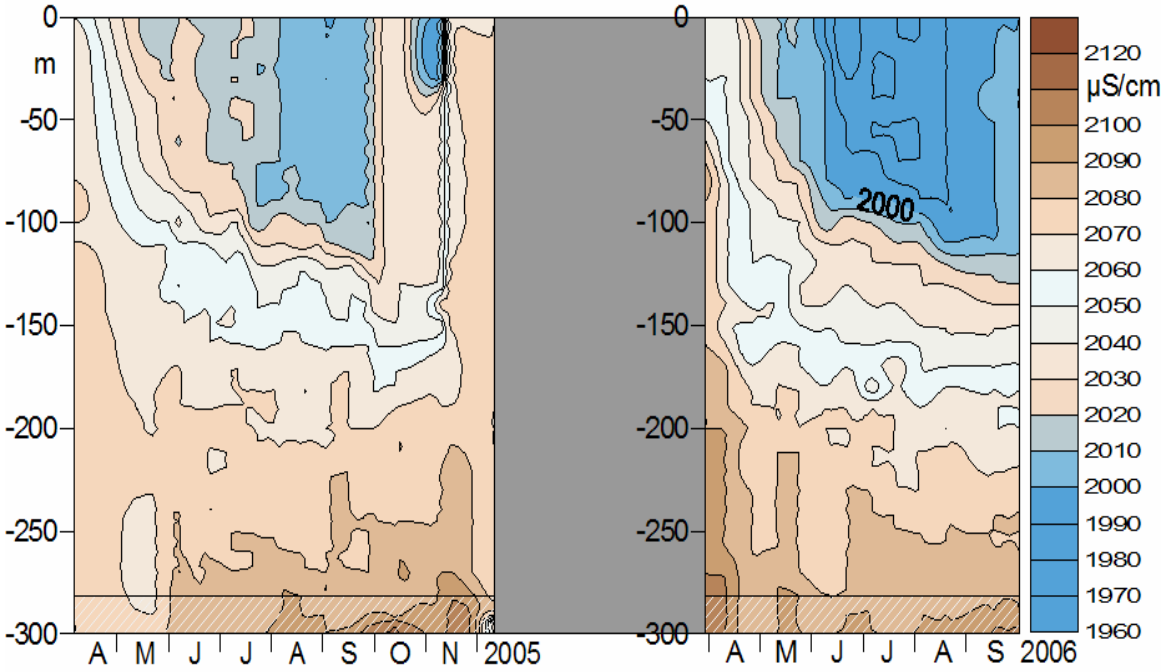



Abbildung 19: Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit [µS/cm] 10x überhöht im Miltitzer Becken 2005-2005

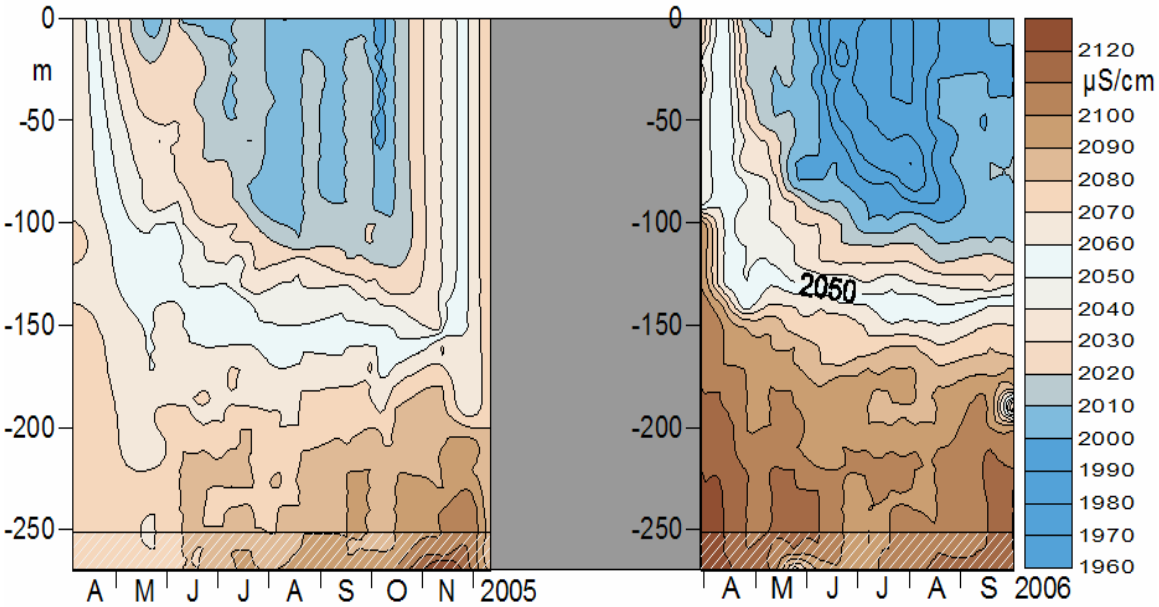



Abbildung 20: Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit [µS/cm] 10x überhöht im Kulkwitzer Becken 2005-2005

Das **Sulfat** stammt im Wesentlichen aus der eingespülten sulfatreichen Kraftwerksasche, der Pyritoxidation der anstehenden Böschungen, dem Grundwasser (KRINGEL & CARMIENKE 2000) und der Sulfatrücklösung aus den Seesedimenten. Die Verklappung der Asche geschah im Zeitraum 1976/1978 und 1978/1980 (IGBW 2000). Den hohen Sulfatwerten von über 1000 mg/l (Abbildung 22) folgt eine Phase der Sulfatdepression Anfang bis Mitte der achtziger Jahre durch die Vereinigung der beiden Seebecken (Dammdurchbruch 1978) infolge von Verdünnungseffekten der Gesamtkonzentration. Bis heute bewegen sich die Werte auf hohem Niveau um 900 mg/l. Das Sulfat bleibt das dominierende Anion. Eine vertikale Differenzierung ist in beiden Teilbecken nach IBGW (2000) nicht zu beobachten.

Die **Chlorid**werte schwanken im Bereich 15-17 mg/l. Nach anfänglicher Zunahme Ende der achtziger Jahre (vgl. KRINGEL & CARMIENKE 2000) um 2 mg/l kehrt sich dieser Trend Ende der neunziger Jahre um (Abbildung 22). Die Konzentrationen verringern sich und stagnieren seit 1999 bei 15-16 mg/l. Damit entsprechen sie der natürlichen Konzentration im Grundwasser (WORCH 1997).

Der See weist einen durchschnittlichen Gehalt von 85 mg/l **Hydrogenkarbonat** auf (Abbildung 22) und ist daher als Hartwassersee einzustufen (SCHÖNBORN 2003).

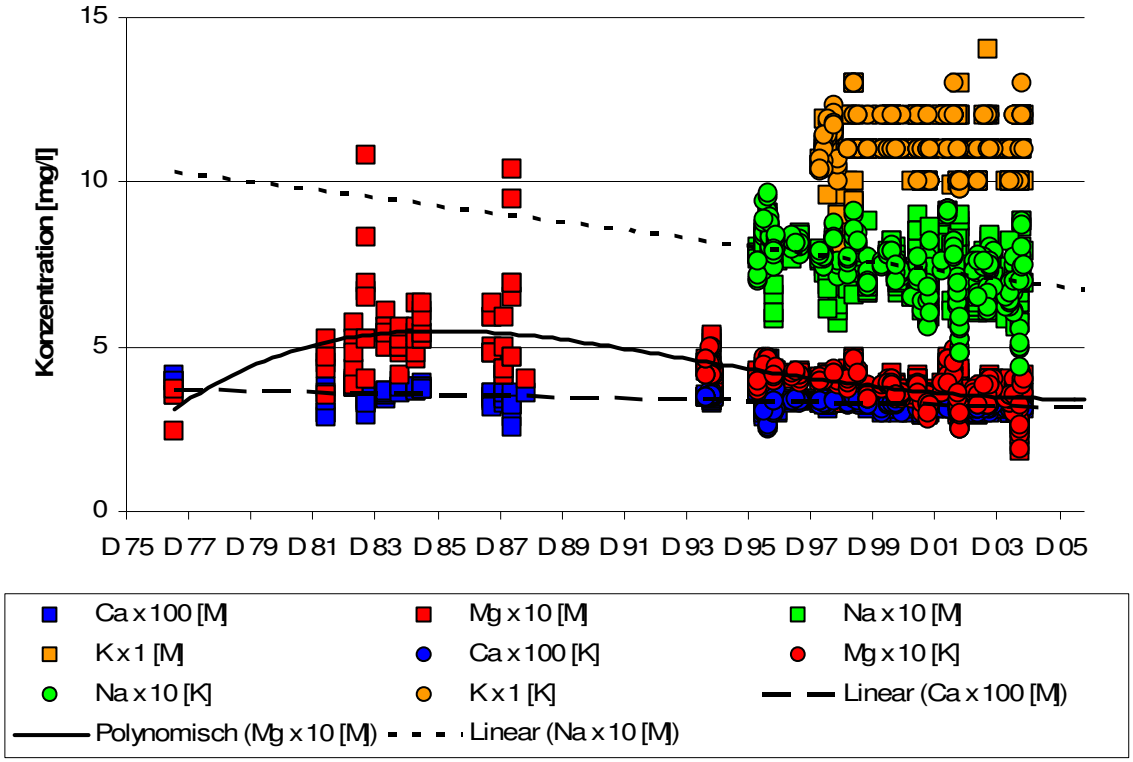



Abbildung 21: Entwicklung der Kationen-Konzentration 1977-2006

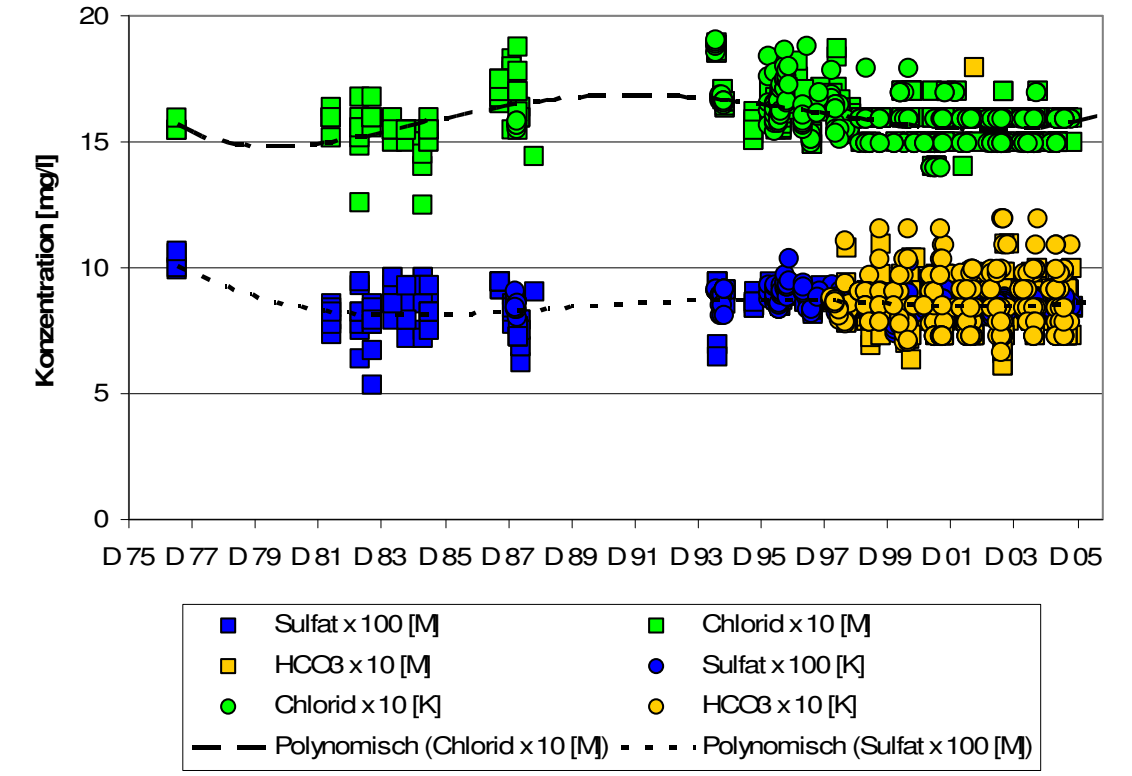



Abbildung 22: Entwicklung der Anionen-Konzentration 1977-2005

Das dominierende **Kation** ist das Calcium (Abbildung 21). Es tritt in durchschnittlicher Konzentration von 330 mg/l auf. Das Calcium steht über das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht mit dem Hydrogenkarbonat in Verbindung. Der hohe Anteil in den Sedimenten (Abschnitt 3.3.3) weist auf Calziumfällung hin. Diese ist im Norden tendenziell höher (BGD 2002). Die Konzentration in der Wassersäule nimmt über den Langzeittrend nur geringfügig ab.

Das **Magnesium** mit einer durchschnittlichen Konzentration von 41 mg/l zeigt einen zeitlichen Trend (Abbildung 21). In den achtziger Jahren ist die Schwankungsbreite der Messwerte deutlich größer. Der mittlere Gehalt lag höher als heute. Nach einen Absinken der Werte Anfang bis Mitte der neunziger Jahre bleiben die Konzentrationen bei 34 mg/l stabil.

Das **Natrium** ist wie sein Kohärention Chlorid relativ hoch konzentriert. Der durchschnittliche Gehalt liegt bei 74 mg/l. Trotz des starken Schwankungsbereiches ist im vorliegenden Wertezeitraum 1995-2004 eine Abnahme der Konzentration nachweisbar (Abbildung 21).

Das **Kalium** spielt für die Ionenbilanz eine geringe Rolle. Die geringen Konzentrationen zwischen 10-13 mg/l bleiben stabil (Abbildung 21).

Dreiwertiges **Eisen** ist im Wasser fast ganz unlöslich. In Lösung geht es als zweiwertiges Eisen, meist als Hydrogencarbonat. Die Lösungsbedingungen werden von SCHWOERBEL (1999) definiert mit einer Sauerstoffsättigung unter 50 %, dem Vorhandensein von zersetzbaren organischem Material, einem hohen Gehalt an freiem $CO_2$ und einen pH-Wert unter 7,5. Ähnliche Bedingungen gelten auch für das **Mangan**. Der Eisengehalt im Kulkwitzer See ist sehr gering (Tabelle 7 und Abschnitt 3.3.3). Die Bedingungen für die Eisen- und Manganfällung und deren Akkumulation in den Seesedimenten sind nur während der Winterstagnation gegeben. Im Epi- und Metalimnion sind durch die ganzjährig hohen pH-Werte über 7.5 zwar Fällungen möglich, allerdings werden diese im sauerstoffarmen Tiefenwasser rückgelöst. Die Ausfällung von Eisenhydroxiden ist tendenziell im Kulkwitzer Becken höher (BGD 2002).

Die (Schwer)**Metalle** im Kulkwitzer See sind von vernachlässigbarer Bedeutung. Aluminium, Cadmium und Chrom lassen sich in den meisten Proben nicht nachweisen oder liegen im Bereich der Nachweisgrenze. Die Grenzwerte nach LAWA (1997/98 & 2001) und DVWK (1993) für Blei, Cadmium, Chrom, Nickel und Zink werden nicht erreicht. Insgesamt liegt die Schwermetallbelastung des Kulkwitzer Sees am unteren Ende des in

Mitteldeutschland gefundenen Schwankungsbereichs für Oberflächengewässer (ENDER 2004). Eine Übersicht bietet die Tabelle 7.

### 5.4 Nährstoffe

Die wichtigsten Nährstoffe sind Stickstoff und Phosphor. Sie liegen in der Wassersäule und im Sediment in unterschiedlichen Phasen vor. Eine Übersicht bietet die Tabelle 7.

Für das Algen- und Makrophytenwachstum von besonderer Bedeutung ist der **Phosphor**. Die Gesamtkonzentrationen liegen im Durchschnitt bei 0,018 mg/l. Ein Großteil der Messungen liegt jedoch unterhalb der Nachweisgrenze. Dies gilt ebenso für das $o-Phosphat-P$, das $o-Phosphat$ und $SRP-filtriert$.

Phosphor ist ein wichtiger Trophieanzeiger (Abschnitt 5.7). Die geringen Konzentrationen weisen auf oligotrophe Verhältnisse hin. Trotz der hohen touristischen Nutzung durch Badegäste sind die Einträge von Phosphor und Nitrat gering. Es herrscht keine Nährstoffbelastung vor. BGD (2002) geben für 2000 P-Einträge über verschiedene Pfade an (Abbildung 23).

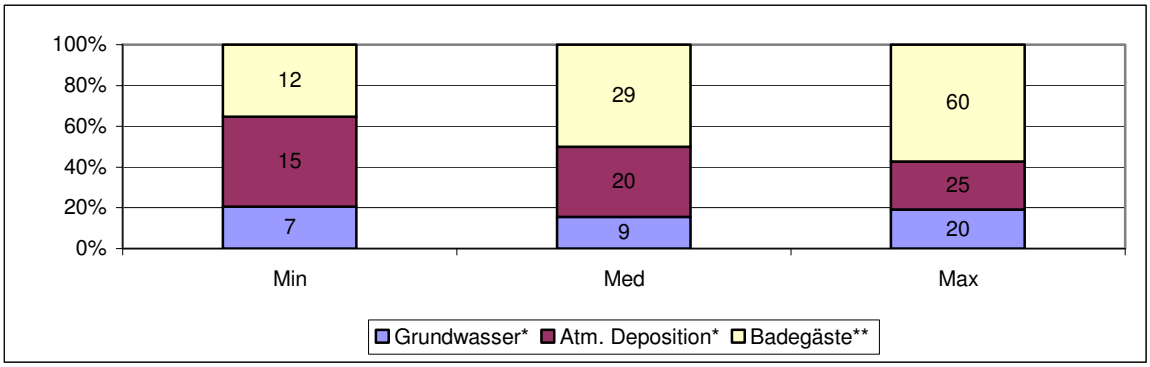



Abbildung 23: P-Einträge in g/m²d und % im Jahr 2000 nach BGD (2002), *Min: trockenes Jahr, Max: feuchtes Jahr; **Min: 0,04 g/BG*d, Max: 0,19 g/BG*d

Im Durchschnitt wird somit das meiste Phosphor durch den Urin der Badegäste eingetragen. Ein Beispiel gibt SIEBER (1988). Er beziffert die Menge an eingetragenem Urin bei einer Frequentierungsrate von 10.000 Badegästen pro Tag und Saison auf 80,4 t. Heutzutage werden allerdings solche Besucherzahlen kaum noch erreicht.

In der Langzeitbetrachtung treten in den achtziger Jahren teilweise höhere Werte von $o-Phosphat$ in Erscheinung (Abbildung 24). $TP$-Konzentration wurden in diesem Zeitraum nicht bestimmt. Die Schwankungsbreite verringert sich mit zunehmendem Alter des Sees. Unterschiede zwischen den Teilbecken bestehen nicht.

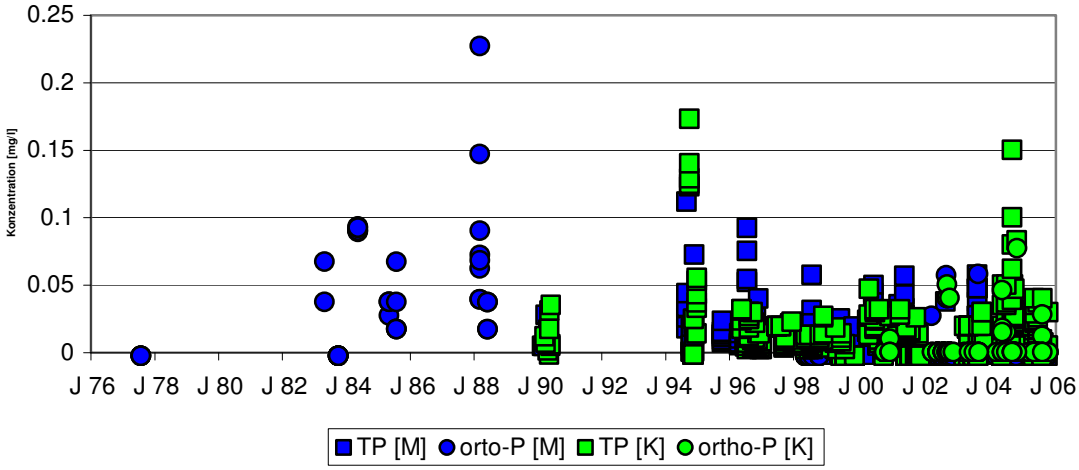



Abbildung 24: Entwicklung der $o-Phosphat$ - und $TP$ -Konzentration 1977-2005

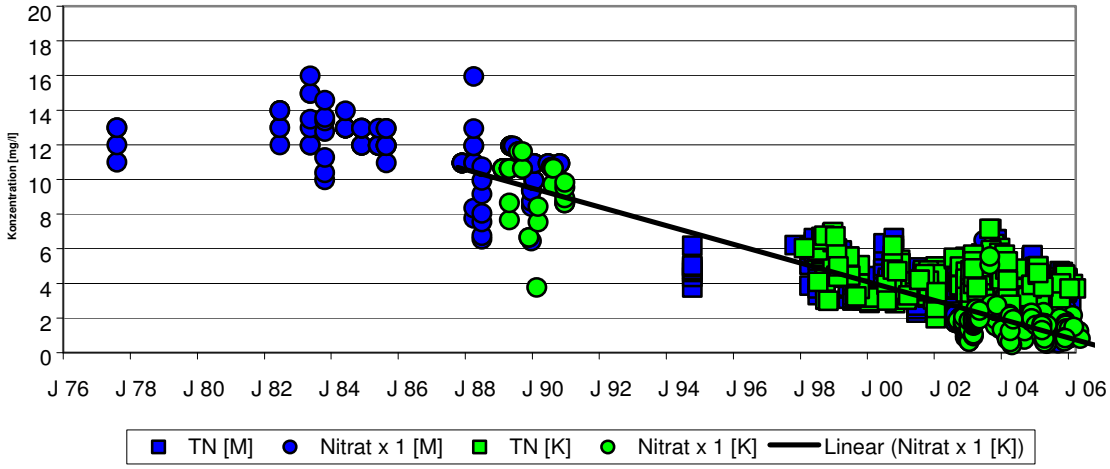



Abbildung 25: Entwicklung der $TN$ - und $NO_3^{1-}$ -Konzentration 1977-2005

Die von IBGW (2000), KRINGEL & CARMIENKE (2000) und BGD (2002) beschriebene Denitrifikation im Kulkwitzer See setzt sich nach wie vor fort. **Nitrat**, als die dominierende Stickstoffverbindung, nimmt kontinuierlich in seiner Konzentration ab. Wurden Anfang der achtziger Jahre (Abbildung 25) Werte bis 16 mg/l gemessen, sank der durchschnittliche Gehalt im Jahr 2005 auf 1-2 mg/l. Laut KRINGEL & CARMIENKE (2000) weist die starke Abnahme in den neunziger Jahren auf ein verschobenes Gleichgewicht zwischen Nitrateintrag und Denitrifikation hin. Gründe liegen in der komplexen Nutzungs- und Einleitungsgeschichte bei gleichzeitiger Volumenentnahme (ebd.). Ähnlich wie beim Phosphor sind die aktuellen Einträge gering. Der Trend mag sich daher fortsetzen bzw. auf geringem Niveau stabilisieren.

