

# Natürlicher Rückhalt und Abbau deponiebürtiger Schadstoffe am Beispiel der submersen Deponie Großkayna (Runstedter See)

Michaela Reichel<sup>1</sup>, Grit Uhlig<sup>2</sup>, Thomas Wilsnack<sup>3</sup>, Andreas Schroeter<sup>4</sup>

Grundwasserforschungsinstitut GmbH Dresden<sup>1</sup>, Meraner Straße 10, 01217 Dresden, mreichel@gfi-dresden.de

Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft<sup>2</sup>, Walter-Kohn-Str. 2, 04356 Leipzig

IBeWa-Ingenieurpartnerschaft<sup>3</sup>, Lessingstr. 46, 09599 Freiberg

Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH<sup>4</sup>, Am Sportplatz 1, 99734 Nordhausen

Nach Beendigung der Kohleförderung wurden bis 1995 chemische Rückstände aus der Düngemittelindustrie in das Restloch Großkayna eingespült. Hauptschadstoff der submersen Spüldeponie ist Ammonium. Durch die 2001/2002 erfolgte Flutung des Tagbaurestlochs Großkayna mit Saalewasser entstand in der Verantwortung der LMBV mbH der Runstedter See. Die GW-Hydraulik des Sees wird noch mehrere Jahrzehnte vom Flutungsprozess des im Nordwesten gelegenen Geiseltalsees (TRL Mücheln) beeinflusst. Nach Einstellung des stationären GW-Zustands wird der Seewasserspiegel ausschließlich über den Grundwasserzustrom und die Verdunstung im Gleichgewicht gehalten. Der natürliche NH<sub>4</sub>-Abbau durch Nitrifikation im Hypolimnion wird durch drei auf dem See installierte Tiefenwasserbelüftungsanlagen (TWBA) unterstützt. Ein angelegter Pflanzengürtel verstärkt den NO<sub>3</sub>-Abbau (Denitrifikation). Zu Aussagen der Wasserbeschaffenheitsentwicklung wurde während eines FuE-Vorhabens (KORA) ein gekoppeltes Modellsystem entwickelt und angewendet.

After shut down of the coal production chemical residues were flushed into the open pit Großkayna until 1995. The main pollutant of the submerse disposal is ammonium. As a result of the flooding of the open pit Großkayna in 2001 the Lake Runstedt was developed in responsibility of the LMBV. The lake was flooded with water from the river Saale. The hydraulic fluxes around the lake are not yet in steady state due to the flooding process of the lake Geiseltal which is located in the northwest of Lake Runstedt. Groundwater inflow and evaporation is managed to keep a stable water balance for Lake Runstedt. The natural nitrification within the water body is enhanced by three deepwater aeration systems. Further, a reed-belt was planted to support the denitrification in the shallow water sediment. Due to the in-stationary groundwater fluxes the future evolution of the water quality of the lake and the groundwater can only be predicted by a simulation model. For this purpose a coupled model system consisting of a lake model and a groundwater-flow model was developed and used.

---

## 1 Einführung

Die Auskohlung und Entstehung des Tagebaurestlochs (TRL) Großkayna (ehem. Grube Rheinland) erfolgte sukzessive und mit Unterbrechungen zwischen 1908 und 1965. Im Anschluss der Kohleförderung haben sich in der näheren Umgebung Industrie und Kraftwerke niedergelassen. Zu nennen wären in diesem Zusammenhang u. a. die LEUNA-Werke, die BUNA-Werke, das Kraftwerk Großkayna und die Brikettfabrik Beuna. Damit bildete sich der ursprüngliche Lösungsansatz, nämlich die Einspülung von Kraftwerksaschen sowie Produktionsreststoffen zur Restlochverfüllung, heraus. Zwischen 1970 bis 1995 entstand die heutige Spüldeponie Großkayna. Nach 1995 wurde die Idee der vollständigen Verfüllung der Hohlform verworfen. Stattdessen beschließt man, das verbliebene Restloch zu fluten. Das Restlochvolumen des TRL Großkayna betrug noch etwa 55 Mio. m<sup>3</sup>. Der Hauptschadstoff der entstandenen Spüldeponie, welche ein Volumen von etwa 25 Mio. m<sup>3</sup> besitzt, ist Ammonium. Die Flutung des TRL Großkayna ist damit der Schlüssel zur Herstellung der Bergaufgelandshaft des Geiseltals.

