

Studien und Tagungsberichte
Band 31

**Grundlagen für die wasserwirtschaftliche
Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung
im Oderbruch**



LANDESUMWELTAMT
BRANDENBURG



Studien und Tagungsberichte, Schriftenreihe des Landesumweltamtes Brandenburg ISSN 0949-0838

Herausgeber:
Landesumweltamt Brandenburg (LUA)
Berliner Straße 21-25
14467 Potsdam
Tel.: 0331-23 23 259
Fax.: 0331-29 21 08
e-mail: info@lua.brandenburg.de

Band 31 – Grundlagen für die wasserwirtschaftliche Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung im Oderbruch

Bearbeitung:

- WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH Berlin im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg: Dr.-Ing. habil. Stefan Kaden; Dipl.-Hydr. Katerina Fröhlich
- LUA, Abteilung Gewässerschutz und Wasserwirtschaft, Referate W9 und W6 - Frankfurt (Oder): Dipl.-Ing. (FH) Herbert Büttner; Dipl.-Ing. Eberhard Schmidt und Dr.-Ing. Frank Krüger

Gesamtherstellung: Digital & Druck, Inh. Matthias Greschow, Welzow
Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier

Schutzgebühr: 15,- DM



Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Brandenburg herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.
Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Studien und Tagungsberichte
Band 31

**Grundlagen für die wasserwirtschaftliche
Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung
im Oderbruch**



LANDESUMWELTAMT
BRANDENBURG



Inhalt

1	Einleitung	4
2	Funktions- und Datenanalyse	4
2.1	Klassifizierung der Gewässer des Oderbruchs nach der wasserwirtschaftlichen Funktion	5
2.1.1	Hydrologisch-wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen	5
2.1.2	Klassifizierungsmethodik	6
2.1.3	Ergebnisse der Klassifizierung	8
2.2	Klassifizierung der Gewässer des Oderbruchs nach ihrer ökologischen Funktion	8
2.2.1	Grundlagen	8
2.2.2	Ergebnisse der Klassifizierung	9
2.3	Erfassung und Darstellung von Stellgliedern, Schöpfwerksgebieten und Messstellen	9
2.3.1	Stau und Heber	9
2.3.1.1	Grundlagen und Erfassung	9
2.3.1.2	Einteilung aller Stau in „echte Stau“ und „Verteilerbauwerke“	9
2.3.2	Schöpfwerksgebiete	9
2.3.3	Erfassung und Darstellung aller Oberflächenwasser- und Grundwassermessstellen (Menge und Beschaffenheit)	10
2.3.4	Deiche	10
3	Bestimmen der Zielgrößen des Wasserhaushalts, Defizitanalyse	11
3.1	Erstellung von Karten der Grundwasserflurabstände	11
3.1.1	Grundwassergleichen	11
3.1.2	Grundwasserflurabstände (IST)	11
3.2	Defizitanalyse und Erarbeitung der Zielgrößen des Wasserhaushalts für das Oderbruch	12
3.2.1	Anforderungen an den Wasserhaushalt	13
3.2.2	Defizitanalyse	14
3.2.3	Zielstellungen für die Wasserbewirtschaftung	14
4	Aufbau des Grundwassermodells Oderbruch	17
4.1	Methodische Grundlagen und Bearbeitungsablauf	17
4.2	Geologische und hydrologische Grundlagen	18
4.2.1	Geologie	18
4.2.1.1	Geologische Kartenwerke	18
4.2.1.2	Geologische Aufschlüsse	19
4.2.2	Hydrogeologie	19
4.2.2.1	Hydrogeologische Kartenwerke	19
4.2.2.2	Grundwasserverhältnisse	19
4.2.2.3	Hydrogeologisches Strukturmodell	21
4.2.3	Hydrologie	22
4.2.3.1	OW-Wasserstand	22
4.2.3.2	Abfluss	22
4.2.3.3	Schöpfwerke	22
4.2.4	Klima	22
4.3	Modellaufbau Gesamtmodell Oderbruch	23
4.3.1	Abflussbildungsmodell SIWA	23
4.3.1.1	Modellgrundlagen, Vorgehensweise	23
4.3.1.2	Modellparametrisierung	24
4.3.1.3	Langjähriges Mittel der Grundwasserneubildung	26
4.3.1.4	Grundwasserneubildung 1994	28
4.3.2	Grundwassermodell FEFLOW	28
4.3.2.1	Modellgrundlagen und Vorgehensweise	28
4.3.2.2	Geometrisches Modell	28
4.3.2.3	Anfangswasserstände	29
4.3.2.4	Modellrandbedingungen	29
4.3.2.5	Modellparametrisierung	31
4.4	Modellkalibrierung Gesamtmodell Oderbruch	32
4.4.1	Stationäre Kalibrierung	32
4.4.2	Instationäre Verifizierung	33
4.4.3	Bilanzbetrachtung	36
4.4.3.1	Vorbetrachtung	36
4.4.3.2	Grundwasserbilanz	36
4.4.3.3	Änderung des Grundwasserspeichers/ Abfluss aus dem Grabensystem	36
4.4.3.4	Vertikale Flüsse durch die Grenze zwischen Deckschicht und Hauptgrundwasserleiter	37

5	Modellanwendungen als Grundlage der Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung	38
5.1	Grundsätze	38
5.1.1	Zielstellung	38
5.1.2	Methodik	38
5.1.3	Variantenübersicht	40
5.2	Ermittlung der Soll-Flurabstände	42
5.3	Basisvariante	43
5.3.1	Grundwasserstände / Profilschnitte	43
5.3.2	Grundwasserflurabstände bzw. Differenz Geländeoberkante / Grundwasserdruckhöhe	46
5.3.3	Analyse der gespannten / ungespannten Grundwasserverhältnisse	46
5.3.4	Bilanzbetrachtung	47
5.3.4.1	Grundwasserbilanz	48
5.3.4.2	Änderung des Grundwasserspeichers / Abfluss aus dem Grabensystem	50
5.3.4.3	Oberflächenwasserbilanz (Gesamtabfluss)	51
5.4	Variante A (Extremvariante)	52
5.4.1	Grundwasserstände	52
5.4.2	Grundwasserflurabstände bzw. Differenz Geländeoberkante / Grundwasserdruckhöhe	53
5.4.3	Analyse der gespannten / ungespannten Grundwasserverhältnisse	54
5.4.4	Bilanzbetrachtung	54
5.4.4.1	Grundwasserbilanz	54
5.4.4.2	Änderung des Grundwasserspeichers / Abfluss aus dem Grabensystem	55
5.4.4.3	Oberflächenwasserbilanz (Gesamtabfluss)	55
5.5	Variante B	57
5.5.1	Grundwasserstände / Profilschnitte	57
5.5.2	Grundwasserflurabstände bzw. Differenz Geländeoberkante / Grundwasserdruckhöhe	59
5.5.3	Analyse der gespannten / ungespannten Grundwasserverhältnisse	60
5.5.4	Bilanzbetrachtung	60
5.5.4.1	Grundwasserbilanz	60
5.5.4.2	Änderung des Grundwasserspeichers / Abfluss aus dem Grabensystem	60
5.5.4.3	Oberflächenwasserbilanz (Gesamtabfluss)	61
5.6	Variante C	63
5.6.1	Grundwasserstände	63
5.6.2	Grundwasserflurabstände bzw. Differenz Geländeoberkante / Grundwasserdruckhöhe	63
5.6.3	Analyse der gespannten / ungespannten Grundwasserverhältnisse	64
5.6.4	Bilanzbetrachtung	64
5.6.4.1	Grundwasserbilanz	64
5.6.4.2	Änderung des Grundwasserspeichers / Abfluss aus dem Grabensystem	65
5.6.4.3	Oberflächenwasserbilanz (Gesamtabfluss)	66
5.7	Beurteilung der Variantenuntersuchungen für hydrologische Zustände und Schlussfolgerungen	67
5.7.1	Vorbemerkungen	67
5.7.2	Optimierung der Staukonzepte und des Schöpfwerksbetriebes bei Mittelwasser	68
5.7.3	Beseitigung bzw. Verlandung von nicht benötigten Gräben	71
5.7.4	Verbesserung des Hochwasserschutzes	71
5.7.5	Verbesserung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse bei Niedrigwasser, Heberanlagen	74
5.8	Untersuchungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit der Vorfluter als Planungsgrundlage für Unterhaltungsmaßnahmen	76
6	Zusammenfassung und Ausblick	78
	Anlagen	80
	Karten	89
	Verzeichnisse: Abbildungen/Tabellen/Literatur/Abkürzungen	108

1 Einleitung

Bis in das 18. Jahrhundert war das Oderbruch ein häufig überflutetes Flussauengebiet, das von einer unzähligen Menge größerer und kleinerer Arme der Oder durchschnitten wurde und in dem Ackerbau nur auf höher gelegenen Stellen begrenzt möglich war.

Unter der Herrschaft Friedrich des II. wurde 1747 mit der Eindeichung der Oder begonnen. Diese Arbeiten wurden in mehreren Etappen fortgeführt und im Wesentlichen Mitte des 19. Jahrhunderts abgeschlossen.

Heute ist das Oderbruch mit rd. 800 km² die größte eingedeicherte, künstlich entwässerte Fläche an einem Flusslauf in Deutschland und gehört seit mehr als 200 Jahren zu den fruchtbarsten Ackerbauregionen des Landes. Das Bruch erstreckt sich auf etwa 75 km Länge von Südosten nach Nordwesten, wobei es im Osten an die Oder und im Westen an die Barnimhochfläche grenzt. Die Breite liegt zwischen 12 und 15 km.

Die landwirtschaftliche Nutzung der ehemaligen Flussaue ist mit ständig hohen Aufwendungen für Hochwasserschutz, Be- und Entwässerung sowie Instandhaltung der Gewässer und wasserwirtschaftlichen Anlagen verbunden.

Seit 1990 haben sich die sozio-ökonomischen und wasserwirtschaftlichen Bedingungen im Oderbruch drastisch verändert. Das muss sich in der wasserwirtschaftlichen Planung für das Gebiet widerspiegeln. Im Zusammenhang mit der Fortschreibung und Präzisierung des ersten Entwurfs des wasserwirtschaftlichen Rahmenplans „Oderbruch“ führt das Landesumweltamt Brandenburg deshalb vertiefte Untersuchungen durch mit dem Ziel, wissenschaftlich-technische Grundlagen für die Entwicklung einer Strategie in der Wasserbewirtschaftung zu erarbeiten.

Angestrebt wird die Anhebung des örtlich abgesenkten Grundwasserstandes unter Sicherung vorhandener Nutzungen mit bestehenden Rechten. Damit in Verbindung soll eine Über-

prüfung von Stauzielen und der Betriebspeile der Schöpfwerke erfolgen. Der Instandhaltungsaufwand ist zu minimieren, der Hochwasserschutz ist zu sichern.

Als Beitrag für die Lösung dieser Aufgaben wurde u.a. die Studie „Erarbeitung von Grundlagen für die wasserwirtschaftliche Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung im Oderbruch“ (HYDROPLAN/WASY, 1999) durchgeführt, die Gegenstand dieses Berichtes ist.

Mit der Bearbeitung wurde eine Arbeitsgemeinschaft der Firmen HYDRO-Planungsgesellschaft mbH und WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH beauftragt, federführend war die WASY GmbH.

Für die Bearbeitung in den Jahren 1996 bis 1998 liegen jeweils in sich geschlossene Berichte von (HYDROPLAN/WASY, 1996, 1997, 1998) und ein Gesamtbericht (HYDROPLAN/WASY, 1999) vor.

Entsprechend der ausgeprägten raumbezogenen Struktur der zu verarbeitenden Daten bot sich der konsequente Einsatz eines Geoinformationssystems (GIS) an. Im Landesumweltamt Brandenburg wird als einheitliches GIS-System das Geographische Informationssystem ARC/INFO (als komplexe Lösung für den vorrangig zentralen Einsatz) und das hierzu kompatible Desktop-GIS ArcView (als nutzerfreundliche Lösung für den dezentralen Einsatz) genutzt. Auch für die Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung ist der GIS-Einsatz mittelfristig vorgesehen.

Aus den genannten Gründen wurde entschieden, für die Bearbeitung der vorliegenden Aufgabe das System ARC/INFO zu nutzen und die Ergebnisse für ArcView digital aufzubereiten. Die Daten sind im so entstandenen Geoinformationssystem „GIS Oderbruch“ enthalten.

2 Funktions- und Datenanalyse

Als Grundlage für die Untersuchungen zur wasserwirtschaftlichen Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung im Oderbruch wurde eine umfangreiche Funktions- und Datenanalyse mit folgenden Zielen durchgeführt:

- Klassifizierung aller Gewässer des Oderbruchs nach ihrer a) wasserwirtschaftlichen Funktion in die Kategorien
 - Sicherung der Vorflut (Aufnahme sowie Ableitung von Dränge- und Hochwasser, vorrangig Ableitung von Tagwasser und Zuflüssen)
 - Sicherung der Vorflut und Grabeneinstau (Mischfunktion, Regulierung des Grundwassers, Abführung von Tagwasser und Zuflüssen, Aufnahme von Drängewasser, Be- und Entwässerung)

- Grabeneinstau (Gewässer zur vorrangigen Regulierung des Grundwassers untergliedert in Aufnahme von Drängewasser, Be- und Entwässerung, z. B. Einstau)
- Sonstige Gewässer (z.B. Altarme)
- b) ökologischen Funktion nach REUSCH in
 - Verbindungsgewässer
 - Hauptgewässer
 - Nebengewässer
- Erfassung und Darstellung aller Stellglieder (Stau, Heber)
- Einteilung aller Stau in „echte Stau“ und Verteilerbauwerke
- Ausgrenzung aller Schöpfwerks- und Stauegebiete
- Erfassung und Darstellung aller Oberflächenwasser- und Grundwassermessstellen (Menge und Beschaffenheit).

Das Untersuchungsgebiet zur Funktions- und Datenanalyse entspricht dem Planungsraum des „Wasserwirtschaftlichen Rahmenplanes Oderbruch - Erster Entwurf“ (LUA, 1993) und erfasst grundsätzlich den Landkreis Märkisch-Oderland. Der Planungsraum umfasst somit nicht nur das eigentliche Oder-

bruch, sondern auch das westlich gelegene Hügelland (vgl. Abb. 1-1). Dementsprechend ist das Untersuchungsgebiet durch sehr unterschiedliche geomorphologische und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Teilgebiete gekennzeichnet.



Abb. 1-1:
Grenzen des Untersuchungsgebietes zur Funktions- und Datenanalyse

2.1 Klassifizierung der Gewässer des Oderbruchs nach der wasserwirtschaftlichen Funktion

2.1.1 Hydrologisch-wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen

Das Untersuchungsgebiet umfasst entsprechend der Landschaftsgliederung nach SCHOLZ (1962) die Niederung des Oderbruchs, im Nordwesten den Neuenhagener Sporn und Teile der Britzer Platte, im Westen Teile der Barnimplatte, des Waldhügellandes des Oberbarnims und der Buckower Hügel- und Kessellandschaft sowie im Südwesten Teile der Lebuser Platte.

Geomorphologisch gliedert sich das Untersuchungsgebiet in das durch fluviale Akkumulationen entstandene Oderbruch und die sich überwiegend westlich daran anschließenden Grund- bzw. Endmoränenflächen, vgl. LUA (1993). Diese werden durch periglaziale Trockentäler und subglaziale Schmelzwasserrinnen (z.B. Platkower Mühlenfließ) geprägt.

Während die Geländehöhen des Oderbruchs nur Werte zwischen 2 und 15 mNN erreichen, hat das umgebende Hügelland Erhebungen bis zu 130 mNN.

Durch die schrittweise Eindeichung der Oder in der Vergangenheit wurde die natürliche Flusssauendynamik in den betreffenden Gebieten entlang der Oder unterbrochen. So entstand das Oderbruch als eigenständiges Entwässerungssystem ohne natürliche Verbindung zur Stromoder. Die Entwässerung erfolgt über ein verzweigtes Binnenvorflutsystem in nördliche Richtung, in dem regional begrenzt die vorhandenen Oderaltarme, die sich zum Teil seenartig ausgebildet haben, als Vorfluter fungieren. Nach dem Zusammenfluss mit der Finow/Finowkanal wird der Gesamtabfluss über das Wehr Hohensaaten reguliert und in die Hohensaaten-Friedrichsthaler Wasserstraße geführt, die letztlich in die Westoder/Oder mündet (LUA, 1993).

Das Gelände des Oderbruchs liegt weit verbreitet 1 bis 4 m unter dem mittleren Oderwasserspiegel. Unter einer weit verbreiteten bindigen Deckschicht (Mächtigkeit 0 bis 6 m) lagert ein 10 bis 40 m mächtiger pleistozäner Grundwasserleiter hoher Durchlässigkeit. Dieser Grundwasserleiter wird aus der Oder und den westlichen Hochflächen sowie durch die Grund-

wasserneubildung gespeist. Über das Binnenvorflutssystem erfolgt die Entwässerung nach Norden.

Das Binnenvorflutssystem durchbricht die Deckschicht zu ca. 75 %, womit eine direkte Verbindung zum Hauptgrundwasserleiter gegeben ist. Nach bisherigen Studien (LUA, 1993) beträgt der Drängewasseranteil im Binnenvorflutssystem bei HW ca. 8 bis 10 m³/s, das sind etwa 90 % des Gesamtabflusses. Der oberirdische Hangzufluss wird auf etwa 1,5 m³/s geschätzt.

Im Niederungsgebiet des Oderbruchs ist aufgrund der klimatischen und hydromorphologischen Verhältnisse Landwirtschaft nur in Verbindung mit Bewässerung möglich. Das hierzu entstandene staubewirtschaftete Grabensystem ermöglicht eine nahezu flächendeckende Grundwasserregulierung, hat zugleich aber zu einem flächigen Absinken der Grundwasserstände in Verbindung mit der Bodendegenerierung geführt.

2.1.2 Klassifizierungsmethodik

Die Untergliederung der wasserwirtschaftlichen Funktion der Gewässer erfolgt nach den Gesichtspunkten:

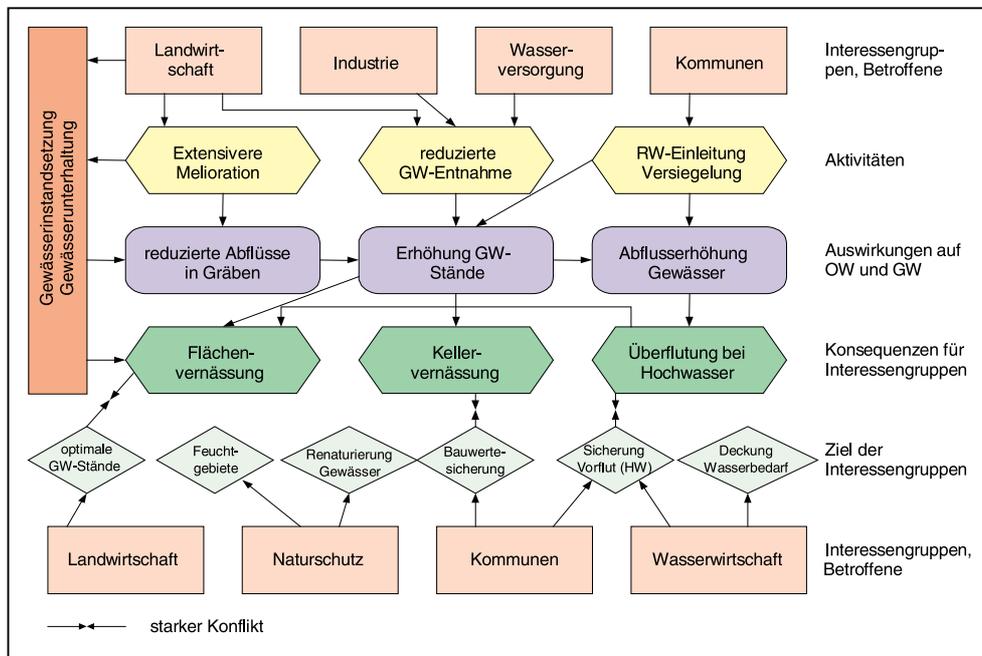


Abb. 2-1: Wasserwirtschaftliche Problemfelder und Ziele

Für die Entwicklung eines Gewässersystems werden in DVWK (1996) Grundsätze formuliert, die nachfolgend kurz charakterisiert werden, soweit sie im Sinne der vorliegenden Aufgabenstellung von Interesse sind:

Einheit von Gewässer und Landschaft

Die Abfluss- und Wasserstandsverhältnisse im Fließgewässersystem bestimmen den Stoff- und Wasserhaushalt besonders in Niederungsgebieten (Oderbruch). Andererseits wirken diese über den Wasser- und Stoffhaushalt und die mehr oder weniger intensive Steuerung von Meliorationssystemen auf das Fließgewässersystem zurück.

Durchgängigkeit und Längskontinuität

Fließgewässer, ihre Auen und Niederungen sind unter natürlichen Bedingungen durchgängige, im Längsverlauf ununter-

- Sicherung der Vorflut,
- Sicherung der Vorflut und Grabeneinstau,
- Grabeneinstau,
- sonstige Gewässer.

Eine wasserwirtschaftliche Funktion ist immer von dem wasserwirtschaftlichen Ziel abhängig. Die wasserwirtschaftlichen Ziele wiederum unterscheiden sich bzgl. des Grades anthropogener Einflussnahme in die natürlichen Abflussverhältnisse und Ansprüche unterschiedlicher Interessengruppen in der Region an die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse. Dazu kommen Anforderungen aus ökologischer Sicht.

In Abbildung 2-1 ist dieses komplexe System von Interessengruppen, Anforderungen und Konflikten schematisch dargestellt (KADEN u.a., 1996).

Eine moderne wasserwirtschaftliche Rahmenplanung muss diesen Problemfeldern und z.T. konträren Zielen Rechnung tragen.

brochene Ökosysteme. Auf die Erhaltung bzw. Wiederherstellung einer den natürlichen Bedingungen entsprechenden Durchgängigkeit und Längskontinuität ist deshalb besonderes Augenmerk zu richten.

Dynamik und Vielfalt

Einzugsgebiet, Niederung und Fließgewässer weisen eine sehr unterschiedliche Dynamik auf, sofern nicht durch anthropogene Eingriffe (wie speziell im Oderbruch) natürliche Bedingungen verändert oder Prozesse beschleunigt werden. Bei den Fließgewässern wird der Strukturreichtum in erster Linie von der Abflusssdynamik bestimmt.

Elastizität und Grenzen der Belastbarkeit

Fließgewässer weisen in der Regel ein hohes Maß an Elastizität und Belastbarkeit auf (im Gegensatz zu Flusseinzugsgebieten und zum Grundwasser). Die Elastizität wird durch permanente

Stoffbelastungen und eine Vergleichmäßigung der Gewässerabflüsse beeinträchtigt.

Nach DVWK (1996) sind ausgehend von den genannten Grundsätzen Leitbilder für die Entwicklung der Gewässersysteme zu erarbeiten. Aus den genannten Grundsätzen leitet sich die Forderung nach ganzheitlichen Betrachtungen ab. Die vorliegende Arbeit trägt zur Entwicklung eines Leitbildes und daraus abgeleiteter konkreter Planungsziele für das Planungsgebiet Oderbruch unmittelbar bei. Wesentlich ist, dass bei Einzelbetrachtungen, wie die in diesem Kapitel dargestellte wasserwirtschaftliche Funktion der Gewässer, immer dem Gesamtsystem der anthropogenen Anforderungen einerseits und dem natürlichen Wirkgefüge andererseits entsprochen wird.

Aus der Aufgabenstellung zur Klassifizierung der Gewässer nach der wasserwirtschaftlichen Funktion leiten sich grundsätzlich drei „Basis“-Funktionen der Gewässer ab, die letztlich nur im Kontext des Gesamtsystems anthropogener Anforderungen und des natürlichen Wirksystems zu behandeln sind:

Sicherung der Vorflut, insbesondere bei Hochwasser

Bereits diese Funktion ist ohne Zusatzinformationen de facto nicht zu klären - eine Vorflut stellt sich praktisch immer ein. Also ist beispielsweise zu präzisieren: Sicherung der Vorflut unter Beachtung von Kriterien wie Häufigkeit von Überschwemmungen, Ausdehnung der Überschwemmungsflächen in Abhängigkeit von der Jährlichkeit und vom Schadensrisiko. Folglich reicht das Spektrum von völlig natürlichen, „ungebändigten“ Vorflutverhältnissen bis zum „100-prozentigen“ Hochwasserschutz, der eine schadlose Vorflut unter fast allen Bedingungen und für alle Flächen im Planungsgebiet gewährleistet. Die Realität kann und muss dazwischen liegen, wie die Ereignisse und die Diskussion um Hochwasser in Deutschland in den vergangenen Jahren offenkundig gemacht haben.

Aus der Sicht der Hochwasserschutzfunktion der Gewässer sei aus einer Entschließung der Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO, 1996) zitiert:

- Um den Erfordernissen des vorbeugenden Hochwasserschutzes gerecht zu werden, soll ... die Freihaltung und Erweiterung von Überschwemmungsgebieten gesichert werden.
- Mit der raumordnerischen Festlegung von Überschwemmungsbereichen sollen die heutigen Überschwemmungsgebiete ... vor entgegenstehenden Nutzungen gesichert werden (Verschlechterungsgebot).
- ... in die festgelegten Überschwemmungsbereiche sollen auch Teile eines ursprünglichen Überschwemmungsgebietes bzw. entsprechend geeignete Flächen einbezogen werden (Verbesserungsgebot).

Von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser wurden Leitlinien für den zukunftsweisenden Hochwasserschutz erarbeitet (LAWA, 1995). Darin wird die Rolle von Bewuchs, Boden, Gelände und Gewässernetz als natürliche Speicher zur Dämpfung von Hochwässern herausgestellt. Im vorliegenden Fall sind die Faktoren Boden (beachte besonders Bodendegradierung durch Entwässerung von Moorböden und Bodenverdichtung) sowie das Gewässernetz im Niederungsgebiet (Rückhaltefunktion) von besonderer Bedeutung.

Wie bereits dargestellt, ist aus der Sicht der Hochwassergenese zwischen dem westlichen Hügelland und dem extrem flachen Oderbruch zu unterscheiden. Im Oderbruch kommt es aufgrund der hydromorphologischen Verhältnisse wegen des Eigenwasserdargebots praktisch nicht zur Hochwasserentstehung¹. Hier spielt das Drängewasser die maßgebende Rolle.

Sicherung der Ableitung von Drängewasser

Diese Funktion ist für das eigentliche Oderbruch dominierend. Aufgrund der Hochlage der Oder kommt es insbesondere bei Hochwasser zu einem massiven Eintritt von Drängewasser, dessen möglichst schadloser Eintritt einerseits und schadloser Abfluss andererseits erforderlich ist. Dabei ist zu beachten, dass das Drängewasserproblem durch den massiven Grabenausbau (mit einer weitgehenden Durchdringung der bindigen Deckschichten) verstärkt wurde. In QUAST (1972) sind Abflussspenden aus Drängewasser bis zu 300 l/s Fluss-km angegeben. Zu beachten ist hier aber auch, dass der Drängewasseranfall umso größer ist, je größer die Wasserstandsdifferenz zwischen der Oder und dem Grundwasser im Oderbruch ist. D.h. höhere Grundwasserstände reduzieren den Drängewasseranfall.

Grabeneinstau zur Bewässerung

Diese Funktion ergibt sich allein aus den Ansprüchen der Landwirtschaft nach optimalen Grundwasserflurabständen im Interesse der Bodenfruchtbarkeit. Sie hängt zugleich davon ab, welche Flächen für die Landwirtschaft zukünftig genutzt werden sollen und können. Klassifizierungen aus der Sicht des Grabeneinstaus orientieren sich deshalb entsprechend dem Bearbeitungsablauf vorrangig am Ist-Zustand.

Aus dem Gesagten folgt, dass letztlich ein fachübergreifendes Flächen- und Gewässermanagement zur Bewahrung und Verbesserung der Umwelt insgesamt zu fordern ist.

Wir halten die obigen Ausführungen für notwendig, weil diese die Anforderungen und Grenzen einer Klassifizierung der Gewässer nach wasserwirtschaftlichen Funktionen deutlich machen. Bei der Klassifizierung der Gewässer im Sinne der genannten Funktionen besteht das Problem, dass die Zielvorstellungen der Wasserbewirtschaftung im Untersuchungsgebiet erst im Rahmen des Gesamtvorhabens präzisiert werden. Die nachfolgend vorgelegte Klassifizierung, die soweit möglich auf vorhandenen Kenntnissen aufbaut, muss deshalb vorläufigen Charakter haben. Zukünftige Fortschreibungen sind sinnvoll und notwendig. Durch den Einsatz eines GIS für die Bearbeitung wird diese Fortschreibung zukünftig rationell möglich.

Als Bearbeitungsgrundlagen der Klassifizierung wurden verwendet:

- Hydrographisches Kartenwerk der DDR,
- Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan „Oderbruch“. 1. Entwurf, Landesumweltamt Brandenburg (LUA, 1993),

¹ Ausnahme bilden seltene Ereignisse, bei denen durch plötzlich eintretendes Tauwetter Schmelzwasser von den Hangflächen zum Oderbruch abgeführt wird und dadurch ein Binnenhochwasser entstehen kann.

- Unterhaltungsrahmenplan für die Wriezener Alte Oder bis Bralitz, Landesumweltamt Brandenburg (LUA, 1995),
- Unterhaltungsrahmenplan für ausgewählte Gewässer im Oderbruch, Landesumweltamt Brandenburg (LUA, 1996),
- Staukonzeption Oderbruch, Landesumweltamt Brandenburg (LUA, 1996),
- Gewässerkataster II. Ordnung, Landesumweltamt Brandenburg (LUA, 1996),
- im Rahmen der vorliegenden Studie erarbeitete digitale Karte des Gewässernetzes mit eingetragenen Stauen,
- Gewässermorphologie,
- historische Karten des Gebietes (alte Messtischblätter),
- Binnenvorflutsystem Oderbruch 1974 (Bestandskarte Meliorationskombinat) als Vergleichsgrundlage für die Zeit vor intensivster Melioration.

2.1.3 Ergebnisse der Klassifizierung

Die Ergebnisse der Klassifizierung sind in den Karten 1-1 und 1-2 dargestellt.

Sicherung der Vorflut

Gemäß Aufgabenstellung ist in die Klassen „Sicherung der Vorflut“ und „Sicherung der Vorflut und Grabeneinstau“ zu unterscheiden. Der „Sicherung der Vorflut“ ist sowohl die Ableitung von Hochwasser als auch Drängewasser zuzuordnen.

Zunächst erfolgte eine Klassifizierung aller Gewässer, die eine (wesentliche) Vorflutfunktion (Vorfluter I) haben, d.h. größere Teileinzugsgebiete entwässern und ein ausreichendes Gefälle aufweisen ($\geq 0,15\%$). Diesen Gewässern zugeordnet sind sonstige Vorfluter (Vorfluter II), die kleinere Teileinzugsgebiete entwässern. Dabei handelt es sich z.T. um die Oberläufe der Vorfluter I sowie um größere Nebengewässer dieser Vorfluter. Zu den Vorflutern II zählen auch die für die Drängewasser-aufnahme wichtigen Gräben an der Oder.

Die Klassifizierung in Vorfluter I und II ist nicht zwingend identisch mit der Klassifizierung in Gewässer I. und II. Ordnung (als verwaltungsrechtliche Klassifizierung). In Anlage 1 ist eine Übersicht der klassifizierten Vorfluter gegeben.

Wie aus Anlage 1 ersichtlich ist, wurde die Funktion „Sicherung der Vorflut“ den wesentlichen Gewässern zugeordnet. Diese Klassifizierung ist aus jetziger Sicht eine realistische Variante, wie sie sich aus den gegebenen hydrologischen, geomorphologischen und wasserwirtschaftlichen Bedingungen ergibt.

Dabei ist offensichtlich, dass hier Gestaltungsspielraum bleibt. Je nach den Zielstellungen der Bewirtschaftung kann weiteren Gräben eine Vorflutfunktion zugeordnet werden (bei weiterhin angestrebter intensiver Landwirtschaft), oder weitere Gräben (oder Grabenabschnitte im Oberlauf) werden bzgl. der Vorflutfunktion aufgegeben.

Sicherung der Vorflut und Grabeneinstau

Die Funktion „Sicherung der Vorflut und Grabeneinstau“ wurde allen Gewässern zugeordnet, die bzgl. „Sicherung der Vorflut“ klassifiziert wurden und zugleich mit Stauen ausgestattet sind. Dabei wurde jeweils dem gesamten Wasserlauf oberhalb eines Staues die Funktion „Grabeneinstau“ zugewiesen. Zum Zeitpunkt der Bearbeitung war eine Eingrenzung der Wirkungsbereiche eines Staues (Stauwurzel) nicht zu ermitteln. Hier spielen insbesondere auch die komplexen Wechselbeziehungen im wasserwirtschaftlichen Gesamtsystem eine bestimmende Rolle.

Grabeneinstau

Die Funktion „Grabeneinstau“ wurde allen Gräben zugeordnet, die sich oberhalb eines Staues befinden. Auch hier besteht das Problem der Ausweisung der Stauwurzel bzw. des Staubereiches, vgl. „Sicherung der Vorflut und Grabeneinstau“.

Sonstige Gewässer (Altarme)

Im Interesse der Übersichtlichkeit wurde diese Klassifizierung differenziert in:

- sonstige Gräben (ohne nachweisbaren Stauinfluss) und
- sonstige Gewässer (Kleinstvorfluter und Altarme).

2.2 Klassifizierung der Gewässer des Oderbruchs nach ihrer ökologischen Funktion

2.2.1 Grundlagen

Im Ergebnis der Konzeptstudie zur Fließgewässersituation im Oderbruch (REUSCH, 1993) wurden Leitbilder für das (Fließ-) Gewässersystem im Oderbruch entwickelt. REUSCH unterscheidet dabei aus der Sicht eines naturnahen Fließgewässersystems:

- Verbindungsgewässer
- Hauptgewässer 1. Priorität
- Hauptgewässer 2. Priorität
- Sonstige Fließgewässer (Nebengewässer).

Als zusätzliche Klasse führt er naturnahe Auengewässer mit besonderer Bedeutung für den Naturschutz ein.

Grundlagen (Kriterien) der Klassifizierung sind:

- vorhandener biotoptypischer Bestand an Arten und Strukturen
- Wasserqualität
- Wasserführung
- Bedeutung des Gewässers als vernetzendes Element von Fließgewässern und sonstigen schutzwürdigen Feuchtbiotopen
- Repräsentanz möglicher naturraumtypischer Gewässertypen
- Vorhandensein negativer Einflüsse.

Auf der Grundlage dieser Klassifizierungsgrundlage erfolgte zunächst die Auswertung bereits vorliegender ökologischer Studien. Ausgehend von den o. g. Kriterien sowie den in ZALF

(1994) und in REUSCH (1993, 1994) dokumentierten Untersuchungen einer Vielzahl von Fließgewässern des Oderbruchs konnten die wesentlichen, für ein „Fließgewässerschutzsystem des Oderbruchs“ wichtigen Verbindungs- sowie Hauptgewässer (1. und 2. Priorität) ermittelt werden. Danach wurden die verbleibenden Gewässer einer weitergehenden Untersuchung unterzogen und ebenfalls nach den o. g. Kriterien klassifiziert.

2.2.2 Ergebnisse der Klassifizierung

Die Ergebnisse der Klassifizierung sind in den Karten 1-1 und 1-2 dargestellt.

Verbindungsgewässer

Entsprechend der Definition von DAHL und HULLEN, 1989 (siehe auch REUSCH, 1993) durchfließen Verbindungsgewässer mehrere naturräumliche Regionen und sind somit für den „Austausch“ von Fließgewässerorganismen von großer Bedeutung. Im Falle des Oderbruchs hat lediglich die Alte Oder diesen Status.

Hauptgewässer

Hauptgewässer 1. Priorität sind durch größere Abschnitte gekennzeichnet, die sich im naturnahen Zustand befinden bzw. ein entsprechendes Entwicklungspotential aufweisen. Hauptgewässer 2. Priorität haben dagegen nur in kurzen Teilstrecken noch naturnahe Biotope und sind nur eingeschränkt von den für sie typischen Fließwasserarten bewohnt.

Auf der Grundlage neuerer Erkenntnisse über die Fließgewässertypen im Flachland (NRW, 1995) wurde im Zusammenhang mit der ökologischen Klassifizierung der Gewässer auf den Begriff Auengewässer als Gewässertyp verzichtet, da es sich in diesem Falle ebenfalls um Fließgewässer, um sog.

„Niederungsbäche“ handelt, die im einzelnen jedoch eine Bedeutung als Auengewässer haben können. Aufgrund ihrer Bedeutung für den Naturschutz kommt den bei REUSCH unter „naturnahe Auengewässer“ benannten Niederungsbächen der Status von Hauptgewässern zu.

Die Ergebnisse der Klassifizierung auf der Grundlage o. g. Unterlagen ist in Anlage 2 gegeben.

Nach der Klassifizierung aller bereits untersuchten Fließgewässer entsprechend ihrer ökologischen Funktion wurden diejenigen Gewässer in die o. g. Kategorien eingeordnet, für die keine Untersuchungsergebnisse vorlagen. Die Klassifizierung dieser zumeist kleineren Gräben bzw. Bäche (überwiegend Gewässer II. Ordnung) erfolgte auf der Grundlage der TK 1:25.000, der digitalisierten Gewässerkarte und mittels Ortsbegehungen.

Im Ergebnis der Bearbeitung wurden 10 Fließgewässer ausgewählt, die als potentiell ökologisch wertvoll weiter betrachtet wurden. Diese 10 Fließgewässer wurden im Rahmen von Ortsbegehungen punktuell charakterisiert, wobei jeweils Abschnitte von 50 bis 100 Metern abgelaufen wurden. Auf der Grundlage von Kriterien wie Gewässerverlauf, Gewässerbett/Substrate, Verbau/Querbauwerke, Vegetation, Lichtverhältnisse, Fließgeschwindigkeit und teilweise auch der Besiedelung mit Tieren des Makrozoobenthos (Stichprobe) erfolgte dann die Einstufung dieser Bäche in die Kategorien nach REUSCH (1993). Auf umfangreiche, den Arbeiten von REUSCH (1994) bzw. ZALF (1994) entsprechende Felduntersuchungen musste im Rahmen der vorliegenden Aufgabe verzichtet werden. Dies sollte aber die durchgeführte Klassifizierung nicht grundsätzlich in Frage stellen.

Nach der Ortsbegehung wurden 6 Gewässer (-abschnitte) als ökologisch wertvoll eingestuft. Diese sind ebenfalls in Anlage 2 zusammengestellt.

2.3 Erfassung und Darstellung von Stellgliedern, Schöpfwerksgebieten und Messstellen

Die im Untersuchungsgebiet Rahmenplan liegenden und nachfolgend aufgeführten Stellglieder, Schöpfwerksgebiete, Deiche und Messstellen wurden digital erfasst. Sie sind in den Karten 1-1 und 1-2 dargestellt.

2.3.1 Stau und Heber

2.3.1.1 Grundlagen und Erfassung

Grundlage der Bearbeitung waren die Angaben zu den Stauen und Wehren im Oderbruch aus folgenden Dokumentationen:

- Gewässerkataster des Oderbruchs II. Ordnung (GEDO, 1997),
- Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Oderbruch (LUA, 1993),
- Staukonzeption „Oderbruch“ (LUA, 1996).

Der Staukonzeption „Oderbruch“ (LUA, 1996) wurden die Angaben von 23 Stauen und Wehren der Gewässer I. Ordnung entnommen (vgl. Tab. 2-1).

Angaben zu den Stauen und Wehren der Gewässer II. Ordnung stehen sowohl aus dem Gewässerkataster II. Ordnung (GEDO, 1997) als auch im wasserwirtschaftlichen Rahmenplan Oderbruch – Erster Entwurf (LUA, 1993) zur Verfügung.

Insgesamt wurden auf diesen Grundlagen die Parameter von 310 Stau und Wehre der Gewässer II. Ordnung für das Untersuchungsgebiet Rahmenplan digitalisiert und tabellarisch aufgearbeitet.

2.3.1.2 Einteilung aller Stau in „echte Stau“ und „Verteilerbauwerke“

Die Einteilung aller Stau in „echte Stau“ und „Verteilerbauwerke“ wurde nach Abschluss der Digitalisierung des Gewässernetzes und der digitalen Aufnahme der Stau und Wehre durchgeführt. Von den insgesamt 310 Stauen II. Ordnung sind 233 „echte Stau“ und 77 „Verteilerbauwerke“.

2.3.2 Schöpfwerksgebiete

Die Schöpfwerksgebiete wurden aus dem Gewässerkataster II. Ordnung (GEDO, 1997) übernommen.

Insgesamt liegen 38 Schöpfwerke im Untersuchungsgebiet Rahmenplan. Davon zählen 3 Schöpfwerke zu den Schöpfwerken I. Ordnung und 35 Schöpfwerke zur II. Ordnung. Eine Aufstellung der Schöpfwerke ist in Tabelle 2-2 gegeben. Das Schöpfwerk Kietz/Küstrin wurde 1999 rückgebaut.

Tab. 2-1: Stau und Wehre der I. Ordnung

Nr.	Gewässer	Bezeichnung
1	Graben E	Biberstau
2	Bullergraben	Stau "Menge"
3	Graben O	Wehr bei Reitwein
4	Bullergraben	Wehr Reitwein/Tritfweg
5	Manschnower Alte Oder	Mühlenwehr Manschnow
6	Norkgraben	Stau Gorgast
7	Schleusengraben	Wehr Golzow
8	Richtgraben	Wehr Golzow
9	Letschiner Hauptgraben	Wehr Zechin
10	Letschiner Hauptgraben	Wehr Letschin
11	Letschiner Hauptgraben	Wehr Sietzing
12	Letschiner Hauptgraben	Wehr Herrenhof
13	Parmesegraben	Parmesestau
14	Kruschkengraben	Stau Kienitzer Str.
15	Kruschkengraben	Wehr Ortwig
16	Kruschkengraben	Stau Neubarnim
17	Neubarnimer Stadtgraben	Wehr Altiewin
18	Volzine	Wehr Zuckerfabrik
19	Volzine	Wehr Bochowslos
20	Güstebieser Alte Oder	Wehr Wriezen
21	Schleusengraben	Wehr Werbig
22	Quappendorfer Kanal	Wehr Quappendorf
23	Freienwalder Landgraben	Wehr Altranft

2.3.3 Erfassung und Darstellung aller Oberflächenwasser- und Grundwassermessstellen (Menge und Beschaffenheit)

Die Stammdaten der folgenden Messstellen wurden vom Landesumweltamt bereitgestellt:

- Oberflächenwassermessstellen des gewässerkundlichen Landesmessnetzes und Betriebspegel mit sporadischer Messung,
- Wassergütemessstellen Oberflächenwasser,
- Grundwasserstandsmessstellen,
- Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen.

Bei der Darstellung der Messstellen wurde unterschieden zwischen Wasserstandsmessstellen und Wasserstandsmessstellen mit Abflussbeobachtung. Als Pegel werden im Untersuchungsgebiet Lattenpegel, Registrierpegel und Registrierpegel mit Anrufbeantworter verwendet.

Tab. 2-2: Schöpfwerke I. und II. Ordnung

Nr. *)	Schöpfwerksnummer	Name	Ordnung
1	2601	Tergelgraben	II
2	2602	Seelow II	II
3	2603	Seelow I	II
4	2604	Seelow III	II
5	2605	Scherickengraben	II
6	2606	Manschnow	II
7	2607	Pommling	II
8	2608	Steintoch	II
9	2609	Wensegraben	II
10	2610	Neubarnim II	II
11	2611	Neubarnim III	II
12	2613	Sietzing	II
13	2614	Jahnsfelde	II
36	2616	Golzow	II
14	3601	Falkenberg	II
15	3602	Frw. Güterbahnhof	II
16	3603	Frw. Kietz	II
17	3604	Frw. Rohrstieggraben	II
18	3605	Gabow	II
19	3606	Paulshof I	II
20	3607	Paulshof II	II
21	3608	Altreetz	II
23	3609	Zäckericker L.	II
24	3610	Thöringswerder	II
25	3611	Bliesdorf	II
26	3612	Neulewin	II
27	3613	Zollbrücke	II
28	3614	Bienenwerder	II
29	3615	Bralitz I	II
30	3616	Bralitz II	II
31	3617	Nasser Polder Güsteb. L.	II
32	3618	Bochowslos	II
33	3619	Bochegraben Güstebiese	II
34	3620	Liepe	II
35	3621	Hohensaaten	II
II		Neutomow	I
III		Altornow	I
I		Kietz/Küstrin	I

Nr. *) Nummer in Karten 1-1 und 1-2

2.3.4 Deiche

Unterschieden werden:

- Hauptoderdeich und
- Schlafdeiche.

Der Hauptoderdeich im Untersuchungsgebiet hat eine Länge von ca. 76,8 km. Die Länge der Schlafdeiche beträgt ca. 90,2 km.

3 Bestimmen der Zielgrößen des Wasserhaushalts, Defizitanalyse

Entscheidende Kenngröße für die Erarbeitung von Zielgrößen einer Staukonzeption im Oderbruch ist der Grundwasserflurabstand. Dabei ist zu beachten, dass in Abhängigkeit von der aktuellen Landnutzung und den Bodenverhältnissen unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich der Zielgrößen des Grundwasserflurabstandes gegeben sind.

Daher waren im Rahmen der Defizitanalyse folgende Leistungen zu erbringen:

- Erarbeitung einer Grundwasserflurabstandskarte (IST-Zustand)
- Erarbeitung von Richtwerten für einen optimalen Grundwasserflurabstand unter Berücksichtigung der speziellen pedohydrologischen Charakteristika des Oderbruchs so-

wie einer standortgerechten Nutzung in Abhängigkeit von Bebauung, Schutzgebieten usw.

- Ausgrenzung und Bewertung vernässter und zu trockener Flächen
- Zielstellungen für die Wasserbewirtschaftung.

Bei der Erarbeitung der Grundwasserflurabstandskarte und der Richtwerte für den Grundwasserflurabstand war es sinnvoll, nur das eigentliche Oderbruch zu bearbeiten. Im Bereich der westlichen Hochfläche des Untersuchungsgebietes Rahmenplan sind aufgrund der großen Grundwasserflurabstände keine Richtwerte erforderlich, darüber hinaus ist die verfügbare Datengrundlage (Grundwasserstände) für eine derartige Analyse nicht ausreichend.

3.1 Erstellung von Karten der Grundwasserflurabstände

3.1.1 Grundwassergleichen

Die Grundwassergleichen als Grundlage für die Erstellung der Grundwasserflurabstände (vgl. Kap. 3.1.2) zur Defizitanalyse wurden für drei charakteristische Grundwasserverhältnisse erstellt:

- *Niedriger GW-Stand*
Stichtagsmessung 01.09.1992 (NW-Zustand)
- *Mittlerer GW-Stand*
Stichtagsmessung 01.07.1989 (MW-Zustand)
- *Hoher GW-Stand*
Stichtagsmessung 01.04.1981 (HW-Zustand).

Weiterhin wurde in die Untersuchung das Sommerhochwasser der Oder vom Juli/August 1997 aufgenommen :

- *Sommerhochwasser der Oder SHW97*
Stichtagsmessung 08.08.1997.

Für die Erstellung der Grundwassergleichen wurde das Programm ArcISO der WASY GmbH eingesetzt. Die Berechnung und Ausgabe der Isolinien erfolgte im 0,5 m Intervall.

Generell wird die Güte der Grundwassergleichenpläne für die Gesamtbetrachtung des Oderbruchs als gut eingeschätzt. Die Messstellendichte (ca. 250 Messstellen je Ereignis) und -verteilung sind angemessen. Das bedeutet aber nicht, dass

nicht lokal Differenzen zwischen tatsächlichen und interpolierten Grundwasserständen auftreten können. Neben rein interpolationstechnisch bedingten Abweichungen können diese auch hydrogeologisch begründet sein. Das betrifft insbesondere Bereiche mit starken Änderungen der hydrogeologischen Verhältnisse (z. B. Wechsel zwischen unbedecktem und bedecktem Grundwasserleiter), den Übergangsbereich zur Hochfläche oder den Nahbereich von Vorflutern und Stauanlagen. In diesen Bereichen sind differenzierte Analysen nur in Verbindung mit einem Grundwassermodell (vgl. Kap. 4 und 5) durchführbar.

3.1.2 Grundwasserflurabstände (IST)

Für die Berechnung des Flurabstandes wurde ebenfalls das Programm ArcISO benutzt. Die Flurabstände ergeben sich als Differenz der Geländehöhe aus dem digitalen Höhenmodell und des Grundwasserstandes aus der interpolierten Grundwasseroberfläche (vgl. Kap. 3.1.1).

Aus dem berechneten GRID wurden analog zur Grundwasseroberfläche Isolinien und Isoflächen berechnet. Die berechneten Grundwasserflurabstände liegen ebenfalls digital und analog (Karten im Maßstab 1:200.000, vgl. Karte 3 für MW 01.07.1989) vor.

Die Grundwasserflurabstände wurden mit dem GIS einer statistischen Analyse unterzogen. Das Ergebnis ist in Tabelle 3-1 zusammengestellt. In der Statistik nicht berücksichtigt wurde die Neuenhagener Insel.

Tab. 3-1:
Flächenstatistik der Grundwasserflurabstände

Flurabstand	Niedriger GW-Stand (NW am 01.09.1992)		Mittlerer GW-Stand (MW am 01.07.1989)		Hoher GW-Stand (HW am 01.04.1981)	
	ha	%	ha	%	ha	%
≤ 0	3.005	4,3	4.506	6,4	12.413	17,7
> 0 bis 1	10.852	15,5	13.990	20,0	23.048	32,9
> 1 bis 2	30.692	43,8	31.156	44,5	25.823	36,9
> 2	25.457	36,4	20.338	29,1	8.690	12,4

Ausgewiesene Flurabstände ≤ 0 bedeuten nicht zwingend, dass das jeweilige Gelände unter Wasser steht. In der Regel handelt es sich dabei um gespannte Grundwasserverhältnisse im bedeckten Grundwasserleiter.

In Abbildung 3-1 ist ein graphischer Vergleich der Grundwasserflurabstände gegeben.

Bei der Bewertung der Genauigkeit der Grundwasserflurabstände ist die Qualität der Basisdaten zu beachten. Das gilt einerseits für die Interpolation der Grundwasserstände (s.o.), andererseits insbesondere hinsichtlich des Digitalen Geländemodells (DGM). Die ermittelten Grundwasserflurabstände werden dementsprechend großräumig den tatsächlichen Bedingungen entsprechen. Lokale Abweichungen, bedingt vor allem durch Ungenauigkeiten im DGM, können naturgemäß nicht ausgeschlossen werden. Konsequenzen für die großräumige Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung dürften damit aber kaum verbunden sein.

