

AUFTRAGGEBER:



**Zimmerstraße 54
10117 Berlin**

PROJEKT:

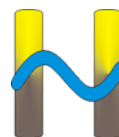
**B 107, SÜDVERBUND CHEMNITZ - A 4
VERKEHRSEINHEIT 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075**

GUTACHTEN

**GEOHYDRAULISCHES MODELL
NSG „UM DEN EIBSEE“**

BEARBEITUNG:

**Büro für Hydrologie und Bodenkunde
Gert Hammer
Beethovenstraße 3
01465 Dresden OT Langebrück
Tel.: 035201/71065
Fax: 035201/71085
Hydrologie@t-online.de**



GUTACHTEN

VORHABEN: B 107, SÜDVERBUND CHEMNITZ - A 4
VERKEHRSEINHEIT 323.1
GEOHYDRAULISCHES MODELL
NSG „UM DEN EIBSEE“

AUFTRAGGEBER: DEGES
DEUTSCHE EINHEIT FERNSTRAßENPLANUNGS-
UND -BAU GMBH
ZIMMERSTRASSE 54
10117 BERLIN

AUFTRAGNEHMER: BÜRO FÜR HYDROLOGIE UND BODENKUNDE
GERT HAMMER
BEETHOVENSTR. 3
01465 DRESDEN OT LANGEBRÜCK

Dresden, den 17. JANUAR 2018



BEARBEITUNG GERT HAMMER
BÜRO FÜR HYDROLOGIE UND BODENKUNDE GERT HAMMER



STEVE THIEL

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
1 Aufgabenstellung	7
2 Vorgehensweise	7
3 Hydrologische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet	8
(Wasserhaushalt, Oberflächenabfluss)	8
3.1 Vorbemerkung	8
3.2 Grundlagen des hydrologischen Modells WaSiM-ETH	9
3.2.1 Funktionsweise	9
3.2.2 Modelleingangsparameter	12
3.3 Ergebnisse der Modellrechnungen	14
4 Hydrogeologische Verhältnisse	18
4.1 Allgemeine hydrogeologische Verhältnisse	18
4.2 Grundwasseraufschlüsse	21
4.3 Geoelektrische Untersuchungen	22
4.3.1 Theoretische Grundlagen	22
4.3.2 Durchführung der geoelektrischen Sondierungen	27
4.3.3 Ergebnisse der geoelektrischen Messungen	27
5 Geohydraulisches Grundwassermodell MODFLOW	28
5.1 Aufbau des Modells	28
5.2 Ergebnisse des Modells	32
6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	34
7 Literatur	37
Anlagenverzeichnis	39



Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Eingangsparameter Bodenmodul WaSiM-ETH, Untersuchungsgebiet Eibsee (KA5 2005)	13
Tab. 2: Gemessene Grundwasserstände an den Grundwassermessstellen 1, 2 und 5	21
Tab. 3: Geoelektrische Widerstände ausgewählter Gesteine [$\Omega \cdot m$] (KNÖDEL et al. 2005)	23
Tab. 4: Gemessene und berechnete Grundwasserstände mit dem Grundwasser- modell am 28.08.2017	31

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Modellstruktur WaSiM-ETH (aus SCHULLA & JASPER 1998).....	11
Abb. 2: Niederschlagssummen der Station Chemnitz für den Zeitraum vom 01.08.2017 - 31.10.2017 (Quelle: DWD, Stand: 11/2017)	14
Abb. 3: Hauptfließrichtung des oberirdischen Abflusses im Untersuchungsgebiet des NSG „Um den Eibsee“	15
Abb. 4: Berechneter Oberflächenabfluss im Bereich der Kreuzung K 6111 (Eubaer Straße) und der geplanten B 107 im Ist-Zustand	16
Abb. 5: Differenz des berechneten Oberflächenabflusses im Bereich der Kreuzung K 6111 (Eubaer Straße) und der geplanten B 107 zwischen Ist- und Plan-Zustand.....	17
Abb. 6: Zu erwartende Grundwasserfließrichtung im Naturschutzgebiet „Um den Eibsee“	20
Abb. 7: Prinzip einer Widerstandsmessung mit Vierpunktanordnung (Quelle: KNÖDEL et al. 1997)	24
Abb. 8: Gebräuchliche Messanordnungen für Sondierungen und Kartierungen	24
Abb. 9: Messprinzip einer Wenner-Sondierungskartierung (KNÖDEL et al. 1997).....	26
Abb. 10: Modellstruktur MODFLOW (verändert nach HARBAUGH 2005)	29
Abb. 11: Gemessener und modellierter Grundwasserstand an der Grundwassermessstelle GWM 1 im Untersuchungsgebiet.....	32
Abb. 12: Zu- und Abflüsse für das Modellgebiet im Zeitraum vom 28.08.2017 - 27.10.2017	33



Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

Abkürzungsverzeichnis

A 4	Autobahn 4
ATKIS DGM5	Amtliches Topografisches Kataster Informationssystem digitales Geländemodell, 5 m Raster
B 107	Bundesstraße 107
DWD	Deutscher Wetterdienst
GIS	Grafisches Informationssystem
GWM	Grundwassermessstelle
HÜK200	Hydrogeologische Übersichtskarte 1:200 000
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
NHN	Normalhöhennull
NSG	Naturschutzgebiet
VKE	Verkehrseinheit

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

1 Aufgabenstellung

Die DEGES (Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH) plant im Auftrag des Freistaates Sachsen den Neubau der B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1 (Bau-km 0+000 - Bau-km 6+075). Das Naturschutzgebiet „Um den Eibsee“ befindet sich zwischen den Bau-km 0+600 und 1+100 unmittelbar östlich der geplanten Trasse.

Da sich die Trasse der B 107 hier im Einschnitt befindet und eine Dichtungswand mit Drainage zur Ableitung des Abflusses verlegt wird, kann möglicherweise eine Beeinflussung des Grundwasser- oder des bodeninneren Abflusses auftreten. Im Rahmen des Gutachtens wird untersucht, ob und in welchem Umfang der Wasserhaushalt des Naturschutzgebietes beeinflusst wird.

Außerdem sollen durch Untersuchungen Aussagen über den Zufluss von Grund- und Sickerwasser zur Trasse während der Bau- und Betriebsphase erhalten werden, um gegebenenfalls weitere Maßnahmen zur Wasserableitung prognostizieren zu können.

2 Vorgehensweise

Die Untersuchungen wurden auf Grundlage der recherchierten Daten über die natürlichen und hydrogeologischen Verhältnisse sowie durch hydrologische und geohydraulische Modellrechnungen durchgeführt.

Zunächst sollte mit dem hydrologischen Modell WaSiM-ETH festgestellt werden, ob Veränderungen des oberirdischen Abflusses durch den Neubau der Trasse auftreten. Mit dem Modell war die Erfassung des Einflusses der Zerschneidung der natürlichen Einzugsgebiete der Fließgewässer auf den Wasserhaushalt möglich. Des Weiteren sollte das hydrologische Modell genutzt werden, um mögliche signifikante Beeinträchtigungen der natürlichen Abflussverhältnisse der Fließgewässer festzustellen. Ein weiteres Ziel der Modellierung war die Untersuchung, ob im Bereich der vorgesehenen Trasse Vernässung auftritt sowie die geplanten Entwässerungsmaßnahmen (Ableitung des oberirdischen Wassers, Durchlässe) ausreichend sind.

Mit dem geohydraulischen Grundwassermodell MODFLOW erfolgte die Nachbildung des Grundwasserregimes im Untergrund mit dem Ziel, herauszufinden, ob der Einschnitt der Trasse bzw. die vorgesehene Spundwand einen nachteiligen Einfluss auf die Strömungs-

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

verhältnisse bzw. den Wasserhaushalt des Eibsees in dem Naturschutzgebiet „Um den Eibsee“ haben.

3 Hydrologische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet (Wasserhaushalt, Oberflächenabfluss)

3.1 Vorbemerkung

Das Untersuchungsgebiet (**Anlage 1**) wird im Osten von der oberirdischen Wasserscheide des Einzugsgebietes des Eibsees bzw. Naturschutzgebietes (Höhenlage: ca. 400 m ü. NHN, **Anlage 2**) sowie nördlich durch den Talsperrenbach (Höhenlage ca. 330 m ü. NHN, **Anlage 2**) begrenzt. Die westliche Grenze verläuft entlang der Wohnbebauung an der Walter-Klippel-Straße und östlich wird das Gebiet durch das Tal des Talsperrenbachs begrenzt. Die geplante Trasse durchquert das Untersuchungsgebiet auf einer Länge von 500 m von Bau-km 0+600 bis Bau-km 1+100. Das eigentliche Kerngebiet des Naturschutzgebietes „Um den Eibsee“ befindet sich auf einer Höhe von durchschnittlich 330 m ü. NHN bei einem Gefälle von 2 %, während die südlich angrenzenden Hänge ein Gefälle von 10 % besitzen (**Anlagen 2 und 3**).

Der Wasserhaushalt des Untersuchungsgebietes wird durch den Eintrag von Niederschlag abzüglich der Verdunstung sowie dem oberirdischen und unterirdischen Abfluss zu den Fließgewässern Talsperrenbach und Grundbach (westlich der geplanten Trasse) geprägt. Zunächst bewegt sich das abfließende Niederschlagswasser entlang der Hänge südlich des Naturschutzgebietes entsprechend dem natürlichen Gefälle in Richtung des Eibsees, welcher hierdurch gespeist wird. In diesem Bereich führen flurnahe Grundwasserstände zu höheren Verdunstungsbeträgen besonders in den Sommermonaten. Weiterhin fließt es aus dem Naturschutzgebiet zu den Vorflutern Talsperrenbach und Grundbach (siehe Abbildung 3).

Entsprechend dem Geländegefälle bzw. den geologischen Verhältnisse (siehe Kap. 4.1) ist davon auszugehen, dass die Fließrichtung des Oberflächenwassers sich gegenüber dem des Grundwassers unterscheiden wird. Während der Oberflächenabfluss dem Geländegefälle entsprechend im Naturschutzgebiet in westliche Richtung zum Grundbach fließt, wird der Grundwasserabfluss infolge der unterschiedlichen geologischen Formationen in östliche Richtung abgelenkt.

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

Allgemein kann bei der geringen Größe des Einzugsgebietes des Eibsees bzw. des Naturschutzgebietes „Um den Eibsee“ sowie der zu geringen Mächtigkeit der grundwasserführenden Schichten (siehe Kap. 4.2) von einer stark schwankenden Wasserführung gesprochen werden, die entscheidend durch die Variabilität des auftretenden Niederschlags sowie der Verdunstung geprägt ist. Dabei dominiert jedoch bei auftretende Starkregenereignissen der Oberflächenabfluss gegenüber dem Grundwasserabfluss.

Aus diesem Grund wird deshalb in einem ersten Schritt der zu erwartende Oberflächenabfluss mit dem Programm WaSiM-ETH für den Zeitraum vom 01.08.2017 - 31.10.2017 nachvollzogen.

3.2 Grundlagen des hydrologischen Modells WaSiM-ETH

3.2.1 Funktionsweise

Mit dem Programm WaSiM-ETH kann der Abfluss bzw. die Verdunstung auf der Geländeoberfläche, in der ungesättigten Zone sowie im Grundwasser für verschiedene Zeitebenen nachgebildet werden. Es können Einzugsgebiete des Hochgebirges bis zum Flachland berücksichtigt werden.

Zur Projektbearbeitung wurde die Version II eingesetzt, welche nicht Hydrotöpfe (Gebiete mit gleichen hydrologischen Eigenschaften) als Grundlage hat, sondern auf der Basis von Rasterelementen arbeitet. Die Abflüsse werden innerhalb einzelner Raster ermittelt bzw. zwischen den Rastern betrachtet. Damit lässt sich der Abfluss auf bestimmten Bahnen auf der Geländeoberfläche sowie im Boden nachverfolgen.

Im Bodenmodul des Programmes wird die Wasserbewegung entsprechend der RICHARDS-Gleichung nachvollzogen. Diese Verfahrensweise hat den Vorteil, dass zwar die in der Tabelle 1 beschriebenen geohydraulischen Parameter nötig sind, aber zur Beschreibung des Bodenwasserspeichers keine Speicherkonstanten verwendet werden müssen. Durch die Anwendung von Speicherkonstanten ist eine Modellkalibrierung mit einer großen Zahl von gemessenen Abflüssen notwendig, die für praktische Anwendungen in der Regel nicht zur Verfügung stehen. Im Gegensatz dazu können die geohydraulischen Parameter für bestimmte Bodenarten der bodenkundlichen Literatur (KA5 2005) entnommen werden. Unsicherheiten bestehen nur über die Ausbildung von Wurm- und Pflanzengängen

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

im Boden (Makroporen), die entscheidend die Wasserbewegung bzw. die Versickerung beeinflussen.