Tabelle 7: Statistische Auswertung chemischer Wasseranalysen

| | Miltizer Becken | | | | | | Kulkwitzer Becken | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Parameter | Min | Max | Med | MW | n | n (<) | Min | Max | Med | MW | n | n (<) |
| pH | 6,06 | 8,90 | 8,10 | 8,02 | 3462 | - | 6,73 | 8,75 | 8,00 | 7,93 | 2996 | - |
| Leitfähig. [µS/cm] | 1500 | 2690 | 2080 | 2073 | 2891 | - | 1715 | 2770 | 2080 | 2076 | 2422 | - |
| $O_2$ [mg/l] | 0 | 22,2 | 11,8 | 11,7 | 3545 | - | 0 | 26,4 | 11,4 | 11,5 | 2969 | - |
| $O_2$ [%] | 0 | 188 | 103 | 101 | 3633 | - | 0 | 222 | 103 | 102 | 2978 | - |
| $TP$ [mg/l] | 0,001 | 0,112 | 0,013 | 0,018 | 254 | 142 | 0,001 | 0,173 | 0,014 | 0,020 | 261 | 74 |
| $o-Phosphat$ [mg/l | 0,007 | 0,230 | 0,040 | 0,048 | 51 | 161 | 0,010 | 0,077 | 0,040 | 0,034 | 14 | 159 |
| $N_{gesamt}$ [mg/l] | 0,006 | 7,100 | 4,300 | 4,414 | 300 | 7 | 2,100 | 7,300 | 4,300 | 4,500 | 287 | 8 |
| $TON$ [mg/l] | 0,5 | 6,6 | 3,8 | 3,8 | 175 | 2 | 2,3 | 6,8 | 3,9 | 3,9 | 170 | 4 |
| $TAN$ [mg/l] | 0,50 | 4,00 | 0,55 | 0,73 | 124 | 9 | 0,50 | 1,30 | 0,50 | 0,56 | 104 | 26 |
| $NO_2^{1-}$ [mg/l] | 0,020 | 0,430 | 0,02 | 0,037 | 248 | 8 | 0,002 | 0,300 | 0,020 | 0,023 | 134 | 39 |
| $NO_3^{1-}$ [mg/l] | 0,66 | 32,00 | 2,40 | 6,11 | 285 | 0 | 0,71 | 12,00 | 2,10 | 3,37 | 210 | 0 |
| $NH_4^{2-}$ [mg/l] | 0,01 | 0,80 | 0,05 | 0,09 | 216 | 10 | 0,03 | 0,45 | 0,04 | 0,07 | 163 | 11 |
| $TOC$ [mg/l] | 3,00 | 5,90 | 4,20 | 4,24 | 312 | 0 | 2,80 | 6,21 | 4,20 | 4,20 | 294 | 0 |
| $DOC$ [mg/l] | 0,50 | 7,00 | 3,72 | 3,73 | 375 | 0 | 2,50 | 9,30 | 3,80 | 3,82 | 346 | 0 |
| $SO_4^{2-}$ [mg/l] | 531 | 1062 | 860 | 859 | 480 | 0 | 743 | 1038 | 860 | 863 | 380 | 0 |
| $Cl^-$ [mg/l] | 125 | 189 | 160 | 159 | 475 | 0 | 140 | 191 | 160 | 159 | 385 | 0 |
| $HCO_3^-$ [mg/l] | 61 | 180 | 85 | 85 | 308 | 0 | 67 | 120 | 85 | 86 | 294 | 0 |
| $Ca^{2+}$ [mg/l] | 257 | 462 | 330 | 331 | 414 | 0 | 250 | 413 | 328 | 327 | 323 | 0 |
| $Mg^{2+}$ [mg/l] | 18 | 108 | 39 | 41 | 410 | 0 | 19 | 50 | 38 | 38 | 323 | 0 |
| $Na^+$ [mg/l] | 56 | 94 | 74 | 74 | 316 | 0 | 44 | 96 | 75 | 74 | 300 | 0 |
| $K^+$ [mg/l] | 8,1 | 17,0 | 11,0 | 11,1 | 266 | 0 | 9,8 | 13,0 | 11,0 | 11,1 | 252 | 0 |
| $Fe_{gesamt}^{3+/2+}$ [mg/l] | 0,020 | 0,560 | 0,056 | 0,067 | 139 | 23 | 0,025 | 0,160 | 0,070 | 0,075 | 88 | 33 |
| $Mn_{gel}$ [µg/l] | 0,01 | 2000 | 3,70 | 41,23 | 295 | 27 | 1,00 | 5400 | 5,60 | 123 | 283 | 22 |
| $Al_{gel}$ [µg/l] | 10,0 | 30,0 | 12,0 | 15,0 | 51 | 173 | 10,0 | 29,0 | 12,0 | 14,3 | 41 | 179 |
| $As_{gel}$ [µg/l] | 0,6 | 2,6 | 1,1 | 1,2 | 240 | 0 | 0,6 | 2,3 | 1,1 | 1,2 | 228 | 0 |
| $Ba_{gel}$ [µg/l] | 27 | 36 | 30 | 30 | 237 | 0 | 26 | 37 | 29 | 30 | 228 | 0 |
| $B_{gel}$ [µg/l] | 240 | 620 | 430 | 429 | 240 | 0 | 230 | 970 | 430 | 429 | 228 | 0 |
| $Cd_{gel}$ [µg/l] | 0,06 | 0,10 | 0,07 | 0,07 | 13 | 187 | 0,06 | 0,40 | 0,10 | 0,15 | 13 | 175 |
| $Co_{gel}$ [µg/l] | 0,10 | 0,60 | 0,30 | 0,26 | 202 | 9 | 0,10 | 0,60 | 0,20 | 0,25 | 200 | 0 |
| $Cr_{gel}$ [µg/l] | 1,00 | 3,40 | 2,40 | 2,37 | 17 | 186 | 1,00 | 2,60 | 1,95 | 1,88 | 12 | 176 |
| $Cu_{gel}$ [µg/l] | 2,10 | 14,10 | 4,80 | 5,02 | 161 | 68 | 2,00 | 21,50 | 4,90 | 5,29 | 139 | 72 |
| $Ni_{gel}$ [µg/l] | 1,00 | 27,00 | 2,10 | 2,93 | 235 | 5 | 1,10 | 10,70 | 2,10 | 2,95 | 228 | 0 |
| $U_{gel}$ [µg/l] | 2,20 | 3,30 | 2,80 | 2,81 | 223 | 2 | 2,00 | 3,30 | 2,70 | 2,75 | 210 | 0 |
| $Zn_{gel}$ [µg/l] | 0,90 | 250 | 9,40 | 11,63 | 214 | 15 | 3,00 | 54 | 8,30 | 9,79 | 193 | 19 |
| $KS_{4,3}$ [mmol/l] | 1,1 | 2,9 | 1,4 | 1,4 | 374 | - | 1,1 | 2,0 | 1,4 | 1,4 | 308 | - |
| $KB_{8,2}$ [mmol/l] | 0 | 0,40 | 0,01 | 0,03 | 312 | - | 0 | 0,30 | 0,02 | 0,04 | 292 | - |

## 5.5 pH-Wert und Puffersystem

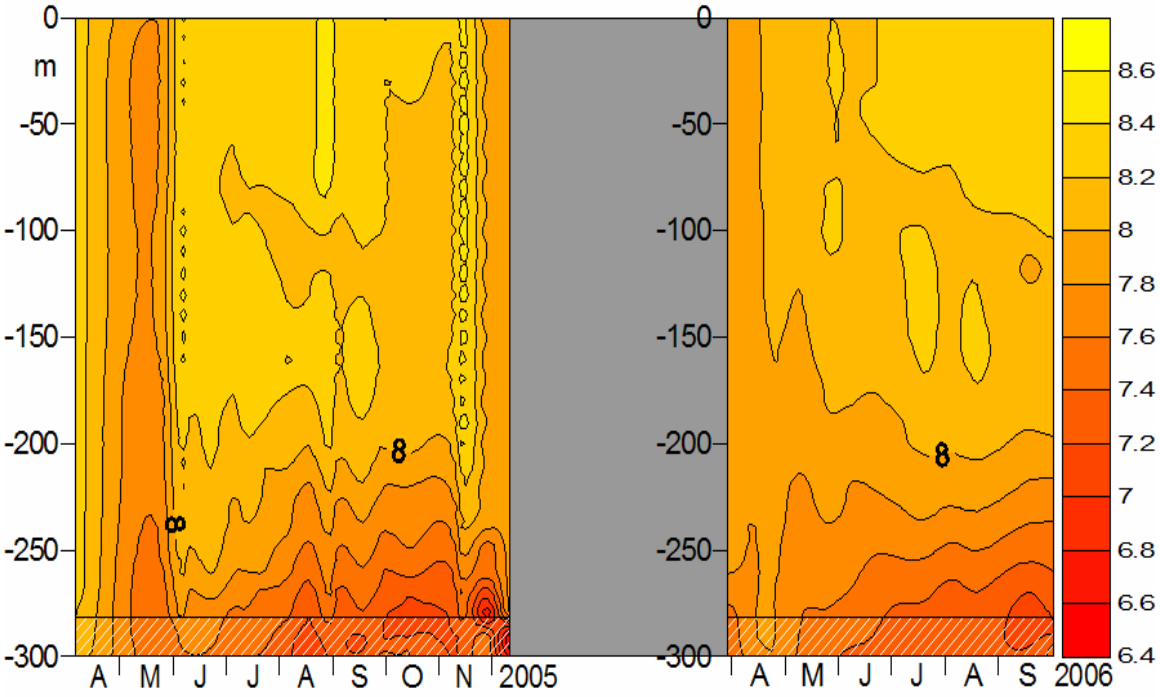



Abbildung 26: pH-Werte 10x überhöht im Miltitzer Becken 2005-2006

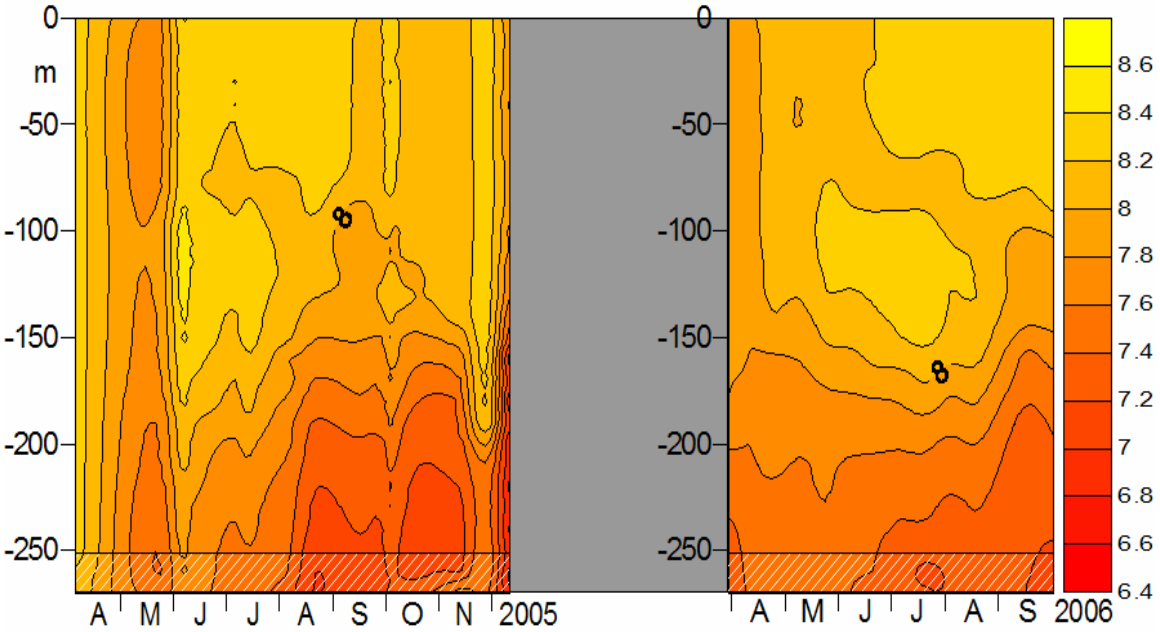



Abbildung 27: pH-Werte 10x überhöht im Kulkwitzer Becken 2005-2006

Die pH-Werte im Kulkwitzer See liegen bei 7,0 bis 8,4 und damit im Karbonatpufferbereich. Die Verteilung ist abhängig von der thermischen Schichtung, den biologischen Prozessen und dem Hydrogenkarbonatpuffersystem.

Infolge der höheren Dichte schweben im Metalimnion größere Algenkonzentrationen über dem Hypolimnion. Durch Assimliation von $CO_2$ verschieben sie und die Makrophyten das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht. Der pH-Wert sinkt im Metalimnion vorübergehend deutlich (Abbildung 26 und 27), um sich mit zunehmender Tiefe weiter zu verringern. Bestimmt wird dies durch die zunehmende $CO_2$-Anreicherung im Hypolimnion als Folge verstärkter Lösung bei abnehmender Temperatur. Die hohen Calziumwerte in den Sedimenten (siehe 3.3.3 und 5.3) weisen jedoch auf Calziumfällung während der Vegetationsphase hin.

Der Vergleich der Jahre 2005 und 2006 im Miltitzer Becken (Abbildung 26) zeigt einen ähnlichen Verlauf der pH-Wertverteilung in der Wassersäule. Ab April-Mai sinkt der pH-Wert konstant mit der Ausbildung des Epilimnions. Der scharfe Übergang im Mai 2005 ist auf die zeitliche Nähe der Stichtagsmessungen und den damit verbundenen Interpolationsschwierigkeiten zurückzuführen. Während der Sommerstagnation bewegen sich die Werte in diesem Wasserkörper auf konstant hohem Niveau. Durch die Herbstzirkulation gleichen sich die pH-Werte aus. Im Metalimnion sinkt der pH-Wert vorübergehend durch vegetative Assimilationsprozesse. Während der sommerlichen Stagnationsphase nehmen die Werte im Hypolimnion über dem Sediment deutlich ab. Grund ist die $CO_2$-Anreicherung durch die Zersetzung organischen Materials. Die pH-Werte im Südbecken (Abbildung 27) folgen im Wesentlichen dem Trend des Nordbeckens. Unterschiedlich ist die schwächere Ausbildung des pH-Maximums in der sommerlichen Stagnationsphase auf Grund der geringeren Beckentiefe.

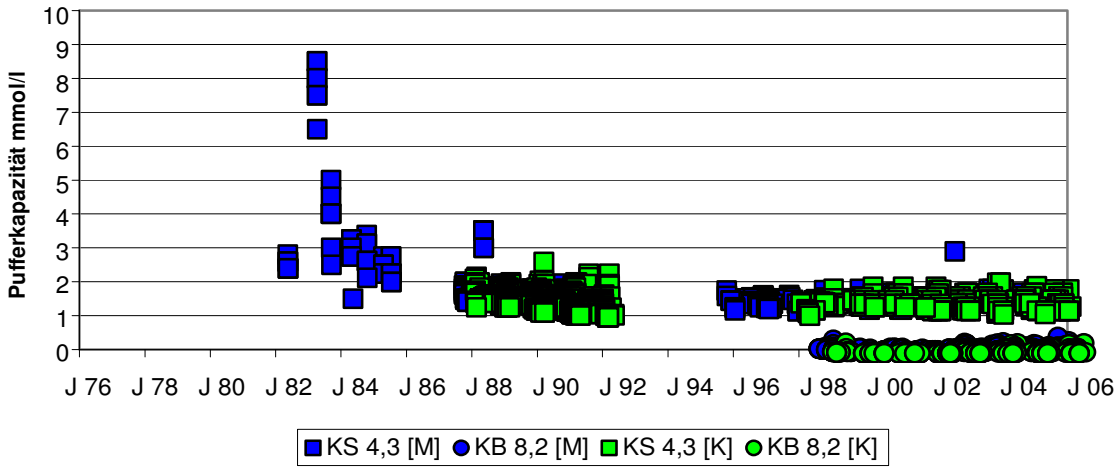



Abbildung 28: Entwicklung der Alkalinität und Acidität im Zeitraum 1976-2005

Die Verteilung der Acidität bei pH 4,3 ($KS_{4,3}$) und der Alkalinität bei pH 8,2 ($KB_{8,2}$) zeigt, dass das Puffervermögen gegen Säuren stark dominiert (Abbildung 28). Die Alka-

linität spielt dagegen keine Rolle. Die Abnahme der Acidität korreliert mit der Denitrifikation (Abbildung 25 im Abschnitt 5.4). Durch Calziumfällung wird die Acidität zunehmend verringert. IBGW (2000) schließt auch eine direkte Assimilation von Hydrogenkarbonat durch Pflanzen nicht aus. Der Kulkwitzer See besitzt heute ein relativ niedriges Puffervermögen.

### 5.6 Sauerstoffverteilung

Der Kulkwitzer See weist ganzjährig eine hohe Sauerstoffsättigung in der Wassersäule (Abbildung 29 und 30) auf. Am Seeboden kann es jedoch zu erheblicher Sauerstoffarmut kommen. Zehrungserscheinungen wurden jedoch nicht gemessen. Das Miltitzer Becken weist in der Gesamtbetrachtung eine geringere Sättigung als das Kulkwitzer Becken auf. Die vertikale Verteilung des Sauerstoffs ist dabei an die physikalischen Schichtungsprozesse gebunden. Das Epilimnion steht dabei im Austausch mit der Atmosphäre. Im Metalimnion reichert sich das durch die Phytoplankton- und Makrophytenaktivität gebildete Gas an. Die Temperatur- und die Dichteunterschiede machen es dem Gas unmöglich zu entweichen. Die Anreicherung von Sauerstoff im Wasserkörper geht daher mit dem Aufbau der Schichtung und der biologischen Aktivität einher. Im Hypolimnion kann man eine Verschärfung des Sauerstoffgradienten beobachten. Über das Jahr verringert sich die Sauerstoffsättigung in konstanter Wassertiefe kontinuierlich. Grund sind die zunehmenden Prozesse des biologischen Abbaus abgestorbener Organismen bei gleichzeitigem Sauerstoffverbrauch. Höhepunkt dieses Trends ist der Zeitraum Oktober-November. Der Abbau der Schichtung während der Herbstzirkulation hebt die Gradienten wieder auf.