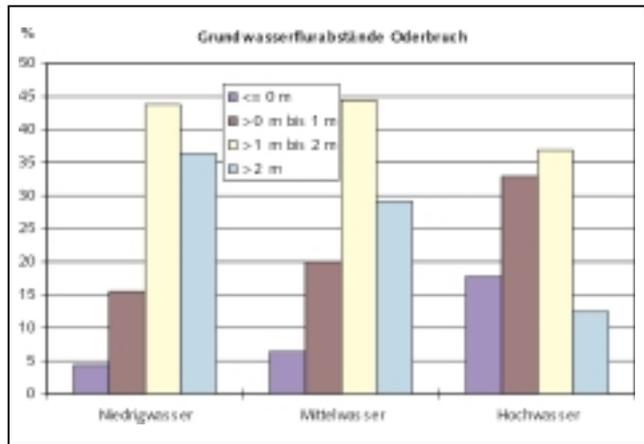


Abb. 3-1:
Verteilung der Grundwasserflurabstände im Oderbruch

3.2 Defizitanalyse und Erarbeitung der Zielgrößen des Wasserhaushalts für das Oderbruch

Mit der Erstellung von Karten der Grundwasserflurabstände (vgl. Kap. 3.1.2) wurde eine wichtige Grundlage zur Charakterisierung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse im Oderbruch erarbeitet. Die Kenngröße „Grundwasserflurabstand“ an sich ist aber wertfrei. Es gibt keinen guten oder schlechten Grundwasserflurabstand. Eine Wertung und Defizitanalyse setzt die Vorgabe von Zielgrößen voraus. Das Spektrum kann dabei von flurnahem Grundwasser (z.B. für Feuchtgebiete aus der Sicht des Naturschutzes) über optimierte Grundwasserflurabstände für die Landwirtschaft bis zu großen Grundwasserflurabständen aus bautechnischer Sicht reichen. Bereits diese Aufzählung macht deutlich, dass hier unterschiedlichen Interessen und Zielen Rechnung getragen werden muss. Dieser Aspekt wird u.a. auch von TISCHER (1997) klar herausgestellt:

„Das Oderbruch ist in der Gesamtheit ein wertvolles Gebiet. In diesem hinsichtlich Böden, Relief und Wasserregime so heterogenen Gebiet treten in den Teileinzugsgebieten kleinräumig deutlich unterschiedliche Bedingungen auf. In diesem ökologisch sensiblen System ist es, ohne schwerwiegende Folgen zu verursachen, nicht möglich, die Wasserbewirtschaftung, die Unterhaltung der Gewässer und Anlagen sowie den Hochwasserschutz voneinander losgelöst zu betrachten. Dieses komplexe Wirken von Naturgesetzen und den unterschiedlichen Interessen der Landwirte, des Naturschutzes, der Binnenschifffahrt bedarf einer sorgfältigen Grundlage zur Abwägung der Vor- und Nachteile, um einen Konsens zu erzielen“.

Auf die Wechselwirkung zwischen der wasserwirtschaftlichen Funktion von Gewässern und wasserwirtschaftlichen Anlagen sowie spezifischen wasserwirtschaftlichen Zielen wurde im Kapitel 2 bereits eingegangen. Wenn beispielsweise für ein Teilgebiet das Ziel besteht, den Grundwasserstand künstlich niedrig zu halten, so benötigt man eine künstliche Vorflut. Ein vorhandenes Gewässer ist entsprechend auszubauen. Das gleiche Gewässer kann renaturiert werden, wenn bzgl. der Grundwasserstände keine Restriktionen bestehen.

Die Entscheidungsfindung für Zielgrößen des Wasserhaushalts ist in einen komplizierten Entscheidungsprozess eingebunden, der unterschiedliche, zum Teil konträre Interessen

widerspiegelt. In Abbildung 3-2 ist der Entscheidungsprozess im Sinne der vorliegenden Aufgabe vereinfacht dargestellt.

Grundlage des Entscheidungsprozesses sind die Analyse des IST-Zustandes des Wasserhaushalts sowie die Definition der Anforderungen an den Wasserhaushalt seitens der unterschiedlichen Interessengruppen (hier insbesondere Wasserwirtschaft, Landwirtschaft und Naturschutz).

Aus dem Vergleich von IST-Zustand und Anforderung ergibt sich das Defizit, dessen Behebung durch geeignete Maßnahmen (Plan) angestrebt wird. Auf der Grundlage der Maßnahmen kann eine Prognose des SOLL-Zustandes erfolgen. Sofern die Defizite aus der Sicht der Interessengruppen differieren (was zu erwarten ist), werden unterschiedliche Maßnahmen konzipiert und unterschiedliche Prognose-Ergebnisse vorliegen – mit entsprechendem Konfliktpotential. Diese Konflikte müssen letztlich in einem interaktiven und iterativen Prozess aufgelöst werden und im vorliegenden Fall im Wasserwirtschaftlichen Rahmenplan gipfeln.

Es ist nicht Aufgabe der vorliegenden Arbeit (und kann es auch nicht sein), diesen Entscheidungsprozess bis zum Ende zu führen. Ziel der Untersuchung ist, bestehende Defizite (auch aus verschiedener Sicht) aufzuzeigen, Zielgrößen und Maßnahmen (in Varianten) abzuleiten.

Nicht Bestandteil der vorliegenden Untersuchungen sind mögliche Konsequenzen aus dem extremen Hochwasser 1997. Eine Vielzahl z.T. konträrer Vorstellungen einerseits und die noch nicht abgeschlossenen Arbeiten zur Verbesserung des Hochwasserschutzes andererseits ließen eine Berücksichtigung in der vorliegenden Untersuchung nicht zu.

Wechselbeziehungen zwischen Staukonzept und Hochwasserschutz bestehen z.B. dann, wenn für den Hochwasserschutz zusätzliche Retentionsflächen geschaffen werden, deren Bewirtschaftung dann u.U. anderen Anforderungen unterliegt als bisher. Als Beispiel sei hier nur die Umwidmung von Acker in Grünland genannt. Die Konsequenz sind dann veränderte Anforderungen an die Grundwasserflurabstände.

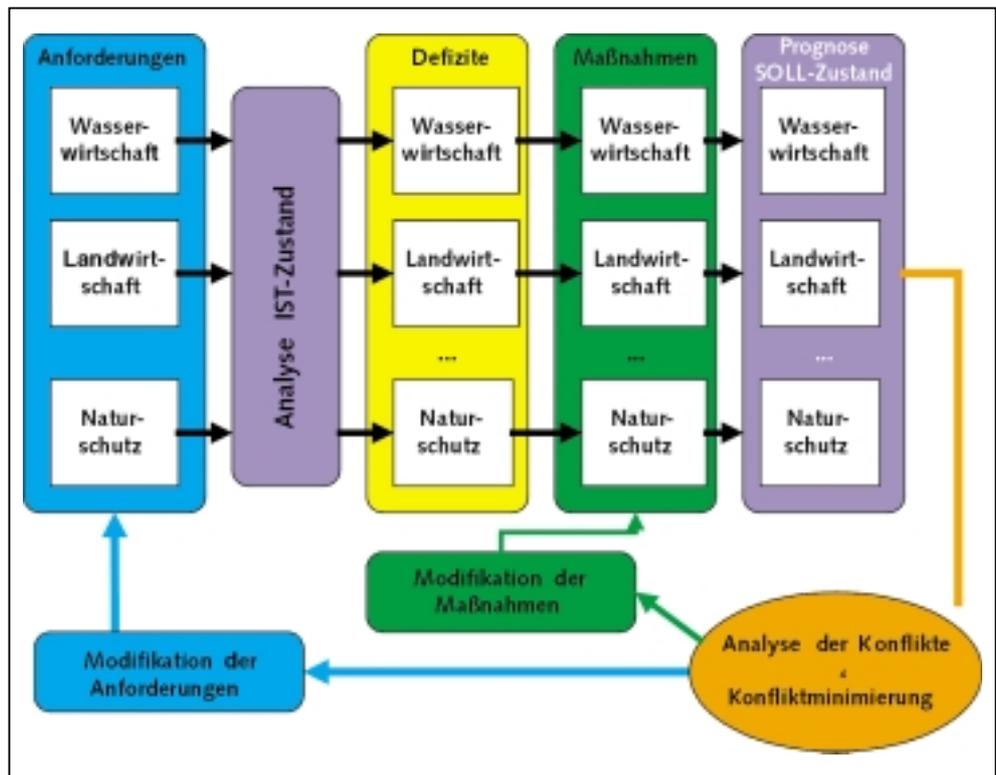


Abb. 3-2:
Entscheidungsprozess

3.2.1 Anforderungen an den Wasserhaushalt

Nachfolgend werden die Anforderungen aus der Sicht der maßgeblichen Interessengruppen zusammengestellt. Eine wichtige Grundlage bildet hierfür die diesbezügliche Beratung vom 11. Juni 1997 beim Gewässer- und Deichverband Oderbruch (GEDO) in Seelow.

Landwirtschaft

Der aktuelle Grundwasserflurabstand mit bis zu 2 m unter Gelände wird als zu groß bewertet. Gefordert werden:

Ackerwirtschaft	0,7 m bis 1,4 m und
Grünland	0,5 m.

Die Schaffung eines 3 km breiten binnenseitigen Grünlandstreifens mit extensiver Bewirtschaftung entlang der Oder (in der Diskussion) wird nicht befürwortet. Denkbar wären nach Ansicht der Vertreter der Landwirtschaft 300 bis 500 m.

Weiterhin wurde darauf verwiesen, dass unter Beachtung der Wasserhaushaltssituation des Oderbruchs auch zukünftig Zuschusswasser durch Oderwasserüberleitung (Heber) erforderlich ist.

Neben diesen generellen Aussagen sind die landwirtschaftlichen Vorranggebiete und Vorsorgegebiete sowie die Schutzgebiete zu berücksichtigen.

Vorranggebiete haben den Charakter von Zielen der Raumordnung und Landesplanung, die bei nachfolgenden Planungen zu beachten sind. Sie umfassen weitere, aus der Sicht des Landes bedeutsame Gebiete, die mit Mitteln der Raumordnung und Landesplanung einen wirksamen Schutz vor anderen Nutzungsansprüchen erhalten sollten. Diese Vorranggebiete sind behördenverbindlich. Vereinfacht kann hier ein-

geschätzt werden, dass praktisch das gesamte Oderbruch gemäß den vorliegenden Planungen landwirtschaftliches Vorranggebiet ist.

In Vorsorgegebieten sollten alle Nutzungen nach Möglichkeit nicht beeinträchtigt werden. Eine strikte Vereinbarkeitsforderung wie bei Vorranggebieten ist nicht gegeben.

Naturschutz

Die Anforderungen des Naturschutzes an den Wasserhaushalt stehen häufig besonders konträr zu denen einer (intensiven) Landwirtschaft. Als Beispiel sei hier die Entwicklungskonzeption zum Poldergebiet der Oderaue (Nationalpark „Unteres Odertal“) genannt (LRP, 1996). Danach wird, neben der Öffnung der Polder, u. a. die Erhöhung der Grundwasserstände bis zur Wiederherstellung der natürlichen Grundwasserhältnisse gefordert.

Für das Oderbruch liegen seitens des Naturschutzes keine vergleichbaren Anforderungen vor. Aus der Schutzgebietskarte des Landkreises Märkisch-Oderland wird deutlich, dass sich die Schutzgebiete auf die Hochfläche bzw. die Übergangsbereiche konzentrieren. Im eigentlichen Oderbruch sind Schutzgebiete nur sehr kleinräumig ausgewiesen.

Seitens des Landesumweltamtes Brandenburg (Abteilung N) wurden folgende generelle Anforderungen für das Oderbruch formuliert:

- Eine Wiedervernässung des Oderbruchs ist nicht das Ziel des Naturschutzes.
- Für den Naturschutz von Bedeutung sind Flächen, die nicht oder schwer zu bewirtschaften sind.
- Ökologisch interessant sind die Trockenhänge und das Odervorland sowie eine Wiederherstellung des Biotopverbundes.

- Ein Grünlandgürtel unterschiedlicher Breite (auch mit Unterbrechungen) entlang der Oder wird als sinnvoll erachtet. Bei der Umwandlung von Acker- in Grünland sind die konkreten Auswirkungen auf die Betreiber zu untersuchen.
- Die vorhandenen Schutzgebiete müssen berücksichtigt werden. Für den Bereich der Güstebieser Alten Oder ist ein weiteres Schutzgebiet in Vorbereitung.
- Die Ergebnisse des Landschaftsrahmenplans „Märkisch-Oderland“ sind zu berücksichtigen.

Bei den Naturschutzzielen werden für die einzelnen Schutzgebiete unterschiedliche vorrangige Schutzziele angegeben. Angaben zum Grundwasserflurabstand liegen nicht vor. Aus Erfahrungen aus vergleichbaren Projekten kann aber von folgenden Orientierungswerten ausgegangen werden:

Tr – Trockenrasen ²	GW-Flurabst. > 1m
AuG – Auengrünland	GW-Flurabst. < 0,5 m
K – Komplexes Schutzziel	keine Vorgaben.

Wasserwirtschaft

Das Oderbruch muss als Kulturlandschaft erhalten bleiben. Wichtige Randbedingung für alle Betrachtungen ist der Hochwasserschutz. Diese Aussage hat nach dem Sommerhochwasser eine neue Dimension erhalten.

Die Landwirtschaft ist und wird voraussichtlich eine wichtige Erwerbsquelle im Oderbruch bleiben. Daher ist die künftige landwirtschaftliche Nutzung für die Strategie der Wasserwirtschaft von großer Bedeutung.

Erwartet werden Einspareffekte infolge Reduzierung des Instandhaltungsaufwandes an wasserwirtschaftlichen Anlagen.

Sonstige

Zusätzlich zu beachten sind Anforderungen an die Grundwasserflurabstände in bebauten Gebieten (Industriebauten und Wohnbauten). Recherchen des Landesumweltamtes bei der zuständigen Bauverwaltung haben keine differenzierte Aussage erbracht. Als Orientierungswert wird nachfolgend, d.h. im Rahmen der Defizitanalyse, für bebaute Flächen generell von einem Ziel-Grundwasserflurabstand > 2 m ausgegangen.

3.2.2 Defizitanalyse

Zunächst wurden mit dem GIS statistische Analysen der Grundwasserflurabstände aus der Sicht der einzelnen Anforderungen (vgl. Kap. 3.2.1) durchgeführt. Wie im Kapitel 3.1.2 wurde hierbei die Neuenhagener Insel ausgeblendet.

In Tabelle 3-2 ist die Flächenstatistik der **landwirtschaftlichen Vorranggebiete** zusammengestellt. In Abbildung 3-3 ist das Ergebnis graphisch dargestellt.

Darüber hinaus erfolgte eine differenzierte Analyse entsprechend den im Kapitel 3.2.1 gegebenen Anforderungen an die Grundwasserflurabstände für **Acker- und Grünland**. Bei der Auswertung ist zu beachten, dass die Differenzierung in Acker- und Grünland dem DLM des Landesvermessungsamtes (ATKIS) entnommen wurde und nicht zwingend den aktuellen Stand widerspiegelt. Das Ergebnis ist in Tabelle 3-3 zusammengestellt und in Abbildung 3-4 graphisch illustriert.

Bei Betrachtung der Grundwasserflurabstände bei HW bzw. NW verschieben sich die Flächenanteile in erster Linie in den Extrema. Der Anteil zu nasser Flächen wird größer (kleiner) zu Lasten (zu Gunsten) der zu trockenen Flächen.

In Abbildung 3-4 und Karte 2 sind die Ergebnisse der Analyse für den MW-Zustand bzgl. der landwirtschaftlichen Vorranggebiete graphisch dargestellt. Aus Karte 2 wird auch visuell sehr deutlich, dass die Grundwasserflurabstände in weiten Teilen des Oderbruchs bei Werten > 1,4 m liegen und damit aus Sicht der Landwirtschaft zu hoch sind.

In Tabelle 3-4 und Abbildung 3-5 sind die Ergebnisse der Flächenstatistik für die **bebauten Gebiete** dargestellt. Tabelle 3-4 macht deutlich, dass in den bebauten Gebieten gegenwärtig in der Regel ausreichende Grundwasserflurabstände bestehen.

Auf die ursprünglich vorgesehene differenzierte Berücksichtigung der **Bodentypen** bei der Analyse wurde verzichtet. Wie die digitale Aufnahme der Bodentypen zeigt, dominieren hydromorphe Auenböden. Von Interesse dürften allerdings die (kleinräumigen) Torfböden in den Bereichen um Bad Freienwalde (Freienwalder Landgraben, Bubber), bei Eichwerder sowie vereinzelt im Übergangsbereich Hochfläche/Niederung sein. Für diese Böden sollten Grundwasserflurabstände < 0,5 m angestrebt werden. Die GIS-Statistik weist im IST-Zustand für diese Flächen einen Flurabstand < 0 m bis 1 m aus. Eine Ausnahme ist der Bereich bei Eichwerder, wo Flurabstände bis zu 2,5 m ermittelt wurden.

3.2.3 Zielstellungen für die Wasserbewirtschaftung

Auffällig ist, dass in weiten Teilen des zentralen Bereichs des Untersuchungsgebietes Oderbruch bis fast an die Oder heran zu große Grundwasserflurabstände dominieren (vgl. Karte 2). Demgegenüber ist der nördliche Teil durch geringe, aus der Sicht der Landwirtschaft vermutlich zum Teil zu geringe Flurabstände gekennzeichnet. Gleiches gilt für den westlichen Bereich am Übergang zur Hochfläche.

In den Grundwassergleichenplänen fällt die ausgeprägte Grundwasserdepression im Raum süd-östlich Neutornow auf. Diese, offensichtlich durch die Schöpfwerke in diesem Gebiet verursachte Absenkung führt dazu, dass die Grundwasserflurabstände in diesem Raum weitgehend den Anforderungen der Landwirtschaft entsprechen dürften (vgl. Karte 2). Aus dem Grundwassergleichenplan wird aber auch deutlich, dass sich diese Depression relativ weit nach Süd-Ost erstreckt. Die Konsequenz sind zu hohe Grundwasserflurabstände in weiten Teilen im mittleren Bereich des Untersuchungsgebietes.

In weiten Teilen des Oderbruchs wurde mit der intensiven Melioration in der Vergangenheit offensichtlich zuviel getan. Tiefe Entwässerungsgräben haben letztlich zu einer Entwässerung geführt, die auch über die Ziele der Landwirtschaft hinausgeht. Das bedeutet zugleich, dass generell, vor allem aber in Trockenperioden erheblicher Zuschusswasserbedarf besteht.

Einen weiteren interessanten Vergleich bietet die Gegenüberstellung der Grundwasserflurabstände bei HW und MW. Während bei MW überwiegend zu hohe Grundwasserflurabstände

² Im eigentlichen Oderbruch nicht relevant.

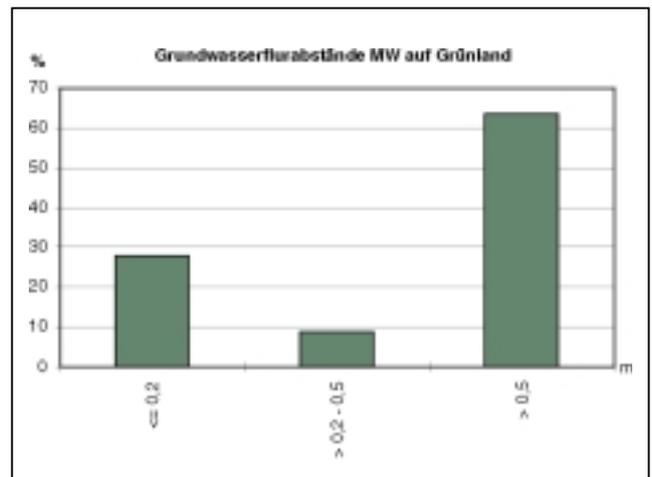
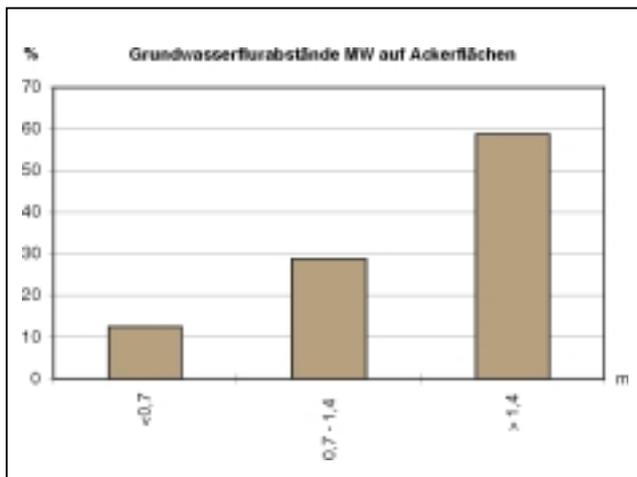


Abb. 3-3: Grundwasserflurabstände in landwirtschaftlichen Vorranggebieten

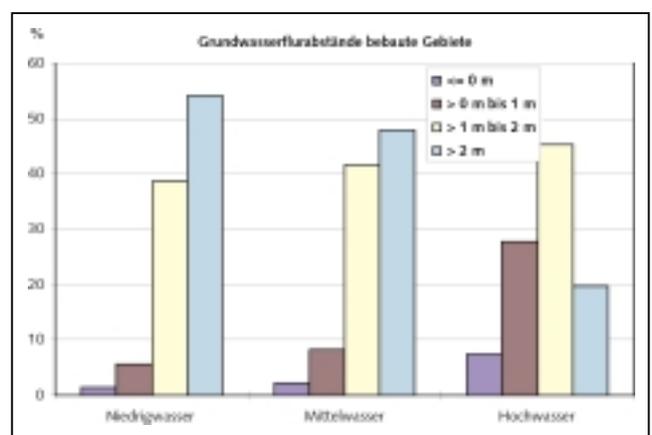
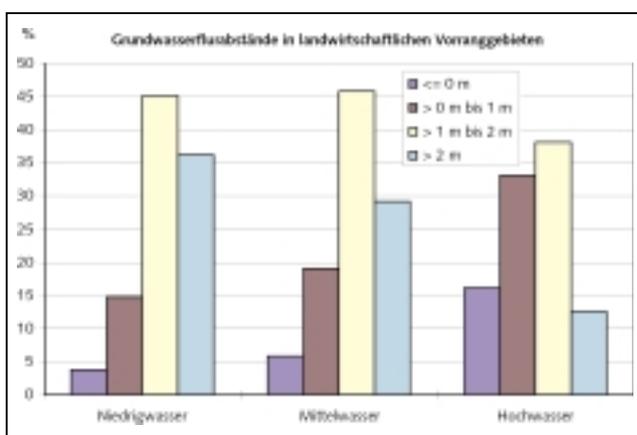


Abb. 3-4: Grundwasserflurabstände in landwirtschaftlichen Vorranggebieten bei MW

Abb. 3-5: Grundwasserflurabstände in bebauten Gebieten

Tab. 3-2:
Flächenstatistik der Flurabstände für landwirtschaftliche Vorranggebiete

Flurabstand	Niedriger GW-Stand (NW am 01.09.1992)		Mittlerer GW-Stand (MW am 01.07.1989)		Hoher GW-Stand (HW am 01.04.1981)	
	ha	%	ha	%	ha	%
≤ 0	2.472	3,8	3.830	5,9	10.531	16,2
> 0 bis 1	9.603	14,7	12.434	19,1	21.585	33,1
> 1 bis 2	29.469	45,2	29.902	45,9	24.906	38,2
> 2	23.615	36,2	19.004	29,2	8.146	12,5

Tab. 3-3:
Flächenstatistik der Flurabstände für landwirtschaftliche Vorranggebiete bei MW, differenziert nach der Landnutzung

Acker mit Flurabstand	Mittlerer GW-Stand (MW am 01.07.1989)		Grünland mit Flurabstand	Mittlerer GW-Stand (MW am 01.07.1989)	
m	ha	%	m	ha	%
< 0,7	6.497	12,4	≤ 0,2	1.439	27,8
0,7 - 1,4	15.084	28,8	> 0,2 - 0,5	449	8,7
> 1,4	30.781	58,8	> 0,5	3.293	63,6

Tab. 3-4:
Flächenstatistik der Flurabstände für bebauten Gebiete

Flurabstand	Niedriger GW-Stand (NW am 01.09.1992)		Mittlerer GW-Stand (MW am 01.07.1989)		Hoher GW-Stand (HW am 01.04.1981)	
	ha	%	ha	%	ha	%
≤ 0	56	1,5	81	2,2	269	7,4
> 0 bis 1	208	5,7	302	8,3	1.009	27,7
> 1 bis 2	1.405	38,6	1.518	41,6	1.649	45,3
> 2	1.973	54,2	1.750	47,9	716	19,7

zu verzeichnen sind, verschiebt sich das Bild bei HW im mittleren Bereich des Untersuchungsgebietes zugunsten von Flurabständen zwischen 0,5 und 1,5 m. Die Konsequenz sind allerdings Vernässungen bzw. Flurabstände < 0,5 m entlang der Oder. Dieser Vergleich macht deutlich, dass die Entwässerung bis unmittelbar an die Oder heran gleichfalls in zu niedrigen Grundwasserständen im mittleren Bereich des Untersuchungsgebietes resultiert hat. Dieser Effekt ist in erster Linie der Tatsache geschuldet, dass ein erheblicher Teil des Wasserdargebots des Oderbruchs Drängewasser der Oder ist (vgl. Tab. 3-5).

Tab. 3-5: Abschätzung der Zuflüsse und Abflüsse ins und aus dem Oderbruch in m³/s (Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Oderbruch-Erster Entwurf, 1993)

Art des Zuflusses	Oderwasserstand im Bereich		
	NW	MW	HW
Drängewasser aus der Oder	< 2 m ³ /s	3,4 - 5,6 m ³ /s	8,3 - 10,1 m ³ /s
Hangdruckwasser Hochfläche	1,8 m ³ /s		
Gesamtabfluss aus dem Oderbruch	5 - 10 m ³ /s		

Bereits diese beiden Vergleiche machen deutlich, wie gegensätzlich sich einzelne Maßnahmen auswirken können, sofern nicht durch technische Maßnahmen gegengesteuert werden kann.

Es ist nicht Gegenstand der in Kapitel 3 dokumentierten Arbeitsetappe, Einzelvorgaben bzgl. einer Stau- und Bewirtschaftungskonzeption zu treffen. Nachfolgend werden aber Grundlinien (M1 bis M4, die Reihenfolge bedeutet keine Rangfolge) gegeben, die, bei der Bearbeitung des Kapitel 5 – unter Nutzung eines Grundwassermodells – quantifiziert und in konkrete Vorgaben umgesetzt wurden.

M1: Erhöhung der Grundwasserstände in einem Pufferstreifen entlang der Oder

Diese, von mehreren Seiten geäußerte Zielstellung (z. B. Beratung am 11. Juli 1997 in Seelow, vgl. Kap. 3.2.1 oder QUAST (1995, 1997) erscheint aus folgenden Gründen sinnvoll:

- Die Erhöhung der Grundwasserstände entlang der Oder reduziert die (zu großen) Grundwasserflurabstände in weiten Teilen des mittleren Bereichs des Untersuchungsgebietes.
- Die Erhöhung der Grundwasserstände ist mit einer durchgängigen Landnutzungsänderung von Ackerland zu Grünland verbunden, die auch aus der Sicht des Naturschutzes angestrebt wird.
- Eine Verringerung der Grundwasserflurabstände nahe der Oderdeiche verringert die Potentialdifferenz zwischen Innen- und Außenpegel und reduziert damit die Belastung der Deiche vor allem im Hochwasserfall und zugleich den Drängewasseranfall bei Hochwasser (als eine Bemessungsgrundlage für das Vorflutsystem).

Die Auswertungen machen deutlich, dass es sinnvoll sein wird, den Grünlandstreifen entlang der Oder entsprechend den hydromorphologischen und hydrogeologischen Verhältnissen in unterschiedlicher Breite (wenige Meter bis zu Kilometer) vorzusehen.

Die Abhängigkeit dieser Zielstellung von Maßnahmen des Hochwasserschutzes ist zu beachten!

M2: Beseitigung bzw. Verlandung von nicht benötigten Gräben

Viele der ehemals zur Entwässerung angelegten Gräben sind heute (und waren vermutlich auch in der Vergangenheit) weitgehend funktionslos. Hierfür gibt es folgende Ursachen:

- Die (extrem geringen) Gefälleverhältnisse sowie die Bodenverhältnisse bedingen, dass im Oderbruch kein maßgeblicher Landoberflächenabfluss stattfindet.
- Die Grundwasser-Gefälleverhältnisse bedingen auch, dass kaum eine horizontale Anströmung der Gräben stattfindet.
- Eine Entlastungswirkung für das Drängewasser der Oder beschränkt sich auf den odernahen Bereich (nach ZALF, 1994 auf den Bereich von ca. 3 km bis max. 5 km, für Gräben parallel zur Oder).

Diese Aussagen werden durch die Tatsache gestützt, dass sich der Durchgang einer Hochwasserwelle in der Oder signifikant nur in der Nähe der Oder auswirkt. Dies wird auch aus dem Vergleich der MW- und SHW97-Ereignisse deutlich. Zu vergleichbaren Aussagen kommen beispielsweise HAIER & PLOCKELLEN (1997) für ein Poldergebiet in Österreich.

M3: Neufestlegung der Betriebsweise der Schöpfwerke

Bereits aus der oben dargestellten Auswirkung der Schöpfwerke im Gebiet Neutornow auf die Grundwasserverhältnisse wird deutlich, welche Möglichkeiten in einer modifizierten Betriebsweise der Schöpfwerke liegen. Auch aus energie-wirtschaftlichen Gesichtspunkten sollte eine Minimierung des Schöpfwerksbetriebs angestrebt werden.

M4: Rückbau von Stauen

In Verbindung mit der Anhebung des Grundwasserstandes in Teilen des Oderbruchs ist die Notwendigkeit einzelner Stau-bauwerke zu prüfen.

Die genannten Maßnahmen könnten dazu beitragen, die wasserwirtschaftlichen und ökologischen Verhältnisse in weiten Teilen des Oderbruchs zu verbessern, auch zum Wohl der Landwirtschaft.

Neben diesen Zielstellungen stehen weitere Maßnahmen grundsätzlich zur Diskussion, die beispielsweise auf eine Teilrenaturierung von Gewässeraltarmen (QUAST, 1997), die Schaffung zusätzlicher Retentionsräume (Teilvernässung, siehe TU, 1993) hinzielen. So schlägt QUAST (1995) die Rücknahme der Abriegelung der Güstebieser Alten Oder und die Anbindung weiterer Oderaltarme an die Stromoder über Siele vor. Diese Maßnahmen könnten zur Stabilisierung des Wasserhaushalts im Oderbruch und damit auch zur Anhebung der Grundwasserstände beitragen – allerdings auf Kosten neuer, umfangreicher Baumaßnahmen und technischer Anlagen (Deichdurchbruch, Siele). Aus wirtschaftlichen Gründen dürften diese ökologisch und auch wasserwirtschaftlich zumindest bedenkenswerten Maßnahmen deshalb nicht von prioritärer Bedeutung sein – es sei denn, sie lassen sich effizient in ein neues Hochwasserschutzkonzept Oder einordnen. Darüber hinaus ist bei der Öffnung der Güstebieser Alten Oder zur Stromoder gleichzeitig die Gefährdung der Nutzungs- und Siedlungsgebiete zwischen den Deichen der Alten Oder, sowie ein Rückstau des Wassers über die Wriezener Alte Oder bis in den Raum Neutrebbin zu bedenken.

4 Aufbau des Grundwassermodells Oderbruch

Auf der Grundlage der Funktions- und Datenanalyse (Kap. 2) und der Defizitanalyse (Kap. 3) war für das Oderbruch ein flächendifferenziertes Grundwasserströmungsmodell zu entwickeln.

Das Grundwasserströmungsmodell Oderbruch ist für Bestands- und Planungsanalysen, speziell für die Erarbeitung von Grundlagen einer Staukonzeption auf der Ebene der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung konzipiert. Der Modellaufbau und die Modellkalibrierung dieses flächendifferenzierten Grundwasserströmungsmodells sind Inhalt des Kapitel 4.

Gemäß Aufgabenstellung besteht das Hauptziel für das Grundwasserströmungsmodell darin, Möglichkeiten zur Steuerung des Grundwasserregimes und der erforderlichen Grabenwasserstände zur Einstellung der in der Defizitanalyse (vgl. Kap. 3) abgeleiteten und dargestellten Zielgrößen für den Grundwasserstand zu bestimmen. Dementsprechend muss das Grundwasserströmungsmodell einerseits die wasserwirtschaft-

lichen Hauptgewässer mit ihren Stauen und die Schöpfwerke/Schöpfwerksgebiete sowie natürlich die Oder und deren Parallelgräben als maßgebliche wasserwirtschaftliche Systemkomponenten detailliert berücksichtigen.

Speziell in Verbindung mit Hochwasserereignissen ist eine instationäre Modellierung unter Berücksichtigung des innerjährlichen Ganges des Wasserhaushaltes (Grundwasserneubildung) erforderlich. Das Modell war für die hydrologischen Situationen Niedrigwasser, Mittelwasser und Hochwasser der Oder zu kalibrieren bzw. zu verifizieren.

Das Modellgebiet hat eine Fläche von rd. 825 km² und wird im Osten von der Oder (Abschnitt Lebus bis Hohensaaten) und im Norden durch den Finowkanal und die Havel-Oder-Wasserstraße begrenzt. Nach Westen und Südwesten wird die Modellgrenze durch den Ostrand der Barnim-Hochfläche bzw. im äußersten Süden durch den Reitweiner Sporn als weitere Hochfläche markiert.

4.1 Methodische Grundlagen und Bearbeitungsablauf

Das Grundwasserströmungsmodell Oderbruch soll die Komplexität der hydrologisch-hydrogeologischen Prozesse und deren anthropogene Beeinflussung, hier speziell das System der Gräben, Stau und Schöpfwerke erfassen.

In Abbildung 4-1 sind die maßgeblichen natürlichen Prozesse und ihre Wechselwirkungen schematisch dargestellt.

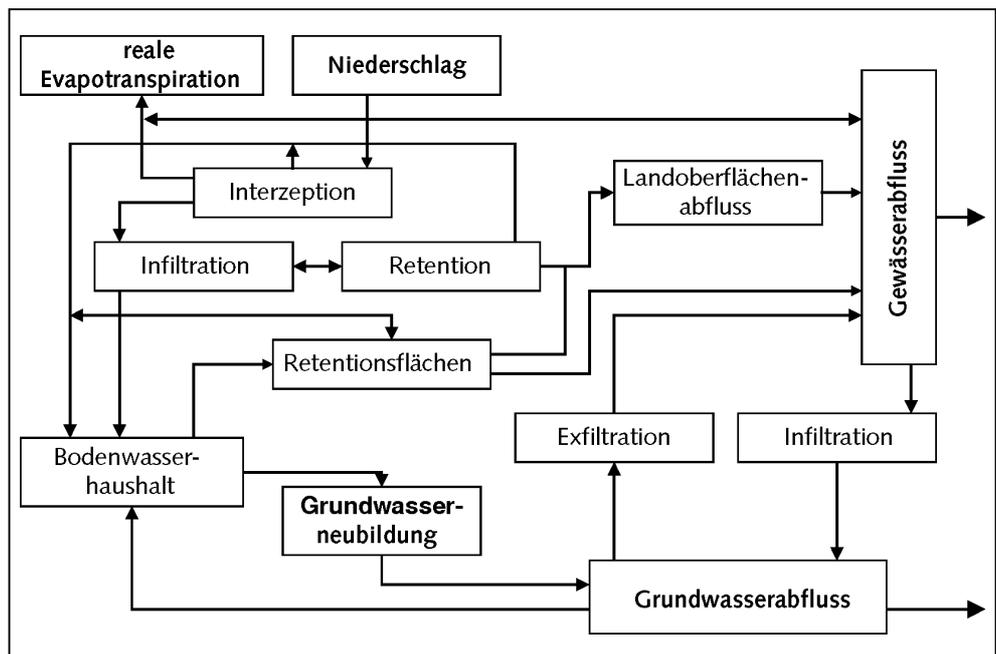


Abb. 4-1:
Prozessschema zum Abfluss

Diese komplexen Abflussverhältnisse werden durch anthropogene Einflüsse überlagert. Dazu gehören:

- Der Rückstau durch das Wehr Hohensaaten bei Hochwasser der Oder. Der Rückstau tritt ab ca. 2,30 m am Binnenpeil des Wehres Hohensaaten ein und wirkt sich bis in den Raum Wriezen aus. Während der Hochwasserperiode der Oder erfolgt die Sicherung der Vorflut aus dem Oderbruch künstlich über das Schöpfwerk Neutornow.
- Das Gewässersystem ist stark anthropogen geprägt. Die betrachteten Fließgewässer und deren Zuflüsse sind oft staureguliert, es sind im Wesentlichen keine natürlichen Abflussverhältnisse gegeben.
- Das Untersuchungsgebiet ist vom geologischen Aufbau her stark inhomogen. Naturräumlich kann das Gebiet in den Niederungsbereich und die Hochflächen untergliedert werden.
- Eingriffe in die Abflussverhältnisse Oberflächenwasser z.B. Gewässerneuordnung einerseits oder in das Grundwas-

ser andererseits können direkte Rückwirkungen auf die jeweilige andere Komponente haben. Eine integrierte Betrachtung von Oberflächen- und Grundwasser ist deshalb für Detailuntersuchungen zwingend.

- Weiter ist zu beachten, dass die Gebietsverdunstung einerseits und die Grundwasserneubildung andererseits von den Grundwasserflurabständen abhängen.

Der methodische Ansatz geht davon aus, dass der Wasserhaushalt des Gebietes und die Abflussverhältnisse im Gewässersystem durch die Wechselbeziehungen zwischen Abflussbildung (Grundwasserneubildung), Grundwasserströmung und Wasserstand/Abfluss in den Vorflutern geprägt wird. Entsprechend der Geländemorphologie ist der natürliche Landoberflächenabfluss (Direktabfluss) in die Gewässer mit Ausnahme extremer Starkregenereignisse von nachgeordneter Bedeutung.

Folgende Modelle³ werden deshalb eingesetzt:

- SIWA:** Hydrologisches Vertikalprozessmodell zur Berechnung der Abflussbildung (Grundwasserneubildung, Direktabfluss).
- FEFLOW:** Simulationssystem für Grundwasserströmungs- und Stofftransportprozesse. Der Basisabfluss zum Vorfluter wird als Randbedingung abschnittsweise berechnet. Eine detaillierte Berücksichtigung von Gewässerabschnitten ist möglich.
- JABRON:** Gegliederte hydraulische Berechnung der Abflüsse im Vorfluter unter Berücksichtigung von Vorländern, Bewuchs, technischen Anlagen.

Das Wechselspiel zwischen den Modellen verdeutlicht Abbildung 4-2.

Mit diesem Modellsystem ist eine differenzierte Modellierung der Abflussprozesse im Modellgebiet möglich.

4.2 Geologische und hydrologische Grundlagen

4.2.1 Geologie

4.2.1.1 Geologische Kartenwerke

Der geologische Aufbau des Oderbruchs ist eine wichtige Grundlage für den Aufbau des Grundwassermodells. Aus den geologischen Kartenwerken (VEB GEOLOGISCHE FORSCHUNG UND ERKUNDUNG, 1972-89) lässt sich zunächst das im folgenden beschriebene Bild des geologischen Aufbaus des Oderbruchs ableiten.

Während die Morphologie des Oderbruchs in wesentlichen Teilen spät- bis postglazial geprägt ist, bilden die glazialen Sedimente des Saale- und Weichselglazials die primär für das Grundwassermodell zu berücksichtigenden Schichten.

Die tertiären Sedimente, die aus (flach-)marinen und ästuarinen Sanden, Schluffen und Tonen bestehen, bilden Grundwassergeringleiter.

³ SIWA und FEFLOW sind eingetragene Warenzeichen der WASY GmbH. JABRON ist eingetragenes Warenzeichen der Hydrotec GmbH.

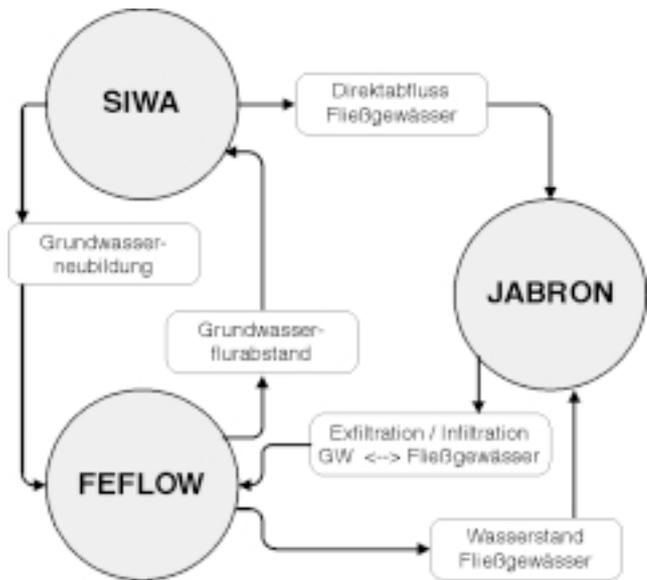


Abb. 4-2: Modellsystem

Für das Gesamtmodell Oderbruch wird die direkte Kopplung vom Grundwasser zum Oberflächenwasserabfluss zunächst nicht berücksichtigt. Die Kopplung wurde jedoch für Untersuchungen mit dem Detailmodell Glietzer Polder, auf welches im Rahmen dieses Beitrags nicht näher eingegangen wird, eingesetzt (siehe hierzu HYDROPLAN/WASY, 1999).

Die gekoppelte Modellierung erfolgt auf eine iterative Weise, wobei das Modell FEFLOW die Zu- und Abflüsse über die Gewässerrandbedingungen der entsprechenden Gewässerstrecken berechnet und dem Abflussmodell JABRON als Input zur Verfügung stellt. Mit JABRON werden dann die Wasserstände entlang dem Gewässer berechnet und dem Modell FEFLOW als korrigierte Gewässerrandbedingung bereitgestellt. Die Iteration wird so lange durchgeführt, bis sich die berechneten Wasserstände bzw. die berechneten Austauschraten über die betrachteten Gewässerstrecken nicht mehr ändern.

Die in den Profilschnitten des Lithofazieskartenwerks Quartär (LKQ, VEB GEOLOGISCHE FORSCHUNG UND ERKUNDUNG, 1972-89) ausgewiesenen Basislinien des Quartärs zeigen zwei mehrere Kilometer breite, NE-SW streichende elsterglaziale Ausräumungszonen. In diesen Zonen, die sich etwa von Güstebieser Loose nach Neutrebbin bzw. von Kienitz nach Seelow erstrecken, liegt die Tertiäroberkante in einer Tiefe von etwa -140 mNN. In den nicht vom Elsterglazial ausgeräumten Gebieten ist die Quartärunterkante bei -30 mNN anzutreffen.

Aus dem Elsterglazial sind nach VEB GEOLOGISCHE FORSCHUNG UND ERKUNDUNG (1972-89) nur kleinräumig Geschiebemergel-Reste erhalten. Elsterglaziale Sande nehmen hingegen größere Räume ein.

Saaleglaziale Geschiebemergel sind fast im gesamten Oderbruch vorhanden. Sie wurden nach VEB GEOLOGISCHE FORSCHUNG UND ERKUNDUNG (1972-89) meist im Saale I-Stadium, das nach LGRB (1997) als Drenthe-Stadium bezeichnet wird, abgelagert.

Die warthe-stadialen Geschiebemergel (SII nach VEB GEOLOGISCHE FORSCHUNG UND ERKUNDUNG, 1972–89) erreichen ebenfalls eine große Verbreitung. Beide Geschiebemergel bilden im Wechsel die Unterkante des Grundwassermodells. Darüber folgen weichselglaziale und holozäne Sande und Kiese mit einer Mächtigkeit von durchschnittlich etwa 15 m. Die obersten Schichten bestehen aus holozänen, maximal 5 m mächtigen geringdurchlässigen Schluffen, Tonen und Torfen.

Zusätzlich standen eine Karte von LANGKUTSCH (1971) mit der interpolierten Oberkante des liegenden Grundwassergeringleiters und eine Karte von EYRICH (1971) mit Angaben zur Verbreitung von geringleitenden Deckschichten des Grundwasserleiters zur Verfügung, die zur Parameterisierung und für den Aufbau des Grundwassermodells verwandt wurden.

4.2.1.2 Geologische Aufschlüsse

Für die Bearbeitung des Grundwassermodells standen Schichtenverzeichnisse von 448 Bohrungen im gesamten Modellgebiet vom LGRB zur Verfügung, wovon 42 eine Endteufe kleiner 5 m, 176 Bohrungen eine Endteufe zwischen 5 m und 10 m, 155 Bohrungen eine Endteufe zwischen 10 m und 25 m sowie 75 Bohrungen eine Endteufe größer 25 m aufwiesen.

Aus diesen Bohrungen wurden für den Aufbau des geologischen Modells insgesamt 12 Profilschnitte erstellt (vgl. HYDROPLAN/WASY, 1999).

Der drenthe- bzw. warthestadiale Geschiebemergel bildet die Unterkante dieser Profilschnitte. Da in den vom LGRB bereitgestellten Daten nur in Ausnahmefällen stratigraphische Zuordnungen der lithologischen Einheiten vorgenommen wurden, können diese beiden Einheiten nicht unterschieden werden. Dieser wegen seiner Funktion als Modellunterkante wichtige Horizont wurde anhand des Lithofazieskartenwerks Quartär (VEB GEOLOGISCHE FORSCHUNG UND ERKUNDUNG 1972–89) sowie LANGKUTSCH (1971) stichprobenartig überprüft.

Da in die in VEB GEOLOGISCHE FORSCHUNG UND ERKUNDUNG (1972–89) vorhandenen W-E Profilschnitte im Abstand von 5 km keine neueren Bohrungen (nach 1989) eingegangen sind, wurden die Schichtenverzeichnisse des LGRB prioritär berücksichtigt. Das bedeutet, dass alle Bohrungen mit einer Endteufe größer 10 m im Modellgebiet zur Konstruktion der Unterkante der geringdurchlässigen holozänen Deckschicht und, soweit vorhanden, zur Konstruktion der Unterkante der gut durchlässigen saale- und weichselglazialen Sande und Kiese herangezogen wurden. In den ungenügend durch Bohrungen abgedeckten Bereichen wurden zusätzlich die Informationen aus dem Lithofazieskartenwerk Quartär (VEB GEOLOGISCHE FORSCHUNG UND ERKUNDUNG, 1972–89) genutzt.

Die Schichtenverzeichnisse der Bohrungen mit Endteufen über 10 m wurden außerdem zur Klassifizierung der Durchlässigkeiten des Grundwasserleiters und der Deckschichten herangezogen. Die hieraus resultierende Verteilung von Durchlässigkeitsklassen wurde bei der Kalibrierung des Modells durch eine Verteilung der Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) ersetzt.

Bohrungen mit Endteufen < 10 m konnten lediglich für die Konstruktion der Mächtigkeit der geringdurchlässigen Deckschicht sowie die Klassifizierung der Durchlässigkeiten herangezogen werden.

4.2.2 Hydrogeologie

4.2.2.1 Hydrogeologische Kartenwerke

Die hydrogeologischen Verhältnisse im Oderbruch und den angrenzenden Gebieten wurden aus folgenden Kartenwerken abgeleitet:

- Lithofazieskarten Quartär (LKO) (VEB Geologische Forschung und Erkundung, 1972–89).
- Hydrogeologisches Kartenwerk der DDR (HYKA) (ZGI, 1980–1989).

Aus den genannten HYKA (ZGI, 1980-1989) war prinzipiell die Ableitung des Grundwasserleiter-/Grundwasserstauermodells (und damit des hydrogeologischen Strukturmodells) möglich. Ersichtlich sind hier aus der Hydrogeologischen Grundkarte die Anzahl und die Verbreitung der im Modellgebiet nachgewiesenen Grundwasserleiter/-stauer. Aus den Karten der einzelnen Grundwasserleiter sind jedoch nur die Mächtigkeiten der dargestellten Grundwasserleiter, nicht aber die der Grundwasserstauer ablesbar. Aus den Grundwassergleichenkarten sind zumindest für den obersten Grundwasserleiter die langjährig mittleren Grundwasserströmungsverhältnisse zu entwickeln.

Die Mächtigkeitsverhältnisse des gesamten Grundwasserleiter-/Grundwasserstauerpakets sind aus den Profilschnitten der LKO abzuleiten (vgl. Kap. 4.2.1).

4.2.2.2 Grundwasserverhältnisse

Im Kapitel 3 wurden die für mittlere und hohe Grundwasserstände (beruhend auf Stichtagsmessungen) erstellten Grundwassergleichenpläne dokumentiert.

Aus diesen Plänen wie auch aus den Grundwassergleichenkarten der HYKA (ZGI, 1980-1989) ergibt sich bedingt durch das Geländere Relief und verstärkt durch die vielfältigen Drainagemaßnahmen und den Schöpfwerksbetrieb eine von der Oder und von den Hochflächen (Barnim, Reitweiner Sporn, Neuenhagener Insel) ins Gebietsinnere des Oderbruchs gerichtete Grundwasserfließrichtung. Die in ihrem Abflussprofil aufgrund der im 18. Jahrhundert durchgeführten Deichbaumaßnahmen stark eingeeengte Oder hat schon bei Mittelwassersituationen Wasserstände, die über der Geländeoberkante der angrenzenden Polder liegen. Durch die Entwässerungsgräben in den Poldergebieten werden die hydraulischen Gradienten weiter verstärkt.