Die rasterbasierte Betrachtung ermöglicht auch eine einfachere Kopplung mit anderen geohydraulischen und hydraulischen diskreten Modellen.

Entscheidend für die Güte der Modellergebnisse ist die Rekonstruktion der geomorphometrischen Verhältnisse. Zu deren Aufbereitung bieten die Programme TANALYS sowie SAGA beste Voraussetzungen.

Die einzelnen Module des Programms WaSiM-ETH II sowie TANALYS sind ausführlich in SCHULLA & JASPER (1998) und SCHULLA (1997, 2017) beschrieben bzw. die Modellstruktur ist in Abbildung 1 dargestellt.

Mit dem Programm kann die räumliche Verteilung der physiografischen Gebietseigenschaften durch Diskretisierung des Einzugsgebietes in ein regelmäßiges Gitter berücksichtigt werden. Zur praktischen Anwendung ist aber wesentlich, dass die Simulation der räumlichen Verteilung der klimatologischen Größen entsprechend der Geländetopografie und der vorhandenen Messwerte möglich ist. Der Niederschlag wird zusätzlich windabhängig linear korrigiert, wobei die Ausgangswerte für die Strahlung und Temperatur entsprechend des digitalen Geländemodells und des Sonnenstandes variiert werden.

Außerdem können mit dem Programm nahezu alle hydrologischen Prozesse berücksichtigt werden, z. B. Interzeption (Niederschlag, der durch die Vegetation zurückgehalten wird). Die Größe dieses Speichers wird entsprechend des Blattflächenindex (Blattgröße) ermittelt (HOYNINGEN HUENE 1981). Die Entleerung erfolgt durch die potenzielle Verdunstung.

Die potenzielle Verdunstung wird durch die Parameter Strahlung, Temperatur, Luftfeuchte und Wind beschrieben. Es wird davon ausgegangen, dass das Feuchteangebot maximal ist, wie es z.B. bei Teichen und Feuchtfächen der Fall ist. Die reale Verdunstung basiert zunächst auf den gleichen Parametern, wird aber durch den Wassergehalt des Bodens und den Bewuchs limitiert. Die zur Ermittlung notwendigen Parameter können durch Eingabe der im Untersuchungsgebiet auftreten Bodenarten sowie Landnutzung (Kap. 3.2.2.) ermittelt werden.

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
 Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
 hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

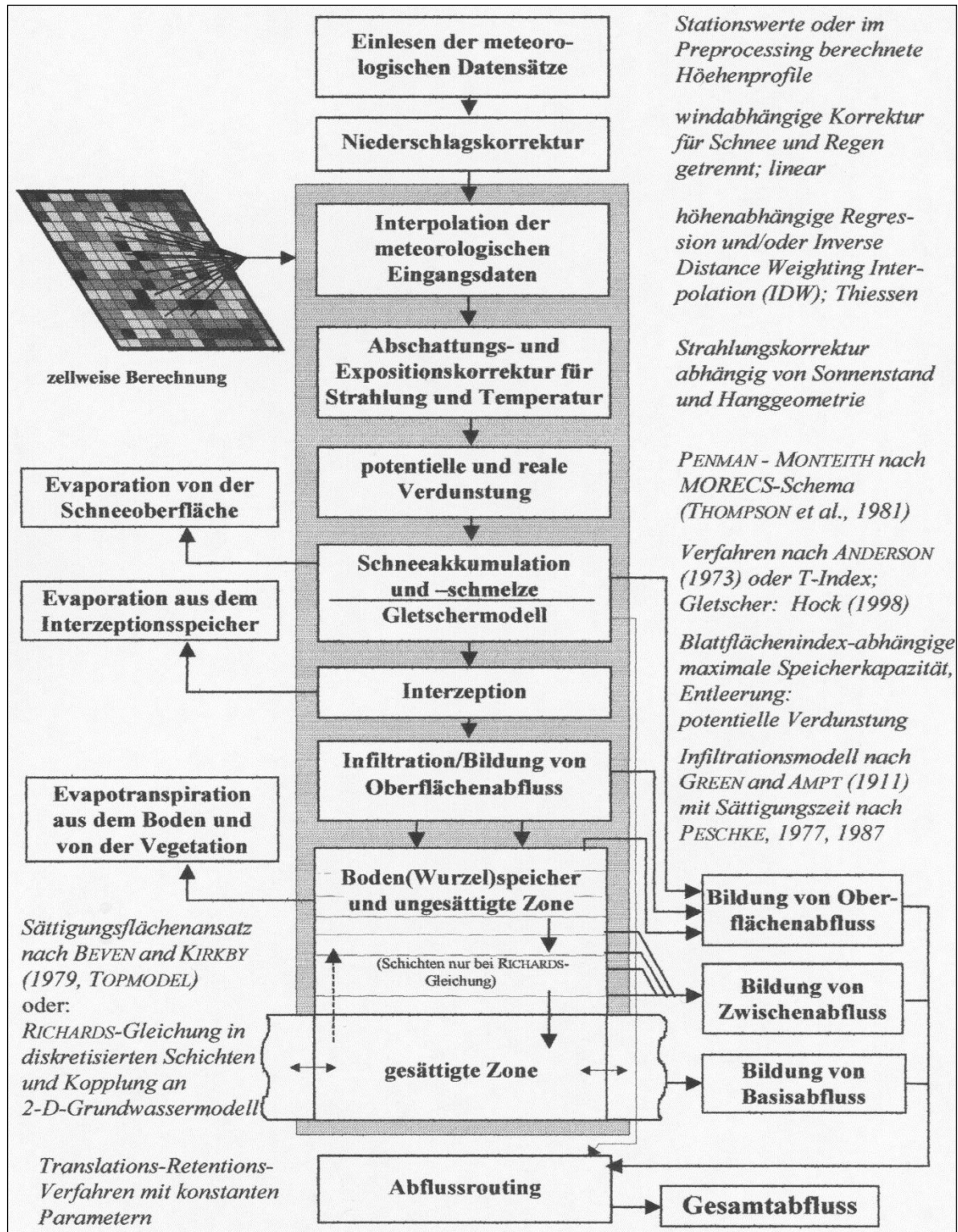


Abb. 1: Modellstruktur WaSiM-ETH (aus SCHULLA & JASPER 1998)

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

3.2.2 Modelleingangsparmeter

Grundlage für die Analyse der Niederschlags-Abflussprozesse in einem Einzugsgebiet bildet das digitale Geländemodell. Die Geomorphometrie ist eine der wichtigsten Gebietseigenschaften für die Ermittlung des Oberflächenabflusses. Deshalb kommt der digitalen Abbildung der Geländeoberfläche eine besondere Bedeutung zu. Durch den Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen wurden digitale Höhendaten für das Untersuchungsgebiet bereitgestellt. Es liegen die Höheninformationen in folgender Qualitätsstufe vor:

- das digitale Geländemodell ATKIS-DGM5.

Für das Modellgebiet Eibsee wurden die Höheninformationen des ATKIS-DGM5, d.h. mit einer Auflösung von 5 m x 5 m verwendet. Das DGM besitzt eine Höhengengenauigkeit von $\pm 0,2$ m. Weiterhin stellt das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) die Daten für die Landnutzung (Biotoptypen- und Landnutzungskartierung Sachsen 2005) und Bodenarten (digitale Bodenkarte des Freistaates Sachsen bzw. Bodenkzeptkarte 50) zur Verfügung.

Die Aufbereitung der digitalen Höhendaten erfolgt mit dem geografischen Informationssystem SAGA sowie dem Programm TANALYS (SCHULLA 2017). Mit Hilfe des Programms sowie des geografischen Informationssystems können neben den lokalen Informationen wie Höhenlage und Geländegefälle (**Anlage 2** und **3.1**) weitere hydrologisch relevante Strukturen und Beziehungen extrahiert werden. Dazu zählen insbesondere die Teileinzugsgebietsgrenzen (**Anlage 3.2**), Fließpfade (**Anlage 3.3** und **3.4**) sowie Fließzeiten (**Anlage 3.5** und **3.6**) und die Abflussakkumulation entsprechend der Rauigkeit des Geländes. Grundlage für die Analyse ist das digitale Höhenmodell (**Anlage 2**), aus dem alle zur Abflussberechnung notwendigen geomorphometrischen Raster erstellt werden.

Die bodenkundlichen Verhältnisse wurden auf der Grundlage der digitalen Bodenkarte von Sachsen, Ausgabe 2012 abgeleitet. Zusätzlich wurde die Bodenkzeptkarte angewendet, da hier zum Teil präzisere Angaben zu den vorkommenden Bodenarten vorzufinden sind. In der **Anlage 4.1** sind die Leitbodenformen des Untersuchungsgebietes veranschaulicht.

Der Boden ist die oberste belebte Schicht der Deckschichten. Aus hydrologischer Sicht besitzt der Boden neben Translations- (hydraulische Leitfähigkeit) vor allem auch Speichereigenschaften (Feldkapazität). Diese Eigenschaften sind für die Versickerung und damit so-

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
 Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
 hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

wohl für die Grundwasserneubildung als auch für den Oberflächenwasserabfluss entscheidend.

Die dominierende Bodenart des Naturschutzgebietes „Um den Eibsee“ ist Lehm. Nördlich und westlich des Naturschutzgebietes ist schluffiger Lehm verbreitet.

In **Anlage 4.1** ist die Verteilung der dominierenden Bodenarten (basierend auf der WaSiM-ETH-Klassifizierung) im Modellgebiet veranschaulicht.

Die Parameter der einzelnen Bodenarten, die zur Modellierung angewendet wurden (**Anlage 4.1**), sind in der nachfolgenden Tabelle 1 dargestellt.

Bodenart	nutzbare Feldkapazität	ges. hydraul. Leitfähigkeiten	Van Genuchten-Parameter	
			α	n
	[Vol. %]	[mm]	[1/m]	
sandiger Lehm	10,91	$4,05 \cdot 10^{-5}$	7,00	1,7
schluffiger Lehm	22,58	$6,00 \cdot 10^{-7}$	2,00	1,41
Lehm	12,90	$2,89 \cdot 10^{-6}$	3,60	1,56

Tab. 1: Eingangsparemeter Bodenmodul WaSiM-ETH, Untersuchungsgebiet Eibsee (KA5 2005)

Die Ausweisung der Landnutzung im Untersuchungsgebiet bzw. Einteilung in Klassen zur Eingabe in das Programm WaSiM-ETH erfolgte auf der Grundlage der Karte der Biotoptypen und Landnutzung des Freistaates Sachsen.

Das Untersuchungsgebiet um das Naturschutzgebiet „Um den Eibsee“ ist eine durch den Menschen geprägte Landschaft (Kulturlandschaft). Die dominierende Landnutzung ist der Ackerbau, weiterhin sind Siedlungen und Grünland vorhanden (siehe **Anlage 4.2**).

Letztlich sind zur Nachbildung der Abflussverhältnisse zusätzlich Klimadaten für das zu betrachtende Untersuchungsgebiet notwendig. In diesem Fall werden die Tageswerte für Niederschlag, Temperatur, Strahlung, Windgeschwindigkeit und Luftfeuchte der Messstation Chemnitz (Station 853) für den Zeitraum vom 01.08.2017 - 31.10.2017 verwendet. Die Station befindet sich im Südwesten von Chemnitz und ist vom Naturschutzgebiet „Um den Eibsee“ ca. 8,5 km entfernt. In der nachstehenden Abbildung 2 sind die Niederschlagswerte für den betrachteten Zeitraum grafisch dargestellt.