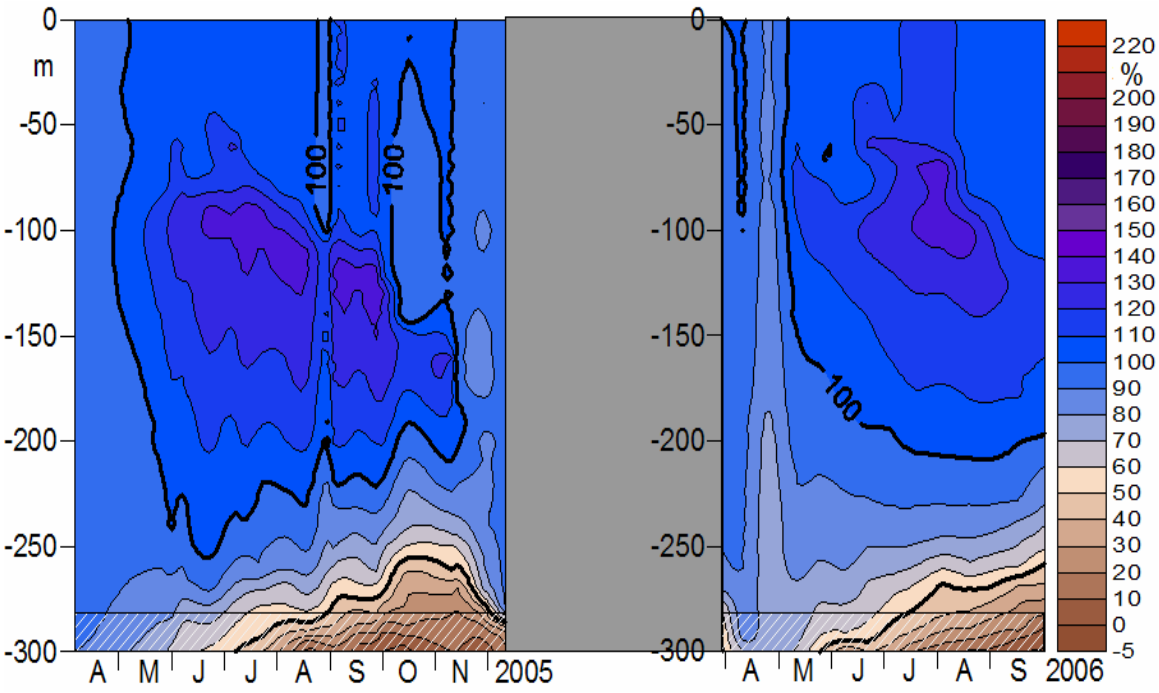



Abbildung 29: Sauerstoffsättigung [%] 10x überhöht im Miltitzer Becken 2005-2006

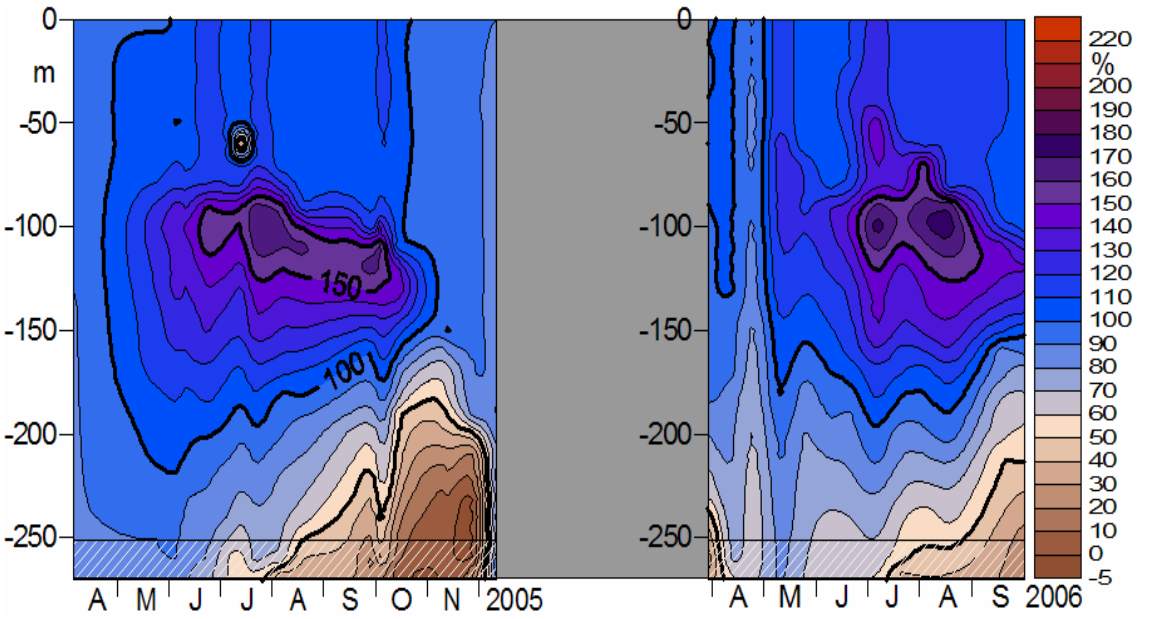



Abbildung 30: Sauerstoffsättigung [%] 10x überhöht im Kulkwitzer Becken 2005-2006

## 5.7 Trophie

Der Referenzzustand nach potentiell natürlichem Phosphoreintrag (LAWA 1998, Abschnitt 2.3) konnte aufgrund fehlender flächenbezogener Daten zum Einzuggebiet nicht berechnet werden.

**Referenzzustand nach Morphometrie:**

| Größe – bezogen auf das Stauziel von 114, 5m üNN | Symbol | Einheit | Miltitzer Teilbecken | Kulkwitzer Teilbecken | Kulkwitzer See gesamt |
|---|---|---|---|---|---|
| Volumen, gesamt | V | Mio. m³ | 22,86 | 4,14 | 27,00 |
| Fläche | $A$ | km² | 1,219 | 0,364 | 1,586 |
| Max. Tiefe | $Z_{max}$ | m | 30,2 | 26,0 | 30,2 |
| Mittl. Tiefe | $Z_m$ | m | 18,8 | 11,4 | 17 |
| Effektive Länge | $L_{eff}$ | km | 1,575 | 0,970 | 2,480 |
| Effektive Breite | $B_{eff}$ | km | 1,050 | 0,570 | 1,054 |
| Theoret. Epilimniontiefe | $Z_{epi}$ | m | 6,3 | 5,4 | 6,1 |
| Tiefengradient | $F$ | | 4,81 | 4,82 | 4,43 |
| Theoret. Sichttiefe (Index) | $ST_{REF}$ | m | 10,5 (0,86) | 9,3 (0,98) | 10,3 (0,88) |
| Trophiegrad nach Morphometrie | | | **oligotroph** | | |

**Istzustand im Miltitzer Teilbecken für 2005:**

| | | Messwert | Index | Wichtung | Berechnung |
|---|---|---|---|---|---|
| Chlorophyll a | mg/m³ | 0,69 (11)* | 0,24 | 10 | 2,40 |
| Sichttiefe | m | 11,2 (11)* | 0,78 | 7 | 5,46 |
| Gesamt-Phosphor (Frühjahr) | mg/m³ | <5 (1)* | 1,00 | 5 | 5,00 |
| Gesamt-Phosphor (Sommer) | mg/m³ | 7,725 (4)* | 1,49 | 5 | 7,45 |
| Summe | | | | 27 | 20,31 |
| Gesamttrophieindex | | | 0,75 | | |
| Resultierender Istzustand | | **oligotroph** | | | |

**Istzustand im Kulkwitzer Teilbecken für 2005 :**

| | | Messwert | Index | Wichtung | Berechnung |
|---|---|---|---|---|---|
| Chlorophyll a | mg/m³ | 0,73 (10)* | 0,29 | 10 | 2,90 |
| Sichttiefe | m | 10,6 (10)* | 0,84 | 7 | 5,88 |
| Gesamt-Phosphor (Frühjahr) | mg/m³ | 16,5 (1)* | 1,77 | 5 | 8,85 |
| Gesamt-Phosphor (Sommer) | mg/m³ | 24,84 (4)* | 2,16 | 5 | 10,8 |
| Summe | | | | 27 | 28,43 |
| Gesamttrophieindex | | | 1,05 | | |
| Resultierender Istzustand | | **oligotroph** | | | |

* Anzahl der einbezogenen Stichtagsmessungen

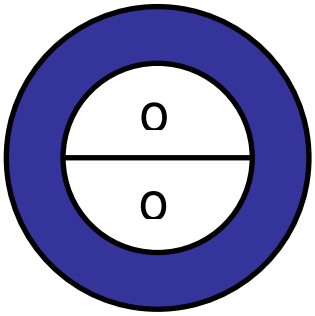
**Dominante Phytoplankter (Sommer) im Epilimnion [0-8m] nach Daten des BGD (2002) [31.08.2001] für den Norden** (Miltitzer Teilbecken)

| | |
|---|---|
| *Chrysochromulina parva* (Cyanoph.) | 23,8 % |
| *Coelosphaerium spec.* (Cyanoph.) | 19,7 % |
| *Oocystis spec.* (Chlorophy.) | 12,7 % |
| *Rhodomonas minuta* (Chryptoph.) | 8,8 % |

**Dominante Phytoplankter (Sommer) im Epilimnion [0-8m] nach Daten des BGD (2002) [31.08.2001] für den Süden** (Kulkwitzer Teilbecken)

| | |
|---|---|
| *Coelosphaerium spec.* (Cyanoph.) | 37,7 % |
| *Rhodomonas minuta* (Chryptoph.) | 9,4 % |
| *Oocystis lacustris* (Chlorophy.) | 6,9 % |
| *Chlamydomonas* (oval) (Chlorophy.) | 6,5 % |

**Bewertung:**




Referenzzustand: oligotroph

Istzustand: oligotroph

Bewertungsstufe: 1

Abbildung 31: Bewertungs-"Plakette" nach LAWA (1998)

Der Kulkwitzer See ist in seiner Gesamtheit und bezogen auf seine Teilbecken als oligotroph anzusprechen. Es findet keine Belastung durch Nährstoffe statt. Der Referenzzustand und der Istzustand sind übereinstimmend.

Nach LAWA (1998) sind insbesondere bei oligotrophen und mesotrophen Seen alle Möglichkeiten des präventiven Gewässerschutzes zu nutzen, um den Zustand zu erhalten. Der See besitzt daher Referenzcharakter. Abbildung 31 folgt dem Vorschlag der Plakettierung nach LAWA (1998).

# 6 Biologie des Kulkwitzer Sees

## 6.1 Fischfauna

Im Jahr 2003 konnten durch RÜMMLER et al. (2005) die 12 Fischarten Hecht (*Esox lucius*), Barsch (*Perca fluviatilis*), Plötze (*Rutilus rutilus*), Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*), Schleie (*Tinca tinca*), Blei (*Abramis brama*), Aal (*Anguilla anguilla*), Dreistachliger Stichling (*Gastrerosteus aculeatus*), Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus*), Wels (*Silurus glanis*), Karpfen [Spiegelkarpfen (*Cyprinus carpio morpha noblis*) und Schuppenkarpfen (*Cyprinus carpio*)] sowie Silberkarpfen (*Hypophtalmichthys molitrix*) im Kulkwitzer See nachgewiesen werden. Darüber hinaus sind in einer älteren Studie des IfB (2000) ein geringer Anteil von Güstern (*Abramis bjoerkna*) angegeben. Zander (*Sander lucioperca*), Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) und Graskarpfen (*Ctenopharyngodon idella*) werden laut RÜMMLER et al. (2005) in den Angelstatistiken der Anrainervereine geführt. FLORIAN & LINGELBACH (2006) geben darüber hinaus die Beobachtung der Karausche (*Carassius carassius*) und des ihr ähnlichen Giebels (*Carassius gibelio*) sowie des Döbels (*Leuciscus cephalus*) an. Für den Gründling (*Gobio gobio*), der noch Anfang bis Mitte der achtziger Jahre beschrieben wurde, fehlt der aktuelle Nachweis (ebd.). Laut RÜMMLER et al. (2005) konnte die Große Maräne (*Coregonus lavaretus*) nicht nachwiesen werden. Wie andere Arten in den neunziger Jahren (Aal, Karpfen, Schleie, Zander, Wels und Hecht) wurde sie im Jahre 2000 in einer Besatzmaßnahme im Kulkwitzer See eingeführt.

Das Leitbild des Kulkwitzer Sees, welche RÜMMLER et al. (2005) nach morphometrischen Parametern charakterisieren, führt zu einer Einstufung als Maränensee I nach BAUCH (1955 & 1966). Nach den Parametern Sauerstoffgehalt, Sichttiefe und Bodentierbesiedlung entspricht der See eher dem Typ II (RÜMMLER et al. 2005). Leitfischarten sind die Kleine Maräne, Barsch, Große Maräne, Hecht, Aal, Plötze, Blei, Rotfeder, Schleie und andere. Bis auf die Maränenartigen konnten alle diese Arten nachgewiesen werden. Der Kulkwitzer See entspricht demnach dem Leitbild.

## 6.2 Makrozoobenthos

Die Bodenfauna zeigt laut RÜMMLER et al. (2005) im Vergleich zu anderen Braunkohletagebaurestseen eine hohe Individuenanzahl mit durchschnittlich 1.765 Tieren/m². Es dominierenden dabei die Diptera (Zweiflügler) mit einem Schwerpunkt auf der Chironomidengattung (Zuckmückenlarven) *Tanytarsus* sowie Oligochaeta (Wenigborster).

Letztere sind durch die Arten *Tubifex sp.* Und *Limnodrilus sp.* vertreten. Darüber hinaus ist die Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*) in allen Proben in relative hoher Anzahl vertreten.

### 6.3 Makrophyten

Der Kulkwitzer See weist aufgrund seiner hohen Sichttiefen eine starke und flächige Besiedlung durch submerse Makrophyten auf. BGD (2002) beschreibt die Tiefengrenze der Ausbreitung für das nördliche Miltitzer Teilbecken auf 12 m bis 14 m; im südlichen Kulkwitzer Teilbecken bis 18 m. In dieser Studie wurden die Streifhaarige Armleuchteralge (*Chara hispida*), die Kugeltragende Armleuchteralge (*Chara globularis*), das Kammförmige Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*), das Rauhe Hornblatt (*Ceratophyllum demersum*), *Nitellopsis obtusa*, *Nitella mucronata*, das Ährige Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*), die Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*), das Fadenförmige Laichkraut (*Potamogeton trichoides*), der Wasserhahnenfuß (*Ranunculus spec.*), der Wasserschlauch (*Utricularia spec.*) sowie die im weiteren Sinne zu den Makrophyten zählenden Fadenalgen *Cladophora spec.* und V*aucheria sp.* erfasst. Die Flora wird eindeutig von Armleuchteralgen (Characeen) dominiert (BGD 2002). FLORIAN & LINGELBACH (2006) geben bisher 5 Arten an. In ganz Sachsen sind bisher 21 bekannt (DOEGE 2004).

### 6.4 Plankton

Die Daten (BGD 2002, Abbildung 32 und 33) belegen ein relativ geringes Aufkommen von Plankton im Kulkwitzer See.

Beim **Phytoplankton** dominieren die Dinophyceen. Sie sind mit den Arten *Ceratium hirundinella*, *Gymnodinium helveticum*, *Gymnodinium spec.* und *Peridinium spec.* vertreten. Die zweitstärkste Gruppe stellen die Chryptophyceen dar. Es handelt sich um die Arten *Cryptomonas ovata/erosa* und *Rhodomonas minuta*. Die Chrysophyceen treten ebenfalls stark auf. Es handelt sich dabei hauptsächlich um *Chrysochromulina parva*, *Pseudopedinella erkensis*, *Ochromonas spec.* und *Chrysococcus biporus*. Die Chlorophyceen werden durch *Chlamydomonas* (oval), *Oocystis spec.*, *Eudorina elegans*, *Monoraphidium minutum*, *Chloropyceen kokkale*, *Elakatothrix gelatinosa*, *Didymocystis spec.*, *Scenedesmus div. spec.* und *Coelastrum microporum* vertreten. Die Cyanophyceen-Vertreter sind *Coelosphaerium spec.*, *Aphanizomenon spec.* und *Merismopedia glauca*. Die Bacillariophyceen spielen eine geringe Rolle. Repräsentanten sind *Nitzschia*

*spec.*, *Navicula spec.* und *Cyclotella radiosa* sowie einige centrische Diatomeen. Die Euglenophyceen sind durch die Art *Trachelomonas volvocina* bekannt.

Die Daten zum Biovolumen bewegen sich innerhalb von 0,03 – 0,27 mm³/l. Nicht dargestellt ist das autotrophe Picoplankton (APP).

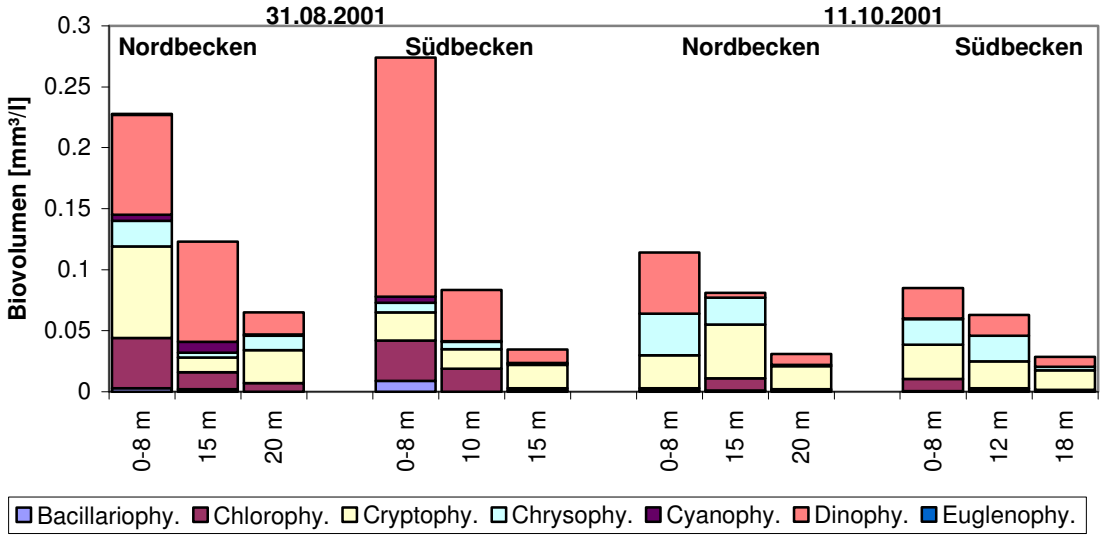



Abbildung 32: Phytoplankton (ohne Autotrophes Picoplankton) im Kulkwitzer See 2001 nach BGD (2002)

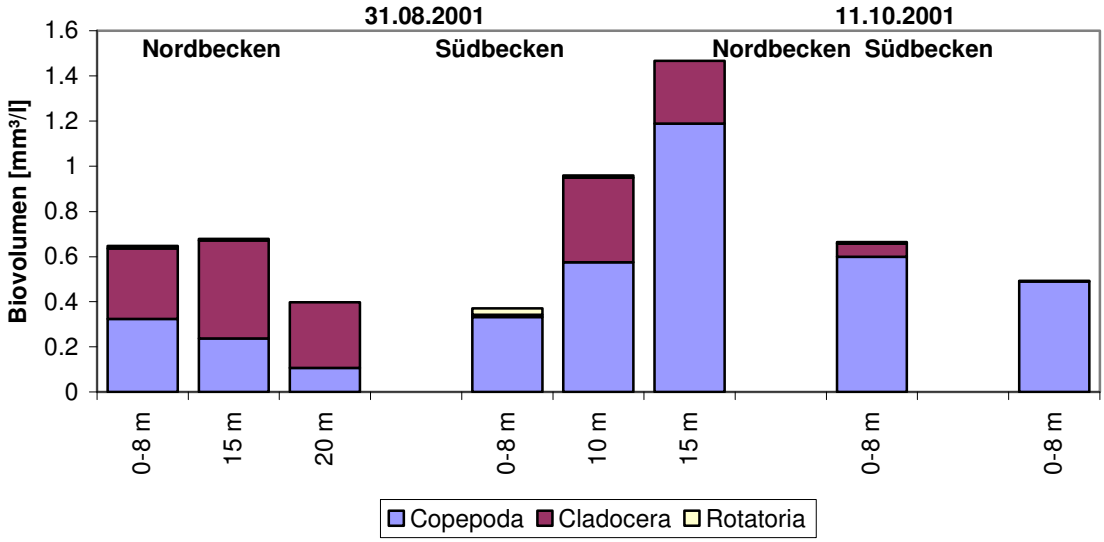



Abbildung 33: Zooplankton im Kulkwitzer See 2001 nach BGD (2002)

Die Biovolumnia der **Zooplankton**proben schwanken zwischen 0,37 – 1,47 mm³/l. Dominant erscheinen die Blattfußkrebse (Cladoceren) und die Ruderfußkrebse (Copepoden). Es treten die Cladocerenarten *Daphnia rosea*, *Diaphanosoma mongolianum* auf.

Die Copepoden sind durch *Eudiaptomus spec.*, *Cyclops spec.* und verschiedene *Nauplien spp.* vertreten. Rädertiere (Rotatoria), wie *Keratella quadrata*, *Hexarthra spec.*, *Keratella cochlearis* und *Kellikottia longispina*, treten in geringerem Umfang auf. Die Daten umfassen keine Auswertung der Wimperntiere (Ciliaten).