Im Rahmen eines FuE-Vorhabens des BMBF wurde 1994 bis 1997 eine Gefährdungsabschätzung durchgeführt, die u. a. den Einfluss der subaquatischen Deponie auf die Umwelt und vor allem auf dem im Nordwesten befindlichen Geiseltalsee (TRL Mücheln) bewerten sollte (SCHROETER ET AL. 1997). Der Geiseltalsee wird mit einer Gewässertiefe von 20 bis 80 m das größte Wasserreservoir im Mitteldeutschen Bergbaurevier sein. Der heutige Runstedter See und der Geiseltalsee sind nur durch einen relativ schmalen Kippendamm getrennt (s. Abb. 1). Die auf der Grundlage der Untersuchungen

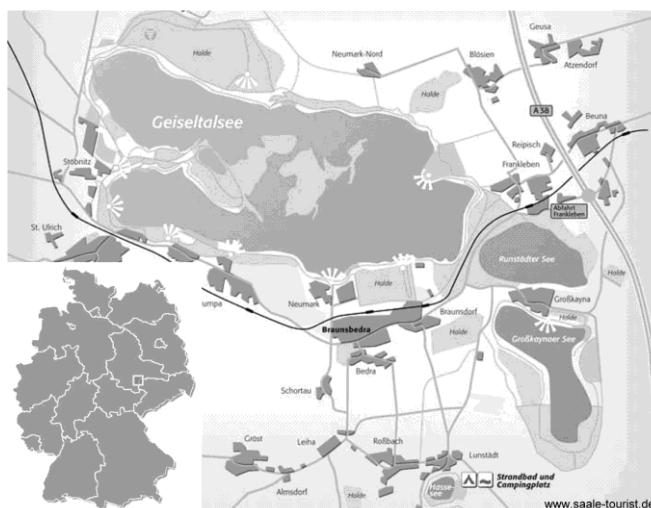
vorgeschlagenen Maßnahmen (Langzeitsicherungskonzept) fanden anschließend im Sanierungsrahmenkonzept (SRK) ihren Niederschlag. Zum Rückhalt der Schadstoffe wurde 2001 und 2002 die schnelle Flutung mit Fremdwasser aus der Saale durchgeführt. So entstand in der Verantwortung der LMBV mbH der Runstedter See. Er hat eine Fläche von 230 ha und ein Volumen von 55 Mio. m<sup>3</sup>. Sein Endwasserspiegel von +97,0 mNHN wurde im Juli 2002 erreicht. Die Wasserspiegelhöhe von +97 mNHN gewährleistet nach Einstellung der stationären GW-Verhältnisse eine allseitige Grundwasseranströmung und verhindert so den Austrag von Schadstoffen in das Grundwasser und in die Vorfluter. Die GW-Hydraulik des Sees wird noch mehrere Jahrzehnte vom Flutungsprozess des im Nordwesten gelegenen Geiseltalsees (bis Ende 2010) beeinflusst. Nach Einstellung des stationären GW-Zustands wird der Seewasserspiegel des abflusslosen Runstedter Sees ausschließlich über den Grundwasserzustrom und die Verdunstung im Gleichgewicht gehalten.

Im Zeitraum der Flutung erfolgte die Initialisierung eines Schilfgürtels (GRÜTTNER 2004) zur Unterstützung der mikrobiellen Denitrifikationsprozesse (Nitratabbau). Zur Belüftung des Hypolimnions wurden 2003 drei Tiefenwasserbelüftungsanlagen des Typs POLYP der Firma Polyplan auf dem See installiert. So wird der Abbau von Ammonium durch Nitritifikation unterstützt und eine zu starke Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser während der Sommerstagnation wird verhindert. Diese aktiven Maßnahmen, zur Unterstützung der natürlichen Abbauprozesse werden als *Enhanced Natural Attenuation* (ENA) bezeichnet.

2001 wurde das wasserrechtlich Planfeststellungsverfahren abgeschlossen. Im gleichen Jahr wurde ein öffentlich-rechtlicher Vertrag zwischen der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltungsgesellschaft (LMBV), der Leuna-Werke GmbH, dem Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt (MRLU) des Land Sachsen-Anhalt, der Landesanstalt für Altlastenfreistellung (LAF) und der Bundesanstalt für vereinigungsbedingte Sonderaufgaben (BVS) zur Finanzregelung geschlossen. Das bergrechtliche verantwortliche Unternehmen für die Sanierung des Bergbaufolgesees bleibt bis zur Übergabe an die LAF die LMBV. Durch ein komplexes Standortmonitoring wird die Sanierung überwacht. Im Rahmen des FuE-Vorhabens des BMBF „*Untersuchung des natürlichen Rückhaltes und Abbaus deponiebürtiger Schadstoffe am Beispiel der Deponie Großkayna*“ (KORA) sollte ein modelltechnisches Prognosewerkzeug geschaffen werden, dass die Beschaffenheitsentwicklung im See (instationäre und stationäre GW-Situation) und das für den Zeitraum der Nachsorge erforderliche Monitoring und die technischen Maßnahmen prognostiziert. Hierbei steht die Laufzeit der Tiefenwasserbelüftungsanlagen und der damit einhergehenden Betriebskosten im Vordergrund. Das Prognosewerkzeug wurde am Grundwasserforschungsinstitut GmbH Dresden (MÜLLER 2004) entwickelt. Während des FuE-Vorhabens wurde das Modell in Zusammenarbeit mit IBeWa modifiziert. Dieses Modell beruht auf der Kopplung eines dreidimensionalen Grundwassерmodells (MODMST), eines hydrochemischen Reaktionsmodells (PHREEQC) und eines zweidimensionalen Seemodells (CE-QUAL-W2).