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
 Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
 hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

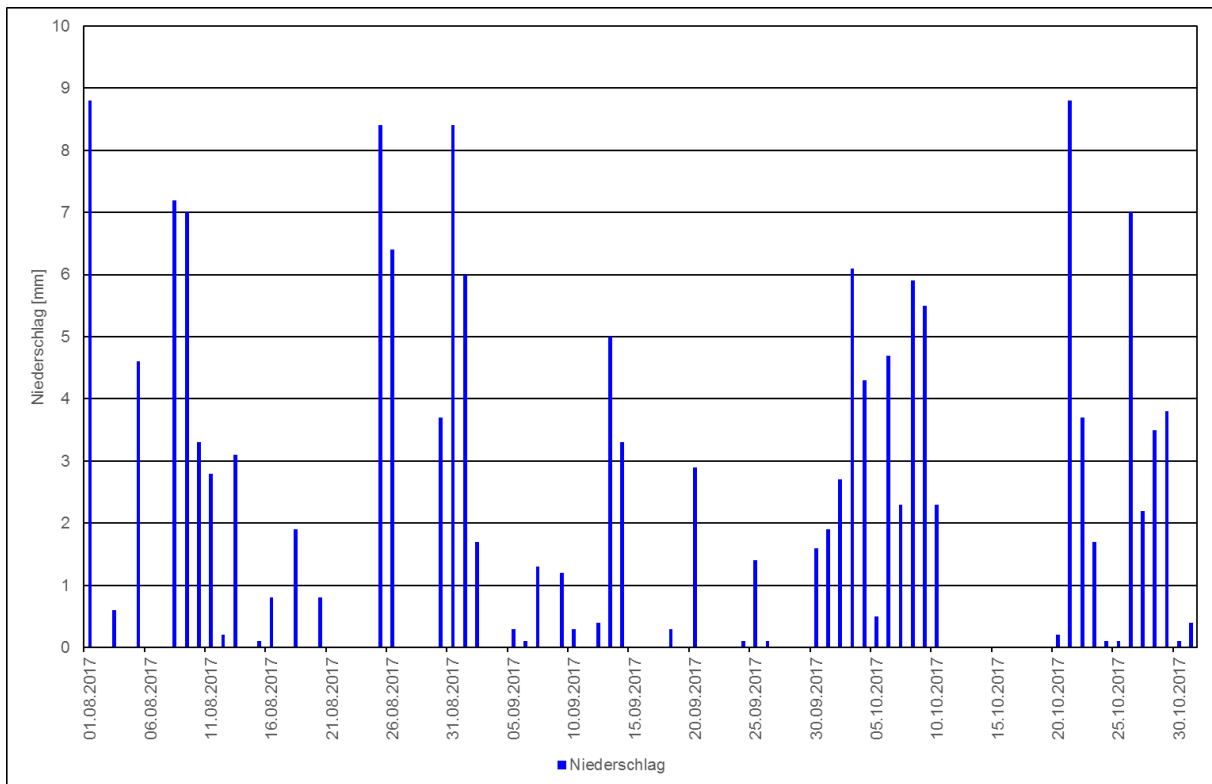


Abb. 2: Niederschlagssummen der Station Chemnitz für den Zeitraum vom 01.08.2017 - 31.10.2017 (Quelle: DWD, Stand: 11/2017)

3.3 Ergebnisse der Modellrechnungen

Mit der Modellrechnung konnten die Abflussverhältnisse im Ist-Zustand sowie im Plan-Zustand nachvollzogen werden. Die Berechnungen mit WaSiM-ETH haben gezeigt, dass die Trasse die natürlichen Einzugsgebiete zerschneidet (siehe **Anlage 3.2**) und sich die natürlichen Abflusspfade an der westlichen Grenze des Naturschutzgebietes ebenfalls ändern werden (siehe **Anlage 3.4**).

Das zusätzlich anfallende Oberflächenwasser wird jedoch über die Entwässerungsmaßnahmen (Quelle: Planfeststellungsunterlage 18.1, B 107 Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1) der geplanten Trasse westlich des Untersuchungsgebietes aufgenommen und über Durchlässe den natürlichen Einzugsgebieten wieder zugeführt. Die Hauptfließrichtung des oberirdischen Abflusses entspricht dem natürlichen Geländegefälle und verläuft im Bereich des Naturschutzgebietes „Um den Eibsee“ von Südost nach Nordwest (siehe Abb. 3).

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
 Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
 hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

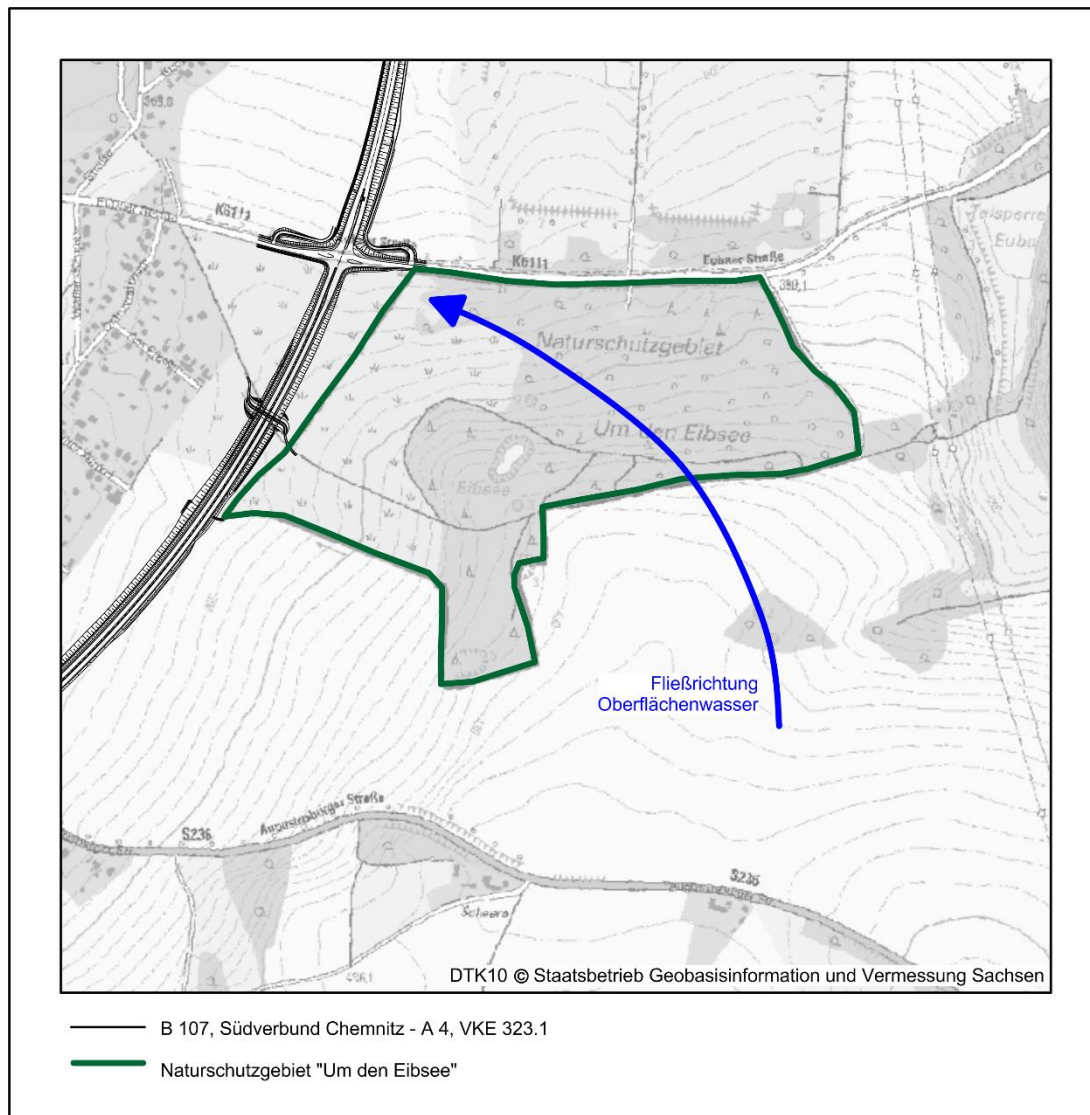


Abb. 3: Hauptfließrichtung des oberirdischen Abflusses im Untersuchungsgebiet des NSG „Um den Eibsee“

Die Berechnung des oberirdischen Abflusses zeigt, dass im Kreuzungsbereich der geplanten Trasse und der K 6111 (Eubaer Straße) potentiell ein erhöhter Oberflächenabfluss zu erwarten ist. In den nachfolgenden zwei Abbildungen 4 und 5 sind die berechneten Oberflächenwasserabflüsse im Bereich der Kreuzung der K 6111 (Eubaer Straße) und der geplanten B 107 im Ist- sowie die Differenz im Plan-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand dargestellt. Mit der Berechnung konnte für diesen Bereich nachgewiesen werden, dass sich der größte Abfluss für den Plan-Zustand um max. 5,6 l/s gegenüber dem Ist-Zustand erhöhen wird. Das anfallende Oberflächenwasser wird in Entwässerungsmulden gefasst und über

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
 Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
 hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

eine Entwässerungsleitung in den natürlichen Vorfluter, die Kuckucksdelle, welche in einen Zufluss des Talsperrenbachs mündet, geleitet.

Durch die Trasse wird somit der natürliche oberirdische Abfluss im betrachteten Untersuchungsgebiet nicht signifikant verändert und eine Vernässung ist ebenfalls nicht zu erwarten.

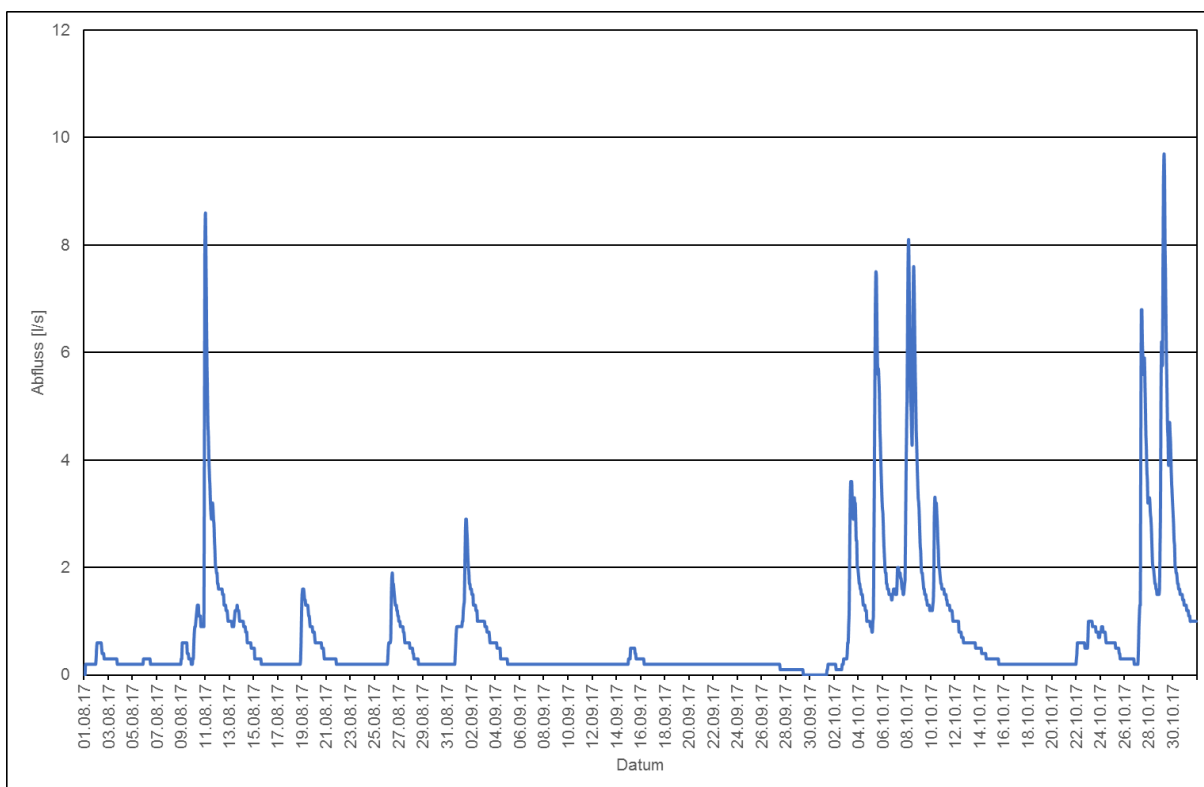


Abb. 4: Berechneter Oberflächenabfluss im Bereich der Kreuzung K 6111 (Eubaer Straße) und der geplanten B 107 im Ist-Zustand

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
 Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
 hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