## 6.5 Chlorophyll

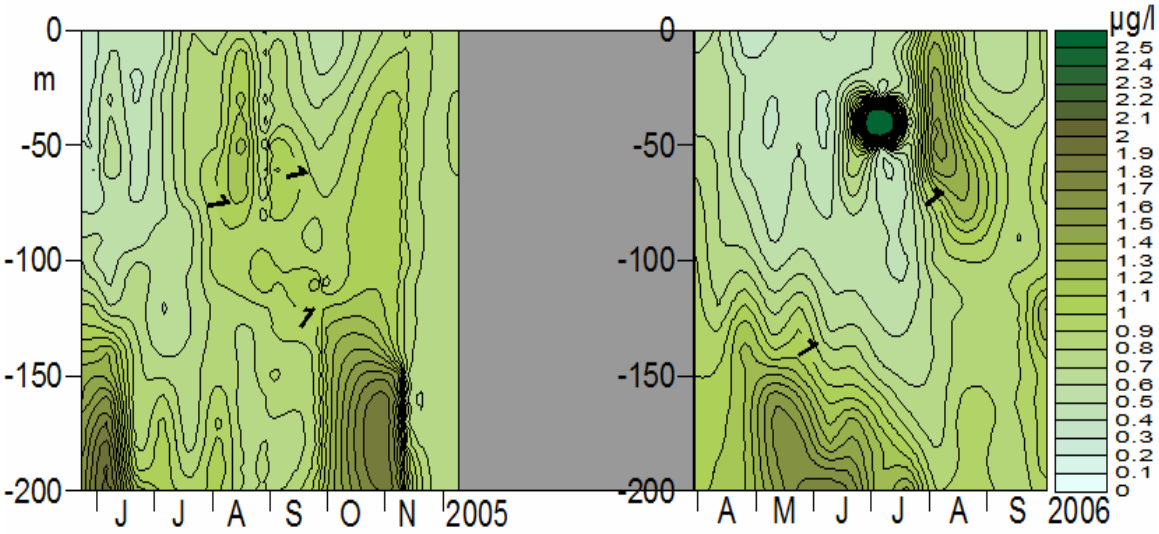



Abbildung 34: Chlorophyllverteilung [µg/l] 10x überhöht im Miltitzer Becken 2005-2006

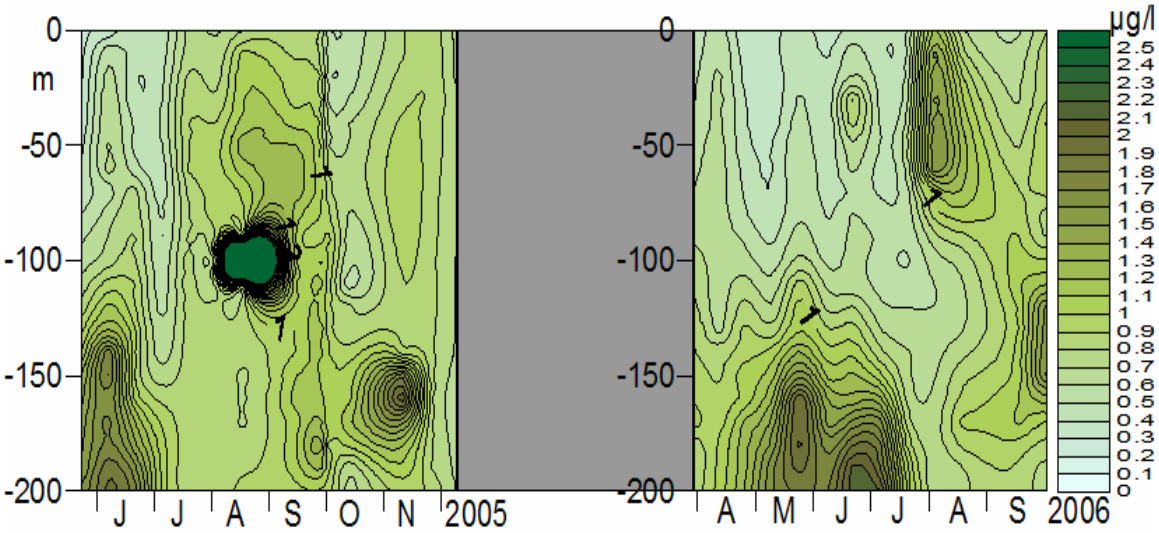



Abbildung 35: Chlorophyllverteilung [µg/l] 10x überhöht im Kulkwitzer Becken 2005-2006

Die Verteilungen des **Chlorophyll**s im Kulkwitzer See (Abbildung 34 und 35) zeigen die höchste Photosyntheseaktivität der Wassersäule im Metalimnion. Nach WETZEL (2001) entspricht dies Typ D der vier allgemeinen vertikalen Verteilungsmuster der Phytoplanktonaktivität. Obwohl die Bestimmung aufgrund technischer Einschränkungen nicht bis zum Seegrund möglich war, lassen sich dennoch Rückschlüsse ziehen.

Im Miltitzer Becken im Jahr 2005 sind Maxima im Juni und im Oktober-November zwischen 15 und 20 m zu beobachten. Diese werden durch die Aktivität des Phytoplanktons bestimmt. Nach der Frühjahrszirkulation folgt eine Algenblüte; die sog. Frühjahrsvermehrung (SCHWOERBEL 1999). Nach dem Sommer mit starkem Fraßdruck seitens des Zooplanktons und der Verminderung des Nährstoffangebots kommt es im Herbst zu einer erneuten Algenblüte. Die sich verringernden Temperaturen bringen die biologische Aktivität in den Wintermonaten zum Erliegen. Des Weiteren entwickelt sich ein Maximum oberhalb des Metalimnions zwischen 4 bis 7 m Wassertiefe. Besonders deutlich korreliert es im Juli 2006 mit der Besiedlungsverteilung der Makrophyten, die sich der Beckenmorphologie anpasst. Die Restlochkennlinien (Abbildung 12 im Abschnitt 3.3.3) zeigen für die Tiefe von 7 m im Miltitzer Becken und 2-3 m im Kulkwitzer Becken Verebnungsflächen.

Das Kulkwitzer Becken zeigt die gleiche Verteilung der Photosyntheseaktivität, allerdings bildet sich im Sommer 2005 ein deutliches Maximum im Metalimnion aus. Im Südbecken konnte auch die zweite Verebnung des Reliefs bei 17,5 m durch verstärkte Chlorophyllkonzentration in dieser Tiefenstufe nachgewiesen werden. Der Chlorophyllgehalt im Kulkwitzer Becken ist jedoch generell höher, als im Miltitzer Becken.

# 7 Aktuelle Einordnung nach EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Der Kulkwitzer See ist ein Braunkohletagebaurestsee und fällt daher in die Kategorie künstliche Gewässer mit der Typbezeichnung 99. Die WRRL (EU 2001) definiert ein künstliches Oberflächengewässer als ein "[…]von Menschenhand geschaffener Oberflächenwasserkörper […]" (WRRL Artikel 2 Absatz 8), der an einem Ort geschaffen wurde, an dem vorher kein bedeutendes Oberflächenwasser existierte, und der nicht durch die direkte physische Änderung oder die Laufänderung oder Verlegung eines bestehenden Wasserkörpers geschaffen wurde (LAWA 2003c).

Gemäß Anhang II Absatz 1.2.2 WRRL kann er nach System A bzw. alternativ nach System B einer Erstbeschreibung unterzogen werden.

Tabelle 8: Typisierung nach System A gemäß WRRL

| **Feststehende Typologie** | **Deskriptoren** | **Kulkwitzer See** |
|---|---|---|
| Ökoregion | Anhang XI der WRRL (EU 2001) | Norddeutsches Tiefland (<200 mNN), Ökoregion 14 |
| Typ | **Höhenlage** | |
| | Höhere Lage: >800 mNN | |
| | Mittlere Lage: 200 – 800 mNN | |
| | Tiefland: <200 mNN | X |
| | **Tiefe (auf Grundlage der durchschnittlichen Tiefe)** | |
| | <3 m | |
| | 3 – 15 m | |
| | >15 m | X |
| | **Größe (auf der Grundlage der Oberfläche)** | |
| | 0,5 – 1 km² | |
| | 1 – 10 km² | X |
| | 10 – 100 km² | |
| | >100 km² | |
| | **Geologie** | |
| | Kalkig | X |
| | Silikatisch | |
| | Organisch | |

Laut System A wird der Kulkwitzer See, befindlich in der Ökoregion 14 - Norddeutsches Tiefland - (<200 mNN), durch eine mittlere Höhenlage (<200 mNN), einer Größe im Bereich 0,5 – 1 km² und einem hohem $Ca^{2+}$-Gehalt von >15 mg/l beschrieben (Tabelle 8). Er gehört in die Flussgebietseinheit Elbe.

Sytem B nutzt physikalische und chemische Faktoren, die die Eigenschaften des Sees und somit die Struktur der Biozönosen bestimmen, zur Erstbeschreibung (Tabelle 9).

Tabelle 9: Typisierung nach System B gemäß WRRL

| **Alternative Beschreibung** | **Physikalische und chemische Faktoren, die die Eigenschaften des Sees und somit die Struktur und Zusammensetzung der Biozönosen bestimmen** | **Kulkwitzer See** |
|---|---|---|
| Obligatorische Faktoren | Höhe | 114,5 mNN |
| | Geographische Breite | 4517300 |
| | Geographische Länge | 5686100 |
| | Geologie | Tertiäre und quartäre Folgen |
| | Größe | 1,586 km² |
| Optionale Faktoren | Durchschnittliche Wassertiefe | 17 m |
| | Morphologie des Sees (Volumenquotient m²/m³) | 0,58 |
| | Wassererneuerungszeit | 30 a |
| | Durchschnittliche Lufttemperatur | 9,3 °C (ABO-RADY et al. 1993) |
| | Schwankungsbereich der Lufttemperatur | -11,7 – 32,4 °C (für 2005 nach DWD 2006) |
| | Durchmischungseigenschaften | dimiktisch |
| | Säurebindungsvermögen | - |
| | Natürliche Nährstoffsituation | oligotroph |
| | Durchschnittliche Zusammensetzung des Substrats | tonig-sandig |
| | Wasserspiegelschwankungen | <0,5 m |

Als Referenz kommen die geschichteten kalkreichen Seen Typ 13 (LAWA 2003b) der Ökoregien 14 - Norddeutsches Tiefland - mit einem Volumenquotienten ≤ 1,5 in Frage. Beispiele für diese natürlichen oligotrophen Gewässer sind der Parsteiner See, der Wittwesee, Stechlinsee, der Große Kastavensee, der Große Wummsee und der Suhrer See im norddeutschen Raum (NIXDORF et al. 2003).

In Sachsen sind diese nicht zu beobachten. 77 % der gesamtsächsischen Seefläche stellen künstliche Seen des Typs 99 in der gleichen Ökoregion wie der Kulkwitzer See dar (LfUG 2004b). Dabei macht diese mit 44 % der Landesfläche knapp die Hälfte des Staatsgebiets aus. Seen des Typs 11 stellen 7 %; des Typs 14 1 % der gesamten Seefläche. Der Rest des Bundeslandes ist als Ökoregion Mittelgebirge mit 56 % charakterisiert. Größte Seengruppe ist der Typ 5 mit 10 %

Die WRRL fordert darüber hinaus die Ausweisung umweltrelevanter Aktivitäten. Dem Autor liegen keine Daten zur Landnutzung vor, die sich nach LAWA (2003c) als Kriterien

zur Grobbewertung anbieten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass das Baden, die Freizeitfischerei, das Surfen, das Segeln, der Wasserskisport, das Tauchen und die "Stille Erholung" den See beeinflussen. Schadstoffeintragende Punktquellen sind dem Autor nicht bekannt. Als diffuse Quellen kommen die atmosphärische Deposition, die sich in die trockene, d.h. Staubeintrag und in die nasse, d.h. Niederschlag, untergliedert. Eine weitere Quelle ist die Basiszufuhr von Grundwasser. Abbildung 23 (Abschnitt 5.4) zeigt den jährlichen Phosphoreintrag. Die Schwellenwerte nach IVU-Richtlinie (z.B. in KEITZ & SCHMALHOLZ sowie LAWA 2003c) werden nicht überschritten. Andere Belastungsdaten liegen nicht vor. Die Einschätzung des chemischen Zustands ist daher nur eingeschränkt möglich.

# 8 Vorschlag der Einordnung nach EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

## 8.1 Bewertungsgrundlage

Gemäß Anhang II Absatz 1.3 WRRL (EU 2001) sind für jeden beschriebenen Oberflächenwasserkörper typspezifische hydromorphologische und physikalisch-chemische Bedingungen festzulegen, die den vorgegebenen hydromorphologischen und physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten entsprechen. Diese werden in Anhang V Absatz 1.2 WRRL aufgelistet. Darüber hinaus sind typspezifische biologische Referenzbedingungen festzulegen, die die biologischen Qualitätskomponenten abbilden. Diese werden durch Anhang V Absatz 1.1 WRRL festgelegt. Die Einordnung des Kulkwitzer Sees anhand dieser Kriterien geschieht in Anlehnung an die durch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser vorgeschlagenen Vorgehensweisen (LAWA 2003a, 2003b & 2003c, SächsWRRLVO 2004).

Tabelle 10: Qualitätskomponenten für die Einstufung des ökologischen Zustands

| Kategorie: See | |
|---|---|
| Biologische Komponenten | Zusammensetzung, Abundanz und Biomasse des Phytoplanktons |
| | Zusammensetzung und Abundanz der sonstigen Gewässerflora |
| | Zusammensetzung und Abundanz der benthischen wirbellosen Fauna |
| | Zusammensetzung, Abundanz und Altersstruktur der Fischfauna |
| Hydromorphologische Komponenten in Unterstützung der biologischen Komponenten | Wasserstandsdynamik |
| | Wassererneuerungszeit |
| | Verbindung zum Grundwasserkörper |
| | Tiefenvariation |
| | Menge, Struktur und Substrat des Gewässerbodens |
| | Struktur der Uferzone |
| Chemische und physikalisch-chemische Komponenten in Unterstützung der biologischen Komponenten | Sichttiefe |
| | Temperaturverhältnisse |
| | Sauerstoffgehalt |
| | Salzgehalt |
| | Versauerungszustand |
| | Nährstoffverhältnisse |
| | Verschmutzung durch alle prioritären Stoffe, bei denen festegestellt wurde, dass sie in den Wasserkörper eingeleitet werden |
| | Verschmutzung durch sonstige Stoffe, bei denen festgestellt wurde, dass sie in signifikanten Mengen in den Wasserkörper eingeleitet werden |

Für künstliche und erheblich veränderte Oberflächenwasserkörper werden die Komponenten herangezogen, die für diejenige Kategorie von natürlichen Oberflächengewässern gelten, die dem betreffenden veränderten oder künstlichen Wasserkörper am ähnlichsten ist (EU 2001). Für den Kulkwitzer See wird daher nach der Kategorie Seen in Anhang V Absatz 1.1.2 WRRL zwischen vier Komponenten unterschieden. Tabelle 10 gibt einen Überblick über die von der WRRL zu bewertenden Teilkomponenten. Als Referenz gelten die geschichteten kalkreichen Seen des Typs 13 (LAWA 2003b). Die Bewertungszustandsklassen werden im Abschnitt 2.4 ausführlich behandelt. Den Wortlaut der einzelnen Zustandsbeschreibungen ist in Anhang IV aufgezeichnet.

## 8.2 Biologische Komponenten

NIXDORF et al. (2006) schlagen eine trophische Bewertung anhand der **Zusammensetzung, Abundanz und der Biomase des Phytoplanktons** vor. Obwohl die von (ebd.) geforderte Messwertedichte von vier Terminen pro Jahr für den Kulkwitzer See nicht gegeben ist, lässt sich dennoch eine Abschätzung des Zustands für die Einordnung nach WRRL vornehmen.

Die Summe des Biovolumens der Cyanophyta und Dinophyceen als zusammengefasste Gruppe im Zeitraum Juli bis Oktober entspricht mit ≤0,5 $mm^3/l$ dem Zustand "sehr gut" (Index LAWA 1998). Die Abundanz der Chrysophyceen im Bereich 1-3 % wird mit "gut" (Index LAWA 1998) bewertet. Die Bewertung nach Chrysophyceen, Bacillariophyceen, Cyanophyceen und Chlorophyceen ist auf Seen des Typs 13, d.h. auch dem Referenzseetyp, nicht anwendbar.

NIXDORF et al. 2006 bieten ebenfalls einen Ansatz zur Charakterisierung nach dem Chlorophyllgehalt und dem Biovolumen. Der Kulkwitzer See zeigt Werte ≤ 4,9 µg/l für Chlorophyll-a (Abbildung 34 und 35 im Abschnitt 6.5) und ≤ 0,7 $mm^3/l$ für Biovolumen (Abbildung 32 im Abschnitt 6.4) und entspricht damit dem Zustand "sehr gut" (Index LAWA 1998).

Die Komponente **Phytoplankton** im Kulkwitzer See befindet sich in "sehr gutem Zustand" (Anhang IV).

Die **Zusammensetzung und Abundanz der sonstigen Gewässerflora** wurde nicht expliziert charakterisiert. Die hohe Biodiversität (Abschnitt 6.3), die breite Besiedlung und die Dominanz der die Trophie anzeigenden Armleuchteralgen (Characeen) legen allerdings die Vermutung nahe, dass sich der See nach der Komponente **Makrophyten und Phytobenthos** in einem "sehr gutem Zustand" (Anhang IV) befindet.

Die **Zusammensetzung und Abundanz der benthischen wirbellosen Fauna** wurde nicht eingehend untersucht. Eine Aussage ist daher nicht möglich.

Aufschlüsse über die **Zusammensetzung, Abundanz und Altersstruktur der Fischfauna** gibt RÜMMLER et al. (2005). Das Vorhandensein der Leitfischarten zum fischereilichen Referenzstatus Maränensee I (BAUCH 1955 & 1966) bzw. Maränensee II (RÜMMLER et al. 2005) (Abschnitt 6.1) spricht für einen "sehr guten Zustand" gemäß der Komponente **Fischfauna** (Anhang IV).

## 8.3 Hydromorphologische Komponenten in Unterstützung der biologischen Komponenten

Hinsichtlich der **Wasserstandsdynamik** ist der Kulkwitzer anthropogenen Einflüssen unterworfen (Abschnitt 3.3.5). Die Regulierung des Wasserstandes über Tiefenwasserentnahme und ab Ende 2006 (LACHMANN 2006) über eine Freispiegelleitung (LMBV 2005) schafft jedoch stabile Verhältnisse, die einem natürlichen Ablauf entsprechen können. Die **Wassererneuerungszeit** ist mit 30 a sehr hoch, jedoch typisch für einen abflusslosen See. Die **Verbindung zum Grundwasserkörper** (Abbildung 10 im Abschnitt 3.3.5) entspricht als künstliches Gewässer nicht dem Urzustand, ist aber stationär und stellt daher einen naturnahen Zustand dar. Der See kann dennoch mit dem Zustand "gut" für die Komponente **Wasserhaushalt** (Anhang IV) beschrieben werden, da er die "Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht […]" (Anhang IV).

Die **Tiefenvariation** (Abbildung 11,12 und 13 sowie Tabelle 4 im Abschnitt 3.4) entspricht nicht den natürlichen Bedingungen vergleichbarer Referenzseen meist glazialer Genese. Die Struktur der Uferzone kann nur eingeschränkt als naturnah beschrieben werden, da die Böschung, im Vergleich mit Referenzseen (NIXDORF et al. 2003) zu steil ist. Das **Substrat des Gewässerbodens** kann auf Grund fehlender Vergleichsmöglichkeiten nicht eingeschätzt werden. Die **Menge und Struktur des Gewässerbodens** entsprechen nicht den natürlich entstandenen Referenzseen. Daher kann der See nach der Komponente **Morphologie** als in "gutem Zustand" beschrieben werden, da trotz der Störungen gemäß der Zustandsdefinition (Anhang IV) die biologischen Qualitätskomponenten ausschlaggebend sind. Da diese überwiegend mit "sehr gut" bewertet werden, kommt für die Komponente Morphologie nur oben genannte Zustandsbeschreibung in Frage.

## 8.4 Chemische und physikalisch-chemische Komponenten in Unterstützung der biologischen Komponenten

Die theoretische **Sichttiefe** nach VENTZ (1974) (Anhang I) entspricht den gemessenen Werten (Abbildung 17 im Abschnitt 5.2 sowie Anhang III). Weiterhin entspricht sie den nach LAWA (1998) gültigen Trophiekriterien (Abschnitt 5.7). Schwankungen in der **Temperatur**verteilung sind saisonal bedingt. Der See bleibt aber in seinem dimiktischen Schichtungsverhalten konstant (Abbildung 14, 15 und 16 im Abschnitt 5.1 sowie Anhang II). Die Verteilung des **Sauerstoffs** weist eine ganzjährige Sättigung bis zum Grund auf (Abbildung 29 und 30). Der See entspricht damit den trophischen Kriterien (Abschnitt2.3 und 5.7) und ist als "sehr gut" (Anhang IV) zu beurteilen.

Der **Salzgehalt**, repräsentiert durch den Chlorid-Gehalt, ist erhöht und entspricht nicht den Referenzbedingungen (Abbildung 22 im Abschnitt 5.3). Es ist daher mit "gut" (Anhang IV) zu bewerten. Auch die **Leitfähigkeit** ist im Gegensatz zu natürlichen Bedingungen mit einer Spannweite von 1950-2100 µS/cm zu hoch (Abbildung 19 und 20 im Abschnitt 5.3). Da die biologischen Qualitätskomponenten davon jedoch nicht negativ beeinflusst sind, bietet sich der Zustandsbeschreibungen "gut" bis "mäßig" (Anhang IV) an.

Der See befindet sich nicht im Zustand der **Versauerung**. Sein Puffervermögen nahm in der Langzeitbetrachtung ab (Abbildung 28 im Abschnitt 5.5), erreicht jedoch ein stabiles ausreichendes Niveau. Der **pH-Wert** (Abbildung 26 und 27 im Abschnitt 5.5) ist im leicht alkalischen bis neutralen Bereich und entspricht im Vergleich dem Referenzseen (NIXDORF et al. 2003). Der See kann daher für diesen Parameter mit "sehr gut" (Anhang IV) bewertet werden.

Die **Nährstoffverhältnisse** nach den Parametern Phosphor (Abbildung 24 im Abschnitt 5.4) und Stickstoff (Abbildung 25 im Abschnitt 5.4) und der sich ableitende Trophiezustand (Abschnitt 5.7) entsprechen den Vorgaben des Referenzgewässers. Es ist daher eine Beurteilung mit "sehr gut" (Anahng IV) zulässig.

Die **Verschmutzung durch alle prioritären Stoffe** aus Punkt- und diffusen Quellen, bei denen festegestellt wurde, dass sie in den Wasserkörper eingeleitet werden, kann aufgrund fehlender Daten für die organischen Verbindungen nicht quantifiziert werden. Dazu zählen im Einzelnen organogene Verbindungen, organische Phosphorverbindungen, organische Zinnverbindungen, karzinogene und mutagene Stoff und Gemische, persistente Kohlenwasserstoffe sowie persistente und bioakkumuliernde organisch toxische

Stoffe, Zyanide, Biozide, Pflanzenschutzmittel und Schwebstoffe (Anhang VIII und X der WRRL).