## 2 Systembeschreibung

### 2.1 Standort



**Abb. 1: Lage des Runstedter Sees**

Das ehemalige Tagebaurestloch Großkayna befindet sich im Braunkohlerevier des Geiseltals westlich von Leipzig und südlich von Halle und Merseburg. Die Abb. 1 zeigt seine Lage zum nordwestlich gelegenen Geiseltalsee und zum Großkaynaer See im Süden.

### 2.2 Grundwasserbeschaffenheit

Die hydrogeologische Situation ist durch zwei Grundwasserstockwerke gekennzeichnet. Das Festgestein stockwerk beinhaltet die Grundwasserleiter (GWL) des Buntsandsteins und des Muschelkalkes. Im Buntsandstein sind vier GWL ausgebildet, die jeweils durch Grundwassergeringleiter voneinander getrennt sind. Der GWL Muschelkalk ist nur am Rand des Geiseltalbeckens verbreitet und hat für den Standort Großkayna keine unmittelbare Bedeutung. Das über dem Festgestein stockwerk lagernde Lockergesteinsstockwerk umfasst Schichten des Tertiärs und des Quartärs einschließlich der anthropogenen Bergbaukippensedimente (KORA 2006).

Die Grundwässer sind je nach GWL und Herkunft mäßig bis sehr salzig und hart bis sehr hart. Meist handelt es sich um Ca-Mg-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>-Typen (Kippe, Tertiär) bzw. Ca-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>-Typen (Quartär). Die Grundwässer weisen in der Regel neutrale bis leicht alkalische pH-Werte auf. Tab. 1 zeigt einige mittlere Parameterkonzentrationen für die Grundwässer aus dem Buntsandstein, dem Tertiär und der Kippe.

**Tab. 1: Beschaffenheit der Grundwässer aus dem Buntsandstein, dem Tertiär und der Kippe (Mittelwerte der gemessenen Konzentrationen) (SCHROETER ET AL. 1997)**

Parameter	Einheit	Mittelwerte		
		mittlerer Buntsandstein	Tertiär	Kippe
pH-Wert	-	7.8	7.6	7.2
Natrium	mg/l	190	120	110
Kalium	mg/l	11	13	7.4
Calcium	mg/l	99.6	346	691
Magnesium	mg/l	27.6	90.2	166
Eisen ges.	mg/l	2.23	2.9	10.21
Ammonium	mg/l	0.16	0.82	0.84
Nitrat	mg/l	k. A.	0.59	k. A.
Sulfat	mg/l	468	973	1490
Chlorid	mg/l	41	139	140
TIC	mg/l	77	121	229

## 2.3 Beschaffenheit der Spüldeponie

Die wässrigen Phasen der Spüldeponie wurden im Rahmen der Gefährdungsabschätzung untersucht. Der Chemismus der verschiedenen Einspültechniken spiegelt sich in den Typen der Wässer. Diese sind dem Ca-NH<sub>4</sub>-Na-SO<sub>4</sub>-Cl-Typ zuzuordnen. Der pH-Wert ist stark alkalisch. In Tab. 2 sind mittlere Konzentrationen für die Wässer der Spüldeponie dargestellt.

**Tab. 2: Beschaffenheit der wässrigen Phase aus der Spüldeponie (Mittelwerte der gemessenen Konzentrationen) (SCHROETER ET AL. 1997)**

Parameter	Einheit	Spüldeponie
pH-Wert	-	10.3
Natrium	mg/l	400
Kalium	mg/l	110
Calcium	mg/l	597
Magnesium	mg/l	33
Eisen ges.	mg/l	7
Ammonium	mg/l	362
Nitrat	mg/l	0.99
Sulfat	mg/l	1870
Chlorid	mg/l	543
TIC	mg/l	23

Des Weiteren ist aus der Gefährdungsabschätzung folgender Stoffbestand der Spüldeponie bekannt:

**Tab. 3 Stoffbestand der Spüldeponie (SCHROETER ET AL. 1997)**

Stoffgruppe	Massen
Stickstoff, gesamt	38 200 t
Phenole/Kresole	9 360 t
BTEX-Aromate	760 t
Aliphatische Kohlenwasserstoffe	1 500 t
AOX-Verbindungen	1 300 t
Tenside	20 t
Pyridin	370 t
PAK	280 t

Es wird angenommen, dass die Freisetzung von organischen Stoffen keine signifikanten Konzentrationen im Seewasser erzeugen wird. Alle bisher durchgeführten Messungen bestätigen diese Annahme. Der Austrag von Ammonium aus der Spüldeponie in den Seewasserkörper gilt als wichtigstes Gefährdungsmoment für die langfristige Seewasserbeschaffenheit (KORA 2008).