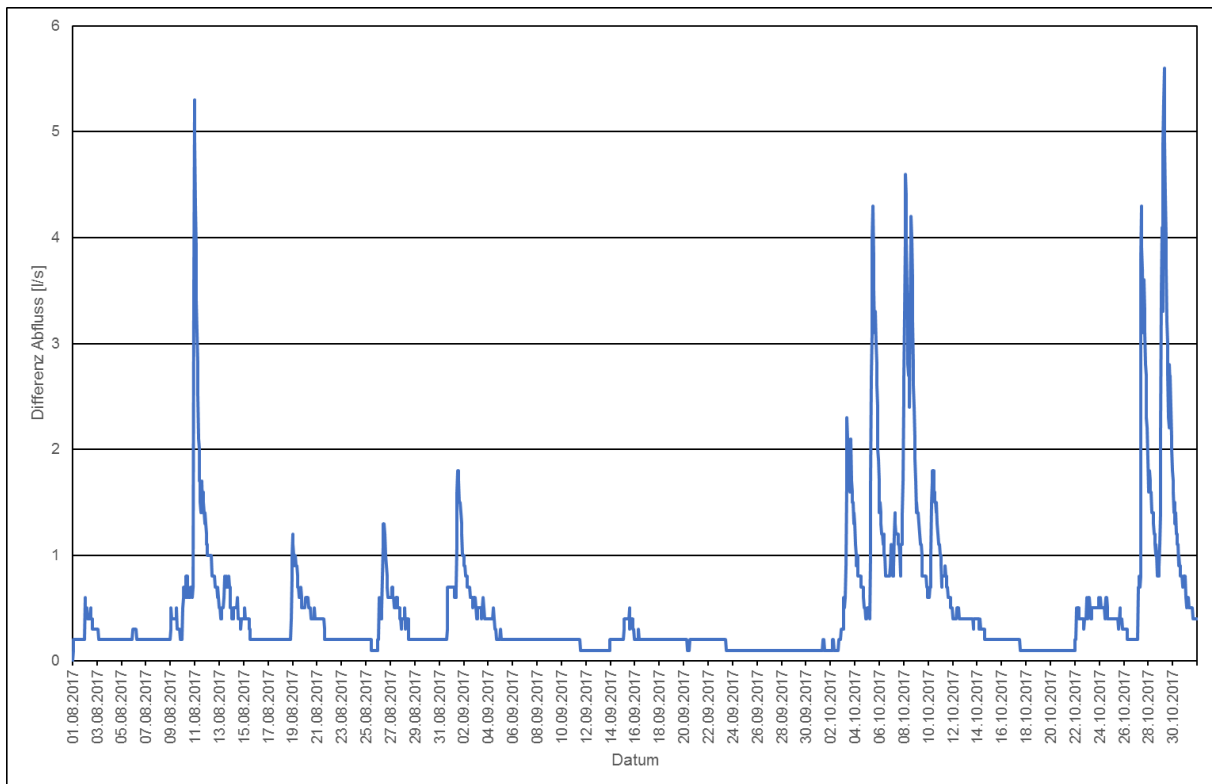


Abb. 5: Differenz des berechneten Oberflächenabflusses im Bereich der Kreuzung K 6111 (Eubaer Straße) und der geplanten B 107 zwischen Ist- und Plan-Zustand

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

4 Hydrogeologische Verhältnisse

4.1 Allgemeine hydrogeologische Verhältnisse

Das Gebiet im Umfeld des Naturschutzgebietes „Um den Eibsee“ ist aufgrund seiner Lage der Vorerzgebirgssenke zuzuordnen. Diese wird häufig auch als Erzgebirgisches Becken bezeichnet und ist eine abgegrenzte Landschaftseinheit (morphologisch und geologisch) der permosilesischen Molassesedimente (KOLITSCH 2008).

Der Vorerzgebirgssenkensraum lässt sich in vier zeitlich und strukturell verschiedene Systeme unterteilen:

- tertiäre und quartäre Deckgebirge
- karbone bis permische Senkenfüllung
- Übergang in das Perm bis Mesozoikum der Zeitz-Schmöllner Mulde
- umgebende altpaläozoische bis präkambrische Grundgebirge/Senkenbasis.

Entsprechend der Hydrogeologischen Übersichtskarte 1:200 000 (HÜK200) verläuft die Grenze zwischen den Molasseablagerungen und den Phyllit- und Schluffschieferschichten durch das Naturschutzgebiet (siehe Abbildung 6).

Die nördlichen und westlichen geologischen Verhältnisse werden durch die Molasseablagerungen des Rotliegenden bestimmt, die der karbonen bis permischen Senkenfüllung zuzuordnen sind. Die weiteren Bereiche des Untersuchungsgebietes werden zum einen durch den Phyllit sowie durch den Schluffschiefer geprägt (siehe **Anlage 5**), welche während der varistischen Gebirgsbildung entstanden sind.

Beide Formationen besitzen möglicherweise im tieferen Untergrund grundwasserführende Kluftbereiche und Schichten. Für den Wasserhaushalt des Eibsees und Naturschutzgebietes sind jedoch die Ausbildungen der Verwitterungsschichten an der Oberfläche der Festgesteinsformationen verantwortlich. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen der Grundwasseraufschlüsse (siehe Kap. 4.2) konnte festgestellt werden, dass die Formation mit anstehenden Phyllit südlich und östlich der Molasseablagerungen durch den Felsersatz (Verwitterungsgrus) geprägt ist und somit als eine grundwasserführende Schicht betrachtet werden kann.

Die Molassesedimente des Rotliegenden bestehen dagegen aus Konglomeraten, Sandsteinen unterschiedlicher Körnung, auch Arkosen, sowie aus Ton- und Schluffsteinen (Schiefer-tonen) und örtlichen Einschaltungen von Vulkaniten und deren Tuffen. Der rasche horizontale und vertikale lithologische Wechsel der Fazies sowie ihrer Mächtigkeit auf oft kürzester

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

Entfernung und die vielfache Wechsellagerung durchlässiger und schwer bis undurchlässiger Schichten haben hydrogeologisch größte Bedeutung und verursachen eine verändernde Grundwasserführung (KARRENBURG 1981). Da die lokalen wasserführenden Schichten nur im tieferen Untergrund auftreten, an der Oberkante dagegen nur eine geringfügige bis keine Verwitterungsschicht ausgebildet ist (siehe Kap.4.2), besitzen die Schichten dieser Formation für den Wasserhaushalt des Eibsees sowie Naturschutzgebietes keine Bedeutung. Wegen ihrer geringen Durchlässigkeit stellen sie einen Grundwasserstauer dar.

Im betrachteten Gebiet erfolgt der Grundwasserzustrom von den südlichen Hängen (Abbildung 6). Dadurch stellten die Formationen im Westen und Norden eine Barriere dar, sodass der Grundwasserstrom nach Osten zum Talsperrenbach abgelenkt wird.

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
 Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
 hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

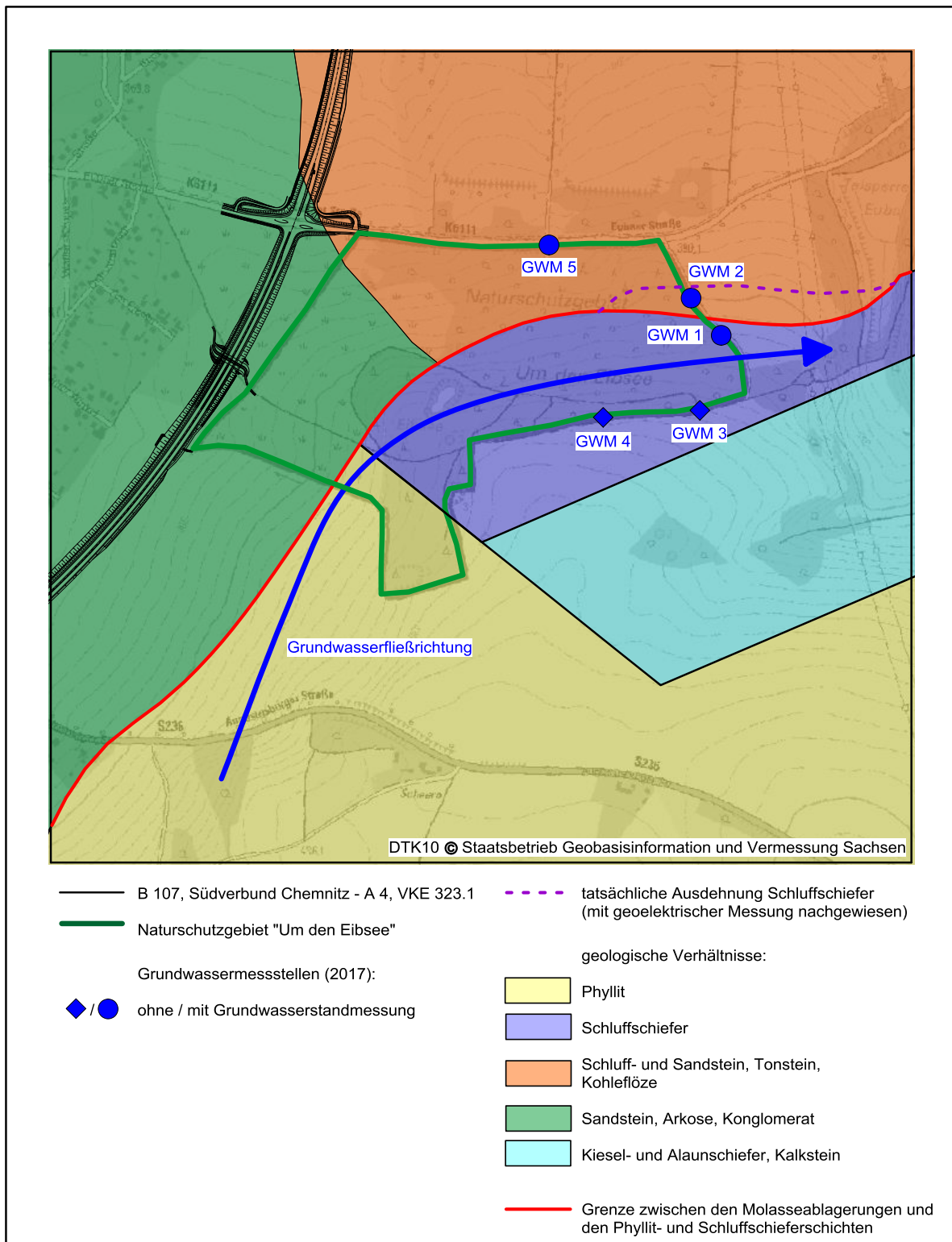


Abb. 6: Zu erwartende Grundwasserfließrichtung im Naturschutzgebiet „Um den Eibsee“

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

4.2 Grundwasseraufschlüsse

Zu Beginn der Berechnungen existierten als Datengrundlage bisher nur die hydrogeologischen Untersuchungen im unmittelbaren Bereich der Trasse. Zur Erkundung des Baugrundes wurden deshalb Bohrungen niedergebracht sowie temporäre Grundwassermessstellen errichtet (Quelle: HARTIG & INGENIEURE 2009; siehe **Anlage 6**).

Es wurden zur Erfassung der hydrogeologischen Grundwasserverhältnisse im Naturschutzgebiet „Um den Eibsee“ im Zeitraum vom 10.08.2017 bis 15.08.2017 insgesamt fünf zusätzliche Bohrungen bis zu einer Tiefe von max. 5,30 m niedergebracht und zu temporären Grundwassermessstellen ausgebaut. Die Lage der vorhandenen und der fünf neu errichteten Grundwassermessstellen ist in **Anlage 5** dargestellt.

Anhand der Schichtenfolge kann geschlussfolgert werden, dass im unmittelbaren Bereich der Trasse feinsandige, schluffige Verhältnisse im Untergrund vorherrschen (siehe **Anlage 6**). Demzufolge gehört dieser Bereich geologisch zum Molassekomplex der Vorerzgebirgssenke. In den östlich niedergebrachten Bohrungen 1 bis 4 konnte jedoch Festgesteinszersatz (Verwitterungsgrus) festgestellt werden (siehe **Anlage 7**), welcher typisch für die Phyllit- und Schluffschieferformationen ist. In der Bohrung 5 wurden unterschiedliche geologische Verhältnisse angetroffen. Hier lagert Schluff über Feinsand, sodass dieser Bereich den Molasseablagerungen des Rotliegenden zugeordnet werden kann und die in Kap. 4.1 dargestellten hydrogeologischen Verhältnisse bestätigt werden.

Weiterhin wurden an den Grundwassermessstellen 1, 2 und 5 unterschiedliche hydrogeologische Eigenschaften beobachtet. An den Messstellen wurde am 28.08.2017, 28.10.2017 und 21.11.2017 der Wasserstand erfasst. Die gemessenen Grundwasserstände sind in der nachstehenden Tabelle 2 dargestellt.