Von der Oder aus ergeben sich hydraulische Gradienten von 0,23–1,4 % bei Mittelwasser und von 0,35–2,1 % bei mittlerem Hochwasser der Oder (ZALF, 1996). In einem Abstand von 2–3 km von der Oder verliert sich zunehmend der Einfluss der Oder auf die Grundwasserverhältnisse. Im zentralen Teil des Oderbruchs herrschen entsprechend des Geländegefälles der Vorfluter I. und II. Ordnung nur noch sehr geringe, überwiegend nach Nord bis Nord-Nordwest gerichtete hydraulische Gradienten in der Größenordnung von 0,01 %, bedingt auch dadurch, dass ein Großteil der Vorfluter im Gebietsinneren die Auelehmbedeckung mit ihrer Sohle durchteuft. Hohe Gradienten herrschen auch am Rand zu den Hochflächen, allerdings ergeben sich hier räumlich stark differenzierte hydrogeologische Verhältnisse mit z. T. schwebenden und temporä-

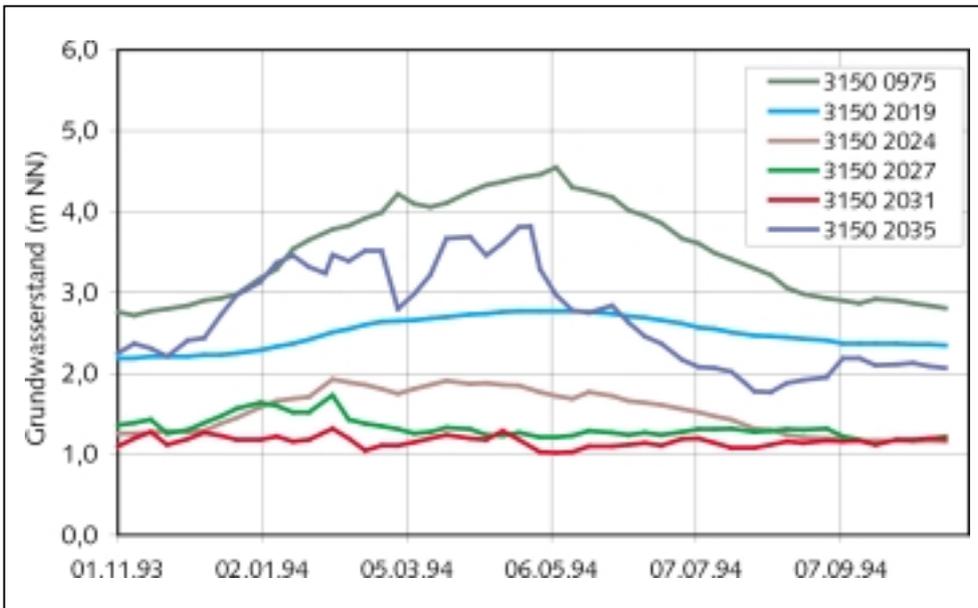


Abb. 4-3:
GW-Stand –
Bereich Hohensaaten

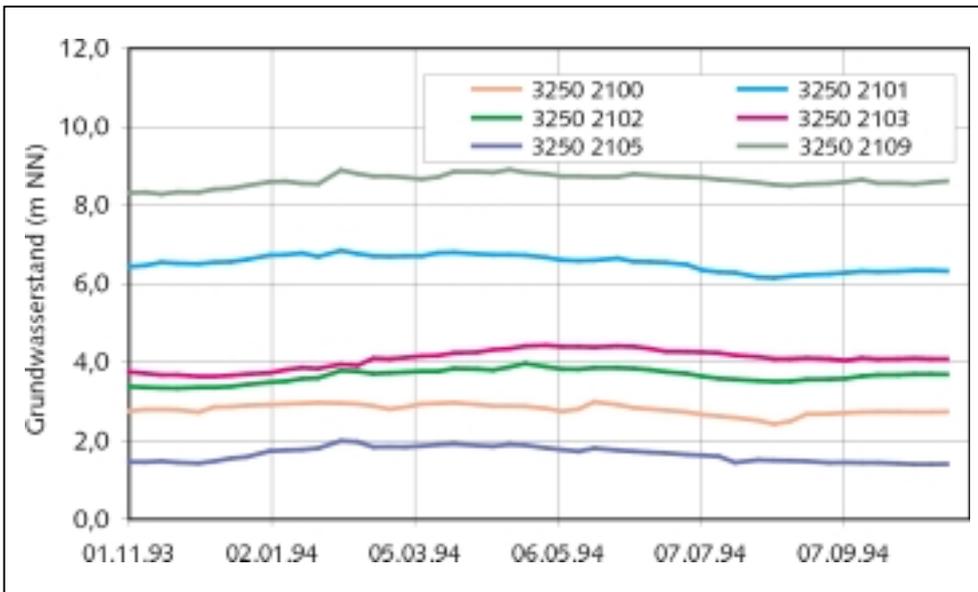


Abb. 4-4:
GW-Stand –
Bereich Wriezen

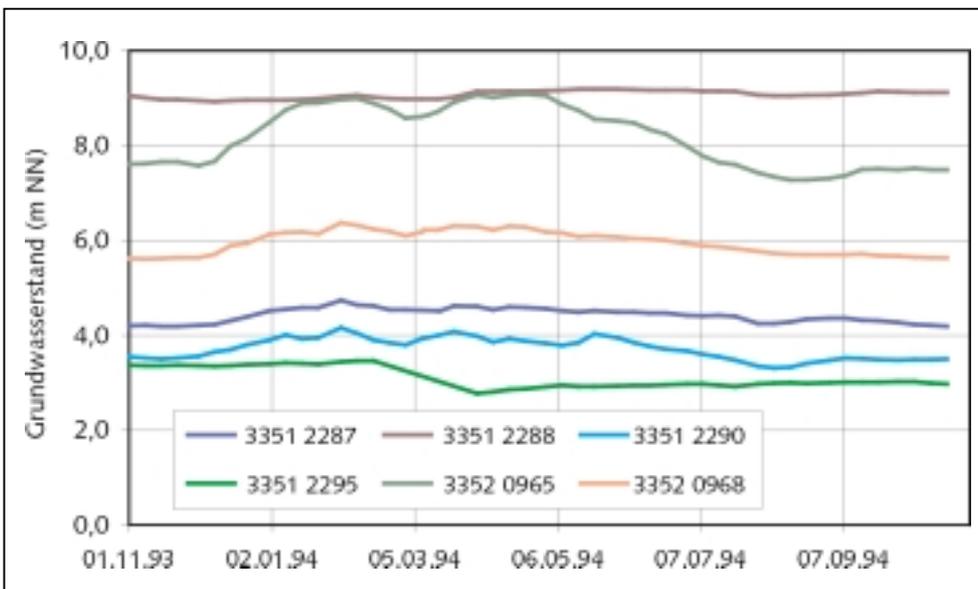


Abb. 4-5:
GW-Stand –
Bereich Neutrebbin

ren Grundwasserleitern, so dass die Grundwasserverhältnisse am Rande des Barnims, des Reitweiner Sporns und der Neuenhager Insel nur bedingt mit den Grundwasserverhältnissen im Gebietsinneren parallelisiert werden können.

Die Stammdaten und Grundwasserstände von insgesamt 210 Grundwassermessstellen für das Abflussjahr 1994 wurden für die Modellkalibrierung genutzt. Ein Großteil dieser Messstellen ist flach im Hauptgrundwasserleiter verfiltert.

Aus den HYKA (ZGI, 1980–1989) geht hervor, dass im Hauptgrundwasserleiter des Oderbruchs überwiegend ungespannte Verhältnisse vorliegen. Lokal werden besonders bei höheren Mächtigkeiten des Auelehms auch gespannte Verhältnisse angetroffen (z. B. die Bereiche Paulshof, Bienenwerder, Zollbrücke).

4.2.2.3 Hydrogeologisches Strukturmodell

Aus den Angaben der HYKA (ZGI, 1980-1989) und den Profilschnitten der LKQ lässt sich für das gesamte Quartär das in Tabelle 4-1 angegebene Grundwasserleiter-/Grundwasserstauermodell ableiten.

Für die Modelluntersuchungen zur Wechselwirkung zwischen Oberflächen- und Grundwasser kann dieses Grundwasserleiter-/Grundwasserstauermodell weiter vereinfacht werden.

Für den Untersuchungsgegenstand dieser Modelluntersuchungen sind im wesentlichen der GWS-1 (Auelehm-

Beispielhaft sind ausgewählte Grundwasserstandsganglinien von Messstellen aus verschiedenen Teilgebieten in den Abbildungen 4–3 bis 4–5 dargestellt.

Hierbei zeigt sich, dass die odernah gelegenen Grundwassermessstellen (z. B. 31500975) die größte Dynamik im Gang der Grundwasserstände aufweisen (bis rd. 2 m), während die Messstellen im Gebietsinneren (z. B. 33520968) und auch am westlichen Gebietsrand (z. B. 32502101) im Abflussjahr 1994 allenfalls Schwankungen im Dezimeterbereich aufweisen. Die odernahen Grundwasserstände orientieren sich annähernd am Gang der Oberflächenwasserstände der Oder, während die oderfernen Messstellen eher den innerjährlichen Gang der Grundwasserneubildung nachvollziehen.

horizont) als Hangendstauer und der GWL-1 (W1-Nachschüttande) als Hauptgrundwasserleiter von Bedeutung.

Der Hauptgrundwasserleiter wird im mittleren und südlichen Bereich des Modellgebietes von den Saale-Geschiebemergeln (überwiegend SII), die über weite Strecken ein gemeinsames Stauerpaket bilden, und teilweise auch vom Tertiär als Liegendstauer unterlagert. Hydraulische Fenster zu tieferen Grundwasserleitern treten nur lokal auf, so dass die tieferen Grundwasserleiter bei der Modellerstellung nicht weiter zu berücksichtigen sind. Somit liegt der Modellerstellung das in Tabelle 4-2 angegebene reduzierte Grundwasserleiter-/Grundwasserstauermodell zugrunde.

Tab. 4-1:
Angaben zu den Grundwasserleitern/-stauern im Oderbruch (HYKA, LKQ)

Hydraulische Schicht	Stratigraphische Zuordnung HYKA 50	Lithologie	Mächtigkeit [m]	Verbreitung
GWS-1	Ho	Auelehm	0,5 - 6	regional
GWL-1	W1n- Ho	Mittel- bis Grobsand	5 - 40	regional
GWS-2	SIII	Geschiebemergel	0 - 10	lokal
GWL-2	S2n-S3v	Fein- bis Mittelsand/ kiesig	20 - 40	lokal, hydraulische Verbindung zum GWL-1
GWS-3	SII	Geschiebemergel	5 - 40	regional
GWL-3	S1n-S2v	Mittelsand	0 - 40	regional, hydr. Verbindung zum GWL-1
GWS-4	SI	Geschiebemergel	5 - 70	regional, verbreitet gemeinsames Schichtpaket mit SII
GWL-4	E2n-S1v	Mittelsand	0 - 20	lokal
GWS-5	EII	Geschiebemergel		lokal
GWL-5	EIV	Fein- / Mittelsande	0 - 30	regional, in der Regel ohne hydr. Verbindung zu den hangenden GWL
GWS-6	Tertiär	Schluff, Braunkohlensande	>100	regional, Liegendstauer Quartär

Tab. 4-2:
Modellrelevantes Grundwasserleiter-/Grundwasserstauermodell

Modellschicht	Lithologische Einheit	Hydrogeologische Funktion
1	Auelehm	Hangendstauer
2	Talsande	Hauptgrundwasserleiter

4.2.3 Hydrologie

4.2.3.1 OW-Wasserstand

Für die Modellkalibrierung und -verifizierung wurden nur Wasserstände des Abflussjahres 1994 von ausgewählten Oberflächenwassermessstellen innerhalb des Modellgebietes verwandt. Die Lage dieser Messstellen ist in Karte 8 dargestellt.

Beispielhaft sind in Abbildung 4-6 die Wasserstände am Pegel Neuglietzen/Oder (60307.00) und am Pegel 1. Kavelbuschweg/Mucker (69493.00) für das Abflussjahr 1994 dargestellt.

4.2.3.2 Abfluss

Zur Charakterisierung der hydrologischen Verhältnisse und zur Plausibilitätsprüfung der Modellergebnisse wurden Abflusswerte von 25 im Modellgebiet liegenden Pegeln erfasst.

Bei den Abflusswerten handelt es sich analog zu den Wasserstandsdaten um Tagesmittelwerte (bzw. Terminwerte) und Werte von sporadischen Messungen.

Die Lage ausgewählter Messstellen ist in Karte 8 dokumentiert.

4.2.3.3 Schöpfwerke

Für die Modellierung der Grundwasserverhältnisse sind neben den OW-Wasserständen oberhalb und unterhalb der Stauanlagen insbesondere die Schöpfwerke von Bedeutung.

Die Fördermengen der Schöpfwerke werden im Grundwassermodell als Randbedingungen 2. Art flächendifferenziert berücksichtigt. Dabei wurden nur die Schöpfwerke II. Ordnung berücksichtigt. Die Schöpfwerke I. Ordnung (Neutornow und Alttornow) sind nur bei Hochwasser der Oder zur künstlichen Sicherung der Vorflut wirksam.

Die Entwässerungsleistung der landwirtschaftlichen Flächen wird von den jeweils oberhalb liegenden Schöpfwerken II. Ordnung übernommen. Daher kann auf eine Berücksichtigung der Schöpfwerke I. Ordnung im Rahmen dieser Modellierung verzichtet werden.

Für die Modellierung des Abflussjahres 1994 wurden die Summen der monatlichen Fördermengen der im Modellgebiet liegenden 34 Schöpfwerke II. Ordnung berücksichtigt. Die Werte sind in Anlage 3 zusammengestellt.

4.2.4 Klima

Als Eingangsgröße für die Berechnung der Grundwasserneubildung (vgl. Kap. 4.3.1.2) wurden durch den Deutschen Wetterdienst (DWD) die korrigierte Niederschlagshöhe und die potentielle Verdunstungshöhe (nach TURC/IVANOV) für die Abflussjahre 1976–1997 für das Untersuchungsgebiet (Gebietsmittel) bereitgestellt (DWD, 1998).

Bei den Modelluntersuchungen wird das Abflussjahr 1994 näher betrachtet.

Das Gebietsmittel (Untersuchungsgebiet) der korrigierten Niederschlagshöhe beträgt für das Abflussjahr 1994 692 mm/a und der potentiellen Verdunstungshöhe 618 mm/a.

Wie aus der Tabelle 4-3 hervorgeht, kann das Abflussjahr 1994 mit einer Niederschlagshöhe von 692 mm/a als Nassjahr eingeschätzt werden. Das langjährige Mittel der korrigierten Niederschlagshöhe für die Abflussjahre 1976–1997 beträgt 582 mm/a. Damit liegt das Verhältnis der Niederschlagshöhe des Abflussjahres 1994 zum langjährigen Mittel (1976–1997) bei ca. 119 %.

Tab. 4-3: Niederschlag und potentielle Verdunstung – Jahressummen des Gebietsmittels für die Zeitreihe 1976–1997

Abflussjahr	Niederschlagshöhe in mm/a	Potenzielle Verdunstungshöhe in mm/a
1976	456	576
1977	579	513
1978	671	543
1979	550	547
1980	691	506
1981	647	550
1982	455	625
1983	571	616
1984	595	515
1985	471	549
1986	629	571
1987	778	524
1988	553	579
1989	408	648
1990	655	628
1991	478	603
1992	466	646
1993	619	584
1994	692	618
1995	690	627
1996	559	529
1997	591	625
Mittel	582	578

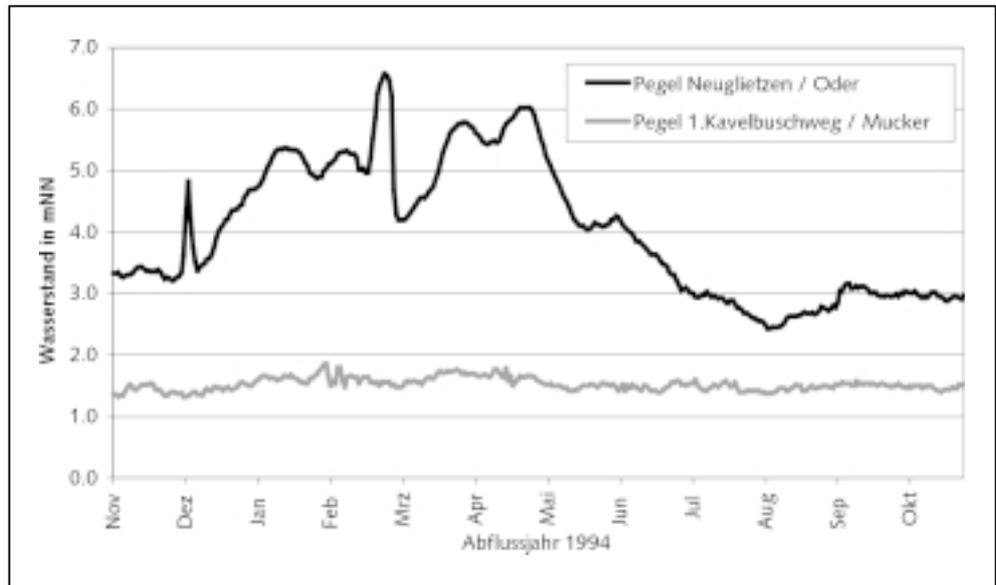


Abb. 4-6:
Wasserstandsganglinie (OW)
für das Abflussjahr 1994

4.3 Modellaufbau Gesamtmodell Oderbruch

4.3.1 Abflussbildungsmodell SIWA

4.3.1.1 Modellgrundlagen, Vorgehensweise

Das WASY-Modell SIWA ist ein reduziertes Niederschlags-Abfluss-Modell zur eindimensionalen Beschreibung der Abflussbildung und des Bodenwasserhaushalts für quasi-homogene Teilflächen bei einer zeitlichen Auflösung von einem Tag. Es beruht auf Ansätzen des konzeptionellen Modellsystems EGMO (BECKER, 1975; PFÜTZNER, 1989). SIWA berücksichtigt die Interzeption, die Muldenspeicherung, die Infiltra-

tion und den vertikalen Feuchtestrom bis zum Grundwasser einschließlich der Grundwasserneubildung und dem kapillaren Aufstieg. Nicht berücksichtigt werden laterale Abflussprozesse und die Abflusskonzentration (WASY, 1994).

Die Abbildung 4-7 enthält zum allgemeinen Verständnis die Systemgrößen Niederschlag (N), Verdunstung (ET), Direktabfluss (RO) und Grundwasserneubildung (GWN), auf die speziell bei der Ergebnisdarstellung des Modells SIWA eingegangen wird.

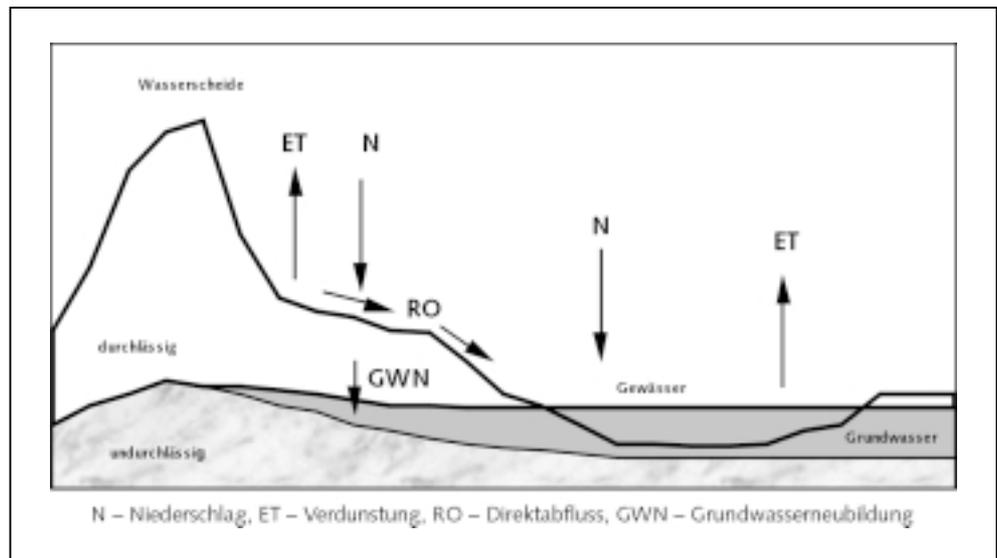


Abb. 4-7:
Systemgrößen des Modells
SIWA

Modelleingangsdaten für SIWA sind Zeitreihen von Tageswerten der korrigierten Niederschlagshöhe und der potentiellen Verdunstungshöhe (Klimadaten). Des Weiteren werden für die Modellierung folgende raumbezogene Informationen benötigt, die als ARC/INFO-Cover (Vektor) bereitzustellen sind:

- Landnutzung
- Bodentypen
- Grundwasserflurabstand
- Geländegefälle.

Durch Verschneidung der Einzelinformationen entstehen quasihomogene Elementarflächen, deren unterschiedliche Eigenschaften in ARC/INFO durch Attribute definiert werden. Zur Umsetzung dieser Informationen in SIWA-Modellparameter werden Parametertabellen genutzt, die hydrologisch relevante Kennwerte enthalten und über Schlüsselattribute mit den Geometriedaten verknüpft sind. Diese Kennwerttabellen bilden zusammen mit den Modellgeometrien die Grundlage für die programminterne Ermittlung der elementarflächenbezogenen Modellparameter (WASY, 1994).

4.3.1.2 Modellparametrisierung

Landnutzung

Die Flächenanteile der verschiedenen Landnutzungsarten sind in der Tabelle 4-4 dargestellt.

Das Modellgebiet ist hauptsächlich durch landwirtschaftliche Nutzung (Acker) geprägt (mehr als 71%). Im Randbereich des Modellgebietes dominieren jedoch weitere Landnutzungsarten, z. B. Wald (Wulkower Forst). Im Norden dagegen tritt entlang den Niederungsbereichen der Alten Oder vorwiegend Grünland auf, das jedoch auf höher liegenden Standorten, wie zwischen Bralitz und Neuenhagen, mit Waldflächen abwechselt. Im Osten wird das Modellgebiet von der Oder begrenzt. Hier herrschen vornehmlich Mooregebiete und Grünland vor.

Tab. 4-4: Flächenanteile der unterschiedlichen Landnutzungsarten

Landnutzung	Prozent	Fläche in km ²
Wasser	3.51	28.93
Brache	0.04	0.34
Wald	9.25	76.35
Moor	1.95	16.08
Heide	0.18	1.46
Grünanlage	0.24	1.98
Grünland	7.02	57.95
Acker	71.80	592.59
Werke	0.35	2.88
Rieselfeld	0.02	0.19
Deponie	0.02	0.13
Wohnbau	3.05	25.13
Industrie	1.73	14.24
Gemischte Nutzung	0.45	3.75
Besondere funktionelle Prägung	0.33	2.73
Bergbau	0.07	0.58
Gesamt	100.00	825.28

Boden

In Tabelle 4-5 sind die Flächenanteile der verschiedenen Bodentypen aufgelistet. Das Modellgebiet wird hauptsächlich von hydromorphen Auentonen bestimmt, wobei die weniger von Grundwasser geprägten anhydromorphen Auentone (AI2a, 42 %) am häufigsten vorkommen. An zweiter Stelle treten im Zentrum des Modellgebietes viele halb- bis vollhydromorphe Auentone an der Oberfläche (AI2b, 29 %) auf.

Am Rand des Modellgebietes herrschen jedoch wieder andere Bodentypen vor. In der Nähe von Mallnow und Lebus im Süden des Modellgebietes tritt an diesen höher liegenden Standorten vielfach Tieflehm an die Oberfläche (D3a, 3 %), welcher nicht vom Grundwasser beeinflusst wird. Dies steht im Gegensatz zu dem im Westen und Norden liegenden Teil des Gebietes, wo entlang den Flusstälern oft grundwasserbestimmte Sande (D2b, 8 %) und moorige Böden (Mo, 3 %) vorkommen. Diese wechseln an höheren Standorten wiederum mit meist schwach lehmen sickerwasserbestimmten Sanden ab (D1a, 3 %).

Tab. 4-5: Flächenanteile der unterschiedlichen Bodentypen

Bodentyp	Prozent	Fläche in km ²
Wasser	3.12	25.71
D1a Sickerwasserbestimmte Sande	6.58	54.28
D2a Sickerwasserbestimmte Sande, z.T. mit Tieflehm	0.41	3.41
D3a Sickerwasserbestimmte Tieflahme und Sande	2.82	23.28
D4a Sickerwasserbestimmte Tieflahme	0.48	3.95
D5a Sickerwasserbestimmte Lehme und Tieflahme	0.25	2.03
AI1/2c Halb- und vollhydromorphe Auenlehmsande	2.91	24.05
AI2a Vollhydromorphe Auendecktone und -lehme	42.79	353.14
AI2b Halb- und vollhydromorphe Auentone	29.32	241.94
Mo Torf, z.T. mit Sand	3.06	25.29
D2b Grundwasserbestimmte Sande	8.26	68.20
Gesamt	100.00	825.28

Flurabstände

Die Flächenanteile der verschiedenen Flurabstandsklassen bei MW (01.07.1989) sind Tabelle 4-6 zu entnehmen. Die Flurabstände bis < 2 m wurden in 3 Klassen unterteilt. Standorte mit Grundwasserflurabständen > 3 m treten fast nur im Randgebiet auf. Grundwasserflurabstände > 15 m kommen nur auf zwei Standorten vor, nämlich dem Reitweiner Sporn im Süden des Modellgebietes und der Neuenhagener Insel im Norden.

Tab. 4-6: Flächenanteile der unterschiedlichen Flurabstandsklassen

Klasse	Flurabstand	Prozent	Fläche in km ²
1	0 bis 0.5 m	19.76	163.06
2	0.5 bis 1.25 m	25.28	208.66
3	1.25 bis 2.0 m	28.40	234.39
4	2.0 bis 3.0 m	13.81	113.94
5	3.0 bis 7.0 m	5.83	48.13
6	7.0 bis 15.0 m	2.47	20.35
7	15.0 bis 25.0 m	1.35	11.14
8	> 25.0 m	3.10	25.62
	Gesamt	100.00	825.28

Gefälle

Die Differenzierung des Geländegefälles im Oderbruch aus der Sicht der Abflussbildung ist für das extrem flache Oderbruch von nachrangiger Bedeutung. Aus dem Rahmen fallen nur der Reitweiner Sporn und die Neuenhagener Insel. Um die beiden genannten höher liegenden Standorte zu berücksichtigen, wurden drei Gefälleklassen definiert. Tabelle 4-7 enthält die Flächenanteile der unterschiedlichen Gefälleklassen.

Tab. 4-7: Flächenanteile der unterschiedlichen Gefälleklassen

Klasse	Grenzgefälle	Prozent	Fläche in km ²
1	0.8 %	91.17	752.47
2	2.0 %	4.28	35.29
3	25.0 %	4.55	37.52
	Gesamt	100.00	825.28

Elementarflächen

Aus der Verschneidung der klassifizierten Flächenmerkmale Landnutzung, Bodentypen, Grundwasserflurabstand und Geländegefälle (mittels ARC/INFO) resultieren sogenannte Elementarflächen (Flächen gleicher Merkmale). Zunächst ergaben sich hier mehr als 70.000 Elementarflächen, wobei viele eine sehr geringe Fläche aufwiesen. Durch Generalisierung wurde ein Elementarflächen-Cover mit ca. 15.000 Polygonen erzeugt, das den weiteren Berechnungen zugrunde gelegt wurde.

Klima

Für die Berechnung des langjähriges Mittels der Grundwasserneubildung wurden die Tageswerte der korrigierten Niederschlagshöhe (N) und der potentiellen Verdunstungshöhe (PET) für den Zeitraum Januar 1975 bis Dezember 1997 verwendet. Da für SIWA eine Einlaufzeit des Modells von mindestens 6 Monaten berücksichtigt werden muss (WASY, 1998), diente das Jahr 1975 als Einlaufzeit und wird nicht als repräsentatives Ergebnis interpretiert.

Die Jahreswerte dieser Klimadaten (hydrologische Jahre) sind in Abbildung 4-8 dargestellt.

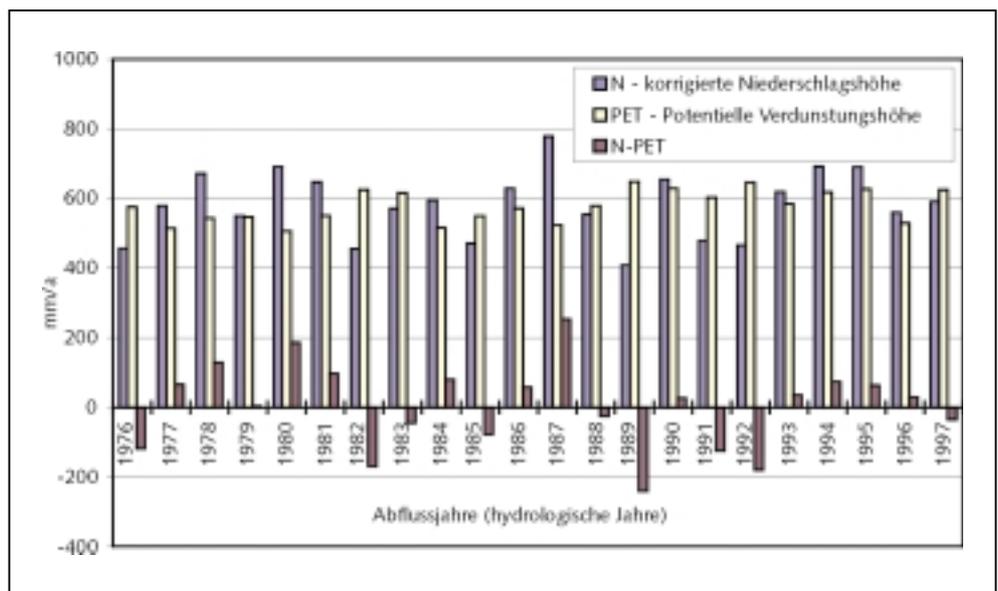
Abbildung 4-9 zeigt die Monatswerte für das Abflussjahr 1994. Diese Werte werden für die Berechnung des innerjährlichen Gangs der Grundwasserneubildung genutzt.

Die langjährigen Mittelwerte der Klimadaten sind in Tabelle 4-8 dargestellt.

Tab. 4-8: Langjährige Mittelwerte der Klimadaten

Niederschlag (N)	Potenzielle Verdunstung (PET)	Klimatische Wasserbilanz (N-PET)
582 mm/a	578 mm/a	4 mm/a

Abb. 4-8: Jährliche Klimadaten (1976–1997)



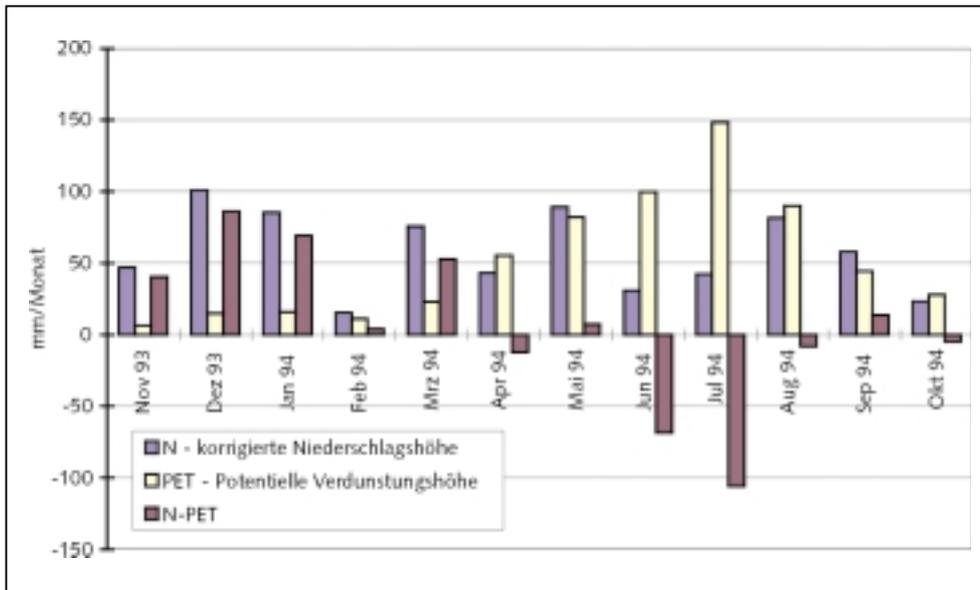


Abb. 4-9:
Monatliche Klimadaten –
Abflussjahr 1994

4.3.1.3 Langjähriges Mittel der Grundwasserneubildung

Die Berechnung wurde für die Periode 1976–1997 durchgeführt. Im Mittel ergibt sich dabei für das Modellgebiet eine Grundwasserneubildung (GWN) von rd. 60,45 mm/a.

Die einzelnen Wasserhaushaltsgrößen sind in Tabelle 4-9 zusammengestellt.

Die Verifizierung der berechneten Ergebnisse wurde an Hand einer nach RASTER (KÖNIG 1988) durchgeführten Abflussberechnung vorgenommen. Hierzu wurde das auf dieser Karte dargestellte Gitternetz digitalisiert und mit dem Elementarflächen-Cover verschnitten. So konnte ein für RASTER repräsentativer gebietsmittlerer Abflusswert (Direktabfluss und Grundwasserneubildung) ausgewertet werden. Nach RASTER beträgt der langjährige gebietsmittlere Abfluss rd. 72,13 mm/a. Da mit SIWA sowohl die Grundwasserneubildung als auch der Abfluss ausgewertet werden kann, konnte eine Verifizierung über diesen Wert vorgenommen werden. Der mit SIWA berechnete Gesamtabfluss (GWN + RO) beträgt rd. 71,67 mm/a (vgl. Tab. 4-9).

Mit Hilfe des Bagrov-Verfahrens (DVWK 1995) lässt sich die mit SIWA berechnete langjährige reale Verdunstung für das Modellgebiet relativ gut überprüfen. Nach diesem Verfahren ist für das Modellgebiet Oderbruch (N = 582 mm/a, PET = 578 mm/a, landwirtschaftliche Nutzung über 70 % Acker, hoher kapillarer Aufstieg von 130 bis 150 mm/a und Effektivitätsparameter $n = 1,7$ für überwiegend tonigen bis lehmigen Boden) eine mittlere reale Verdunstung zwischen 495 und 525 mm/a anzusetzen (nach SIWA: rd. 509,8 mm/a).

Abbildung 4-10 zeigt sowohl die jährliche Grundwasserneubildung als auch den jährlichen Niederschlag (Kalenderjahre) im Modellgebiet für die Periode 1976–1997. In den Abbildungen 4-11 und 4-12 sind die Jahreswerte der gebietsmittleren realen Verdunstung und des Direktabflusses dargestellt. Karte 4 zeigt zusätzlich die flächendifferenzierte mittlere Grundwasserneubildung.

Tab. 4-9: Langjähriger Mittelwert der Grundwasserneubildung

Mittel 1976–97	N – korr. Niederschlag	ERI – reale Verdunstung	GWN – Grundwasserneubildung	RO – Direktabfluss
mm/a	581.95	509.78	60.45	11.22

Abb. 4-10:
Jahreswerte der gebietsmittleren Grundwasserneubildung

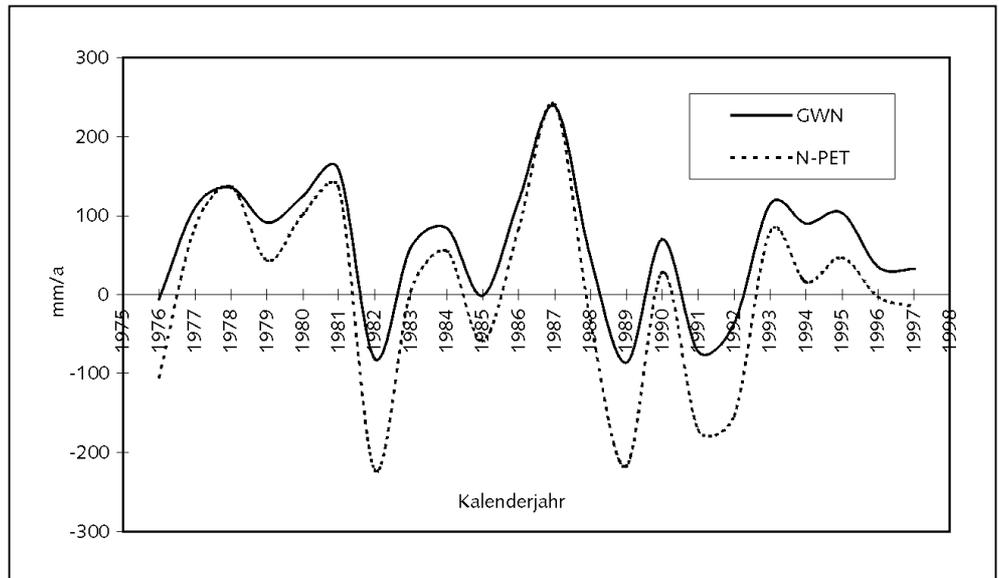


Abb. 4-11:
Jahreswerte der gebietsmittleren realen Verdunstung

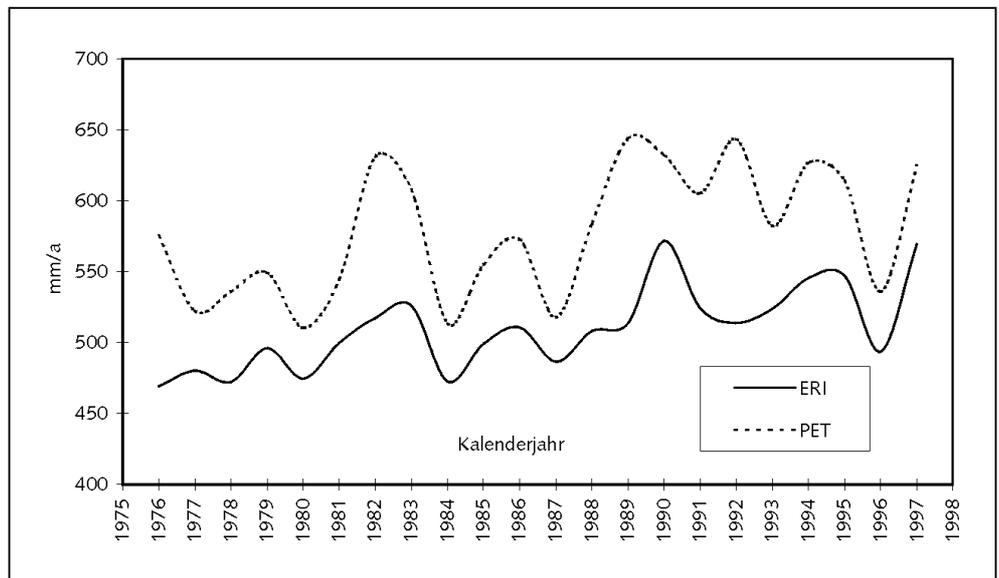
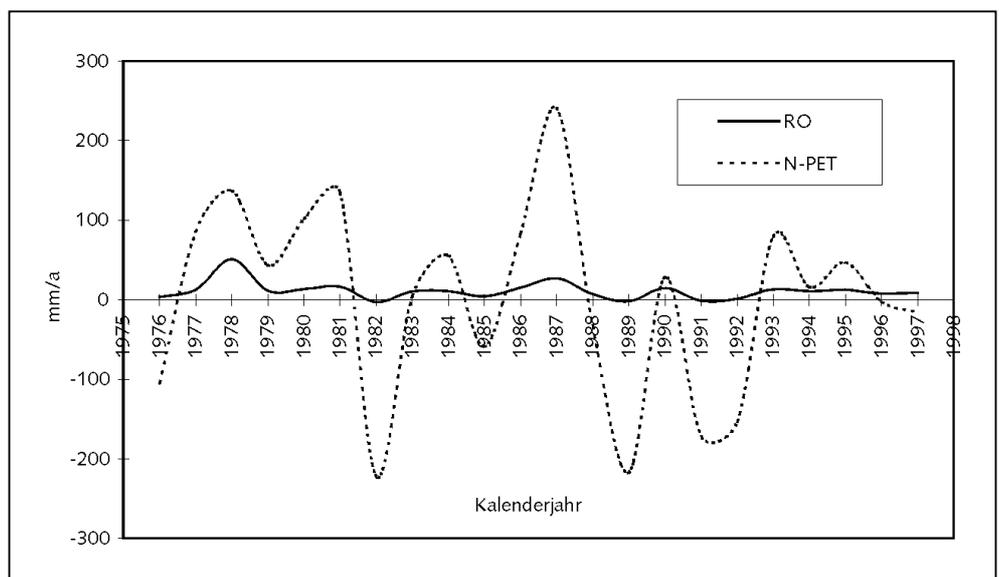


Abb. 4-12:
Jahreswerte des Direktabflusses



4.3.1.4 Grundwasserneubildung 1994

Da das Abflussjahr (hydrologische Jahr) 1994 relativ niederschlagsreich war, kann die Kalibrierung nur dann richtig durchgeführt werden, wenn auch repräsentative Grundwasserneubildungswerte angesetzt werden. Deswegen wurden für die stationäre Kalibrierung des Grundwassermodells die Grundwasserneubildungswerte für das hydrologische Jahr 1994 ausgewertet. Der gebietsmittlere Jahreswert der Grundwasserneubildung für das hydrologische Jahr 1994 beträgt

rd. 145,70 mm/a, was erheblich über dem langjährigen Mittel liegt. In Abbildung 4-10 ist dieser Umstand nicht deutlich zu erkennen, da darin die Auswertung von Kalenderjahren dargestellt ist.

Die innerjährliche Dynamik der Grundwasserneubildung wurde monatsweise für die Periode November 1993 bis Oktober 1994 berechnet und ist in Abbildung 4-13 dargestellt. Die Summe der einzelnen gebietsmittleren Monatswerte entspricht dem oben genannten Wert von rd. 145,70 mm/a.

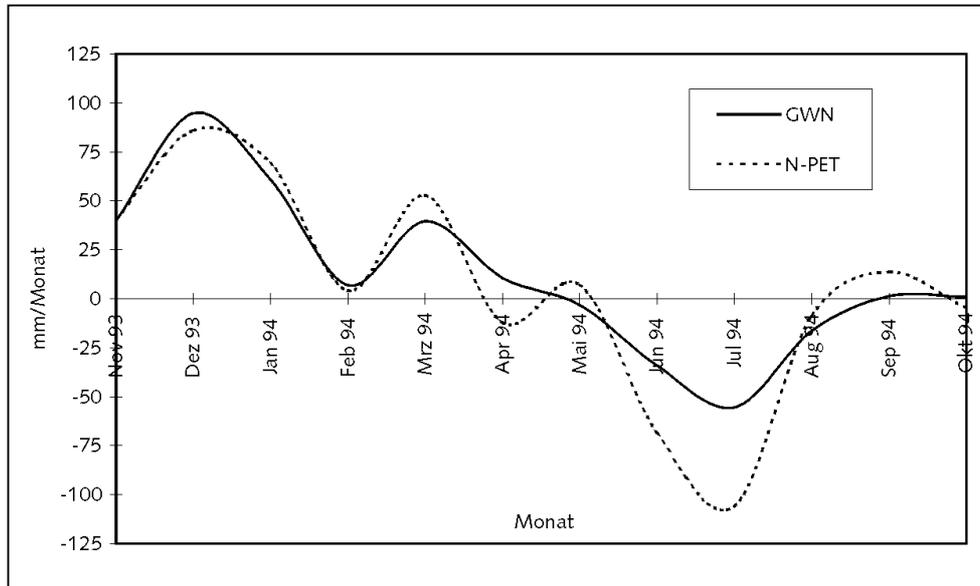


Abb. 4-13: Monatswerte der gebietsmittleren Grundwasserneubildung (Abflussjahr 1994)

4.3.2 Grundwassermodell FEFLOW

4.3.2.1 Modellgrundlagen und Vorgehensweise

Das Grundwasserströmungsmodell Oderbruch wurde als dreidimensionales Modell mit Hilfe des Programmsystems FEFLOW der Fa. WASY erstellt. Das Programmsystem FEFLOW basiert auf der Methode der Finiten Elemente (FEM). Modellgrundlagen sind aus DIERSCH (1998) ersichtlich.

Die Datengrundlagen und das hydrogeologische Strukturmodell sind in Kapitel 4.2.2.3 beschrieben.

Der dreidimensionale Modellansatz scheint zunächst für die hydrogeologischen Verhältnisse des Oderbruchs, gekennzeichnet durch nur einen dominierenden Hauptgrundwasserleiter, nicht erforderlich zu sein. Modellierungen in der Vergangenheit (QUAST, 1972) gingen von einer horizontal-ebenen, zweidimensionalen Modellierung aus. Der erhebliche Vorteil des 3D-Ansatzes entsteht in einer verbesserten Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen gering durchlässiger Deckschicht und Hauptgrundwasserleiter sowie in der Möglichkeit, das Hauptgrabensystem in Lage und Tiefe verbessert zu erfassen. Letzteres schafft erst die Möglichkeit der Kopplung von Grund- und Oberflächenwasserabfluss, wie er für das Oderbruch maßgebend ist und in weiteren Bearbeitungsschritten untersucht werden soll.

Ein vergleichbarer 3D-Modellansatz wurde für das vom ZALF erstellte Detailmodell Groß Neuendorf (ZALF, 1996) genutzt.

4.3.2.2 Geometrisches Modell

Grundlage des Modellaufbaus ist die Gebietsdiskretisierung in Finite Elemente (Dreiecke). Die Eckpunkte des entstehenden Dreiecknetzes (Knoten) bilden die Stützstellen der Grundwasserströmungsberechnung. Den Dreiecken selbst sind die Materialeigenschaften (z. B. k_f -Werte) zugeordnet. Bei der Diskretisierung muss ein sinnvoller Kompromiss zwischen erforderlicher Detailliertheit (entsprechend den verfügbaren Datengrundlagen) und Modellaufwand (der Rechenaufwand steigt etwa quadratisch mit der Knotenzahl) gefunden werden.

Für das Oderbruch ist eine große Anzahl von Gewässern mit Anbindung an das Grundwassersystem charakteristisch. Aus Aufwandsgründen und Gründen der Datenverfügbarkeit ist es für das Gesamtgebiet völlig unrealistisch, jedes Gewässer im Detail in das Grundwassermodell aufzunehmen. Hierfür sind Detailmodelle erforderlich. Daher erfolgte eine Auswahl der zu modellierenden Hauptgewässer, vgl. Kapitel 4.3.2.4. Das Modellnetz ist in Karte 5 dargestellt.

Die horizontale Diskretisierung des Modellgebietes erfolgte zunächst durch insgesamt 253 grobe Superelemente, welche die Geometrie des Hauptgewässernetzes und auch die zu berücksichtigenden Gräben abbilden. Aufgrund dieser ersten Aufteilung wurde als erster Schritt ein 2D-Finite-Element-Modell mit insgesamt 24.715 Dreiecken (12.798 Knoten) erstellt. Die Seitenlänge der Dreiecke variiert zwischen 20 m (im Streifen zwischen der Oder und den Beigräben) bis hin zu 300 m.

Anschließend wurde das generierte 2D-FEM-Netz zum 3D-Modellnetz erweitert. Entsprechend dem hydrogeologischen Strukturmodell (vgl. Kap. 4.2.2.3) wurde das Modell zunächst vertikal in zwei Modellschichten diskretisiert. Die oberste Modellschicht (Schicht 1) repräsentiert im Oderbruch die fast flächendeckend nachgewiesenen Auelehmlagerungen. Entsprechend der Philosophie von FEFLOW, dass die Modellschichten im geometrischen Modell durchgängig vorhanden sein müssen, ist die oberste Modellschicht im Bereich der Hochflächen (Neuenhagener Insel, Reitweiner Sporn und Ostrand der Barnim-Hochfläche) durch die Geschiebemergel-/Geschiebesandbedeckung realisiert. Die zweite Modellschicht stellt den Hauptgrundwasserleiter dar (hauptsächlich Weichsel 1-Nachschüttsande bzw. Talsande). Die Unterkante des Modells wird durch den Liegendstauer bestimmt; im Norden des Modellgebiets bilden tertiäre Ablagerungen den Liegendstauer, im zentralen und südlichen Teil des Modellgebiets sind saaleiszeitliche Grundmoränen als Liegendstauer nachweisbar. Die Unterkante des Hauptgrundwasserleiters und seine Mächtigkeit sind in Karte 6 dargestellt.

Die Modelloberkante (Slice 1) wurde aus dem digitalen Geländemodell (DGM) abgeleitet. Die Unterkante der ersten Modellschicht (Slice 2) wurde aus den in der Detailkarte der Auelehmbedeckung (EYRICH, 1971) abzuleitenden Mächtigkeitsangaben unter Zuhilfenahme des digitalen Geländemodells sowie verfügbarer Bohrungen abgeschätzt. Außerhalb der detailkartierten Fläche wurden die Angaben der HYKA (ZGI, 1980–1989) und der LKQ (VEB GEOLOGISCHE FORSCHUNG UND ERKUNDUNG, 1972–89) herangezogen. Die Verbreitung und Mächtigkeit der modellierten Deckschicht ist in Karte 7 dargestellt.

Aus numerischen Gründen wurde im weiteren Stadium des Modellaufbaus zwischen den beiden ursprünglichen Modellschichten (Auelehm, Talsande) eine 1 m mächtige Pufferschicht mit den k_f -Werten des Hauptgrundwasserleiters eingefügt, um einerseits die hohen k_f -Wert-Unterschiede zwischen Auelehmbedeckung und dem Hauptgrundwasserleiter abzumildern und andererseits die Wirksamkeit der inneren Modell-Randbedingungen im Modell adäquat darzustellen. Zumindest die größeren Vorfluter und Gräben reichen mit ihren Sohlflächen in den Hauptgrundwasserleiter hinein und sind deshalb auch im Hauptgrundwasserleiter als Modell-Randbedingungen zu realisieren.

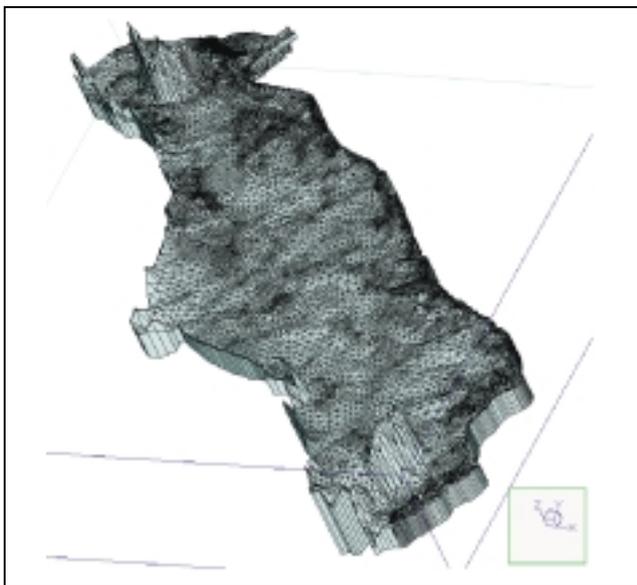


Abb. 4-14: 3D-Darstellung des Modellnetzes

Das geometrische Modell besteht somit aus drei Modellschichten und baut sich nunmehr aus 51.192 Knoten und 74.145 Elementen (Dreiecksprismen) auf. Eine 3D-Darstellung des Modellnetzes ist aus Abbildung 4-14 ersichtlich.