Entsprechend der Anhang 4.2 sowie Anhang 5 in LAWA (2003b) können jedoch die Gehalte der Metalle Arsen, Blei, Kupfer, Nickel und Zink, die sich im Wasserkörper befinden, verglichen werden. Die vorliegenden Daten (Tabelle 7 im Abschnitt 5.4) unterschreiten die dort angegebenen Grenzwerte deutlich (vgl. LAWA 1997/98 & 2001, DVWK 1993). Es ist daher der chemische Zustand unter Vorbehalt, da die organischen Verbindungen nicht bestimmt wurden, entsprechend den beiden Möglichkeiten von "gut" und "nicht gut" LAWA (2003b) als "gut" einzustufen.

Eine Verschmutzung durch sonstige Stoffe konnte aufgrund der fehlenden Daten nicht nachgewiesen werden. Eine Bewertung ist daher nicht möglich.

### 8.5 Abschließende Bewertung

Der Kulkwitzer See entspricht nach der Bewertung der vorhandenen Datenlage in den biologischen und physikalisch-chemischen Komponenten dem Referenzzustand "sehr gut"; in den hydromorphologischen Komponenten dem Zustand "gut" (Tabelle 11 und Anhang IV). Das sich daraus ableitende ökologische Potential kann nach Anhang IV als "gut und besser" beschrieben werden. Der chemische Zustand wird unter Vorbehalt als "gut" eingestuft (s.o.).

Es zeigt sich, dass der Kulkwitzer See dem Referenzseetyp 13 (LAWA 2003b) weitestgehend entspricht. Einzelne Faktoren weisen genetisch bedingt ab. Der Kulkwitzer See stellt durch seine Ähnlichkeit zum Referenzgewässer jedoch den Idealfall für anthropogene Standgewässer im „New Central German Lake District“ (JUNGE et al. 2005, JUNGE et al. 2006, FRUHNER 2005, SCHNEIDER 2005, CZEGKA et al. 2006a, CZEGKA et al. 2006, KUCHENBUCH 2006; Abbildung 1 im Abschnitt 1) dar. Er sollte daher, gemäß seines hohen ökologischen Potentials, selbst als Referenzgewässer in der Bergbaufolgelandschaft Mitteldeutschlands betrachtet werden und als Maßstab für die neu entstehenden Seen im unmittelbaren Umfeld (Abbildung 3 im Abschnitt 3.1 sowie Tabelle 1 Abschnitt 3.2) gelten.

Tabelle 11: Bewertung des ökologischen Zustands und des ökologischen Potentials nach WRRL (Anhang IV)

| Komponente | Indikator | | ökologischer Zustand* | Zusammenfassende Bewertung* | ökologisches Potential (Wortbeschreibung) | ökologisches Potential** (Farbwert) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Biologische Komponenten | Phytoplankton | | | | "höchstes" | |
| | Makrophyten und Phytobenthos | | | | | |
| | Benthische wirbellose Fauna | | ? | | | |
| | Fischfauna | | | | | |
| Hydromorphologische Komponenten | Wasserhaushalt | Wassererneuerungszeit | | | "gutes" | |
| | | Verbindung zum Grundwasserkörper | | | | |
| | | Wasserstandsdynamik | | | | |
| | Morphologie | Tiefenvariation | | | | |
| | | Menge, Struktur und Substrat des Gewässerbodens | ? | | | |
| | | Struktur der Uferzone | | | | |
| Physikalisch-chemische Komponenten | Allgemeine Bedingungen | Sichttiefe | | | | |
| | | Temperaturverhältnisse | | | | |
| | | Sauerstoffgehalt | | | | |
| | | Salzgehalt | | | | |
| | | Versauerungszustand | | | | |
| | | Nährstoffverhältnisse | | | | |
| | Verschmutzung durch alle prioritären Stoffe | | ? | ? | | |
| | Verschmutzung durch sonstige Stoffe | | ? | | | |
| Allgemeine Bedingungen | | | | | "höchstes" | |

| Farbkennung WRRL (EU 2001) ökol. Zustand* | ökol. Potential** |
|---|---|
| sehr gut | gut und besser |
| gut | |
| mäßig | mäßig |
| unbefriedigend | unbefriedigend |
| schlecht | schlecht |

*nach Referenzbedingungen
**Einstufung für erheblich veränderte Oberflächengewässer

# 9 Schlussfolgerungen

Der östlich von Leipzig gelegene Kulkwitzer See ist ein Braunkohletagebaurestsee im Mitteldeutschen Revier. Geologisch schneidet er die tertiären und quartären Deckgebirgsschichten des Leipziger Raums. Seine Genese und die Nutzungsgeschichte hatten entscheidenden Einfluss auf die morphologische Entwicklung und die Wasserqualität. Die Mineralisation entspricht dem Typ Ca-Mg-Na-K-$SO_4$-Cl-$HCO_3$. Der Gesamtsalzgehalt schwankt je nach Wassertiefe im Bereich 1450-1650 mg/l, die Leitfähigkeit zwischen 1950-2100 µS/cm. Die pH-Werte im Kulkwitzer See liegen bei 7,0 bis 8,4 und damit im Karbonatpufferbereich. Er besitzt heute ein relativ niedriges Puffervermögen. Sauerstoff ist ganzjährig bis in Tiefenwasser nachweisbar. Der trophische Referenzzustand entspricht dem Istzustand und kann als oligotroph eingestuft werden (LAWA 1998). Die (Schwer-)Metallgehalte sind sehr gering bzw. unterhalb der Nachweisgrenze. Die Richtwertvorgaben nach LAWA (1997/98 & 2001) und DVWK (1993) werden unterschritten. Der See weist eine reiche Flora und Fauna auf, die dem natürlichen Zustand vergleichbarer Seen entsprechen würde.

Der Kulkwitzer See wurde mit dem ihm zugeordneten Referenzsee (Typ 13 nach LAWA 2003b) verglichen. Es wurde eine Bewertung gemäß der vorhandenen Datenlage und anhand der gängigen Kriterien (EU 2001, LAWA 2003a, 2003b, 2003c sowie SächsWRRLVO 2004, u.a.) vorgenommen. Die Ergebnisse der Zustandsbewertung nach den biologischen, physikalisch-chemischen und den hydromorphologischen Komponenten gingen in eine Gesamtbewertung ein. Der See entspricht im Vergleich, dem nach der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) (EU 2001) gefordertem "guten Zustand". Er besitzt als künstliches Gewässer ein "gutes oder besseres" ökologisches Potential.

Durch seine Ähnlichkeit zum gewählten Referenzgewässer stellt der Kulkwitzer See den Idealfall für anthropogene Standgewässer im „New Central German Lake District“ (JUNGE et al. 2005, JUNGE et al. 2006, FRUHNER 2005, SCHNEIDER 2005, CZEGKA et al. 2006a, CZEGKA et al. 2006, KUCHENBUCH 2006) dar. Er sollte daher, gemäß seines hohen ökologischen Potentials, selbst als Referenzgewässer in der Bergbaufolgelandschaft Mitteldeutschlands betrachtet werden und als Maßstab für die neu entstehenden Seen im unmittelbaren Umfeld gelten.

## 10 Literaturverzeichnis

ABO-RADY, M., WEISE, A. & VOGLER, E. (1993): Kippböden der Tagebaufolgelandschaft im Tagebau Espenhain.- In: Geologie in Sachsen, Exkursionsführer Nr. 2, Sächs. Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.) (1993), Freiberg: 25 S.

BAUCH, G. (1955): Norddeutsche fischereiliche Seentypen.- Arch. Hydrobiol. Suppl. 22: 278-285

BAUCH, G. (1966): Die einheimischen Süßwasserfische.- 5. Auflage, Neumann Verlag Radebeul, Radebeul: 194 S.

BGD (2001) – Boden und Grundwasserlabor GmbH Dresden: Wissenschaftlich-limnologische Begleituntersuchung zum Cospudener See, Dresden

BGD (2002) – Boden und Grundwasserlabor GmbH Dresden: Limnologisches Gutachten Kulkwitzer See – Phase 2.- Auftraggeber: Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH Leipzig: 95 S.

BOEHRER, B. (2005): Schichtung von Seen – Physikalische Grundlagen.- In: Handbuch Angewandte Limnologie, 22. Erg. Lfg 7/05 : 22

BOHNE, E. (Hrsg.) (2005): Ansätze zur Kodifikation des Umweltrechts in der Europäischen Union – Die Wasserrahmenrichtlinie und ihre Umsetzung in nationales Recht.- Beiträge zum 3. Speyerer UGB-Forum, Dunckner & Humbold Verlag, Berlin: 274 S.

CARMIENKE, I. (2006): Daten (1994 – 2005) zum Kulkwitzer See erhoben vom Regierungspräsidium Leipzig.- Braustr. 2, 04275 Leipzig, Tel.: 0341-9776641

CZEGKA, W., JUNGE, F.W. & HANISCH, C. (2006a): Seen entstehen – Seen vergehen. GIS und Fernerkundung als Basis eines Quasi-Temporal GIS für hydrogeochemische Parameter im Leipziger Neuseenland.- In: STROBL, J., BLASCHKE, T., GRIESEBNER, G. (Hrsg): Angewandte Geoinformatik 2005 – Beiträge zum AGIT Symposium Salzburg 2006.- Wichmann, Heidelberg: 107-112

CZEGKA, W., JUNGE, F.-W., HANISCH, C., WENNRICH, R., KUCHENBUCH, R. & ZERLING, L. (2006b): Zur hydrochemischen Beschaffenheit der anthropogenen Standgewässer der „Mitteldeutschen Seenplatte“ – eine Übersicht.- Posterbeistrag, Tagung der Fachsektion Hydrogeologie in der DGG „Indikatoren im Grundwasser“, 24.-18.5.2006 in Cottbus.- In: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Schriftenr. D. DGG. Hft. 43 (2006): 144 S. (ISBN 3-932537-39-4)

DMSdB (Hrsg.) (1999) – Dachverein Mitteldt. Str. d. Braunkohle e.V.: Auf der Strasse der Braunkohle – Wasser und Landschaft.- Klingenberg Buchkunst, Leipzig: 116 S.

DMSdB (Hrsg.) (2003) – Dachverein Mitteldt. Str. d. Braunkohle e.V.: Auf der Strasse der Braunkohle – Eine Entdeckungsreise durch Mitteldeutschland.- Klingenberg Buchkunst, Leipzig: 338 S.

DOEGE, A. (2004): Neue Kenntnisse über die Armleuchteralgen (Charophyceae) Sachsens.- Rostock. Meeresbiolog. Beitr. Hft. 13 : 163 - 172

DWD (2006) – Deutscher Wetterdienst: Tageswerte der Station 10469 Leipzig-Schkeuditz.- Online im Internet: http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/daten/online/nat/index_tageswerte.htm 15.05.2006, 13:10 Uhr

DVWK (1993) – Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.: Merkblätter zur Wasserwirtschaft 227/1993 – Teil 1: Allgemeine Kenngrößen, Nährstoffe Spurenstoffe und anorganische Schadstoffe, Biologische Kenngrößen.- Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin

EISSMANN, L. (1962): Die hydrogeologischen Verhältnisse Nordsachsens westlich der Elbe.- Exkf. Ges. f. Geowiss. 8 S.

EISSMANN, L., PRIESE, O. & RICHTER, E. (1985): Die Geologie des Naherholungsgebietes Kulkwitz-Miltitz bei Markranstädt – Ein Leitprofil des Glaziärs und Periglaziärs in Sachsen.- Abh. Ber. Nat.kd. Mus. Mauritianum Altenbg. Bd.11 (1985) Hft. 3 : 217-248

EISSMANN, L. (1994): Leitfaden de Geologie des Präquartär im Saale-Elbe-Gebiet.- Altenbg. nat. wiss. Forsch. Hft. 7 : 11-53

ELSTER, H.-J. (1958): Zum Problem der quantitativen Methoden in der Zooplanktonforschung.- Ver. int. Ver. Limnol. 13 : 961-973.

ENDER, V. (2004): Verhalten von Schwermetallen, Uran und Ra-226 bei der Flutung von Tagebaurestlöchern.- Ber. Naturforsch. Ges. Oberlausitz. Bd. 11: 77-88

ESPINEY, A. (2005): Umweltrecht in der Europäischen Union.- 2. Auflage, Carl Heymanns Verlag, Köln: 442 S.

EU (2000) – Europäische Union: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für

Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.- Amtsblatt der EU L 327/1, 22.10.2000

EU (2001) – Europäische Union: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik – Geändert durch Entscheidung Nr. 2455/2001/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. November 2001.- Amtsblatt der EU L 331, 15.12.2001

GLÄSSER, W. (1994): Umweltgeologische Untersuchungen in Mitteldeutschland als Beitrag aktuogeologischer Prozesse (Exkursion A3).- Altenbg. nat. wiss. Forsch. Hft. 7 : 236-249

Fachbereichstandart (1982): Nutzung und Schutz der Gewässer – stehende Binnengewässer – Klassifizierung.- TGL 27885/01, Ministerium für Umweltschutz und Wasserwirtschaft, 16 S.

FLORIAN, D. & LINGELBACH ,H.-J. (2006): Der Kulkwitzer See – Ein Kleinod am Rande der Stadt.- Militzke, Leipzig: 96 S.

FRUHNER, A. (2005): Hydrogeologisch-hydrochemische Charakterisierung und Einteilung der rezenten Standgewässer des Südraums von Leipzig.- Diplomarbeit an der Univ. Leipzig.

GC (2006) – GeoContent GmbH: Luftbilder des Ruams Leipzig.- Online im Internet: http://www.stadtplandienst.de/spd20/Map.aspx?sid=bbc46600f894456035561bef1b06c26e# 02.11.2006, 15:01 Uhr

GRUNDMANN, L. (Hrsg.) (1996): Leipzig – ein geographischer Führer durch Stadt und Umland.- Institut für Länderkunde, Thom Verlag, Leipzig: 288 S.

HANISCH, C., JUNGE, F.W., ZERLING, L., CZEGKA, W. & HAUSMANN,J. (2006): Daten (2005 – 2006) zum Kulkwitzer See erhoben von der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig.- Karl-Tauchnitz-Str. 1, 04107 Leipzig, Tel.: 0341-7115321

HAUSMANN, J., CZEGKA, W. & JUNGE, F.W. (2004): Örtliche Variabilität hydrochemischer Parameter der Mulde und des Bitterfelder Muldestausees (Sachsen – Sachsen-Anhalt).- Posterbeitrag, GeoLeipzig 2004. Gemeinschaftstagung DGG und GGW, Leipzig 29.9.-1.10.2004.- In: JACOBS, F., RÖHLING, H.-G. & UHLMANN, O. (Hrsg.): Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft.- Hft. 34, Kurzfassungen der Vorträge und Poster, 305 S.

IBGW (1998) – Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH Leipzig: Hydrologisches Gutachten für den Kulkwitzer See – Phase 1.- Auftraggeber: Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV), Borna

IBGW (2000) – Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH Leipzig: Limnologisches Gutachten Kulkwitzer See – Phase 1.- Auftraggeber: Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV), Borna: 33 S.

IfB (2000) – Institut für Binnenfischerei e.V.: Bewertung des fischereilichen Zustandes und Erarbeitung von fischereilichen Entwicklungszielen für den Kulkwitzer See.- Auftraggeber: Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, Leipzig: 38 S.

IMBODEN, D.M. & WÜEST, A. (1995): Mixing mechanisms in lakes.- In: LERMAN, A., IMBODEN, D.M. & GAT, J. (eds.): Physics and chemistry of lakes.- Springer-Press, Berlin: 83-138

JENDRYSCHIK, F.K. & MÜLLER, A. (1988): Vorläufiger Bericht zur ersten Einschätzung der Verhältnisse im Kulkwitzer See.- Sächsische Akademie der Wissenschaften, Leipzig: 27 S.

JENDRYSCHIK, F.K. (1989): Restlochsee Kulkwitz – Jahresbericht 1988.- Sächsische Akademie der Wissenschaften, Leipzig: 12 S.

JÖHNK, K.D. (2000): 1D hydrodynamische Modelle in der Limnophysik – Turbulenz, Meromixis, Sauerstoff. Habilitationsschrift. TU Darmstadt. 235 S.

JUNGE, F.W. (1998): Die Bändertone Mitteldeutschlands und angrenzender Gebiete.- Altenbg. nat. wiss. Forsch. Hft. 9 : 1-210

JUNGE, F.W. & JENDRYSCHIK, K. (2003): Investigations into the distribution of element concentrations in a recent dam and their seasonal and hydrographical correlation (Bitterfelder Muldestausee, Saxony-Anhalt).- Acta hydrochim. hydrobiol. 31. 4-5 : 378-390

JUNGE, F.W., JENDRYSCHIK, K., MORGENSTERN, P., TREUTLER, H.-C. & ZERLING, L. (2004a): Sediment cores from river dams used as flood archives.- Studia Quaternaria 21 : 187-195

JUNGE, F.W., HANISCH, C., ZERLING, L., CZEGKA, W., ARNOLD, A., JENDRYSCHIK, K., MORGENSTERN, P., TREUTLER, H.-C. & SCHARF, B. (2004b): Arbeitspaket 3.6 – Untersuchungen im Bitterfelder Muldestausee zu den Auswirkungen des Hoch-

wassers vom August 2002 auf die Schwermetallgehalte von Schwebstoffen und Sedimenten.- In: GELLER, W., OCKENFELD, K., BÖHME, M., KNÖCHEL, A. (Hrsg.): Endbericht BMBF-FKZ PTJ 0330492 – Schadstoffbelastung nach dem Elbe-Hochwasser 2002.- UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Department Fließgewässerökologie Magdeburg: 136-158

JUNGE, F.W., CZEGKA, W., FRUHNER, A., SCHNEIDER, N., WENNRICH, R., ZERLING, L. & HANISCH, C. (2005): The new Central German Lake District – A Hydrochemical overview on a postmining landscape.- Posterbeitrag, Tagung der European Union of Geosciences (EUG), Wien (Österreich) 24.04.-29.04.2005, Geophysical Research Abstracts Vol. 7. 00038. 2005, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-00038

JUNGE, F.W., CZEGKA, W., HANISCH, C., KUCHENBUCH, V., WENNRICH, R. & ZERLING, L. (2006): The Osternienburg Lakes – geochemistry and development of a post mining lake site in Central Germany.- Vortrag, Tagung der European Union of Geosciences (EUG), Wien (Österreich) 2.-7.4.2006, Session HS29: Lakes and enclosed seas under anthropogenic pressure.- Geophysical Research Abstracts. Vol. 8. 00931. 2006, (EGU06-A-00931)

KEITZ v., S. & SCHMALHOLZ, M. (2002): Handbuch der EU-Wasserrahmenrichtlinie.- Erich Schmidt Verlag, Berlin: 447 S.

KLAPPER, H., FICHTNER, N. & KANK, St. (1981): Limnologisches Gutachten zur Wassergüte in den Tagebaurestseen Borna, Zwenkau und Kulkwitz/Miltitz.- Institut für Wasserwirtschaft Abt. Wassergüte Magdeburg, Auftraggeber: Rat des Bezirks Leipzig Abt. Umweltschutz, Wasserwirtschaft und Erholungswesen.

KRINGEL & CARMIENKE (2000): Der Kulkwitzer See – Beschaffenheitsentwicklung – Probleme in einem 30 Jahre alten Bergbaurestsee am Stadtrand Leipzigs.- Deutsche Gesellschaft für Limnologie, Tagungsbericht 2000 : 472-477

KUCHENBUCH, V. (2006): Geologisch-geochemische Untersuchungen (Wasserkörper, Sediment) an ausgewählten Seen im Altbergbaugebiet von Osternienburg-Trebbichau (Sachsen-Anhalt).- Diplomarbeit an der Univ. Leipzig: 163 S.

LACHMANN (2006): See bekommt natürlichen Überlauf – Freispiegelleitung führt überschüssiges Wasser in den Zschampert.- In: Leipziger Volkszeitung, 01.09.2006

LAWA (1997/98) – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer.- Kulturbuch-Verlag, Berlin, Bd. 1,2,3

LAWA (1998) – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Gewässerbewertung – stehende Gewässer – Vorläufige Richtlinie für die Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien.- Kulturbuch-Verlag, Berlin: 74 S.

LAWA (2001) – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Tagebaurestseen – Anforderungen an die Wasserqualität.- Kulturbuch-Verlag, Berlin: 11 S.

LAWA (2003a) – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie.- Arbeitsexemplar Stand 30.04.2003, aktualisiert am 14.10.2003: 151 S.

LAWA (2003b) – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Musterverordnung zur Umsetzung der Anhänge II und V der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich Wasserpolitik.- Stand 02.07.2003: 105 S.

LAWA (2003c) – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Kriterien zur Erhebung von anthropogenen Belastungen und Beurteilung ihrer Auswirkungen zur termingerechten und aussagekräftigen Berichterstattung an die EU-Kommission.- Stand 31.03.2003: 59 S.

LfUG (2004a) – Landesamt für Umwelt und Geologie: Europäische Wasserrahmenrichtlinie – Neue Impulse für Sachsen.- Informationsblatt Nr. 1, Sächsische Druck- und Verlagshaus AG, Dresden: 11 S.

LfUG (2004b) – Landesamt für Umwelt und Geologie: Europäische Wasserrahmenrichtlinie – Neue Impulse für Sachsen.- Informationsblatt Nr. 2, Saxoprint, Dresden: 15 S.

LfUG (2005) – Landesamt für Umwelt und Geologie: Europäische Wasserrahmenrichtlinie – Neue Impulse für Sachsen.- Informationsblatt Nr. 3, Saxoprint, Dresden: 12 S.