## 2.4 Seewasserbeschaffenheit

Durch die 2001/2002 erfolgte Flutung des Tagebaurestloches mit Flusswasser der Saale, ist die Seewasserbeschaffenheit bis heute durch die Flusswasserbeschaffenheit geprägt. Die im GrundwassermodeLL berechneten GW-Zuströme sagen aus, dass im Zeitraum von sieben Jahren (2003 – 2009) lediglich 0,14 % des Seewasservolumens (ca. 74.000 m<sup>3</sup>) über die Deponie und 1,1 % des Seewasservolumens (etwa 580.000 m<sup>3</sup>) über den Rand dem See zugegangen sind. Tab. 4 stellt die Beschaffenheit der Flutungs- bzw. Stützwässer und der gemessenen mittleren Seewasserbeschaffenheit für die Jahre 2002, 2004, 2005 und 2006 gegenüber.

**Tab. 4: Beschaffenheit des Flutung-, Stütz- und Seewassers von 2002 bis 2006 (CUI 2009)**

Parameter	Einheit	Flutung		Stützwassereinleitung					
		Saale*		See		Saale*		See	
		2002	2004	2004	2005	2005	2006	2006	2006
pH-Wert	-	7.9	8.1	8.0	8.1	7.9	7.9	7.9	7.7
Natrium	mg/l	n. b.	91	n. b.	101	106	91.4	110	100.9
Kalium	mg/l	n. b.	11.5	n. b.	12.5	11	11.9	11	12.2
Calcium	mg/l	137	136	138	141	128	134	129	127
Magnesium	mg/l	27	32.6	33	34.5	32	33.7	32	32.1
Eisen ges.	mg/l	0.05	0.04	0.02	0.02	0.07	0.11	0.03	0.67
Ammonium	mg/l	0.034	0.02	0.04	< 0.04	0.04	0.07	0.07	0.07
Nitrat	mg/l	20	21.6	21.2	18.6	22.4	18.6	20	13.7
Sulfat	mg/l	260	284	278	321	245	350	251	355
Chlorid	mg/l	163	146	192	184	188	186	194	193
TIC	mg/l	36	35.4	38.4	25.7	37.5	25.3	37.5	21.3

\*entspricht nicht der realen Saalewasserbeschaffenheit, da die Wässer vor der Einleitung in den Runstedter See im Wasserwerk Daspig aufbereitet werden (Filtration)

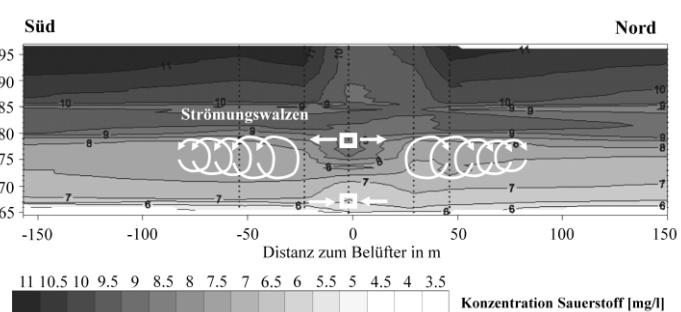
## 2.5 Tiefenwasserbelüftung

2003 wurden im Runstedter See drei Tiefenwasserbelüftungsanlagen (TWBA) des Typs Polyp der Firma Polyplan installiert. Diese dienen dazu, der durch Nitrifikationsprozesse im Hypolimnion bedingten Sauerstoffzehrung entgegenzuwirken. Im Planfeststellungbeschluss von 2001 ist festgelegt, dass „*die Tiefenwasserbelüftungsanlagen (...) so zu betreiben sind, dass im Hypolimnion ständig ein Sauerstoffgehalt von mindestens 4 mg/l gewährleistet ist*“. Die Tiefenwasserbelüfteter können die Sauerstoffzehrung in der Wasserlamelle direkt über dem Seeboden jedoch nur bedingt beeinflussen, so dass dort die im Planfeststellungbeschluss festgelegte Mindestsauerstoffkonzentration nicht gewährleistet werden kann. Die 4 mg/l im Planfeststellungsbeschluss sind als tiefengemittelte Sauerstoffkonzentration im Hypolimnion zu verstehen.