4.3.2.3 Anfangswasserstände

Für die stationäre Modellrechnung (Jahresmittel Abflussjahr 1994) wurden die mittleren Wasserstände (Abflussjahr 1994) von insgesamt 195 Grundwassermessstellen als Kalibrierziel definiert und als Punktwerte ins Grundwassermodell eingebracht. Da bei einer möglichst realitätsnahen Erfassung des Grundwasserströmungsfeldes auch der Einfluss der Vorfluter berücksichtigt werden muss, wurden neben den mittleren Grundwasserständen auch ausgewählte Oberflächenwasserstände zur Generierung einer mittleren Grundwasserstandsverteilung über die im Modellsystem FEFLOW verfügbaren Tools zur Regionalisierung raumbezogener Daten (DIERSCH, 1998) herangezogen.

Entsprechend wurde für die instationäre Modellverifizierung eine Anfangsverteilung der Grundwasserstände zum 01.11.1993 erzeugt.

4.3.2.4 Modellrandbedingungen

Das numerische Grundwasserströmungsmodell wird entscheidend durch entsprechende Randbedingungen geprägt. Im vorliegenden Grundwasserströmungsmodell wurden Randbedingungen 2. Art zur Modellierung des Zustroms von der westlich gelegenen Barnim-Hochfläche und zur Darstellung der Schöpfwerksentnahmen angesetzt. Die Hauptvorfluter im Modellgebiet wurden als Randbedingungen 3. Art berücksichtigt.

Gerade im Oderbruch kommt der Definition von Randbedingungen besondere Bedeutung zu. Das Gewässernetz mit Stauen und Schöpfwerken bestimmt im hohen Maße die Grundwasserdynamik. Von besonderer Bedeutung sind die Schöpfwerke. In der ursprünglichen Modellkonzeption war vorgesehen, die Schöpfwerke über Randbedingungen 3. Art – vorgegebener Grabenwasserstand am Schöpfwerk – zu modellieren. Leider musste dieser Ansatz aufgegeben werden, da für das zu modellierende Abflussjahr 1994 entsprechende Daten nicht zur Verfügung standen. Alternativ wurden die Schöpfwerke über die Entnahmen berücksichtigt (s. u.).

Randbedingungen 3. Art

Zur Modellierung der Austauschprozesse zwischen den Oberflächengewässern und dem Grundwasser wurden die Hauptgewässer als Randbedingung 3. Art (kolmatierte Gewässer) berücksichtigt. Der zugrunde liegende Modellansatz lässt sich durch die Gleichung

$$q = \Phi_h \cdot (h_{OW} - h_{GW})$$

mit
 q - die Strömungsgeschwindigkeit in 10^{-4} [m/d]
 Φ_h - die Transfer-Rate (der sog. Leakage-Faktor) in 10^{-4} [1/d]
 h_{OW} - der Oberflächenwasserstand in m
 h_{GW} - der Grundwasserstand in m

beschreiben. q stellt die In- bzw. Exfiltrationsrate dar, je nachdem, ob der Oberflächenwasserstand höher oder niedriger als der Grundwasserstand liegt.

Die Belegung der Randbedingung 3. Art erfordert zwei Parameter: den Wasserstand des Gewässers h_{OW} und die Transfer-Rate Φ_h , welche die Intensität des Austauschs zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser mitbestimmt. Für die Transfer-Rate gilt

$$\Phi_h = k_{kolm} / M_{kolm} \quad \text{in } 10^{-4} \text{ [1/d]},$$

wobei k_{kolm} und M_{kolm} jeweils für den Durchlässigkeitsbeiwert [m/d] und die Mächtigkeit [m] der Kolmationsschicht eines Vorfluters stehen. Die Transfer-Raten können je nach Austauschrichtung zwischen Gewässer und Grundwasser verschieden belegt werden ($\Phi_{h(in)}$ für infiltrierende und $\Phi_{h(out)}$ für exfiltrierende Bedingungen). Generell ist aufgrund der Kolmation $\Phi_{h(in)}$ mit einem kleineren Wert zu belegen als $\Phi_{h(out)}$. Zur Parametrisierung vergleiche Kap. 4.3.2.5.

Die Transfer-Raten wurden zunächst empirisch geschätzt und danach bei der Modellkalibrierung als Variationsparameter behandelt. Die Transfer-Raten für exfiltrierende Bedingungen $\Phi_{h(out)}$ wurden 10-mal so hoch angesetzt wie die Transfer-Raten $\Phi_{h(in)}$.

Nachfolgend sind die im Modell als Randbedingungen 3. Art berücksichtigten Gewässer genannt (vgl. auch Karte 8):

- Oder
- Havel-Oder-Wasserstraße
- Alte Oder (Abschnitt Oderberg - Schiffmühle)
- Stille Oder
- Mucker
- Alte Finow
- Freienwalder Landgraben
- Laufgraben Güstebieser Loose - Hohenwutzen
- Friedländer Strom
- Quappendorfer Kanal
- Gusower Alte Oder
- Seelake
- Volzine
- Neubarnimer Stadtgraben
- Kruschkegraben
- Letschiner Hauptgraben
- Zechiner Hauptgraben
- Golzower See
- Maschnower Alte Oder
- Bullergraben
- Heyengraben.

Bei der stationären Kalibrierung erwies es sich als notwendig, weitere Vorfluter und Beigräben der Oder als Randbedingungen zu berücksichtigen, für die keine expliziten Wasserstandsdaten für das Abflussjahr 1994 verfügbar waren. Es handelt sich hierbei um Grabensysteme im Bereich Neuranft-Neurüdnitz-Neuküstrinchen-Altreetz, um den Altmädewitzer Hauptgraben, den Posedingraben, den Jesargraben, den Wilhelmsgraben sowie Beigräben der Oder im Abschnitt zwischen Lebus und Kietz. Für diese Vorfluter wurden langjährige mittlere Wasserstände den TK 25 entnommen.

Je nach ihrer räumlichen Ausbildung und den hydrogeologischen Verhältnissen wurden die Randbedingungen 3. Art im 3D-Modell unterschiedlich behandelt. Die Oder wurde als flächenhafte Randbedingung im 2. Slice angesetzt. Für die übrigen Hauptgewässer wurden linienhafte Randbedingungen 3. Art hingegen in den Slices 1, 2 und 3 realisiert. Bei der Ansetzung der linienhaften Randbedingungen nur in den beiden obersten Slices zeigte es sich, dass sie nur lokal wirksam waren.

Die Vorgehensweise ist schematisiert in Abbildung 4-15 dargestellt.

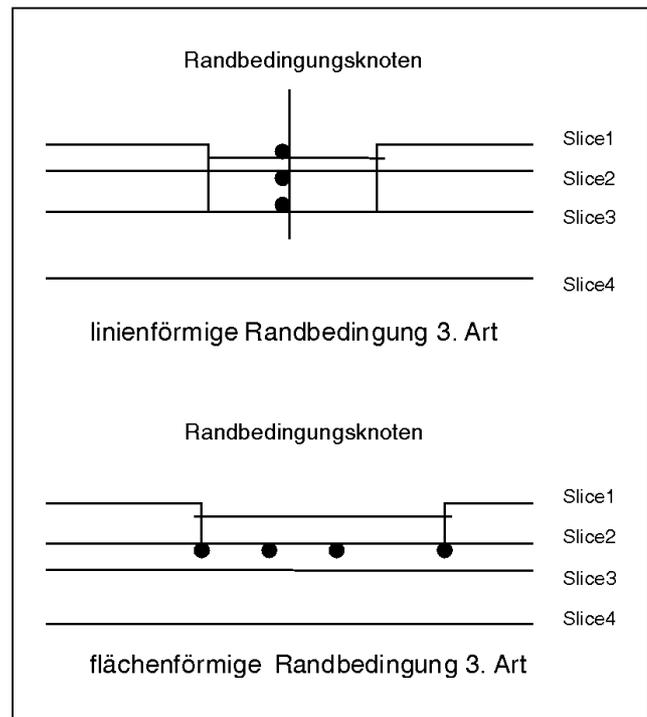


Abb. 4-15: Prinzipskizze zur Darstellung linien- und flächenförmiger Randbedingungen 3. Art im 3D-Modell

Bei der stationären Modellkalibrierung (vgl. Kap. 4.4.1) wurden mittlere Wasserstände der betrachteten Gewässer an den entsprechenden Berandungen festgelegt. Die instationäre Modellverifizierung (vgl. Kap. 4.4.2) erfolgte auf der Grundlage der verfügbaren Werte des OW-Wasserstandes des Abflussjahres 1994.

Randbedingungen 2. Art

Die Entwässerungswirkung der Schöpfwerke (Schöpfwerke II. Ordnung, vgl. Kap. 4.2.3.3) konzentriert sich erfahrungsgemäß über das Grabensystem auf den Hauptgrundwasserleiter. Demzufolge wurden die Schöpfwerksentnahmen außerhalb des als linienförmige Randbedingungen 3. Art dargestellten Grabensystems als Entnahmen innerhalb der zugehörigen Schöpfwerkseinzugsgebiete im Slice 2 (Oberkante Hauptgrundwasserleiter) verteilt. Durch diese Entnahmen werden auch die kleineren, im Modell nicht explizit als Randbedingung 3. Art berücksichtigten Gräben erfasst, die im Einzugsgebiet des Hauptgrabensystems liegen.

Die zugrunde gelegten mittleren Entnahmen der Schöpfwerke II. Ordnung gehen aus Tabelle 4-10 hervor.

Tab. 4-10: Übersicht der Schöpfwerke II. Ordnung im Modellgebiet Oderbruch und der Schöpfwerksentnahmen (Abflussjahr 1994)

Nr. *)	Schöpfwerks-Nr.	Schöpfwerk II. Ordnung	Entnahme, Abflussjahr 1994 (Tm ³)
1	2601	Tergelgraben	6.003,2
2	2602	Seelow II	1.890,2
3	2603	Seelow I	1.658,2
4	2604	Seelow III	2.576,4
5	2605	Scherickengraben	1.601,3
6	2606	Manschnow	75,6
7	2607	Pommling	1.103,9
8	2608	Steintoch	2,6
9	2609	Wensegraben	2.379,8
10	2610	Neubarnim II	1.640,0
11	2611	Neubarnim III	0,0
12	2613	Sietzing	171,2
36	2616	Golzow	k. A.
14	3601	Falkenberg	221,7
15	3602	Frw. Güterbahnhof	559,9
16	3603	Frw. Kietz	1.091,4
17	3604	Frw. Rohrstieggraben	178,5
18	3605	Gäbow	4.515,3
19	3606	Paulshof I	3.227,3
20	3607	Paulshof II	2.043,4
21	3608	Altreetz	76,8
23	3609	Zäckericker Loose	4.613,5
24	3610	Thöringswerder	1.417,7
25	3611	Bliasdorf	1.341,1
26	3612	Neulewin	737,1
27	3613	Zollbrücke	3.236,5
28	3614	Bienenwerder	1.437,8
29	3615	Bralitz I	43,2
30	3616	Bralitz II	36,0
31	3617	Nasser Polder Güstebieser Loose	4.259,2
32	3618	Bochowsloos	210,6
33	3619	Bochegraben Güstebiese	549,2
34	3620	Liepe	4.470,8
35	3621	Hohensaaten	12.533,0
	Summe		66.002,15

Nr. *) Nummer in Karten 1-1 und 1-2

Slice	Randbedingungen		Modellschicht	Geologische Einheit	h - g Funktion	M
	2. Art	3. Art				
1	Zustrom vom Barnim	Gewässer/Gräben linear	1	Auelehm (Holozän), Talsande	Stauer (Geringleiter)	0,5 - 9 m
2	Zustrom vom Barnim, Schöpfwerksentnahmen	Gewässer/Gräben linear, Oder flächig	2	Weichsel I-Nachschütsande	Übergangsschicht zum Hauptgrundwasserleiter	1 m
3	Zustrom vom Barnim	Gewässer/Gräben linear	3	Weichsel I-Nachschütsande	Hauptgrundwasserleiter	5 - 40 m
4	-	-				

Tab. 4-11: Modellaufbau (vertikale Diskretisierung) Grundwassermodell Oderbruch

h-g Fkt. hydrogeologische Funktion
M Mächtigkeit

Außerdem wurde der Randzustrom über den südwestlichen Modellrand aus der Barnim-Hochfläche als linienhafte Randbedingung 2. Art berücksichtigt. Einen ersten Anhaltspunkt für die Größenordnung dieses Zustroms ergeben die aus den HYKA am Rand zur Barnim-Hochfläche ablesbaren hydraulischen Gradienten (1:250 m bis 1:500 m). Die Präzisierung der Randzuflüsse erfolgte während der Kalibrierung.

Zusammengefasst ist der vertikale Modellaufbau und die vertikale Plazierung der Randbedingungen in Tabelle 4-11 dargestellt.

Im 3D-Modell Oderbruch wurde die oberste Modellslice als freie bewegliche Grundwasseroberfläche und die Modellunterkante (Oberkante Liegendstauer, Slice 4) als fixiert gestaltet. Die Slices 2 und 3 sind "nicht definiert", d. h. sie verschieben sich in Abhängigkeit der Lage der Grundwasseroberfläche. Dabei wird berücksichtigt, dass die Schichtung des Grundwasserleiter-/stauersystems korrekt modelliert wird.

Bei der instationären Rechnung mit zeitlich stark variierender Grundwasserneubildung war der für die stationäre Rechnung gewählte Ansatz der vertikalen Modellgeometrie jedoch noch nicht ausreichend (siehe auch Kap. 4.4.2).

4.3.2.5 Modellparametrisierung

k_f-Werte

Die *k_f*-Werte der Auelehmschicht (Modellschicht 1) wurden aufgrund der Detailkartierung von EYRICH (1971) abgeschätzt. Hierzu wurden die Detailkarte digital als Polygon-Cover im GIS ARC/INFO erfasst und die dargestellten lithologischen Einheiten als Polygon-ID eindeutig festgehalten. Anhand der für jede lithologische Einheit der Auelehm-Detailkarte von EYRICH (1971) vorgegebenen schematisierten Profilbeschreibung und anhand der in diesem Gebiet verfügbaren Bohrungen war für jedes Polygon eine Abschätzung des mittleren *k_f*-Wertes der Auelehmschicht möglich.

Die *k_f*-Werte des Hauptgrundwasserleiters wurden dem Hydrogeologischen Kartenwerk der DDR (Karten der Grundwasserleiter) entnommen. Sie liegen im Bereich des eigentlichen Oderbruchs zwischen $5 \cdot 10^{-4}$ bis $8 \cdot 10^{-4}$ m/s. Für die Neuenhagener Insel sind *k_f*-Werte bis $1 \cdot 10^{-3}$ m/s dokumentiert.

Aus Pumpversuchsdaten abgeleitete *k_f*-Werte liegen im Modellgebiet lediglich für drei an der Oder gelegene Pumpversuchstrassen (Fährkrug, Groß Neuendorf und Reitwein) vor (QUAST, 1972). Für den Bereich Fährkrug wurden *k_f*-Werte in

der Größenordnung zwischen $4,1 \cdot 10^{-4}$ und $1,26 \cdot 10^{-3}$ m/s ermittelt. Im Abschnitt Groß Neuendorf wurde ein k_f -Wert von $6,2 \cdot 10^{-4}$ m/s abgeleitet. Deutlich höhere k_f -Werte wurden im Bereich Reitwein mit $1,7 \cdot 10^{-3}$ bis $3,0 \cdot 10^{-3}$ m/s ermittelt. Die Ergebnisse dieser Pumpversuchauswertungen wurden berücksichtigt.

Für den Auelehm wurde eine entwässerbare Porosität von 0,08 und für den Hauptgrundwasserleiter ein Wert von 0,2 angenommen. Der Speicherkoeffizient ist nur bei gespanntem Strömungsregime von Bedeutung und wurde anhand von Erfahrungswerten aus früheren Modellierungen mit $1 \cdot 10^{-4}$ (1/m) festgelegt. Die durch QUAST (1972) dokumentierten Pumpversuchauswertungen hatten Speicherkoeffizienten in vergleichbarer Größenordnung ($6,5 \cdot 10^{-4}$ bis 0,001 (1/m)) ergeben.

4.4 Modellkalibrierung Gesamtmodell Oderbruch

Die Modellkalibrierung ist für ein Grundwassermodell des gesamten Oderbruchs sehr kompliziert, wie nachfolgende Aspekte verdeutlichen sollen:

- Das Modellgebiet ist mit rd. 825 km² für ein detailliertes Grundwassermodell sehr groß.
- Die Grundwasserverhältnisse werden in hohem Maße durch das sehr stark vernetzte Gewässernetz, durch Schöpfwerke und Stau bestimmt. Die diesbezügliche Datengrundlage ist sehr unvollständig.
- Die oberflächennahen Grundwasserverhältnisse werden einerseits durch die grundwasserhemmende Deckschicht unterschiedlicher Mächtigkeit (Auelehme) und andererseits das Grabensystem bestimmt. Sowohl die Mächtigkeit der Deckschicht als auch die entsprechende Tiefe der Gräben sind großräumig, aber nicht lokal im Detail bekannt.
- Die Infiltration aus der Oder (Uferfiltrat) stellt eine wichtige Wasserbilanzgröße dar. Der die Infiltration bestimmende Leakage-Faktor (Kolmationsbeiwert) ist keine Messgröße, sondern wie andere hydrogeologische Parameter eine Modelleichgröße. Dazu kommt, dass der Leakage-Faktor u.U. sogar ereignisabhängig ist (Auswaschung bei Hochwasser ist möglich).
- Eine weitere wesentliche Bilanzgröße ist der Zustrom ins Gebiet von den Hochflächen – ebenfalls eine Eichgröße.
- Bisher steht nur ein digitales Geländemodell mit einer Genauigkeit = 1 m zur Verfügung.

Aus dem Gesagten folgt, dass es weder sinnvoll noch möglich ist, eine Modelleichgenauigkeit im cm-Bereich anzustreben. Hierzu wären Detailmodelle verbunden mit ergänzenden Datenerhebungen notwendige Voraussetzung.

Ziel der Kalibrierung und der darauf aufbauenden Modellanwendung ist es dementsprechend, die großräumige Grundwasserndynamik und die Wasserbilanz im Oderbruch mit hinreichender Genauigkeit zu beschreiben, nicht aber, lokal hohe Genauigkeiten zu erreichen.

Die Modellkalibrierung erfolgte in zwei Etappen:

- Stationäre Kalibrierung für ein Jahresmittel

Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildungsrate (GWN) wurde flächendifferenziert mit dem Programm SIWA ermittelt (vgl. Kap. 4.3.1) und als flächenhafte Speisung im Grundwassermodell berücksichtigt.

Für die instationäre Modellverifizierung wurden Monatswerte der GWN herangezogen. Bei der stationären Modellkalibrierung wurden Jahresmittel der GWN verwendet.

Transfer-Raten

Als Anfangswert wurde die Transfer-Rate $\Phi_{h(out)} = 8.640$ (Einheit = $10^{-4}/d$) angenommen. Dies entspricht prinzipiell etwa einer 1,0 m mächtigen fiktiven Kolmationsschicht mit $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ m/s bzw. einer 0,1 m mächtigen fiktiven Kolmationsschicht mit $k_f = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

- Instationäre Kalibrierung/Verifizierung für ausgewählte Niedrig-, Mittel- und Hochwasserereignisse der Oder.

Aufgrund der verfügbaren Daten wurde in beiden Fällen das Abflussjahr 1994 als Grundlage gewählt.

4.4.1 Stationäre Kalibrierung

Das Grundwassermodell wurde anhand verfügbarer Mittelwerte von Grundwasserständen in 195 Grundwasserbeobachtungsrohren (Abflussjahr 1994) kalibriert. Hierbei wurden die entsprechenden Jahresmittel der Grundwasserneubildung und der Oberflächenwasserstände der betrachteten Gräben sowie die flächenhaft auf die Schöpfwerkseinzugsgebiete verteilten Schöpfwerksentnahmen als Eingangsgrößen angenommen.

Wie bereits oben ausgeführt, stellt eine besondere Problemstellung in der vorliegenden Untersuchung das stark verzweigte Grabensystem im Oderbruch dar. Das Ziel der Kalibrierung war, das Strömungsverhalten unter Berücksichtigung des Grabensystems modelltechnisch mit Hilfe differenzierter Transfer-Raten (Leakage-Koeffizienten⁴) und ggf. Modifizierung der örtlichen k_f -Wert-Verteilung widerzuspiegeln.

Die Kalibrierung wurde durch eine Analyse der Differenzen zwischen den berechneten und den jahresmittleren gemessenen Grundwasserständen an 195 Messstellen statistisch ausgewertet. In der Abbildung 4-16 sind die Differenzen, welche sich aus Modellwert minus mittlerem Messwert ergeben, als statistische Auswertung graphisch dargestellt. Bei 157 Messstellen liegt die absolute Abweichung der berechneten von den gemessenen Werten unter 50 cm (bei 95 davon unter 25 cm). An 39 Messstellen wurden Abweichungen von absolut 0,5 m bis 1 m verzeichnet. Es handelt sich hierbei überwiegend um Messstellen, die weiter entfernt von den im Modell enthaltenen Randbedingungen 3. Art liegen, oder auch z.T. um zwischen der Oder und den Beigräben gelegene Messstellen, wo auf kurzer Strecke hohe Grundwasserstandsgradienten zu verzeichnen sind.

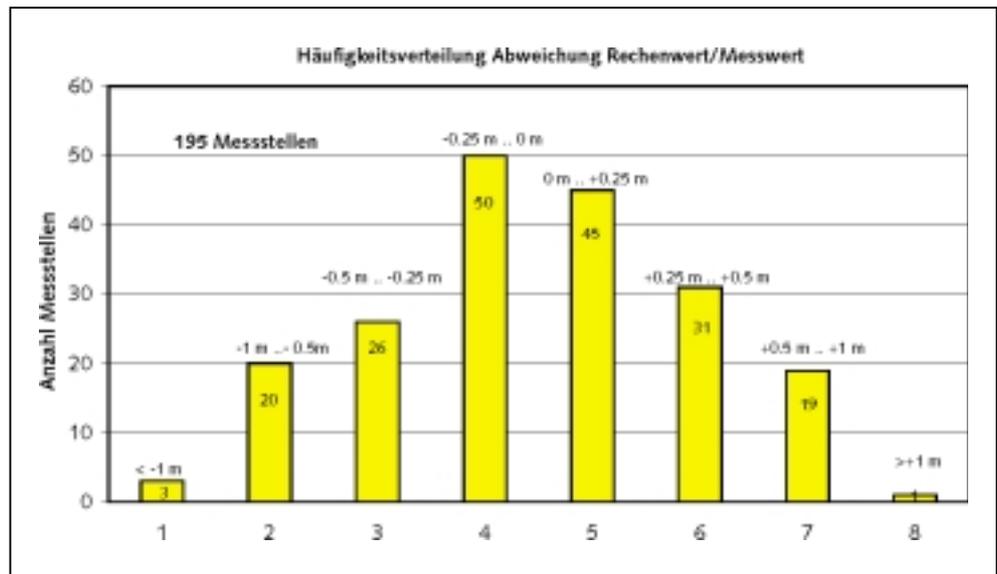
⁴ Leakage-Koeffizient als Maß für den Zusatzwiderstand zwischen OW-Gewässer und Grundwasser.

Im Nahbereich der Oder, der mit aus drei Großpumpversuchen bestimmten k_f -Werten dokumentiert ist (vgl. QUAST, 1972) und im Modell entsprechend parametrisiert war, konnte durch eine lokale Variation der Transfer-Raten entlang der Oder und den Beigräben eine hinreichend gute Anpassung an die Messwerte erzielt werden. Insbesondere im Oderabschnitt Reitwein, wo sehr hohe k_f -Werte in der Größenordnung von 10^{-3} m/s ermittelt wurden, reagierte das Modell auf Änderungen der Transfer-Raten sehr sensibel. Bei den weiter entfernt von den als Randbedingungen berücksichtigten Vorflutern liegenden Grundwassermessstellen wäre unter Einbeziehung von noch

mehr Vorflutern als den in Kapitel 4.3.2.4 angegebenen Gewässer I. und II. Ordnung im Modell eine noch bessere Anpassung zu erzielen gewesen. Hierfür waren aber keine Wasserstandsmessungen verfügbar.

An insgesamt vier Messstellen waren höhere Abweichungen von absolut > 1 m zu verzeichnen. Drei Messstellen liegen am südwestlichen Zustromrand (Wriezen, Bad Freienwalde), wo steile, von der Barnim-Hochfläche ins Oderbruch gerichtete Gradienten und die Wriezener Alte Oder als Randbedingung 3. Art bis nahe an den Modellrand reichen.

Abb. 4-16:
Statistische Verteilung der Differenzen der berechneten und gemessenen Grundwasserstände



Die Auswertung zeigt, dass das Grundwassermodell plausibel und unter Berücksichtigung der im Modell enthaltenen Hauptvorfluter hinreichend genau an die mittleren Grundwasserstände des Abflussjahres 1994 angepasst wurde. Ein Vergleich zwischen dem mittleren gemessenen Zustand und dem stationär berechneten mittleren Zustand des Abflussjahres 1994 ist regional anhand Karte 9 möglich, in der sowohl der aus den Messwerten abgeleitete als auch der stationär berechnete Grundwassergleichenplan dargestellt sind.

Bei der Interpretation der kartographischen Darstellungen muss berücksichtigt werden, dass dem dargestellten mittleren gemessenen Zustand nur die Mittelwerte an den Grundwassermessstellen zugrunde liegen, während der berechnete Zustand für jeden Modellknoten vorliegt und demzufolge der sich daraus ergebende berechnete Isolinenplan in seinen Konturen wesentlich detaillierter ist.

Weiter ist zu beachten, dass die Jahresmittelwerte an den Grundwassermessstellen nicht mit einem langjährigen Mittel identisch sein müssen. Letzteres wird aber bei einer stationären Modellierung vorausgesetzt.

Mit der stationären Kalibrierung wurde deshalb in erster Linie die Kalibrierung der großräumigen Verteilung der hydrogeologischen Parameter (k_f -Werte und Transfer-Koeffizienten) erreicht. Die im Zuge der Kalibrierung überarbeitete k_f -Wertverteilung ist in Karte 10 dargestellt. Sie orientiert sich an den in den HYKA50 des Oderbruchs ausgewiesenen k_f -Wertverteilungen, wobei angestrebt wurde, diese Parameterverteilung nur dort zu variieren, wo dies notwendig war (wo eine Veränderung der Transfer-Raten oder die Berücksichtigung zusätzli-

cher Gräben als Randbedingung allein keine hinreichende Anpassung der Grundwasserstände bewirkte). Die hierbei erhaltenen k_f -Werte sind zwar deutlich niedriger als die von QUAST (1972) kalibrierten k_f -Werte (insbesondere im zentralen Bereich des Modellgebiets), orientieren sich aber an der in den Bohrungen vorgefundenen lithologischen Beschaffenheit. Die von QUAST (1972) ebenfalls angeführten, aus Siebanalysen abgeleiteten k_f -Werte entsprechen hinsichtlich ihrer Größenordnung den in der vorliegenden stationären Modellierung kalibrierten k_f -Werten. Hierbei ist auch zu beachten, dass die von QUAST (1972) kalibrierten k_f -Werte (bzw. T-Werte) Modellwerte sind, die für die spezifische Modellvariante gelten.

Eine weiterführende stationäre Kalibrierung war nicht sinnvoll, da es für das Oderbruch de facto keinen stationären Zustand gibt. Instationäre Verhältnisse werden durch das Bewirtschaftungsregime (Schöpfwerke, Staue) und die Oder, aber auch den innerjährlichen Gang der Grundwasserneubildung aufgeprägt.

4.4.2 Instationäre Verifizierung

Die instationäre Verifizierung des Modells erfolgte für das Abflussjahr 1994 auf folgender Grundlage:

- Monatswerte der Grundwasserneubildung des Abflussjahres 1994 aus SIWA (vgl. Kap. 4.3.1),
- Oberflächenwasserstände für das Abflussjahr 1994 (zeitlich differenziert),
- Monatswerte der Schöpfwerksentnahmen für das Abflussjahr 1994 (vgl. Anlage 3).

Die im Zuge der stationären Kalibrierung ermittelten Parameter-Verteilungen (k_f -Werte und Transfer-Raten) wurden unverändert aus dem stationären Modell übernommen.

Aufgrund der starken Unterschiede der hydraulischen Durchlässigkeit der Deckschicht kommt es zu starken Potenzialunterschieden in der Deckschicht und im eigentlichen Grundwasserleiter, insbesondere bei kurzfristigen Änderungen der Randbedingungen. Beispiele dafür sind:

- Eine Erhöhung der Schöpfwerksleistung (z. B. bei Oder-Hochwasser) kann zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels im Hauptgrundwasserleiter bis unter die Deckschicht führen.
- Durch eine hohe Grundwasserneubildung kann es mittelfristig zu einem "Grundwasserstau" über der Deckschicht kommen, wenn die "Kapazität" (nutzbares Porenvolumen) des Hauptgrundwasserleiters bereits erreicht ist.
- Ein starker Uferfiltratzustrom aus der Oder führt zu hohen Grundwasserständen im Hauptgrundwasserleiter. Dabei kann der Anstieg der Grundwasserstände über die Unterkante der Deckschicht auch zeitweise lokal gespannte Strömungsverhältnisse im Hauptgrundwasserleiter bewirken.

Das stationäre Modell enthält drei Schichten, wobei der Hauptgrundwasserleiter in zwei Schichten vertikal aufgelöst wurde.

Das instationäre Modell enthält aus o.g. Gründen 4 Modellschichten, da zusätzlich der Auelehm vertikal in zwei Modellschichten aufgelöst wurde.

Die Modell-Slice 3 des instationären Modells mit den Schöpfwerksentnahmen sowie der Oder und den Gräben wurde, wie oben beschrieben, als phreatische (freie, aber fixierte) Oberfläche modelliert. In Tabelle 4-12 ist der vertikale Modellaufbau für das instationäre Modell dargestellt.

Die Messpunkte, an denen der Gang der Grundwasserstände während der Simulationsrechnung aufgenommen wird, verlagern sich im instationären Modell auf Slice 4.

Im stationären Modell, das nur drei Modellschichten enthält, lagen die Messpunkte in identischer Höhenlage auf der Slice 3.

Slice	Art Slice	Randbedingungen		Modellschicht
		2. Art	3. Art	
1	frei, beweglich	Zustromrand	Gräben	1 Auelehm
2	nicht spezifiziert	Zustromrand	Gräben	2 Auelehm
3	phreatisch (frei, unbeweglich)	Schöpfwerksentnahmen, Zustromrand	Gräben, Oder flächenhaft	3 HGWL
4	nicht spezifiziert	Zustromrand	Gräben	4 HGWL
5	fixiert	-	-	HGWL

Tab. 4-12:
Modellaufbau des
instationären Modells

HGWL - Hauptgrundwasserleiter

Dementsprechend repräsentieren die für Slice 4 (Modellschicht 3 = Hauptgrundwasserleiter im stationären Modell) berechneten Grundwasserverteilungen die charakteristischen Messgrößen und sind auch in den Grundwassergleichenplänen (s. u.) dargestellt.

Der Simulationszeitraum umfasste das gesamte Abflussjahr 1994 und wurde in konstanten Zeitschritten von 1 Tag modelliert.

Die Auswertung der Berechnungsergebnisse erfolgte zum einen messstellenbezogen über einen Vergleich zwischen gemessenem und berechnetem Gang der Grundwasserstände.

Weiterhin wurden für eine Niedrigwasser- (NW), eine Mittelwasser- (MW) und eine Hochwasser-Situation (HW) (bezogen auf die Oderwasserstände) im Abflussjahr 1994 gemessene und berechnete Grundwassergleichenpläne erzeugt, um einen regionalen, stichtagsbezogenen Vergleich zu ermöglichen.

Als Stichtag für eine NW-Situation wurde der 09.08.1994 ausgewählt. Beispielhaft für eine MW-Situation und HW-Situation wurde der 03.03.1994 bzw. 24.04.1994 gewählt. Die gemessenen und berechneten Grundwassergleichenpläne wurden für die NW-, MW- und HW-Situation dargestellt.

Die Grundwassergleichenpläne für Mittelwasser (MW) und Hochwasser (HW) der Oder sind im nördlichen Teil sowie im südlichen Teil des Oderbruchs sehr ähnlich. Größere Unterschiede von 0,5–1 m zwischen der Hochwassersituation und der Mittelwasser-Situation sind vor allem im Raum Wriezen sowie entlang der Oder zu verzeichnen.

Der Grundwassergleichenplan für die Niedrigwasser-Situation der Oder weist vor allem entlang der Oder entsprechend dem Gang der Oderwasserstände um teilweise mehr als 1 m niedrigere Grundwasserstände als die Gleichenpläne der Mittel- und Hochwasser-Situation auf. Im zentralen Oderbruch sind bei dem ausgewählten Niedrigwasserereignis rd. 0,5–1 m niedrigere Grundwasserstände als in der Mittelwasser-Situation gegeben.

In den Abbildungen 4–17 bis 4–19 sind die Abweichungen der instationär simulierten zu den gemessenen Grundwasserständen für die ausgewählten Stichtage 09.08.1994 (NW), 03.03.1994 (MW) und 24.04.1994 (HW) statistisch ausgewertet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die vorhandenen Messstellen nicht an allen ausgewählten Ereignissen Stichtagsmessungen aufweisen. Daher variiert die Anzahl der Messstellen sowohl zwischen den betrachteten Ereignissen der instationären Berechnung als auch zur Auswertung der stationären Berechnung.

Abb. 4-17:
Statistische Verteilung der Differenzen der berechneten und gemessenen Grundwasserstände NW-Situation der Oder

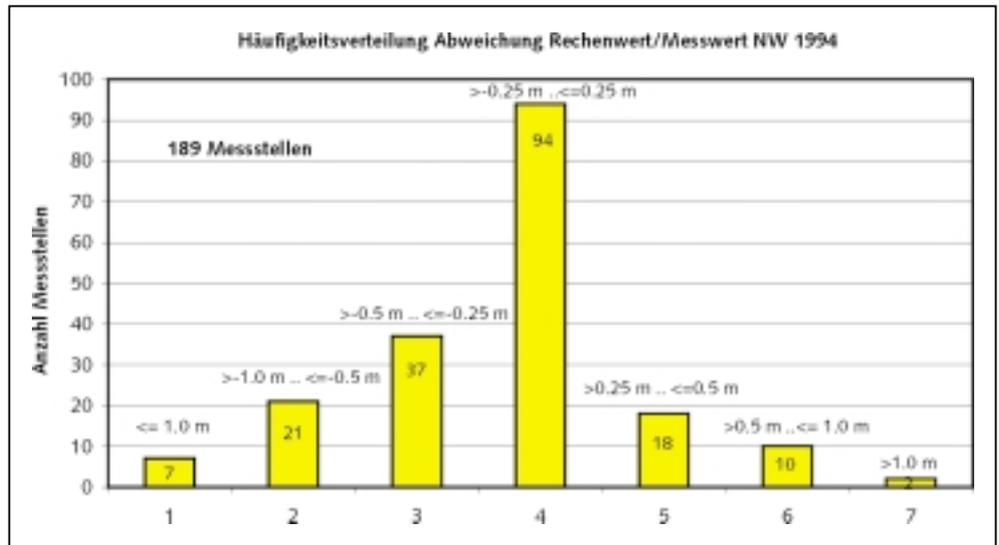


Abb. 4-18:
Statistische Verteilung der Differenzen der berechneten und gemessenen Grundwasserstände MW-Situation der Oder

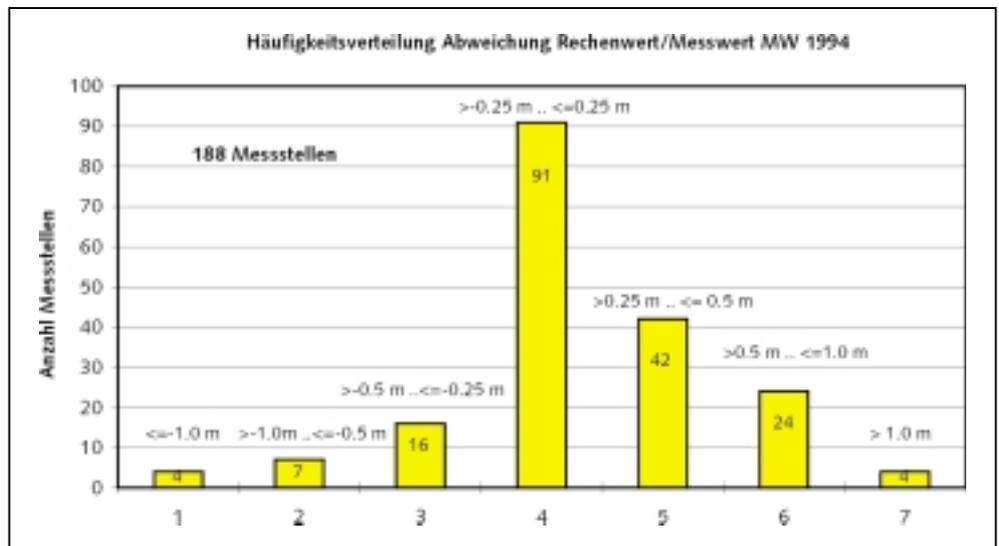
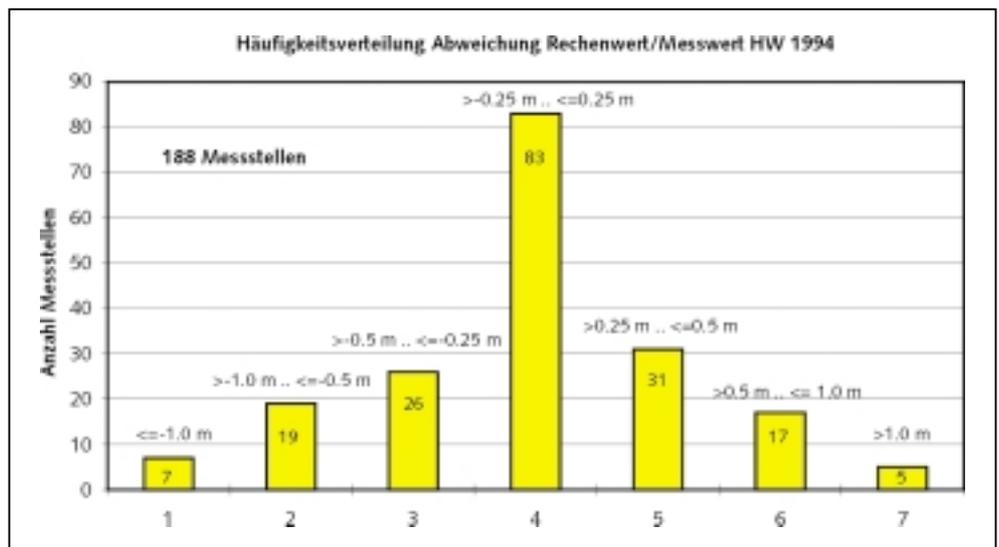


Abb. 4-19:
Statistische Verteilung der Differenzen der berechneten und gemessenen Grundwasserstände HW-Situation der Oder



Generell kann in Anbetracht der verfügbaren Datengrundlagen eingeschätzt werden, dass auch bei der instationären Simulation des Jahresganges des Abflussjahres 1994 für die ausgewählten hydrologischen Situationen plausible Grundwasserstandsverteilungen nachvollzogen werden konnten. Die insta-

tionäre Simulation berücksichtigte zeitvariable Eingangsgrößen wie die Grundwassererneubildung (GWN) und, soweit verfügbar, zeitlich veränderliche Schöpfwerksförderung und variable Oberflächenwasserstände, die sich z.T. mit deutlicher Verzögerung im Gang der Grundwasserstände bemerkbar machen.

4.4.3 Bilanzbetrachtung

4.4.3.1 Vorbetrachtung

In den Kapiteln 4.4.3.2 bis 4.4.3.4 werden folgende Bilanzen näher analysiert:

- die eigentliche Grundwasserbilanz, die sich aus dem Randzustrom von den Hochflächen, dem Drängewasserzufluss von der Oder und der Grundwasserneubildung ergibt,
- die Bilanz der Änderung des Grundwasserspeichers, der sich als Restgröße aus den Grundwasserzuflüssen minus Zuflüssen/Abflüssen des Grabensystems minus den Schöpfwerkentnahmen berechnet,
- die Bilanz der vertikalen Flüsse durch die Grenze zwischen Deckschicht und Hauptgrundwasserleiter.

Die Bilanzen für das Modellgebiet sind jeweils für das Abflussjahr 1994 und für die drei ausgewählten hydrologischen Ereignisse zusammengestellt. Hier sei nochmals darauf hingewiesen, dass es sich bei den ausgewählten hydrologischen Ereignissen um Ereignisse handelt, die anhand des Wasserstandes der Oder ausgewählt wurden. Demzufolge charakterisieren diese Ereignisse die NW-Situation, MW-Situation und HW-Situation der Oder. Es bedeutet nicht, dass zeitgleich die Grundwasserstände an den ausgewählten Ereignistagen einer NW-Situation, MW-Situation und HW-Situation entsprechen, da mit Ausnahme des odernahen Bereichs insbesondere der zeitliche Verlauf der Grundwasserneubildung im Modellgebiet die Grundwasserstände beeinflusst. Auch für die Grundwasserneubildung gilt, dass sie für die betrachtete NW-, MW- und HW-Situation der Oder nicht gleichlaufend typisch für NW-, MW- und HW-typische Grundwasserneubildung ist.

4.4.3.2 Grundwasserbilanz

In Tabelle 4-13 ist die Grundwasserbilanz für unterschiedliche Ereignisse zusammengestellt.

Der Drängewasserzufluss von der Oder nimmt erwartungsgemäß mit dem Wasserstand der Oder zu. So beträgt der Drängewasserzufluss ins Modellgebiet für die ausgewählte NW-Situation (09.08.1994) ca. 0,85 m³/s und für die HW-Situation (24.04.1994) ca. 4,20 m³/s. Für die MW-Situation (03.03.94) ergaben sich ca. 1,69 m³/s. Die gleiche Größenordnung (ca. 1,89 m³/s) wurde für das Abflussjahr 1994 berechnet.

Das Abflussjahr 1994 kann aufgrund der Jahressumme des Niederschlages (vgl. Kap. 4.2.4) als Nassjahr charakterisiert werden. Die Grundwasserneubildung im Abflussjahr 1994 beträgt ca. 3,85 m³/s. Das bedeutet eine um ca. 144 % höhere Grundwasserneubildung gegenüber dem langjährigen Mittel von ca. 1,58 m³/s. Abbildung 4-13 (vgl. Kap. 4.3.1.4) zeigt den zeitlichen Verlauf der Grundwasserneubildung im Abflussjahr 1994. Danach war im März noch eine hohe Grundwasserneubildung zu verzeichnen, die im weiteren Jahresverlauf entsprechend dem üblichen Jahresgang weiter abnimmt und in den Sommermonaten eine Grundwasserzehrung ausweist. Entsprechend dieser Situation ist die Grundwasserneubildung für das MW-Ereignis (März 1994) mit 12,12 m³/s höher als für das HW-Ereignis (April 1994) mit 3,40 m³/s (vgl. Tab. 4-13).

Aus Tabelle 4-13 wird auch deutlich, dass der Hauptanteil des Grundwasserzu- und abstroms im Modellgebiet für das

Nassjahr 1994 aus der Grundwasserneubildung gebildet wird. Für das Abflussjahr 1994 liegt der Anteil bei ca. 66 %. Der Anteil des Drängewasserstroms von der Oder beträgt für das Abflussjahr ca. 32 %.

Zur Prüfung auf Plausibilität wurden die berechneten Werte aus Tabelle 4-13 mit den Angaben im Wasserwirtschaftlichen Rahmenplan (1993) bzw. in DANNOWSKI & HEIM (1995) verglichen.

DANNOWSKI & HEIM (1995) geben für den langjährigen mittleren Zustrom von den südwestlichen Hochflächen einen Wert von 1,1 m³/s an. Dieser Wert konnte im vorliegenden Modell nicht realisiert werden, da das vorliegende Modell den unmittelbaren Zustromrand mit starken Gradienten des Grundwasserströmungsfelds (und kompliziertem, mit dem Oderbruch nur abschnittsweise berührte (etwa im Bereich Bad Freienwalde und Wriezen).

Für den Zustrom aus der Oder wurden für das Mittelwasserereignis 1,69 m³/s und für das Hochwasserereignis 4,20 m³/s berechnet. DANNOWSKI & HEIM geben für langjährige mittlere Verhältnisse (Jahresreihe 1973–1990) einen Drängewasserzustrom von 3,7 m³/s an. Aufgrund des relativ geringen Potentialgefälles zwischen Oderwasserstand und Grundwasserstand, hervorgerufen durch die hohe Grundwasserneubildungsrate (GWN) zum Zeitpunkt der ausgewählten Mittel- und Hochwasserereignisse, waren die in Tabelle 3-5 genannten Größenordnungen von 3,4–5,6 m³/s (MW) und von 8,3–10,1 m³/s (HW) durch die instationäre Modellrechnung nicht zu realisieren.

4.4.3.3 Änderung des Grundwasserspeichers/Abfluss aus dem Grabensystem

Weiterhin wurden die Zu- und Abflüsse des Grabensystems einschließlich der Schöpfwerkentnahmen betrachtet. Die Summe dieser Bilanzgrößen einschließlich des Grundwasserzuflusses zum Modellgebiet gibt Aufschluss über die Änderung des Grundwasserspeichers für den betrachteten Zeitschritt. Die Ergebnisse und Bilanzgrößen sind in Tabelle 4-14 aufgeführt.

Für die stationäre Berechnung des Abflussjahres 1994 kann die Änderung des Grundwasserspeichers mit null angenommen werden. Das heißt, der Grundwasserspeicher gleicht sich über das Jahr aus.

Die Änderung des Grundwasserspeichers zum Vortag wurde für das NW-Ereignis am 09.08.1994 mit -4,29 m³/s, für das MW-Ereignis am 03.03.1994 mit +2,06 m³/s und für das HW-Ereignis am 24.04.1994 mit -4,12 m³/s berechnet.

Aus der Summe Exfiltration vom Grundwasser ins Grabensystem minus Infiltration ins Grundwasser plus Förderung der Schöpfwerke ergibt sich der Gesamtabfluss des Grabensystems aus dem Modellgebiet.

Bei der MW-Situation ergibt sich ein Gesamtabfluss aus dem Grabensystem von 11,90 m³/s und bei der Hochwassersituation von 11,87 m³/s. Für Niedrigwasser wurde ein Gesamtabfluss aus dem Grabensystem von 0,18 m³/s berechnet.

Im stationären Mittel des Abflussjahres 1994 wurde ein Gesamtabfluss aus dem Grabensystem von 5,87 m³/s berechnet.

DANNOWSKI & HEIM (1985) geben für den Abfluss Oderberger Gewässer auf der Grundlage der langjährigen Mittelwerte (Jahresreihe 1973–1990) einen Wert von 9,58 m³/s. MÜLLER et al. (1993) nennen für den Abfluss am Pegel Schiffmühle (Stille Oder) eine Größenordnung zwischen 3 und 11 m³/s. Somit sind die instationär für die MW- und HW-Situation berechneten Abflüsse aus dem Grabensystem von ihrer Größenordnung her mit den o.g. Werten für das langjährige Mittel vereinbar.

4.4.3.4 Vertikale Flüsse durch die Grenze zwischen Deckschicht und Hauptgrundwasserleiter

Entsprechend dem Modellkonzept SIWA (vgl. Kap. 4.3.1) wird auch für die mit Auelehm bedeckten Gebiete eine Grundwasserneubildung ausgewiesen. Diese wird aber nur zu geringen Teilen

unmittelbar als Grundwasserneubildung im Hauptgrundwasserleiter wirksam. In Tabelle 4-15 wird dies dargestellt.

Die Interpretation ist aufgrund der zeitlichen Zuordnung der Bilanzgrößen zu einem Termin schwierig. Deutlich wird:

- Veränderungen in der Grundwasserneubildung wirken sich mit zeitlicher Verzögerung auf die maßgebliche Grundwasserspeisung des Hauptgrundwasserleiters aus.
- Nur ein Teil der an der Deckschicht angesetzten Grundwasserneubildung erreicht den Hauptgrundwasserleiter.

Tab. 4-13:
Grundwasserbilanz (m³/s)

Bilanzgröße	Abflussjahr 1994	NW 09.08.1994	MW 03.03.1994	HW 24.04.1994
Randzufluss von den Hochflächen	0,13	0,16	0,15	0,15
Drängewasserzufluss von der Oder	1,89	0,85	1,69	4,20
Grundwasserneubildung	3,85	-5,12	12,12	3,40
Bilanz (Summe der Zuflüsse)	5,87	-4,11	13,96	7,75

* stationäre Berechnung

Tab. 4-14:
Zu- und Abflüsse Grabensystem (m³/s)

Bilanzgröße	Jahr 1994*	NW 09.08.1994	MW 03.03.1994	HW 24.04.1994
Zuflüsse zum Modellgebiet (vgl. Tab. 4-13)	5,87	-4,11	13,96	7,75
Infiltration vom Grabensystem ins Grundwasser	0,49	1,91	0,27	0,35
Exfiltration vom Grundwasser ins Grabensystem	4,57	1,61	9,64	9,74
Förderung Schöpfwerke	1,79	0,48	2,53	2,48
Restgröße ** = Änderung des Grundwasserspeichers	0,00	-4,29	2,06	-4,12

* stationäre Berechnung

** (Grundwasserzuflüsse zum Modellgebiet) + (Infiltration Grabensystem) – (Exfiltration Grabensystem) – (Förderung Schöpfwerke)

Tab. 4-15:
Vertikale Flüsse durch die Grenze zwischen Deckschicht und Hauptgrundwasserleiter (m³/s)

	Jahr 1994	NW 09.08.1994	MW 03.03.1994	HW 24.04.1994
Grundwasserneubildung	3,85	-5,12	12,12	3,40
Vertikaler Zustrom Hauptgrundwasserleiter/ Deckschicht (Slice 3**)	3,18	3,52	8,19	5,97
Vertikaler Abstrom Hauptgrundwasserleiter/ Deckschicht (Slice 3**)	1,17	3,88	1,40	3,20
Differenz Zustrom – Abstrom (Slice 3**)	2,01	-0,36	6,79	2,77

* stationäre Berechnung

** bei stationärer Berechnung Slice 2

5 Modellanwendungen als Grundlage der Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung

5.1 Grundsätze

5.1.1 Zielstellung

Gesamtziel des hier dokumentierten Vorhabens ist es, wissenschaftlich fundierte Planungsgrundlagen für die Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung im Oderbruch zu schaffen. Generell wird dabei eine Anhebung des örtlich abgesenkten Grundwasserstandes unter Sicherung vorhandener Nutzungen mit bestehenden Rechten angestrebt. Damit in Verbindung soll eine Überprüfung von Stauzielen und von Betriebspeilen der Schöpfwerke erfolgen. Dabei sind auch eine Minimierung des Instandhaltungsaufwandes und der Hochwasserschutz zu beachten.