Grundwassermessstellen	Grundwasserstand [m ü. NHN]		
	28.08.2017	28.10.2017	21.11.2017
GWM 1	403,23	403,89	404,09
GWM 2	397,94	398,67	399,29
GWM 5	384,47	384,84	384,87

Tab. 2: Gemessene Grundwasserstände an den Grundwassermessstellen 1, 2 und 5

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

Anhand der gemessenen Werte ist ersichtlich, dass die Grundwasserstände der Messstellen GWM 1 und 2 deutlich auf Niederschlagsereignisse reagieren, während an der GWM 5 nur minimale Reaktionen zu verzeichnen sind. Dies deutet ebenfalls darauf hin, dass dieser Bereich nicht zum Abflusssystem aus dem Verwitterungsgrus der Phyllit- und Schluffschieferformationen gehört, sondern der Molasseablagerung des Rotliegenden zuzuordnen ist, welche im Untersuchungsgebiet als Grundwasserstauer betrachtet wird.

4.3 Geoelektrische Untersuchungen

4.3.1 Theoretische Grundlagen

Zur flächendeckenden Erkundung des Untergrundes eignen sich geophysikalische Verfahren, deren Ergebnisse mit Hilfe von vorhandenen Bohrungen validiert werden. Breite Anwendung finden in diesem Zusammenhang geoelektrische Verfahren. Diese Verfahren beruhen auf der Erzeugung eines elektrischen Feldes mit Hilfe von Gleichstrom sowie niederfrequentem Wechselstrom.

Das Messprinzip beruht auf dem Umstand, dass Festgesteine bzw. Festgesteinzersatz sowie Lockersedimente je nach lithologischen Eigenschaften eine unterschiedlich hohe spezifische elektrische Leitfähigkeit bzw. unterschiedliche Widerstände besitzen. Durch die Erkundung der Widerstandsverteilung im Untergrund kann auf die Lage von einzelnen Schichten geschlossen werden. Faktoren, die neben den Gesteinseigenschaften den elektrischen Widerstand des Untergrundes beeinflussen, sind Porosität, Permeabilität und Wassersättigung des Lockergesteins bzw. des Festgesteinzersatzes als auch der Ionengehalt des Porenwassers. Die nachfolgende Tabelle 3 enthält Angaben über gemessene Widerstände für verschiedene Fest- und Lockergesteine.

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
 Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
 hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

Gesteinsformation	geoelektrischer Widerstand [$\Omega \cdot m$] minimal (wassergesättigt, verwittert, feucht)	geoelektrischer Widerstand [$\Omega \cdot m$] maximal (trocken)
Kies	50	1.000 - 10.000
Sand	50	1.000 - 10.000
Schluff	20	50
Geschiebemergel	30	70
Lösslehm	30	100
Torf, Humus, Schlick	15	25
Lehm	30	50
Ton	1 - 30	30 - 1.000
Moorböden	10	150
Granit, Zersatz	100-250	1.000

Tab. 3: Geoelektrische Widerstände ausgewählter Gesteine [$\Omega \cdot m$] (KNÖDEL et al. 2005)

Da deutliche Unterschiede der elektrischen Leitfähigkeit zwischen trockenem Sand (1.000 $\Omega \cdot m$) und Schluff (30 $\Omega \cdot m$ bis 70 $\Omega \cdot m$) bestehen, sind geoelektrische Untersuchungen zum Nachweis der Schichten geeignet.

Bei den Untersuchungen werden Widerstandsmessungen in Form von Strom-Spannungsmessungen mit verschiedenen Elektrodenkonfigurationen ausgeführt. Dazu wird im Boden zwischen zwei Elektroden (A und B, Abbildung 7) ein Stromfluss erzeugt. Die infolge des elektrischen Feldes im Untergrund und an der Oberfläche vorhandenen Spannungsdifferenzen werden über zwei weitere Elektroden (M und N, Abbildung 7) gemessen. Der Abstand der Stromelektroden bedingt eine bestimmte Erkundungstiefe der Messanordnung.

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
 Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
 hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

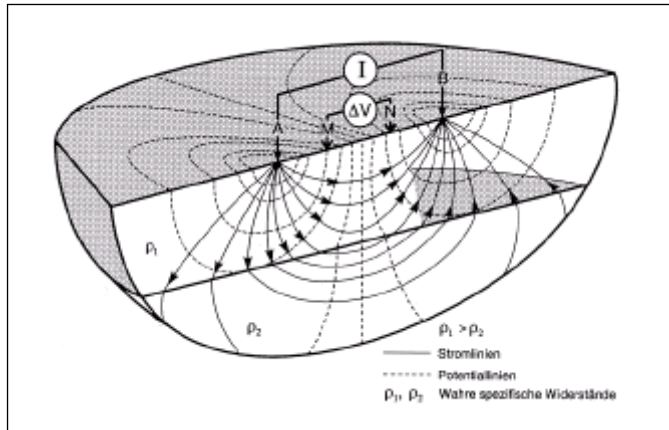


Abb. 7: Prinzip einer Widerstandsmessung mit Vierpunktanordnung (Quelle: KNÖDEL et al. 1997)

In Abhängigkeit des Schichtenaufbaus im Untergrund können verschiedene Messanordnungen angewendet werden. Die gebräuchlichsten sind die Schlumberger-, Wenner- und Dipol-Dipol-Anordnung (Abbildung 8).

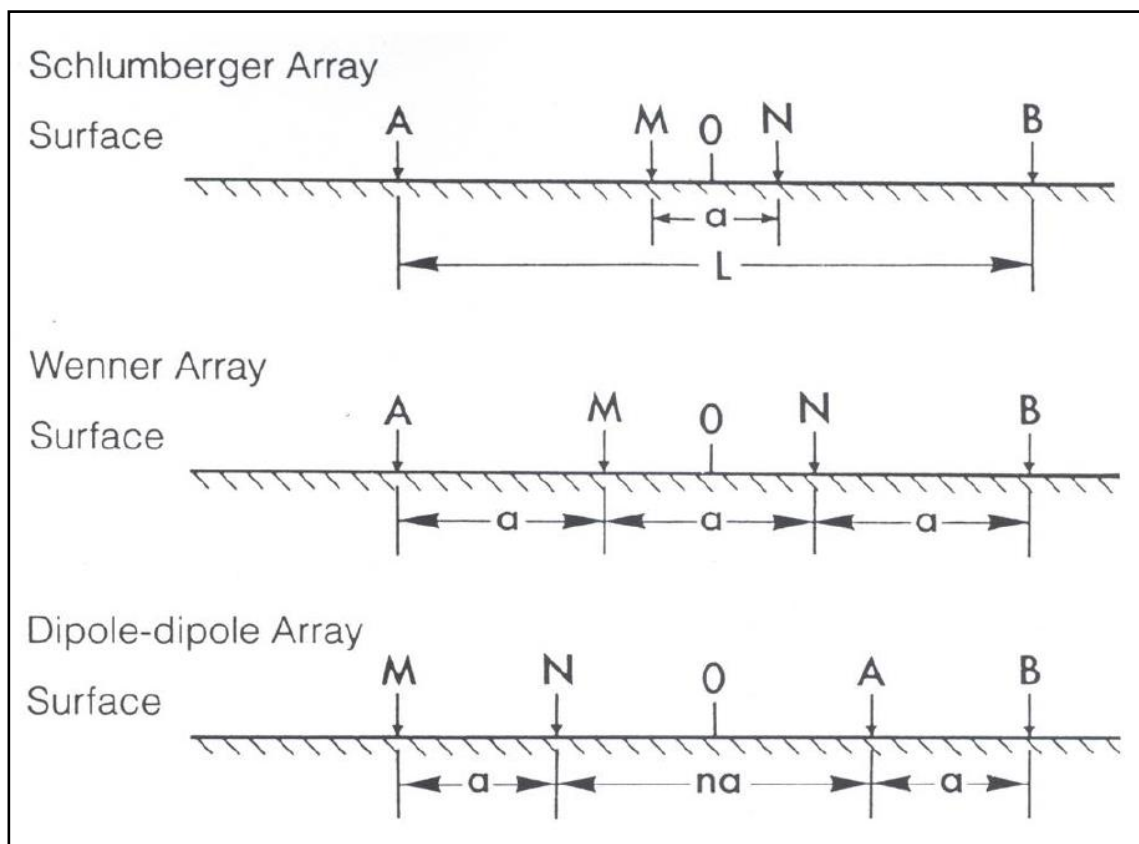


Abb. 8: Gebräuchliche Messanordnungen für Sondierungen und Kartierungen

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

$L = AB$ = Abstand der Elektroden zur Stromeinspeisung

$A = MN$ = Abstand der Elektroden zur Potentialmessung

O = Messpunkt

Die Wenner-Anordnung wird vorwiegend zum Erhalt von trennscharfen Aussagen über die Tiefenschichtung angewendet. Durch die Dipol-Dipol-Anordnung können Untergrundverhältnisse mit horizontaler Variabilität besser widerspiegelt werden. Die Schlumberger-Anordnung liefert sowohl bei vertikaler Schichtung als auch bei horizontaler Variabilität gute Ergebnisse.

Geoelektrische Verfahren können demzufolge für zwei Aufgabenstellungen eingesetzt werden:

1. Tiefensondierungen

Bei der geoelektrischen Tiefensondierung wird unter Annahme horizontaler Schichtungen die Änderung des elektrischen Widerstandes mit zunehmender Tiefe bestimmt. Für die einzelnen Schichten werden die geoelektrischen Widerstände sowie die Mächtigkeiten ermittelt. Der Bezugspunkt der Elektrodenanordnung wird nicht lateral verlagert. Die Elektrodenabstände werden aber sukzessiv vergrößert, um in größere Tiefen vorzudringen (Wenner- bzw. Schlumberger-Anordnung).

2. Kartierung

Die geoelektrische Kartierung hingegen dient dem Nachweis lateraler Widerstandsvariationen des Untergrundes. Hier wird der Bezugspunkt der Elektrodenanordnung sukzessiv verlagert. Die Elektrodenabstände werden für eine bestimmte Erkundungstiefe konstant gehalten (Dipol-Dipol-Anordnung).

Beide Verfahren können durch Multi-Elektroden-Anordnungen kombiniert und damit zweidimensionale Widerstandsstrukturen nachgebildet werden. Diese geoelektrischen Untersuchungen werden mit einer großen Anzahl von Elektroden mit gleichen Abständen, die zu einer Kette verbunden sind, durchgeführt (Abbildung 9). Durch einen Mikrocomputer werden immer vier Elektroden, zwei zur Strominduzierung sowie zwei zur Spannungsmessung, angesteuert. Die Reihenfolge der Ansteuerung wird durch die Anordnung bestimmt (Wenner-, Schlumberger- oder Dipol-Dipol-Anordnung). Die Abbildung 9 zeigt beispielhaft die

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
 Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
 hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

mögliche Reihenfolge der Ansteuerung für die Wenner-Anordnung für ein System mit 15 Elektroden. Im ersten Schritt werden die Elektroden mit dem Abstand „a“ angesteuert. Um die nächste tiefer liegende Schicht zu erkunden, werden die Abstände verdoppelt ($2 \times a$), d.h. jede 2. Elektrode wird angesteuert. Durch weitere Erhöhungen der Messabstände um die Ausgangsausdehnung ($n \times a$) werden immer tiefere Schichten erkundet. Abgebrochen werden die Messungen bei maximaler Tiefe (n_{\max}), wenn der Strom in die erste (1) und letzte Elektrode (15) der Messkette eingespeist und die Spannung an den $n_{\max} \times a$ entfernten Elektroden (6 und 11) gemessen wird. Ebenso wie für die dargestellte Wenner-Anordnung ist die Ansteuerung der Elektroden auch für die Schlumberger- und Dipol-Dipol-Anordnung möglich.