Die Anlagen entnehmen das Seewasser aus einer Tiefe von 31 m (etwa 1 bis 2 m über Grund), belüften das entnomme Wasser an der Seeoberfläche und leiten das sauerstoffgesättigte Wasser in einer Tiefe von 18 m unter dem Seewasserspiegel wieder ein, ohne die Schichtung des Sees zu stören. Die Abb. 2 zeigt eine solche Belüftungsanlage auf dem See sowie die Lage der 3 TWBA. In Abb. 3 ist die Sauerstoffkonzentrationsverteilung in Süd-Nord-Richtung dargestellt (KORA 2008), welche über gemessene Tiefenprofile im Jahr 2006 von IHU interpoliert wurde. Der hydrodynamische Einfluss der TWBA ist demzufolge bis in eine Entfernung von 10 bis 20 m von der Eintragsstelle erkennbar.



**Abb. 2:** Tiefenwasserbelüftungsanlage (TWBA) im Runstedter See; links unten: Lage der TWBA im See



**Abb. 3:** Sauerstoffkonzentrationsverteilung im Umfeld der TWBA 3 entlang des S-N-Profil (Messung von IHU, 2006)

### 3 Modellkonzept

#### 3.1 Entstehung

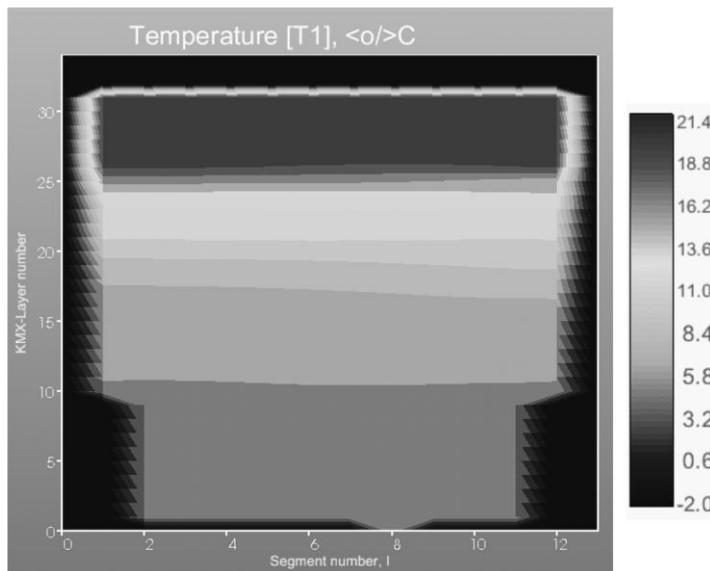
Im Rahmen des FuE-Vorhabens KORA Themenverbund 4 (Deponie und Altablagerungen) Projekt 4.4 „*Untersuchungen des natürlichen Rückhaltes und Abbaus deponiebürtiger Schadstoffe am Beispiel der Deponie Großkayna*“ wurde ein gekoppeltes Modellsystem (MODGLUE – **M**ODEl for Prediction of **G**roundwater an Erosion influenced **L**ake Water Quality **U**sing **E**xisting Models) am Grundwasserforschungsinstitut entwickelt. MODGLUE koppelt eigenständige Programmsysteme miteinander. Hier wurde das Grundwassermodell MODMST – **M**ODular Flow and **M**ulti **S**pecies and **T**emperature – (HÄFNER & BOY 2005), das Seemodell CE-QUAL-W2 (COLE & BUCHAK 1995) und das hydrochemische Reaktionsmodell PHREEQC (PARKHURST & APPELO 1999) miteinander gekoppelt.

#### 3.2 Teilmodell Aquifer

Der Aufbau des *Aquifer*-Modells für das Programmsystem MODMST erfolgte auf der Basis der Standortkenntnisse der IHU GmbH und dem von der IHU entwickelten Großraummodell *Geiseltal* zur Simulation der Grundwasserhydraulik vor und nach der Flutung. Das Teilmodell *Aquifer* wurde als Lupe Großkayna aus dem Großraummodell ausgekoppelt und von IBeWa betrieben. Das *Aquifer*-Modell bildet die Spüldeponie als Stoffquelle und das umgebende Grundwasser dreidimensional ab. Der geohydraulische Aufbau des Deponiekörpers erfolgt räumlich differenziert. Um die Freisetzung von Schadstoffen aus der Stoffquelle zu beschreiben, werden geochemische Reaktionen in der Spüldeponie sowie Stoffaustauschprozesse zwischen stagnierendem und strömendem Porenwasser (dual porosity) berücksichtigt (KORA 2008).