In den Kapiteln 2 bis 4 des vorliegenden Fachbeitrages wurden die hierfür erforderlichen Vorarbeiten dokumentiert, deren wesentliche Ergebnisse die Defizitanalyse und der Aufbau eines differenzierten 3D-Grundwassermodells des Oderbruchs sind. Untersuchungen von Modellanwendungen für abgelaufene hydrologische Ereignisse haben gezeigt, dass es aufgrund der räumlich-zeitlich sehr stark differierenden Wirkungen der für das Oderbruch maßgeblichen Prozesse Oderwasserstand – Drängewasser – Grundwasserneubildung – Grundwasserabfluss – Schöpfwerksbetrieb – Staubewirtschaftung – Oberflächenwasserabfluss nicht möglich ist, diese Vielfalt an einem einzigen realen hydrologischen Jahr zu analysieren. Aus diesem Grunde wurde entschieden, den nachfolgend dokumentierten Untersuchungen ein synthetisches hydrologisches Jahr (vgl. Kap. 5.1.2) zugrunde zu legen.

Ziel dieser Untersuchungen ist es auch, ein Leitbild und eine Strategie in der Wasserwirtschaft unter dem Aspekt der veränderten Wirtschaftsbedingungen und der Rolle der Wasserwirtschaft zu entwickeln, um auf diese Weise wasserwirtschaftliche Aufgaben wie

- Anhebung des örtlich abgesenkten Grundwasserstandes,
- Sicherung vorhandener Nutzungen mit bestehenden Rechten,
- Ermittlung und Überprüfung von Stauzielen für die Stau markenfestsetzung durch die Untere Wasserbehörde,
- Minimierung des Instandsetzungsaufwandes für die Gewässer und wasserwirtschaftlichen Anlagen,
- Verbesserung des Hochwasserschutzes,
- Grundlagen für Sanierungs- und Umgestaltungskonzepte

zu lösen.

5.1.2 Methodik

In der Abbildung 5-1 ist ein vereinfachtes Schema der für die hydrologischen Verhältnisse im Oderbruch maßgeblichen Prozesse dargestellt. Die unterschiedliche Strichstärke kennzeichnet die Bedeutung einzelner Prozesse. Zu beachten ist, dass es vielfältige Abhängigkeiten gibt. So ist der Drängewasserstrom von der Oder eine Funktion der Wasserstände in der Oder und im Grundwasser. Der Basisabfluss wiederum ist eine Funktion der Wasserstände im Grundwasser und im entsprechenden Gewässerabschnitt. Daraus ergibt sich beispielsweise, dass

der Drängewasserstrom auch eine Funktion der Staubewirtschaftung und des Schöpfwerksbetriebes ist. Mit zunehmender Absenkung im Oderbruch steigt der Drängewasseranteil. Weiterhin ist die unterschiedliche zeitliche Dynamik der Prozesse zu beachten.

Steuerbar ist das Gesamtsystem durch die Staue/Wehre mit gegebenen Stauzielen und durch die Schöpfwerke mit definierten Schöpfwerkspeilen (und dementsprechenden Fördermengen). Eine besondere Bedeutung in der Steuerung des Gesamtsystems Oderbruch nimmt das Wehr Hohensaaten ein. Zusätzlich zu beachten sind die Heberanlagen Reitwein und Kienitz, die in Niedrigwasserperioden durch Oderwassereinspeisung zur Dargebotsstabilisierung beitragen (als Ausgleich des dann unzureichenden Drängewasserstromes).

In diesem System kommt den Schöpfwerken eine besondere Rolle zu. Aus Abbildung 5-1 ist erkennbar, dass diese mehrfache Funktionen haben:

- Sicherung der Vorflut aus dem angeschlossenen Gewässersystem und
- Ableitung von Oberflächenabfluss/Interflow von der angeschlossenen Fläche.

Hier ist zu beachten, dass die angeschlossenen Gräben (speziell die nachrangigen) die bindige Auelehmschicht zum Hauptgrundwasserleiter häufig nicht durchschneiden, für dessen Entwässerung also praktisch nicht wirksam sind. Andererseits haben sie eine Funktion zur Ableitung des Direktabflusses der Flächen und – stark eingeschränkt – zu deren Entwässerung.

- Ableitung von Basisabfluss

Der Basisabfluss ist eine Funktion der Grundwasserstände und der Wasserstände im Gewässernetz, also der Schöpfwerkspeile. Wie im Kap. 4.3.2.4 dargelegt, mussten die Schöpfwerke im Modell nicht über deren Schöpfwerkspeile (bzw. Wasserstände am Schöpfwerke), sondern über die Schöpfwerksmengen berücksichtigt werden. Für die Modelluntersuchung ist dabei nur der Anteil der Fördermenge eines Schöpfwerks von Bedeutung, der der Flächenentwässerung, also dem Basisabfluss zuzuordnen ist. Das bedeutet gleichzeitig, dass, wenn in den nachfolgenden Szenarien einem Schöpfwerk die Fördermenge Null zugewiesen wird, sich das nicht auf die Gesamtfördermenge, sondern nur auf den Anteil Basisabfluss (Grundwasserzustrom) bezieht. Mit anderen Worten – die Schöpfwerkspeile werden so angenommen, dass keine maßgebliche Grundwasserabsenkung in der Fläche erfolgt.

Die maßgebliche Zielgröße der Untersuchungen ist die Einhaltung von Soll-Grundwasserflurabständen. Im Rahmen der Defizitanalyse (vgl. Kap. 3) wurden bereits Vorgaben für die Soll-Grundwasserflurabstände der Nutzungen Ortschaften, Ackerland und Grünland quantifiziert. Zur Realisierung der vorgegebenen Aufgaben wurden zunächst die Soll-Flurabstände für die Nutzungen Ortschaften, Ackerland und Grünland berechnet (vgl. Kap. 5.2).

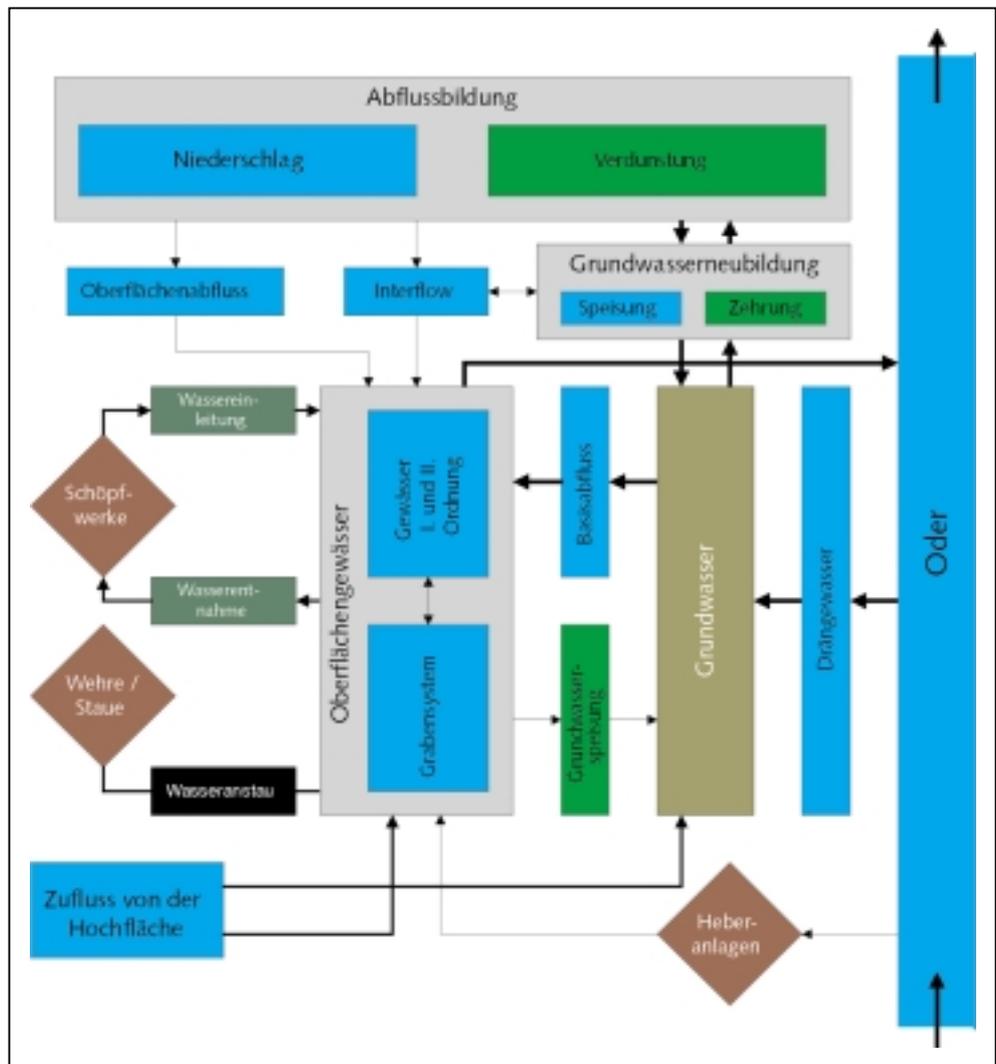


Abb. 5-1:
Schema der maßgeblichen hydrologischen Prozesse im Oderbruch

In vielfältigen Modellrechnungen wurde durch Variation der Steuergrößen Stauziele und Schöpfwerkseutnahmen (Schöpfwerkspelle) versucht, den Soll-Grundwasserständen nahezukommen.

Für die durchzuführenden Variantenrechnungen waren folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Einstellung der Grabenwasserstände und Schaltpeile an Schöpfwerken bei MW der Oder zur Erreichung optimaler Grundwasserstände für die Realisierung der Zielgrößen des Wasserhaushaltes,
- Ausweisung von Teilflächen mit keinem optimalen Grundwasserstand - Umwidmung von Flächen,
- Auswirkung des reduzierten Schöpfwerksbetriebes auf die Graben- und Grundwasserstände,
- Überprüfung der Notwendigkeit des Schöpfwerksbetriebes unter Berücksichtigung der anzustrebenden Grundwasserstände und Nutzungsänderungen,
- Untersuchungen von Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes,
- Einstellung erforderlicher Grabenwasserstände und/oder Schöpfwerkspelle in den Parallelgräben,
- ausgehend von den Zielwasserständen in den Parallelgräben Bestimmung der Grundwasserflurabstände als Grundlage für Empfehlungen zur Landnutzung,

- Ermittlung der zulässigen Grund- und Oberflächenwasserstände im deichnahen Bereich mit dem Ziel, Beeinträchtigungen im Hinterland zu vermeiden,
- Berechnung der Auswirkungen der verschiedenen hydrologischen Situationen auf die hydraulische Leistungsfähigkeit der Vorfluter als Entscheidungsgrundlage für die Instandhaltung oder den Ausbau,
- Ermittlung der Wirkungen der Oberflächenwassereinleitungen der Heber Reitwein und Kienitz auf die Realisierung der Zielgrößen des Wasserhaushaltes,
- Simulation eines Niedrigwasserereignisses und Berechnung der Grundwasserströmungsverhältnisse sowie der Wasserbilanz bei vorgegebenen Staustellungen.

In den Kapiteln 5.3 bis 5.6 sind die Ergebnisse maßgeblicher Varianten dargestellt. Zur Auswahl der Varianten siehe Kapitel 5.1.2.

Grundlagen der Variantenuntersuchungen sollten gemäß Aufgabenstellung ursprünglich mittlere hydrologische Zustände für das Gebiet des Oderbruchs sein. Wie sich bei den Untersuchungen realer hydrologischer Situationen (vgl. HYDROPLAN/WASY, 1999) zeigt, waren keine „echten“ mittleren hydrologischen Zustände für das Gebiet des Oderbruchs aus den Datengrundlagen ermittelbar. Die hydrologischen Verhältnisse im Oderbruch sind durch die Überlagerung zeitlich partiell

asynchroner Prozesse gekennzeichnet. So kann beispielsweise ein Oderhochwasser auf niedrige Grundwasserstände im Oderbruch treffen oder eine hohe Grundwasserneubildung im Oderbruch bei niedrigen Wasserständen in der Oder auftreten. Aus den verfügbaren Datengrundlagen waren für geeignete markante Zeiträume keine homogenen, vollständigen Datengrundlagen zu selektieren. Wesentlich ist dabei auch, dass grundsätzlich nicht von stationären Strömungsverhältnissen ausgegangen werden kann.

Aus diesem Grunde wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber ein **synthetisches Modelljahr** entwickelt, das die für ein Stau- und Bewirtschaftungskonzept maßgeblichen hydrologischen Verhältnisse in geeigneter Weise kombiniert. Dieses synthetische Modelljahr dient als Grundlage der Variantenuntersuchungen, wobei von einem synthetischen Ist-Zustand ausgegangen wird. Die angenommene Überlagerung der entsprechenden hydrologischen Zustände ist in Abbildung 5-2 dargestellt.

Das synthetische Modelljahr beinhaltet MW-, MNW-, MHW- und HW-Zustände für die hydrologische Gebietssituation, die durch die Wasserstände der Oder, die Wasserstände der Gewässer des Oderbruchs, die Grundwasserneubildung, die Schöpfwerksentnahmen aus dem Grundwasser sowie die Überleitungen der Heber Reitwein und Kienitz bestimmt wird.

Die Zeiträume der einzelnen hydrologischen Zustände wurden wie folgt angenommen:

01.11.–24.01.	MW-Zustand
25.01.–03.02.	Übergang MW/MHW
04.02.–24.04.	MHW-Zustand
25.04.–03.05.	Übergang MHW/MW
04.05.–24.05.	MW-Zustand
25.05.–03.06.	Übergang MW/MNW
04.06.–24.08.	MNW-Zustand
25.08.–03.09.	Übergang MNW/MW
04.09.–31.10.	MW-Zustand.

Für die Oder wurde zusätzlich für den Zeitraum zwischen dem 25.06. –08.07. ein Sommerhochwasser mit maximalen Wasserständen am 30.06. angenommen.

5.1.3 Variantenübersicht

Die Untersuchungen zum Stau- und Bewirtschaftungskonzept Oderbruch basieren auf den in Tabelle 5-1 zusammengestellten Varianten für das synthetische Modelljahr. Die Modellannahmen der Varianten unterscheiden sich hinsichtlich der Wasserstände der Gewässer des Oderbruchs und der Schöpfwerksentnahmen aus dem Grundwasser. Grundwasserneubildung und die Wasserstände der Oder sind im Jahresgang für alle Varianten gleich.

Die Varianten wurden in Tagesschritten für das synthetische Modelljahr simuliert. Die Auswertung der Simulation wurde getrennt für die vorgegebenen typischen hydrologischen Zustände (MW-Januar, MHW, HW, MNW, MW-Oktober) durchgeführt. Für die Auswertungen des MW-Zustandes wurden zwei Zeiträume ausgewählt, da sich die Situationen aufgrund der Vorgeschichte der Grundwasserneubildung unterscheiden. Die MW-Situation im Januar weist hohe Grundwasserstände aufgrund der hohen Grundwasserneubildung in den Monaten November, Dezember und Januar auf. In den Sommermo-

naten fand eine starke Grundwasserzehrung statt, so dass der MW-Situation im Oktober niedrige Ausgangsgrundwasserstände zugrunde liegen.

Für die Darstellung von Grundwassergleichenplänen und Grundwasserflurabstandskarten werden jeweils die Stichtage am Ende der typischen hydrologischen Zustände betrachtet und dargestellt.

Für die Auswertung von Bilanzen werden jeweils die letzten 5 Tage eines typischen hydrologischen Zustandes aggregiert.

Basisvariante

Der Modellaufbau ist hinsichtlich der Modellgeometrie mit dem instationär kalibrierten Modell Oderbruch identisch (vgl. Kap. 4.4.2). Die Parameterverteilung hinsichtlich der k_f -Werte, der Transfer-Raten, der Speicherkoeffizienten und der entwässerbaren Porosität sowie die Randzuflüsse von der Hochfläche wurden ebenfalls unverändert vom instationär kalibrierten Modell übernommen.

Änderungen gegenüber dem instationär kalibrierten Modell ergeben sich hinsichtlich des Jahresgangs der Grundwasserneubildung (GWN), der Entnahmen der Schöpfwerke aus dem Grundwasser sowie der Oberflächenwasserstände der Oder und der Gewässer im Oderbruch.

Als Grundwasserneubildungsraten wurden die für einen „synthetischen“ Jahresgang abgeleiteten, flächendifferenziert durch das Programm SIWA berechneten Grundwasserneubildungsraten angesetzt. Als Eingangswerte wurden die korrigierte Niederschlagshöhe und potentielle Verdunstung für einen typischen mittleren Jahresgang aus den Tageswerten der Reihe 1975 bis 1997 ermittelt. Zunächst wurden die mittleren Monatssummen des Niederschlages der Reihe 1975 bis 1997 bestimmt. Danach erfolgte eine Zuordnung realer Tageswerte von Niederschlag und potentieller Verdunstung, wobei darauf geachtet wurde, dass die mittleren Monatssummen dieser Werte denen des langjährigen Mittels entsprechen und die Zuordnung entsprechend der Jahreszeit erfolgt. Das heißt, nicht Tageswerte vom Juni dem langjährigen Mittel des Januar zugeordnet werden.

Das Gebietsmittel der Grundwasserneubildung ist als Monatssummen für das synthetische Jahr in Abbildung 5-3 dargestellt. Die Jahressumme von 71,51 mm/a ist gegenüber dem langjährigen Mittel (60,45 mm/a, vgl. Kap. 4.3.1.3) etwas erhöht. Dies erfolgt mit der Zielstellung, die Wirkung des MHW-Ereignisses im Februar-April deutlich erkennbar zu machen.

Als Anfangsgrundwasserstände wurden die sich stationär für die angenommene MW-Situation November bis Januar ergebenden Grundwasserstände zugrunde gelegt. Somit ist die Gewähr gegeben, dass keine Verfälschung des berechneten Abflussgeschehens durch inadäquate, nichtstationäre Anfangsbedingungen möglich ist.

Im Unterschied zur instationär kalibrierten Modellvariante, in der die Graben- und Oderwasserstände lediglich an den Messstellen des LUA (Pegel und Stau I. Ordnung) als Zeitreihen berücksichtigt werden konnten und mangels Datengrundlage für einen Großteil der Gräben die in den TK10 ablesbaren Oberflächenwasserstände als zeitkonstante Wasserstände berücksichtigt wurden, sind außer den Messstellen des

Tab. 5-1:
Variantenübersicht

Variante	Beschreibung	Wasserstand der Gewässer des Oderbruchs	Schöpfwerkseutnahmen aus dem GW
Basisvariante	Variante entspricht einem synthetischen Ist-Zustand	Entsprechend den Hauptzahlen der Messstellen des LUA und abgeleiteter Wasserstände für ausgewählte Stau I. und II. Ordnung	Entsprechend statistischer Auswertung
Var. A	Variante mit einer theoretischen maximalen Anhebung der Grundwasserstände (Extremvariante)	Wie Basisvariante mit Anhebung der Wasserstände tlw. zwischen 1,0 und 2,0 m	MW, MNW: SW-Betrieb nur zur Abflussregulierung, MHW: gegenüber Basisvariante reduzierte SW-Entnahmen aus dem GW (70 % der Basisvariante)
Var. B	Variante mit einer theoretisch möglichen Anhebung der Grundwasserstände	Wie Basisvariante mit Anhebung der Wasserstände tlw. um 0,5 m und Reduzierung von Stauen	Wie Variante A
Var. C	Variante mit einer optimal möglichen Anhebung der Grundwasserstände	Wie Variante B	MW, MNW: wie Variante A, MHW: weitere Reduzierung der SW-Entnahmen gegenüber Variante A (25 % der Basisvariante)

Abb. 5-2:
Schematische Darstellung der hydrologischen Zustände des synthetischen Modelljahres

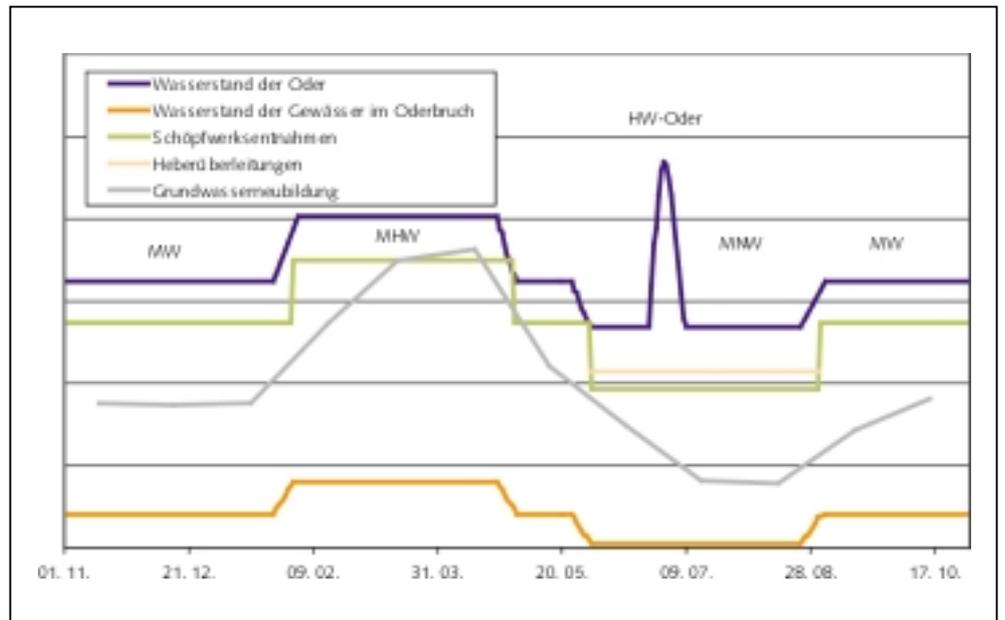
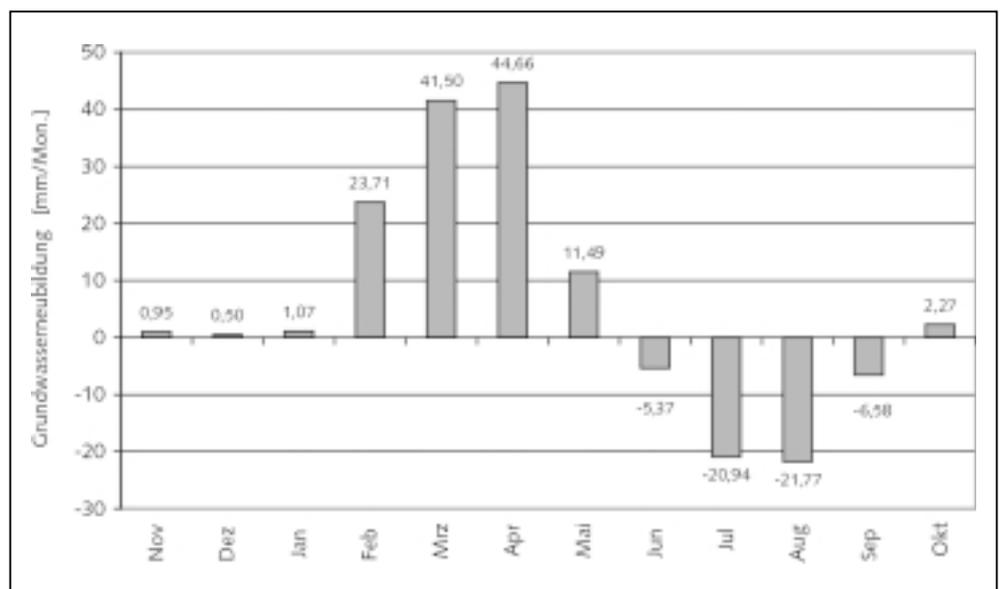


Abb. 5-3:
Grundwasserneubildung –
synthetisches Modelljahr



LUA (59 Pegel und Stau I. Ordnung) die Wasserstände (OP und UP) von 10 weiteren Stauen I. Ordnung und 31 Stauen II. Ordnung als synthetische Wasserstandsganglinien im Modell enthalten (vgl. Anlagen 4, 5 und 6). Sofern für die Stau I. Ordnung keine Hauptwerte der Wasserstände zur Verfügung stehen, wurden für diese und die Stau II. Ordnung die Wasserstände (OP und UP) anhand der Hauptwerte an den Messstellen des LUA und der TK10 geschätzt.

Die räumlich-zeitliche Belegung der Randbedingungs-waterstände an den Knoten entlang den Gewässerstrecken erfolgt innerhalb FEFLOW durch räumlich-zeitliche 1D-Interpolation. Wo unterschiedliche Wasserstände für Ober- und Unterpegel der Stau mit gleichen Koordinaten vorlagen, wurden Unterpegel und Oberpegel in geringer Entfernung separat auf dem betroffenen Gewässerlauf platziert, um eine eindeutige und korrekte Interpolation der Grabenwasserstände zu ermöglichen. Um die Gesamtstrecke der Gräben mit zeitabhängigen Wasserständen belegen zu können, wurden auch die Wasserstände am oberen Ende („Quelle“) als Zeitfunktion realisiert.

Der im Modell enthaltene zeitliche Gang der Oder- und Grabenwasserstände (Stau I. und II. Ordnung) ist schematisch in Abbildung 5-2 dargestellt.

Analog dem instationär kalibrierten Modell wurden die Einzugsgebiete der Schöpfwerke mit Randbedingungen 2. Art (vorgegebener Volumenstrom pro Flächeneinheit in monatlicher zeitlicher Auflösung) belegt. Die Festlegung von Fördermengen für die einzelnen Schöpfwerke, welche die MW-, MNW- und MHW-Situation im Oderbruch widerspiegeln, ist problematisch. Hierfür wäre zumindest eine Abhängigkeit vom Wasserstand oberhalb des Schöpfwerkes notwendig. Da diese Daten nicht vorliegen, wurden die Schöpfwerksmengen geschätzt. Ausgewertet wurden monatliche Fördermengen von 1993 bis 1998 (GEDO, 1999). Für MW wurde die mittlere Fördermenge über diesen Zeitraum angenommen. Für MNW wurde das Mittel der minimalen Fördermenge pro Jahr und analog für MHW das Mittel der maximalen Fördermenge pro Jahr angesetzt. Die angesetzten Fördermengen sind in Anlage 7 zusammengestellt.

Die Heber Reitwein und Kienitz wurden entsprechend der üblichen Praxis nur während der MNW-Situation berücksichtigt. Für den Heber Reitwein wird von einer mittleren Überleitungsmenge von 0,89 m³/s und für den Heber Kienitz von 0,49 m³/s ausgegangen. Diese Mengen wurden aus den Überleitungsmengen der Jahre 1983 bis 1998 unter Berücksichtigung der Betriebstage ermittelt.

5.2 Ermittlung der Soll-Flurabstände

Für das Stau- und Bewirtschaftungskonzept Oderbruch wurden entsprechend Kapitel 3.2.1 folgende Zielstellungen erhoben:

Anhebung des Grundwasserstandes im Mittel auf folgende Flurabstände (nachfolgend Soll-Flurabstände genannt):

	Soll-Flurabstand
Grünlandnutzung	0,5 m
Ackerwirtschaft	0,7–1,4 m
Bebauung, ohne Unterkellerung	> 0,9–1,2 m
Bebauung, mit Unterkellerung	> 1,7 m.

Variante A (Extremvariante)

Für ausgewählte Stau am Letschiner Hauptgraben, Heyen-graben, Bullergraben, Manschnower Alte Oder, Richtgraben, Norkgraben, Kruschkengraben, Parmesegraben, Jesargraben, Neubarnimer Stadtgraben, Mucker, Kavelbuschgraben, Ziegen-graben, Brauergraben, Seelake wurden die Wasserstände zwischen 1,0 und 2,0 m (im Mittel 1,5 m) gegenüber der Basisvariante angehoben. Die Grabenwasserstände im Bereich des Schöpfwerks Paulshof I wurden gegenüber der Basisvariante um 1,0 m angehoben.

Die Schöpfwerksentnahmen aus dem Grundwasser wurden zeitlich auf die Monate Februar bis April, d. h. auf die MHW-Periode, mit 70 % der in diesem Zeitraum für die Basisvariante angenommenen Entnahme beschränkt.

Die Wasserstände der Oder und die Grundwasserneubildung der Basisvariante wurden beibehalten.

Variante B

Für ausgewählte Stau am Letschiner Hauptgraben, Heyen-graben, Bullergraben, Manschnower Alte Oder, Richtgraben, Norkgraben, Kruschkengraben, Parmesegraben, Jesargraben, Neubarnimer Stadtgraben, Mucker, Kavelbuschgraben, Ziegen-graben, Brauergraben, Seelake wurden die Wasserstände im Mittel um 0,5 m gegenüber der Basisvariante angehoben. Die Grabenwasserstände im Bereich des Schöpfwerks Paulshof I wurden gegenüber der Basisvariante um 1,0 m angehoben.

Die Schöpfwerksentnahmen wurden wie bei Variante A angesetzt.

Die Wasserstände der Oder und die Grundwasserneubildung der Basisvariante wurden beibehalten.

Variante C

Mit Ausnahme der Schöpfwerksentnahmen entspricht die Variante C der Variante B.

Die Schöpfwerksentnahmen wurden analog der Variante A zeitlich auf die Monate Februar bis April, d. h. auf die MHW-Periode, beschränkt. Die Entnahme entspricht 25 % der in diesem Zeitraum für die Basisvariante angenommenen Entnahme.

Eine Differenzierung der bebauten Gebiete hinsichtlich der Unterkellerung ist bisher nicht möglich. Aus diesem Grunde muss der größere Wert als Zielgröße (Flurabstand > 1,7 m) zunächst zugrunde gelegt werden. Weiter ist die noch geringe Genauigkeit des digitalen Geländemodells zu beachten (eine signifikante Verbesserung ist nach Vorlage des neuen DGM aus der Geländebefliegung zu erwarten).

Die Soll-Flurabstände sind in Karte 12 dargestellt. Tabelle 5-2 enthält die Flächengrößen der jeweiligen Nutzung (Ortschaft, Ackerland; Grünland) für das Gebiet des Oderbruchs. Danach

sollen auf ca. 6 % der Gesamtfläche Grundwasserflurabstände > 0,9 m bzw. > 1,7 m (Ortschaften, d.h. Bebauung mit und ohne Unterkellerung), auf ca. 73 % der Gesamtfläche Grundwasserflurabstände zwischen 0,7 und 1,4 m (Ackerland) und auf ca. 8 % der Gesamtfläche Grundwasserflurabstände um ca. 0,5 m (Grünland) eingehalten werden.

Unter Ortschaften werden im Rahmen der Bearbeitung des Kapitel 5 die aus den vorliegenden ATKIS-Daten selektierten Klassen Wohnbaufläche, Industrie- und Gewerbefläche, Fläche gemischter Nutzung und Fläche besonderer funktionaler Prägung verstanden.

5.3 Basisvariante

5.3.1 Grundwasserstände/Profilschnitte

Grundwassergleichen der betrachteten hydrologischen Zustände

Für die hydrologischen Zustände (MW-24.01., MHW-24.04., HW-03.07., MNW-24.08., MW-31.10.) wurden die Grundwassergleichen berechnet.

In Karte 13 sind die berechneten Grundwassergleichen für den Zustand MW-24.01. dargestellt.

Der für die MW-Situation (24.01.) ausgewiesene Grundwassergleichenplan ist prinzipiell mit dem für die MW-Situation in Kapitel 4.4.2 (instationäre Verifizierung) erarbeiteten Grundwassergleichenplan vergleichbar. Es herrscht auch hier eine von der Oder bzw. vom Hochflächenrand ins Innere des Oderbruchs weisende Fließrichtung vor. Im Inneren des Modellgebiets herrschen sehr geringe Grundwasserstandsgradienten vor. Hier werden die Grundwasserstände in erster Linie von den Stauhaltungen bestimmt.

Da bei der Basisvariante mehr Stau als Randbedingungen als bei den Varianten in Kapitel 4.4.2 berücksichtigt wurden, erscheinen die Grundwassergleichen vor allem im südöstlichen Teilgebiet stärker differenziert. Die vergleichsweise höchsten Grundwasserstände werden im Modellgebietsinneren am Ende der MHW-Periode (24.04.) erreicht, die durch hohe Grundwasserneubildung (und entsprechend hoch angesetzte Stauwasserstände) bestimmt sind.

Die relativ niedrigsten Grundwasserstände im Gebietsinneren werden, bedingt durch die starke Grundwasserzehrung, für die MNW-Periode (24.08.) und die MW-Situation Oktober (31.10.) ausgewiesen. Die HW-Situation (25.06. - 08.07.) gilt nur für die Oder, nicht aber für das Innere des Oderbruchs, wo für diesen Zeitraum bereits MNW-Verhältnisse gegeben sind. Dementsprechend macht sich das Oder-Hochwasser nur in einem schmalen Streifen von max. rd. 1.000 m Entfernung bemerkbar, während der Grundwassergleichenplan im Gebietsinneren für diesen Zeitraum im Wesentlichen der MNW-Situation entspricht.

Grundwasserstände entlang von Profilschnitten

Die vergleichende Interpretation der komplexen Grundwasserdynamik im Oderbruch anhand der Grundwassergleichen ist offensichtlich schwierig. Einen anderen Zugang zur Grundwas-

Tab. 5-2: Flächenanteile der Soll-Flurabstände

	Flurabstand	Fläche	
		km ²	%
Ortschaften *)	> 0,9 m bzw. > 1,7 m	46,74	5,71
Ackerland	0,7 bis 1,4 m	594,22	72,57
Grünland	Ca. 0,5 m	62,61	7,65
Restl. Gebiet		115,26	14,08
Gesamt		818,83	100,00

*) Ortschaften, d. h. Bebauung mit und ohne Unterkellerung

serdynamik bietet die Betrachtung von Grundwasserständen entlang ausgewählter Profilschnitte für die typischen hydrologischen Zustände.

Insgesamt wurden folgende fünf Profilschnitte ausgewählt:

- Profilschnitt 1 – von Mündung Freienwalder Landgraben / Wriezener Alte Oder im Nord-Westen durch das zentrale Modellgebiet bis zum Oberlauf des Bullergrabens im Süd-Osten
- Profilschnitt 2 – Abschnitt Fährkrug zwischen Mucker und Oder
- Profilschnitt 3 – Abschnitt Groß Neuendorf zwischen Graben an der Zelliner Loose und Oder
- Profilschnitt 4 – Abschnitt Kietz zwischen Bullergraben und Oder
- Profilschnitt 5 – Abschnitt Reitwein zwischen Bullergraben und Oder.

Die Lage der Profilschnitte ist in Karte 11 dargestellt.

Die Profilschnitte 2–5 betreffen den odernahen Bereich und beschreiben den Einflussbereich der Oder.

Die Grundwasserstände für die hydrologischen Zustände der Basisvariante entlang den genannten Profilen sind in den Abbildungen 5-4 bis 5-8 dargestellt.

Profil 1 verdeutlicht die klare Grundwasserströmung von Süd nach Nord durch das Oderbruch. Die Auswirkungen der verschiedenen hydrologischen Zustände sind hier bezogen auf das Gesamtgefälle relativ gering, ausgenommen der Bereich an der Oder (Süd).

Beeinflussungen durch Grabenwasserstände sind allenfalls lokal gegeben. Dies wird bei km 37,6 deutlich, der den Durchgang des Letschiner Hauptgrabens am Pegel Wehr Zechin markiert. Die MHW-Situation sorgt dort für gegenüber dem Basis-Strömungsfeld lokal um rd. 0,5 m höhere Grundwasserstände, wobei für den Pegel Wehr Zechin (OP und UP) die vom LUA zur Verfügung gestellten Hauptwerte des Wasserstandes zugrunde liegen. Größere jahreszeitliche Schwankungen der Grundwasserstände sind im Wesentlichen nur im Nahbereich der Oder zu beobachten.

Auffällig ist der nördliche Bereich etwa zwischen Neutornow und der Mündung des Freienwalder Landgrabens in die Alte Oder. Hier sind nur geringe Gefälle zu verzeichnen.

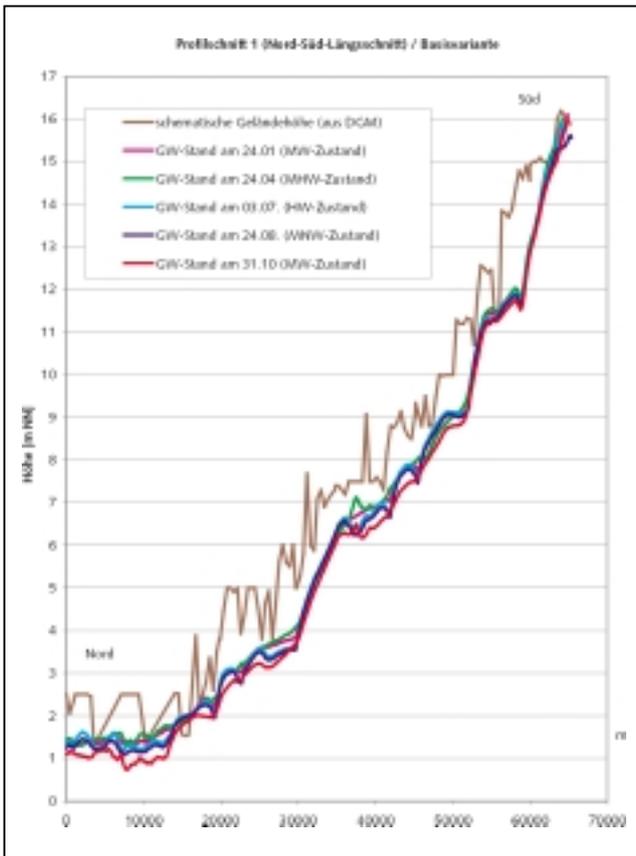


Abb. 5-4: Grundwasserstände Profil 1 (N-S-Längsschnitt) – Basisvariante

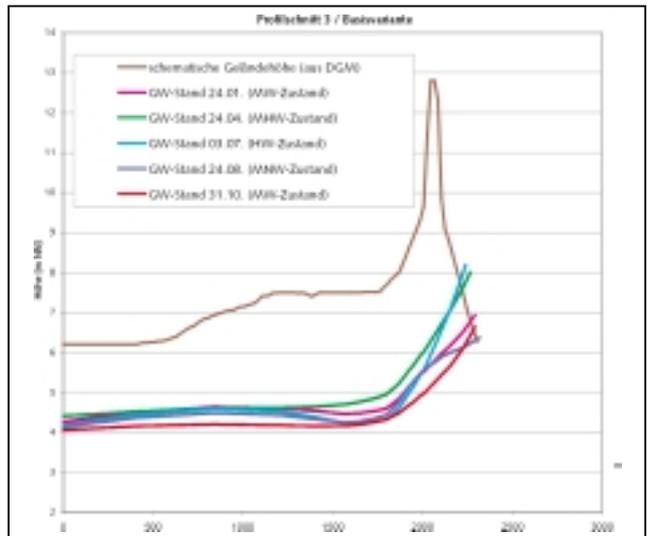


Abb. 5-6: Grundwasserstände Profil 3 (Abschnitt Groß Neuendorf) – Basisvariante

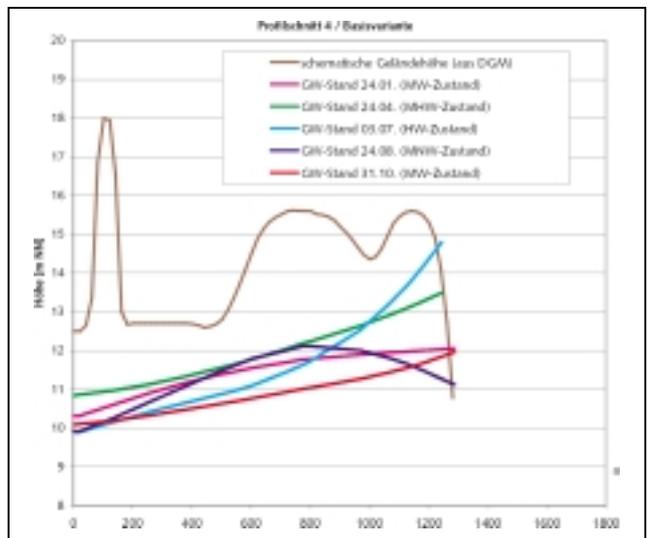


Abb. 5-7: Grundwasserstände Profil 4 (Abschnitt Kietz) – Basisvariante

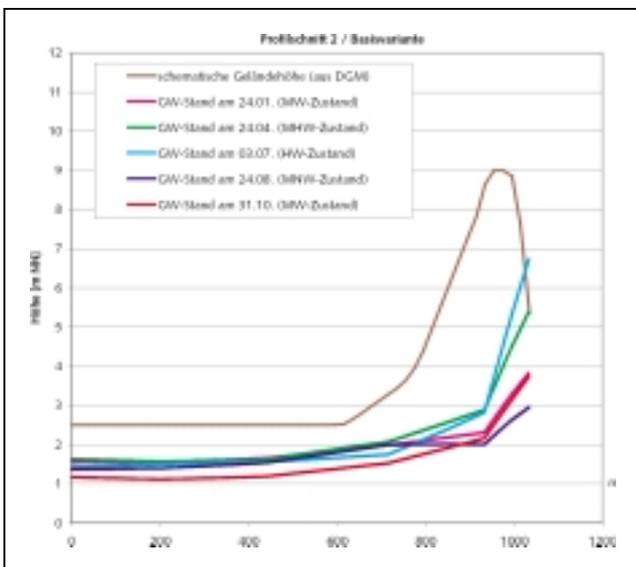


Abb. 5-5: Grundwasserstände Profil 2 (Abschnitt Fährkrug) – Basisvariante

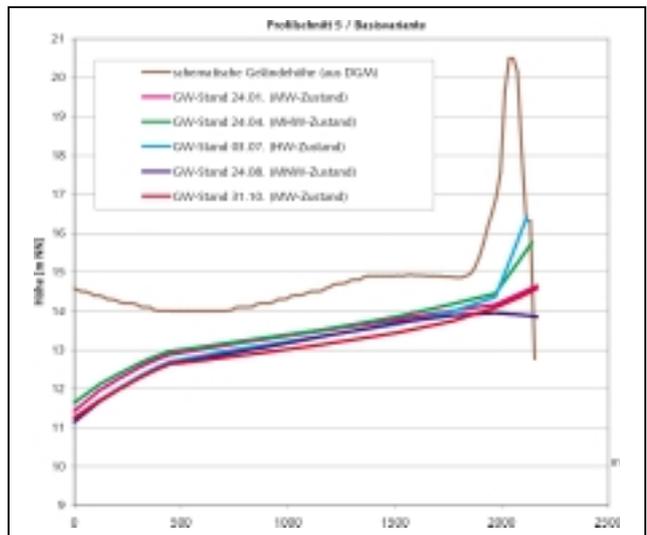


Abb. 5-8: Grundwasserstände Profil 5 (Abschnitt Reitwein) – Basisvariante

Eine Einschätzung der lokalen Grundwasserstandsverhältnisse im Gebietsstreifen entlang der Oder ist anhand der senkrecht zur Oder verlaufenden Profilschnitte 2 bis 5 (vgl. Abb. 5-5 bis 5-8) möglich. Im Abschnitt Fährkrug (Profil 2) ist ein Einfluss der Oderwasserstände bis in einem Abstand von rd. 500 m, in den Abschnitten Groß Neuendorf, Kietz und Reitwein (Profile 3, 4 und 5) bis in 700–1.000 m vom Westufer der Oder feststellbar. Bei der MNW-Situation ergaben sich nur noch geringe Unterschiede zwischen den Grundwasserständen an der Oder und im westlichen Abstrom. Am relativ größten ist der Einflussbereich der Oder bei der MHW-Situation, wo auch im Gebietsinneren die relativ höchsten Grundwasserstände zu erwarten sind. Die HW-Situation der Oder (03.07.) ist begleitet von mit der MNW-Situation vergleichbaren Grundwasserstandsverhältnissen im Gebietsinneren. Bei dieser Situation treten erwartungsgemäß die höchsten Grundwasserstände entlang der Oder auf. Infolge der vergleichsweise höheren Grundwasserstandsgradienten zum Gebietsinneren hin ist bei der HW-Situation ein mit der MHW-Situation vergleichbarer Einflussbereich zu beobachten.

Beim MNW-Ereignis (24.08.) kann es, wie Abbildung 5-7 zeigt, lokal auch zu einer Exfiltration aus dem Gebietsinneren in die Oder kommen, da alle Übergänge in den Oberflächenwasserständen sich erst mit einer gewissen Verzögerung in den Grundwasserständen niederschlagen. Demzufolge können noch zu einem Zeitpunkt, da in der Oder schon Niedrigwasser vorherrscht, im angrenzenden Grundwasser noch leicht erhöhte, durch das HW-Ereignis bedingte Grundwasserstände vorherrschen. Entsprechend verzögert liegen beim MNW-Zustand Oktober niedrigere Grundwasserstände (bei schon auf MW angestiegenen Oderwasserständen) vor.

- Zeitreihen der Grundwasserstände

Analog zu den Auswertungen in Kapitel 4.4.2 wurden die während der Simulation berechneten Grundwasserstände als Zeitreihen an insgesamt 195 Grundwassermessstellen aufgenommen.

Abb. 5-9:
Grundwasserstandsgang in
Odernähe – GW-Messstelle
35532632

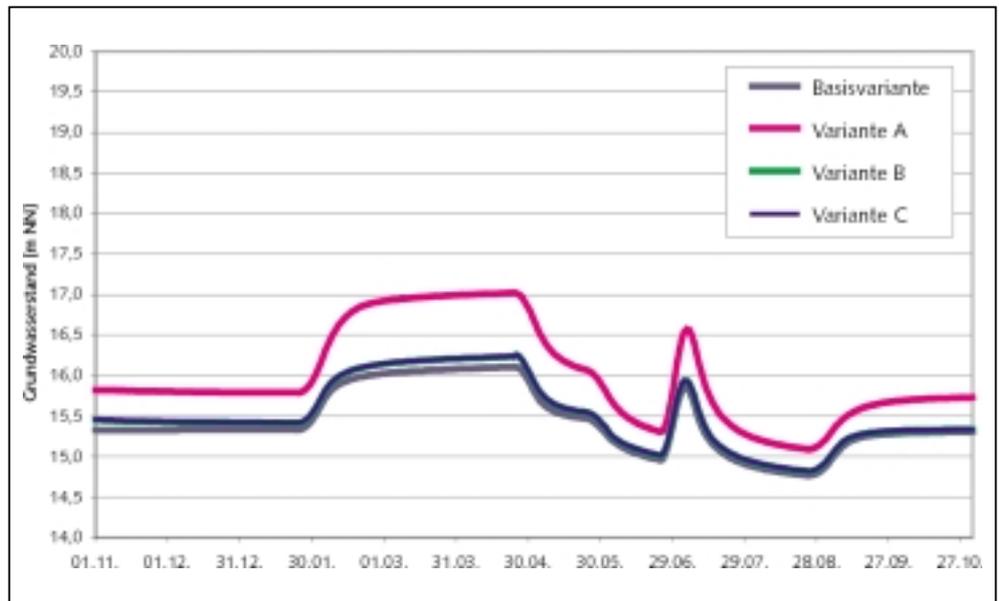
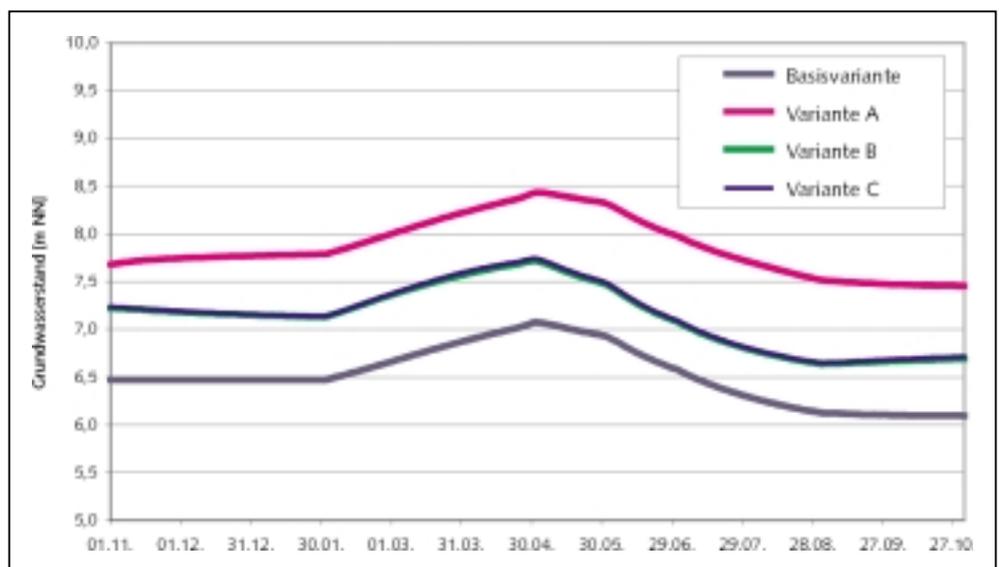


Abb. 5-10:
Grundwasserstandsgang im
zentralen Bereich des Modell-
gebietes –
GW-Messstelle 33522326



In den Abbildungen 5-9 und 5-10 sind der berechnete jährliche Gang des Grundwasserstandes für das synthetische Modelljahr am Beispiel einer im Inneren des Modellgebiets gelegenen Grundwassermessstelle (33522326 – Basta) und einer odernah gelegenen Grundwassermessstelle (35532632 – Deich Reitwein) dokumentiert (gleichzeitig mit den Varianten A, B und C). Die Lage der Messstellen ist Karte 11 zu entnehmen.

Beide Messstellen wurden ausgewählt, da für sie ein deutlicher Einfluss der veränderten Stauhaltung an benachbarten Gräben zu beobachten ist. Dies trifft insbesondere für die nahe dem Bullergraben gelegene Messstelle 35532632 zu, an der neben dem Einfluss der Oderwasserstände auch der Einfluss der Stauhaltung am Bullergraben zu erkennen ist. An der Grundwassermessstelle 33522326 ist der Einfluss der Stauhaltung im Letschiner Hauptgraben abschätzbar.

An beiden Grundwassermessstellen sind deutliche Parallelitäten im Gang der Grundwasserstände mit dem zugrunde gelegten Gang der Stauwasserstände erkennbar. Der Gang der Oberflächenwasserstände schlägt sich erst mit einer gewissen Verzögerung in den Grundwasserständen nieder. Am Beispiel des Übergangs vom MW-Zustand zum MHW-Zustand (24.01.) zeigt sich, dass der Anstieg der Grundwasserstände im Gebietsinneren sehr zögerlich verläuft und auch am Ende der MHW-Periode (24.04.) noch nicht abgeschlossen ist. Der Übergang von MNW- zu MW-Verhältnissen (25.08.–03.09.) wird im Grundwasser noch langsamer nachvollzogen (bedingt durch die geringe Grundwasserneubildung in diesem Zeitraum). Eine Abnahme der Grabenwasserstände wirkt sich wesentlich schneller in den Grundwasserständen aus. Die Übergänge von MHW-Zustand zum MW-Zustand (25.04.–03.05.) und vom MW- zum MNW-Zustand (25.05.–03.06.) machen sich mit einer Verzögerung von rd. 5 Tagen bemerkbar.

