

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

vertreten durch das

Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie

Sachgebiet: Integrativer Umweltschutz, Klimawandel

Abschlussbericht

zum

Forschungs- und Entwicklungsvorhaben Az: 13-8802.3529/32

**KliWEP - Abschätzung der Auswirkung der für Sachsen
prognostizierten Klimaveränderungen auf den
Wasser- und Stoffhaushalt im Einzugsgebiet der Parthe**

Teil 2: Aktualisierung des vorhandenen Oberflächenwasser-/Grundwasser-
modells für das Einzugsgebiet der Parthe (PCGEOFIM) und
dynamische Kopplung von PCGEOFIM an ein Bodenwasserhaushaltsmodell

von

Dr. Dietrich Sames und Dipl.-Min. Birgit Carl

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH

Projektleiter

Dr. Dietrich Sames

Oktober 2004

Berichts-Kennblatt

1. Abschlussberichts-Nr.:	2. Berichtszeitraum
1	20.04.2004-15.10.2004
3. Titel des Berichts KliWEP - Abschätzung der Auswirkung der für Sachsen prognostizierten Klimaveränderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt im Einzugsgebiet der Parthe Teil 2: Aktualisierung des vorhandenen Oberflächenwasser-/Grundwassermodells für das Einzugsgebiet der Parthe (PCGEOFIM) und dynamische Kopplung von PCGEOFIM an ein Bodenwasserhaushaltsmodell	
4. Autor Dr. Dietrich Sames, Birgit Carl	5. Abschlussdatum 15.11.2004
6. Durchführende Institution(en), Projektleiter Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH Nonnenstraße 9 04229 Leipzig Dr. Dietrich Sames	7. Aktenzeichen/Förderkennzeichen 13-8802.3592/32
8. Fördernde Institution(en) Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft Vertreten durch das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie	9. Gesamtlaufzeit 20.04.2004-15.11.2004
10. Zusätzliche Angaben, Sonstiges	11. Seitenzahl Anhänge
	12. Tabellen (Anzahl)
	13. Abbildungen (Anzahl)
	14. Anlagen (Anzahl)
15. Kurzfassung: Das vorhandene Oberflächenwasser-/Grundwassermodell für das Einzugsgebiet der Parthe wurde aktualisiert. Es erfolgte eine Anpassung der Modellgrenzen an das Einzugsgebiet der Parthe, eine Überarbeitung der Geologie unter Berücksichtigung der in den Jahren 1994 bis 2004 niedergebrachten Bohrungen, eine Neubearbeitung der Geländedatei mit Hilfe des digitalen Geländemodells ATKIS®-DGM25, eine Überarbeitung der Randstammdaten der Parthe mit Hilfe der Ergebnisse der von der PROWA Engineering GmbH durchgeführten Parthevermessung, eine Fortschreibung aller zeitabhängigen Randbedingungen, Klima- und Lysimeterdaten bis zum Jahr 2004 und eine Übernahme der Messwertreihen bis zum Jahr 2004. Für die Jahre 2004-2050 wurden alle Randbedingungen mit Mittelwerten fortgeschrieben. Eine Ausnahme bilden die Restlöcher Markkleeberg, Störnthal, Hainer See und Haubitz, für welche die Prognose aus dem Hydrogeologischen Großraummodell HGMS® übernommen wurde. Das aktualisierte Modell beschreibt die hydrogeologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet der Parthe für die Jahre 1980-2004. Das Modell kann auch für eine Prognose bis zum Jahr 2050 eingesetzt werden, wobei aber nur eine gemittelte klimatische Situation berücksichtigt wird. Erst die vorbereitete Kopplung mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH ermöglicht eine Abschätzung der Auswirkung der für Sachsen prognostizierten Klimaveränderungen auf den Wasserhaushalt.	
16. Schlagwörter, Deskriptoren Parthe, hydrogeologische Modellierung, Bodenwasserhaushaltsmodell, Grundwasserneubildung, Grundwasser, Fließgewässer	

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	<i>Aufgabenstellung</i>	6
1.2	<i>Übergebene Unterlagen</i>	6
1.3	<i>Ablauf des Vorhabens</i>	7
2	Das Modell PART2004	7
2.1	<i>Überarbeitung der Modellgrenzen</i>	7
2.2	<i>Aktualisierung des Parametermodells</i>	8
2.2.1	Beschreibung des Bearbeitungsgebietes	8
2.2.2	Geologische Übersicht	9
2.2.3	Aktualisierung Modell PART	10
2.3	<i>Aktualisierung des Signalmodells</i>	14
2.3.1	Aktualisierung der Randbedingungen	15
2.3.2	Aktualisierung der Klima- und der Lysimeterdaten	19
2.4	<i>Ergebnisse der hydrogeologischen Berechnung, wenn Lysimeterdaten zur Berechnung der Grundwasserneubildung herangezogen werden</i>	26
2.5	<i>Online-Kopplung PCGEOFIM/WaSiM-ETH</i>	31
3	Zusammenfassung	32
4	Literaturverzeichnis	33

Verzeichnis Abbildungen

Abb. 1:	<i>Ausdehnung und Diskretisierung des Modells PART2004</i>	11
Abb. 2:	<i>Ausschnitt ASCII-Plan mit den Angaben GWL, Unterkante, Mächtigkeit und k_f-Wert</i>	13
Abb. 3:	<i>Förderung Wasserwerk Naunhof 1</i>	16
Abb. 4:	<i>Förderung Wasserwerk Naunhof 2</i>	16
Abb. 5:	<i>Wasserstandsentwicklung in den Restseen Markkleeberg und Störmthal</i>	18
Abb. 6:	<i>Wasserstandsentwicklung im Hainer und im Haubitzer Restsee</i>	19
Abb. 7:	<i>Zur Bestimmung der GWN aus PM_{kor}, ETP und Lysimeterdaten</i>	19
Abb. 8:	<i>Korrigierter Niederschlag im Einzugsgebiet der Parthe für den Zeitraum 1980-2004</i>	20
Abb. 9:	<i>Grasreferenzverdunstung im Einzugsgebiet der Parthe für den Zeitraum 1980-2004</i>	20
Abb. 10:	<i>Mittlere jährliche Sickerwassermenge (1994-2000) der acht Lysimetergruppen in Abhängigkeit von der nutzbaren Feldkapazität in der Wurzelzone (nFK_{WE})</i>	21
Abb. 11:	<i>Beziehung zwischen Verdunstung (ET) und Bodenart (Korngröße) nach Lysimeterergebnissen</i>	22
Abb. 12:	<i>Zuordnung Bodennutzung, Bodenart und Lysimetergruppe</i>	24
Abb. 13:	<i>Grundwasserneubildung Lysimeter 4 in Brandis</i>	25
Abb. 14:	<i>Gemessene Grundwasserstände für vier ausgewählte Messstellen</i>	25
Abb. 15:	<i>Die Over_all-Bilanz PART2004/Lysimeterdaten (blau: Grundwasservorrat, grün: Grundwasserneubildung, cyan: Summe Standgewässerzuflüsse, rot: Summe Randbedingungszuflüsse)</i>	26
Abb. 16:	<i>Berechnete Grundwasserneubildung im Modell PART2004/Lysimeterdaten</i>	27
Abb. 17:	<i>Messstelle 46410417</i>	28
Abb. 18:	<i>Messstelle 47410102g</i>	28
Abb. 19:	<i>Messstelle 47410221</i>	29
Abb. 20:	<i>Messstelle 47410222</i>	29
Abb. 21:	<i>Pegel Thekla</i>	30
Abb. 22:	<i>Grundwasserbürtiger Abfluss am Pegel Thekla</i>	30
Abb. 23:	<i>Berechnete Grundwasserneubildung im Modell PART2004/WaSiM-ETH</i>	32

Verzeichnis Tabellen

Tab. 1:	<i>Zusammenstellung der Zuordnung der Modellgrundwasserleiter zu den Grundwasserleitern</i>	12
Tab. 2:	<i>Zusammenstellung der k_f-Werte</i>	13
Tab. 3:	<i>Randbedingungen 1. Art</i>	15
Tab. 4:	<i>Wasserwerke im Modellgebiet</i>	15
Tab. 5:	<i>Fließ- und Standgewässer außerhalb des Einzugsgebietes der Parthe</i>	17
Tab. 6:	<i>Fließgewässer im Einzugsgebiet der Parthe</i>	17
Tab. 7:	<i>Standgewässer</i>	18
Tab. 8:	<i>Charakterisierung der Böden der 8 Lysimetergruppen der Station Brandis¹</i>	22
Tab. 9:	<i>Online-Kopplung PCGEOFIM/WaSiM-ETH</i>	31

Verzeichnis Abkürzungen

Abkürzung	Erläuterung
ET	Evapotranspiration
ETP	Grasreferenzverdunstung
PCGEOFIM	Programm zur Simulation der Geofiltration und der Geomigration
GWL	Grundwasserleiter
GWN	Grundwasserneubildung
HGMN [®]	Hydrogeologisches Großraummodell Nord
HGMS [®]	Hydrogeologisches Großraummodell Süd
KliWEP	Klimawandel am Beispiel des Einzugsgebietes der Parthe
LTV	Landestalsperrenverwaltung
MGWL	Modellgrundwasserleiter
mm/d	mm Niederschlag pro Tag
mm/Mon	mm Niederschlag pro Monat
mm/a	mm Niederschlag pro Jahr
PM _{korr}	korrigierter Niederschlag
tm	Thierbacher Schichten Mitte
to	Thierbacher Schichten oben
tu	Thierbacher Schichten unten
WaSiM-ETH	Water balance Simulation Modell ETH

1 Einleitung

Die Auswirkungen der für Sachsen prognostizierten Klimaveränderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt im Einzugsgebiet der Parthe sollen im Rahmen des Forschungsvorhabens KliWEP abgeschätzt werden. Dazu wird das bestehende Grundwasser- und Oberflächenwassermodell für das Einzugsgebiet der Parthe aktualisiert und mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH online gekoppelt.

Das Forschungsvorhaben besteht aus den beiden Teilen:

1. Parametrisierung, Anpassung und Kalibrierung des Bodenwasserhaushaltsmodells WaSiM-ETH für das Einzugsgebiet der Parthe sowie die Berechnung von 3 Landnutzungsszenarien auf Grundlage der Klimaprognose für Sachsen
2. Aktualisierung des vorhandenen Oberflächenwasser-/Grundwassermodells für das Einzugsgebiet der Parthe und dynamische Kopplung mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH.

Im Rahmen des Teils 1 wird das den gesamten Wasserhaushalt im Einzugsgebiet der Parthe beschreibende Komplexmodell für den Zeitraum 1980-2003 kalibriert.

1.1 Aufgabenstellung

Im Rahmen des Teils 2 des Forschungsvorhabens KliWEP waren folgende Leistungen zu erbringen:

1. Der Modellierungsraum entspricht dem Modellgebiet des bestehenden Parthe-Modells bis zum Pegel Thekla, wobei aber das Stadtgebiet Leipzig nicht mit betrachtet wird. Im Hinblick auf den Einsatz des Bodenwasserhaushaltsmodells WaSiM-ETH sind die Modellgrenzen zu überarbeiten und eine Flurabstandskarte der jeweils zu oberst anstehenden Grundwasserleiteroberkanten zu erstellen.
2. Das informationsadäquate geologische Modell wird auf der Grundlage neuer Schichtenverzeichnisse nach 1994 sowie der Gewässerprofile unter Verwendung der Ergebnisse des LTV-Vorhabens „Erstellung eines flussgebietsbezogenen Hochwasserschutzkonzeptes für die Parthe im Regierungsbezirk Leipzig“ aktualisiert und die Ergebnisse dieser Überarbeitung in das Parametermodell übernommen.
3. Die Anfangsbedingungen für das Jahr 1980 sind im bestehenden Parthe-Parametermodell formuliert und werden an das überarbeitete Modellgebiet angepasst. Ebenso werden alle Randbedingungen und alle Pegelganglinien für den Zeitraum 1980-1996 aus dem bestehenden Parthe-Modell übernommen, an das überarbeitete Modellgebiet angepasst und für den Zeitraum 1997-2050 aktualisiert. Dies betrifft insbesondere die Durchflussganglinie am Pegel Glasten, die den Parthe-Zufluss zum südlichen Modellrand (Grenze zum Festgesteinsbereich) repräsentiert, alle Randelemente zur Berücksichtigung des Grundwasserzustromes über den südlichen Modellrand, alle Randelemente, welche die Auswirkungen von Grundwasserstandsabsenkung und anschließendem Wiederanstieg in den ehemaligen Tagebau Espenhain und Witznitz beschreiben und die Fördermengen der im Modellgebiet befindlichen Wasserwerke sowie Abwassereinleitungen in die Parthe und ihre Nebenflüsse.
4. In enger Zusammenarbeit mit dem Auftragnehmer von KliWEP-Projekt, Teil 1 wird eine Konzeption zur Online-Kopplung PCGEOFIM/WaSiM-ETH erarbeitet und die PCGEOFIM-Schnittstelle programmiert. Ziel ist es, dem Bodenwasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH die vom Simulator PCGEOFIM generierten Grundwasserstände zu übergeben und die von WaSiM-ETH berechnete Grundwasserneubildung und die Volumenströme in den Fließgewässern dem Simulator PCGEOFIM für die weitere Berechnung zur Verfügung zu stellen.
5. Zusätzlich zum Auftrag wurde eine Kalibrierung des Parthe-Modells mit Daten der Lysimeterstation Brandis vorgenommen, um die Lauffähigkeit des Modells nachzuweisen und um Vergleichswerte für das gekoppelte Modell PCGEOFIM/WaSiM-ETH zur Verfügung zu stellen.

1.2 Übergebene Unterlagen

Zur Aktualisierung des geologischen und des Parametermodells hat der Auftraggeber folgende Daten übergeben:

- Parthe-Modell, Stand 1994 mit aktualisierten Randbedingungen bis 1997, Berechnungszeitraum 1980-1997 (HAFERKORN et al. (1994))
- Daten des Datenspeichers UHYDRO für das Untersuchungsgebiet
- Digitales Geländemodell für das Untersuchungsgebiet ATKIS®-DGM25

Zur Aktualisierung des Signalmodells wurden folgende Daten übergeben:

- Durchflussganglinie Pegel Glasten
- Fördermengen der im Modellgebiet befindlichen Wasserwerke sowie die Abwassereinleitungen in die Parthe und ihre Nebenflüsse
- Stichtagsmessungen im Parthe-Gebiet für die Jahre 1997-2003
- Lysimeterdaten der Station Brandis für die Jahre 1997-2003

Die im Rahmen des LTV-Vorhabens "Erstellung eines flussgebietsbezogenen Hochwasserschutzkonzeptes für die Parthe im Regierungsbezirk Leipzig" durchgeführte Parthe-Vermessung wurde in die Randstammdaten übernommen.

1.3 Ablauf des Vorhabens

Nach der Übernahme der Unterlagen erfolgte eine Überarbeitung der Modellgrenzen mit dem Ziel das Gebiet so einzugrenzen, dass alle Parthe-Zuflüsse erfasst werden. Das betrifft sowohl oberirdische als auch unterirdische Zuflüsse bis zum Pegel Thekla. Dieses Bearbeitungsgebiet wurde zusammen mit der Mächtigkeit der Aerationzone dem Entwickler des Bodenwasserhaushaltsmodells als Shape-File übergeben.

Das Parametermodell (Stand 1994) wurde vollständig überarbeitet. Insbesondere wurde darauf Wert gelegt, dass die Kopplungen zwischen den Grundwasserleitern korrekt wiedergespiegelt werden.

Das vorhandene Signalmodell (Zeitraum 1980-1997) wurde auf den Zeitraum 1980-2050 erweitert. Die Lysimeterdaten der Station Brandis wurden bis zum Jahr 2003 übernommen und für den nachfolgenden Zeitraum durch Mittelwerte ergänzt. Mit dem Modell PART2004 kann so die Grundwasserströmung im Einzugsgebiet der Parthe für die Jahre 1980-2003 nachgebildet und es kann die zukünftige Entwicklung für mittlere klimatische Bedingungen prognostiziert werden.

Die Kopplung von PCGEOFIM mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH wurde programmiert und in einem ersten Test eine Berechnung mit dem gekoppelten Modell PCGEOFIM/WaSiM-ETH über einen Zeitraum von 20 Jahren durchgeführt.