LMBV (2005) – Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH: Freispiegelleitung Kulkwitzer See.- Genehmigungsplanung: 21 S.

LMBV (2006) – Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH: Kennzahlen zum Wasserhaushalt im Südraum Leipzig.- Online im Internet: http://www.lmbv.de 15.05.2006, 13:15 Uhr

MIETZ, O. (1991): Allgemeine limnologische Charakteristik von 12 Potsdamer Landseen unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von topographischen und morphometrischen Parametern auf den Chlorophyll-a-Gehalt.- Dissertation, Humbold Universität Berlin: 129 S.

NIXDORF, B., HEMM, M., HOFFMANN, A. & RICHTER, P. (2003): Dokumentation von Zustand und Entwicklung der wichtigsten Seen Deutschlands - Teil 2 Mecklenburg-Vorpommern.- Abschlußbericht F & E Vorhaben FKZ 299 24 274 des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Cottbus: 370 S.

NIXDORF, B., MISCHKE, U., HOEHN, E., RIEDMÜLLER, U., RÜCKER, J., SCHÖNFELDER, I. & ROHDE, E (2006): Leitbildorientierte Bewertung von Seen anhand der Teilkomponente Phytoplankton im Rahmen der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie.- Überarbeiteter Endbericht zum LAWA-Projekt 0K 5.90. Bad Saarow-Berlin-Freiburg: 190 S.

OECD (1982) – Organization for Econmic Cooperation and Development: Eutrophication of Waters – Monitoring, Assessment and Control.- Paris: 154 p.

PIETSCH, W. (1979): Prognostische Untersuchungen über die Entwicklung der Wasserqualität in den Tagebaurestgewässern Miltitz und Kulkwitz.- Dresden

RÜMMLER, F., RITTERBUSCH, D., SCHIEWE, S., WEICHSLER, F. & FÜLLNER, G. (2005): Erschließung neuer Ressourcen für die sächsische Fischerei durch Maränenbewirtschaftung von Tagebaurestseen.- In: Berichte aus der Fischerrei, Sächs. Landesanstalt f. Landwirtschaft Hft. 14 : 54-139

SächsWRRL (2004): Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft zur Bestandsaufnahme, Einstufung und Überwachung der Gewässer (Sächsische Wasserrahmenrichtlinienverordnung) vom 7. Dezember 2004.- SächsGV Bl. S. 610, 30.12.2004

SAW – Sächsische Akademie der Wissenschaften: Daten zum Kulkwitzer See.- Archiv der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Karl-Tauchnitz-Str. 1, 04107 Leipzig, Tel.: 0341-7115321

SCHNEIDER, N. (2005): Hydrogeologisch-hydrochemische Charakterisierung und Einteilung der rezenten Standgewässer nördlich von Leipzig.- Diplomarbeit an der Univ. Leipzig

SCHÖNBORN, W. (2003): Lehrbuch der Limnologie.- E.Schweizerbart´sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart: 588 S.

SCHÖNE, W. (1977): Hydrologisches Gutachten (Teil 1) über den bisherigen und künftigen Wiederanstieg des Wasserspiegels im Tagebaurestloch Kulkwitz/Miltitz unter Berücksichtung wasserwirtschaftlicher Belange der derzeitigen und späteren Nutzung des Restlochs.- Wasserwirtschaftsdirektion Saale-Werra, Oberflußmeisterei Leipzig: 22 S.

SCHÖNE, W. (1978): Hydrologisches Gutachten (Teil 2) – Nachtrag – Über den Wiederanstieg des Wasserspiegels im Restloch Kulkwitz/Miltitz und über die Grundwasserverhältnisse im Bereich des Beckens.- Wasserwirtschaftsdirektion Saale-Werra, Oberflußmeisterei Leipzig: 48 S.

SCHÖNE, W. (1981): Hydrologische Stellungnahme (III) zum Wasserspiegelanstieg im Becken Kulkwitz.- Wasserwirtschaftsdirektion Saale-Werra, Oberflußmeisterei Leipzig: 18 S.

SCHÖNE, W. (1982a): Teil IV – Nachtrag zur hydrologischen Stellungnahme Teil III März 1981 mit dem Wasserspiegelanstieg im Becken Kulkwitz bis Ende 1981.- Leipzig: 4 S.

SCHÖNE, W. (1982b): Wasserspiegelanstieg im Kulkwitzer See – Stellungnahme über die Vorausberechnung des Beckenwasserspiegelanstieges seit 1964 bei besonderer Benutzung der Wiederanstiegsformel $y^2=2*p*x$ bei Beachtung des veränderlichen Parameterwertes p dieser Gleichung.- Leipzig: 5 S.

SCHÖNE, W. (1983): Bericht über die am 19.10.1983 durchgeführten Wasserspiegelmessungen am Becken Kulkwitz und in den Grundwasserstandsbeobachtungsrohren im Bereich um das Becken.- Leipzig: 5 S.

SCHÖNE, W. (1984): Bereicht über den Wasserspiegelanstieg im Becken Kulkwitz im Jahre 1983.- Leipzig: 2 S.

SCHÖNE, W. (1985a): Bereicht über den Wasserspiegelanstieg im Becken Kulkwitz 1984.- Leipzig: 2 S.

SCHÖNE, W. (1985b): Die hydrologische Situation am Wasserbecken Kulkwitz Ende 1985.- Leipzig: 7 S. [unveröffentlichter Entwurf]

SCHWOERBEL, J. (1999): Einführung in die Limnologie.- 8. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-Jena-Lübeck-Ulm: 465 S.

SIEBER, K.-H. (1988): Erholung im Naherholungsgebiet Kulkwitz – Soziale Funktion, Kapazität, Bedarf und Reproduktionserfordernisse, unter besonderer Berücksichtigung des Badens.- Forsch. Ber. Univ. Leipzig: 29 S.

TÜMPLING & FRIEDRICH (1999): Biologische Gewässeruntersuchung.- Meth. Biol. Wasserunters. Bd. 2., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-Jena-Lübeck-Ulm

VEB BKW Borna (1984) – Braunkohlewerk Borna, HA Bodenmechanik: Standsicherheitsnachweis – Tagbaurestloch Kulkwitz-Miltitz.- Auftraggeber: Büro für Bauangelegenheiten bei der Bezirkskommission Leipzig: 46 S.

VENTZ, D. (1974): Die Einflussnahme von Umgebungsfaktoren und morphometrischen Faktoren auf den Stoffhaushalt von See.- Dissertation, TU Dresden: 111 S.

WETZEL, R.G. (1983): Limnology.- 2. Edition, Sanders College Publishing, New York: 767 p.

WETZEL, R.G. (2001): Limnology.- 3. Edition.- Academic Press, San Diego-San Francisco-New York-Bosten-London-Sydney-Tokyo: 1006 p.

WORCH, E. (1997): Wasser und Wasserinhaltsstoffe – Eine Einführung in die Hydrochemie.- B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart-Leipzig: 205 S.

ZERLING, L., MÜLLER, A., JENDRYSCHIK, K., HANISCH, C. & ARNOLD, A. (2001): Der Bitterfelder Muldestausee als Schadstoffsenke – Entwicklung der Schwermetallbelastung von 1992 bis 1997.- Abh. d. Sächs. Akad. d. Wiss. zu Leipzig, Math.-nat. Kl. 59. Hft. 4 : 69 S.

UBA (2004) – Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft: Kulkwitzer See – Zooplanktonanalyse – Kurzbericht.- Auftraggeber: IDUS Biologisch Analytisches Umweltlabor GmbH Ottendorf-Okrilla: 5 S.

## Danksagung

Für die wissenschaftliche Betreuung und Begutachtung möchte ich bei Herrn Prof. W. Gläßer (Universität Leipzig sowie Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle/Saale GmbH) und Herrn PD. Dr. habil. F.W. Junge (Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig) bedanken.

Des Weiteren sei Frau Chr. Hanisch, Herr. Dr. L. Zerling sowie Herrn W. Czegka von der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Frau Dr. I. Carmienke, Frau. G. Hagemann sowie Herr Hefner vom Regierungspräsidium Leipzig, Herrn B.-St. Tienz von der Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Herrn Dr.-Ing. H. Mansel vom Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH in Leipzig, Frau Dr. I. Guteritz vom Boden und Grundwasserlabor GmbH in Dresden, Frau S. Schiewe vom Institut für Binnenfischerei e.V. in Potsdam-Sacrow, Herrn Uwe Borchardt von der Staatlichen Umweltbetriebsgesellschaft, Frau Oeller und Frau K. Ziegler vom Landesamt für Umwelt und Geologie in Freiberg, Herrn D. Florian & Herrn H.-J. Lingelbach, beide Leipzig, und Herrn Conrad von der Leipzig Seen GmbH herzlich gedankt. Besondern Dank auch an Herrn Nettermann vom Bootsverleih am Kulkwitzer See und an all jene, die ich nicht aufzählen kann.

Ich widme diese Arbeit meinen geduldigen Eltern.

## Anhang I: Berechnungen zur Wasserbeschaffenheit nach LAWA (1998)

1. Trophiesteuernde Kenngrößen der Seebeckenmorphometrie (Gl. 13 - 14)
2. Theoretische Epilimniontiefe ( $Z_{epi}$ ) nach VENTZ (1974) (Gl. 15 - 17)

### 1. Trophiesteuernde Kenngrößen der Seebeckenmorphometrie

**Mittlere Tiefe ( $Z_m$ )**

(Gl. 13) $$Z_m = \frac{V}{A} \text{ [m]}$$

$V$ Seevolumen [m³]

$A$ Seefläche [m²]

**Tiefengradient ( $F$ ) (I) nach MIETZ (1991)**

(Gl. 14) $$F = \frac{Z_{\max}}{Z_{epi}}$$

$Z_{\max}$ max. Tiefe [m]

$Z_{epi}$ theoret. Epilimniontiefe [m]

### 2. Theoretische Epilimniontiefe ( $Z_{epi}$ ) nach VENTZ (1974)

(Gl. 15) $$Z_{epi} = 5.81 D_a^{0.28} \text{ [m]}$$

$D_a$ effektive Achsenlänge

**Effektive Achsenlänge ( $D_a$ )**

(Gl. 16) $$D_a = \frac{L_{eff} + B_{eff}}{2} \text{ [km]}$$

$L_{eff}$ effektive Länge

$B_{eff}$ effektive Breite

**Tiefengradient ( $F$ ) (II)**

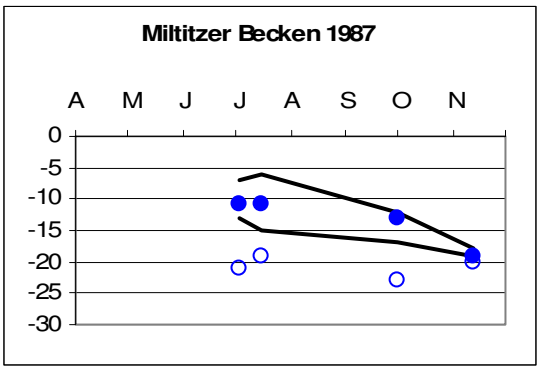
(Gl. 17) $$F = \frac{Z_{\max}}{4.785(L_{eff} + B_{eff})^{0.28}}$$

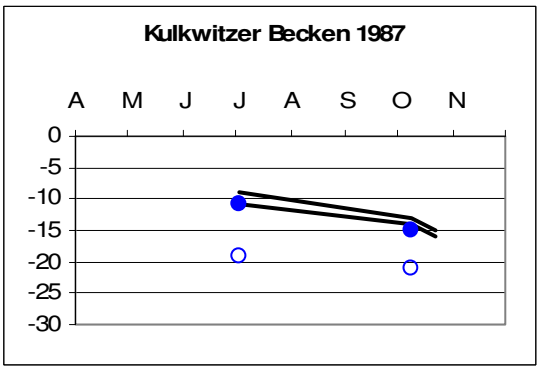
$Z_{\max}$ max. Tiefe [m]

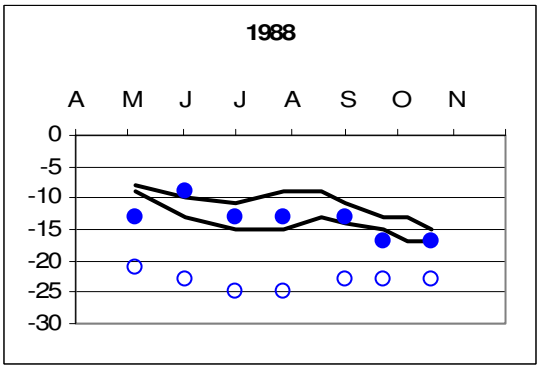
$L_{eff}$ effektive Länge [km]

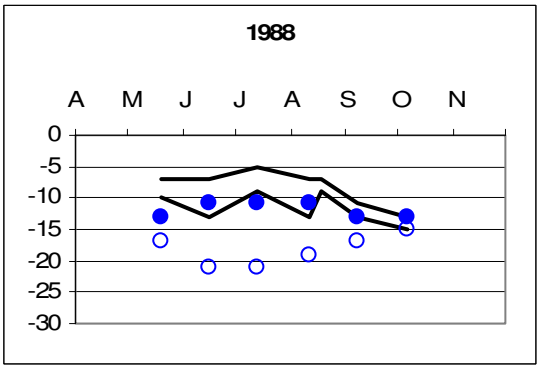
$B_{eff}$ effektive Breite [km]

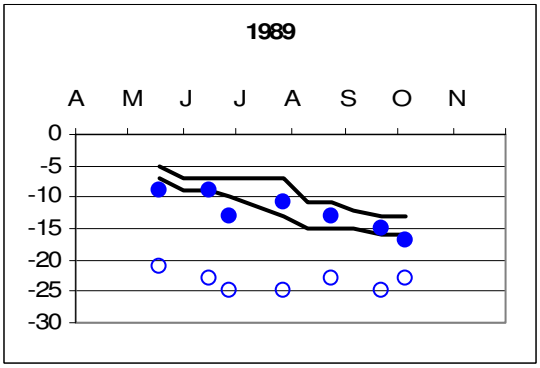
## Anhang II: Schichtungsentwicklung 1987-2006