Bei Messstelle 35532632 (Odernähe) wirken die Oderwasserstände und die Stauhaltung an den nächstgelegenen Gräben als Einflussfaktoren zusammen. Entsprechend der zeitlichen Entwicklung der Oderwasserstände mit ihrer sehr viel größeren Dynamik reagieren die Grundwasserstände deutlich schneller, was den Grundwasseranstieg betrifft, als im Gebietsinneren. Aus Abbildung 5-9 wird deutlich, dass das Oder-HW (25.06.–08.07.) ebenfalls mit einer Verzögerung von rd. 5 Tagen im Grundwasser zu registrieren ist. Im Gebietsinneren (Abb. 5-10) ist praktisch keine Reaktion zu erkennen.

5.3.2 Grundwasserflurabstände bzw. Differenz Geländeoberkante/Grundwasserdruckhöhe

Entsprechend der Zielstellung wurde die Einhaltung der Soll-Flurabstände für die Basisvariante ausgewertet. Dazu wurden die Flurabstände der Basisvariante als Differenz zwischen Geländeoberkante und Grundwasserständen berechnet und diese berechneten Flurabstände den Soll-Flurabständen gegenübergestellt. Die so berechneten Flurabstände beinhalten aufgrund der im Oderbruch vorhandenen Auelehmdeckschicht (vgl. Karte 7, Karte 16 und Kap. 5.3.3) Bereiche mit gespannten Grundwasserverhältnissen. Die in diesen Bereichen berechneten „Flurabstände“ sind als Differenz zwischen Geländeoberkante und Grundwasserdruckhöhe zu interpretieren. Nachfolgend ist daher generell unter Grundwasserflurabständen die Differenz zwischen Geländeoberkante und Grundwasserständen bei ungespannten Verhältnissen bzw. die Differenz zwischen Geländeoberkante und Grundwasserdruckhöhe bei gespannten Verhältnissen zu verstehen.

Die Grundwasserflurabstände im Modellgebiet wurden jeweils für die MW-Situationen Januar und Oktober (24.01. und 31.10.), für die MHW-Situation (24.04.), für die MNW-Situation (24.08.) und für die HW-Situation (03.07.) ausgewertet. Die berechnete Flurabstandskarte ist für MW-24.01. in Karte 14 dargestellt.

Kartographisch ausgewertet wurden für alle hydrologischen Zustände getrennt für Ortschaften, Ackerland und Grünland die Flächen, bei denen in der Basisvariante die Soll-Flurabstände eingehalten werden (Flächenanteile, vgl. Tab. 5-3). Die Soll-Flurabstände für Bebauung ohne Unterkellerung (Soll-Flurabstand > 0,9 m) werden im Mittel zu etwa 90 % und für Bebauung mit Unterkellerung (Soll-Flurabstand > 1,7 m) im Mittel zu etwa 66 % eingehalten. Beim Ackerland wird lediglich eine Einhaltung der Soll-Flurabstände (0,7–1,4 m) im Mittel von ca. 28 % erreicht. Der Anteil beim Grünland ist im Mittel von ca. 8,6 % (Soll-Flurabstand 0,2–0,5 m) sehr gering.

MW-Situation Januar

Im Gebietsinneren lassen sich über weite Bereiche Flurabstände zwischen 1,5 und 2 m erkennen. Ausnahmen bilden kleinere Teilgebiete mit geringeren Flurabständen, so z. B. das Gebiet zwischen Mucker und Gústebieser Parallelgraben (Laufgraben), sowie Bereiche entlang der Wriezener Alten Oder, des Quappendorfer Kanals, der Seelake, des Letschiner Hauptgrabens, der Manschnower Alten Oder und des Posedinggrabens. Teilgebiete im nördlichen Oderbruch (Altmädewitz, Altreetz, Bereiche zwischen Wriezener Alte Oder und Mucker) weisen mit 2 - 5 m deutlich höhere Flurabstände auf.

MW-Situation Oktober

Bedingt durch die vorausgegangene MNW-Periode werden für den MW-Zustand (31.10.) mit dem MNW-Zustand vom 24.08. vergleichbare Grundwasserflurabstände ausgewiesen.

MHW- Situation April

Für den MHW-Zustand (24.04.) werden über das Gesamtgebiet die vergleichsweise geringsten Flurabstände ausgewiesen. Entsprechend weiten sich die für die MW-Situation (24.01.) beschriebenen Teilgebiete mit geringen Flurabständen entlang der Stauhaltungen aus.

MNW-Situation August

Für die MNW-Situation ergeben sich erwartungsgemäß für das Gebietsinnere des Oderbruchs die vergleichsweise höchsten Flurabstände aller betrachteten hydrologischen Zustände.

HW-Situation

Der HW-Zustand der Oder (03.07.) wirkt sich allenfalls im odernahen Bereich auf die Flurabstandsverteilung aus.

5.3.3 Analyse der gespannten/ungespannten Grundwasserverhältnisse

Als Flurabstände wurden, wie in Kapitel 5.3.2 ausgeführt, die Differenzen zwischen örtlichem Grundwasserstand und der Geländeoberkante dargestellt. Aufgrund der geologischen Bedingungen im Oderbruch, die von einer weiträumigen Auelehmbedeckung bestimmt sind, liegen gebietsweise gespann-

Tab. 5-3:
Einhaltung der Soll-Flurabstände – Basisvariante

	Flurab- stand in m	MW- 24.01.	MHW- 24.04.	HW- 03.07.	MNW- 24.08.	MW- 31.10.
Ortschaften *)						
Soll [km ²]	> 0,9 bzw. 1,7.	48,74	48,74	48,74	48,74	48,74
Basivar. [km ²]	< 0,9	4,79	9,08	5,43	2,72	2,38
Basivar. [km ²]	> 0,9	41,96	37,66	41,31	44,02	44,37
Basivar. [km ²]	0,9 - 1,7	11,93	12,92	11,80	9,18	8,41
Basivar. [km ²]	> 1,7	30,02	24,74	29,52	34,84	35,96
Basivar. [%]	< 0,9	10,24	19,43	11,62	5,82	5,08
Basivar. [%]	> 0,9	89,76	80,57	88,38	94,18	94,92
Basivar. [%]	0,9 - 1,7	25,53	27,65	25,24	19,65	17,99
Basivar. [%]	> 1,7	64,23	52,93	63,14	74,54	76,93
Ackerland						
Soll [km ²]	0,7 - 1,4	594,22	594,22	594,22	594,22	594,22
Basivar. [km ²]	< 0,7	74,79	157,28	83,01	33,82	34,58
Basivar. [km ²]	0,7 - 1,4	191,94	191,24	190,58	138,81	130,03
Basivar. [km ²]	> 1,4	327,48	245,72	320,65	421,78	429,63
Basivar. [%]	< 0,7	12,59	26,46	13,97	5,66	5,82
Basivar. [%]	0,7 - 1,4	32,30	32,18	32,07	23,36	21,88
Basivar. [%]	> 1,4	55,11	41,36	53,96	70,98	72,30
Grünland						
Soll [km ²]	0,2 - 0,5	62,61	62,61	62,61	62,61	62,61
Basivar. [km ²]	< 0,2	9,09	20,45	13,91	2,24	4,75
Basivar. [km ²]	0,2 - 0,5	5,92	4,92	4,80	5,43	5,69
Basivar. [km ²]	> 0,5	47,59	37,23	43,90	54,94	52,16
Basivar. [%]	< 0,2	14,53	32,68	22,21	3,57	7,59
Basivar. [%]	0,2 - 0,5	9,46	7,87	7,87	8,68	9,10
Basivar. [%]	> 0,5	76,01	59,47	70,12	87,75	83,32

*) Soll-Flurabstand für Bebauung ohne Unterkellerung > 0,9 m, für Bebauung mit Unterkellerung > 1,7 m

te Grundwasserströmungsverhältnisse vor, d. h. die örtlichen Grundwasserstände sind hier oberhalb der Unterkante der Auelehmschicht zu erwarten. Streng genommen muss für diese Bereiche der lokale Abstand der Unterkante Auelehm von der Geländeoberkante als Flurabstand angegeben werden.

Diese Analyse ist auch aus einer weiteren Sicht von Bedeutung. QUAST u.A. (1999) weisen aus, dass das „Abreißen“ des Grundwasserspiegels unter die Unterkante des Auelehms, also eine ungespannte Grundwasserströmung, zu verstärktem Stoffeintrag über die Grundwasserneubildung führt. Gleichzeitig verschlechtern sich die Wasserhaushaltsbedingungen am

Standort - ein kapillarer Aufstieg in der Auelehmschicht findet praktisch nicht mehr statt.

Um eine diesbezügliche Analyse zu unterstützen, wurden die berechneten Grundwasserstände mit der modellierten Unterkante der Auelehmschicht verschnitten. Die Ergebnisse sind beispielhaft für MW-24.01. in Karte 16 dargestellt. Als Gebiete mit gespannten Verhältnissen sind die mit positiven Differenzwerten gekennzeichneten Teilgebiete anzusehen. Entsprechend der im Modelljahr berechneten Grundwasserdynamik ergeben sich unterschiedliche Ausdehnungen für diese Gebiete, wobei für die MHW-Situation die vergleichsweise größte Ausdehnung und für die MNW-Situation die vergleichsweise niedrigste Verbreitung zu erwarten ist. Generell sind aber immer die gleichen Teilgebiete betroffen.

Auffällig ist, dass in weiten Teilen im zentralen Bereich des Oderbruchs ungespannte Grundwasserhältnisse anzutreffen sind. Dies korreliert zu obigen Aussagen, dass die Soll-Grundwasserflurabstände in weiten Teilen nicht eingehalten sind.

5.3.4 Bilanzbetrachtung

Im Folgenden werden verschiedene Bilanzen für das Grundwasser betrachtet:

- die eigentliche Grundwasserbilanz, die sich aus dem Randzustrom von den Hochflächen, dem Drängewasserzufluss von der Oder und der Grundwasserneubildung ergibt,
- die Bilanz der Änderung des Grundwasserspeichers, die sich als Restgröße aus den Grundwasserzuflüssen minus Zuflüssen/Abflüssen des Grabensystems minus den Schöpfwerkentnahmen aus dem Grundwasser berechnet.

Für das Oberflächenwasser wurden die Gesamtabflüsse an 40 ausgewählten Bilanzprofilen ermittelt. Der Gesamtabfluss berechnet sich wie folgt:

- berechneter Grundwasserzustrom/-abstrom zum/aus dem betrachteten Gewässerabschnitt,
- im Grundwassermodell Oderbruch angesetzte Schöpfwerkentnahmen aus dem Grundwasser im betrachteten Gewässerabschnitt,
- Zufluss von oberhalb liegenden Gewässerabschnitten und Überleitungen (Heber Reitwein bzw. Heber Kienitz).

Unberücksichtigt bei der Berechnung des Gesamtabflusses bleibt der Grundwasserzustrom von der Hochfläche, da hier eine Zuordnung zu den Gewässerabschnitten nicht möglich ist. Der Grundwasserzustrom von der Hochfläche ist für alle Varianten und hydrologischen Zustände mit ca. 0,15–0,25 m³/s angenommen worden (vgl. Kap. 5.1.2).

Die Bilanzgruppen (Bilanzprofile) sind in Tabelle 5-4 zusammengestellt. Die Lage der Bilanzprofile ist aus Karte 11 ersichtlich.

Bilanzprofil	Beschreibung Gewässerabschnitt
1	Seelake
2	Seelake unterhalb Mündung Wilhelmsgraben
3	Heyengraben
4	Schleusengraben
5	Gusower Alte Oder unterhalb Mündung Schleusengraben
6 *)	Tergelgraben oberhalb Mündung in Gusower Alte Oder
7	Quappendorfer Kanal
8	Friedländer Strom oberhalb Mündung Volzine
9	Bullergraben
10	Manschower Alte Oder oberhalb Ableitung in Heyengraben
11	Norkgraben
12	Schmalere Strom oberhalb Mündung Schleusengraben und Richtgraben
13	Ziegengraben
14	Letschiner Hauptgraben
15	Letschiner Hauptgraben oberhalb Wehr Sietzing
16 *)	Scherickengraben
17	Letschiner Hauptgraben oberhalb Mündung in Volzine
18	Volzine oberhalb Zusammenfluss mit Friedländer Strom
19	Jesargraben oberhalb Mündung Freiwiesengraben
20	Jesargraben oberhalb Mündung in Posedinggraben
21	Posedinggraben oberhalb Mündung in Volzine
22	Kruschkengraben
23	Kruschkengraben oberhalb Mündung Neubarnimer Stadtgraben
24	Neubarnimer Stadtgraben oberhalb Mündung Posedinggraben
25	Güstebieser Alte Oder
26	Wriezener Alte Oder unterhalb Zusammenfluss Güstebieser Alte Oder und Friedländer Strom
27	Wriezener Alte Oder oberhalb Zusammenfluss mit Stiller Oder
28	Altmädewitzer Hauptgraben oberhalb Mündung in Stille Oder
29	Laufgraben
30	Laufgraben oberhalb Mündung in Mucker
31	Mucker
32	Grabensystem Paulshof I
33	Mucker unterhalb Mündung Laufgraben
34	Stille Oder oberhalb Mündung Altmädewitzer Hauptgraben
35	Wriezener Alte Oder unterhalb Mündung Stille Oder
36	Wriezener Alte Oder oberhalb Mündung Freienwalder Landgraben
37	Freienwalder Landgraben Oberlauf
38	Freienwalder Landgraben Unterlauf
39	Freienwalder Landgraben oberhalb Mündung in Wriezener Alte Oder
40	Wriezener Alte Oder unterhalb Mündung Freienwalder Landgraben

Tab. 5-4:
Bilanzprofile zur Ermittlung des Gesamtabflusses

*) keine Auswertung, da im Modell .. nicht berücksichtigt

5.3.4.1 Grundwasserbilanz

Tab. 5-5: Grundwasserbilanz – Basisvariante

Zeitraum	Bilanzgröße in m³/s			
	Randzufluss von den Hochflächen	Drängewasserzufluss von der Oder	Grundwasserneubildung	Bilanz (Summe der Zuflüsse)
MW-Jan. 20.-24.01.	0,23	2,42	0,36	3,01
MHW 20.-24.04.	0,20	4,40	14,24	18,84
HW-Oder 29.06.-03.07.	0,24	15,80	-3,19	12,85
MNW 20.-24.08.	0,25	1,35	-6,84	-5,04
MW-Okt. 27.-31.10.	0,22	2,60	0,72	3,54

In Tabelle 5-5 ist die Grundwasserbilanz für die MW-, MHW-, HW- und MNW-Situationen der Basisvariante zusammengestellt (vgl. auch Abb. 5-11).

Der Drängewasserzufluss von der Oder steigt erwartungsgemäß im zeitlichen Verlauf mit der Erhöhung des Wasserstandes der Oder an. Der Drängewasserzufluss ins Modellgebiet beträgt für die MW-Situation (Jan., Okt.) ca. 2,4–2,6 m³/s, für die MHW-Situation (April) ca. 4,4 m³/s und für die MNW-Situation (August) ca. 1,3 m³/s. Im Zuge des Oderhochwassers, das im Modell im Zeitraum vom 25.06. bis 08.07. (maximaler Oderwasserstand am 30.06.) angesetzt ist, ergab sich ein maximaler Drängewasserzufluss von rd. 16 m³/s.

Für den betrachteten Zeitraum der MHW-Situation (20.04.–24.04.) wurde eine hohe Grundwasserneubildung (im Mittel ca. 14,2 m³/s) angesetzt. Den MW-Situationen (20.01.–24.01. bzw. 27.10.–31.10.) wurde eine geringe Grundwasser-

neubildung (im Mittel ca. $0,38 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. ca. $0,72 \text{ m}^3/\text{s}$) zugewiesen. Die MNW-Situation (20.08.–24.08.) und die HW-Situation der Oder (29.06.–03.07.) ist durch eine starke Zehrung mit einer negativen Grundwasserneubildung (im Mittel ca. $-3,19 \text{ m}^3/\text{s}$ für HW-Oder und $-6,64 \text{ m}^3/\text{s}$ für MNW) gekennzeichnet. In der MNW-Situation reicht der berechnete Drängewasserzufluss nicht aus, um die Grundwasserzehrung auszugleichen, so dass sich eine negative Zustrombilanz (ca. $-5,04 \text{ m}^3/\text{s}$) ergibt. Für das simulierte HW-Ereignis der Oder wird die Grundwasserzehrung durch den starken Drängewasserzufluss aus der Oder mehr als ausgeglichen, so dass für diesen Zeitraum eine stark positive Grundwasserzustrombilanz von ca. $+12,85 \text{ m}^3/\text{s}$ registriert wurde. Für die MHW-Situation ist, bedingt durch hohe Grundwasserneubildung und lang anhaltende hohe Oderwasserstände, eine positive Grundwasserzustrombilanz in vergleichbarer Größenordnung zu beobachten (ca. $18,8 \text{ m}^3/\text{s}$).

Ferner wurden entlang der Oder die Drängewasserzuflüsse für folgende Teilabschnitte detailliert ausgewertet.

- Teilabschnitt 1: Hohensaaten – Hohenwutzen (Oder km 664,9 – km 655,8)
- Teilabschnitt 2: Hohenwutzen – Güstebieser Alte Oder (Oder km 655,8 – km 644,8)
- Teilabschnitt 3: Güstebieser Alte Oder – Heber Kienitz (Oder km 644,8 – km 632,8)
- Teilabschnitt 4: Heber Kienitz – Kietz (Oder km 632,8 – km 614,9)
- Teilabschnitt 5: Kietz – Lebus (Oder km 614,9 – km 595,8).

Die Kilometrierung entlang der Oder ist in Karte 11 dargestellt. Die Ergebnisse der Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder sind in Tabelle 5-6 und Tabelle 5-7 für die betrachteten hydrologischen Zustände zusammengestellt (vgl. auch Abb. 5-12).

Abb. 5-11:
Grundwasserbilanz – Basisvariante

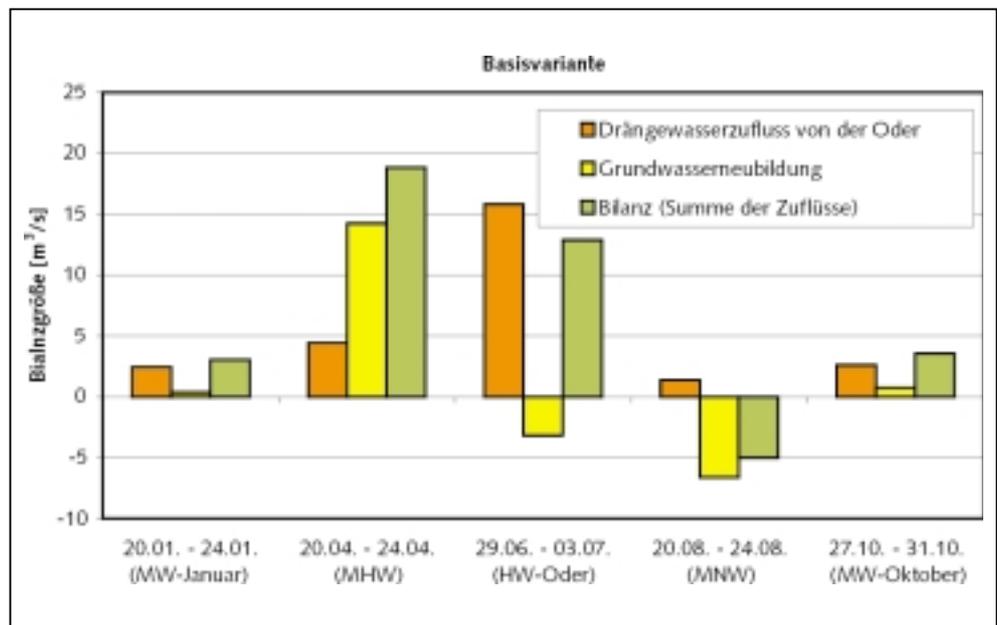
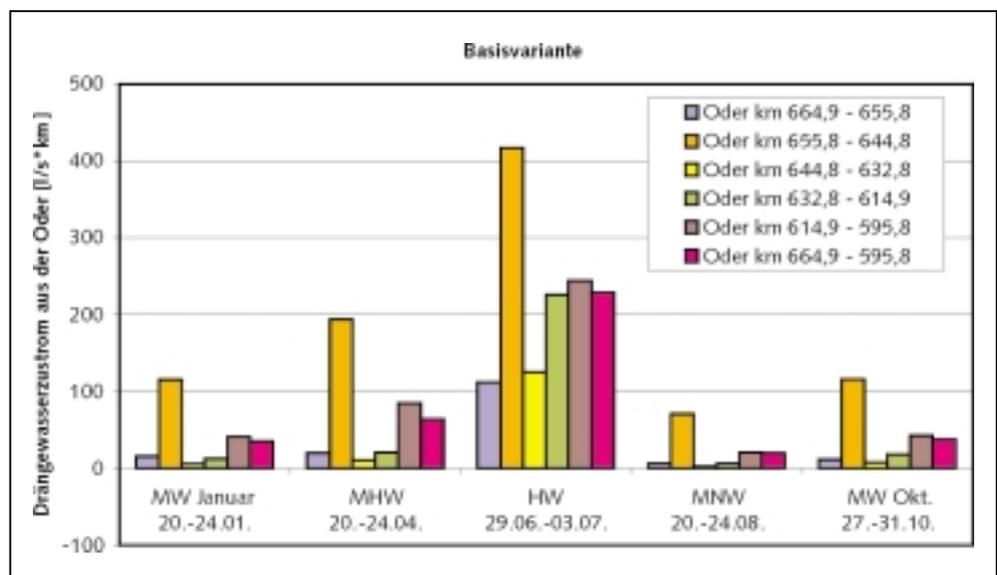


Abb. 5-12:
Drängewasserzuflüsse aus der Oder-Basisvariante



Teilstabschnitt	Hydrologischer Zustand					
	Oder km	MW Jan.	MHW	HW	MNW	MW Okt.
1	664,9 - 665,8	0,10	0,18	1,02	0,05	0,10
2	655,8 - 644,8	1,27	2,13	4,59	0,78	1,27
3	644,8 - 632,8	0,07	0,12	1,90	0,02	0,09
4	632,8 - 614,9	0,21	0,36	4,03	0,11	0,32
5	614,9 - 595,8	0,78	1,61	4,95	0,39	0,81
1 - 5	664,9 - 595,8	2,42	4,40	15,80	1,35	2,90

Teilstabschnitt	Hydrologischer Zustand					
	Oder km	MW Jan.	MHW	HW	MNW	MW Okt.
1	664,9 - 665,8	15,4	19,4	112,1	6,0	11,4
2	655,8 - 644,8	115,3	193,8	417,2	70,7	115,6
3	644,8 - 632,8	5,5	10,4	124,9	1,7	7,7
4	632,8 - 614,9	12,0	20,1	225,4	6,2	18,1
5	614,9 - 595,8	40,8	84,2	243,8	20,4	42,5
1 - 5	664,9 - 595,8	35,7	63,7	228,6	19,6	37,7

Zeitraum	Bilanzgröße in m ³ /s				
	Zuflüsse zum Modellgebiet	Infiltration vom Grabensystem ins Grundwasser	Exfiltration vom Grundwasser ins Grabensystem	Schöpfwerkentnahmen aus dem GW	Restgröße*) = Änd. des GW-Speichers
MW-Jan. 20.01.-24.01.	3,01	0,82	5,12	0,84	-2,13
MHW 20.04.-24.04.	18,84	0,78	8,69	1,95	8,98
HW-Oder 29.06.-03.07.	12,86	2,12	9,71	0,24	5,03
MNW 20.08.-24.08.	-5,03	1,49	3,47	0,24	-7,25
MW-Okt. 27.10.-31.10.	3,55	1,75	3,26	0,84	1,23

Tab. 5-6:

Abschnittsweise Auswertung

der Drängewasserzuflüsse aus der Oder – Basisvar. (in m³/s)

MW-Januar	20.01.–24.01.	MNW	20.08.–24.08.
MHW	20.04.–24.04.	MW-Oktober	27.10.–31.10.
HW-Oder	29.06.–03.07.		

Tab. 5-7:

Abschnittsweise Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der

Oder – Basisvar. (in l/s/km)

MW-Januar	20.01.–24.01.	MNW	20.08.–24.08.
MHW	20.04.–24.04.	MW-Oktober	27.10.–31.10.
HW-Oder	29.06.–03.07.		

Tab. 5-8:

Zu- und Abflüsse Grabensystem – Basisvariante

*) (Grundwasserzuflüsse zum Modell-geb.) + (Infiltration Grabensystem) – (Exfiltration Grabensystem) – (Schöpfwerkentnahme)

Der Vergleich der Ergebnisse der Basisvariante mit denen von QUAST (1972) zeigt keine auffälligen Abweichungen. Die Größenordnung der berechneten Drängewasserzuflüsse ist vergleichbar. In QUAST u. A. (1999) sind für NW bis MW Werte von 20–40 l/s/km und für HW von 100–200 l/s/km angegeben.

5.3.4.2 Änderung des Grundwasserspeichers/Abfluss aus dem Grabensystem

Des Weiteren wurden die Zu- und Abflüsse des Grabensystems einschließlich der Schöpfwerkentnahmen aus dem Grundwasser betrachtet. Die Summe dieser Bilanzgrößen einschließlich des Grundwasserzuflusses zum Modellgebiet gibt Aufschluss über die Änderung des Grundwasserspeichers im betrachteten Zeitraum. Die Ergebnisse und Bilanzgrößen sind in Tabelle 5-8 aufgeführt.

Die Änderung des Grundwasserspeichers wurde für die MW-Situationen (20.01.–24.01. bzw. 27.10.–31.10.) im Mittel mit ca. –2,1 m³/s bzw. ca. 1,2 m³/s berechnet. Die Änderung des Grundwasserspeichers wird in der MW-Situation in erster Linie durch die Exfiltration von Grundwasser ins Grabensystem beeinflusst. Im MW-Zeitraum September/Oktober sorgen die durch die Grundwasserzehrung bedingten niedrigen Grundwasserstände für eine etwas höhere Infiltration vom Graben-

system ins Grundwasser als im Zeitraum November–Januar, wo vergleichsweise höhere Grundwasserstände eine geringere Infiltration aus den Gräben ins Grundwasser und entsprechend etwas höhere Exfiltration von Grundwasser in die Gräben bewirken.

Bedingt durch eine lang andauernde Grundwasserneubildung und darauf zurückzuführende hohe Grundwasserstände ergibt sich für die MHW-Situation (20.04.–24.04.) eine positive Gesamtänderung des Grundwasserspeichers im Mittel von ca. 9 m³/s, die auch durch hohe Schöpfwerkentnahmen (1,95 m³/s) und Exfiltration aus dem Grundwasser in die Gräben (ca. 8,7 m³/s) nicht ausgeglichen werden kann. Die Grundwasserstände erreichen am Ende der MHW-Periode ihren Maximalwert und verringern sich bis zum Beginn der MW-Situation September/Oktober auf ihren Ausgangswert zu Beginn des hydrologischen Jahres.

Die HW-Situation (29.06.–03.07.) wirkt sich in einer stark positiven Änderung des Grundwasserspeichers im Mittel von ca. 5,0 m³/s aus. Mit dem Anstieg des Drängewasserzuflusses aus der Oder erhöht sich für die Dauer des Hochwassers der Oder der Abfluss in die Gräben auf ca. 9,7 m³/s und damit auf eine mit der MHW-Situation vergleichbare Größenordnung.

Die MNW-Situation (20.08.–24.08.) ist entsprechend der durch die Grundwasserzehrung schon negative Zustrombilanz durch eine stark negative Änderung des Grundwasserspeichers (im Mittel ca. $-7,25 \text{ m}^3/\text{s}$) gekennzeichnet.

5.3.4.3 Oberflächenwasserbilanz (Gesamtabfluss)

Der Gesamtabfluss (ohne Grundwasserzustrom von den Hochflächen, vgl. Kap. 5.3.4) an den in Tabelle 5-4 zusammengestellten Bilanzprofilen wurde aus dem berechneten Grundwasserzustrom/-abstrom zum/aus dem betrachteten Gewässerabschnitt, den im Grundwassermodell Oderbruch angesetzten Schöpfwerksentnahmen im betrachteten Gewässerabschnitt und dem jeweiligen Zufluss von oberhalb liegenden Gewässerabschnitten und Überleitungen (Heber Reitwein bzw. Heber Kienitz) ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5-9 zusammengestellt.

Der Gesamtabfluss der Wriezener Alten Oder am Bilanzprofil 40 beträgt für den MW-Zustand am 24.01. ca. $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$, für den MHW-Zustand am 24.04. ca. $11,8 \text{ m}^3/\text{s}$, für den HW-Zustand am 03.07. ca. $15,4 \text{ m}^3/\text{s}$, für den MNW-Zustand am 24.08. ca. $4,8 \text{ m}^3/\text{s}$ und für den MW-Zustand am 31.10. ca. $3,3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Für den MNW-Zustand wurde mit einer Überleitungsmenge des Hebers Reitwein von ca. $0,89 \text{ m}^3/\text{s}$ und für den Heber Kienitz von ca. $0,49 \text{ m}^3/\text{s}$ gerechnet. Diese Mengen wurden auch für das Hochwasserereignis vom 25.06. bis 08.07. innerhalb der MNW-Periode Juni - August beibehalten. Lokal kommt es aufgrund hoher Grundwasserstände zu rechnerisch negativen Gesamtabflüssen (vgl. Tab. 5-9, Bilanzprofile 32, 25 und 1). In diesen Bereichen kommt es zu einer Infiltration aus den Gräben ins Grundwasser.

Die Gesamtabflüsse an den Bilanzprofilen sind für die einzelnen hydrologischen Zustände in den Abbildungen 5-13 und 5-14 dargestellt.

Tab. 5-9: Gesamtabfluss - Basisvariante

Bilanzprofil	Abfluss in m^3/s				
	MW	MHW	HW	MNW	MW
	24.01.	24.04.	03.07.	24.08.	31.10.
1	0,059	0,143	0,082	-0,015	-0,033
2	0,359	0,559	0,513	0,185	0,056
3	0,520	1,389	2,378	0,548	0,323
4	0,776	1,821	3,204	0,823	0,449
5	1,738	3,899	6,188	1,608	0,877
6	0,117	0,216	0,061	0,051	0,117
7	2,106	4,421	6,606	1,821	1,086
8	2,472	4,773	7,126	2,133	1,240
9	0,402	1,235	1,652	-0,018	0,314
10	0,487	1,396	2,637	0,896	0,333
11	0,471	0,643	0,934	0,323	0,362
12	0,750	1,424	2,337	0,769	0,498
13	0,223	0,410	0,324	0,116	0,063
14	0,838	1,580	2,281	0,691	0,258
15	0,887	1,622	2,394	0,732	0,254
16	0,022	0,073	0,000	0,000	0,022
17	0,979	1,822	2,521	0,745	0,254
18	2,042	3,357	4,780	1,837	0,630
19	0,128	0,163	0,467	0,338	0,034
20	0,223	0,251	0,617	0,355	0,018
21	0,329	0,419	0,778	0,409	0,031
22	0,135	0,182	0,546	0,306	0,037
23	0,161	0,243	0,583	0,296	0,024
24	0,682	0,999	1,334	0,645	0,381
25	0,112	0,150	0,222	0,055	-0,037
26	4,634	8,276	12,145	4,034	1,835
27	4,654	8,342	12,185	4,023	1,811
28	0,249	0,512	0,118	0,070	0,186
29	0,661	1,097	1,607	0,402	0,641
30	1,156	1,976	2,763	0,687	1,118
31	0,134	0,253	0,036	0,009	0,113
32	0,099	0,217	0,088	0,004	-0,005
33	1,440	2,573	2,910	0,694	1,253
34	1,446	2,604	2,925	0,678	1,239
35	6,349	11,463	15,227	4,764	3,232
36	6,360	11,488	15,269	4,762	3,220
37	0,056	0,070	0,062	0,032	0,023
38	0,092	0,128	0,092	0,054	0,047
39	0,155	0,306	0,159	0,036	0,064
40	6,515	11,795	15,420	4,797	3,281

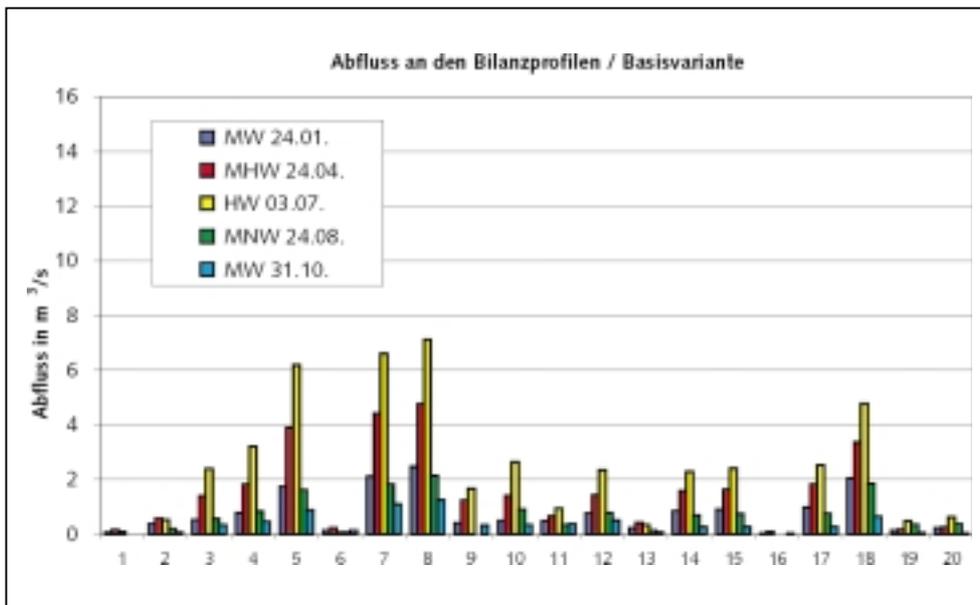


Abb. 5-13:
Gesamtabfluss Bilanzprofile 1 bis 20 – Basisvariante

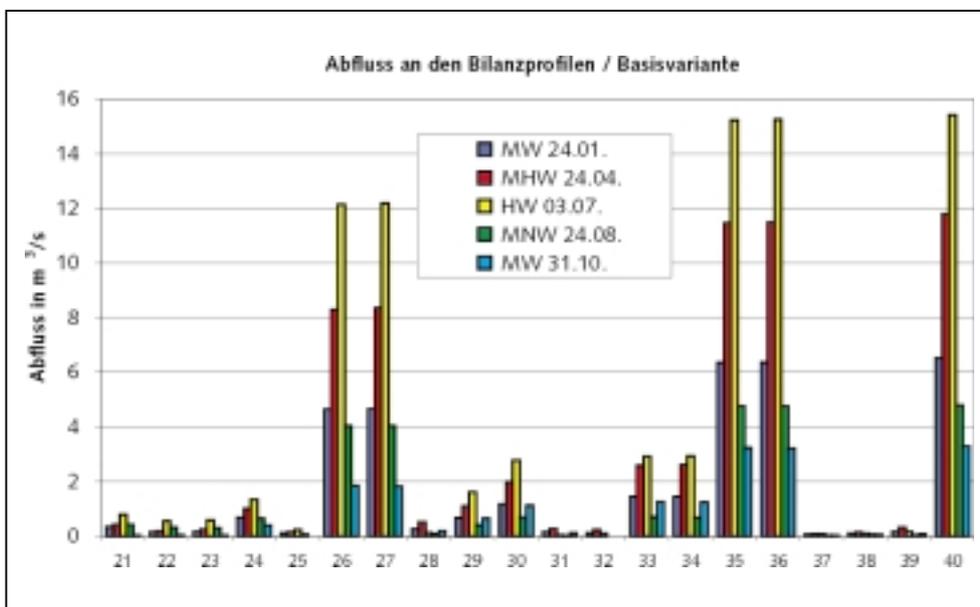


Abb. 5-14:
Gesamtabfluss Bilanzprofile 21 bis 40 – Basisvariante

5.4 Variante A (Extremvariante)

5.4.1 Grundwasserstände

Auf die Darstellung der Grundwasserstände entlang von Profilschnitten wird hier verzichtet.

Grundwassergleichen der betrachteten hydrologischen Zustände

Für die Auswertung wurden Differenzenpläne der Grundwasserstände zwischen Variante A und der Basisvariante für die einzelnen hydrologischen Zustände (MW-24.01., MHW-24.04., HW-03.07., MNW-24.08., MW-31.10.) erarbeitet.

Änderungen des Grundwasserstandes von > 1 m gegenüber den Vergleichszuständen der Basisvariante sind im Einzugsge-

biet des Schöpfwerks Paulshof I zu beobachten, wo die Grabenwasserstände um 1 m gegenüber der Basisvariante angehoben wurden, sowie entlang des Altmädewitzer Hauptgrabens, der bei Variante B zusätzlich mit zeitvariablen Wasserständen berücksichtigt wurde. Flächenmäßig stärker ins Gewicht fällt der Grundwasseranstieg im östlichen und südöstlichen Teil des Oderbruchs (Neubarnimer Stadtgraben, Graben L31 entlang der Oder, Volzine, Jesargraben, Letschiner Hauptgraben, Brauergraben, Schmaler Strom, Ziegengraben, Norkgraben und Bullergraben) sowie am Oberlauf der Seelake im südlichen Teil des Oderbruchs. In den Gebieten mit unveränderter Stauhaltung sind Grundwasserstandsänderungen von < 0,25 m gegenüber der Basisvariante zu verzeichnen. Infolge der z. T. veränderten Grundwasserstände im Gebietsinneren des Oderbruchs kommt es lokal am südwestlichen Zustromrand, der als

Randbedingung 2. Art (vorgegebener Zustrom) definiert ist, zu einer Veränderung der Profildurchlässigkeit und damit verbunden zu einer Änderung der Gradienten des Grundwasserströmungsfeldes am Modellrand.

Generell ist die räumliche Verteilung der Grundwasserstandserhöhung bei Variante A für alle ausgewerteten hydrologischen Zustände sehr ähnlich. Es zeigt sich, dass durch die in Variante A angenommene Extremvariante der Stauhaltung im südöstlichen inneren Modellgebiet (Letschiner Hauptgraben, Schmäler Strom, Bullergraben, Norkgraben) ein flächenhafter Grundwasseranstieg möglich ist.

Zeitreihen der Grundwasserstände

Die berechneten Grundwasserstände der Variante wurden analog zur Basisvariante an 195 GW-Messstellen registriert.

Beispielhaft sind in der Abbildung 5-9 (vgl. Kap. 5.3.1) der Jahresgang des GW-Standes an der Messstelle 35532632 (Deich Reitwein, nahe der Oder) und in der Abbildung 5-10 der Jahresgang des GW-Standes an der Messstelle 33522326 (Basta, nahe Letschiner Hauptgraben) dargestellt.

Die Grundwasserdynamik im Gebietsinneren gibt die Anhebung der Stauhaltung des Letschiner Hauptgrabens um 1,5 m gegenüber der Basisvariante plausibel wieder. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Messstelle 33522326 rd. 500 m vom Vorfluter entfernt liegt und deshalb ein etwas geringerer Grundwasseranstieg zu erwarten ist.

An den Wasserständen der odernahen Messstelle 35532632 wird der zusätzliche Einfluss der benachbarten Stauhaltung am Bullergraben auf die lokalen Grundwasserstände bei der Variante A deutlich.

5.4.2 Grundwasserflurabstände bzw. Differenz Geländeoberkante/Grundwasserdruckhöhe

Die Grundwasserflurabstände im Modellgebiet wurden jeweils für die MW-Situationen Januar und Oktober (24.01. und 31.10.), für die MHW-Situation (24.04.), für die MNW-Situation (24.08.) und für die HW-Situation (03.07.) ausgewertet.

Generell sind unabhängig von der betrachteten hydrologischen Situation aufgrund der extremen Stauhaltung für Variante A die vergleichsweise geringsten Flurabstände zu verzeichnen. Entsprechend weiten sich, vor allem im MHW-Zustand (24.04.), die Flächen mit sehr geringen Flurabständen deutlich aus. In Tabelle 5-10 sind die Flächenanteile, bei denen die Soll-Flurabstände eingehalten werden, zusammengestellt.

Gegenüber der Basisvariante gibt es hauptsächlich Änderungen bei den Flächenanteilen der Ortschaften und Ackerland. Es wird deutlich, dass aufgrund der erhöhten Wasserstände in den Gewässern eine Verringerung der Flurabstände zugunsten des Ackerlandes erzielt wird. Dadurch bedingt reduziert sich jedoch der Flächenanteil der eingehaltenen Soll-Flurabstände der Ortschaften (gegenüber Basisvariante Reduzierung um ca. 18 %). Beim Ackerland gibt es eine deutliche Änderung in der Verteilung der Flächen der eingehaltenen Soll-Flurabstände. Aufgrund der Anhebung der Wasserstände ergeben sich in den Gebieten, wo bei der Basisvariante die Soll-Flurabstände eingehalten wurden, für die Variante A zum Teil zu geringen Flurabständen.

Tab. 5-10: Einhaltung der Soll-Flurabstände – Variante A

	Flurabstand in m	MW-24.01.	MHW-24.04.	HW-03.07.	MNW-24.08.	MW-31.10.
Ortschaften *)						
Soll [km ²]	> 0,9 bzw. 1,7	46,74	46,74	46,74	46,74	46,74
Variante A [km ²]	< 0,9	11,52	18,03	16,02	10,67	9,41
Variante A [km ²]	> 0,9	35,23	28,71	30,73	36,07	37,33
Variante A [km ²]	0,9 - 1,7	13,88	9,20	10,52	13,23	13,82
Variante A [km ²]	> 1,7	21,34	19,51	20,21	22,84	23,51
Variante A [%]	< 0,9	24,64	38,58	34,27	22,83	20,14
Variante A [%]	> 0,9	75,36	61,42	65,73	77,17	79,86
Variante A [%]	0,9 - 1,7	29,70	19,69	22,50	28,30	29,56
Variante A [%]	> 1,7	45,66	41,73	43,23	46,87	50,30
Ackerland						
Soll [km ²]	0,7 - 1,4	594,22	594,22	594,22	594,22	594,22
Variante A [km ²]	< 0,7	213,67	309,21	281,99	162,13	152,65
Variante A [km ²]	0,7 - 1,4	200,38	144,24	181,68	226,06	217,59
Variante A [km ²]	> 1,4	179,97	140,77	150,55	206,04	223,97
Variante A [%]	< 0,7	35,99	52,04	44,09	27,28	25,69
Variante A [%]	0,7 - 1,4	33,72	24,27	30,58	38,04	36,62
Variante A [%]	> 1,4	30,29	23,69	25,34	34,67	37,69
Grünland						
Soll [km ²]	0,2 - 0,5	62,61	62,61	62,61	62,61	62,61
Variante A [km ²]	< 0,2	14,89	25,82	18,53	4,53	8,51
Variante A [km ²]	0,2 - 0,5	6,19	6,07	7,34	7,51	7,29
Variante A [km ²]	> 0,5	41,52	30,71	36,73	50,57	46,81
Variante A [%]	< 0,2	23,78	41,25	29,59	7,23	13,59
Variante A [%]	0,2 - 0,5	9,89	9,70	11,73	12,00	11,64
Variante A [%]	> 0,5	66,32	49,05	58,68	80,78	74,77

*) Soll-Flurabstand für Bebauung ohne Unterkellerung > 0,9 m, für Bebauung mit Unterkellerung > 1,7 m

Die Soll-Flurabstände für Bebauung ohne Unterkellerung (Soll-Flurabstand > 0,9 m) werden im Mittel zu etwa 73 % und für Bebauung mit Unterkellerung (Soll-Flurabstand > 1,7 m) im Mittel zu etwa 47 % eingehalten. Beim Ackerland wird eine Einhaltung der Soll-Flurabstände (0,7–1,4 m) wie bei der Basisvariante im Mittel von ca. 33 % erreicht. Der Anteil beim Grünland ist im Mittel von ca. 10,6 % (Soll-Flurabstand 0,2–0,5 m) gegenüber der Basisvariante etwas gestiegen.

Von allen untersuchten Varianten lassen sich erwartungsgemäß für die Variante A die vergleichsweise geringsten Flurabstände ausweisen. Dies gilt insbesondere für das MHW-Ereignis (24.04.) und auch das HW-Ereignis (03.07.), wo im Bereich zwischen Letschiner Hauptgraben, Brauergraben und Seelake sowie im Gebietsstreifen zwischen Bullergraben und Oder sowie entlang der Oder größere Gebiete mit Flurabständen < 0,5 m nachweisbar sind.

Bei MW- und MNW-Situationen lassen sich im Gebietsinneren über einen Großteil der Fläche Flurabstände < 1,5 m nachweisen.

5.4.3. Analyse der gespannten/ungespannten Grundwasserverhältnisse

Analog den getroffenen Feststellungen hinsichtlich gespannter Strömungsverhältnisse der Basisvariante wurden für die Variante A ebenfalls die Gebiete mit potentiell gespannten Grundwasserbedingungen dargestellt. Entsprechend der gegenüber der Basisvariante regional geänderten Stauhaltung ergibt sich eine Ausdehnung der Gebiete mit gespanntem Grundwasser.

5.4.4 Bilanzbetrachtung

5.4.4.1 Grundwasserbilanz

Aus der in Tabelle 5-11 dargestellten Grundwasserbilanz (vgl. auch Abb. 5-15) geht hervor, dass sich die Veränderungen gegenüber der Basisvariante im Wesentlichen auf den Drängewasserzufluss aus der Oder beziehen. Hier bewirkt die Anhebung der Wasserstände im Grabensystem (insbesondere auch der Beigräben entlang der Oder) für den MW-Zustand und MNW-Zustand etwa eine Halbierung der Drängewasserzuflüsse, verglichen mit der Basisvariante. Beim MHW-Zustand verringert sich der Drängewasserzufluss um rd. ein Drittel gegenüber der Basisvariante. Beim HW-Zustand hingegen ist nur eine relativ geringe Änderung des Drängewassers feststellbar.

Gegenüber der Basisvariante verringert sich damit die Grundwasserbilanz vor allem für die MW-Ereignisse deutlich (um ein Drittel bis um die Hälfte). Beim MHW- und beim MNW-

Tab. 5-11: Grundwasserbilanz – Variante A

Zeitraum	Bilanzgröße in m ³ /s			
	Randzufluss von den Hochflächen	Drängewasserzufluss von der Oder	Grundwasserneubildung	Bilanz (Summe der Zuflüsse)
MW-Jan. 20.01.-24.01.	0,18	1,15	0,36	1,69
MHW 20.04.-24.04.	0,15	2,60	14,24	16,99
HW-Oder 29.06.-03.07.	0,18	14,06	-3,18	11,06
MNW 20.08.-24.08.	0,19	0,34	-8,63	-6,10
MW-Okt. 27.10.-31.10.	0,18	1,38	0,72	2,28

Ereignis ist die Änderung der Bilanz nicht so deutlich, da hier die Grundwasserneubildung den Hauptanteil stellt.

Bei der in den Tabelle 5-12 und 5-13 (vgl. auch Abb. 5-16) vorgenommenen detaillierten Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder kommt zum Ausdruck, dass durch die vorgenommene extreme Anhebung der Wasserstände um 2 m in den Beigräben entlang der Oder vor allem im Abschnitt 3 (Güstebieser Alte Oder – Heber Kienitz), Abschnitt 4 (Heber Kienitz – Kietz) und Abschnitt 5 (Kietz – Lebus) z.T. nicht-plausible Zuflüsse zur Oder erfolgen. Außerdem zeigt sich, dass die Verringerung des Drängewasserzuflusses unterschiedlich auf die einzelnen Teilabschnitte verteilt ist. Am geringsten werden die Veränderungen im Drängewasserzufluss für die Teilstrecke 1 (Hohensaaten – Hohenwutzen) ausgewiesen.

Teilabschnitt	Oder km	Hydrologischer Zustand				
		MW Jan.	MHW	HW	MNW	MW Okt.
1	664,9 - 655,8	0,09	0,17	1,02	0,05	0,10
2	655,8 - 644,8	1,02	1,78	4,26	0,61	1,04
3	644,8 - 632,8	-0,07	-0,02	1,35	-0,11	-0,05
4	632,8 - 614,9	-0,01	0,10	3,75	-0,14	0,10
5	614,9 - 595,8	0,12	0,56	3,69	-0,08	0,20
1 - 5	664,9 - 595,8	1,15	2,60	14,06	0,34	1,38

Tab. 5-12: Abschnittsweise Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder – Var. A (in m³/s)

MW-Januar	20.01.–24.01.
MHW	20.04.–24.04.
HW-Oder	29.06.–03.07.
MNW	20.08.–24.08.
MW-Oktober	27.10.–31.10.

Teilabschnitt	Oder km	Hydrologischer Zustand				
		MW Jan.	MHW	HW	MNW	MW Okt.
1	664,9 - 655,8	10,0	19,2	111,7	5,7	10,9
2	655,8 - 644,8	92,7	162,1	387,3	55,5	94,1
3	644,8 - 632,8	-5,8	-1,7	112,4	-9,0	-3,8
4	632,8 - 614,9	-0,7	5,7	209,2	-7,7	5,5
5	614,9 - 595,8	6,5	29,2	193,4	-4,2	10,3
1 - 5	664,9 - 595,8	16,7	37,6	203,5	4,9	20,0

Tab. 5-13: Abschnittsweise Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder – Var. A (in l/s/km)

MW-Januar	20.01.–24.01.
MHW	20.04.–24.04.
HW-Oder	29.06.–03.07.
MNW	20.08.–24.08.
MW-Oktober	27.10.–31.10.