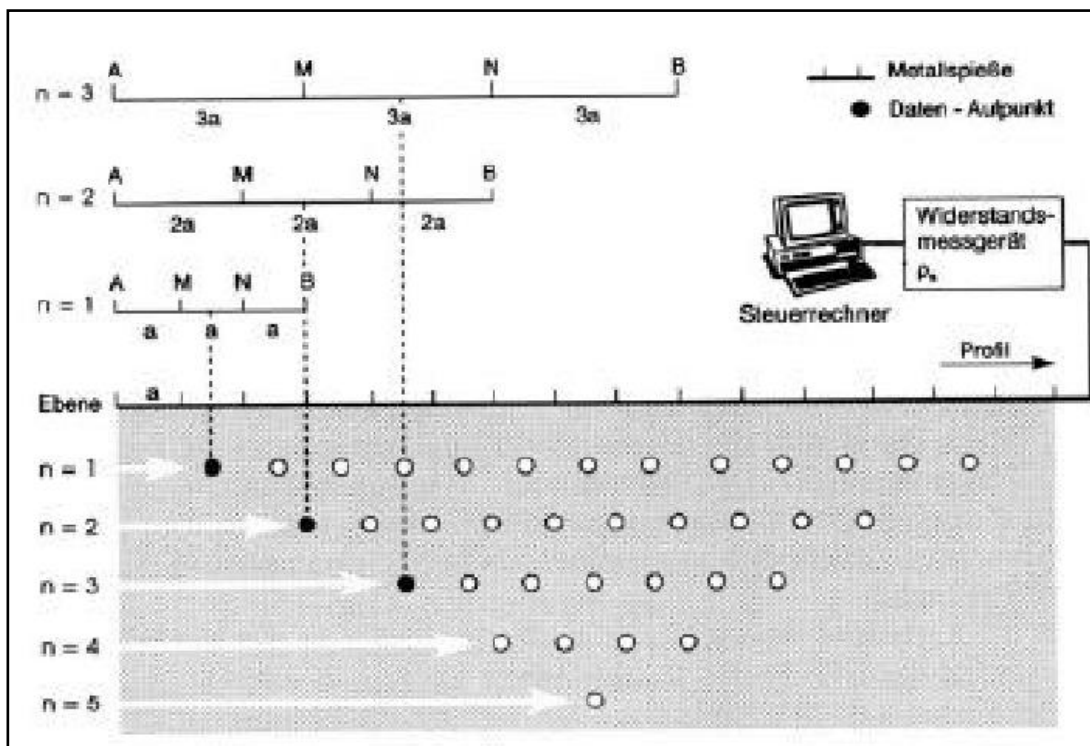


Abb. 9: Messprinzip einer Wenner-Sondierungskartierung (KNÖDEL et al. 1997)

Die Güte der Messungen wird durch die Übergangswiderstände zwischen Untergrund und Elektrode bestimmt. Durch niedrige Übergangswiderstände besteht die Möglichkeit, größere Ströme in den Untergrund zu senden, wodurch größere Spannungsgradienten gemessen werden. In der Regel sind Qualitätsmessungen für Übergangswiderstände $< 600 \Omega \cdot m$ möglich.

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

Zur Auswertung der geoelektrischen Untersuchungen wurde das Programm Res2DInv angewendet. Mit dem Programm können theoretisch bestimmte Widerstände an gemessene Werte angepasst werden, um bestimmte Bereiche mit einheitlichen Widerständen abzuleiten. Auf der Grundlage der ermittelten Verteilung der Bereiche übereinstimmender Widerstände kann auf Schichten und Strukturen im Untergrund geschlossen werden.

4.3.2 Durchführung der geoelektrischen Sondierungen

Zur Erkundung des Untergrundes wurde unmittelbar östlich des Naturschutzgebietes „Um den Eibsee“ ca. 30 m nördlich der K 6111 (Eubaer Straße) am 28.08.2017 eine Profilmessung mit einer Länge von 200 m durchgeführt (Lage siehe **Anlage 8.1**).

Die Profilmessung wurde mit einem Elektrodenabstand von 2 m sowie einer unsymmetrischen Ansteuerung aus Wenner- und Dipol-Dipol-Anordnung durchgeführt. Weiterhin erfolgte die Anwendung eines Wechselstroms mit einer Frequenz von 8,33 Hz.

4.3.3 Ergebnisse der geoelektrischen Messungen

Zur Auswertung der geoelektrischen Messungen wurde das Programm Res2DInv verwendet. Zunächst erfolgte die Simulation des elektrischen Strömungsfeldes mit Hilfe des Verfahrens der Finiten-Elemente-Methode. Zur Optimierung der Widerstandswerte wurde zusätzlich das Marquardt-Verfahren angewandt.

Zur Bestimmung der Schichtenfolgen wurden außerdem die Ergebnisse der Bohrungen GWM 1 und GWM 2 einbezogen.

Das erhaltene Ergebnis ist als geoelektrisches Profil in **Anlage 8.2** dargestellt. Aus dem geoelektrischen Profil wird zunächst deutlich, dass im nördlichen Teil hohe geoelektrische Widerstände mit Werten über 300 $\Omega \cdot m$ auftreten. Dieser Bereich erstreckt sich nahezu bis an die Oberfläche. Dieser Abschnitt des Profils spiegelt die Molasseschichten des Vorerzgebirgsbeckens wieder, die entsprechend den gemessenen geoelektrischen Widerstandswerten nicht oder nur in unmittelbarer Nähe der Geländeoberfläche wasserführend sind.

In einer Entfernung von 70 m bis 90 m südlich der K 6111 (50 m bis 60 m im Profil) wurden geoelektrische Widerstände von über 1.000 $\Omega \cdot m$ gemessen. Hier befindet sich offenbar die Grenze des Molassekomplexes und der Übergang zur Phyllit- und Schluffschieferformation.

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

Nördlich dieses Überganges (bei 58 m im Profil) ist das Gestein mit einer Ausnahme (Bereich 100 m bis 130 m im Profil) auch noch durch hohe geoelektrische Widerstände gekennzeichnet. Anhand der Darstellung in **Anlage 8.2** wird jedoch deutlich, dass in diesem Bereich oberflächennah eine Zone mit geoelektrischen Widerständen von unter $300 \Omega \cdot m$ ausgebildet ist. Diese Schicht kann als wasserführender Zersatz des Phyllits bzw. Schluffschiefers interpretiert werden.

Die in der hydrogeologischen Übersichtskarte 1:200 000 (HÜK200) dargestellten geologischen Verhältnisse können durch die geoelektrischen Messungen bestätigt werden. Weiterhin ist festzustellen, dass die Wasserführung mit größerer Durchlässigkeit im Untersuchungsgebiet nur in der Verwitterungszone des Phyllits und Schluffschiefers zu erwarten ist. Die nördlich und westlich angrenzenden Schichten des Vorerzgebirgsbeckens besitzen keine ausgeprägte Verwitterungsschicht und sind demzufolge grundwasserstauend.

Entsprechend der Ergebnisse wird das von Süden im Festgesteinzersatz dem Naturschutzgebiet zufließende Grundwasser an der Grenze zur Molasseformation gestaut und nach Osten zum Talsperrenbach abgelenkt (Abbildung 6). Um dieses Regime zu bestätigen, wurden mit einem instationären geohydraulischen Modell Grundwasserstände im Untersuchungsgebiet sowie Bilanzen der Zu- und Abflüsse ermittelt. Wenn sowohl die berechneten Grundwasserstände als auch Bilanzen der Realität entsprechen, kann davon ausgegangen werden, dass auch das angenommene Strömungsregime der Realität entspricht.

5 Geohydraulisches Grundwassermodell MODFLOW

5.1 Aufbau des Modells

Die Bestimmung der Grundwasserströmung im Untergrund wurde mit dem Modell MODFLOW und dem Modul ModelMuse nachvollzogen. MODFLOW basiert auf dem Finite-Differenzen-Modellansatz (MCDONALD & HARBAUGH 1988), mit dessen Hilfe die gesättigte Grundwasserströmung 3-dimensional nachgebildet werden kann. Zudem ist es möglich, den Einfluss der Grundwasserneubildung sowie die In- und Exfiltration von Bächen und Flüssen als Randbedingung zu berücksichtigen.

Das Programm MODFLOW-NTW gestattet die Simulation von 3-dimensionalen Strömungen in Grundwasserleitern. Parallel kann der Einfluss von Randbedingungen wie die Grundwasserneubildung sowie die Ex- und Infiltration von Bächen und Flüssen berücksich-

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
 Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
 hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

tigt werden. Weiterhin ist es mit dieser Programmversion möglich, das Leerlaufen und Wiederauffüllen eines Grundwasserleiters nachzubilden, wie es z. B. bei der Grundwasserströmung in der Verwitterungszone des Festgesteins auftritt (NISWONGER et al. 2011).

Zur Ermittlung der Grundwasserströmung wird das Modellgebiet in einzelne quaderförmige Zellen unterteilt. Für jede Zelle werden anschließend mit Hilfe eines numerischen Algorithmus der Wasserstand sowie die Zu- und Abflüsse berechnet. Voraussetzung für diese Vorgehensweise ist, dass diskrete Angaben über die Durchlässigkeit des Grundwasserleiters, sein Speichervermögen und seine Mächtigkeit zur Verfügung stehen. Weiterhin gestattet das Programm die Einteilung des Modellgebietes in Bereiche mit Zellen, die vom Grundwasser durchflossen werden und deren Wasserstand sich während der geohydraulischen Berechnungen ändern können (aktive Zellen) sowie in Zellen, die vom Grundwasser nicht durchflossen werden (passive Zellen) als auch in Zellen, die vom Grundwasser zwar durchflossen werden, deren Wasserstand sich aber während der Berechnung nicht ändert (Abbildung 10).

Ferner sind gespannte und ungespannte Strömungsverhältnisse abbildbar. Bei gespannten Grundwasserverhältnissen sind die Wasserstände größer als die Mächtigkeiten der wasserführenden Schichten, während bei ungespannten Strömungsverhältnissen die Wasserstände unterhalb der Schichtgrenze als freie Oberfläche vorliegen.

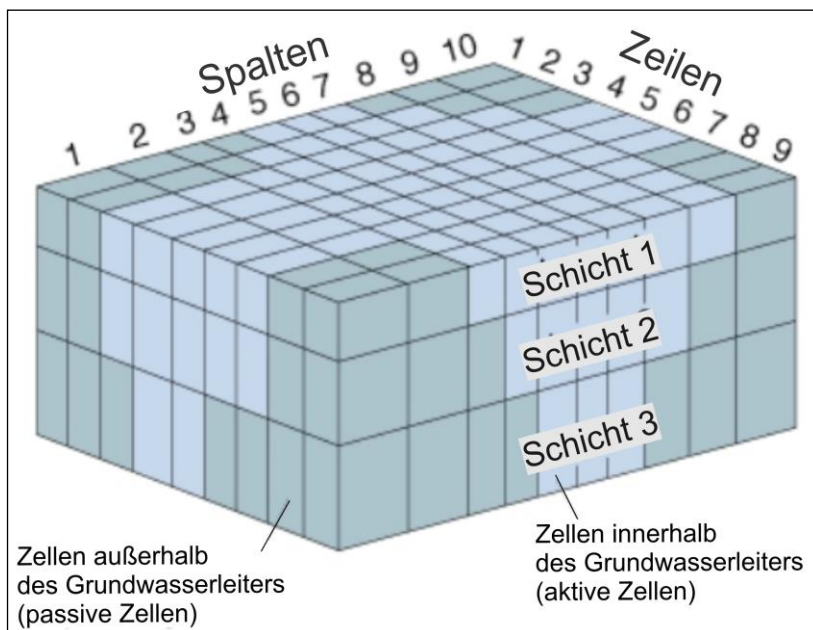


Abb. 10: Modellstruktur MODFLOW (verändert nach HARBAUGH 2005)

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

Letztlich können durch das Programm Randbedingungen als vorgegebene Wasserstände (Randbedingungen 1. Art), vorgegebene Zu- oder Abflüsse (Randbedingungen 2. Art) sowie vorgegebene Zu- oder Abflüsse unter Berücksichtigung eines Zusatzleitwertes (Randbedingungen 3. Art) einbezogen werden. Auf der Grundlage dieser Randbedingungen werden die Modellrechnungen durchgeführt. Neben dem Hauptprogramm existiert eine Reihe von Modulen.

Zur Modellierung der Grundwasserströmung im Bereich des Naturschutzgebietes „Um den Eibsee“ wurden insbesondere folgende Module angewendet:

RCH (Recharge)	Nachbildung der Grundwasserneubildung
CHD (Constant Head)	Nachbildung von vorgegebenen Wasserständen

Wie bereits in Kap. 4 beschrieben, wird davon ausgegangen, dass der Grundwasserabfluss im Untersuchungsgebiet im Verwitterungsgrus des Phyllits bzw. Schluffschiefers erfolgt, während dessen die nördlich und westlich lagernden Gesteine der Molasseablagerungen des Vorerzgebirgsbeckens grundwasserstauende Wirkung besitzen und somit nicht zum grundwasserdurchströmten Modellgebiet gehören. Entsprechend dieser Annahmen erfolgte der Aufbau des Grundwassermodells (siehe **Anlage 9.1**). Als westlich und nördliche Randbedingungen des Strömungsfeldes wurde die Grenze zu den Molasseablagerungen gewählt, wo weder Zu- noch Abfluss (Randbedingung 2. Art) erfolgt. Am südlichen bzw. am südöstlichen Rand des Untersuchungsgebietes ist entsprechend der Morphologie eine Randstromlinie vorhanden, d.h. hier fließt weder Grundwasser in das Naturschutzgebiet noch nach außen. Im Untersuchungsgebiet erfolgt der Zufluss in das Modellgebiet (siehe **Anlage 9.1**) nur über Grundwasserneubildung, während der Abfluss aus dem Modellgebiet am östlichen Rand in den Talsperrenbach erfolgt.