In enger Zusammenarbeit mit dem Auftragnehmer KliWEP, Teil 1 wurde PCGEOFIM/WaSiM-ETH für die Kalibrierung des Modells PART2004/WaSiM-ETH für den Zeitraum 1980-2004 und die Prognose 2005-2050 für zwei Flächennutzungen eingesetzt.

2 Das Modell PART2004

2.1 Überarbeitung der Modellgrenzen

Die Festlegung der Modellgrenzen für das Bodenwasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH und dessen Kopplung an das Grundwassermodell erfordert eine Neubeschreibung des Bearbeitungsgebietes. Das weit über das oberirdische Einzugsgebiet hinausgehende Bearbeitungsgebiet des bestehenden Grundwassermodells würde einen unverhältnismäßig hohen Aufwand für WaSiM-ETH bedingen. Die Grenzen des bestehenden Grundwassermodells für das Parthe-Gebiet wurden seinerzeit so gewählt, dass orts- und zeitstabile Bedingungen am Rand des Modells über alle abgebildeten Grundwasserleiter definiert werden konnten. Diese äußeren Randbedingungen waren

- im Osten die Mulde
- im Süden die Wasserscheide zum Eula/Wyhra-Einzugsgebiet
- im Westen die Kopfböschungssysteme der Tagebaue Witznitz und Espenhain
- im Norden die Wasserscheide zum Lober-, Leine-, Saubach-Einzugsgebiet.

Damit waren in westlicher wie in östlicher Richtung Freiheitsgrade für die Ausbildung einer unterirdischen Wasserscheide gegeben. Damit konnte unter Einfluss der Grundwasserabsenkung oder dem, nach Aufgabe der Entwässerungsmaßnahmen, sich regenerierenden Grundwasserstand östlich der beiden Tagebaue eine eventuelle Beeinflussung des Parthe-Einzugsgebietes in seiner zeitlichen Entwicklung simuliert werden. Die Berücksichtigung der Mulde mit ihrem Wasserspiegel als östliche Randbedingungen 3. Art hatte das Ziel, eine eventuell von der oberirdischen Wasserscheide abweichende Lage der unterirdischen Wasserscheide nachweisen zu können.

Die Simulation für die Zeitreihe 1980-2000 mit dem Modell PART2000 zeigte, dass sich am westlichen Rand keine zeitkonstante Randbedingung definieren ließ. Daraus folgt, dass das Modell beide Tagebaue mit ihren inneren Randbedingungen erfassen und diese als äußere Randbedingungen abbilden musste. Für die nördlichen, östlichen und südlichen Begrenzungen des Modells konnte nachgewiesen werden, dass die unterirdischen Wasserscheiden sich im Laufe der Modellierungszeit nur unwesentlich von den oberirdischen Wasserscheiden unterscheiden, das hier abzubildende Modell demnach am Verlauf der oberirdischen Wasserscheiden begrenzt werden kann.

Gemäß der Definition einer Wasserscheide, dass am Kolmationspunkt der Grundwasseroberfläche das Grundwassergefälle 0 ist und damit kein Fluss in beide Richtungen erfolgt, wurden hier die äußeren Randbedingungen als 2. Art mit $Q = 0$ definiert. Das ist im Programm PCGEOFIM für nicht definierte äußere Randbedingungen Standard, so dass diese Elemente (Randelemente des Strömungsfeldes) in den Randbedingungsdateien partrast.dbf und partrabe.dbf nicht erscheinen.

Die Anlage 1 zeigt die Lage der oberirdischen Wasserscheiden (grüne Linien) und die als äußerer Modellrand definierte Grenze (schwarze Linie). Am südlichen Modellrand, im Bereich des Hainichen- Otterwischer Grauwackenrückens, wurde der Modellrand abweichend vom Verlauf der oberirdischen Wasserscheide am Verlauf der unterirdischen Wasserscheide definiert. Dieses Gebiet gehört nicht zum Parthe-Einzugsgebiet: Die sich bildenden Wässer fließen der Gösel zu und damit nach Westen ab. Im gesamten westlichen Bereich des Modellgebietes wurde die Abgrenzung des Modellgebietes nicht entlang der Wasserscheiden gewählt. Ausschlaggebend war hier die Abbildung der bergbaulichen Randbedingungen, also der Grundwasserabsenkungsmaßnahmen in den Jahren bis ca. 2000 und dem sich anschließenden Grundwasserwiederanstieg.

Im Norden und Osten sind Modellgrenzen und oberirdische Einzugsgebietsgrenzen nahezu identisch. Einige Gebiete in denen prätertiäre Schichten oberflächennah anstehen sind weiß markiert, d. h. es gibt in diesem Bereich keinen abbildbaren Grundwasserleiter. Zur Berechnung und Einbeziehung des oberirdischen Abflusses in das Modell ist die Modellgrenze trotzdem auf die oberirdische Wasserscheide gelegt worden.

In der Anlage 2 ist die Mächtigkeit der Aerationzone dargestellt. Sie wurde dem Entwickler des Bodenwasserhaushaltsmodells als Shape-File übergeben.

2.2 Aktualisierung des Parametermodells

Das Parametermodell beschreibt die Geometrie des Aquifer, die im Untergrund angetroffenen hydrogeologischen Verhältnisse, die Geometrie der Stand- und Fließgewässer und ihre hydraulischen Kennwerte in modelladäquat aufbereiteter Form.

2.2.1 Beschreibung des Bearbeitungsgebietes

Die Grenzen des Bearbeitungsgebietes wurden durch das ober- und unterirdische Einzugsgebiet der Parthe bestimmt. Die Parthequelle liegt im Colditzer Forst im Revier Glasten, ca. 2,6 km südöstlich der Ortslage Glasten. Die Parthe fließt nach Austritt aus dem Gößnitz-Geithainer Hügelland in nordwestlicher Richtung in die Leipziger Tieflandsbucht. Hier hat sie sich in den Hauptgrundwasserleiter, die saaleiszeitlichen Muldeschotter eingeschnitten. Im Norden, im Bereich der Tauchaer Endmoränenplatte mit den Sander- und Prätertiärkuppen, biegt der Flusslauf bei Seegeritz nach Südwesten ab und fließt der Weißen Elster zu. Die Grenze des Bearbeitungsgebietes befindet sich am östlichen Rand der engeren Bebauung des Stadtgebietes von Leipzig, flussabwärts ca. 1 km südlich des Pegels Thekla. Die Parthe mündet nach 58,3 km im Stadtgebiet von Leipzig, östlich der Kläranlage Rosental in die Weiße Elster.

Der Lauf der Parthe wurde seit Mitte des 19. Jahrhunderts in mehreren Etappen reguliert:

- in den sechziger Jahren des 19. Jahrhunderts zwischen Naunhof und Dewitz
- 1926-1927 zwischen Plöszitz und Taucha
- 1934 von Taucha bis Thekla.

Im Stadtgebiet von Leipzig ist der natürliche Lauf der Parthe fast vollständig eingedämmt bzw. kanalisiert (FRITZ, 1998).

2.2.2 Geologische Übersicht

Im Nord- und Südraum von Leipzig werden die tertiären Grundwasserleiter unterschiedlich bezeichnet. In der Tabelle 1 sind die Grundwasserbezeichnungen mit der Korrelation des Nord- und Südraumes in Beziehung zu den Modellgrundwasserleitern aufgezeigt.

In der Bearbeitung HAFERKORN et al. (1994) wurde bereits ausführlich auf die geologischen Verhältnisse im Parthegebiet eingegangen. Nachfolgend wird ein kurzer Auszug aus diesem Bericht gegeben.

Das Bearbeitungsgebiet befindet sich am östlichen Rand des Weißelsterbeckens und greift im Südosten auf den mittelsächsischen Vulkanitkomplex über. Vom Jura bis zum Tertiär bestimmten starke tektonische Bewegungen die Lagerungsverhältnisse. Diese Bewegungen sind auf die saxonische Gebirgsbildungsphase zurückzuführen. In diesem Zusammenhang stellt die herzyn streichende Röthaer Störung das wichtigste tektonische Element im Weißelsterbecken dar. Sie trennt das Gebiet in eine nordwestsächsische Hoch- und Tiefscholle. Auf der Hochscholle steht z. T. tiefgründig kaolinisierte Grauwacke und Tonschiefer an. Auf der Tiefscholle lagern über den Permokarbon die Sedimente des Unteren Buntsandstein.

Ein wichtiges prätertiäres Element stellt der Otterwischer Grauwackenrücken dar. Er streicht in SW-NE-Richtung von der Halde Trages über Hainichen nach Otterwisch. Der Grauwackenrücken ist nur durch wenige Bohrungen nachgewiesen. Gravimetrische Messungen zeigen, dass die Hochlagen bei Hainichen und Otterwisch durch einen Sattel getrennt werden (OELSNER, 1958) und (ZENK, 1986). Dieser Sattel befindet im Bereich eines Baches, welcher der Gösel zufließt. Auf Grund der gravimetrischen Ergebnisse wird angenommen, dass im Bereich des Sattels sowohl Sedimente des GWL 1.6 als auch des Thierbacher Flusses abgelagert worden sind.

Das Tertiär besteht aus drei Sedimentkomplexen, die lithologisch jeweils eine Einheit bilden. Den ältesten eozänen Komplex bilden im Bearbeitungsgebiet die Bornaer Schichten mit den bergbaulich genutzten Flözen II und III. In diesem Komplex wurden die fluviatilen sog. Schwemmfächersedimente GWL 5, GWL 4 und GWL 3 sedimentiert. Nach der Bildung von Flöz IV drang während des Mitteloligozäns das Meer nach Süden vor und es verzahnten sich die Schwemmfächersedimente mit marinen Ablagerungen (GWL 2.7, GWL 2.6, GWL 2.5). Die Basis der sog. Böhlener Schichten bilden die braunen und grauen schluffigen Fein- und Mittelsande der GWL 2.7 und GWL 2.6. Sie sind durch Flöz Y bzw. dessen faziellen Vertreter getrennt. Darüber lagert Muschelschluff und der Muschelsand (GWL 2.5). Die Gesamtmächtigkeit der Böhlener Schichten beträgt durchschnittlich 10-20 m. Der Muschelschluff und -sand zeigt fließende Übergänge von feinsandigen Schluff und schluffigen Feinsand. Die Böhlener Schichten (GWL 2.5, GWL 2.6, GWL 2.7) wurden bei der Überarbeitung mit den Bitterfelder Glimmersanden mit dem GWL 5.0 korreliert.

Diese Böhlener Schichten sind im östlichen Teil des Bearbeitungsgebietes durch den von Süden kommenden Thierbacher Fluss fast vollständig erodiert worden. Die Aufschotterung des ca. 4 km bis 5 km breiten und ca. 30 m bis 50 m tiefen Tales erfolgte in mehreren Phasen durch die Sedimente der Oberholzfolge (OH) und der Thierbacher Schichten. Die Thierbacher Schichten gliedern sich in ca. 3 kiesig-sandige GWL 2.4 (tu), GWL 2.3 (tm) und GWL 2.2 (to) und zwei tonig-schluffige Horizonte. Am Erosionshang sind die Böhlener mit den Thierbacher Schichten hydraulisch verbunden. Den Abschluss der tertiären Sedimentation bilden der Bitterfelder Flözkomplex mit dem GWL 3.2 zwischen den Flözen BiO I und BiO II und die Bitterfelder Decktonfolge mit dem GWL 2.2. (Der GWL 2.1 wurde bei der Bearbeitung nicht berücksichtigt.)

Im westlichen Bereich des HGMN[®]1 lagert der GWL 3.2 direkt auf dem GWL 5.0. Hier wurde der GWL 3.2 mit den Thierbacher Schichten korreliert. Im nordöstlichen Bereich sind in dem Bitterfelder Flözkomplex bzw. in der Decktonfolge der GWL 3.2 und der GWL 2.2 ausgebildet.

Die ältesten quartären Sedimente sind die pleistozänen und frühelstereiszeitlichen fluviatilen Sande und Kiese des Großpösnaer Flusses und der Wyhra. Die Terrasse der Wyhra streicht etwa S-N und vereinigt sich zwischen Pötzschau und Oelzschau mit der SE-NW-streichenden Großpösnaer Schotterterrasse. Im Bereich der Espenhainer Rinne sind diese Schotter erodiert. Hydraulische Verbindungen bestehen zu den Böhlener und Thierbacher Schichten und dem GWL 1.6. An den Randbereichen der frühelstereiszeitlichen Terrasse wurden lokal pleistozäne Schotter (Menap, Eboron) nachgewiesen. In die elstereiszeitliche Grundmoräne sind glazifluviatile Nachschüttbildungen, die Sande und Schluffe der Wachauer Folge (GWL 1.7) eingelagert. Das Verbreitungsgebiet erstreckt sich von Markkleeberg, Wachau und Liebertwolkwitz bis Belgershain. Die

¹ HGMN[®] ist ein eingetragenes Warenzeichen der Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH

Mächtigkeit liegt zwischen 2 m bis 11 m. Südlich Liebertwolkwitz wurden hydraulische Verbindungen zu dem GWL 1.6 nachgewiesen.

Mit dem Rückzug des Elstereises wurden die spätelstereiszeitlichen Rinnen aufgeschottert. Im Bearbeitungsgebiet befinden sich die Espenhainer, die Naunhofer und die Merkwitz-Jesewitzer Rinne. Die Rinnen sind hydraulisch mit den GWL 1.0/1.1, GWL 1.5, GWL 1.7, GWL 1.8 und den tertiären Sanden verbunden.

Zu Beginn der Saaleeiszeit kam es zur Sedimentation der mächtigen Hauptterrassen (GWL 1.5). Im Bearbeitungsgebiet ist die Hauptterrasse der Mulde (sog. Leipziger und Markkleeberger Muldelauf) die wichtigste hydrogeologische Struktur. Die Leipziger Mulde hat sich zwischen Großbothen bis Großbardau in die porphyrischen Gesteine des Vulkanitbeckens eingeschnitten. Nach Austritt des Flusses aus den Vulkanitbecken öffnet sich das Tal trichterförmig von 200-500 m auf 10 km bei Taucha. Die Mächtigkeit der Schotter beträgt ca. 10-20 m. Die Muldeschotter wurden in zahlreichen Kiesgruben abgebaut. Die Schotter der Markkleeberger Mulde haben hauptsächlich die Espenhainer Rinne gefüllt. In diese Schotter hat sich die frühsaaleiszeitliche Gösel eingeschnitten und eine Terrasse aufgeschottert.

Außer in den Bereichen der holozänen bis weichseleiszeitlichen Flussläufe ist der saaleiszeitliche Geschiebemergel ausgebildet. Die Mächtigkeit beträgt im Bereich von Naunhof ca. 1 m und im Raum Leipzig ca. 20 m. Zwischen der Saale-1- und der Saale-2-Grundmoräne sind die Schmelzwassersande des GWL 1.4 eingelagert. Ein Hauptverbreitungsgebiet des GWL 1.4, die sog. Pomßener Schotter, befindet sich südlich von Belgershain und Pomßen und reicht bis zum Südrand der Porphyrkuppen, nordwestlich von Grimma.

Durch rezente Flüsse und Bäche wurden die holozänen und weichseleiszeitlichen Schotter abgelagert. Oberflächlich ist der Geschiebemergel im Allgemeinen mit Löss bedeckt. In den Talauen wurde Auelehm abgelagert.

2.2.3 Aktualisierung Modell PART

Grundlagen: Die Grundlage der Überarbeitung bilden die 1994 erarbeiteten Parameterdaten des Parthemodells. Das Modellgebiet liegt innerhalb der Gauß-Krüger-Bessel-Koordinaten

- Rechtswert: 4527500-4551500
- Hochwert: 5669000-5702000.