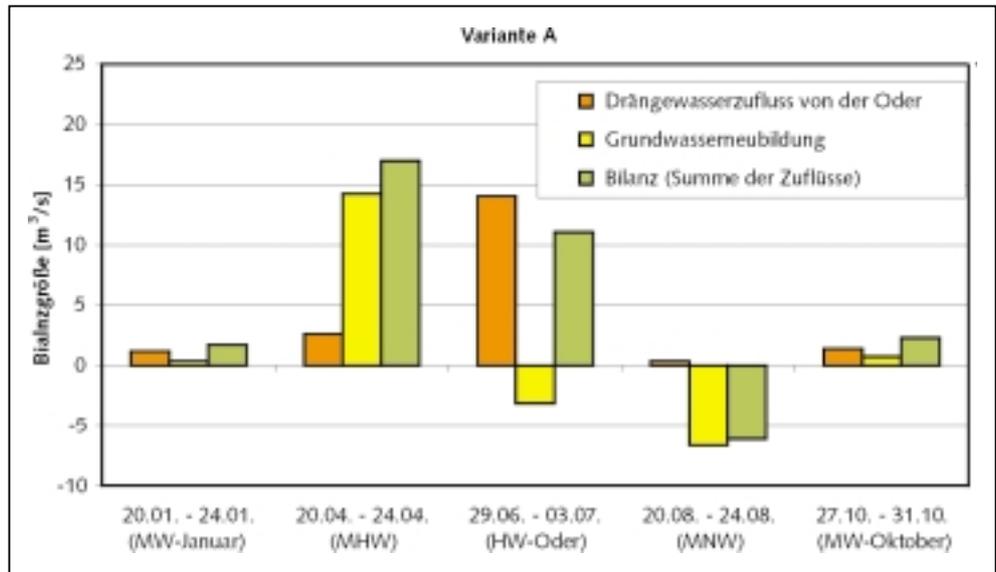


Abb. 5-15:
Grundwasserbilanz – Variante A

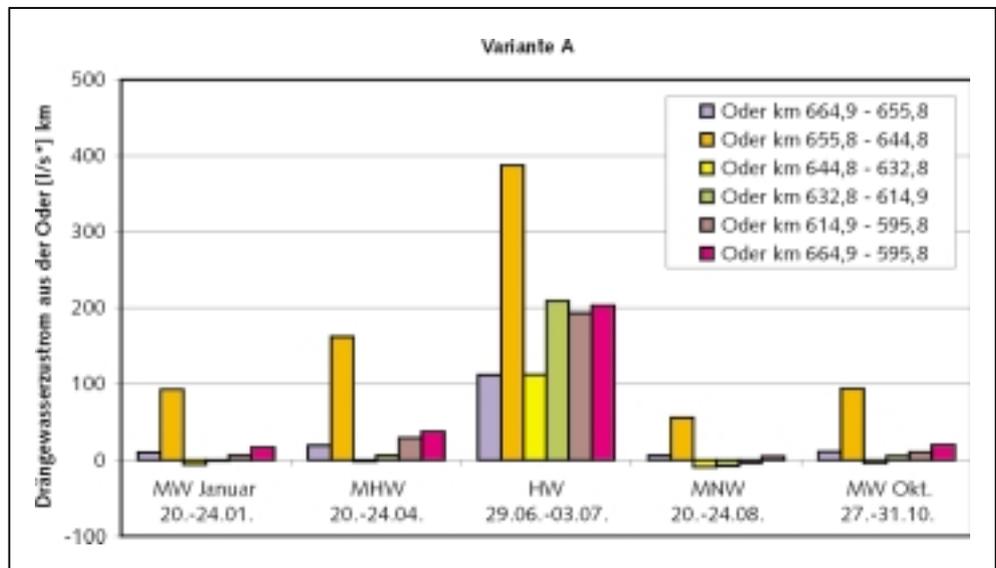


Abb. 5-16:
Drängwasserzuflüsse aus der Oder

5.4.4.2 Änderung des Grundwasserspeichers/Abfluss aus dem Grabensystem

Die Zu- und Abflüsse über das Grabensystem sind für die Variante A aus Tabelle 5-14 ersichtlich. Die für die Variante A angenommenen, teilweise um 1,5–2 m erhöhten Grabenwasserstände bewirken eine Verringerung der Exfiltration aus dem Grundwasser ins Grabensystem um rd. 30–50 % gegenüber der Basisvariante. Die Infiltration aus dem Grabensystem ins Grundwasser steigt für die MW-Situation Januar, die MHW-Situation und HW-Situation leicht an und nimmt gegenüber der Basisvariante für MNW und MW Oktober leicht ab, da auch für diese Zeiträume deutlich höhere Grundwasserstände als bei der Basisvariante zu beobachten sind.

5.4.4.3 Oberflächenwasserbilanz (Gesamtabfluss)

Der Gesamtabfluss (ohne Grundwasserzustrom von den Hochflächen, vgl. Kap. 5.3.4) an den in Tabelle 5-4 zusammengestellten Bilanzprofilen wurde aus dem berechneten Grundwasserzustrom/-abstrom zum/aus dem betrachteten Gewässer-

abschnitt, den im Grundwassermodell Oderbruch angesetzten Schöpfwerksentnahmen im betrachteten Gewässerabschnitt und dem jeweiligen Zufluss von oberhalb liegenden Gewässerabschnitten und Überleitungen (Heber Reitwein bzw. Heber Kienitz) ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5-15 zusammengestellt.

Der Gesamtabfluss der Wriezener Alten Oder am Bilanzprofil 40 verringert sich gegenüber der Basisvariante. Er beträgt für den MW-Zustand am 24.01. ca. 2,4 m³/s, für den MHW-Zustand am 24.04. ca. 6,3 m³/s, für den HW-Zustand am 03.07. ca. 9,1 m³/s, für den MNW-Zustand am 24.08. ca. 3,3 m³/s und für den MW-Zustand am 31.10. ca. 0,7 m³/s.

Gegenüber der Basisvariante kommt es aufgrund der hohen Grabenwasserstände zu einer Reduzierung des Grundwasserzustroms zu den Gräben. Da der Grundwasserspiegel lokal ansteigt, kommt es in diesen Gebieten zum Teil zu einer Infiltration aus den Gräben ins Grundwasser. Für diese Bilanzprofile werden in der Tabelle 5-15 rechnerisch negative Abflüsse ausgewiesen.

Geht man davon aus, dass der Grundwasserzustrom zum Gewässerabschnitt vom Heber bis zum nächsten Wehr, in den die Überleitungsmenge aus der Oder eingeleitet wird, für die Variante A zumindest gleich der Basisvariante sein sollte, um ein Leerlaufen des Grabens zu vermeiden, ergibt sich aus der Differenz des Grundwasserzustroms Basisvariante zur Variante A die Menge, um die die Überleitung aus der Oder erhöht werden sollte.

Diese Bilanz ergibt für die Variante A in der MNW-Periode Juni–August gegenüber der Basisvariante eine geringe Erhöhung der Überleitungsmengen aus der Oder. Für den Heber Reitwein wurde eine mittlere Überleitungsmenge von ca. 0,95 m³/s und für den Heber Kienitz von 0,65 m³/s ermittelt.

Die Gesamtabflüsse an den Bilanzprofilen sind für die einzelnen hydrologischen Zustände in den Abbildungen 5-17 und 5-18 dargestellt.

Tab. 5-14:
Zu- und Abflüsse Grabensystem –Variante A

Zeitraum	Bilanzgröße in m³/s				
	Zuflüsse zum Modellgebiet	Infiltration vom Grabensystem ins Grundwasser	Exfiltration vom Grundwasser ins Grabensystem	Schöpfwerkentnahmen aus dem GW	Restgröße = Änd. des GW-Speichers
MW-Jan. 20.01.- 24.01.	1,69	1,12	3,42	0,00	-0,61
MHW 20.04.- 24.04.	16,99	0,91	5,62	2,42	9,86
HW-Oder 29.06.- 03.07.	11,07	2,19	5,27	0,00	7,99
MNW 20.08.- 24.08.	-6,10	1,34	2,70	0,00	-7,46
MW-Okt. 27.10.- 31.10.	2,28	1,55	2,35	0,00	1,48

*) (Grundwasserzuflüsse zum Modell-geb.) + (Infiltration Grabensystem) – (Exfiltration Grabensystem) – (Schöpfwerkentnahme)

Tab. 5-15: Gesamtabfluss – Variante A

Bilanzprofil	Abfluss in m³/s				
	MW	MHW	HW	MNW	MW
	24.01.	24.04.	03.07.	24.08.	31.10.
1	0,068	0,140	0,120	0,024	-0,007
2	0,231	0,439	0,457	0,202	0,060
3	-0,120	0,283	0,865	0,272	-0,155
4	-0,004	0,492	1,371	0,534	-0,100
5	0,193	1,342	2,811	1,097	-0,151
6	0,000	0,151	0,000	0,000	0,000
7	0,438	1,767	3,159	1,274	-0,052
8	0,760	2,071	3,667	1,596	0,102
9	-0,068	0,313	0,366	-0,155	-0,093
10	-0,098	0,346	1,253	0,697	-0,140
11	0,142	0,271	0,378	0,093	0,099
12	0,127	0,522	1,106	0,486	0,037
13	0,006	0,144	0,136	0,001	-0,036
14	0,017	0,502	1,070	0,329	-0,179
15	0,010	0,503	1,136	0,350	-0,188
16	0,000	0,051	0,000	0,000	0,000
17	0,045	0,638	1,273	0,389	-0,206
18	0,253	1,256	2,606	1,032	-0,268
19	0,026	0,061	0,317	0,242	0,014
20	0,021	0,062	0,354	0,225	0,015
21	0,027	0,113	0,438	0,252	0,007
22	-0,007	0,016	0,396	0,241	-0,012
23	0,041	0,087	0,453	0,265	0,013
24	0,123	0,399	0,724	0,311	-0,061
25	0,148	0,172	0,276	0,127	0,026
26	1,168	3,498	6,568	2,764	-0,137
27	1,237	3,601	6,648	2,786	-0,130
28	-0,060	0,246	-0,042	-0,077	-0,096
29	0,580	0,922	1,288	0,339	0,562
30	1,011	1,642	2,161	0,585	0,974
31	-0,018	0,136	-0,007	-0,035	-0,056
32	0,036	0,172	0,066	-0,012	-0,030
33	1,077	2,087	2,267	0,534	0,891
34	1,107	2,126	2,297	0,529	0,896
35	2,292	5,983	8,908	3,237	0,674
36	2,311	6,012	8,949	3,241	0,668
37	0,057	0,071	0,066	0,034	0,027
38	0,077	0,113	0,097	0,053	0,036
39	0,127	0,264	0,173	0,059	0,042
40	2,439	6,277	9,123	3,299	0,709

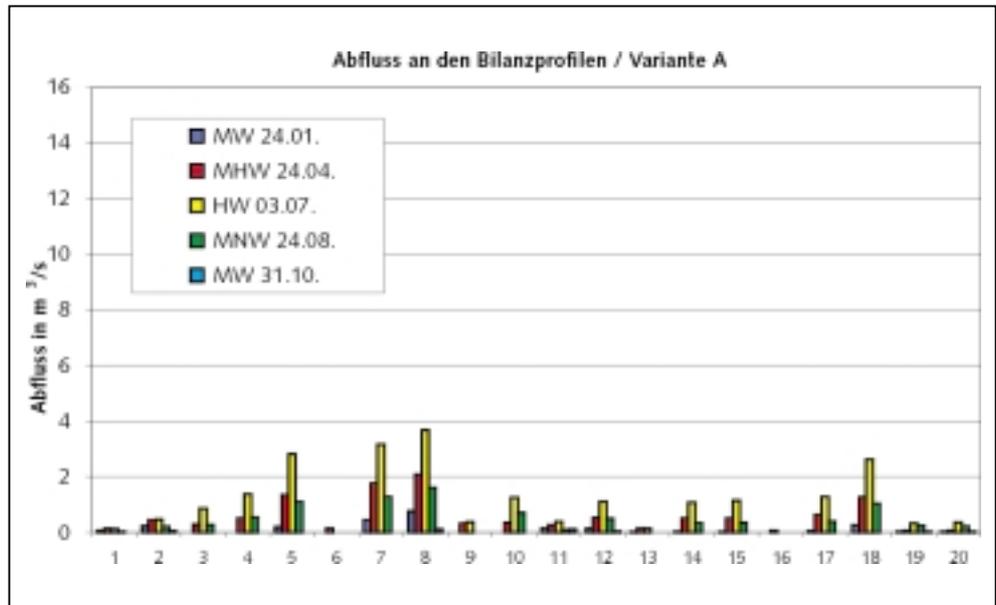


Abb. 5-17:
Gesamtabfluss Bilanzprofile 1 bis 20 – Var. A

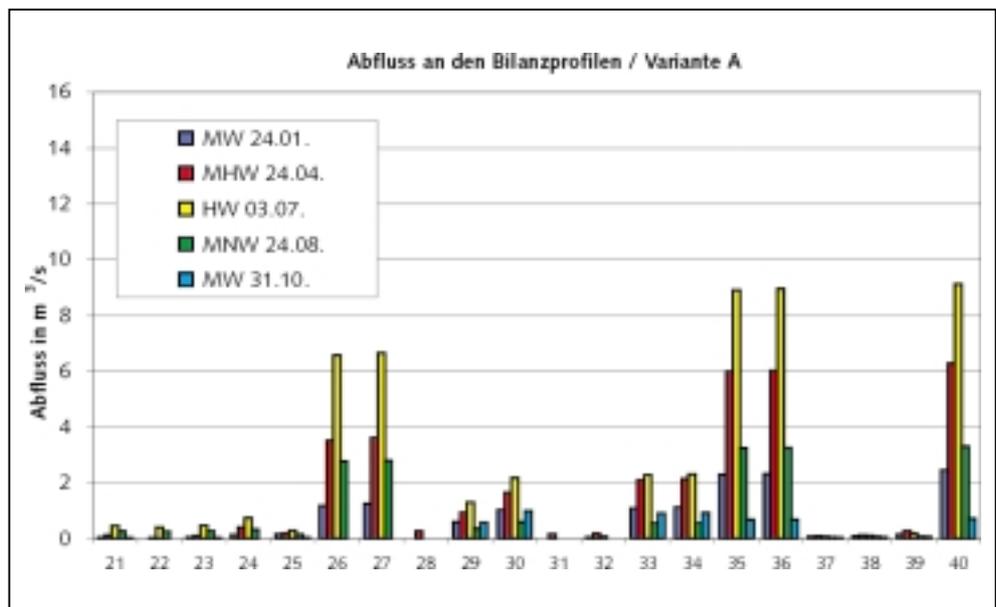


Abb. 5-18:
Gesamtabfluss Bilanzprofile 21 bis 40 – Var. A

5.5 Variante B

5.5.1 Grundwasserstände/Profilschnitte

Grundwassergleichen der betrachteten hydrologischen Zustände

Für die betrachteten hydrologischen Zustände (MW-24.01., MHW-24.04., HW-03.07., MNW-24.08., MW-31.10.) wurden Differenzpläne des Grundwasserstandes zwischen der Variante B und der Basisvariante erstellt. Beispielhaft ist der Differenzplan für MW-24.01. in Karte 13 dargestellt.

Deutliche Unterschiede der Grundwasserstände zwischen der Variante B und der Basisvariante sind vor allem in den Teilgebieten, in denen die Wasserstände angehoben wurden, erkennbar.

Änderungen des Grundwasserstandes > 1 m sind gegenüber der Basisvariante lokal für das Einzugsgebiet des Schöpfwerks

Paulshof I sowie entlang des Oder-Beigrabens L31, des Ziegengrabens, des Norkgrabens und abschnittsweise des Bullergrabens zu beobachten. Im Bereich der sonstigen in der Variante B durch veränderte Stauhaltung gekennzeichneten Stau vor allem im mittleren und südöstlichen Oderbruch ist entsprechend der vorgenommenen Anhebung der Grabenwasserstände um 0,5 m gegenüber der Basisvariante ein Grundwasserstandsanstieg um Beträge in der Größenordnung von 0,5 m zu beobachten.

Am höchsten sind die Differenzen der Grundwasserstände Variante B zur Basisvariante für den MNW-Zustand, relativ am geringsten für den MHW- und den HW-Zustand. Generell ist die räumliche Verteilung der Grundwasserstandserhöhung bei Variante B für alle ausgewertete Zeitpunkte sehr ähnlich. Es zeigt sich, dass durch eine Änderung der Stauhaltung im südöstlichen Modellgebiet (Letschiner Hauptgraben, Schmalere

Strom, Bullergraben, Norkgraben) und im Bereich des SW Paulshof I ein flächenhafter Grundwasseranstieg möglich ist.

Grundwasserstände entlang von Profilschnitten

Die Grundwasserstände für die hydrologischen Zustände der Variante B entlang der in Kapitel 5.3.1 genannten Profile sind in den Abb. 5-19 bis 5-23 dargestellt.

Die Lage der Profilschnitte ist in Karte 11 dargestellt.

Profil 1 verdeutlicht, dass eine großflächige Grundwasserstands-anhebung, wie zur Erreichung der Soll-Flurabstände angestrebt, durch Änderung der Stauhaltung prinzipiell möglich ist.

Die senkrecht zur Oder verlaufenden Profile 2 bis 5 zeigen für die Variante B im Gebietsinneren (linker Rand der Profilschnitte) um rd. 0,5 m angehobene Grundwasserstände.

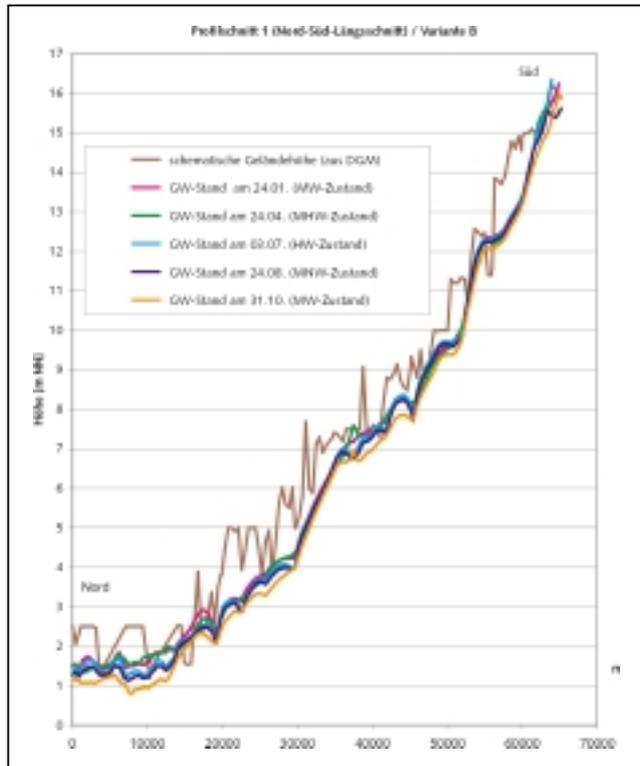


Abb. 5-19: Grundwasserstände Profil 1 (N-S-Längsschnitt) – Variante B

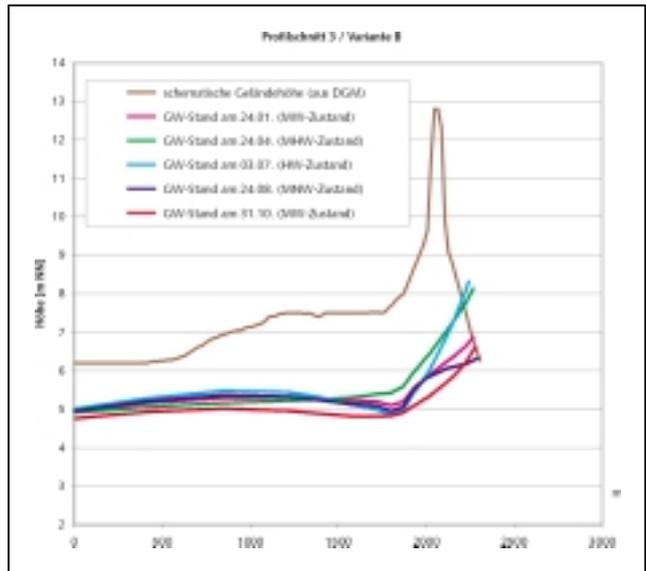


Abb. 5-21: Grundwasserstände Profil 3 (Abschnitt Groß Neuendorf) – Variante B

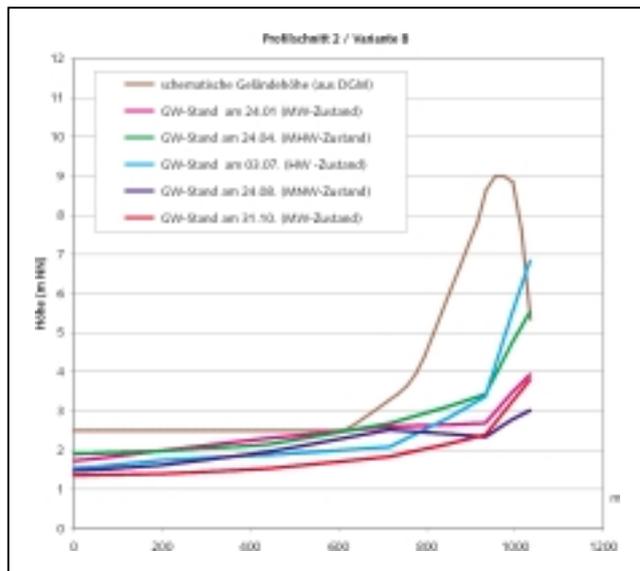


Abb. 5-20: Grundwasserstände Profil 2 (Abschnitt Fahrkrug) – Variante B

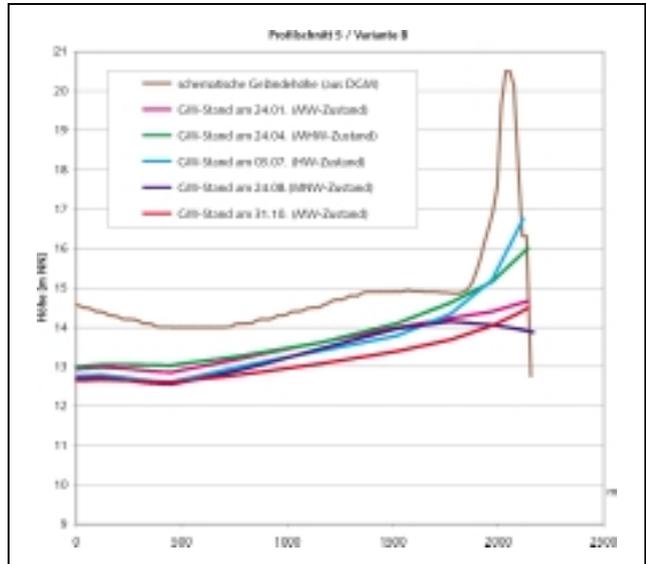


Abb. 5-22: Grundwasserstände Profil 4 (Abschnitt Kietz) – Variante B

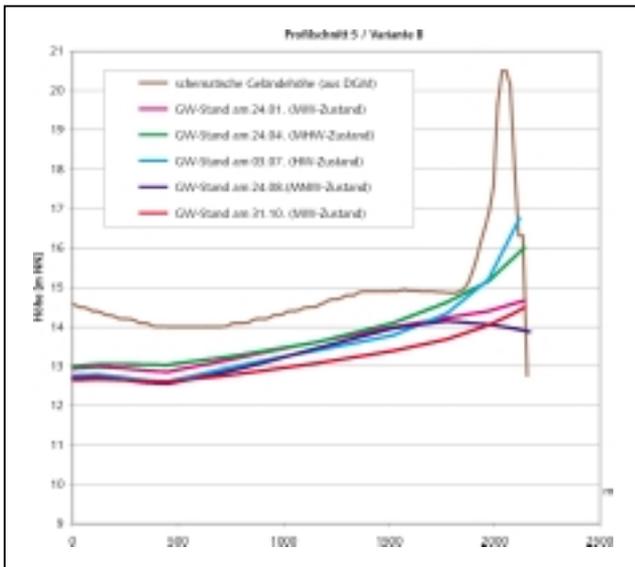


Abb. 5-23: Grundwasserstände Profil 5 (Abschnitt Reitwein) – Variante B

Zeitreihen der Grundwasserstände

Die berechneten Grundwasserstände der Variante wurden analog zur Basisvariante an 195 GW-Messstellen registriert.

Beispielhaft sind in der Abbildung 5-9 (vgl. Kap. 5.3.1) der Jahresgang des GW-Standes an der Messstelle 35532632 (Deich Reitwein, nahe der Oder) und in der Abbildung 5-10 der Jahresgang des GW-Standes an der Messstelle 33522326 (Basta, nahe Letschiner Hauptgraben) dargestellt.

Die Grundwasserdynamik im Gebietsinneren gibt die Anhebung der Stauhaltung des Letschiner Hauptgrabens um 0,5 m gegenüber der Basisvariante plausibel wieder. Aufgrund der Tatsache, dass keine zeitlichen Verschiebungen bei der Stauhaltung am Letschiner Hauptgraben gegenüber der Basisvariante vorgenommen wurden, ergibt sich nur eine Parallelverschiebung der Grundwasserstände entsprechend der angenommenen Stauhaltung.

Die Wasserstände der odernahen Messstelle 35532632 steigen, wie in Abbildung 5-9 deutlich wird, verglichen mit der Basisvariante aufgrund der für diese Variante angesetzten moderaten Stauhaltung allenfalls um Dezimeterbeträge an. Da die Oderwasserstände der Variante B der Basisvariante entsprechen, sind keine prinzipiellen Änderungen in der Grundwasserdynamik erkennbar.

5.5.2 Grundwasserflurabstände bzw. Differenz Geländeoberkante/Grundwasserdruckhöhe

Die Grundwasserflurabstände im Modellgebiet wurden jeweils für die MW-Situationen Januar und Oktober (24.01. und 31.10.), für die MHW-Situation (24.04.), für die MNW-Situation (24.08.) und für die HW-Situation (03.07.) ausgewertet. Beispielhaft ist für MW-24.01. die berechnete Flurabstandskarte in Karte 15 dargestellt.

Für Variante B ergeben sich entsprechend der hier zugrunde gelegten Stauhaltung geringere Flurabstände als für die Basisvariante. Kartographisch ausgewertet wurden für alle hydrologischen Zustände gesondert für Ortschaften, Ackerland und

Grünland die Flächen, bei denen die Soll-Flurabstände der Variante B für die einzelnen hydrologischen Zustände eingehalten werden. In Tabelle 5-16 sind die Flächenanteile, bei denen die Soll-Flurabstände eingehalten werden, zusammengestellt.

Tab. 5-16: Einhaltung der Soll-Flurabstände – Variante B

	Flurabstand in m	MW 24.01.	MHW 24.04.	HW 03.07.	MNW 24.08.	MW 31.10.
Ortschaften *)						
Soil [km ²]	> 0,9 bzw. 1,7	46,74	46,74	46,74	46,74	46,74
Variante B [km ²]	< 0,9	8,01	13,61	9,68	5,15	4,39
Variante B [km ²]	> 0,9	38,73	33,14	37,07	41,59	42,35
Variante B [km ²]	0,9 - 1,7	14,88	11,80	13,91	13,82	12,78
Variante B [km ²]	> 1,7	23,85	21,34	23,16	27,77	29,58
Variante B [%]	< 0,9	17,14	29,11	20,70	11,03	9,40
Variante B [%]	> 0,9	82,86	70,89	79,30	88,97	90,60
Variante B [%]	0,9 - 1,7	31,84	25,25	29,78	29,57	27,33
Variante B [%]	> 1,7	51,02	45,64	49,54	59,40	63,27
Ackerland						
Soil [km ²]	0,7 - 1,4	594,22	594,22	594,22	594,22	594,22
Variante B [km ²]	< 0,7	151,29	234,92	182,15	75,52	73,34
Variante B [km ²]	0,7 - 1,4	209,92	181,47	214,01	207,41	190,40
Variante B [km ²]	> 1,4	233,01	177,83	218,06	311,28	330,49
Variante B [%]	< 0,7	25,46	39,53	27,29	12,71	12,34
Variante B [%]	0,7 - 1,4	35,33	30,54	36,02	34,91	32,04
Variante B [%]	> 1,4	39,21	29,93	36,70	52,39	55,62
Grünland						
Soil [km ²]	0,2 - 0,5	62,61	62,61	62,61	62,61	62,61
Variante B [km ²]	< 0,2	13,79	23,05	16,30	3,03	6,96
Variante B [km ²]	0,2 - 0,5	4,94	5,12	5,35	6,58	6,66
Variante B [km ²]	> 0,5	43,88	34,44	40,95	53,00	48,99
Variante B [%]	< 0,2	22,02	36,81	26,04	4,84	11,12
Variante B [%]	0,2 - 0,5	7,89	8,17	8,55	10,50	10,63
Variante B [%]	> 0,5	70,09	55,02	65,41	84,65	78,25

*) Soll-Flurabstand für Bebauung ohne Unterkellerung > 0,9 m, für Bebauung mit Unterkellerung > 1,7 m

Gegenüber der Basisvariante gibt es analog zur Variante A hauptsächlich Änderungen bei den Flächenanteilen der Ortschaften und Ackerland. Es wird deutlich, dass aufgrund der erhöhten Wasserstände in den Gewässern eine Verringerung der Flurabstände zugunsten des Ackerlandes erzielt wird. Dadurch bedingt reduziert sich der Flächenanteil der eingehaltenen Soll-Flurabstände der Ortschaften (gegenüber Basisvariante Reduzierung um ca. 10 %). Beim Ackerland gibt es eine Änderung in der Verteilung und in der Verbreitung (Ausweitung) der Flächen der eingehaltenen Soll-Flurabstände.

Die Soll-Flurabstände für Bebauung ohne Unterkellerung (Soll-Flurabstand > 0,9 m) werden im Mittel zu etwa 83 % und für Bebauung mit Unterkellerung (Soll-Flurabstand > 1,7 m) im Mittel zu etwa 54 % eingehalten. Beim Ackerland kann eine Erhöhung der Einhaltung der Soll-Flurabstände (0,7 - 1,4 m) gegenüber der Basisvariante im Mittel um ca. 5 % auf ca. 34 % erreicht werden. Der Anteil beim Grünland ist im Mittel von ca. 9,1 %

(Soll-Flurabstand 0,2–0,5 m) gegenüber der Basisvariante etwas gestiegen.

5.5.3 Analyse der gespannten/ungespannten Grundwasserverhältnisse

Analog den getroffenen Feststellungen hinsichtlich gespannter Strömungsverhältnisse der Basisvariante und der Variante A wurden für die Variante B die Gebiete mit potenziell gespannten Grundwasserbedingungen dargestellt (vgl. z.B. Karte 17 für MW-24.01.). Entsprechend der gegenüber der Basisvariante regional geänderten Stauhaltung ergibt sich eine Ausdehnung der Gebiete mit gespanntem Grundwasser.

5.5.4 Bilanzbetrachtung

5.5.4.1 Grundwasserbilanz

In Tabelle 5-17 ist die Grundwasserbilanz für die MW-, MHW-, HW- und MNW-Situationen der Variante B zusammengestellt (vgl. auch Abb. 5-24).

Tab. 5-17: Grundwasserbilanz – Variante B

Zeitraum	Bilanzgröße in m ³ /s			
	Randzufluss von den Hochflächen	Drängewasserzufluss von der Oder	Grundwasserneubildung	Bilanz (Summe der Zuflüsse)
MW-Jan. 20.01.-24.01.	0,18	1,68	0,36	2,22
MHW 20.04.-24.04.	0,15	3,23	14,24	17,62
HW-Oder 29.06.-03.07.	0,18	14,66	-3,16	11,66
MNW 20.08.-24.08.	0,19	0,85	-6,63	-5,59
MW-Okt. 27.10.-31.10.	0,18	1,90	0,72	2,80

Änderungen gegenüber der Grundwasserbilanz der Basisvariante ergeben sich in erster Linie durch die Verringerung des Drängewasserzuflusses von der Oder infolge der veränderten Stauhaltung der Beigräben entlang der Oder, wie Tabelle 5-17 zeigt. Am deutlichsten wird dies bei den MW- und MNW-Ereignissen; hier wird gegenüber der Basisvariante ein um rd. 27–37 % geringerer Drängewasserzustrom beobachtet. Entsprechend ergeben sich bei Variante B, verglichen mit der Basisvariante, etwas geringere Zuflüsse zum Modellgebiet.

Analog zur Basisvariante wurden entlang der im Kapitel 5.3.4.1 definierten Teilabschnitte der Oder die Drängewasserzuflüsse detailliert ausgewertet. Die Lage der Teilabschnitte ist in Karte 11 dargestellt.

Die Ergebnisse der Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder sind für die Variante B in Tabelle 5-18 und Tabelle 5-19 für die betrachteten hydrologischen Zustände zusammengestellt (vgl. auch Abb. 5-25).

Erwartungsgemäß verringern sich Drängewasserzuflüsse gegenüber der Basisvariante infolge der Anhebung der Grabenwasserstände im Gebietsinneren des Oderbruchs (siehe Tab. 5-18 und 5-19).

Im Extremfall (z. B. MNW-Situation Teilabschnitte 3 und 4) kann eine weitere Anhebung der Grabenwasserstände im odernahen Bereich zur Infiltration in die Oder aus dem Gebietsinneren führen (vgl. Variante A, Kap. 5.4).

Tab. 5-18: Abschnittsweise Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder - Var. B (in m³/s)

Teilabschnitt	Oder km	Hydrologischer Zustand				
		MW Jan.	MHW	HW	MNW	MW Okt.
1	654,9 - 655,8	0,09	0,18	1,02	0,05	0,10
2	655,8 - 644,8	1,05	1,81	4,29	0,84	1,06
3	644,8 - 632,8	0,00	0,06	1,41	-0,06	0,02
4	632,8 - 614,9	0,08	0,20	3,85	-0,04	0,19
5	614,9 - 595,8	0,47	1,00	4,09	0,24	0,53
1 - 5	654,9 - 595,8	1,68	3,23	14,66	0,85	1,90

MW-Januar 20.01.–24.01.
MHW 20.04.–24.04.
HW-Oder 29.06.–03.07.
MNW 20.08.–24.08.
MW-Oktober 27.10.–31.10.

Tab. 5-19: Abschnittsweise Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder - Var. B (in l/s km)

Teilabschnitt	Oder km	Hydrologischer Zustand				
		MW Jan.	MHW	HW	MNW	MW Okt.
1	654,9 - 655,8	10,2	19,3	111,8	5,8	11,0
2	655,8 - 644,8	94,3	163,2	386,6	57,4	96,5
3	644,8 - 632,8	-0,3	4,0	117,5	-3,9	2,0
4	632,8 - 614,9	4,2	11,1	215,3	-2,0	10,7
5	614,9 - 595,8	24,6	52,4	214,0	12,6	27,6
1 - 5	654,9 - 595,8	24,3	46,8	212,2	12,2	27,5

MW-Januar 20.01.–24.01.
MHW 20.04.–24.04.
HW-Oder 29.06.–03.07.
MNW 20.08.–24.08.
MW-Oktober 27.10.–31.10.

5.5.4.2 Änderung des Grundwasserspeichers/Abfluss aus dem Grabensystem

Analog zur Basisvariante wurden die Zu- und Abflüsse des Grabensystems einschließlich der Schöpfwerksentnahmen betrachtet. Die Ergebnisse und Bilanzgrößen sind in Tabelle 5-20 aufgeführt.

Tab. 5-20: Zu- und Abflüsse Grabensystem – Variante B

Zeitraum	Bilanzgröße in m ³ /s				
	Zuflüsse zum Modellgebiet	Infiltration vom Grabensystem ins Grundwasser	Exfiltration vom Grundwasser ins Grabensystem	Schöpfwerksentnahmen aus dem GW	Restgröße* = Änd. des GW-Speichers
MW-Jan. 20.01.-24.01.	2,22	0,56	4,27	0,00	-1,49
MHW 20.04.-24.04.	17,62	0,60	6,67	2,42	9,13
HW-Oder 29.06.-03.07.	11,66	1,76	7,42	0,00	6,02
MNW 20.08.-24.08.	-5,59	0,98	3,26	0,00	-7,87
MW-Okt. 27.10.-31.10.	2,80	1,06	2,61	0,00	1,25

* (Grundwasserzuflüsse zum Modellgeb.) + (Infiltration Grabensystem) – (Exfiltration Grabensystem) – (Schöpfwerksentnahme)

Bei den Zu- und Abflüssen des Grabensystems (vgl. Tab. 5-20) zeigt sich unabhängig von der betrachteten hydrologischen Situation aufgrund der veränderten Stauhaltung ein verglichen mit der Basisvariante leicht erhöhter Zustrom aus dem Grabensystem ins Grundwasser (und entsprechend eine leichte Verringerung des Abflusses aus dem Grundwasser ins Grabensystem).

Außerdem macht sich die zugrunde gelegte veränderte Betriebsweise der Schöpfwerke bei der Änderung des Grundwasser-

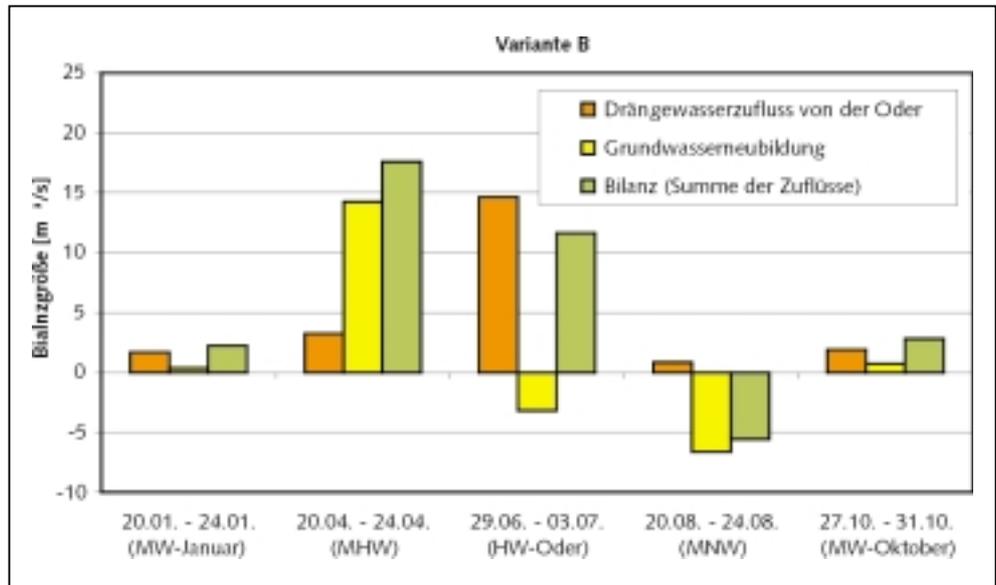


Abb. 5-24:
Grundwasserbilanz – Variante B

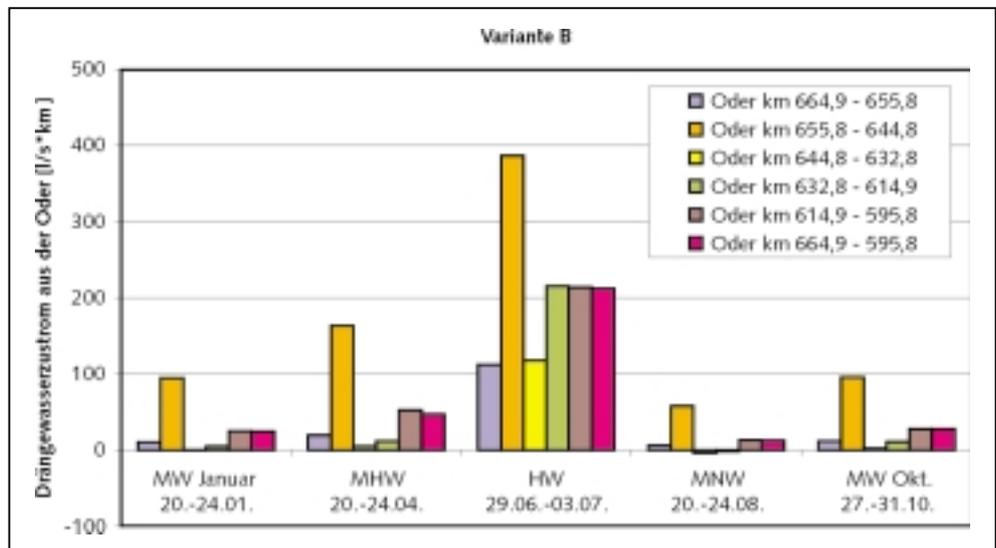


Abb. 5-25:
Drängewasserzuflüsse aus der Oder

speichers insbesondere in den MW-Situationen Januar und Oktober bemerkbar. Bei den MHW-, HW- und MNW-Zuständen ist die Änderung des Grundwasserspeichers gegenüber der Basisvariante weniger augenfällig, da hier die unverändert beibehaltene Grundwasserneubildung und der von der Größenordnung mit der Basisvariante vergleichbare Drängewasserzufluss aus der Oder die bestimmenden Faktoren sind.

5.5.4.3 Oberflächenwasserbilanz (Gesamtabfluss)

Der Gesamtabfluss (ohne Grundwasserzustrom von den Hochflächen, vgl. Kap. 5.3.4) an den in Tabelle 5-4 zusammengestellten Bilanzprofilen wurde aus dem berechneten Grundwasserzustrom/-abstrom zum/aus dem betrachteten Gewässerabschnitt, den im Grundwassermodell Oderbruch angesetzten Schöpfwerkseutnahmen im betrachteten Gewässerabschnitt und dem jeweiligen Zufluss von oberhalb liegenden Gewässerabschnitten und Überleitungen (Heber Reitwein bzw. Heber Kienitz) ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5-21 zusammengestellt.

Gegenüber der Basisvariante verringert sich der Gesamtabfluss der Wriezener Alten Oder am Bilanzprofil 40. Die Reduzierung ist jedoch nicht so stark wie bei der Variante A. Der Gesamtabfluss beträgt für den MW-Zustand am 24.01. ca. 4,5 m³/s, für den MHW-Zustand am 24.04. ca. 8,4 m³/s, für den HW-Zustand am 03.07. ca. 11,7 m³/s, für den MNW-Zustand am 24.08. ca. 4,7 m³/s und für den MW-Zustand am 31.10. ca. 2,0 m³/s.

Gegenüber der Basisvariante kommt es aufgrund erhöhter Grabenwasserstände zu einer Reduzierung des Grundwasserzustroms zu den Gräben. Da der Grundwasserspiegel lokal ansteigt, kommt es in diesen Gebieten zum Teil zu einer Infiltration aus den Gräben ins Grundwasser. Für diese Bilanzprofile werden in der Tabelle 5-21 rechnerisch negative Abflüsse ausgewiesen.

Geht man davon aus, dass der Grundwasserzustrom zum Gewässerabschnitt vom Heber bis zum nächsten Wehr, in den die Überleitungsmenge aus der Oder eingeleitet wird, für die

Bilanzprofil	Abfluss in m ³ /s				
	MW	MHW	HW	MNW	MW
	24.01.	24.04.	03.07.	24.08.	31.10.
1	0,062	0,131	0,110	0,015	-0,014
2	0,282	0,463	0,505	0,228	0,052
3	0,311	0,819	1,539	0,603	0,189
4	0,491	1,104	2,136	0,885	0,288
5	1,145	2,488	4,284	1,781	0,533
6	0,000	0,151	0,000	0,000	0,000
7	1,379	2,904	4,623	1,950	0,624
8	1,692	3,206	5,131	2,272	0,778
9	0,241	0,749	0,887	0,058	0,183
10	0,262	0,815	1,814	0,947	0,174
11	0,233	0,360	0,468	0,170	0,165
12	0,372	0,823	1,445	0,642	0,219
13	0,118	0,282	0,250	0,076	0,010
14	0,432	0,952	1,543	0,572	0,053
15	0,485	0,994	1,683	0,648	0,062
16	0,000	0,061	0,000	0,000	0,000
17	0,531	1,154	1,861	0,716	0,038
18	1,221	2,165	3,684	1,724	0,318
19	0,102	0,123	0,387	0,296	0,047
20	0,167	0,178	0,534	0,347	0,053
21	0,218	0,271	0,672	0,400	0,053
22	0,107	0,142	0,495	0,325	0,052
23	0,138	0,194	0,538	0,330	0,052
24	0,437	0,657	1,005	0,558	0,261
25	0,143	0,162	0,262	0,110	0,009
26	3,061	5,530	9,094	4,116	1,108
27	3,107	5,609	9,147	4,121	1,101
28	0,020	0,330	0,038	-0,023	-0,035
29	0,597	0,937	1,299	0,353	0,575
30	1,027	1,657	2,189	0,597	0,984
31	0,025	0,187	0,029	-0,002	-0,023
32	0,062	0,176	0,063	-0,015	-0,037
33	1,166	2,158	2,310	0,577	0,928
34	1,192	2,191	2,333	0,569	0,928
35	4,320	8,133	11,516	4,660	1,991
36	4,343	8,165	11,559	4,666	1,986
37	0,065	0,070	0,065	0,034	0,024
38	0,079	0,114	0,095	0,055	0,034
39	0,137	0,268	0,174	0,061	0,041
40	4,480	8,435	11,735	4,726	2,025

Tab. 5-21:
Gesamtabfluss – Variante B

Variante B zumindest gleich der Basisvariante sein sollte, um ein Leerlaufen des Grabens zu vermeiden, ergibt sich aus der Differenz des Grundwasserzustroms Basisvariante zur Variante B die Menge, um die die Überleitung aus der Oder erhöht werden sollte.

Diese Bilanz ergibt in der MNW-Periode Juni–August gegenüber der Basisvariante eine geringe Erhöhung der Überleitungsmengen aus der Oder. Für den Heber Reitwein wurde eine mittlere Überleitungsmenge von ca. 0,91 m³/s (+0,02 m³/s) und für den Heber Kienitz von 0,51 m³/s (+0,02 m³/s) ermittelt.

Die Gesamtabflüsse an den Bilanzprofilen sind für die einzelnen hydrologischen Zustände in den Abbildungen 5-26 und 5-27 dargestellt.

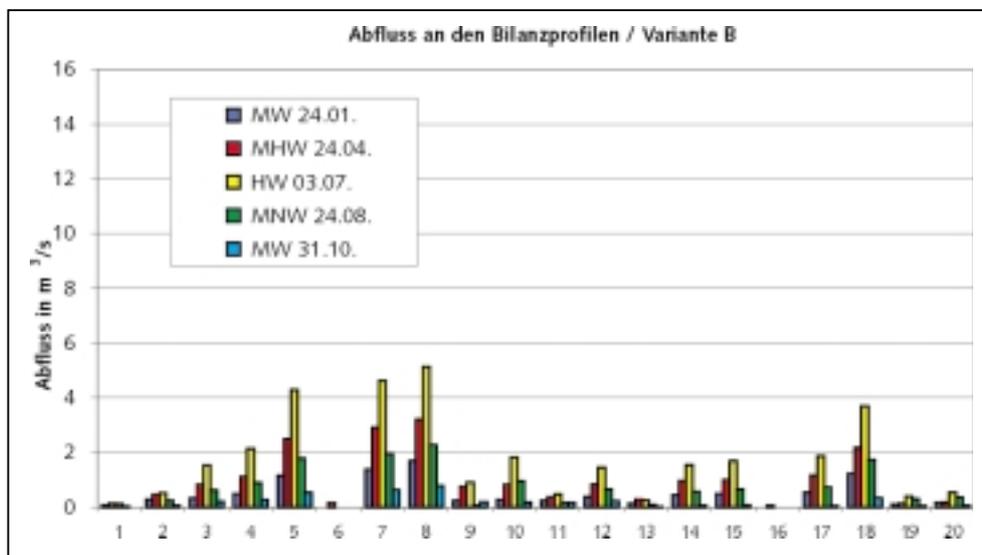


Abb. 5-26:
Gesamtabfluss Bilanzprofile 1 bis 20 – Var. B

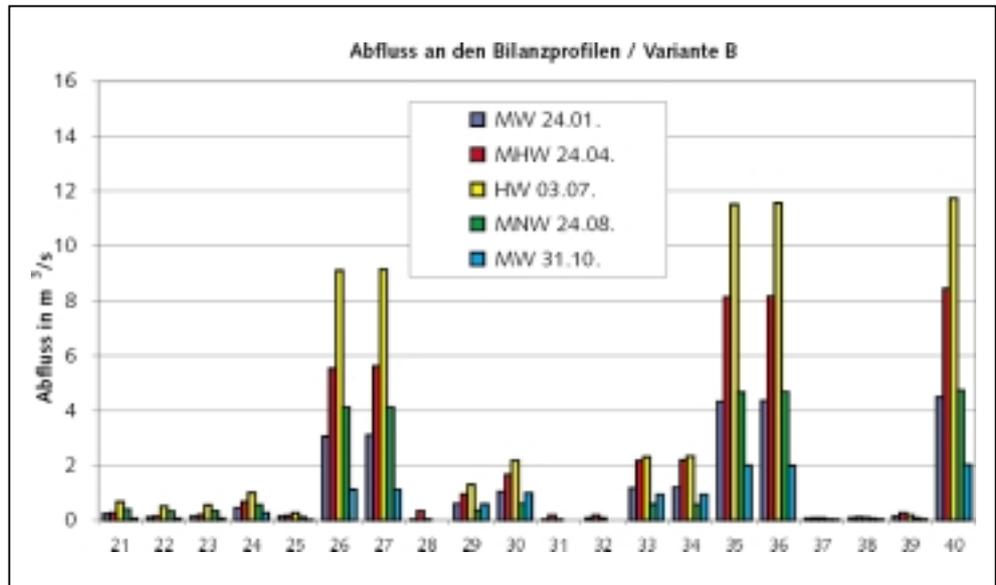


Abb. 5-27:
Gesamtabfluss Bilanzprofile 21
bis 40 – Var. B

5.6 Variante C

5.6.1 Grundwasserstände

Auf die Darstellung der Grundwasserstände entlang von Profilschnitten wird hier verzichtet.

Grundwassergleichen der betrachteten hydrologischen Zustände

Für die Auswertung wurden Differenzenpläne der Grundwasserstände zwischen Variante C und der Basisvariante für die einzelnen hydrologischen Zustände (MW-24.01., MHW-24.04., HW-03.07., MNW-24.08., MW-31.10.) erstellt.

Bei den Änderungen des Grundwasserstandes wirken sich die gegenüber Variante B in der MHW-Periode verringerten Schöpfwerksentnahmen (25 % der Basisvariante) vor allem auf den Differenzenplan für den MHW-Zustand (24.04.) aus. Speziell in den Schöpfwerkseinzugsgebieten im Norden des Oderbruchs (Gabow, Paulshof I) und im zentralen Bereich des Oderbruchs (Schöpfwerksgebiete Tergelgraben, Wensegraben) wirken sich die reduzierten Schöpfwerksentnahmen im MHW-Zustand mit einem lokalen Grundwasseranstieg um z.T. 0,5 m gegenüber dem Vergleichszustand der Basisvariante aus. In den übrigen Teilgebieten lässt sich ein mit Variante B vergleichbarer Grundwasseranstieg ausweisen. In den übrigen, mit Schöpfwerksentnahmen = 0 charakterisierten HW-, MNW- und MW (Oktober)-Zuständen nähern sich die Grundwasserhältnisse bei Variante C, von den o.g. Schöpfwerksgebieten abgesehen, den für Variante B beschriebenen Verhältnissen an. Beim MW-Zustand (24.01.) sind die Grundwasserstandsänderungen für Variante C entsprechend den identischen Anfangswasserständen mit dem MW-Zustand (24.01.) der Variante B vergleichbar.

Zeitreihen der Grundwasserstände

Die berechneten Grundwasserstände der Variante wurden analog zur Basisvariante an 195 GW-Messstellen registriert.