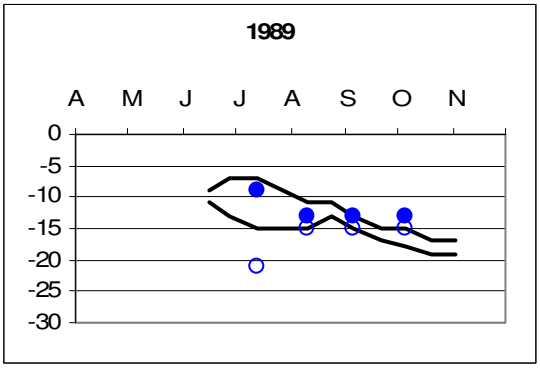


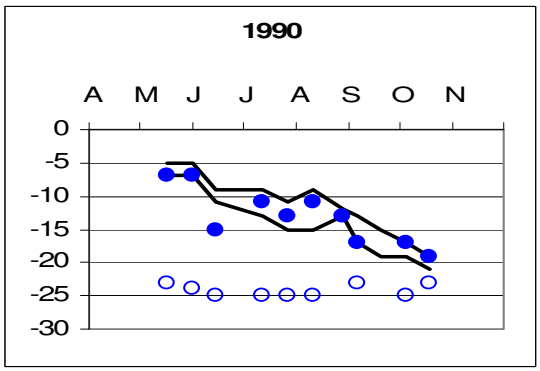



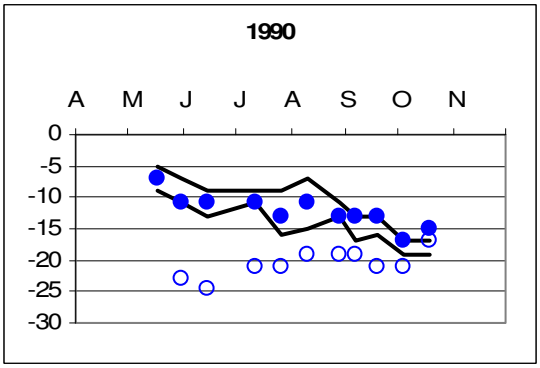



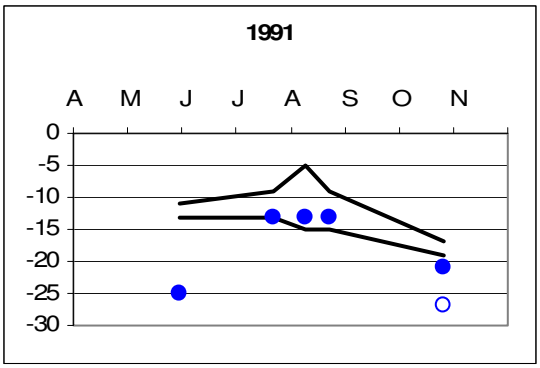



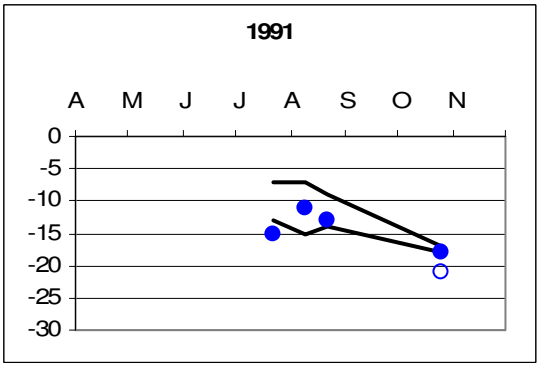



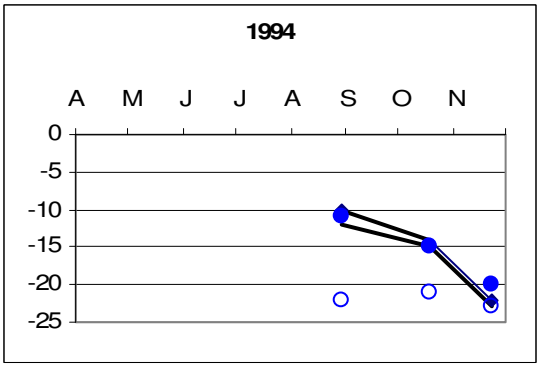



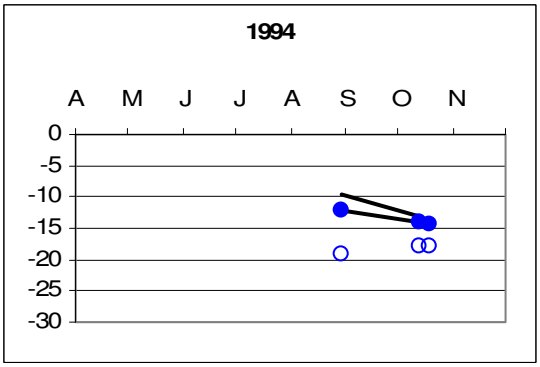



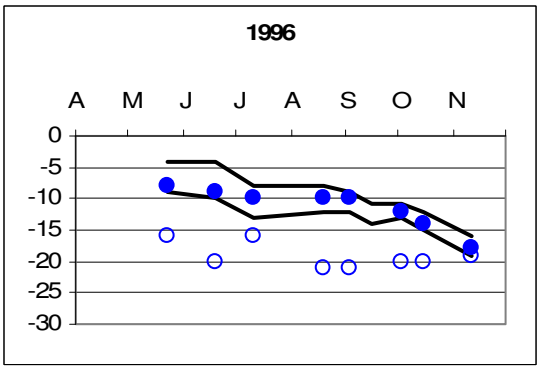



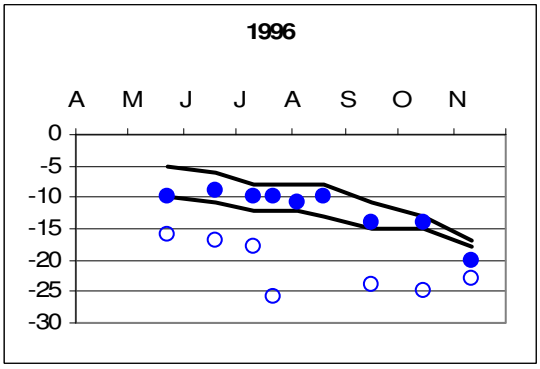

1991
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30

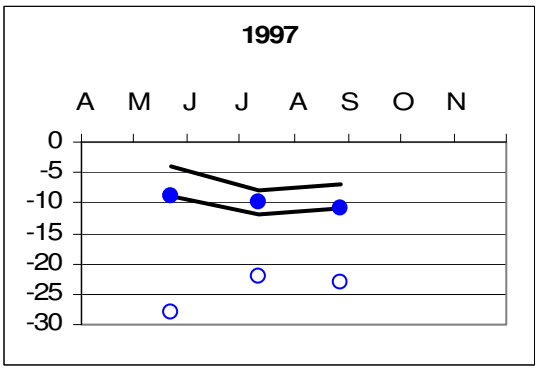

1991
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30

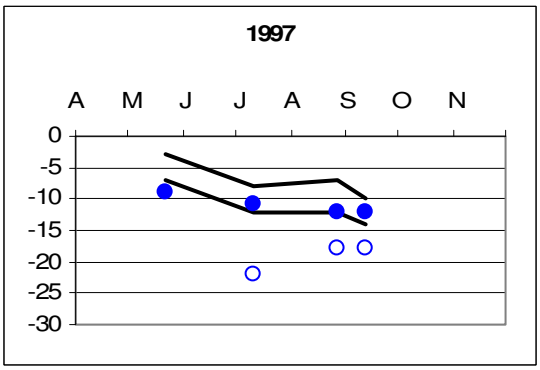

1994
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25

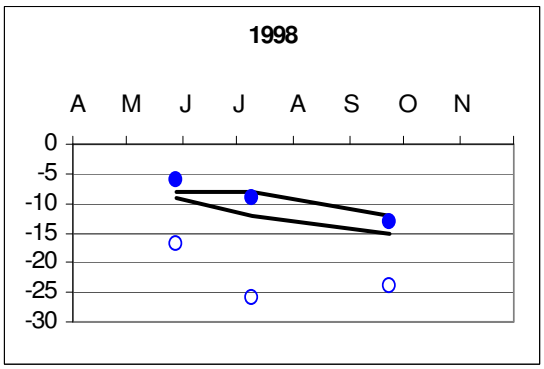

1994
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30

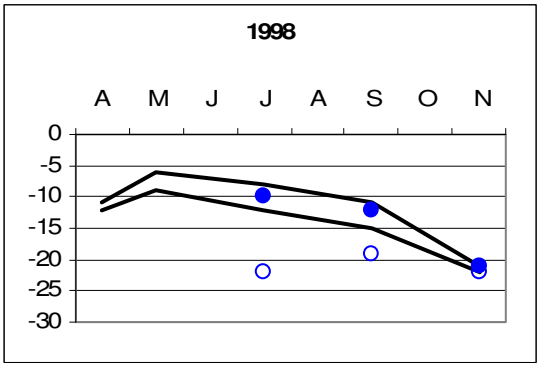

1996
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30

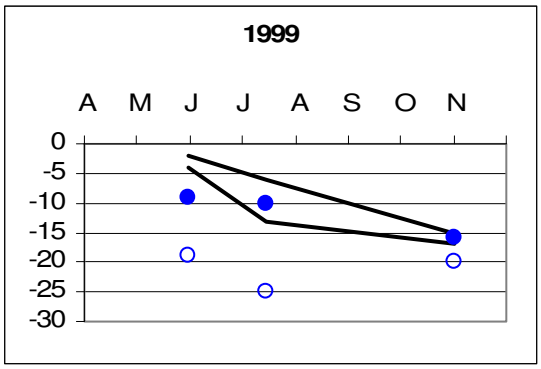

1996
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30

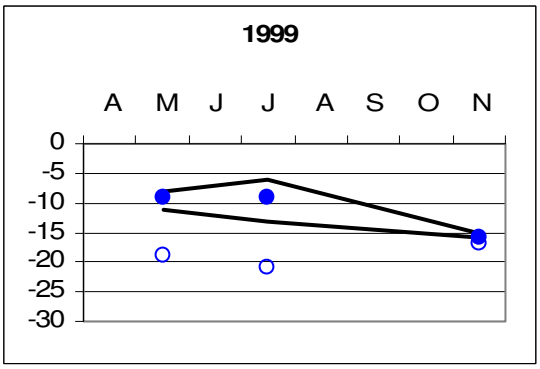

1997
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30

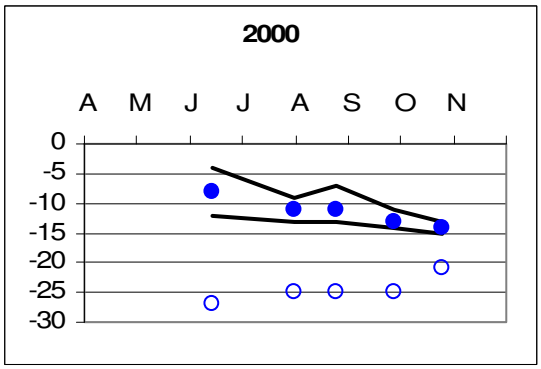

1997
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30

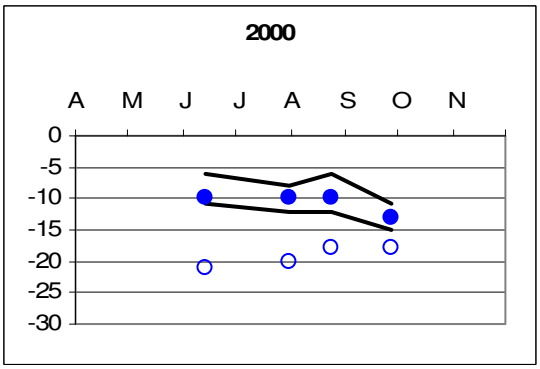

1998
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30

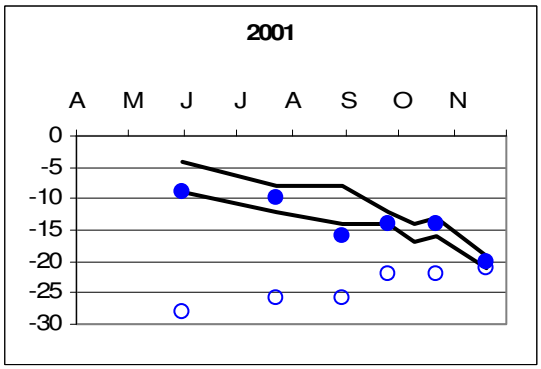

1998
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30

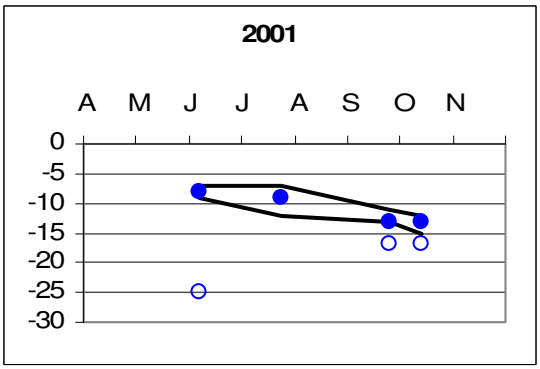

1999
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30

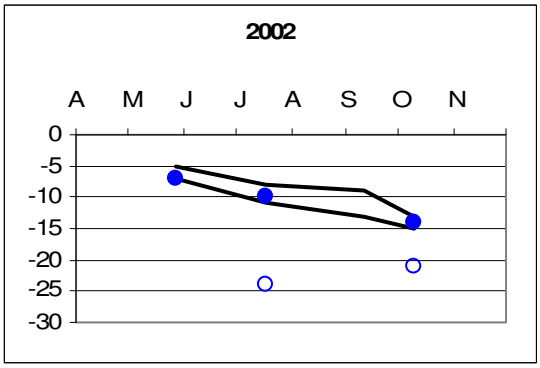

1999
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30

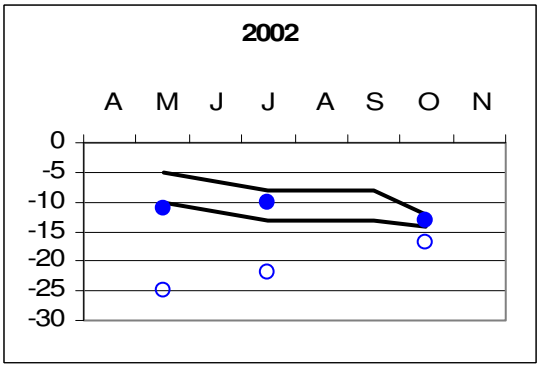

2000
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30

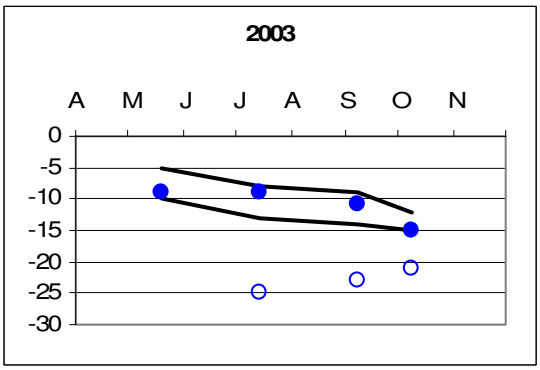

2000
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30

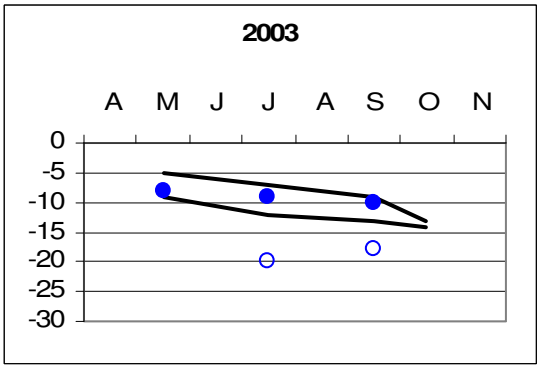

2001
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30

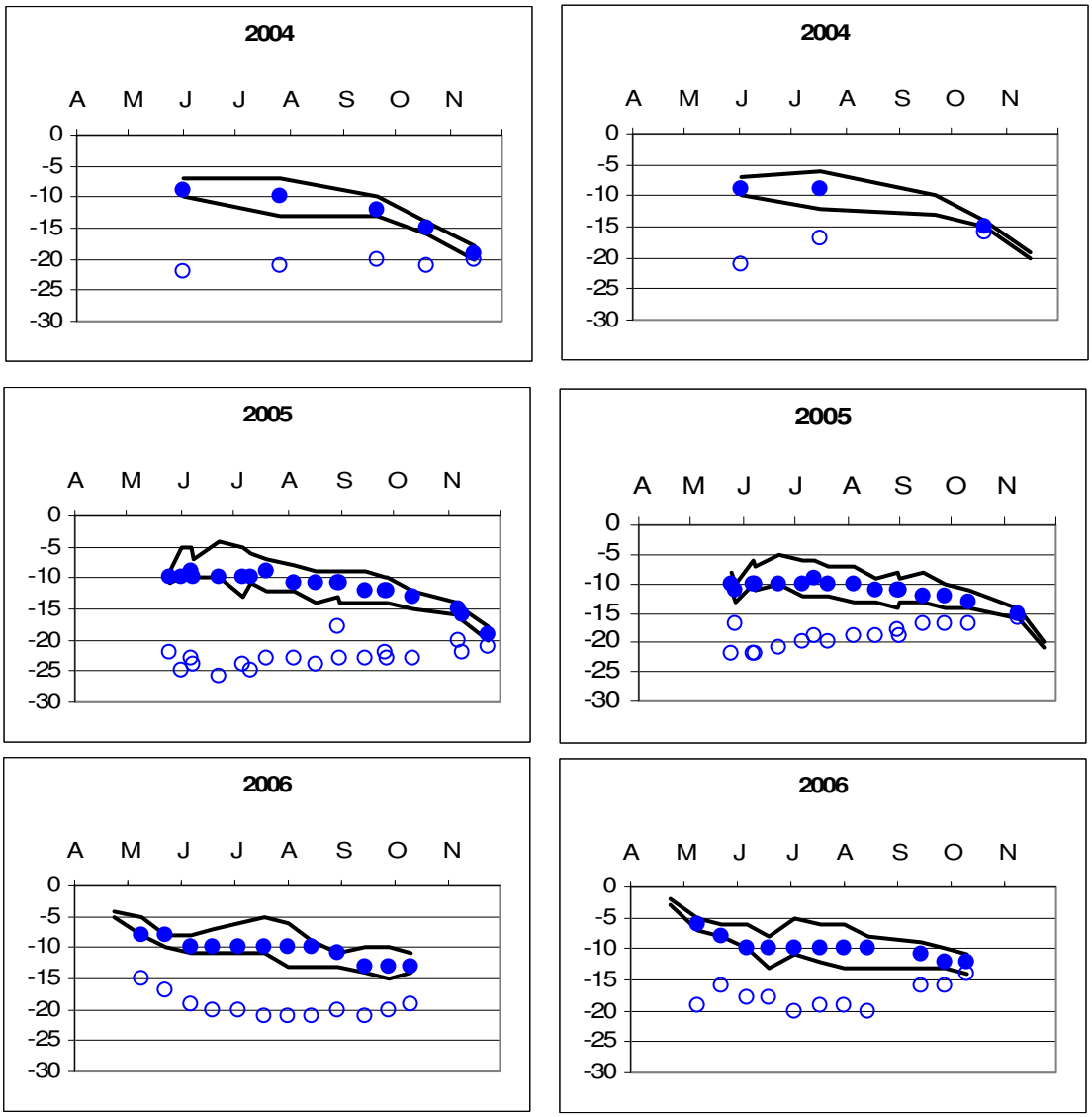

2001
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30


2002
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30


2002
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30


2003
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30


2003
A M J J A S O N
0 -5 -10 -15 -20 -25 -30



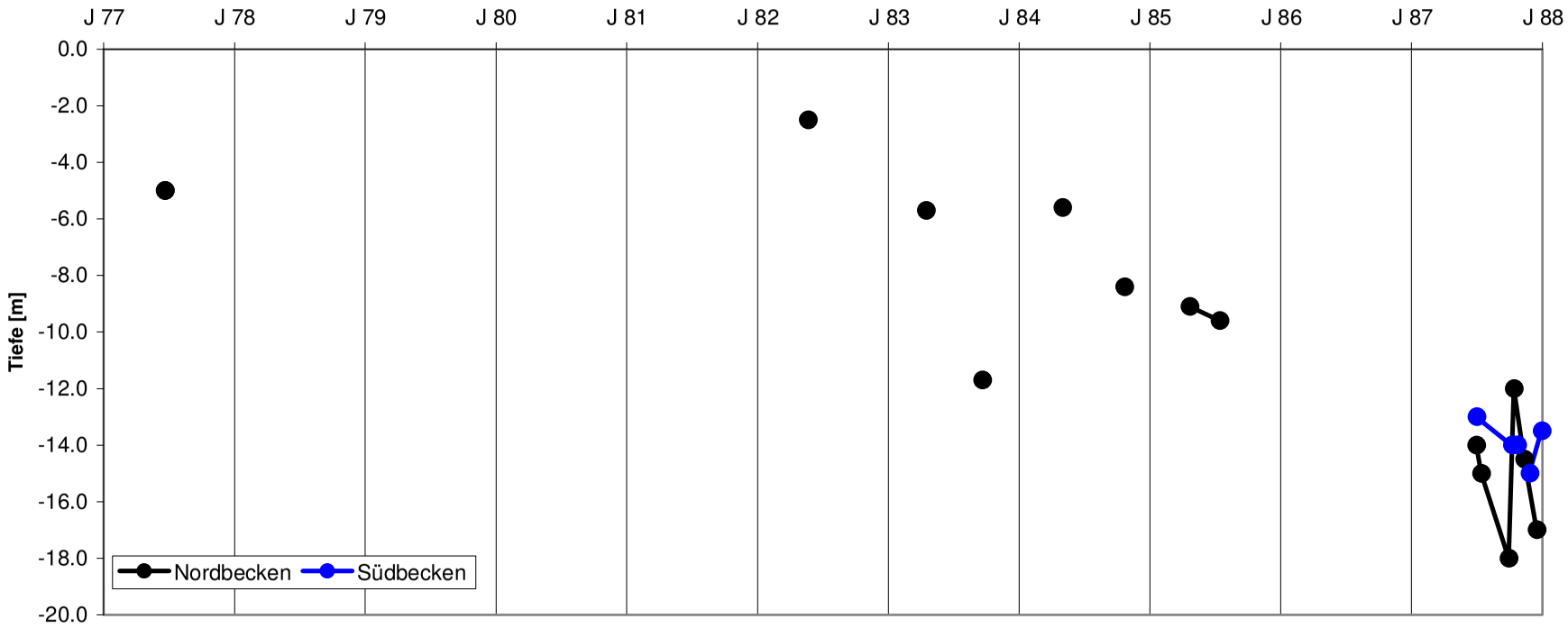

Entwicklung des Metalimnions in den Teilbecken des Kulkwitzer Sees

Schwarz: Grenzen des Temperaturgradienten >1 K/m

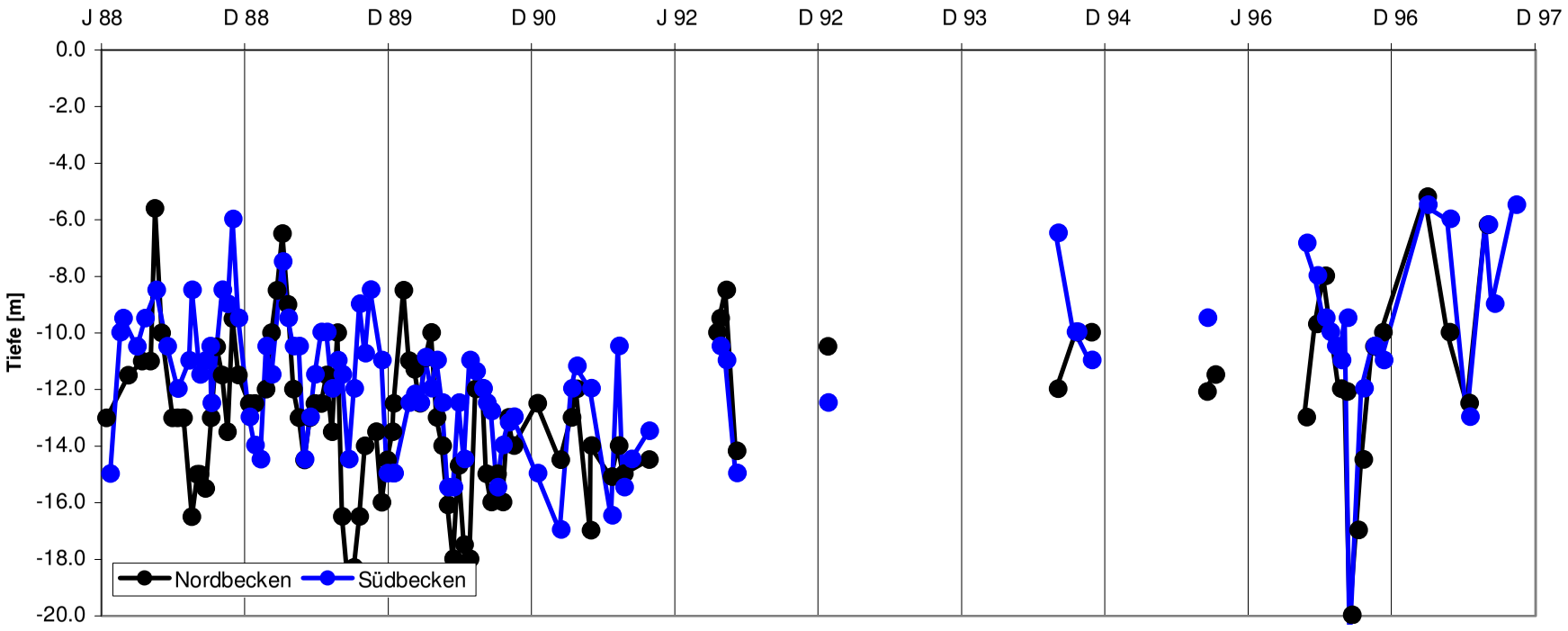
Blau-gefüllt: Maximum der Sauerstoffübersättigung

Blau-leer: Sauerstoffsättigung <100%

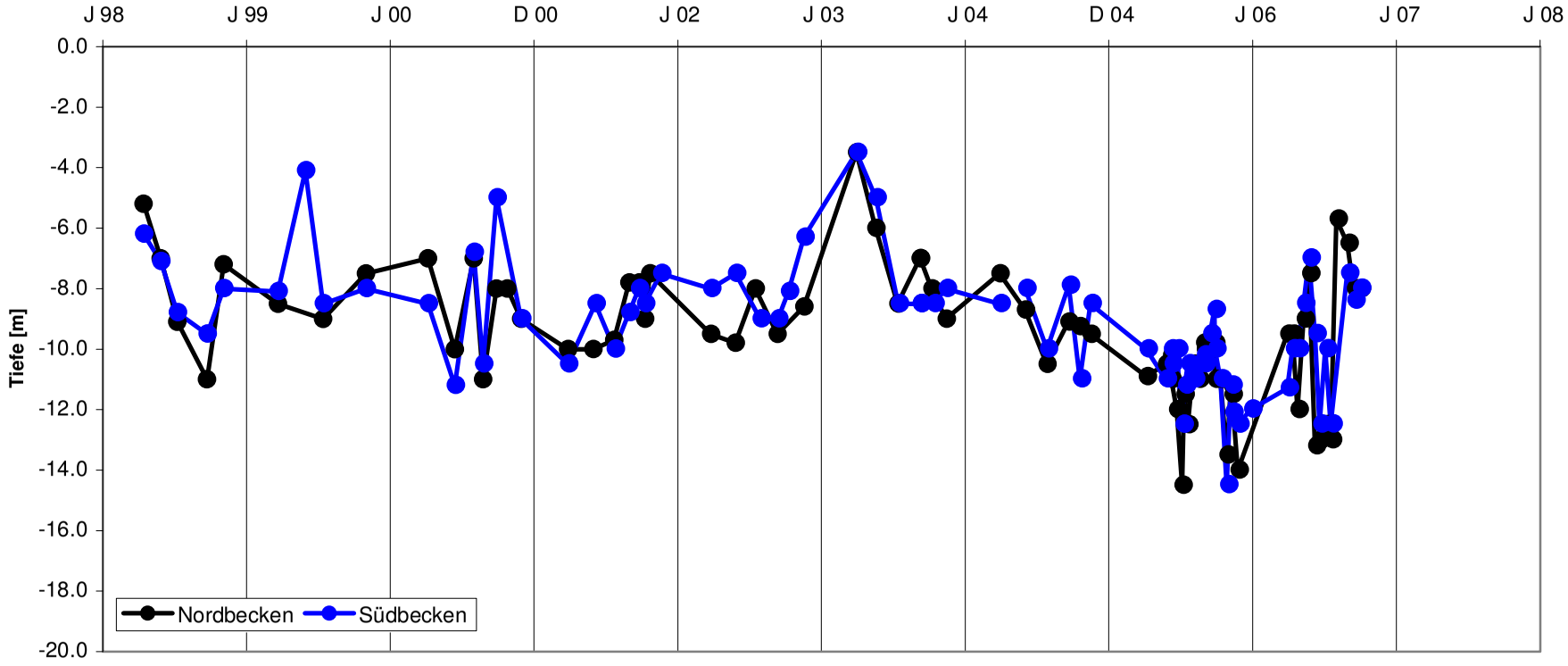
## Anhang III: Entwicklung der Sichttiefe 1977-2006