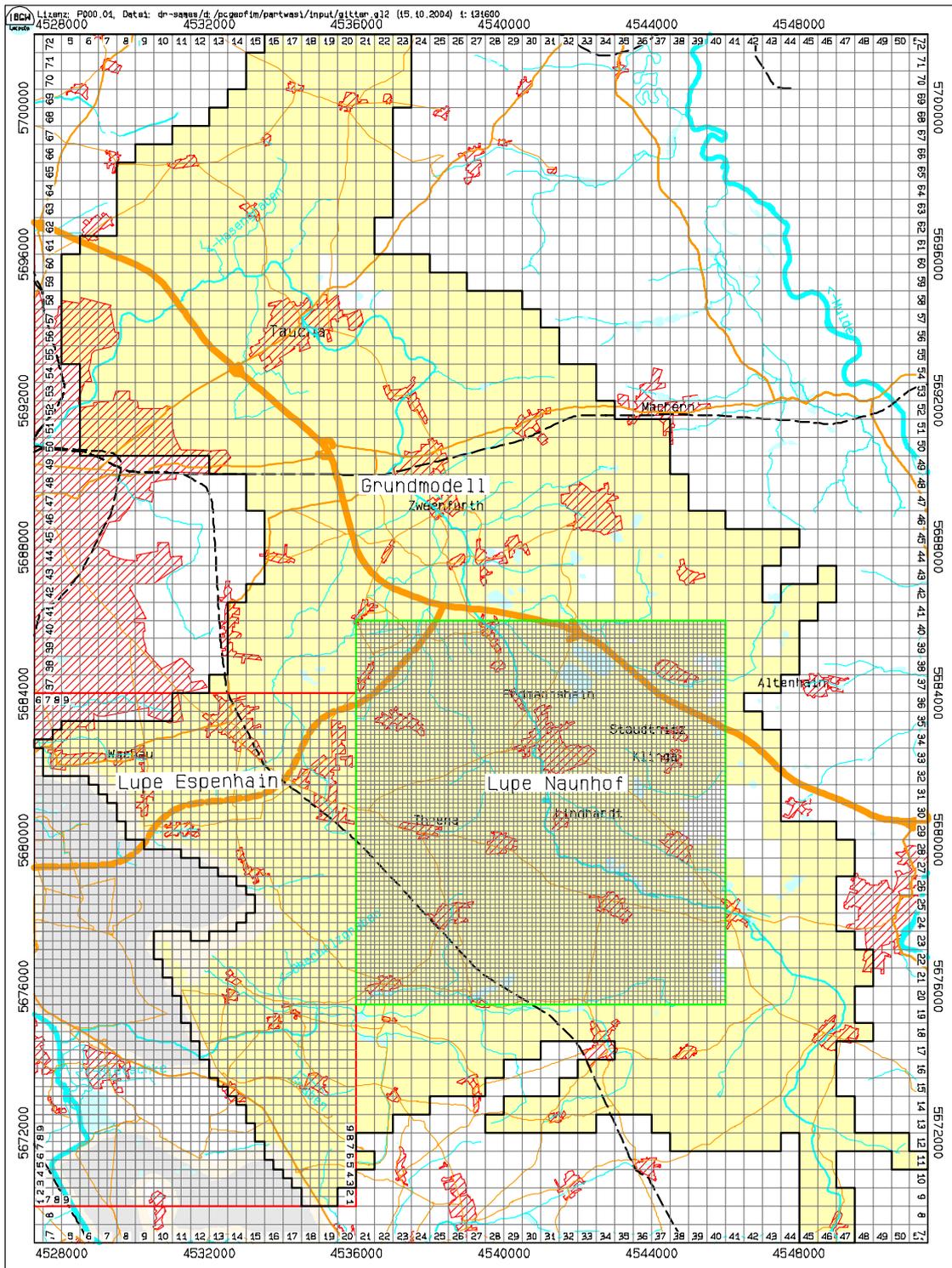


Abb. 1: Ausdehnung und Diskretisierung des Modells PART2004

Entsprechend dem unter- bzw. überirdischen Einzugsgebiet der Parthe verlaufen die Bearbeitungsgrenzen innerhalb des o. g. Gebietes.

Das Grundmodell ist in 500 m*500 m diskretisiert und wird durch die Lupen Espenhain (250 m x 250 m) und Naunhof (125 m x 125 m) verfeinert. Die Lupe Espenhain liegt im Einfluss der Tagebaue Espenhain und Witznitz, die Lupe Naunhof befindet sich im Einflussbereich des Wasserwerkes Naunhof.

In dem Bearbeitungsgebiet werden sechs Modellgrundwasserleiter ausgehalten, die das geologische Modell über dem Flöz IV widerspiegeln. In der nachfolgenden Tabelle ist die Belegung der Modellgrundwasserleiter dargestellt.

Tab. 1: Zusammenstellung der Zuordnung der Modellgrundwasserleiter zu den Grundwasserleitern

Modellgrundwasserleiter	Grundwasserleiter		
	Südraum	Nordraum	
	Westteil	Nordteil	
1	Stauer	Stauer	
2	1.1, 1.4	1.1, 1.4	
3	1.5, 1.6, 1.7	1.5, 1.6, 1.7	
4	1.8, 2.2 (to), 2.5	3.2 (äquivalent den Thierbacher Schichten)	2.2 (Decktonfolge)
5	2.3 (tm), 2.6	5.0	3.2 (im Bitterfelder Flözkomplex)
6	2.4 (tu), 2.7	5.0	5.0

Der Stauer beschreibt den über dem obersten Grundwasserleiter bis zur Erdoberfläche angetroffenen Raum und ermöglicht eine zusätzliche Speicherung von Grundwasserneubildung, wenn der oberste Grundwasserleiter einen gespannten Spiegel aufweist.

Die Überarbeitung erfolgte in zwei Schritten:

- Aktualisierung des informationsadäquaten Modells durch Kontrolle des Bohrbestandes und Vergleich der vorhandenen Bohrrisse mit den Bohrdaten des LfUG und Überarbeitung der geologischen Unterlagen
- Aktualisierung des verarbeitungsadäquaten Modells durch Übernahme der neuen Erkenntnisse in die Parameterdateien partpar0.dbf (Grundmodell), partpar1.dbf (Lupe Espenhain) und partpar2.dbf (Lupe Nauhof).

Kontrolle der Bohrdatei: Auf der Basis der Stammdatendatei FISHYDRO des LfUG wurden Bohrkarten angefertigt und mit den Bohrkarten des IBGW verglichen. In der Datei wurden die fehlenden Bohrungen gekennzeichnet und mit der Bitte um Zusendung der dazugehörigen Schichtsätze an das LfUG zurückgesandt. Die vollständigen Datensätze lagen am 06.08.2004 vor. Mit Hilfe der Bohrungen, die nach 1994 abgeteuft worden waren, wurden die vorliegenden Verbreitungskarten überprüft und gegebenenfalls korrigiert.

Überarbeitung der Modelldaten: Es wurden die Parameterdateien partpar0.dbf, partpar1.dbf und partpar2.dbf aus dem Jahre 1994 überprüft und korrigiert. Auf der Basis dieser Dateien wurden ASCII-Pläne erstellt, welche die Grundlage der Kontrollen darstellten. Die Abb. 2 zeigt einen Ausschnitt aus einem ASCII-Plan, der die GWL-Bezeichnung, die Elementunterkanten, die Mächtigkeiten und den kf-Wert zusammen mit einer Topographie maßstabsgerecht zeigt. Es ist so möglich, die in den Parameterdateien abgelegten Daten mit den Verbreitungskarten der Grundwasserleiter mit Liegendlinien des IBGW, den Unterlagen des HGMS® (HAFERKORN et al. (1999)) bzw. HGMN®2 (CERANSKI et al. (2003)) und den Lithofazieskarten Quartär zu überprüfen.

Allgemeine Angaben: Das Bearbeitungsgebiet überstreicht die Grenze zwischen dem Hydrogeologischen Großraummodell Nord und Süd. Die Grenze der beiden Modelle verläuft auf der Koordinate 5689000. Zur Vereinfachung der GWL-Bezeichnungen wurde festgelegt, dass die Bezeichnung der Grundwasserleiter entsprechend dem HGMS® und HGMN® beibehalten bleibt (siehe Tab. 1). In dem Grenzbereich wurden die Grundwasserleiterbezeichnungen den kartographischen und geologischen Gegebenheiten untergeordnet. Sie verläuft somit nicht genau Ost-West. In Tab. 2 sind die Durchlässigkeitsbeiwerte im Bereich des Parthegebietes dargestellt.

² HGMS® ist ein eingetragenes Warenzeichen der Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH

KliWEP Teil 2 – Aktualisierung des Parthemodells

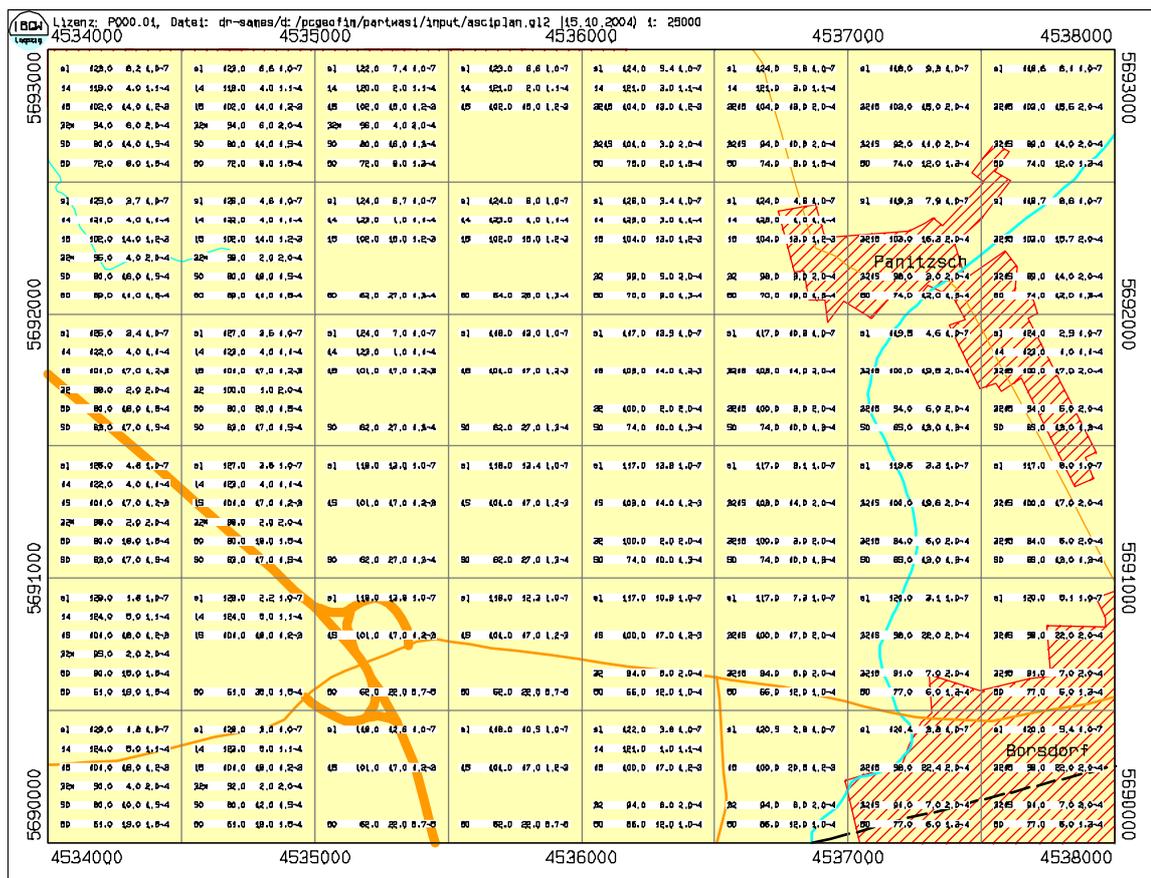


Abb. 2 Ausschnitt ASCII-Plan mit den Angaben GWL, Unterkannte, Mächtigkeit und k_f -Wert

Tab. 2: Zusammenstellung der k_f -Werte

GWL	Grundmodell		Lupe Espenhain		Lupe Naunhof	
	Ø	Elemente	Ø	Elemente	Ø	Elemente
1.1	7.1-4	18	7.1-4	6	1.1-4	2
1.4	1.1-4	484	1.1-4	353	1.1-4	2.328
1.5	1.1-3	365	7.4-4	8	1.1-3	2.669
1.6	5.2-4	210	6.3-4	454	5.1-4	535
1.7	1.3-4	32	1.3-4	142	1.3-4	675
1.8	6.7-4	11	6.7-4	122	6.7-4	510
2.2Nord	1.6-4	135				
3.2Nord	1.9-4	184				
OH	2.6-4	26	2.7-4	100	2.7-4	25
2.2/to	1.6-4	18	1.7-4	67	1.6-4	253
2.3/tm	1.2-4	54	1.2-4	220	1.2-4	2.271
2.4/tu	5.1-4	40	5.1-4	150	5.1-4	1.637
2.5	5.2-5	8	4.0-6	163	4.0-4	471
2.6	7.1-5	146	3.5-5	728	5.4-4	1.285
2.7	9.1-5	120	4.3-5	844	1.3-4	1.209

Im Bereich der Koordinaten

- Rechtswert: 4526000-4552000
- Hochwert: 5689000-5702000

wurden die Grunddaten dem HGMN® entnommen. Eine geologische Bearbeitung durch das IBGW lag vom Nordraum nur bis nördlich der Koordinate 5692 vor. Der Bereich zwischen 5690 und 5692 (Blatt Leipzig-N/Taucha) war bisher durch das IBGW nicht bearbeitet. In diesem Bereich wurden die Modelldaten auf der Grundlage der Bearbeitung HGMN 1989, der Lithofazieskarte und den vom LfUG zugesandten Bohrungen überarbeitet. Die Korrelation des Nord- und Südraummodells erwies sich als schwierig, da sich die Schichtenfolge des Thierbacher Flusses auf Grund des marinen Einflusses nicht eindeutig in Richtung Norden verfolgen lässt. Für den Südraum lagen zum Teil vollständig überarbeitete Blätter, wie Holzhausen, Liebertwolkwitz (1998) vor. Der Bereich des Modellgebietes auf Blatt Bad Lausick-Ost wurde geologisch neu bearbeitet.

Grundlegende Änderungen: Der Bereich des HGMN® wurde in einen nordöstlichen und westlichen Teil getrennt. Die Trennung der beiden Teile verläuft ungefähr von Seehausen nach Merkwitz bis Taucha. Im westlichen Bereich des HGMN® war dem MGWL 6 der GWL 6.2 und der GWL 5.0 zugeordnet worden. Der GWL 6.2 ist durch Rupelton von dem GWL 5.0 getrennt. In diesen Elementen war die Basis des GWL 5.0 in den MGWL 5 eingeordnet worden. Da der GWL 6.2 nur in 13 von 123 finiten Volumina hydraulisch verbunden war, wurde zur Vereinfachung im Rahmen der Überarbeitung der GWL 6.2 gestrichen und die Basis des GWL 5.0 dem MGWL 6 zugeordnet und der GWL 5.0 auf die MGWL 6 und MGWL 5 aufgeteilt. Im Bereich südlich Seehausen steht direkt über dem GWL 5.0 der GWL 3.2 an. Er ist in der Datei als GWL 3.2* gekennzeichnet. Der GWL 3.2* wurde hier mit den vom Süden kommenden Thierbacher Schichten korreliert und dem MGWL 4 zugeordnet. Im südlich anschließenden Gebiet (HGMS®) auf dem Blatt Holzhausen wurde diese Schicht als 2523 bezeichnet. Im nordöstlichen Teil stehen die Bitterfelder Decktonfolge mit dem GWL 2.2 (MGWL 4), der GWL 3.2 (MGWL 5) und der GWL 5.0 (MGWL 6) an. Getrennt werden diese beiden Teile durch einen Bereich in dem die Decktonfolge bzw. der Bitterfelde Flözkomplex nicht ausgebildet ist.

Die Blätter Naunhof und Espenhain wurden auf Grund neuer Bohrungen überarbeitet. Wegen des Nachweises von Feuerstein wurde der bisher ausgehaltene GWL 2.5 in GWL 1.6 umgestuft. Auf Blatt Liebertwolkwitz liegen die GWL 1.6 und GWL 1.7 durch Geschiebemergel getrennt übereinander. Hier wurde festgelegt, dass der GWL 1.6 die Priorität hat und dem MGWL 3 zugeordnet wird. Der GWL 1.7 wird nur außerhalb des Verbreitungsgebietes des GWL 1.6 in das Modell aufgenommen. Da die beiden GWL nicht gekoppelt sind, erfolgte die Trennung über Fehlstellen.

Der GWL 1.4 tritt häufig lokal auf. Wenn der GWL 1.4 nur durch eine Bohrung belegt ist, wurde der MGWL 2 in diesem Element gestrichen. Andererseits wurden kleinere Flächen entsprechend dem vorhandenen Bohrbestand zu größeren Flächen zusammengefügt.