Zunächst werden als Modelleingangsdaten die Geländehöhen benötigt. Diese wurden als Isohypsen mit einer Höhenauflösung von 10 m aus dem DGM5 extrahiert. Um die Dimension des oberen Aquifers festzulegen, wird zudem dessen Basis benötigt. Die Basis wurde infolge fehlender detaillierter Erkundungen für das betrachtete Untersuchungsgebiet auf Geländehöhe - 2,5 m angegeben.

Die Grundwasserneubildung für das Modellgebiet wurde aus der Differenz des auftretenden Niederschlags und der Verdunstung (von der Messstation Chemnitz) ermittelt.

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

Angaben zur Durchlässigkeit des Grundwasserleiters für den Trassenabschnitt lagen im Baugrundgutachten von HARTIG & INGENIEURE (2009) vor. Hier wird eine Durchlässigkeit im Bereich von $1 \cdot 10^{-7}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-4}$ m/s angenommen. Um die Werte der Durchlässigkeit zu präzisieren, ist eine Kalibrierung des Grundwassermodells notwendig gewesen, welche stationär unter Nutzung der Eingangsdaten (Grundwasserneubildung) der Station Chemnitz sowie den Grundwasserständen an den Grundwassermessstellen GWM 1 und GWM 2 vom 28.08.2017 durchgeführt wurde. Das kalibrierte Modell bildet anschließend die Grundlage für die Nachbildung der Fließwege und Grundwasserstände für instationäre Verhältnisse. In der nachstehenden Tabelle 4 sind die Ergebnisse der stationären Kalibrierung für Mittelwasserverhältnisse dargestellt.

Grundwassermessstelle	Grundwasserstand [m ü. NHN]	
	gemessen	modelliert
GWM 1	403,23	403,30
GWM 2	397,94	398,02

Tab. 4: Gemessene und berechnete Grundwasserstände mit dem Grundwassermodell am 28.08.2017

Anhand der berechneten Grundwasserstände kann eine ausreichende Anpassung angenommen werden. Um diese gute Anpassung zu erreichen, wurde für den Verwitterungsgrus ein Durchlässigkeitswert von $1 \cdot 10^{-5}$ m/s festgelegt.

Im Weiteren erfolgte eine Validierung des Grundwassermodells mit Hilfe der gemessenen Grundwasserstände an der Messstelle GWM 1 für den Zeitraum vom 28.08.2017 bis 27.10.2017. In der nachfolgenden Abbildung 11 sind die gemessenen und modellierten Grundwasserstände an der Grundwassermessstelle 1 dargestellt.

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
 Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
 hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

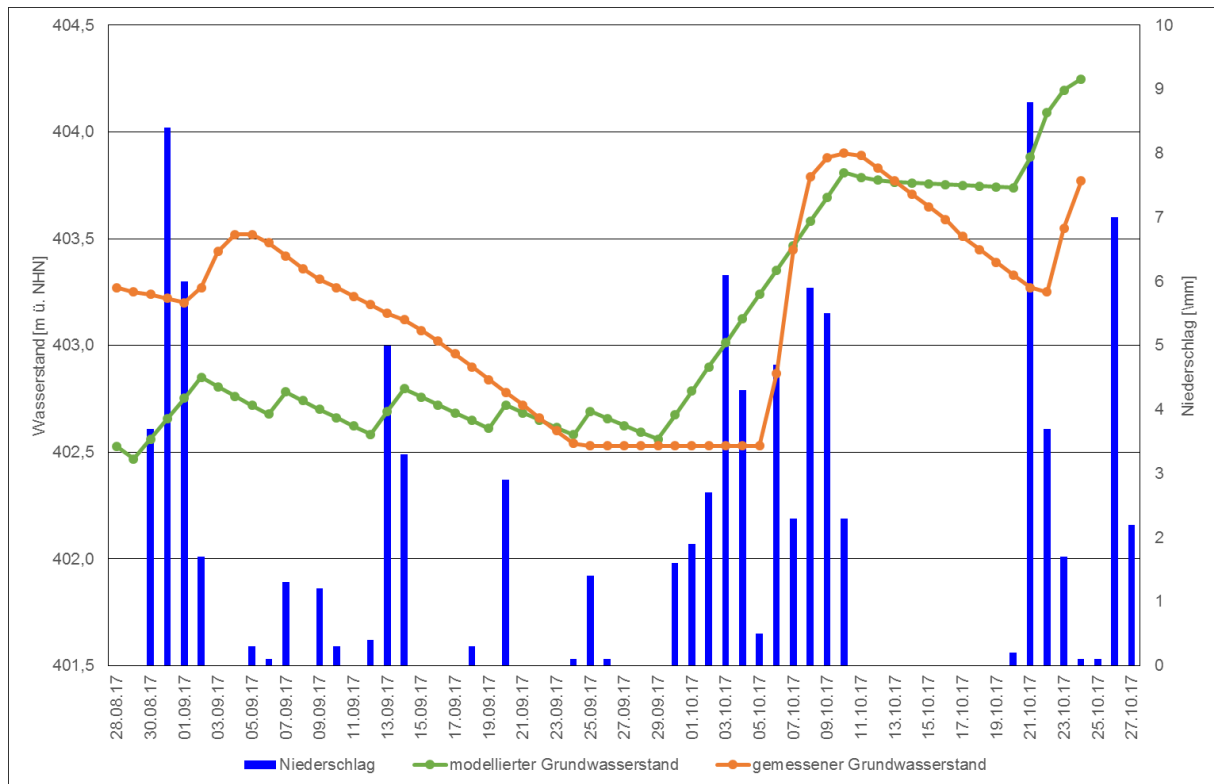


Abb. 11: Gemessener und modellierter Grundwasserstand an der Grundwassermessstelle GWM 1 im Untersuchungsgebiet

5.2 Ergebnisse des Modells

Die instationäre Modellrechnung zur Bestimmung der Grundwasserströmungsverhältnisse beinhaltet mehrere Nass- und Trockenperioden. Neben der Ganglinie der berechneten Grundwasserstände an der Messstelle GWM 1 (siehe Abbildung 11) sind die berechneten Flurabstände des Grundwassers für den 29.09.2017 (Ende einer Trockenperiode) und den 10.10.2017 (Ende einer Feuchtperiode) dargestellt (siehe **Anlage 9.2** und **9.3**).

Für die beiden betrachteten Zeitpunkte wird deutlich, dass der Verwitterungsgrus des Phyllits bzw. Schluffschiefers nur im Gebiet des Naturschutzgebietes „Um den Eibsee“ eine nennenswerte wasserführende Schicht mit ausgeprägter Mächtigkeit besitzt. Das vom südlich angrenzenden Hang abfließende Wasser trägt zur Speisung dieses Grundwasserleiters bei. Ein ausgebildeter Grundwasserleiter existiert an diesem Hang jedoch nicht.

Weiterhin wird aus der Darstellung der **Anlagen 9.2** und **9.3** deutlich, dass der Bereich mit oberflächennahem Grundwasserstand am Ende einer Trockenperiode deutlich kleiner ist

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
 Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
 hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

als nach einer Feuchtperiode. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass das Grundwasser am Ende einer Feuchtperiode teilweise über der Geländeoberfläche steht.

Da der Eibsee mit dem Grundwasser kommuniziert, verändern sich auch hier während einer Trocken- bzw. Nassperiode die Grundwasserstände im Bereich des Eibsees deutlich. In Trockenperioden ist festzustellen, dass der Grundwasserstand um den Eibsee deutlich unterhalb der Geländeoberfläche liegt und hier Grundwasserstände bis zu 2 m unter Gelände ermittelt werden, während bei einer Feuchtperiode der Grundwasserflurstand sich knapp unterhalb des Geländes befindet.

Zur Bestätigung des angenommenen Grundwasserregimes wurden für das Modellgebiet die Zu- und Abflüsse ermittelt, welche in der nachfolgenden Abbildung 12 dargestellt sind.

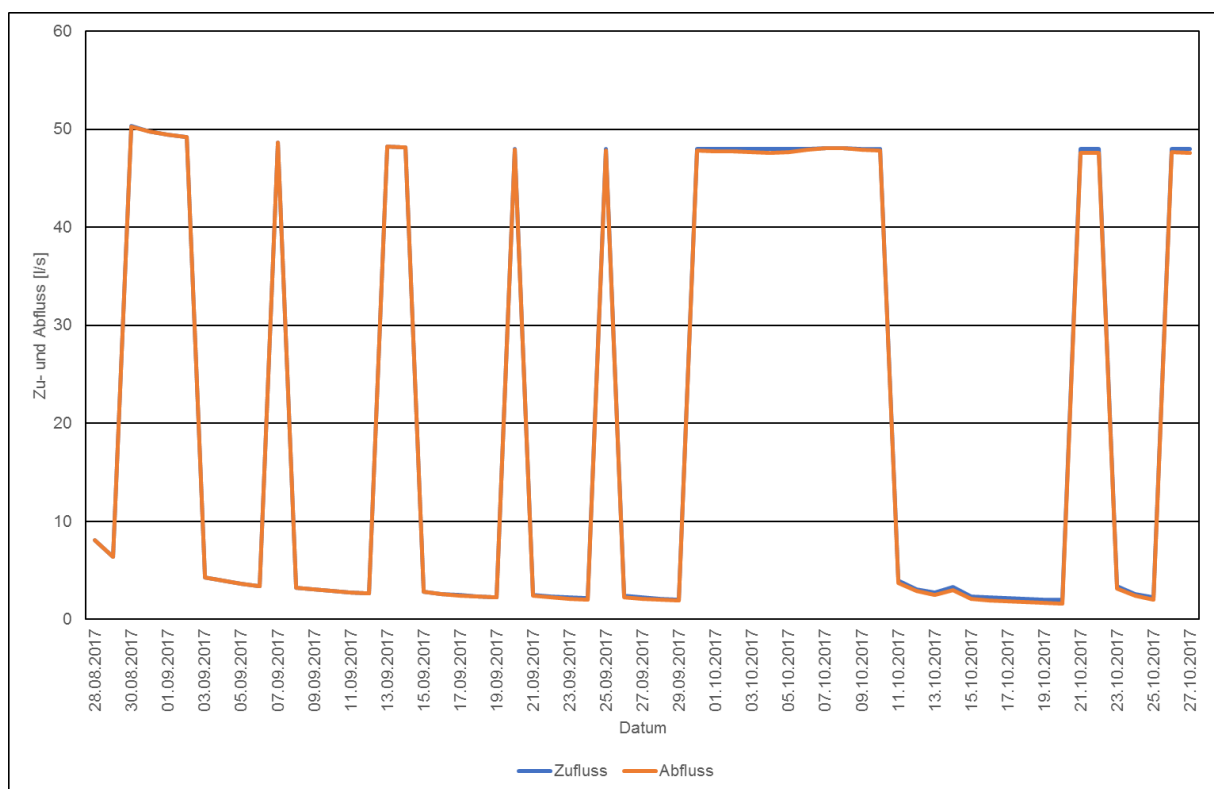


Abb. 12: Zu- und Abflüsse für das Modellgebiet im Zeitraum vom 28.08.2017 - 27.10.2017

Es zeigt sich, dass im Modell auch die Bilanzen aus den Zu- und Abflüssen nachvollziehbar sind und dass es im betrachteten Zeitraum zwischen dem Zu- und Abfluss nur geringfügige Abweichungen gibt, sodass die bisherige Annahme des Grundwasserflusses bestätigt wird. Mit dem Modell wurden somit die wesentlichsten Einflussfaktoren erfasst, um die tatsächlichen Verhältnisse nachzuvollziehen. Insbesondere wurde nachgewiesen, dass der Grund-

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

wasserabfluss ausschließlich in östliche Richtung zum Talsperrenbach verläuft und dass die geplante Trasse sich nicht im Grundwasserströmungsfeld des Eibsees befindet und somit keinen nachteiligen Einfluss auf den unterirdischen Abfluss bzw. auf den Wasserhaushalt des Eibsees haben wird. Die Wasserstände des Eibsees sowie die Grundwasserstände im Naturschutzgebiet werden ausschließlich durch die Variabilität der Grundwasserneubildung bestimmt, welche allerdings in Folge ausgeprägter Trocken- und Feuchtperioden in den letzten Jahren immer größeren Schwankungen unterlag.