**Sichttiefen 1977-1987**




**Sichttiefen 1988-97**




**Sichttiefen 1998-2007**

## Anhang IV: Nominative Begriffsbestimmungen nach WRRL

Allgemeine Begriffsbestimmungen für den Zustand von Flüssen, Seen, Übergangsgewässern und Küstengewässern (Anhang V Tabelle 1.2 WRRL (EU 2001))

Allgemein

| Sehr guter Zustand | Guter Zustand | Mäßiger Zustand | Unbefriedigender Zustand | Schlechter Zustand |
|---|---|---|---|---|
| Es sind bei dem jeweiligen Oberflächengewässertyp keine oder nur sehr geringfügige anthropogene Änderungen der Werte für die physikalisch-chemischen und hydromorphologischen Qualitätskomponenten gegenüber den Werten zu verzeichnen, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit diesem Typ einhergehen.<br><br>Die Werte für die biologischen Qualitätskomponenten des Oberflächengewässers entsprechen denen, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit dem betreffenden Typ einhergehen, und zeigen keine oder nur sehr geringfügige Abweichungen an.<br><br>Die typspezifischen Bedingungen und Gemeinschaften sind damit gegeben. | Die Werte für die biologischen Qualitätskomponenten des Oberflächengewässertyps zeigen geringe anthropogene Abweichungen an, weichen aber nur in geringem Maße von den Werten ab, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit dem betreffenden Oberflächengewässertyp einhergehen. | Die Werte für die biologischen Qualitätskomponenten des Oberflächengewässertyps weichen mäßig von den Werten ab, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit dem betreffenden Oberflächengewässertyp einhergehen. Die Werte geben Hinweise auf mäßige anthropogene Abweichungen und weisen signifikant stärkere Störungen auf, als dies unter den Bedingungen des guten Zustands der Fall ist. | Gewässer, bei denen die Werte für die biologischen Qualitätskomponenten des betreffenden Oberflächengewässertyps stärkere Veränderungen ausweisen und die Biozönosen erheblich von denen abweichen, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit dem betreffenden Oberflächengewässertyp einhergehen, werden als unbefriedigend eingestuft. | Gewässer, bei denen die Werte für die biologischen Qualitätskomponenten des betreffenden Oberflächengewässertyps erhebliche Veränderungen aufweisen und große Teile der Biozönosen, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit dem betreffenden Oberflächengewässertyp einhergehen, fehlen, werden als schlecht eingestuft. |

Allgemeine Begriffsbestimmungen für den sehr guten, guten und mäßigen Zustand von Seen (Anhang V Tabelle 1.2.2 WRRL (EU 2001))

Biologische Komponenten

| Komponente | Sehr guter Zustand | Guter Zustand | Mäßiger Zustand |
|---|---|---|---|
| Phytoplankton | Die taxonomische Zusammensetzung und die Abundanz entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Bedingungen bei Abwesenheit störender Einflüsse.<br><br>Die durchschnittliche Biomasse des Phytoplanktons entspricht de typspezifischen physikalisch-chemischen Bedingungen und ist nicht so beschaffen, dass dadurch die typspezifischen Bedingungen für die Sichttiefe signifikant verändert werden.<br><br>Planktonblüten treten mit einer Häufigkeit und Intensität auf, die den typspezifischen physikalisch-chemischen Bedingungen entspricht. | Die planktonischen Taxa weichen in ihrer Zusammensetzung und Abundanz geringfügig von den typspezifiellen Gemeinschaften ab. Diese Abweichungen deuten nicht auf ein beschleunigtes Wachstum von Algen hin, dass das Gleichgewicht der in dem Gewässer vorhandenen Organismen oder die physikalisch-chemische Qualität des Wassers oder Sediments in unerwünschter Weise stören würde.<br><br>Es kann zu einem leichten Anstieg der Häufigkeit und Intensität der typspezifischen Planktonblüten kommen. | Zusammensetzung und Abundanz der planktonischen Taxa weichen regelmäßig von den der typspezifischen Gemeinschaften ab.<br><br>Bei der Biomasse sind mäßige Störungen zu verzeichnen, was zu signifikanten unerwünschten Störungen bei anderen biologischen Qualitätskomponenten und bei der physikalisch-chemischen Qualität des Wassers oder Sediments führen kann.<br><br>Es kann zu einem mäßigen Anstieg der Häufigkeit oder Intensität der Planktonblüten kommen. In den Sommermonaten können anhaltende Blüten auftreten. |
| Makrophyten und Phytobenthos | Die taxonomische Zusammensetzung entspricht vollständig oder nahezu den Bedingungen bei Abwesenheit störender Einflüsse.<br><br>Keine erkennbaren Änderungen der durchschnittlichen makrophytischen und der durchschnittlichen phytobethischen Abundanz. | Die makrophytischen und phytobenthischen Taxa weichen in ihrer Zusammensetzung und Abundanz geringfügig von den typspeziellen Gemeinschaften ab. Diese Abweichungen deuten nicht auf ein beschleunigtes Wachstum von Algen oder höheren Pflanzen hin, dass das Gleichgewicht der in dem Gewässer vorhandenen Organismen oder die physikalisch-chemische Qualität des Wassers in unerwünschter Weise stören würde.<br><br>Die phtobenthische Lebensgemeinschaft wird nicht durch anthropogene Bakterienhäufung und anthropogenen Bakterienbesatz beeinträchtigt. | Die Zusammensetzung der makrophytischen und phytobenthischen Taxa weicht mäßig von der typspezifischen Gemeinschaft ab und ist in signifikanter Weise stärker gestört, als dies bei gutem Zustand der Fall ist.<br><br>Es sind mäßige Änderungen der durchschnittlichen makrophytischen und der durchschnittlichen phytobenthischen Abundanz erkennbar.<br><br>Die phytobenthische Lebensgemeinschaft kann durch anthropogene Bakterienhäufung und anthropogenen Bakterienbesatz beeinträchtigt und in bestimmten Gebieten verdrängt werden. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Benthische wirbellose Fauna | Die taxonomische Zusammensetzung und die Abundanz entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Referenzbedingungen.<br><br>Der Anteil störungsempfindlicher Taxa im Verhältnis zu robusten Taxa zeigt keine Anzeichen für eine Abweichung von den Werten, die bei Vorliegen der Referenzbedingungen zu verzeichnen sind.<br><br>Der Grad der Vielfalt der wirbellosen Taxa zeigt keine Anzeichen für Abweichungen von den Werten, die bei Abwesenheit störender Einflüsse zu verzeichnen sind. | Die wirbellosen Taxa weichen in ihrer Zusammensetzung und Abundanz geringfügig von den typspezifischen Gemeinschaften ab.<br><br>Der Anteil der störungsempfindlichen Taxa im verhältnis zu den robusten Taxa zeigt geringfügige Anzeichen für Abweichungen der typspezifischen Werten<br><br>Der Grad der Vielfalt der wirbellosen Taxa zeigt geringfügige Anzeichen für Abweichungen von den typspezifischen Werten. | Die wirbellosen Taxa weichen in ihrer Zusammensetzung und Abundanz mäßig von den typspezifischen Gemeinschaften ab.<br><br>Wichtige taxonomische Gruppen der typspezifischen Gemeinschaft fehlen.<br><br>Der Anteil störungsempfindlicher Taxa im Verhältnis zu robusten Taxa und der Grad der Vielfalt liegen beträchtlich unter dem typspezifischen Wert und in signifikanter Weise unter den werten, die für einen guten Zustand gelten. |
| Fischfauna | Zusammensetzung und Abundanz der arten entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Bedingungen bei Abwesenheit störender Einflüsse.<br><br>Alle typspezifischen störungsempfindlichen Arten sind vorhanden.<br><br>Die Altersstrukturen der Fischgemeinschaften zeigen kaum Anzeichen anthropogener Störungen und deuten nicht auf Störungen bei der Fortpflanzung oder Entwicklung irgendeiner besonderen Art hin. | Aufgrund anthropogener Einflüsse auf die physikalisch-chemischen und hydromorphologischen Qualitätskomponenten weichen die Arten in Zusammensetzung und Abundanz geringfügig von den typspezifischen Gemeinschaften ab.<br><br>Die Altersstrukturen der Fischgemeinschaften zeigen Anzeichen für Störungen aufgrund anthropogener Einflüsse auf die physikalisch-chemischen oder hydromorphologischen Qualitätskomponenten und deuten in wenigen Fällen auf Störungen bei der Fortpflanzung oder Entwicklung einer bestimmten Art hin, so dass einige Alterstufen fehlen können. | Aufgrund anthropogener Einflüsse auf die physikalisch-chemischen und hydromorphologischen Qualitätskomponenten weichen die Fischarten in Zusammensetzung und Abundanz mäßig von den typspezifischen Gemeinschaften ab.<br><br>Aufgrund anthropogener Einflüsse auf die physikalisch-chemischen und hydromorphologischen Qualitätskomponenten zeigt die Altersstruktur der Fischgemeinschaften größere Anzeichen von Störungen, so dass ein mäßiger Teil der typspezifischen Arten fehlt oder sehr selten ist. |

## Hydromorphologische Komponenten

| Komponente | Sehr guter Zustand | Guter Zustand | Mäßiger Zustand |
|---|---|---|---|
| Wasserhaushalt | Menge und Dynamik der Strömung, Pegel, Verweildauer und die sich daraus ergebende Verbindung zum Grund- | Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht | Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | wasser entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Bedingungen bei Abwesenheit störender Einflüsse. | werden können. | werden können. |
| Morphologie | Variationen der Tiefe des Sees, Quantität uns Struktur des Substrats sowie Struktur und Bedingungen des Uferbereichs entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Bedingungen bei Abwesenheit störender Einflüsse. | Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können. | Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können. |

## Physikalisch-chemische Komponenten

| Komponente | Sehr guter Zustand | Guter Zustand | Mäßiger Zustand |
|---|---|---|---|
| Allgemeine Bedingungen | Die Werte der physikalisch-chemischen Komponenten entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Werten, die bei Abwesenheit störender Einflüsse zu verzeichnen sind.<br><br>Die Nährstoffkonzentrationen bleiben innerhalb des Wertespektrums, das normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse vorzufinden ist.<br><br>Salzgehalt, pH-Wert, Säureneutralisationsvermögen, Sichttiefe und Temperatur zeigen keine Anzeichen anthropogener Störungen und blieben in dem Bereich, der normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse festzustellen ist. | Die Werte für die Temperatur, die Sauerstoffbilanz, den pH-Wert, das Säureneutralisationsvermögen, die Sichttiefe und den Salzgehalt gehen nicht über den Bereich hinaus, innerhalb dessen die Funktionsfähigkeit des Ökosystems und die Einhaltung der oben beschriebenen Werte für die biologischen Qualitätskomponenten gewährleistet sind.<br><br>Die Nährstoffkonzentrationen liegen nicht über den Werten, bei denen die Funktionsfähigkeit des Ökosystems und die Einhaltung der oben beschriebenen Werte für die biologischen Qualitätskomponenten gewährleistet sind. | Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können. |
| Spezifische synthetische Schadstoffe | Konzentrationen nahe Null oder zumindest unter der Nachweisgrenze der allgemein gebräuchlichen fortgeschrittenen Analysetechniken. | Konzentrationen nicht höher als die Umweltqualitätsnormen, die nach dem verfahren gemäß Randnummer 1.2.6 festgelegt werden, unbeschadet der Richtlinie 91/414/EWG [A.d.R. Pflanzenschutzmittel] und der Richtlinie 98/8/EG (<eqs[1]) [A.d.R. Biozide]. | Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Spezifische nichtsynthetische Schadstoffe | Die Konzentrationen bleiben in dem Bereich, der normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse festzustellen ist (Hintergrundwerte = bgl[1]). | Konzentrationen nicht höher als die Umweltqualitätsnormen, die nach dem verfahren gemäß Randnummer 1.2.6 festgelegt werden[2], unbeschadet der Richtlinie 91/414/EWG [A.d.R. Pflanzenschutzmittel] und der Richtlinie 98/8/EG (<eqs[1]) [A.d.R. Biozide]. | Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können. |

[1]) bgl = Hintergrundwert; eqs = Umweltqualitätsstandart

[2]) Die Anwendung der Umweltqualitätsnormen, die sich aus diesem Protokoll ergeben, bedeutet nicht, dass die Schadstoffkonzentrationen so weit verringert werden müssen, dass sie unter den hintergrundwerten liegen.

## Begriffsbestimmungen für das höchste , das gute und das mäßige ökologische Potential von erheblich veränderten oder künstlichen Wasserkörpern (Anhang V Tabelle 1.2.5 WRRL (EU 2001))

| Komponente | Höchstes ökologisches Potential | Gutes ökologisches Potential | Mäßiges ökologisches Potential |
|---|---|---|---|
| Biologische Qualitätskomponenten | Die Werte für die einschlägigen biologischen Qualitätskomponenten entsprechen unter Berücksichtigung der physikalischen Bedingungen, die sich aus den künstlichen oder erheblich veränderten Eigenschaften des Wasserkörpers ergeben, soweit wie möglich den Werten für den Oberflächenwassertyp, der am ehesten mit dem betreffenden Wasserkörper vergleichbar ist. | Die Werte für die einschlägigen biologischen Qualitätskomponenten weichen geringfügig von den Werten ab, die für das höchste ökologische Potential gelten. | Die Werte für die einschlägigen biologischen Qualitätskomponenten weichen mäßig von den Werten ab, die für das höchste ökologische Potential gelten.<br>Diese Werte sind in signifikanter Weise stärker gestört, als dies bei einem guten ökologischen Potential der Fall ist. |
| Hydromorphologische Komponenten | Die hydromorphologischen Bedingungen sind so beschaffen, dass sich die Einwirkungen auf den Oberflächenwasserkörper auf die Einwirkungen beschränken, die von den künstlichen oder erheblich veränderten Eigenschaften des Wasserkörpers herrühren, nachdem alle Gegenmaßnahmen getroffen worden sind, um die | Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können. | Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | beste Annäherung an die ökologische Durchgängigkeit, insbesondere hinsichtlich der Wanderungsbewegungen der Fauna und angemessener Laich- und Aufzuchtgründe, sicherzustellen. | | |
| Physikalisch-chemische Komponenten | | | |
| Allgemeine Bedingungen | Die physikalisch-chemischen Komponenten entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Bedingungen, die bei Abwesenheit störender Einflüsse mit dem Oberflächengewässertyp einhergehen, der mit dem betreffenden künstlichen oder erheblich veränderten Wasserkörper am ehesten vergleichbar ist.<br><br>Die Nährstoffkonzentrationen bleiben in dem Bereich, der normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse festzustellen ist.<br><br>Die Werte für die Temperatur und die Sauerstoffbilanz sowie der pH-Wert entsprechen den Werten, die bei Abwesenheit störender Einflüsse in den Oberflächengewässertypen vorzufinden sind, die dem betreffenden Wasserkörper am ehesten vergleichbar sind. | Die Werte für die physikalisch-chemischen Komponenten liegen in dem Bereich, innerhalb dessen die Funktionsfähigkeit des Ökosystems und die Einhaltung der oben beschriebenen Werte für die biologischen Qualitätskomponenten gewährleistet sind.<br><br>Die Werte für die Temperatur und der pH-Wert gehen nicht über den Bereich hinaus, innerhalb dessen dir Funktionsfähigkeit des Ökosystems und die Einhaltung der oben beschriebenen Werte für die biologischen Qualitätskomponenten gewährleistet sind.<br><br>Die Nährstoffkonzentrationen gehen nicht über die Werte hinaus, bei denen die Funktionsfähigkeit des Ökosystems und die Einhaltung der oben beschriebenen Werte für die biologischen Qualitätskomponenten. | Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können. |

## Anhang V: Laudatio zur Verleihung des R. & M.-Teichmüller-Preises

### R. & M.-Teichmüller-Preis 2007 verliehen an Dipl.-Geol. Jörg Hausmann

Jörg Hausmann erhielt den Preis für seine 2006 abgeschlossene Diplomarbeit mit dem Thema „Der Kulkwitzer See. Referenzobjekt für die Entwicklung anthropogener Standgewässer in der Bergbaufolgelandschaft Mitteldeutschlands“. Sie gibt einen umfassenden Überblick über die Entwicklung (u. a. Historie, Hydrogeologie) und die aktuelle gewässerökologische Situation des im Umfeld der Stadt Leipzig mit 30 Jahren ältesten Braunkohletagebaurestsees, des Kulkwitzer Sees. Auf der Basis einer umfangreichen Datenrecherche und eigener kontinuierlicher Messungen hydrophysikalischer und hydrochemischer Wasserparameter der Jahre 2005/2006, die in die Arbeiten der Arbeitsgruppe „Schadstoffdynamik in Einzugsgebieten“ an der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig eingebunden waren, wurde vom Preisträger eine fundierte Bewertung und Einschätzung des Kulkwitzer Sees im Sinne der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie vorgenommen. Diese verleiht dem Kulkwitzer See Referenzcharakter für die in Entstehung begriffenen weiteren Bergbauseen innerhalb der mitteldeutschen Seenlandschaft. Somit übernimmt er eine Modellfunktion für die hydrochemische und hydrodynamische Entwicklung der zukünftigen Braunkohletagebaurestseen in der mitteldeutschen Region. Sie zeigen die erhebliche gesellschaftliche Relevanz der von Jörg Hausmann vorgelegten Forschungsergebnisse.

Jörg Hausmann wurde 1980 in Meißen geboren. Nach dem Abitur am Gymnasium in Coswig studierte er von 2000 bis zum Diplom 2006 die Fachrichtung Geologie/Paläontologie am Institut für Geophysik und Geologie der Universität Leipzig und am Institut für Geowissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. In dieser Zeit absolvierte er mehrere Praktika mit umweltgeochemischen und lagerstättengeologischen Aufgabenstellungen. So u. a. 2003 an der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, 2004 am „Centre d’Analyse Minerale“ der Universität Lausanne (Schweiz) an einem Projekt in der Kupfermine Chuquicamata (Chile) und 2005 in der Firma Cia. de Minas Buenaventura S.A.A. (Silbermine Julcani in Huancavelica, Peru) und am UFZ – Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH (Magdeburg). Darüber hinaus sammelte Jörg Hausmann 2004 während eines Auslandsstudiums an der Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica der Universidad Nacional Major de San Marcos in Lima (Perú) wertvolle Auslandserfahrungen.

Zurzeit ist Herr Hausmann als Geologe im Geotechnischen Sachverständigenbüro Dr.-Ing. B. Müller (Leipzig) im Bereich der Ingenieurgeologie, Sprengtechnik und Erkundung erfolgreich tätig. Das von Jörg Hausmann in seiner Studienzeit erworbene umfangreiche Spektrum an Erfahrungen in der Grundlagen- und angewandten Geoforschung spiegelt sich in der prämierten Diplomarbeit wider. Sie kann als die bisher umfangreichste und zugleich komprimierteste Zusammenfassung über die am Wasserkörper des Kulkwitzer Sees durchgeführten langjährigen Untersuchungen angesehen werden. Neben ihrem hohen wissenschaftlichen Eigenwert und ihrer praktischen Relevanz, insbesondere für die mit dieser Thematik befassten Behörden (u. a. staatliche Umweltfachämter, Regierungspräsidien, Talsperrenverwaltung), macht sie die bisher in verschiedenen Institutionen vorliegende, größtenteils unpublizierte und schwer zugängliche hohe Datenbasis dieses Referenzsees in der mitteldeutschen Bergbaufolgelandschaft zukünftigen Nutzern zugänglich.

Frank W. Junge, Leipzig

*(in: Laudationes (2008). Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften (ZDGG), 159(2):173.)*

Der Kulkwitzer See bei Leipzig in Mitteldeutschland wird in der vorliegenden Arbeit nach der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL) (EU 2001) eingeordnet und bewertet. Er stellt durch seine Ähnlichkeit zum gewählten Referenzgewässer den Idealfall für anthropogene Standgewässer im „New Central German Lake District“ (JUNGE et al. 2005, JUNGE et al. 2006, FRUHNER 2005, SCHNEIDER 2005, CZEGKA et al. 2006a, CZEGKA et al. 2006b, KUCHENBUCH 2006) dar. Sein ökologisches Potential kann gemäß WRRL mit „gut und besser“ beschreiben werden. Die Bewertung fundiert auf langjährigen Datenreihen, welche durch neue Messungen fortgeführt werden. Der Kulkwitzer See, als ältester Braunkohletagebaurestsee im Umfeld des Untersuchungsgebietes, bietet eine detaillierte Einsicht in die postmontane Entwicklung des Gewässers. Sein über 30 jähriges Alter und die sehr guten trophischen Eigenschaften haben Referenzcharakter. Die Diplomarbeit beschreibt die historische Entwicklung, die Geologie, die Morphologie, das über- und unterirdische Einzugsgebiet, die physikalisch-chemischen Eigenschaften sowie die limnische Flora und Fauna des Sees

Im Jahr 2007 wurde diese Arbeit mit dem R. & M.-Teichmüller-Preis ausgezeichnet.

ISBN: 978-3-936308-86-0