Auf den Blättern Naunhof, Pausitz und Beiersdorf steht an der östlichen Verbreitungsgrenze der saaleiszeitlichen Muldeschotter der GWL 1.4 am Hang an. Dieser GWL ist nur in einigen Elementen mit dem GWL 1.5 hydraulisch verbunden. Um hier eine Speisung des GWL 1.5 durch den GWL 1.4 zu erreichen, wurde ein Stauer als m2 mit einem kf-Wert von 10-8 eingefügt.

Wenn ein GWL lokal nicht ausgebildet war, wurde zu der Bezeichnung des entsprechenden GWL die Bezeichnung des faziellen Vertreters bzw. der in Bohrung anstehenden Schicht, wie Schluff = su (kf = 10-6), Ton = t (kf = 10-9) oder Geschiebemergel/-lehm = em (kf = 10-8) hinzugefügt, z. B. 16em. Lokal anstehendes Prätertiär wird als Fehlstelle ausgewiesen.

Wenn der GWL 1.6/1.5 nicht getrennt werden konnte, wurde er nur mit der Mächtigkeit m1 belegt. Als kf-Wert wurde 6.10-4 eingefügt. Die Lithofazieskarten Quartär weisen im Bereich der Parthe keinen Geschiebemergel auf. In den Elementen der Parthe wurde der GWL 1.5 mit dem GWL 1.1 bzw. GWL 1.4 gekoppelt.

2.3 Aktualisierung des Signalmodells

Das Signalmodell beschreibt alle inneren und äußeren Randbedingungen entweder zeitkonstant oder zeitabhängig. Auch die Grundwasserneubildung gehört zum Signalmodell. Abgelegt sind diese Informationen in der Randstamm- und der Randbewegungsdatenbank.

2.3.1 Aktualisierung der Randbedingungen

In der Anlage 1 sind die Lage und die Art der Randbedingungen graphisch dargestellt. Randbedingungen 1. Art beschreiben den Zufluss am Nord- und an Teilen des Südrandes des Modells. Randbedingungen 2. Art werden eingesetzt, um die Förderung der Wasserwerke zu simulieren. Mit Hilfe von Randbedingungen 3. Art werden Fließgewässer simuliert, die nicht zum Einzugsgebiet der Parthe gehören. Alle zum Einzugsgebiet gehörenden Bäche und Flüsse werden als gekoppelte Randbedingung 3. Art - Fließgewässer vorgegeben. Die im Modellgebiet befindlichen größeren Kiesseen und die Tagebauseen Markkleeberg, Störmthal, Haubitz und der Hainer See werden als gekoppelte Randbedingung 3. Art - Standgewässer simuliert. Es muss noch darauf hingewiesen werden, dass am Rand des Modellgebietes vom Simulationsprogramm PCGEOFIM automatisch eine Randbedingung 2. Art mit $Q = 0$ angenommen wird. Dies betrifft insbesondere die Wasserscheide zwischen Parthe und Mulde.

Insgesamt 24 Randbedingungen 1. Art sind im Parthe-Modell vorhanden (siehe Tab. 3). Sie nehmen Hangausflüsse auf, die nicht zu den Fließgewässern gelangen bzw. realisieren die Wasserscheide bei Hohenheida.

Tab. 3: Randbedingungen 1. Art

Name RB	Bedeutung	Name RB	Bedeutung
a05-a16	Hangausflüsse 1.4	lop (7 RB)	Wasserscheide bei Hohenheida
h31-h36	Hangausflüsse 1.4		

In Tab. 4 sind alle Wasserwerke aufgeführt. Die Abb. 3 und die Abb. 4 zeigen die Förderung der Wasserwerke Naunhof 1 und Naunhof 2 für den Zeitraum 1980-2004.

Tab. 4: Wasserwerke im Modellgebiet

Name RB	Wasserwerk	Name RB	Wasserwerk
wta	Taucha	wbh	Belgershain
we1	Engelsdorf 1	wgr	Großsteinberg
we2	Engelsdorf 2	wg1	Grimma 1
we3	Engelsdorf 3	wpd	Paunsdorf
wpa	Panitzsch	wbe	Beucha
wbo	Borsdorf	wro	Rohrbach
wbr	Brandis	wn1	Naunhof 1
wse	Seifertshain	wn2	Naunhof 2
wam	Ammelshain		

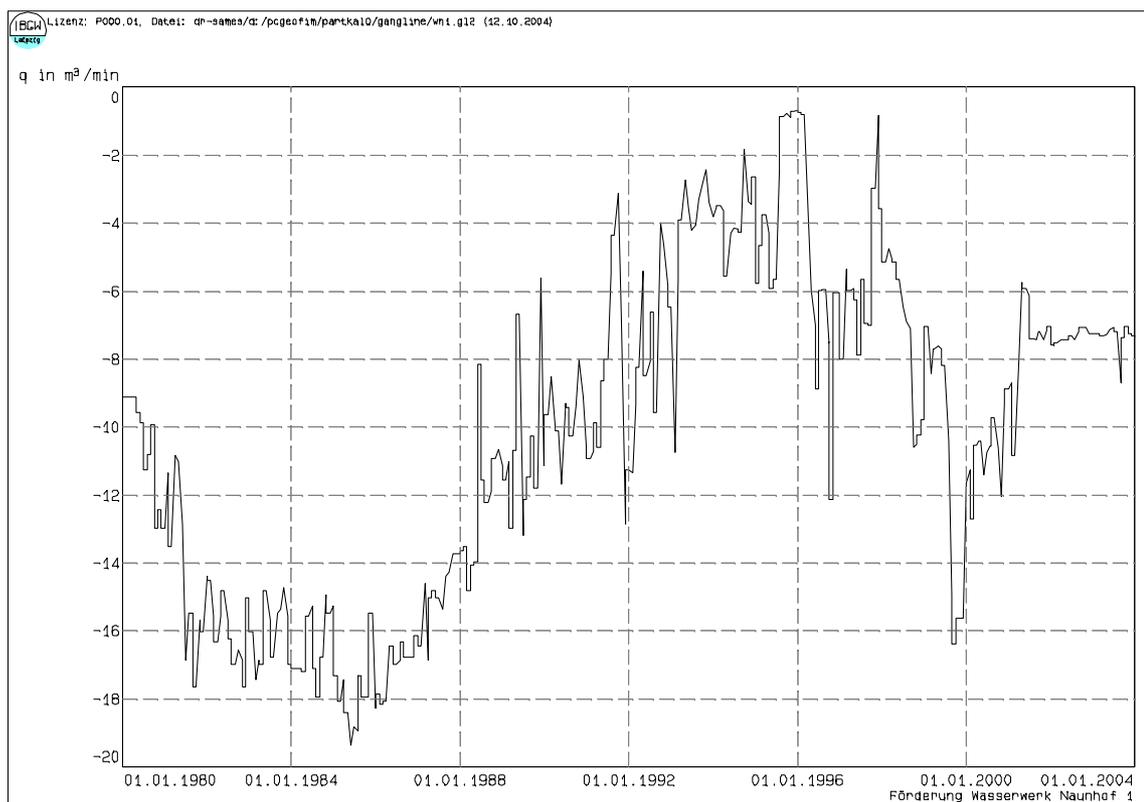


Abb. 3: Förderung Wasserwerk Naunhof 1



Abb. 4: Förderung Wasserwerk Naunhof 2

Als Randbedingungen 3. Art werden alle Fließgewässer außerhalb des Einzugsgebietes der Parthe und kleiner Standgewässer vorgegeben. In Tab. 5 sind die Namen aufgeführt.

Tab. 5: Fließ- und Standgewässer außerhalb des Einzugsgebietes der Parthe

Name RB	Fließgewässer	Name RB	Fließgewässer
fwt	Weinteichgraben	fht	Graben Halde Trages
fgs	Gösel	fob	Graben am Oberholz
fgz	Graben z. Mühlteich	fgm	Graben Mölbis
frb	Graben b. Rohrbach	fhg	Hanggraben
fbe	Bach bei Belgerhain	fss	Schlumberbach
fgb	Göselbach	smu	
fgz	Graben Güldengossa	smi	
ffi	Fipper	sgt	

In Tab. 6 sind alle Fließgewässer im Einzugsgebiet der Parthe aufgelistet. Die Geometrie (Länge, Breite und Sohle) und die Kolmation der Fließgewässer sind in der Randstammdatendatei partrast.dbf gespeichert. Der Zusammenhang zwischen der Abflussmenge und dem Wasserstand im Fließgewässer wird mit Hilfe von Schlüsselkurven berechnet. Für Gräben und Bäche wurde die Schlüsselkurve nach der bekannten Manning-Strickler-Formel ermittelt. Für die Parthe existieren abschnittsweise gemessene Schlüsselkurven. Gespeichert sind diese Daten in der Datei partschl.dbf. Die Verknüpfung der Fließgewässer wird in der Datei partgwa.dbf beschrieben.

Tab. 6: Fließgewässer im Einzugsgebiet der Parthe

Name RB	Fließgewässer	Name RB	Fließgewässer
fpa	Parthe	fpg	Pös-/Ochsengraben
flw	Leisenauer Wasser	fsk	Schaukelgraben
fbg	Bruchgraben	fkg	Königsgraben
fsn	Schnellbach	flg	Langgraben
fpo	Pomßner Graben	fmk	Markgraben
fgg	Gladegraben	fza	Zauchgraben
ffp	Faule Parthe	fki	Kittelgraben
fkl	Klengelgraben NO	fcu	Cunnersdorfer Graben
fle	Lehnsgraben	flp	Graben Lieme/Pönitz
fsp	Saubach	flo	Lösegraben
fto	Todgraben	fha	Hasengraben
fmi	Mittelgraben	frg	Rüdgengraben
fru	Rutengraben	fst	Staudnitz
fgr	Grenzgraben	fho	Klengelgraben
fth	Threne	fkn	Klingaer Graben
fmg	Mittelgraben/thr	hnn	Hangausfluss (nn-Nummer)

Vier Restseen und fünf Kiesseen werden im Parthe-Modell als Standgewässer modelliert. In Tab. 7 sind die Namen zusammengestellt. Alle Restseen sind h-gesteuert, d. h. es wird die Entwicklung des Wasserstandes vorgegeben. Es wurden für den Zeitraum 1980-2004 die gemessenen Entwicklungen der Wasserstände eingesetzt. Für den Zeitraum 2004-2050 wurden die von der Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH im Modell

HGMS®3 (HAFERKORN et al. (2003)) prognostizierten Wasserstände in die Randbewegungsdatenbank partrabe.dbf übernommen. Die Abb. 5 und die Abb. 6 zeigen diese Entwicklungen.

Tab. 7: Standgewässer

Name RB	Standgewässer	Name RB	Standgewässer
ren	Markkleeberger See	rn1	Kiessee Naunhof 1
res	Störmthaler See	rn2	Kiessee Naunhof 2
rh2	Hainer See	rgs	Großsteinberger See
rhz	Haubitzer See	rkp	See Kleinpösna
		rks	Kleinsteinberger See

Die Kiesseen werden q-gesteuert, wobei keine Zu- bzw. Abflüsse vorgegeben werden. Die Seen sind eingebunden in das Grundwasser und Niederschläge und Verdunstung von der freien Wasseroberfläche bestimmen den Wasserstand.

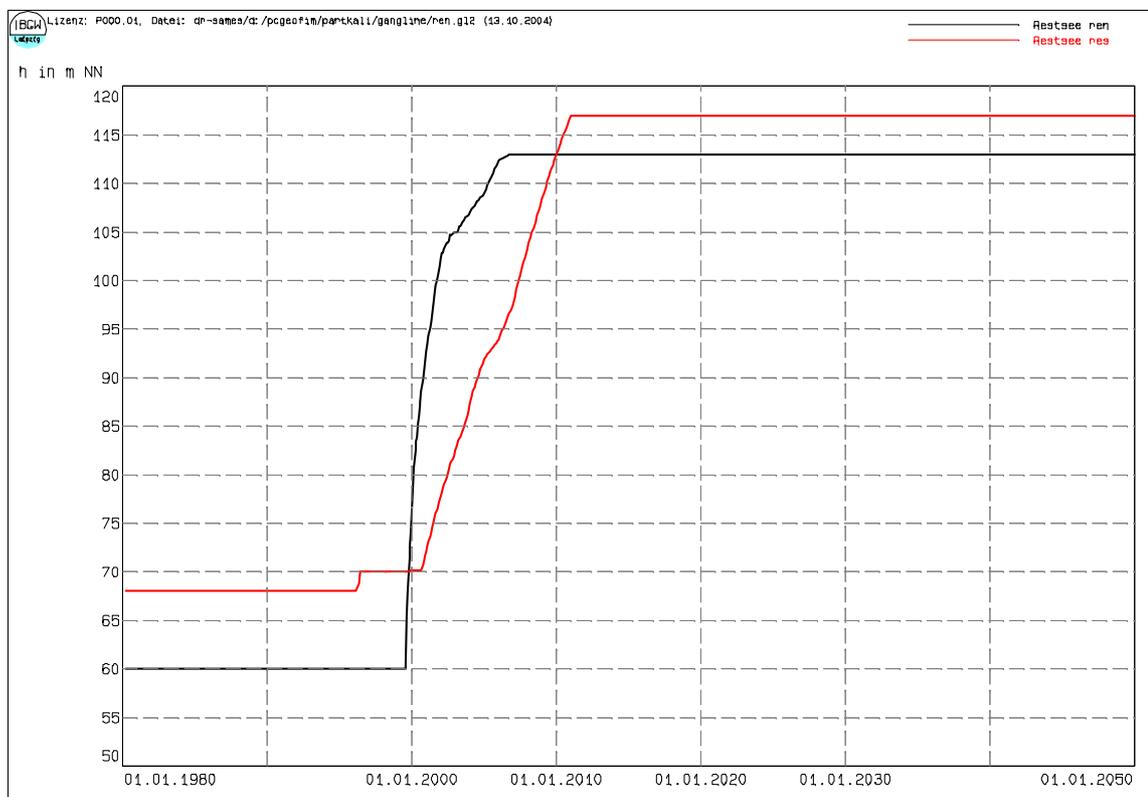


Abb. 5: Wasserstandsentwicklung in den Restseen Markkleeberg und Störmthal

³ HGMS® ist ein eingetragenes Warenzeichen der Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH

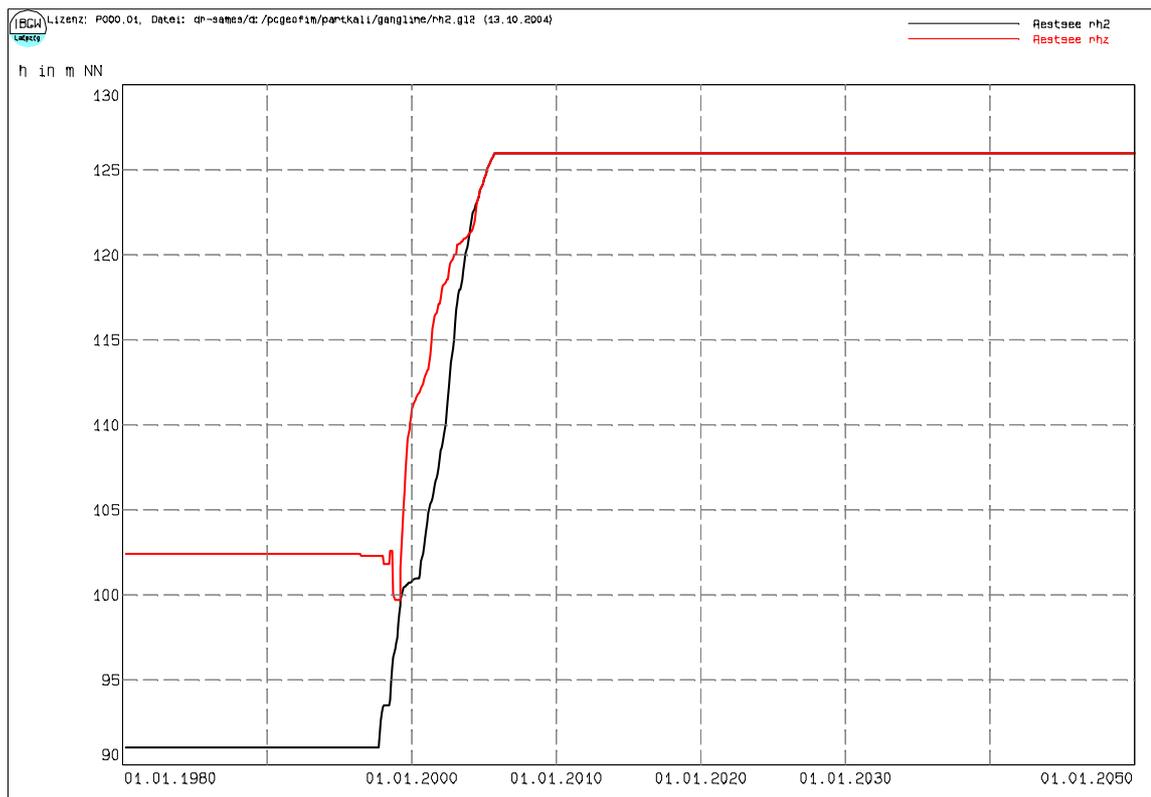


Abb. 6 Wasserstandsentwicklung im Hainer und im Haubitzer Restsee

2.3.2 Aktualisierung der Klima- und der Lysimeterdaten

Zum Signalmodell gehören auch die Klima- und die Lysimeterdaten. Im Programm PCGEOFIM wird im Falle flurnaher Grundwasserstände als Grundwasserneubildung die Differenz korrigierter Niederschlag minus Grasreferenzverdunstung angenommen. Im Bereich "flurnah bis flurfern" erfolgt eine lineare Interpolation zwischen diesem Wert und dem gemessenen Lysimeterwert. Wenn der Grundwasserstand flurfern ist, werden die Lysimeterdaten als GWN interpretiert (siehe Abb. 7).