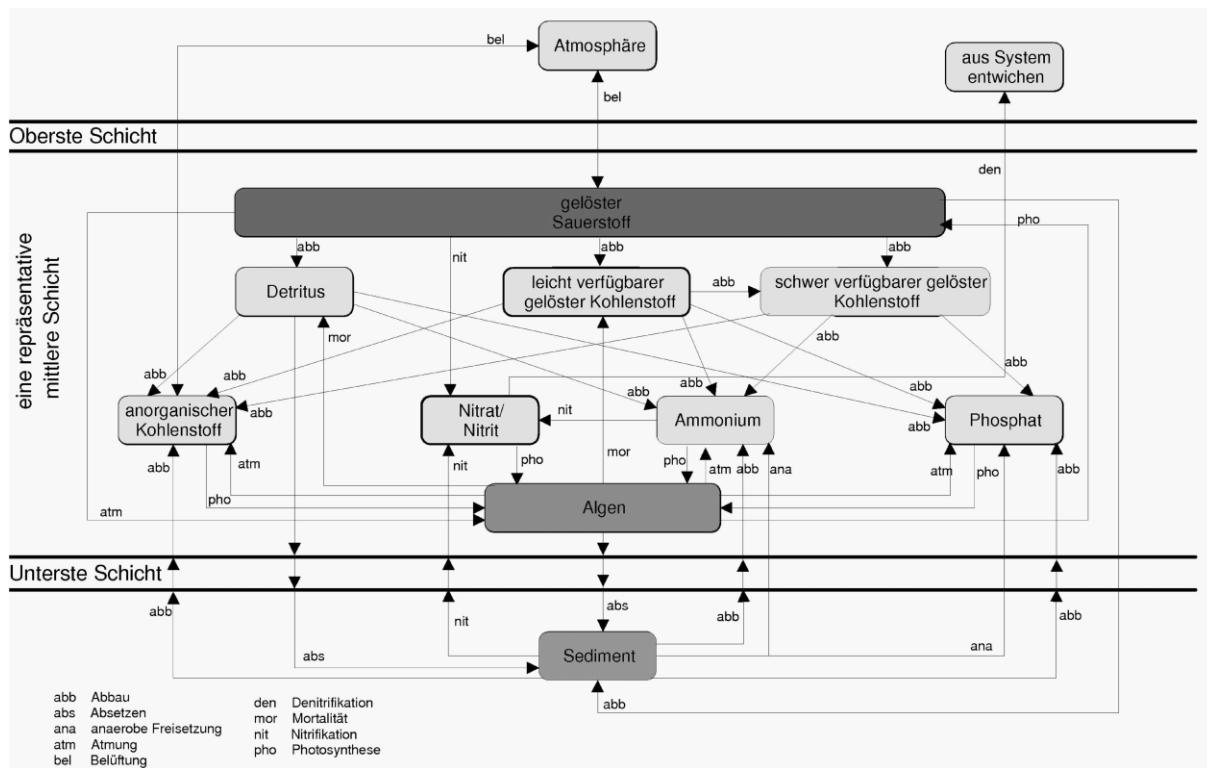
#### 3.3 Teilmodell See

Das Programmsystem CE-QUAL-W2 ist ein zweidimensionales, vertikal-ebenes Modell zur Modellierung der Hydrodynamik und der Wasserbeschaffenheit von Oberflächengewässern, wie Seen (PARKHURST & APPELO 1999). Vertikal-eben heißt, dass die hydrodynamischen Größen, wie Strömungsgeschwindigkeit und Druck sowie Stoffkonzentrationen in transversaler Richtung gemittelt werden. Meteorologischen Daten wie Niederschlag, Lufttemperatur, Taupunkttemperatur, Bedeckungsgrad, Windgeschwindigkeit und Windrichtung sind wichtige Randbedingungen zur Berechnung der Gewässerverdunstung. Die auf die Seeoberfläche wirkende Windenergie beeinflusst die hydrodynamischen Verhältnisse im See und bestimmt maßgebend die Ausbildung einer Schichtung. Die Dauer der Schichtungsperiode bestimmt die Sauerstoffzehrung im Hypolimnion. Auch die Mächtigkeit des Epilimnions wird durch die an der Seeoberfläche wirkenden Windgeschwindigkeit bestimmt. Je höher die Windgeschwindigkeiten an der Oberfläche, desto mächtiger das Epilimnion. Somit ist die Kalibrierung der Temperaturschichtung ein grundlegendes Kriterium der Prognosefähigkeit des Modells. In Abb. 4 ist die mit CE-QUAL-W2 berechnete Temperaturschichtung im Runstedter See im Juni 2008 (Sommerstagnation) visualisiert.



**Abb. 4:** mit CE-QUAL-W2 berechnete Temperaturschichtung im Runstedter See während der Sommerstagnation im Juni 2008

Das Wassergütemodell ist des Weiteren in der Lage Nährstoffkreisläufe der Stoffe C, N und P im Modell abzubilden. Die Aufnahme und Freisetzung der Nährstoffe durch Algen, Makrophyten und Zooplankton wird ebenfalls im Modell berücksichtigt (s. Abb. 5).