6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH plant im Auftrag des Freistaates Sachsen den Neubau der Bundesstraße B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1. Mit dem vorliegenden Gutachten wurde geprüft, ob das Bauvorhaben einen Einfluss auf den Eibsee und den Wasserhaushalt des Naturschutzgebietes „Um den Eibsee“ hat. Im Rahmen der Baugrunderkundungen zum Neubau der B 107, Südverbund Chemnitz – A 4 sind Vernässungen im Bereich des NSG „Um den Eibsee“ festgestellt worden. Da sich die Trasse der B 107 hier im Einschnitt befindet, wird der Grundwasserhorizont angeschnitten. Zur Sicherung der Böschungen und zur Vermeidung einer Beeinträchtigung des Naturschutzgebietes soll deshalb eine Dichtungswand errichtet werden.

Durch numerische geohydraulische Modellrechnungen sollen die Auswirkungen der geplanten Trasse sowie der Dichtungswand auf den Wasserhaushalt aufgezeigt bzw. die Entwässerungsmaßnahmen optimiert werden.

Zur Bestimmung von Auswirkungen der geplanten Trasse auf den oberirdischen Abfluss wurden Berechnungen mit dem Programm WaSiM-ETH durchgeführt. Mit diesem Programm können die oberirdischen Abflussmengen, die Teileinzugsgebiete und Fließbahnen eines Untersuchungsgebietes bestimmt werden. Es wurden hydrologische Modellrechnungen im Ist-Zustand sowie im Zustand mit geplanter Trasse für den Zeitraum vom 01.08.2017 bis 31.10.2017 mit den Tageswerten der Klimastation Chemnitz durchgeführt.

Als Ergebnis im Ist-Zustand konnte oberirdischer Abfluss von den südlichen Hängen festgestellt werden, der entsprechend dem natürlichen Gefälle im Naturschutzgebiet „Um den

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

Eibsee“ nach Westen verläuft und über kleinere Gewässer die Vorfluter Talsperrenbach und Grundbach erreicht.

Für den Plan-Zustand konnte durch hydrologische Modellrechnungen ermittelt werden, dass die Trasse die natürlich vorhandenen Einzugsgebiete zerschneidet und im Bereich der Kreuzung zwischen der geplanten Trasse und der K 6111 (Eubaer Straße) ein erhöhter Oberflächenabfluss auftritt. Dies führt jedoch zu keinerlei nachhaltigen signifikanten Veränderungen, da gemäß der Entwässerungsplanung das anfallende Oberflächenwasser über Entwässerungsmulden gefasst und den natürlichen Vorflutern bzw. Einzugsgebieten zugeführt wird.

Zur Ermittlung der Grundwasserverhältnisse wurden zunächst fünf weitere Erkundungsbohrungen im Gebiet des Naturschutzgebietes niedergebracht und zu Grundwassermessstellen ausgebaut, um die Entwicklung der Grundwasserstände vom 28.8.2017 bis 21.11.2017 verfolgen zu können. Weiterhin erfolgte eine geoelektrische Kartierung des Untergrundes östlich des Naturschutzgebietes, um die Lage der recherchierten Formationen nachzuvollziehen und präzisieren zu können.

Als Ergebnis der Recherche der Unterlagen zur Hydrogeologie des Gebietes als auch aus den Ergebnissen der durchgeführten Erkundungen konnte festgestellt werden, dass durch das Naturschutzgebiet die Grenze zwischen der Molasseformation aus Rotliegendensedimenten und dem Phyllit- und Schluffschieferkomplex, der während der varistischen Gebirgsbildung entstanden ist, verläuft. Beide Formationen sind mit Ausnahme von lokalen Kluft (Phyllit)- bzw. sandigen Bereichen (Molasse) keine Grundwasserleiter. Im Gegensatz zum Molassekomplex ist allerdings die Oberfläche des Phyllits verwittert und wasserführend, wie durch die Bohrungen sowie durch die geoelektrische Kartierung nachgewiesen werden konnte. Das Grundwasser fließt demzufolge im Verwitterungsgrus des Phyllits von den südlich angrenzenden Hängen zum Naturschutzgebiet und speist den Eibsee. Nördlich und westlich des Naturschutzgebietes stellt die grundwasserstauende Molasseablagerung eine Barriere für den Grundwasserstrom dar, sodass im Gegensatz zum Oberflächenabfluss der Abfluss nach Osten in Richtung des Talsperrenbaches abgelenkt wird.

Da der Bereich des Trassenabschnittes sich westlich innerhalb des grundwasserstauenden Molassekomplexes befindet, kann geschlussfolgert werden, dass es keine geohydraulischen Verbindungen zum Abflusssystem des Eibsees bzw. Naturschutzgebietes gibt. Zum Nachweis wurden die geohydraulischen Verhältnisse im unterirdischen Abflusssystem nachempfunden und die Wasserstände sowie die Bilanz aus Zu- und Abfluss mit den real

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

existierenden Werten verglichen. Dazu wurde unter Nutzung des Programms MODFLOW unter Verwendung der Niederschlags- und Verdunstungswerte der Station Chemnitz eine instationäre Modellrechnung vom 28.08.2017 bis 27.10.2017 durchgeführt.

Im Ergebnis der Modellrechnung konnten die Ganglinien der Grundwasserstände für verschiedene Nass- und Trockenperioden unter Berücksichtigung der Bilanz (Zufluss aus der Grundwasserneubildung und Abfluss in den Talsperrenbach) grundsätzlich nachvollzogen werden.

Somit ist nachgewiesen, dass der Wasserhaushalt bzw. die Wasserstände im Naturschutzgebiet sowie im Eibsee allein durch die Variabilität der Grundwasserneubildung bestimmt werden. Hier treten in Folge von Nass- und Trockenperioden erhebliche natürliche Schwankungen auf. Der westlich im Bereich des wasserstauenden Molassekomplexes (außerhalb des Zu- bzw. Abstrombereiches des Eibsees bzw. Naturschutzgebietes) liegende Trassenabschnitt hat somit keinen Einfluss auf den Wasserhaushalt sowie die Wasserstände innerhalb des Naturschutzgebietes „Um den Eibsee“.

Die Berechnungen des Grundwassermodells haben bestätigt, dass die geologischen Gegebenheiten dazu führen, dass das Grundwasser in Richtung des Talsperrenbaches geleitet wird. Weiterhin konnte aufgezeigt werden, dass das Grundwasser sehr schnell auf Regenereignisse reagiert und zu Vernässungserscheinungen im Umfeld des Eibsees führt. Weiterhin ist auszuschließen, dass die Trasse und die Spundwand sich nachteilig auf das Grundwassersystem und den Eibsee auswirken werden.

Im Ergebnis der oberirdischen Wasserhaushaltsberechnung und des Grundwassermodells konnte ebenfalls nachgewiesen werden, dass sich die Fließrichtungen des oberirdischen und unterirdischen Abflusses voneinander unterscheiden und somit auch in keinem direkten Zusammenhang stehen. Für das Naturschutzgebiet „Um den Eibsee“ sind durch den Bau der Trasse somit zukünftig keine signifikanten Änderungen des Wasserhaushalts zu erwarten.

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

7 Literatur

- BEVEN, K.J. & KIRKBY, M.J. (1979): A physically based variable contributing area model of basin hydrology. - Hydrol. Sci. Bull., 24(1), S. 43 - 69.
- FISCHER, F. (1990): Das Rotliegende des ostthüringisch-vestsächsischen Raumes. - Dissertation, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, 1990.
- HARBAUGH, A. W. (2005): MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey Modular Groundwater Model - The Groundwater Flow Process. - USGS, U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16, 2005.
- HARTIG & INGENIEURE GESELLSCHAFT FÜR INFRASTRUKTUR- UND UMWELTPLANUNG (2009): Geotechnischer Bericht zur Baugrunduntersuchung - Hydrogeologie Bereich NSG „Um den Eibsee“. - hartig & ingenieure - Gesellschaft für Infrastruktur- und Umweltplanung, Chemnitz, 2009.
- HOYNINGEN-HUENE, J.V. (1981): Die Interzeption des Niederschlags in landwirtschaftlichen Pflanzenbeständen. - Schr. D. DVWK, Hamburg.
- KA5 (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. - Hrsg. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und den geologischen Landesämtern in der Bundesrepublik Deutschland, 5. Auflage, Hannover 2005.
- KARRENBERG, H. (1981): Hydrogeologie der nichtverkarstungsfähigen Festgesteine. - Hrsg. Springer Verlag, Wien, 1981.
- KNÖDEL, K., KRUMMEL, H. & LANGE, G. (Eds.)(1997): Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten. - Bd. 3, Geophysik, Springer-Verlag.
- KOLITSCH, S. (2008): Hydrogeologische Analyse und großräumige Modellierung des Weiteren Vorerzgebirgssenkensraumes. - Dissertation, Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik, und Bergbau der Technischen Universität Bergakademie Freiberg, 14.02.2008.
- MCDONALD, M.G., AND HARBAUGH, A.W. (1988): A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model: Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey, Book 6, Chapter A1, 586 p.
- NISWONGER, R.G., PANDAY, S. & IBARAKI, M. (2011): MODFLOW-NWT, a Newton Formulation for MODFLOW-2005. - USGS, Groundwater Resources Program, Techniques and Methods 6-A37, 2011.

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

SCHNEIDER, J.W., RÖßLER, R., FISCHER, F. (2012): Rotliegend des Chemnitz-Beckens. - In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: H. Lützner & G. Kowalczyk für die Subkommissionen Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland X. Rotliegend. Teil I: Innervariscische Becken. - Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, Heft 61: 530-588; Hannover.

SCHULLA, J. (1997, 2013): Hydrogeologische Modellierung von Flussgebieten zur Abschätzung der Folge von Klimaänderungen. - ETH Zürich.

SCHULLA, J. (2013): Model Description WaSiM. - ETH Zürich.

SCHULLA, J. & JASPER, K. (1998): Modellbeschreibung WaSiM-ETH. - ETH Zürich.

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Übersichtslageplan

Anlage 2: Digitales Geländehöhenmodell [m ü. NHN]

Anlage 3: Ergebnisse TANALYS

Anlage 3.1: Geländegefälle [%] im Untersuchungsgebiet

Anlage 3.2: Darstellung der oberirdischen Teileinzugsgebiete
Ist-Zustand

Anlage 3.3: Fließpfade im Untersuchungsgebiet
Ist-Zustand

Anlage 3.4: Fließpfade im Untersuchungsgebiet
Plan-Zustand

Anlage 3.5: Fließzeiten [min] auf der Oberfläche
Ist-Zustand

Anlage 3.6: Fließzeiten [min] auf der Oberfläche
Plan-Zustand

Anlage 4: Eingangsdaten hydrologisches Modell WaSiM-ETH

Anlage 4.1: Klassifizierung der Bodenarten im Untersuchungsgebiet entsprechend
WaSiM-ETH

Anlage 4.2: Klassifizierung der Landnutzung im Untersuchungsgebiet entsprechend
WaSiM-ETH

Anlage 5: Geologische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet entsprechend der Hydro-
geologischen Übersichtskarte 1:200 000 (HÜK200)

Anlage 6: Bohrprofile und Ausbauzeichnungen der errichteten Grundwassermessstel-
len im Zuge der Baugrunduntersuchungen im Bereich des NSG „Um den
Eibsee“
(Quelle: hartig & ingenieure Gesellschaft für Infrastruktur - und Umweltpla-
nung, 2009)

Anlage 7: Schichtenverzeichnisse der neu errichteten Grundwassermessstellen 1 bis 5

Projekt: B 107, Südverbund Chemnitz - A 4, VKE 323.1
Bau-km 0+000 bis Bau-km 6+075
hier: Gutachten Geohydraulisches Modell NSG „Um den Eibsee“

Anlage 8: Auswertung der geoelektrischen Untersuchungen

Anlage 8.1: Übersichtslageplan geoelektrische Untersuchungen

Anlage 8.2: Ergebnisse der geoelektrischen Untersuchungen
Spezifischer elektrischer Widerstand [$\Omega \cdot m$]

Anlage 9: Auswertung des geohydraulischen Grundwassermodells MODFLOW

Anlage 9.1: Aufbau geohydraulisches Grundwassermodell

Anlage 9.2: Grundwasserflurabstand [m u. Gel.] und Grundwasserisohypsen [m ü. NHN]
Stichtagsmessung am 29.09.2017

Anlage 9.3: Grundwasserflurabstand [m u. Gel.] und Grundwasserisohypsen [m ü. NHN]
Stichtagsmessung am 10.10.2017