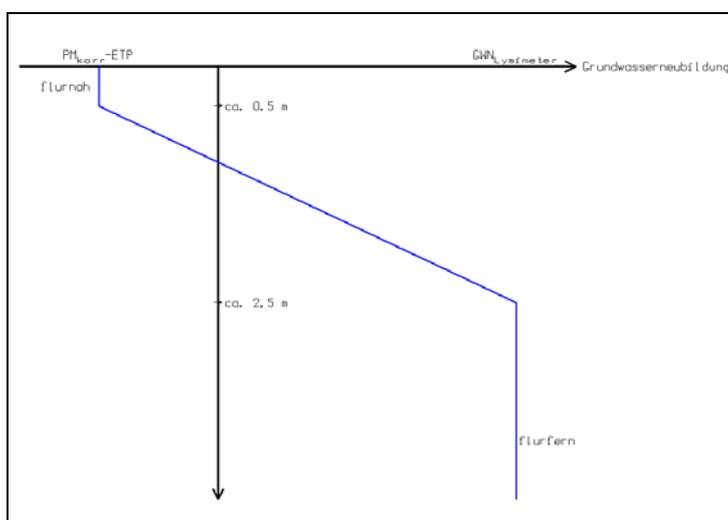


Abb. 7: Zur Bestimmung der GWN aus PM_{korr} , ETP und Lysimeterdaten

Für den Kalibrierungszeitraum 1980-2004 sind in den folgenden beiden Graphiken der korrigierte Niederschlag und die Grasreferenzverdunstung zu sehen. Die Mittelwerte sind mit eingezeichnet:

- PMkorr: 58,7 mm/Mon
- ETP: 52,3 mm/Mon

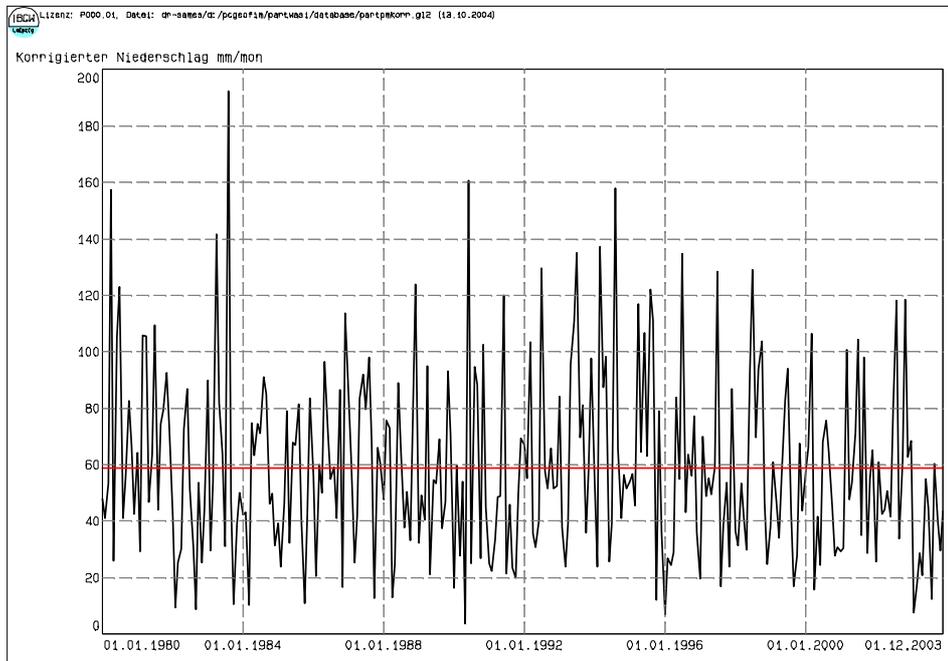


Abb. 8: Korrigierter Niederschlag im Einzugsgebiet der Parthe für den Zeitraum 1980-2004

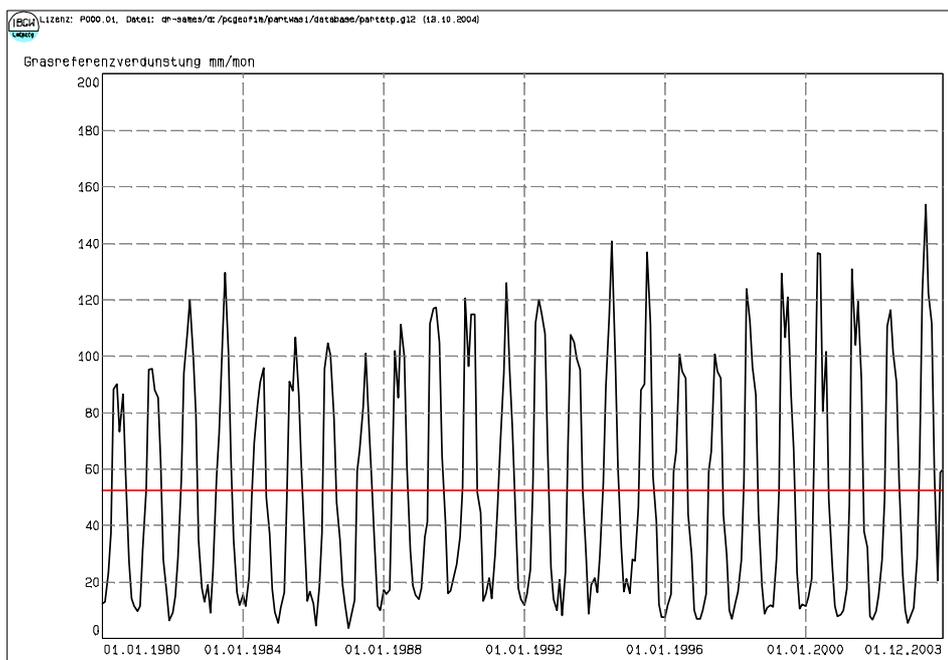


Abb. 9: Grasreferenzverdunstung im Einzugsgebiet der Parthe für den Zeitraum 1980-2004

Für die Ermittlung von Grundwasserneubildungsraten stellen Lysimeter ein geeignetes Werkzeug dar, da hier eine direkte Messung des Wasserhaushaltes möglich ist. Die Lysimeter der Station Brandis scheinen für die

Übertragung der dort gemessenen Grundwasserneubildungsraten auf das Untersuchungsgebiet besonders gut geeignet zu sein, da die Station im Untersuchungsgebiet gelegen ist und die hydrologischen Bedingungen somit problemlos übertragen werden können. Darüber hinaus wurden die Bodenmonolithe der Lysimeter von Standorten mit intensiver Landwirtschaft in den jetzigen Bundesländern Sachsen und Sachsen-Anhalt im „Norddeutschen Tiefland“ gewonnen, welche für das Untersuchungsgebiet repräsentativ sind. Fünf Entnahmorte befinden sich im Einzugsgebiet der Parthe (Sachsen) sowie jeweils ein Entnahmestort im Raum Oschatz (Sachsen), Wittenberg und Halle (Sachsen-Anhalt).

Die 24 wägbaren Lysimeter der Station Brandis wurden in acht Lysimetergruppen (1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11) aufgeteilt, zu denen jeweils drei Lysimeter gleicher Bodenform zusammengefasst wurden. Haferkorn (2000) hat die Lysimeter entsprechend ihrer steigenden Verdunstung und damit abnehmenden Sickerwassermenge in vier so genannte Versickerungstypen (VT: A-D) eingeordnet (siehe Abb. 10). Von den 8 Lysimetergruppen wurden drei (4, 5, 7) ausgewählt, die für das Einzugsgebiet der Parthe besonders repräsentativ erscheinen und entsprechend der vorkommenden Bodenform auf das Untersuchungsgebiet übertragen.

Da sich die Lysimeterböden unterhalb der tiefsten Lage der Wasserscheide befinden ist davon auszugehen, dass die gemessenen Sickerwassermengen den Grundwasserneubildungsraten für grundwasserflurferne Standorte entsprechen.

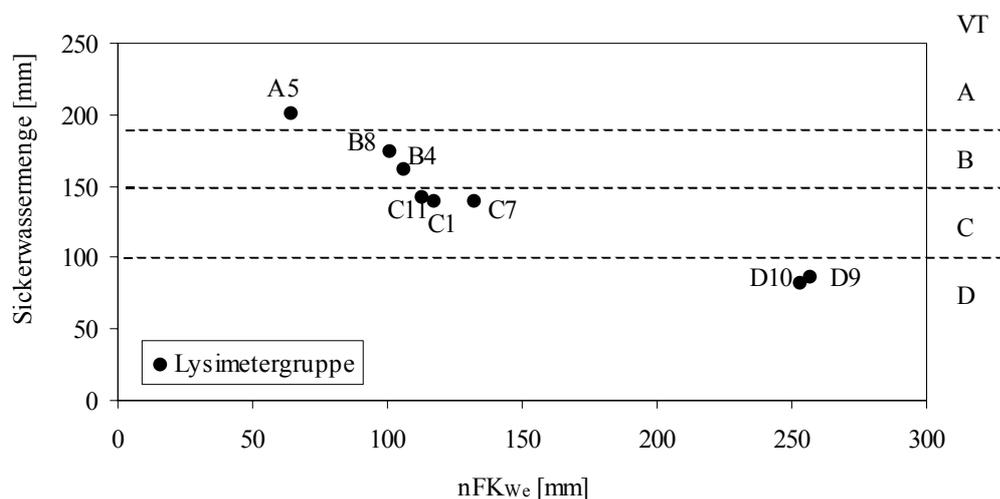


Abb. 10: Mittlere jährliche Sickerwassermenge (1994-2000) der acht Lysimetergruppen in Abhängigkeit von der nutzbaren Feldkapazität in der Wurzelzone (nFK_{WE})

Tab. 8: Charakterisierung der Böden der 8 Lysimetergruppen der Station Brandis¹

LG	Bodenform	[cm] Tiefe	Bodenart	[%]			
				FK	nFK	PWP	Ton
A5	<u>Erodierte Braunerde</u> geringer Entwicklungstiefe aus Sandlöss über kiesführendem Fluvialsand [Brandis, Muldentalkreis]	0-35	Su3/Sl3	25,6	16,8	8,8	8
		35-170	mSgs	8,1	5,9	2,2	2
		170-300	mSfs	17,2	13,2	3,9	4
B4	<u>Braunerde-Fahlerde</u> mittlerer Entwicklungstiefe aus Sandlöss über kiesführendem Fluvialsand [Pomßen, Muldentalkreis]	0-30	Su4/Slu	38,0	26,6	11,4	8
		30-55	Us/Uls	31,4	21,9	9,5	8
		55-120	St2	15,2	9,3	5,9	8
		120-300	mS	12,4	8,3	4,1	1
C7	<u>Braunerde-Pseudogley</u> mittlerer Entwicklungstiefe aus Sandlöss über kiesführendem Moränenlehm [Beucha, Muldentalkreis]	0-35	Slu	34,3	21,6	12,7	10
		35-50	Slu	26,9	18,1	8,8	10
		50-135	Ls4	26,9	12,0	14,9	25
		135-220	Ls3	28,1	12,6	15,5	25
		220-300	mSfs	12,2	9,5	2,7	1

¹nach HA FERKORN (2000)

Es wurde die von DÖRRHÖFFER & JOSOPAIT (1980) entwickelte Methode „... zur flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate“ verwendet, welche sich auf zahlreiche Lysimeteruntersuchungen sowie Messungen in Locker- und Festgesteinseinzugsgebieten gründet. Sie berücksichtigt differenzierte Bodenarten und Nutzungsformen sowie den Grundwasserflurabstand, das Relief sowie die Niederschlagshöhe. Darüber hinaus scheint die Methode geeignet zu sein, Umrechnungen der unter mit Ackerland bewirtschafteten Lysimeter gemessenen Sickerwassermengen auf die Nutzungsformen Forst und Bebauung vorzunehmen. Hierfür wurde die in DÖRRHÖFFER & JOSOPAIT (1980) vorgestellte Beziehung zwischen Bodenart (Korngröße) und Evapotranspiration in Abhängigkeit von der Nutzungsform verwendet (siehe Abb. 11). Diese Beziehung ist anwendbar, da auf den Lysimetern kein Direktabfluss stattfindet und sich damit die Sickerwassermenge umgekehrt proportional zur Evapotranspiration (ET) verhält.

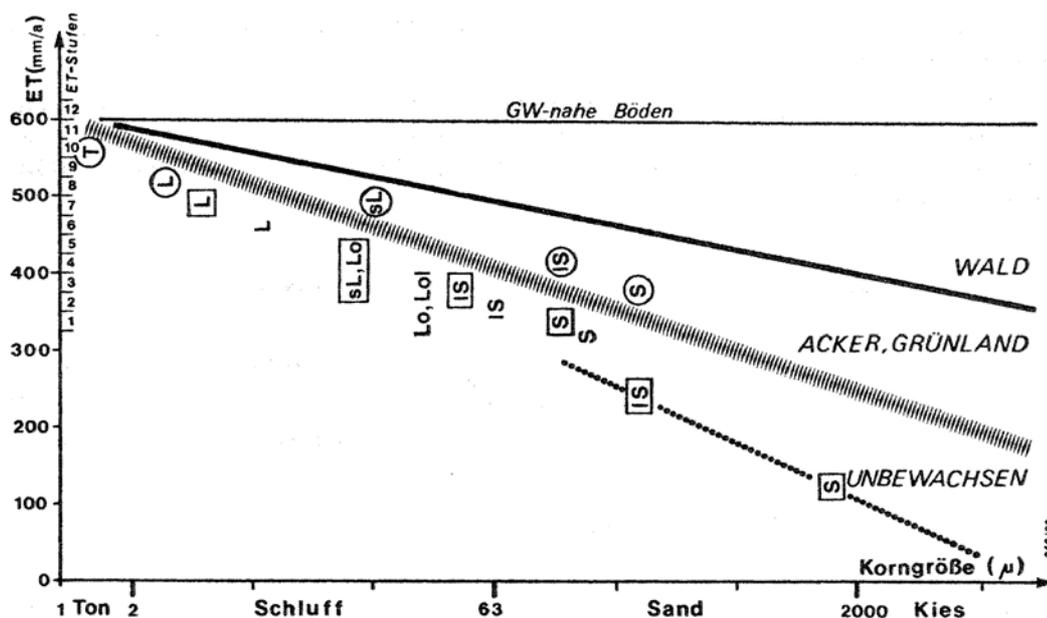


Abb. 11: Beziehung zwischen Verdunstung (ET) und Bodenart (Korngröße) nach Lysimeterergebnissen

So wurde für die drei ausgewählten Lysimetergruppen die vorherrschende Bodenart ermittelt und über das Verhältnis der ET auf Ackerland zur ET auf Forst die monatlich gemessenen Sickerwassermengen umge-

rechnet. Für die Übertragung der unter Ackerland gemessenen Sickerwassermengen auf die Nutzungsform Bebauung wurden die gemessenen Sickerwassermengen entsprechend des Grades der Bebauung (dichtes Wohngebiet 80 %) abgemindert.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass die verwendete Methode von DÖRRHÖFFER & JOSOPAIT (1980) ursprünglich zur rationellen Ermittlung der mittleren jährlichen Grundwasserneubildungsrate konzipiert wurde. Entsprechend sind mit einer Anwendung in monatlicher Diskretisierung Ungenauigkeiten verbunden. Darüber hinaus wird die Unterteilung der Nutzungsformen in Ackerland/Grünland, Forst, unbewachsen sowie verschiedene Grade der Bebauung als kritisch eingestuft. So sind beispielsweise innerhalb der Nutzungsform Ackerland/Grünland in Abhängigkeit von den angebauten Fruchtarten sowie der Erträge erhebliche Unterschiede in der Evapotranspiration und dementsprechend in der Grundwasserneubildungsrate zu erwarten. Es ist dennoch davon auszugehen, dass mit der verwendeten Methode die monatlichen Grundwasserneubildungsraten in Abhängigkeit von Nutzung und Bodenart ihrer Größenordnung nach praktikabel ermittelt wurden. In Abb. 12 ist die Zuordnung der Bodennutzung, der Bodenart und der Lysimetergruppe für jedes finite Volumenelement graphisch dargestellt.