**Abb. 5:** Prozesse in CE-QUAL-W2 nach Cole und Buchak (1995) (KORA 2006)

Durch die Kopplung des Seemodells mit dem geochemischen Modell PHREEQC ist es möglich, biologische und chemische Stoffumwandlungen, wie beispielsweise Calcit- und Gipsfällung, abzubilden.

Die Abbildung des Sauerstoffeintrages über die Tiefenwasserbelüftung erfolgt über eine Randbedingung 2. Art, d. h. es wird pro Zeiteinheit eine bestimmte Menge Sauerstoff an einer bestimmten Stelle im Modell zugegeben.

### 3.4 Prognoseergebnisse des gekoppelten Modells

Nach der Einstellung der stationären Grundwasserverhältnisse im Geiseltal etwa im Jahr 2050 wird der Runstedter See nur noch Grundwasserzustrom haben und sich über Verdunstung im Gleichgewicht halten. Eine Schwankung des Wasserspiegels zwischen +96 und +97 mNHN ist aufgrund von Nass- und Trockenjahren zu erwarten. Bei der Bewertung der Prognoseergebnisse ist deshalb zu beachten, dass die Entwicklung der regionalen Wetterlage Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und auch auf den Sauerstoffhaushalt im See haben können. Zudem ist das Modell nicht in der Lage Algenblüten sowie die Entwicklung von bestimmten Algenarten (Diatomeen, Cyanobakterien, etc.) über mehrere Jahre abzubilden. Die biologischen Wachstums- und Zerfallsprozesse bestimmen jedoch in höchstem Maße die Sauerstoffbildung und –zehrung im Seewasserkörper. Die Prognose des gekoppelten Modellsystems zeigt deshalb lediglich die generelle Entwicklung der Seewasserbeschaffenheit (KORA 2008).

Die Modellrechnungen im FuE-Vorhaben haben ergeben, dass der Austrag von Ammonium aus der Spüldeponie in den See bis etwa 2032 auf etwa 31 kg NH<sub>4</sub>/d stetig ansteigt und dann nur sehr langsam abnimmt (2100: 25 kg NH<sub>4</sub>/d). Bis 2050 würde sich somit eine Ammonium-Konzentration im Hypolimnion von 0,16 mg/l im Frühjahr und 0,2 mg/l im Herbst ergeben. Die Sauerstoffkonzentration im Hypolimnion beträgt 2050 zwischen 9 - 10 mg/l im Frühjahr und knapp 6 mg/l im Herbst. Bei einer Voldurchmischung des Sees erfährt dieser eine nahezu vollständige Sauerstoffsättigung. Daraus ist abzuleiten, dass der Betrieb der TWBA für die Sommerstagnation erforderlich ist. Für den notwendigen Betrieb der TWBA nach 2050 bestehen weiterhin Unsicherheiten. Nach Erreichen des maximalen Frachteintrages kann die Einschätzung der Betriebsführung mit höherer Aussagekraft erfolgen, als es heute möglich ist (KORA 2008).

### 3.5 Empfehlungen des FuE-Vorhabens für die weitere Verwertung

Im Verlauf der Sanierung und der Nachsorge bedroht das zufließende Grundwasser aus Deponien oder Kippen die Gewässer durch Eutrophierung oder Versauerung. Die natürliche Selbstreinigung eines Gewässersystems wirkt dieser Bedrohung in begrenztem Maße entgegen. Das FuE-Projekt hat einen großen Beitrag zur Simulation von natürlichen Selbstreinigungsprozessen (*Natural Attenuation*) sowie unterstützten natürlichen Selbstreinigungsprozessen (ENA) in Gewässern geleistet. Für eine Ergebnisübertragung an andere Standorte ist jedoch stets eine Einzelfallprüfung unerlässlich. Es wurde daher empfohlen, das gekoppelte Modell als Prognosewerkzeug weiterhin in den zukünftigen Entscheidungsprozessen mit einzubinden sowie die Methode auf weitere Standorte zu übertragen. Das entwickelte Modell ist in der Lage Stoffabbau im Sediment sowie Stoffaustrag aus dem Sediment abzubilden. Das zeigt, wie bedeutsam ein solches Modellwerkzeug für die Beschreibung des Stoffaustrages aus Böschungen und überstaute Kippenbereichen in Bergbaufolgeseen ist. Beispielsweise ist für die Innenkippe von Zwenkau der zeitliche Verlauf des Metallaustrages und seine versauernde Wirkung von außerordentlicher Bedeutung für die Zuführung von Alkalinität (Neutralisation) während des Flutungsprozesses und in der Nachsorge.