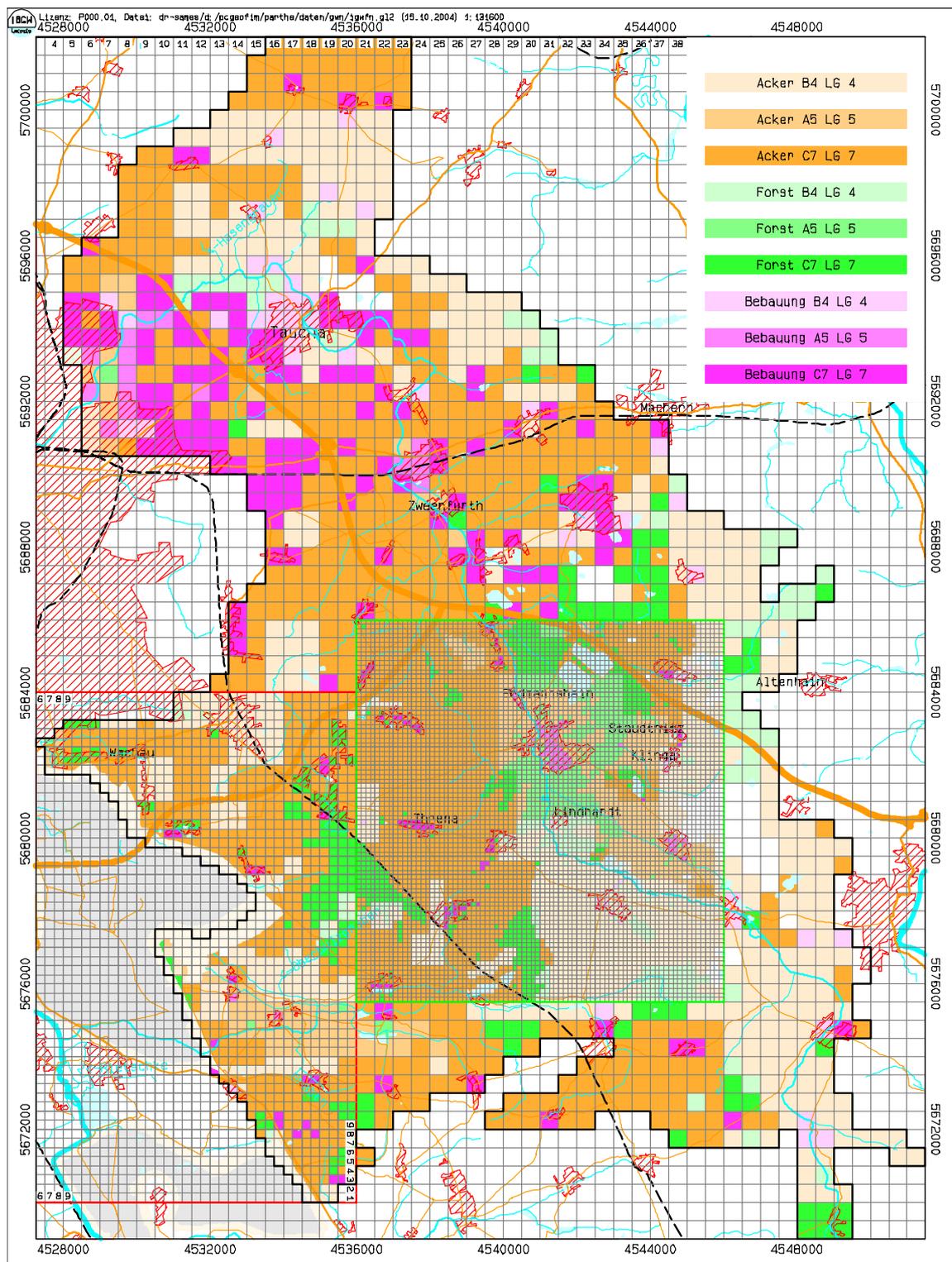


Abb. 12: Zuordnung Bodennutzung, Bodenart und Lysimetergruppe

Beispielhaft zeigt die Abb. 13 die gemessene Grundwasserneubildung für das Lysimeter 4.

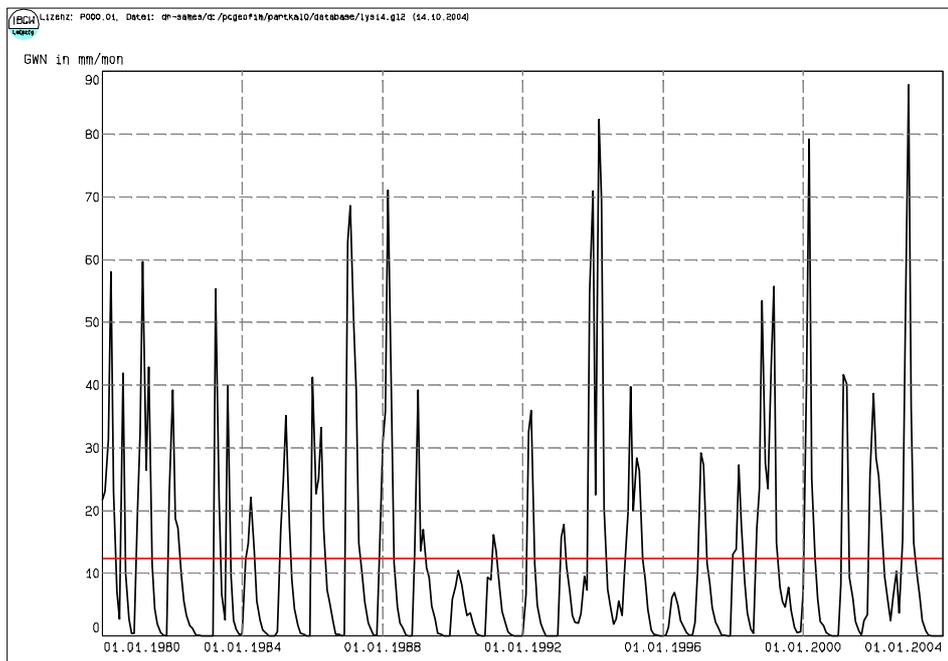


Abb. 13: Grundwasserneubildung Lysimeter 4 in Brandis

Auch die reale Verdunstung von den offenen Wasserflächen der Kiesseen wurde berücksichtigt. Auf Grund der "h-Steuerung" der Restseen spielt die Verdunstung für sie keine Rolle.

Für die Kalibrierung werden die gemessenen Grundwasserstände benötigt. Die Lage der Messstellen und der Ausbau sind in der Datei partpest.dbf gespeichert. Die zugehörigen Messwerte sind in der Datei partpebe.dbf abgelegt. Die Abb. 14 zeigt beispielhaft 4 von 755 Messstellen.

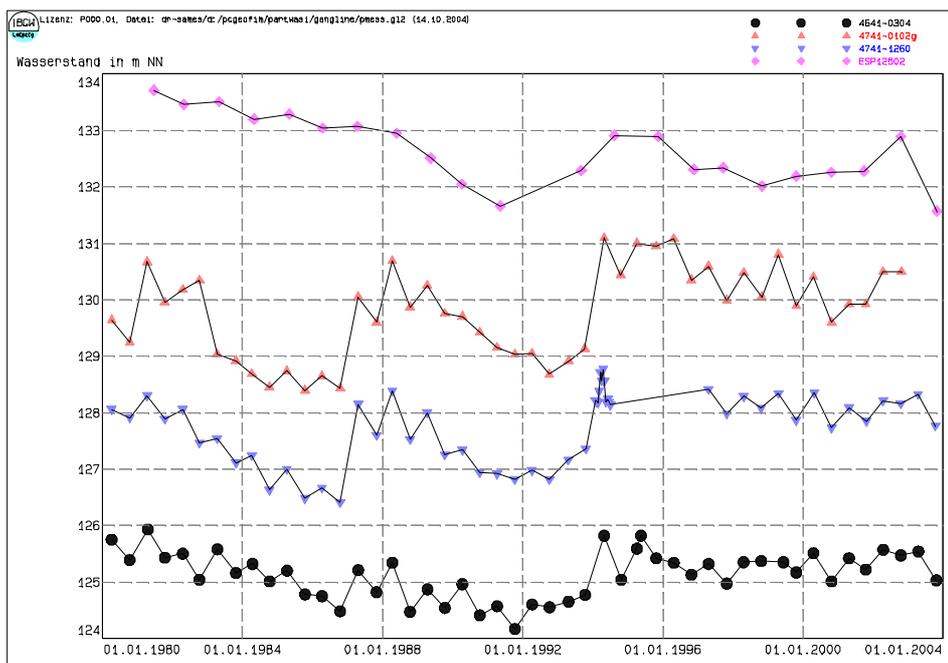


Abb. 14: Gemessene Grundwasserstände für vier ausgewählte Messstellen

2.4 Ergebnisse der hydrogeologischen Berechnung, wenn Lysimeterdaten zur Berechnung der Grundwasserneubildung herangezogen werden

Eine Kalibrierung des Modells PART2004, wenn Lysimeterdaten zur Berechnung der Grundwasserneubildung herangezogen werden, wurde nicht beauftragt. Die umfangreichen Änderungen im Parameter- und im Signalmodell machten es im Hinblick auf die geplante Online-Kopplung PCGEOFIM/WaSiM-ETH erforderlich, das Modell PART2004/Lysimeterdaten einem umfangreichen Test zu unterziehen.

Die Berechnung erfolgte für den Zeitraum 1980-2004. Die Ergebnisse wurden ausgewertet, indem gemessene und berechnete Standrohrspiegelhöhen an ausgewählten Messstellen verglichen wurden und Hydroisohypsenpläne für ausgewählte Modellgrundwasserleiter für die Jahre 1984, 1994 und 2004 ausgegeben wurden. Sie enthalten neben den Isolinen auch die Messstellen mit berechneten und gemessenen Werten (siehe Anlagen 3-5). Es ist so eine Einschätzung der Berechnungsergebnisse möglich. Gezielte Veränderungen im Parametermodell, der Anfangsbedingungen und der Randbedingungen wurden vorgenommen, um die gemessenen Standrohrspiegelhöhen adäquat abzubilden.

Hier soll nun kurz das Ergebnis der Kalibrierung PART2004/Lysimeterdaten vorgestellt werden. Es bildet die Grundlage für das Modell PART2004/WaSiM-ETH. Bei der Auswertung sollte immer zuerst die Over_all-Bilanz betrachtet werden. Sie gibt Auskunft über die Gesamtentwicklung des Grundwasservorrates im Modellgebiet (blaue Linie), über das über Randbedingungen bzw. Standgewässer zu- bzw. abströmende Grundwasser (rote bzw. cyane Linie) und über die Grundwasserneubildung (grüne Linie). Man erkennt, dass der Grundwasservorrat im Parthe-Gebiet starken Schwankungen unterliegt:

- 2,450.109 m³ im Jahr 1993
- 2,563.109 m³ im Jahr 2003

Bei einer Fläche von 422,455 km² bedeutet dies, dass der mittlere Grundwasserstand sich um über einen Meter zwischen 1993-2003 erhöht hat.

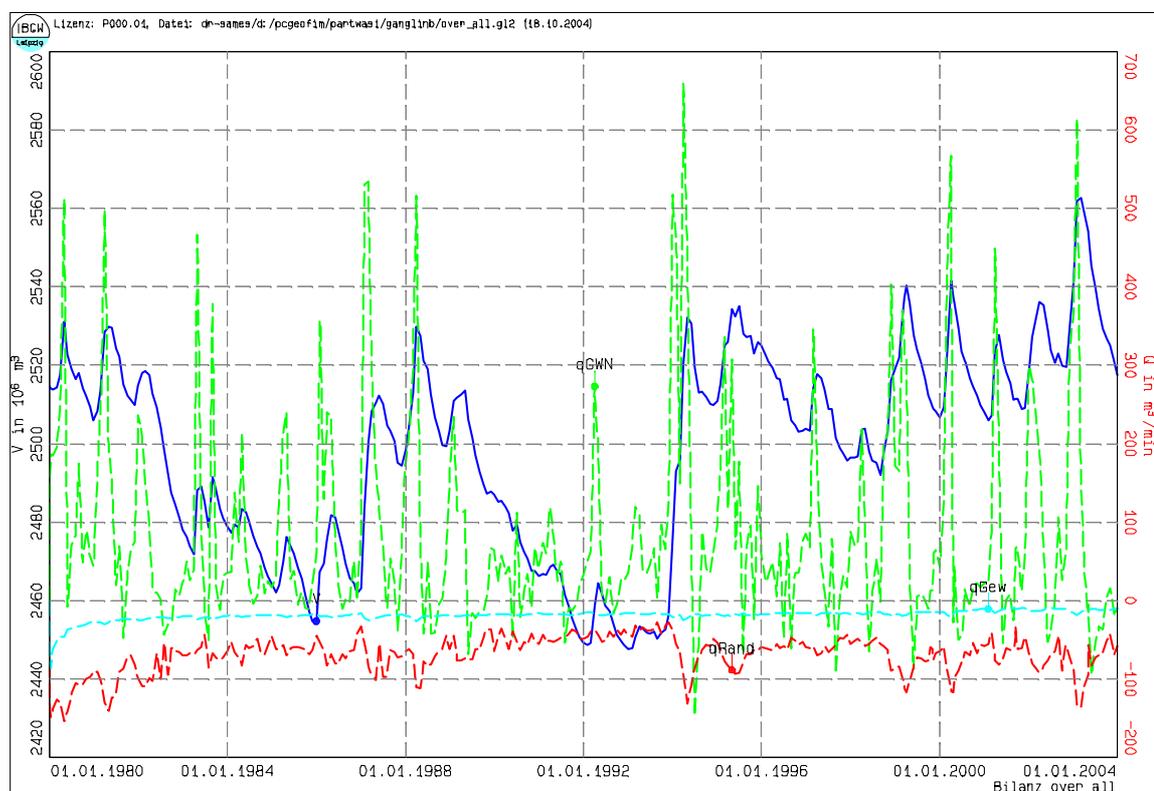


Abb. 15 Die Over_all-Bilanz PART2004/Lysimeterdaten (blau: Grundwasservorrat, grün: Grundwasserneubildung, cyan: Summe Standgewässerzuflüsse, rot: Summe Randbedingungszuflüsse)

In Abb. 16 ist die jährliche Grundwasserneubildung für die Jahre 1981-2003 graphisch dargestellt. Nun wird klar, dass die Absenkung der Grundwasservorräte in den Jahren 1983-1986 und 1991-1994 auf eine sehr geringe Grundwasserneubildung zurückzuführen ist. Im Mittel werden im Parthe-Gebiet 109,4 mm/a Grundwasser gebildet.