## 4 Verwertung der Ergebnisse des FuE-Vorhabens

Seit August 2008 bis Juni 2011 wird im Auftrag der LMBV das Projekt „Verwertung der Ergebnisse des FuE-Vorhabens der Deponie Großkayna“ von der GFI GmbH Dresden (mit NAN IBeWa und IHU mbH) durchgeführt. Im genannten Projekt wird die Verwertung der Untersuchungen und Ergebnisse aus der Forschungsarbeit im Projekt für die LMBV umgesetzt. Im Rahmen dieser Arbeiten wurde das Prognosewerkzeug so strukturiert, dass der Bearbeitungs- und Pflegeaufwand des Modells so gering wie möglich ist. Im Mittelpunkt der weiterführenden Arbeiten steht die gesamtheitliche Entwicklung der Seewasserbeschaffenheit, so dass eine Vereinfachung der Modellstruktur zulässig ist. Auf Basis der mit dem komplexen Modellsystem gewonnenen Erkenntnisse aus dem FuE-Vorhaben wurde das Seemodell in seinem Aufbau stark vereinfacht, was jedoch zu keiner signifikanten Einschränkungen der modelltechnischen Aussagen führt. Das GW-Modell bleibt in seiner ursprünglichen Modellstruktur erhalten. Das vereinfachte Prognosewerkzeug kann damit mittelfristig, das gekoppelte Modell aus dem FuE-Vorhaben langfristig an andere Standorte übertragen werden. Beide Modelle sind in ihrer Aussagefähigkeit belastbar. Das gekoppelte Modell dient jedoch vielmehr zur Klärung spezifischer Detailfragen und dem Prozessverständnis, z. B. Austauschprozesse zwischen der Sediment-Wasser-

Grenze. Das vereinfachte Modell dient mehr der gesamtheitlichen Betrachtung des Wasserkörpers und liefert Daten für die Planung und Steuerung von Sanierungsmaßnahmen.

## 5 Danksagung

Die Arbeiten im Rahmen des KORA-Verbundprojektes (Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung von kontaminierten Grundwässern und Böden) Teilprojekt 4.4 „Untersuchung des natürlichen Rückhaltes und Abbaus deponiebürtiger Schadstoffe am Beispiel der Deponie Großkayna“ wurden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) der Bundesrepublik Deutschland gefördert und finanziert sowie von der LMBV mbH kofinanziert. Dafür sind die Bearbeiter der GFI GmbH Dresden, der IBeWa und der IHU mbH sehr zu Dank verpflichtet.

## 6 Literatur

- COLE & BUCHAK (1995): CE-QUAL-W2: A Two-Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 2.0, US Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station
- CUI mbH (2009): Dokumentation zu den charakteristischen Merkmalen für die Entwicklung des Runstädter Sees unter limnologischen Gesichtspunkten für den Zeitraum 2002 bis 2007/2008, unveröffentlichter Bericht im Auftrag der LMBV, 30. April 2009
- GRÜTTNER (2004): Oberflächenwasser- und Biomonitoring der Uferzone des Runstedter Sees in der Jahresscheibe 2003, im Auftrag der LMBV, unveröffentlicht
- HÄFNER & BOY (2005): Simulation des dichteabhängigen Stofftransports im Grundwasser und Verifizierung am Beispiel der Saltpool-Experimente, Zeitschrift Grundwasser 02/2005
- KORA (2006): Untersuchung des natürlichen Rückhaltes und Abbau deponiebürtiger Schadstoffe am Beispiel der Deponie Großkayna – Statusbericht, Forschungsvorhaben gefördert durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF), Förderkennzeichen 330505, Projektleitung LMBV, Projektbearbeitung GFI GmbH Dresden, IBeWa und IHU GmbH, Bestell-Nr. 45028543, LMBV, 13. April 2006
- KORA (2008): Untersuchung des natürlichen Rückhaltes und Abbau deponiebürtiger Schadstoffe am Beispiel der Deponie Großkayna – Abschlussbericht, Forschungsvorhaben gefördert durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF), Förderkennzeichen 330505, Projektleitung LMBV, Projektbearbeitung GFI GmbH Dresden, IBeWa und IHU GmbH, Bestell-Nr. 45028543, LMBV, 20. Juni 2008
- MÜLLER (2004): Modellierung von Stofftransport und Reaktion mit einem neu entwickelten, gekoppelten Grund- und Oberflächenwassерmodell am Beispiel eines Tagebaurestsees, Dissertation, ISSN 1430-0176
- PARKHURST & APPELO (1999): Users's guide to PHREEQC (Version 2) – A computer program for specification, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculation, U. S. Geological survey, Water-Resources Investigation Report 99-4259, Denver, Colorado
- SCHROETER ET AL. (1997): FuE-Vorhaben Modellhafte Sanierung von Altlasten am Beispiel des Tagebaurestloches Großkayna – Teilvorhaben: Gefährdungsabschätzung, Forschungsvorhaben gefördert durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) und des Landes Sachsen-Anhalt mit dem Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt, Förderkennzeichen: 1470 888 I