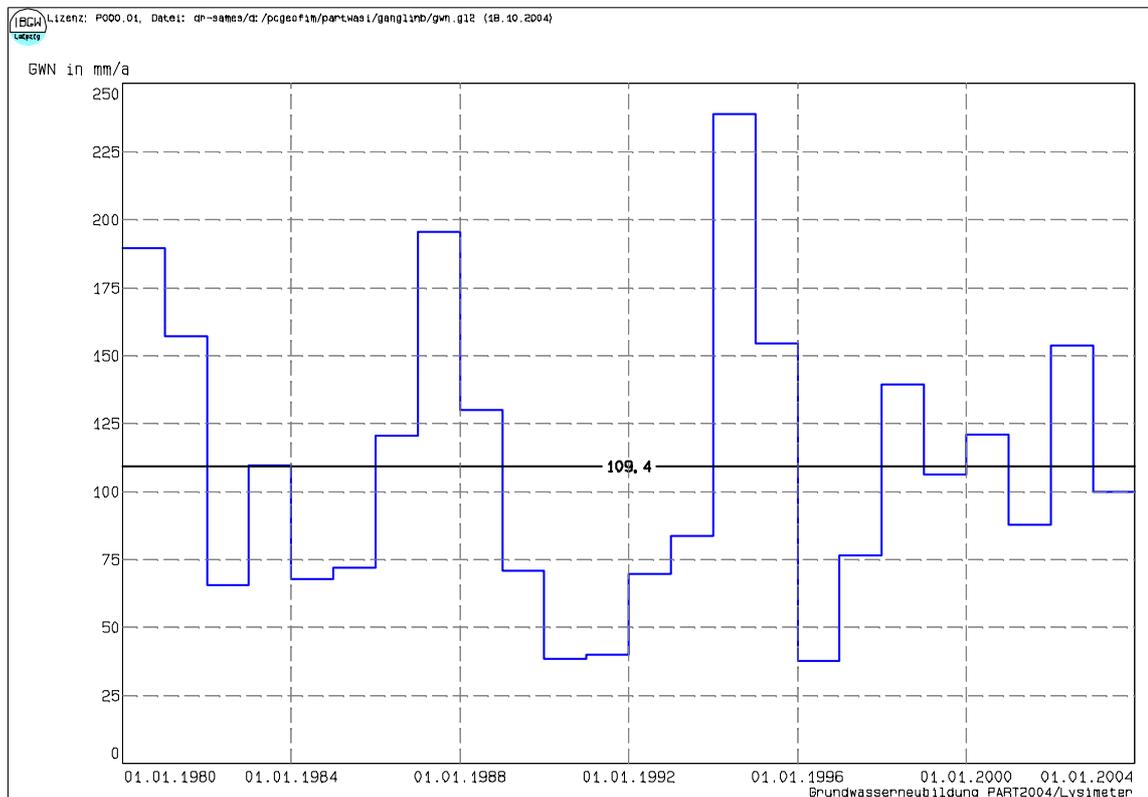


Abb. 16: Berechnete Grundwasserneubildung im Modell PART2004/Lysimeterdaten

Die Schwankungen im Grundwasserspiegel zeigen sich natürlich auch in den Ganglinien der Messstellen. Die folgenden vier Abbildungen (siehe Abb. 17-Abb. 20) zeigen gemessene und berechnete Standrohrspiegelhöhen an den Messstellen 46410417, 4741102g, 47410221 und 47410222. Diese Abbildungen zeigen, dass die Entwicklung des Grundwasserstandes für die Jahre 1981-2004 mit dem Modell PART2004/Lysimeterdaten korrekt wiederspiegelt wird.

In der Abb. 21 sind die gemessenen und berechneten Wasserstände am Pegel Thekla graphisch dargestellt. Da mit Hilfe der Lysimeterdaten nur der Basisabfluss berechnet werden kann, sind die Spitzenwerte nicht nachzuvollziehen. Sie werden durch den Oberflächenlandabfluss und den hypodermischen Abfluss hervorgerufen und können erst mit dem Modell PART2004/WaSiM-ETH berechnet werden. Dies zeigt auch die Abb. 22, in welcher der am Pegel Thekla aus dem gemessenen Gesamtabfluss separierten grundwasserbürtige Abfluss (Separation nach Haferkorn et al. (2003)) und der mit dem Modell PART2004/Lysimeterdaten berechnete Abfluss graphisch dargestellt sind.

In den Anlagen 3, 4 und 5 sind die Hydroisohypsen für den GWL 1.5, GWL 1.6 und GWL 1.7 für die Jahre 1984, 1994 und 2004 dargestellt. Mit eingetragen sind Messstellen in diesen Grundwasserleitern mit berechneten und gemessenen Standrohrspiegelhöhen.

Es kann eingeschätzt werden, dass das Modell PART2004/Lysimeterdaten die Verhältnisse im Grundwasser korrekt widerspiegelt und dass der Basisabfluss in den Fließgewässern im Einzugsgebiet der Parthe adäquat abgebildet wird.

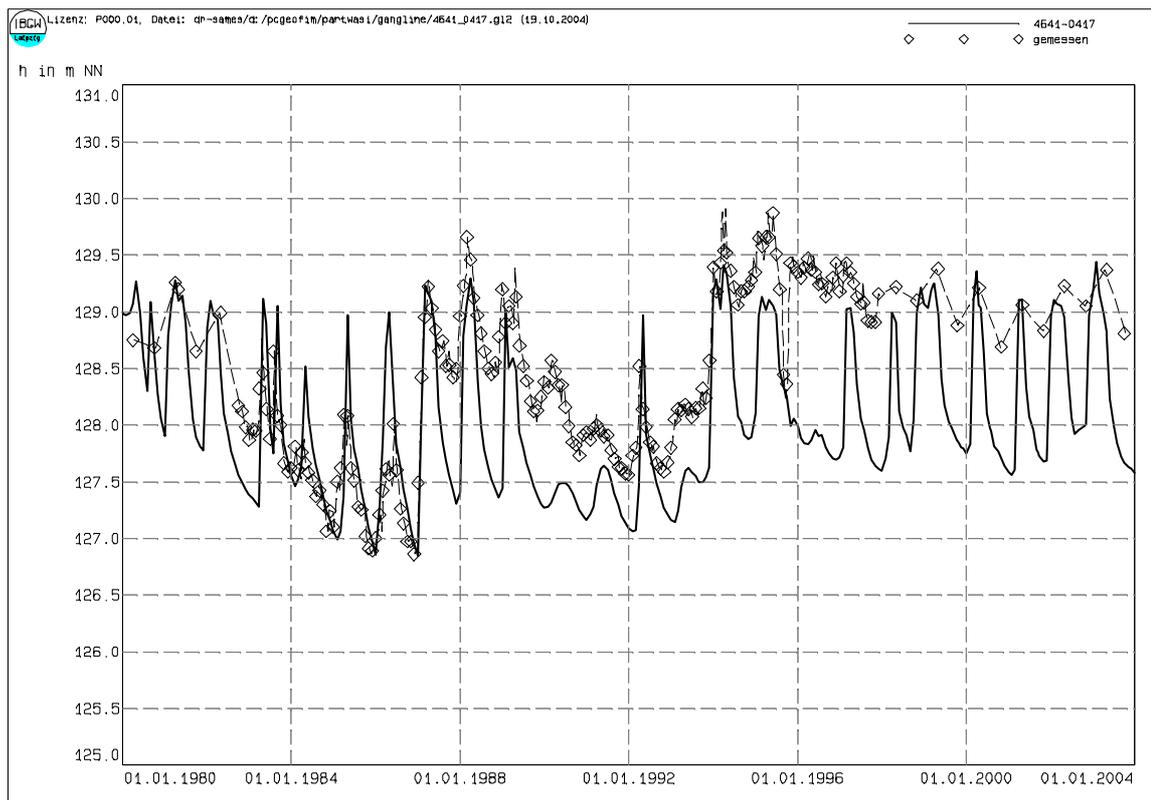


Abb. 17: Messstelle 46410417

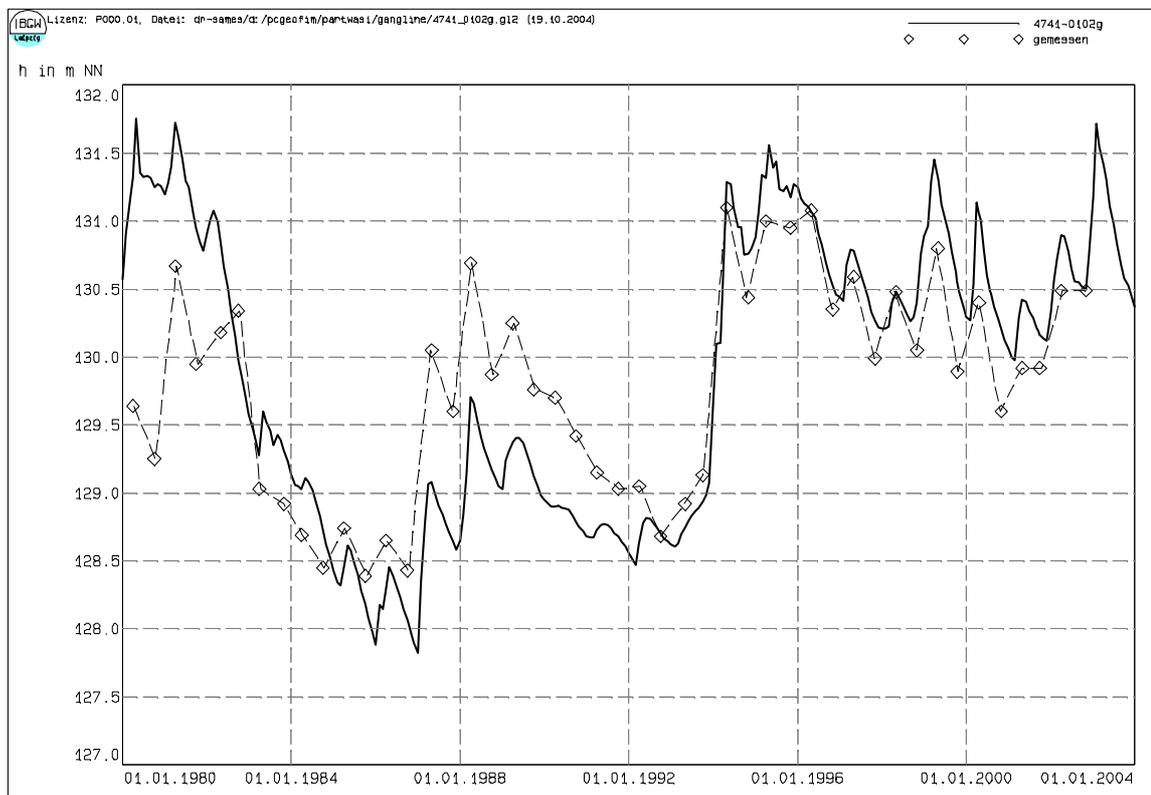


Abb. 18: Messstelle 47410102g

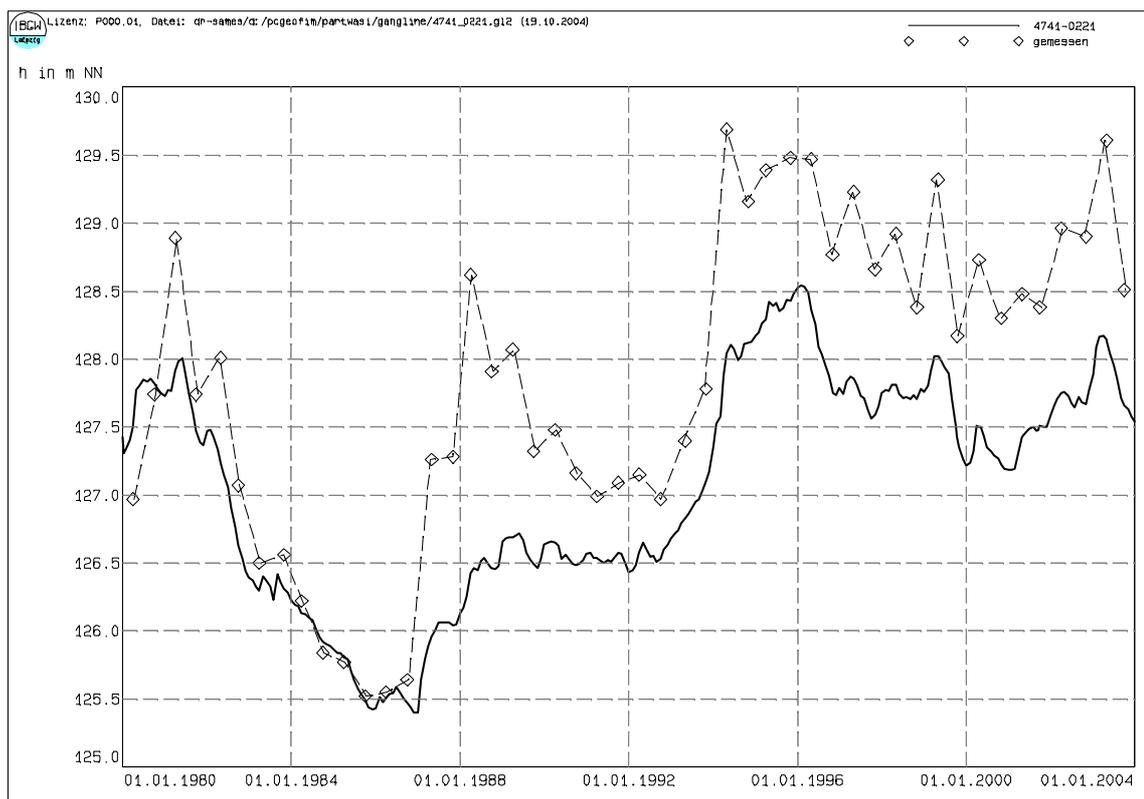


Abb. 19: Messstelle 47410221

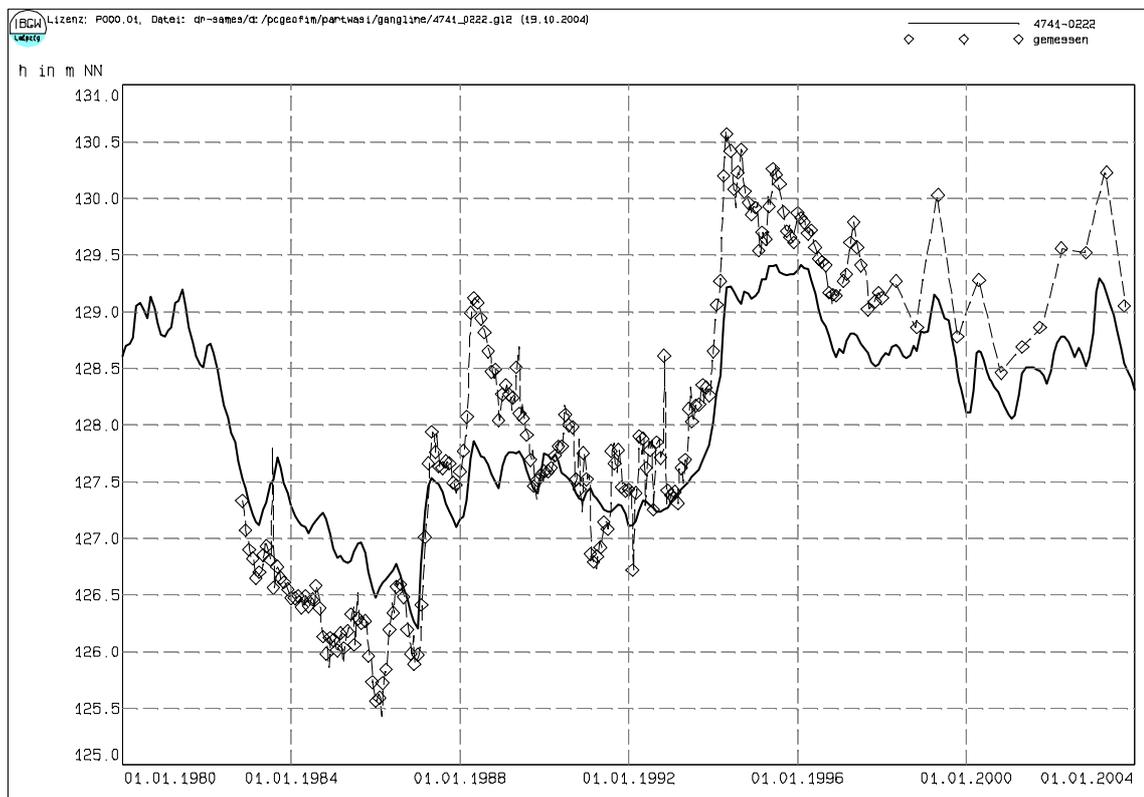


Abb. 20: Messstelle 47410222

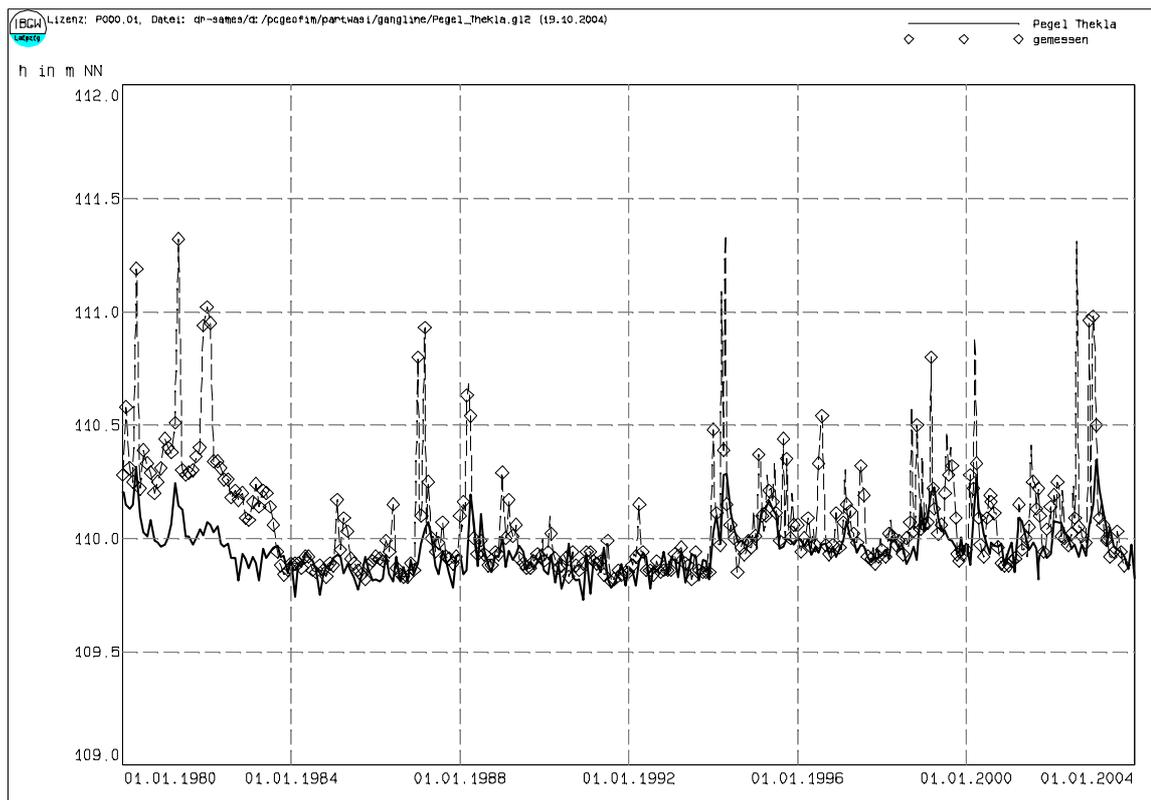


Abb. 21: Pegel Thekla

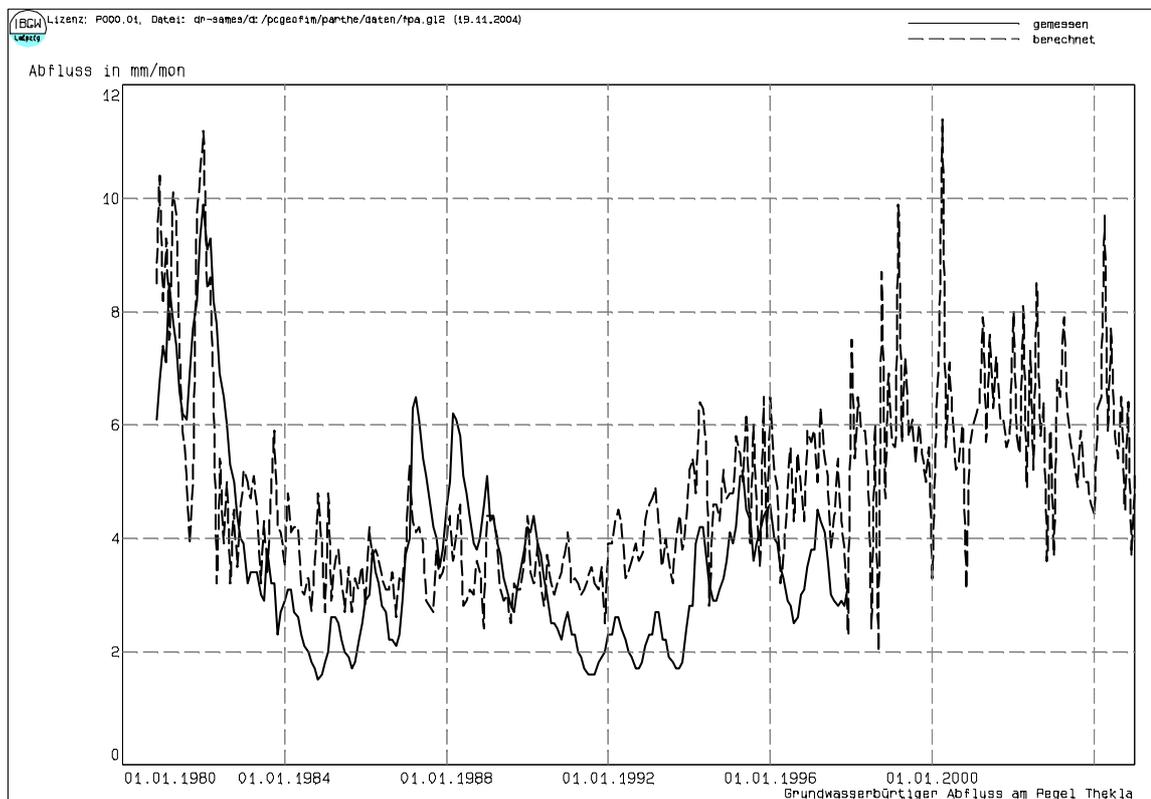


Abb. 22: Grundwasserbürtiger Abfluss am Pegel Thekla

2.5 Online-Kopplung PCGEOFIM/WaSiM-ETH

Das Bodenwasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH berechnet aus meteorologischen Daten, einem digitalen Geländemodell, der Bodennutzung, der Bodenart und dem Grundwasserflurabstand den Oberflächenlandabfluss, den Interflow und die Grundwasserneubildung. Im Falle der Online-Kopplung übergibt das Programm PCGEOFIM dem Bodenwasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH die aktuelle Grundwasseroberfläche und übernimmt die drei Komponenten Oberflächenlandabfluss, Interflow und Grundwasserneubildung.

Tab. 9: Online-Kopplung PCGEOFIM/WaSiM-ETH

Iteration	PCGEOFIM	WaSiM-ETH
	Einlesen der Datenbasis	
	Aufbau der internen PCGEOFIM-Strukturen	
do t = ta, te, 1 Monat	Ausgabe Grundwasseroberfläche als Grid für den Zeitpunkt t	
	Aufruf des Programms WaSiM-ETH für den Zeitraum t bis t + 1 Monat	Einlesen der Steuerdatei und aller benötigten Daten
		Simulation des Bodenwasserhaushaltes für einen Monat
	Einlesen und Überführung in interne PCGEOFIM-Strukturen: - Oberflächenlandabfluss - Interflow - Grundwasserneubildung	Ausgabe des Oberflächenlandabflusses, des Interflow und der Grundwasserneubildung als Grid in mm/Mon, Ausgabe weiterer Daten für die Fortsetzung der Berechnung
enddo	Simulation der Grund- und Oberflächenwasserströmung für 1 Monat	
	Endausgabe	

In Tab. 9 ist die realisierte Online-Kopplung PCGEOFIM/WaSiM-ETH schematisch dargestellt. Die Kopplung wird von PCGEOFIM gesteuert. Nach dem Einlesen der benötigten Daten und dem Aufbau der internen PCGEOFIM-Strukturen wird der gesamte Betrachtungszeitraum in Monatsschritte unterteilt. Bevor die Simulation der Grund- und Oberflächenwasserströmung für einen Monat erfolgt, wird das Bodenwasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH gestartet. Alle meteorologischen Daten, das digitale Geländemodell, die Bodennutzung, die Bodenart und weitere Daten sind in einem speziellen Verzeichnis abgelegt. In diesem Verzeichnis hat PCGEOFIM vor dem Start die Grundwasseroberfläche als Grid gespeichert. WaSiM-ETH berechnet den Bodenwasserhaushalt für den vorgegebenen Monat, speichert die Ergebnisse als Grids und nach Beendigung der Berechnung übernimmt wieder das Programm PCGEOFIM die Steuerung. Die für die Simulation der Grund- und Oberflächenwasserströmung relevanten Daten

- Oberflächenlandabfluss
- Interflow
- Grundwasserneubildung

werden eingelesen, in interne PCGEOFIM-Strukturen umgewandelt und die neuen Grund- und Oberflächenwasserstände am Monatsende berechnet. Diese Vorgehensweise wird fortgesetzt bis alle Monate des Betrachtungszeitraumes berechnet worden sind.

Um eine Vorstellung vom zeitlichen Aufwand zu erhalten, sei angemerkt, dass PCGEOFIM für die Simulation eines Monats ca. 10 und WaSiM-ETH ca. 200 Sekunden benötigen.

Die Abb. 23 zeigt die mit WaSiM-ETH berechnete Grundwasserneubildung für den Zeitraum 1981-2000. Es wurde der gleiche Maßstab wie in Abb. 16 gewählt, um die Graphiken besser vergleichen zu können. Die mittlere Grundwasserneubildung liegt in der gleichen Größenordnung wie bei der Lysimeterberechnung, die Abweichungen vom Durchschnittswert sind aber bei der WaSiM-ETH-Berechnung wesentlich kleiner. Während bei der WaSiM-ETH-Berechnung die Lage des Grundwasserspiegels berücksichtigt wird, wird bei der Lysimetervariante die Perkulation stets in drei Metern Tiefe gemessen und direkt auf die Grundwasseroberfläche aufgeprägt.

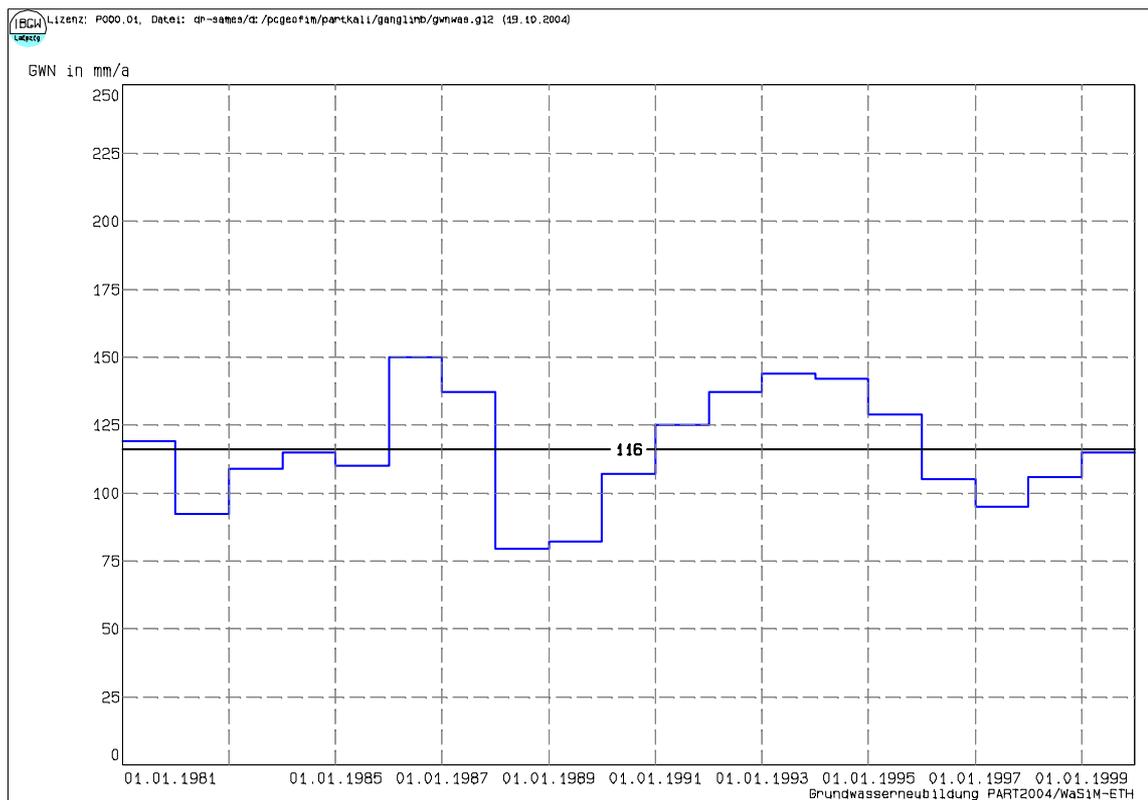


Abb. 23: Berechnete Grundwasserneubildung im Modell PART2004/WaSiM-ETH

3 Zusammenfassung

Das vorhandene Oberflächenwasser-/Grundwassermodell für das Einzugsgebiet der Parthe wurde aktualisiert. Es erfolgte eine Anpassung der Modellgrenzen an das Einzugsgebiet der Parthe, eine Überarbeitung der Geologie unter Berücksichtigung der in den Jahren 1994-2004 niedergebrachten Bohrungen, eine Neubearbeitung der Geländedatei mit Hilfe des digitalen Geländemodells ATKIS®-DGM25, eine Überarbeitung der Randstammdaten der Parthe mit Hilfe der Ergebnisse der von der PROWA Engineering GmbH durchgeführten Parthevermessung, eine Fortschreibung aller zeitabhängigen Randbedingungen, Klima- und Lysimeterdaten bis zum Jahr 2004 und eine Übernahme der Messwertreihen bis zum Jahr 2004. Für die Jahre 2004-2050 wurden alle Randbedingungen mit Mittelwerten fortgeschrieben. Eine Ausnahme bilden die Restlöcher Markkleeberg, Störmthal, Hainer See und Haubitz, für welche die Prognose aus dem Hydrogeologischen Großraummodell HGMS® übernommen wurde. Das aktualisierte Modell beschreibt die hydrogeologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet der Parthe für die Jahre 1980-2004. Das Modell kann auch für eine Prognose bis zum Jahr 2050 eingesetzt werden, wobei aber nur eine gemittelte klimatische Situation berücksichtigt wird. Erst die vorbereitete Kopplung mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH ermöglicht eine Abschätzung der Auswirkung der für Sachsen prognostizierten Klimaveränderungen auf den Wasserhaushalt.

4 Literaturverzeichnis

- CERANSKI, H., HAFERKORN, B., SAMES, D., WIMMER, H., CARL B. & G. GELEBUS (2003): Aktualisierung des Hydrogeologischen Großraummodells Nord, Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, Leipzig.
- HAFERKORN, B., MANSEL, H., SAMES, D., WEBER, H. & B. CARL (1994): HYDROGEOLOGISCHES MODELL FÜR DEN RAUM DES PARTHEGEBIETES, MODELL PART; LEIPZIG.
- DÖRRHÖFFER, G. & JOSOPAIT, V. (1980): EINE METHODE ZUR FLÄCHENDIFFERENZIIERTEN ERMITTLUNG DER GRUNDWASSERNEUBILDUNGSRATE. GEOL. JB. C27, 45-65.
- HAFERKORN, B., UHLIG, M. & B. CARL (1999): PRÄZISIERUNG DES HYDROGEOLOGISCHEN GROßRAUMMODELLS SÜD, Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, Leipzig.
- HAFERKORN, U. (2000): Größen des Wasserhaushaltes verschiedener Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung im klimatischen Grenzraum des Mitteldeutschen Trockengebietes. Ergebnisse der Lysimeterstation Brandis. Dissertation am Fachbereich Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen.
- HAFERKORN, U., MÜLLER, K. MELLENTIN, U. & J. FAHL, (2003): Möglichkeiten und Grenzen der Stofftransportmodellierung Nitrat am Beispiel des Parthegebietes, Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle.
- FRITZ, P., ZÄUMER, U. & K. HENLE (1998): Die Parthenaue - Eine Landschaft im Wandel, Hrg. Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Naturschutzamt der Stadt Leipzig.
- OELSNER, C. & BEIN, E. (1958): Otterwisch – Hainichen, Abschlussbericht (Gravimetrie), VEB Geophysik Leipzig; Leipzig.
- ZENK, J. & KOSLIK, B. (1986): Ergebnisbericht - Südliches Weißelsterbecken, VEB Geophysik Leipzig; Leipzig.