Beispielhaft ist in der Abbildung 5-9 (vgl. Kap. 5.3.1) der Jahresgang des GW-Standes an der Messstelle 35532632 (Deich Reit-

wein, nahe der Oder) und in der Abbildung 5-10 der Jahresgang des GW-Standes an der Messstelle 33522326 (Basta, nahe Letschiner Hauptgraben) dargestellt.

Entsprechend den mit der Variante B identischen Stauhaltungen ergeben sich für Variante C fast identische Grundwasserstände.

5.6.2 Grundwasserflurabstände bzw. Differenz Geländeoberkante/Grundwasserdruckhöhe

Die Grundwasserflurabstände im Modellgebiet wurden jeweils für die MW-Situationen Januar und Oktober (24.01. und 31.10.), für die MHW-Situation (24.04.), für die MNW-Situation (24.08.) und für die HW-Situation (03.07.) ausgewertet.

Für Variante C ergeben sich entsprechend der hier zugrunde gelegten Stauhaltung und Reduzierung der Schöpfwerksentnahmen geringere Flurabstände als für die Basisvariante.

In Tabelle 5-22 sind die Flächenanteile, bei denen die Soll-Flurabstände eingehalten werden, zusammengestellt.

Gegenüber der Basisvariante gibt es analog zur Variante A und B hauptsächlich Änderungen bei den Flächenanteilen der Ortschaften und Ackerland. Es wird deutlich, dass aufgrund der erhöhten Wasserstände in den Gewässern eine Verringerung der Flurabstände zugunsten des Ackerlandes erzielt wird. Dadurch bedingt reduziert sich der Flächenanteil der eingehaltenen Soll-Flurabstände der Ortschaften (gegenüber Basisvariante Reduzierung um ca. 10 %, entspricht der Größenordnung der Variante B). Beim Ackerland gibt es eine Änderung in der Verteilung und in der Verbreitung (Ausweitung) der Flächen der eingehaltenen Soll-Flurabstände.

Die Soll-Flurabstände für Bebauung ohne Unterkellerung (Soll-Flurabstand > 0,9 m) werden im Mittel zu etwa 81 % und für Bebauung mit Unterkellerung (Soll-Flurabstand > 1,7 m) im Mittel zu etwa 52 % eingehalten. Beim Ackerland kann eine Erhöhung der Einhaltung der Soll-Flurabstände (0,7–1,4 m) gegen-

Tab. 5-22: Einhaltung der Soll-Flurabstände – Variante C

	Flurabstand in m	MW-24.01.	MHW-24.04.	HW-03.07.	MNW-24.08.	MW-31.10.
Ortschaften *)						
Soll [km ²]	> 0,9 bzw. 1,7	46,74	46,74	46,74	46,74	46,74
Variante C [km ²]	< 0,9	8,01	14,34	10,32	5,84	5,05
Variante C [km ²]	> 0,9	38,73	32,40	36,42	41,10	41,69
Variante C [km ²]	0,9 - 1,7	14,88	12,06	13,90	14,04	12,95
Variante C [km ²]	> 1,7	23,85	20,34	22,52	27,06	28,74
Variante C [%]	< 0,9	17,14	30,68	22,09	12,07	10,81
Variante C [%]	> 0,9	82,85	69,32	77,91	87,93	89,19
Variante C [%]	0,9 - 1,7	31,84	25,80	29,73	30,03	27,71
Variante C [%]	> 1,7	51,02	43,52	48,18	57,90	61,49
Ackerland						
Soll [km ²]	0,7 - 1,4	594,22	594,22	594,22	594,22	594,22
Variante C [km ²]	< 0,7	151,29	258,94	177,80	81,58	84,09
Variante C [km ²]	0,7 - 1,4	209,92	174,71	213,62	208,91	192,48
Variante C [km ²]	> 1,4	233,01	160,57	202,80	290,73	317,65
Variante C [%]	< 0,7	25,46	43,58	29,92	15,41	14,15
Variante C [%]	0,7 - 1,4	35,33	29,40	35,95	35,16	32,39
Variante C [%]	> 1,4	39,21	27,02	34,13	49,43	53,46
Grünland						
Soll [km ²]	0,2 - 0,5	82,61	82,61	82,61	82,61	82,61
Variante C [km ²]	< 0,2	13,79	24,35	17,15	3,71	7,40
Variante C [km ²]	0,2 - 0,5	4,94	4,83	5,14	8,88	6,99
Variante C [km ²]	> 0,5	43,88	33,63	40,31	52,23	48,22
Variante C [%]	< 0,2	22,02	38,89	27,40	5,93	11,81
Variante C [%]	0,2 - 0,5	7,89	7,39	8,22	10,65	11,17
Variante C [%]	> 0,5	70,09	53,72	64,38	83,42	77,01

*) Soll-Flurabstand für Bebauung ohne Unterkellerung > 0,9 m, für Bebauung mit Unterkellerung > 1,7 m

Tab. 5-23: Grundwasserbilanz – Variante C

Zeitraum	Bilanzgröße in m ³ /s			
	Randzufluss von den Hochflächen	Drängewasserzufluss von der Oder	Grundwasserseubildung	Bilanz (Summe der Zuflüsse)
MW-Jan. 20.01.-24.01.	0,18	1,88	0,36	2,22
MHW 20.04.-24.04.	0,16	3,19	14,24	17,59
HW-Oder 29.06.-03.07.	0,18	14,65	-3,18	11,65
MNW 20.08.-24.08.	0,18	0,84	-6,63	-5,61
MW-Okt. 27.10.-31.10.	0,18	1,90	0,72	2,80

Tab. 5-24: Abschnittsweise Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder – Var. C (in m³/s)

Teilabschnitt	Oder km	Hydrologischer Zustand				
		MW Jan.	MHW	HW	MNW	MW Okt.
1	684,9 - 655,8	0,09	0,17	1,02	0,05	0,10
2	655,8 - 644,8	1,05	1,78	4,28	0,63	1,06
3	644,8 - 632,8	0,00	0,05	1,41	-0,05	0,02
4	632,8 - 614,9	0,08	0,20	3,85	-0,04	0,19
5	614,9 - 595,8	0,47	1,00	4,08	0,24	0,53
1 - 5	684,9 - 595,8	1,88	3,19	14,65	0,84	1,90

MW-Januar 20.01.–24.01.
MHW 20.04.–24.04.
HW-Oder 29.06.–03.07.
MNW 20.08.–24.08.
MW-Oktober 27.10.–31.10.

Tab. 5-25: Abschnittsweise Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder – Var. C (in l/s/km)

Teilabschnitt	Oder km	Hydrologischer Zustand				
		MW Jan.	MHW	HW	MNW	MW Okt.
1	684,9 - 655,8	10,2	19,0	111,8	5,8	11,0
2	655,8 - 644,8	94,3	160,2	386,0	57,2	95,3
3	644,8 - 632,8	-0,3	4,0	117,5	-3,9	1,99
4	632,8 - 614,9	4,2	11,1	215,2	-2,1	10,7
5	614,9 - 595,8	24,6	52,2	213,8	12,4	27,5
1 - 5	684,9 - 595,8	24,3	48,2	212,0	12,2	27,5

MW-Januar 20.01.–24.01.
MHW 20.04.–24.04.
HW-Oder 29.06.–03.07.
MNW 20.08.–24.08.
MW-Oktober 27.10.–31.10.

über der Basisvariante im Mittel um ca. 6 % auf ca. 34 % erreicht werden. Der Anteil beim Grünland ist im Mittel von ca. 9,1 % (Soll-Flurabstand 0,2–0,5 m) gegenüber der Basisvariante etwas gestiegen.

5.6.3 Analyse der gespannten/ungespannten Grundwasserverhältnisse

Analog den getroffenen Feststellungen hinsichtlich gespannter Strömungsverhältnisse der Basisvariante und der Varianten A und B wurden für die Variante C die Gebiete mit potentiell gespannten Grundwasserbedingungen dargestellt. Auch hier kann festgestellt werden, dass sich entsprechend der gegenüber der Basisvariante regional geänderten Stauhaltung eine Ausdehnung der Gebiete mit gespanntem Grundwasser ergibt.

5.6.4 Bilanzbetrachtung

5.6.4.1 Grundwasserbilanz

Die Grundwasserbilanz für Variante C geht aus Tabelle 5-23 (vgl. auch Abb. 5-28) hervor. Da bei Variante C von den gleichen Grabenwasserständen wie bei Variante B ausgegangen wird, sind die Zuflussbilanzen für beide Varianten vergleichbar. Dies gilt besonders für den Drängewasserzufluss aus der Oder. Analog zu den Varianten A und B und der Basisvariante sind für die Variante C die abschnittswise Auswertungen des Drängewasserzuflusses aus der Oder in Tabelle 5-24 und Tabelle 5-25 aufgeführt (vgl. auch Abb. 5-29). Auch hier ergeben sich mit der Variante B fast identische Werte.

Abb. 5-28:
Grundwasserbilanz – Variante C

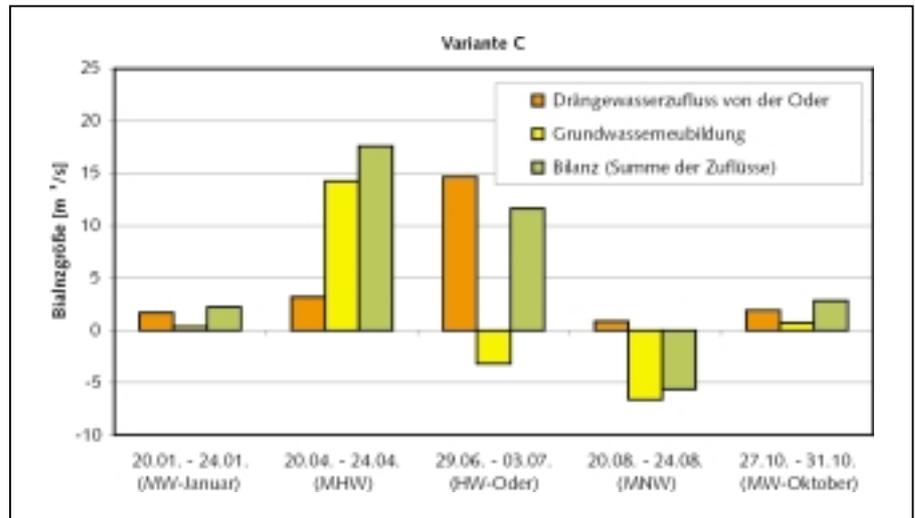
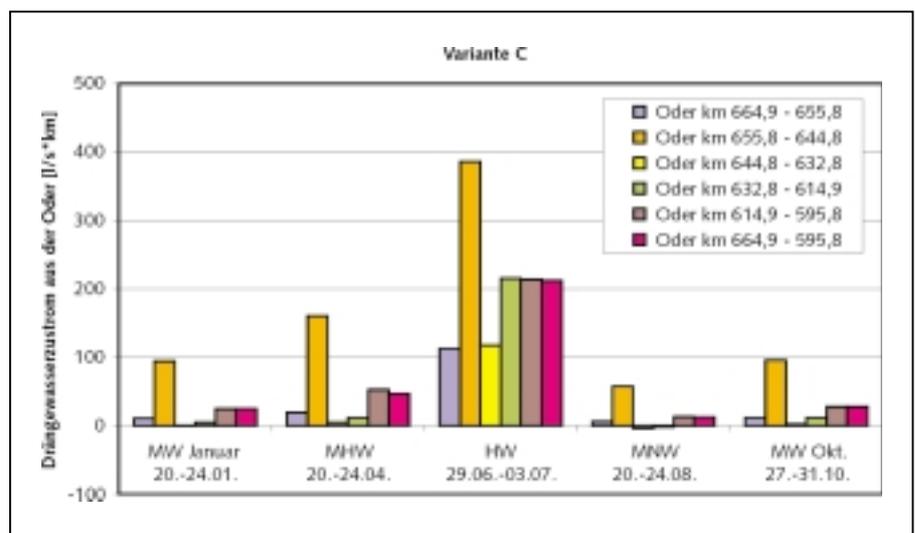


Abb. 5-29:
Drängewasserzuflüsse aus der Oder



5.6.4.2 Änderung des Grundwasserspeichers/Abfluss aus dem Grabensystem

Die Zu- und Abflussbilanzen über das Grabensystem sowie über die Schöpfwerke sind für Variante C in Tabelle 5-26 aufgeführt. Mit Ausnahme des MHW-Ereignisses ergeben sich für die ausgewerteten hydrologischen Ereignisse, bei denen für die Varianten B und C keine Schöpfwerksentnahmen angenommen wurden, vergleichbare Zuflüsse aus den Gräben ins Grundwasser und Abflüsse in die Gräben. Beim MHW-Ereignis bewirkt die Verringerung der Schöpfwerksentnahmen auf 25 % der in der Basisvariante angesetzten Fördermenge eine Verringerung des Zuflusses ins Grundwasser und geringfügige Erhöhung des Abflusses in die Gräben.

Bei der Änderung des Grundwasserspeichers werden für Varianten B und C vergleichbare Größenordnungen ausgewiesen.

Tab. 5-26: Zu- und Abflüsse Grabensystem – Variante C

Zeitraum	Bilanzgröße in m³/s				
	Zuflüsse zum Modellgebiet	Infiltration vom Grabensystem ins Grundwasser	Exfiltration vom Grundwasser ins Grabensystem	Schöpfwerksentnahmen aus dem GW	Restgröße*) = Änd. des GW-Speichers
MW-Jan. 20.01. - 24.01.	2,22	0,56	4,27	0,00	-1,49
MHW 20.04. - 24.04.	17,80	0,47	8,58	0,91	8,58
HW-Oder 29.06.-03.07.	11,85	1,67	8,45	0,00	4,87
MNW 20.08. - 24.08.	-5,61	0,85	3,81	0,00	-8,57
MW-Ok. 27.10. - 31.10.	2,80	0,85	3,03	0,00	0,62

*) (Grundwasserzuflüsse zum Modellgeb.) + (Infiltration Grabensystem) – (Exfiltration Grabensystem) – (Schöpfwerksentnahme)

5.6.4.3 Oberflächenwasserbilanz (Gesamtabfluss)

Der Gesamtabfluss (ohne Grundwasserzustrom von den Hochflächen, vgl. Kap. 5.3.4) an den in Tabelle 5-4 zusammengestellten Bilanzprofilen wurde aus dem berechneten Grundwasserzustrom/-abstrom zum/aus dem betrachteten Gewässerabschnitt, den im Grundwassermodell Oderbruch angesetzten Schöpfwerksentnahmen im betrachteten Gewässerabschnitt und dem jeweiligen Zufluss von oberhalb liegenden Gewässerabschnitten und Überleitungen (Heber Reitwein bzw. Heber Kienitz) ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5-27 zusammengestellt.

Gegenüber der Variante B ist nur eine geringe Änderung der Gesamtabflüsse an den Bilanzprofilen zu verzeichnen. Die Reduzierung der Schöpfwerksentnahmen während der MHW-Periode führt am Bilanzprofil 40 im MHW-Zustand lediglich zu einer Abflussreduzierung von ca. 0,3 m³/s auf 8,1 m³/s. In den Folgemonaten sind dann jedoch gegenüber der Variante B etwas erhöhte Abflüsse zu verzeichnen.

Analog zu den anderen Varianten kommt es lokal zu einer Infiltration aus den Gräben ins Grundwasser. Für diese Bilanzprofile werden in der Tabelle 5-27 rechnerisch negative Abflüsse ausgewiesen.

Geht man davon aus, dass der Grundwasserzustrom zum Gewässerabschnitt vom Heber bis zum nächsten Wehr, in den die Überleitungsmenge aus der Oder eingeleitet wird, für die Variante C zumindest gleich der Basisvariante sein sollte, um ein Leerlaufen des Grabens zu vermeiden, ergibt sich aus der Differenz des Grundwasserzuströms Basisvariante zur Variante C die Menge, um die die Überleitung aus der Oder erhöht werden sollte.

Diese Bilanz ergibt in der MNW-Periode Juni - August gegenüber der Basisvariante eine geringe Erhöhung der Überleitungsmengen aus der Oder in der gleichen Größenordnung wie Variante B. Für den Heber Reitwein wurde eine mittlere Überleitungsmenge von ca. 0,91 m³/s (+0,02 m³/s) und für den Heber Kienitz von 0,51 m³/s (+0,02 m³/s) ermittelt. Gegenüber der Variante B ergeben sich die gleichen Überleitungsmengen, da von den gleichen Erhöhungen der Grabenwasserstände gegenüber der Basisvariante ausgegangen wird.

Die Gesamtabflüsse an den Bilanzprofilen sind für die einzelnen hydrologischen Zustände in den Abbildung 5-30 und 5-31 dargestellt.

Tab. 5-27: Gesamtabfluss – Variante C

Bilanzprofil	Abfluss in m ³ /s				
	MW	MHW	HW	MNW	MW
	24.01.	24.04.	03.07.	24.08.	31.10.
1	0,062	0,131	0,110	0,015	-0,014
2	0,282	0,428	0,525	0,240	0,059
3	0,311	0,843	1,558	0,613	0,195
4	0,491	1,134	2,169	0,905	0,279
5	1,145	2,477	4,366	1,831	0,566
6	0,000	0,054	0,000	0,000	0,000
7	1,379	2,815	4,721	2,012	0,666
8	1,692	3,110	5,238	2,342	0,828
9	0,241	0,751	0,889	0,059	0,184
10	0,262	0,820	1,818	0,949	0,176
11	0,233	0,364	0,471	0,171	0,165
12	0,372	0,821	1,452	0,646	0,222
13	0,118	0,285	0,252	0,078	0,012
14	0,432	0,981	1,579	0,593	0,086
15	0,485	1,014	1,730	0,679	0,080
16	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000
17	0,531	1,114	1,921	0,757	0,058
18	1,221	2,083	3,776	1,785	0,352
19	0,102	0,125	0,390	0,298	0,049
20	0,167	0,183	0,540	0,351	0,056
21	0,218	0,255	0,685	0,408	0,059
22	0,107	0,143	0,496	0,326	0,052
23	0,138	0,203	0,541	0,332	0,054
24	0,437	0,667	1,016	0,563	0,265
25	0,143	0,173	0,285	0,129	0,018
26	3,061	5,364	9,315	4,267	1,199
27	3,107	5,462	9,376	4,275	1,195
28	0,020	0,175	0,075	-0,009	-0,030
29	0,597	0,985	1,326	0,359	0,574
30	1,027	1,729	2,201	0,606	0,985
31	0,025	0,093	0,068	0,019	-0,012
32	0,062	0,194	0,103	0,012	-0,020
33	1,166	2,139	2,428	0,636	0,958
34	1,192	2,192	2,457	0,630	0,960
35	4,320	7,835	11,907	4,890	2,122
36	4,343	7,876	11,954	4,898	2,119
37	0,055	0,070	0,066	0,034	0,024
38	0,079	0,095	0,099	0,057	0,035
39	0,137	0,234	0,183	0,066	0,045
40	4,480	8,113	12,130	4,964	2,163

Abb. 5-30:
Gesamtabfluss Bilanzprofile 1
bis 20 – Var. C

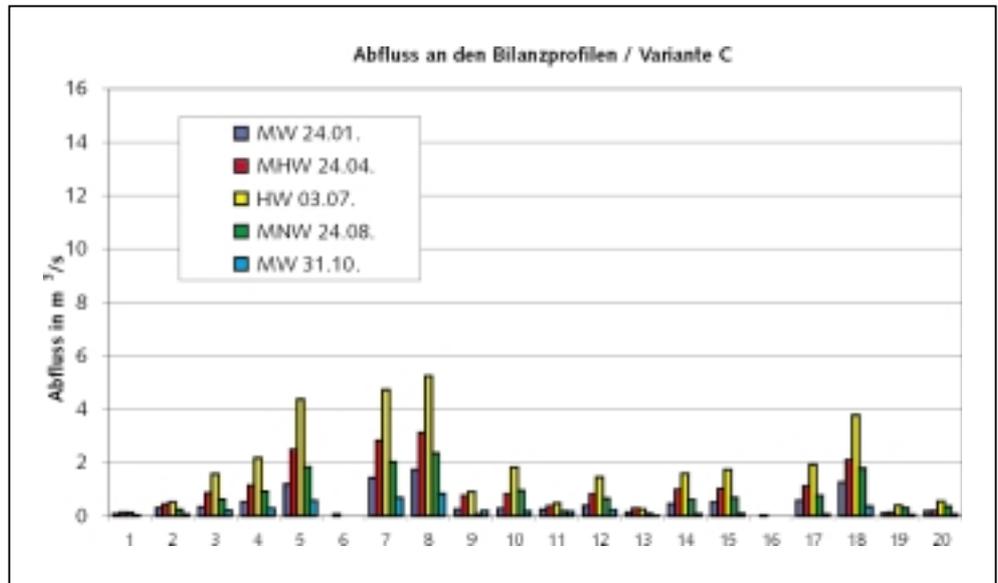
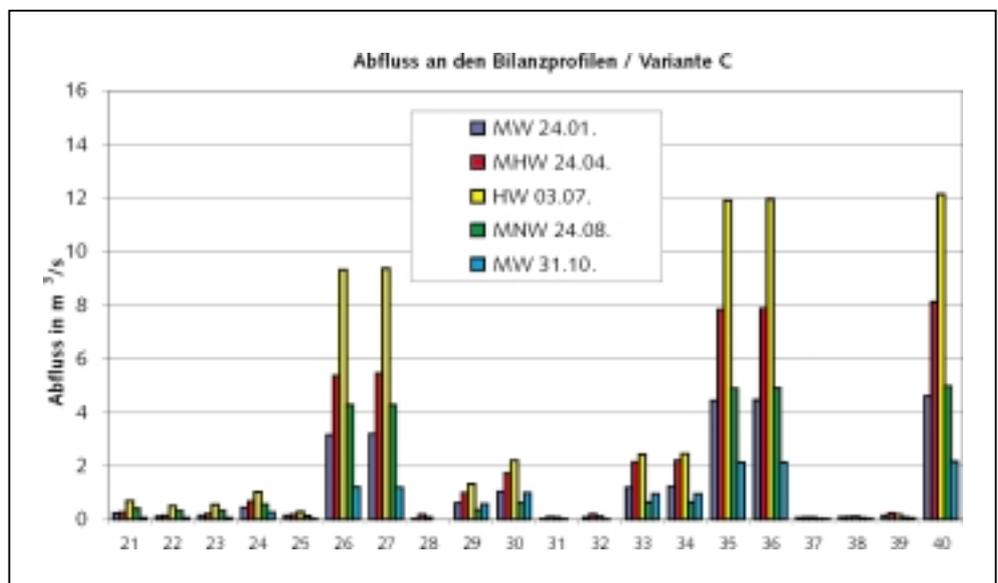


Abb. 5-31:
Gesamtabfluss Bilanzprofile 21
bis 40 – Var. C



5.7 Beurteilung der Variantenuntersuchungen für hydrologische Zustände und Schlussfolgerungen

5.7.1 Vorbemerkungen

Nachfolgend werden die in Kapitel 5.3 bis 5.6 dokumentierten Variantenrechnungen unter folgenden Aspekten näher betrachtet:

- Optimierung der Staukonzepte und des Schöpfwerksbetriebes bei Mittelwasser,
- Verbesserung des Hochwasserschutzes,
- Verbesserung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse bei Niedrigwasser.

Bei der Bewertung ist zu beachten, dass diese Analyse dem Charakter der Rahmenplanung entsprechend für das gesamte

Oderbruch erstellt wird und damit semi-qualitativen Charakter hat. Flächenscharfe Aussagen (z.B. Flurstücke) speziell in Verbindung mit Grundwasserflurabständen sind aus mehreren Gründen nicht zu treffen:

- Das den Untersuchungen zugrunde liegende digitale Geländemodell (verbessertes DGM 25) hat eine eingeschränkte Genauigkeit. Lokale Abweichungen bis zu einem Meter sind nicht auszuschließen.
- Die Vorgaben bzgl. der Soll-Grundwasserflurabstände sind unscharf, speziell bzgl. der Bebauung (vgl. Kap. 5.2).
- Im Gesamtmodell Oderbruch konnten nur maßgebliche Gewässer des umfangreichen Gewässernetzes des Oderbruchs als Randbedingung berücksichtigt werden.

- Die Randbedingungen bzgl. Vorflutern (Stau) und Schöpfwerksfördermengen für die Berechnungsvarianten wurden auf der Grundlage vorhandener Daten (Hauptwerte von Messstellen des LUA, Statistik des Schöpfwerksbetriebes) geschätzt.
- Eine gekoppelte Simulation des Oberflächen- und Grundwassersystems (wie es für das Detailmodell Gletzener Polder erfolgte, vgl. HYDROPLAN/WASY, 1999) ist für das gesamte Oderbruch aus Aufwandsgründen nicht praktikabel, außerdem sind die hierfür erforderlichen Daten (Gewässerprofile) nicht durchgängig verfügbar.

Zu möglichen und sinnvollen weiterführenden Arbeiten vgl. Kapitel 6.

5.7.2 Optimierung der Staukonzepte und des Schöpfwerksbetriebes bei Mittelwasser

Die Randbedingungen für eine Optimierung der Staukonzepte werden durch die zulässigen Grundwasserflurabstände in bebauten Gebieten einerseits und die Steuerbarkeit des Systems (bestehende Wehre/Stau und Schöpfwerke) andererseits gesetzt.

Tab. 5-28: Einhaltung der Soll-Flurabstände – MW-Zustand (24.01.)

	Flurabstand in m	Basis-Variante	Variante A	Variante B	Variante C
Ortschaften *)					
Soll [km ²]	> 0,9 bzw. 1,7	46,74	46,74	46,74	46,74
Klasse O1 [km ²]	< 0,9	4,79	11,52	8,01	8,01
Klasse O2 [km ²]	> 0,9	41,95	35,23	38,73	38,73
Klasse O3 [km ²]	0,9 - 1,7	11,93	13,88	14,88	14,88
Klasse O4 [km ²]	> 1,7	30,02	21,34	23,85	23,85
Klasse O1 [%]	< 0,9	10,24	24,84	17,14	17,14
Klasse O2 [%]	> 0,9	89,76	75,36	82,86	82,86
Klasse O3 [%]	0,9 - 1,7	25,53	29,70	31,84	31,84
Klasse O4 [%]	> 1,7	64,23	45,66	51,02	51,02
Ackerland					
Soll [km ²]	0,7 - 1,4	594,22	594,22	594,22	594,22
Klasse A1 [km ²]	< 0,7	74,79	213,87	151,29	151,29
Klasse A2 [km ²]	0,7 - 1,4	191,94	200,38	209,92	209,92
Klasse A3 [km ²]	> 1,4	327,48	179,97	233,01	233,01
Klasse A1 [%]	< 0,7	12,59	36,99	25,46	25,46
Klasse A2 [%]	0,7 - 1,4	32,30	33,72	35,33	35,33
Klasse A3 [%]	> 1,4	55,11	30,29	39,21	39,21
Grünland					
Soll [km ²]	0,2 - 0,5	62,61	62,61	62,61	62,61
Klasse G1 [km ²]	< 0,2	9,09	14,89	13,79	13,79
Klasse G2 [km ²]	0,2 - 0,5	5,92	6,19	4,94	4,94
Klasse G3 [km ²]	> 0,5	47,59	41,52	43,88	43,88
Klasse G1 [%]	< 0,2	14,53	23,78	22,02	22,02
Klasse G2 [%]	0,2 - 0,5	9,46	9,89	7,89	7,89
Klasse G3 [%]	> 0,5	76,01	66,32	70,09	70,09

*) Soll-Flurabstand für Bebauung ohne Unterkellerung > 0,9 m, für Bebauung mit Unterkellerung > 1,7 m

Generell ist auf den Konflikt zwischen Einhaltung der Flurabstände für Ortschaften (bebaute Flächen) mit einem Soll-Flurabstand > 0,9 m (ohne Unterkellerung) bzw. > 1,7 m (mit Unterkellerung) und den angrenzenden Flächen des Ackerlandes mit einem Soll-Flurabstand zwischen 0,7 und 1,4 m hinzuweisen (vgl. Karte 12). Im Oderbruch überwiegt als Flächennutzung das Ackerland mit ca. 73 % (ca. 594 km²) an der Gesamtfläche. Ortschaften mit ca. 6 % (ca. 46,7 km²) an der Gesamtfläche sind praktisch im Ackerland eingebettet.

Überlegungen zur Minimierung der Konflikte zwischen den Soll-Grundwasserflurabständen in bebauten Gebieten und den Soll-Grundwasserflurabständen für die Landwirtschaft mittels zusätzlicher technischer Eingriffe (z.B. lokale Wasserhaltungen für exponierte Bebauung) erscheinen aus heutiger Sicht unrealistisch und sind im Sinne einer nachhaltigen Wasserwirtschaft auch kontraproduktiv.

Die Einhaltung der Soll-Flurabstände ist für die betrachteten hydrologischen Zustände (MW-24.01., MHW) in den Abbildungen 5-32 und 5-33 sowie in den Tabellen 5-28 und 5-29 dargestellt.

Tab. 5-29: Einhaltung der Soll-Flurabstände – MHW-Zustand (24.04.)

	Flurabstand in m	Basis-Variante	Variante A	Variante B	Variante C
Ortschaften *)					
Soll [km ²]	> 0,9 bzw. 1,7	46,74	46,74	46,74	46,74
Klasse O1 [km ²]	< 0,9	9,08	18,03	13,61	14,34
Klasse O2 [km ²]	> 0,9	37,66	28,71	33,14	32,40
Klasse O3 [km ²]	0,9 - 1,7	12,92	9,20	11,80	12,06
Klasse O4 [km ²]	> 1,7	24,74	19,51	21,34	20,34
Klasse O1 [%]	< 0,9	19,43	38,58	29,11	30,88
Klasse O2 [%]	> 0,9	80,57	61,42	70,89	69,32
Klasse O3 [%]	0,9 - 1,7	27,65	19,89	25,25	25,80
Klasse O4 [%]	> 1,7	52,93	41,73	45,64	43,52
Ackerland					
Soll [km ²]	0,7 - 1,4	594,22	594,22	594,22	594,22
Klasse A1 [km ²]	< 0,7	157,26	309,21	234,92	258,94
Klasse A2 [km ²]	0,7 - 1,4	191,24	144,24	181,47	174,71
Klasse A3 [km ²]	> 1,4	245,72	140,77	177,63	160,57
Klasse A1 [%]	< 0,7	26,46	52,04	39,53	43,58
Klasse A2 [%]	0,7 - 1,4	32,18	24,27	30,54	29,40
Klasse A3 [%]	> 1,4	41,35	23,89	29,93	27,02
Grünland					
Soll [km ²]	0,2 - 0,5	62,61	62,61	62,61	62,61
Klasse G1 [km ²]	< 0,2	20,45	25,82	23,05	24,35
Klasse G2 [km ²]	0,2 - 0,5	4,92	6,07	5,12	4,83
Klasse G3 [km ²]	> 0,5	37,23	30,71	34,44	33,63
Klasse G1 [%]	< 0,2	32,66	41,25	36,81	38,89
Klasse G2 [%]	0,2 - 0,5	7,87	9,70	8,17	7,39
Klasse G3 [%]	> 0,5	59,47	49,05	55,02	53,72

*) Soll-Flurabstand für Bebauung ohne Unterkellerung > 0,9 m, für Bebauung mit Unterkellerung > 1,7 m

Abb. 5-32:
Einhaltung der Soll-Flurabstände/MW – 24.01.

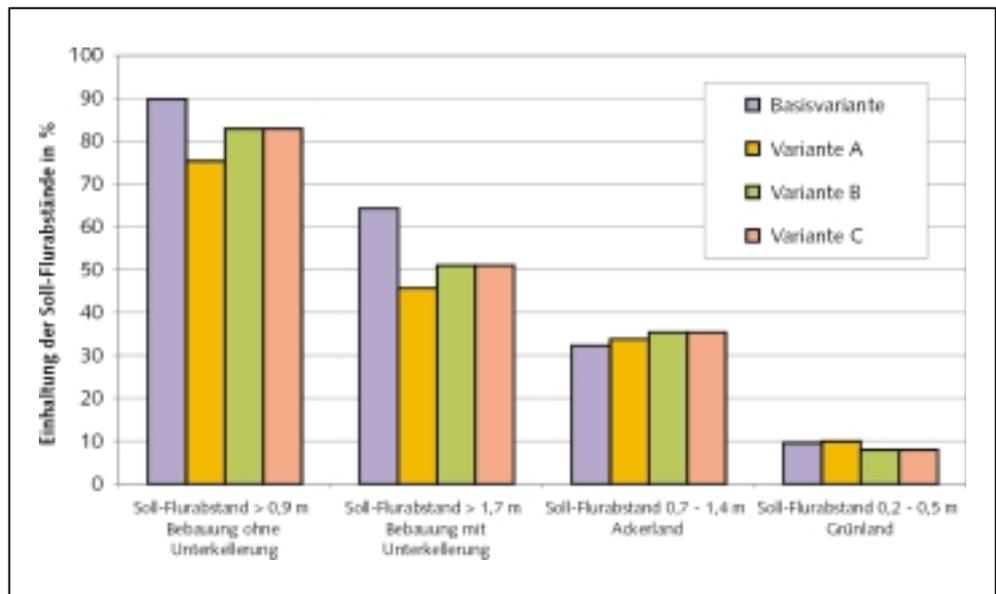
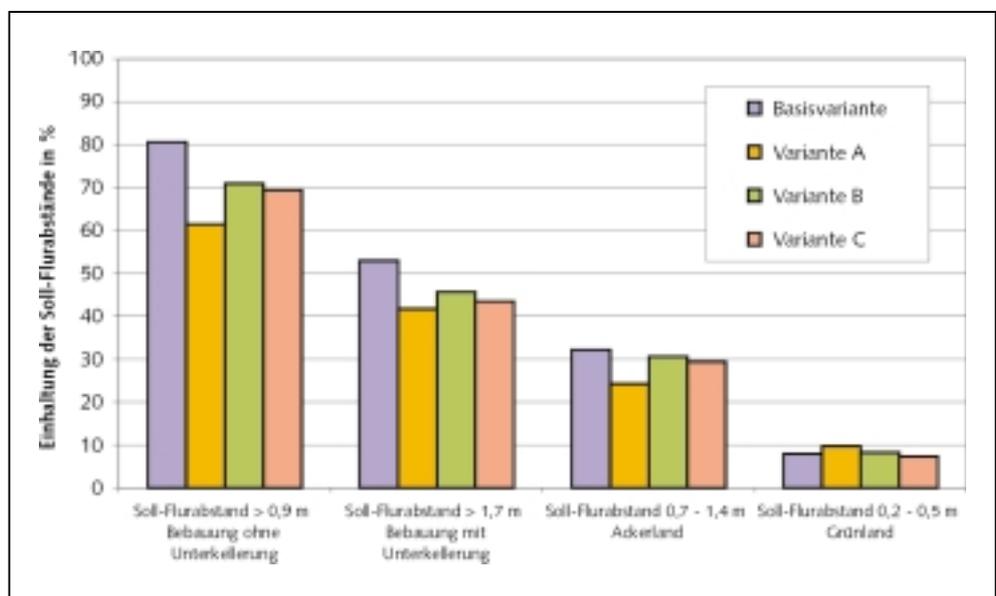


Abb. 5-33:
Einhaltung der Soll-Flurabstände/MHW – 24.04.



Für die Darstellung wurden zusätzlich Klassen eingeführt, um eine differenzierte Bewertung der Ergebnisse vornehmen zu können.

Die berechnete Basisvariante, die einem synthetischen Ist-Zustand gleichzusetzen ist, weist bei MW (24.01.) für die Bebauung ohne Unterkellerung eine ca. 90 %ige Einhaltung der Soll-Flurabstände > 0,9 m und für die Bebauung mit Unterkellerung eine ca. 66 %ige Einhaltung der Soll-Flurabstände > 1,7 m auf. Eine Anhebung der Grundwasserstände zur Erreichung der Soll-Flurabstände für das Ackerland wird daher immer mit einer Reduzierung der eingehaltenen Soll-Flurabstände für die Ortschaften (Bebauung) einhergehen. Dies wird durch die Ergebnisse der Variantenrechnungen, vergleiche Tabelle 5-28, bestätigt. Die Analyse der Einhaltung der Soll-Flurabstände in den Ortschaften für alle Varianten verdeutlicht, dass bereits bei der Basisvariante für MW-24.01. in den Ortschaften (bzw. Teilgebieten der Ortschaften) Neutrebbin, Sietzing, Ortwig, Lehmannshoefel, Buschdorf und Steintoch-Wollup Flurabstände < 0,9 m auftreten. Bei der Variante B führt die Erhöhung der Grundwasserstände zu einer Zunahme der Gebiete mit Flurabständen < 0,9 m. Dies sind die Ortschaften (bzw. Teilgebiete

der Ortschaften) Hathenow, Sachsendorf, Neurauft und Neurüdnitz.

Wie die Berechnungen zur Variante A (vgl. Kap. 5.4) zeigen, sind großräumige Grundwassererhöhungen zur Erreichung der Soll-Flurabstände für die Nutzungen Ackerland und Grünland mit den unter Variante A extremen Annahmen der Wasserstandserhöhungen in den Hauptvorflutern des Grabensystems des Oderbruchs (im Mittel um 1,5 m gegenüber der Basisvariante) prinzipiell möglich, aber unrealistisch.

Bei der Variante B (vgl. Kap. 5.5) wurden Wasserstandserhöhungen an ausgewählten Stauen (vgl. Anlagen 4, 5 und 6) im Mittel um 0,5 m und reduzierte Schöpfwerkentnahmen aus dem Grundwasser (vgl. Anlage 7) angenommen, die generell zu einer Reduzierung der Flurabstände beitragen. Beim Ereignis MW-24.01. kommt es zu einer Erhöhung der Einhaltung der Soll-Flurabstände für Ackerland von 32 % in der Basisvariante auf 35 % bei der Variante B. Da die Flurabstände insgesamt jedoch reduziert werden, erhöht sich der Anteil der Gebiete, die Flurabstände < 0,7 m aufweisen. Für das Ereignis

MW-24.01. erhöht sich für das Ackerland der Anteil von 12,6 % in der Basisvariante auf 25,5 % in der Variante B.

In den Anlagen 4, 5 und 6 sind die Wasserstandserhöhungen an den Stauen (und Wehren), wie sie bei den Variantenrechnungen angenommen wurden, zusammengestellt. Analysiert wurden auch die Gebiete, bei denen für Ackerland der berechnete Flurabstand kleiner dem Soll-Flurabstand ist. Diese Gebiete können als potentielle Flächen für eine Umwidmung von Ackerland in Grünland angesehen werden. Für die Basisvariante ist selbst beim MNW-Zustand (24.08.) der Bereich zwischen Gusower Alter Oder (bei Quappendorf) und dem Hauptgraben (zwischen Sietzing und Letschin) als Gebiet mit Flurabständen < 0,7 m zu erkennen. Bei der Variante B erstrecken sich solche Gebiete entlang der Wriezener Alten Oder (oberhalb Schiffmühle), entlang des Ziegengrabens, in den Bereichen der Schöpfwerksgebiete Paulshof I und II sowie Schöpfwerksgebiete Tergelgraben, Steintoch, Seelow II und III.

Art	Nr.	Bezeichnung	Gewässer
Wehr I. Ordnung	7	Golzow, Straßenbrücke	Schleusengraben
Wehr I. Ordnung	21	Altlangow	Schleusengraben
Wehr I. Ordnung	12	Herrnhof	Letschiner Hauptgraben
Wehr I. Ordnung	19	Bochowslos	Volzine
Wehr I. Ordnung	11	Sietzing	Letschiner Hauptgraben
Stau I. Ordnung	6	Stau Gorgast	Norkgraben
Stau I. Ordnung	1	Biberstau	Graben E
Stau I. Ordnung	3	Reitwein	Graben O
Stau II. Ordnung	27	Stau W 47	Bullergraben
Stau II. Ordnung	52	Wehr K 20	Heyengraben 2
Stau II. Ordnung	56	Stau K 22	Heyengraben 4, Zuleiter
Stau II. Ordnung	58	Stau K 26	Heyengraben 6, Zuleiter
Stau II. Ordnung	155	Stau W 36	Brauergraben
Stau II. Ordnung	206	Stau W 12	Jesargraben
Stau II. Ordnung	208	Stau W 55	Jesargraben
Stau II. Ordnung	210	Stau W 54	Jesargraben

Tab. 5-30:
Vorschlag zur Einstellung der Bewirtschaftung an Wehren und Stauen

In den Varianten A, B und C wurde modelltechnisch eine Reduzierung der Schöpfwerksentnahmen aus dem Grundwasser auf Null für die Zustände MW (und MNW) vorgenommen. Der Wert Null bedeutet nicht die totale Einstellung der Schöpfwerke, sondern lediglich, dass der Schöpfwerksbetrieb zur Aufrechterhaltung der angestrebten erhöhten Einschaltpeile eingesetzt wird. Damit wird die Ausschöpfung des Grundwasservorrats und damit ein Absinken der Grundwasserstände unterbunden. Die angestrebten Einschaltpeile ergeben sich aus den modelltechnisch angesetzten Grabenwasserständen. Die Peile sind für

Bei den Varianten B und C wurde auch der Einfluss der Einstellung der Bewirtschaftung von ausgewählten Stauen I. und II. Ordnung (und mit der Variante C eine weitere Reduzierung der Schöpfwerksentnahmen aus dem Grundwasser bei MHW) gegenüber der Basisvariante untersucht. Wie die Auswertungen der Varianten B und C (vgl. Kap. 5.5 und 5.6) zeigen, ist hier modelltechnisch eine sinnvolle Auswahl bei der Einstellung der Bewirtschaftung von Stauen zur Reduzierung der Unterhaltungsmaßnahmen sowohl beim GEDO als auch beim LUA gefunden worden. Die Einstellung der Bewirtschaftung kann an den in Tabelle 5-30 zusammengestellten Stauen (und Wehren) unter der Voraussetzung, dass die im Modell ansonsten verwandten Stau (und Wehre) funktionstüchtig sind, die Stauwirkung entsprechend den modellierten Annahmen erfolgt, nach weiterer Prüfung durch das LUA und den GEDO vorgeschlagen werden.

die Schöpfwerke II. Ordnung in Tabelle 5-31 zusammengestellt. Die in Tabelle 5-31 angegebenen Werte für den höchsten Binnenpeil (BP), tiefsten Binnenpeil und Höchststau wurden vom GEDO (1999) bereitgestellt.

Die Betriebsweise der Schöpfwerke I. Ordnung bleibt von den genannten Empfehlungen zum Betrieb der Schöpfwerke II. Ordnung unbeeinflusst, da diese in Abhängigkeit vom Wasserstand der Oder (bei Hochwasser) zur Gewährleistung der Vorflut aus dem Oderbruch betrieben werden müssen.

Tab. 5-31:
Angestrebte Einschaltpeile für
die Schöpfwerke II. Ordnung

Nr.	Schöpfwerk	Einschaltpeil	Ausschaltpeil	Höchststau	Angestrebter Einschaltpeil
		mNN	mNN	mNN	mNN
2601	Tergelgraben	4,40	3,00	5,15	Höchststau
2602	Seelow II	5,00	4,55	5,95	6,40
2603	Seelow I	4,80	4,48	6,35	Höchststau
2604	Seelow III	5,22	4,74	6,15	Höchststau
2605	Scherickengraben	3,12	2,77	4,45	Höchststau
2606	Manschnow	8,85	8,05	10,15	9,70
2607	Pommling	5,75	5,39	6,25	7,50
2608	Steintoch	5,12	4,80	5,55	6,10
2609	Wensegraben	2,39	2,09	3,35	Höchststau
2610	Neubarnim II	2,47	1,88	3,75	Höchststau
2611	Neubarnim III	3,15	2,65	4,15	4,60
2613	Sietzing	3,38	3,00	4,15	Höchststau
2616	Golzow	6,95	6,55	8,15	8,60
3601	Falkenberg	0,20	-0,30	1,35	Höchststau
3602	Frw.Güterbahnhof	1,35	0,95	1,65	Höchststau
3603	Frw.Kietz	0,30	-0,20	1,55	Höchststau
3604	Frw.Rohrstieggr.	0,68	0,38	1,35	Höchststau
3605	Gabow	0,19	-0,21	0,85	Höchststau
3606	Paulshof I	0,70	-0,53	1,65	Höchststau
3607	Paulshof II	0,65	-0,15	1,85	Höchststau
3608	Altreetz	1,43	0,83	2,80	Höchststau
3609	Zack. Loose	1,35	1,05	2,45	2,50
3610	Thöringswerder	2,20	1,50	3,25	Höchststau
3611	Bliesdorf	2,29	1,95	3,15	Höchststau
3612	Neulewin/Altewin	2,39	1,69	3,55	3,90
3613	Zollbrücke	2,00	1,00	3,10	3,20
3614	Bienenwerder	1,85	1,05	2,15	2,50
3615	Brailtz I - Rabant	0,15	-0,30	1,25	Höchststau
3616	Brailtz II				Höchststau
3617	Nasser Polder Güstebieser Loose	2,62	1,91	3,65	4,20
3618	Bochowsloos	1,73	1,43	3,15	Höchststau
3619	Bochegraben	3,17	2,67	4,15	4,00
3620	Liepe	0,75	0,29	0,75	Höchststau
3621	Hohensaaten	0,77	0,57	0,77	Höchststau

*) Einschaltpeil = höchster BP (Binnenpeil),

**) Ausschaltpeil = tiefster BP (Binnenpeil)

Höchster BP, tiefster BP und Höchststau wurden vom GEDO (1999) bereitgestellt.

5.7.3 Beseitigung bzw. Verlandung von nicht benötigten Gräben

Viele der ehemals zur Entwässerung angelegten Gräben sind heute (und waren vermutlich auch in der Vergangenheit) weitgehend funktionslos. Hierfür gibt es folgende Ursachen:

- Die (extrem geringen) Gefälleverhältnisse sowie die Bodenverhältnisse im Oderbruch bedingen, dass kein maßgeblicher Landoberflächenabfluss stattfindet.
- Die Grundwasser-Gefälleverhältnisse und die hydrogeologischen Verhältnisse (überwiegend ist eine bindige Deckschicht vorhanden, die nur von großen Gräben durchschnitten wird) bedingen auch, dass kaum eine horizontale Anströmung der Gräben stattfindet. Das bedeutet auch, dass tiefe Entwässerungen in den Gräben bestenfalls das Grundwasser absenken, zur Entwässerung der Deckschicht aber nur unbedeutend beitragen.
- Eine Entlastungswirkung des Grabensystems für das Drängewasser der Oder beschränkt sich auf den odernahen Bereich und ist auch nur für tiefe Gräben relevant.

Eine Quantifizierung dieser Aussagen setzt detaillierte Untersuchungen zur Wechselbeziehung Grabensystem – Grundwasser voraus, die nur mittels entsprechender Teilmodelle (wie für den Gletzener Polder) durchführbar sind.

5.7.4 Verbesserung des Hochwasserschutzes

Gegenstand des vorliegenden Gutachtens sind keine technischen Maßnahmen des Hochwasserschutzes (vgl. hierzu z. B. POHL u.A., 1999). Im hier dokumentierten Rahmen des Gutachtens kann und konnte nur die Verbesserung des Hochwasserschutzes aus der Sicht der Drängewasserströmung und der Grundwasserdynamik im Vordergrund stehen.

Je geringer das Potenzialgefälle zwischen der Oder und dem Oderbruch im deichnahen Bereich ist, desto geringer ist der Drängewasserstrom und desto geringer ist die Gefährdung der Deiche. Die Untersuchungen haben allerdings gezeigt, dass Änderungen der Grundwasserstände im Oderbruch in realistischen Größenordnungen (um ca. 0,5 m) den Drängewasserstrom bei MW bis MHW prozentual stärker reduzieren als bei HW. Im Hochwasserfall do-

minieren die hohen, nicht beeinflussbaren Wasserstände der Oder. Die durchgeführten Variantenrechnungen ergaben als realistische Größe eine Reduzierung des Drängewasserstroms bei Hochwasser um etwa 10 bis max. 20 %.

Beim Durchgang einer kurzzeitigen Hochwasserwelle in der Oder ist mit signifikanten Grundwasseranstiegen im odernahen Bereich von 500 m bis max. 1.000 m zu rechnen. Erst bei lang andauernden Ereignissen (die in der Regel auch mit hohen Niederschlägen im Oderbruch selbst ablaufen dürften) ist mit messbaren Auswirkungen über 1.000 m zu rechnen. Bei MHW in der Oder und gleichzeitig hohen Gebietsniederschlägen wurden Auswirkungen bis in eine Entfernung von max. 1.000 m ermittelt. Dementsprechend wird empfohlen, einen Streifen entlang der Oder von 500 bis max. 1.000 m schrittweise zu Grünland umzuwidmen.

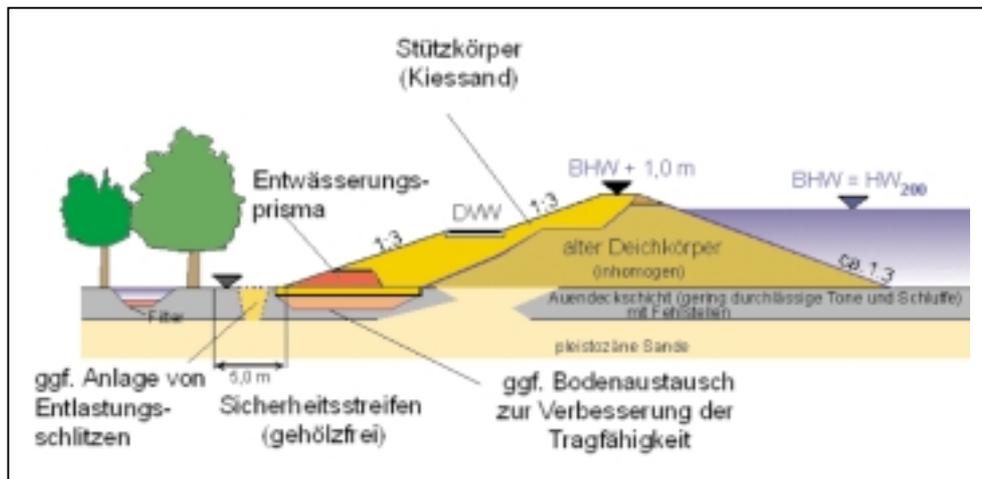
Im odernahen Bereich wurden die in Tabelle 5-32 zusammengestellten Annahmen für die Berechnungsvarianten getroffen:

Aus bodenmechanischen Gründen muss eine ausreichende Entlastung des Deichfußes gewährleistet sein. Wie neue Untersuchungen des LUA (Entwurfsplanungen zur Sanierung der Oderdeiche: LUA, 1998–2000) zeigen, erfüllen die Parallelgräben aufgrund ihrer Entfernung zum Deichfuß und teilweise ungenügender Tiefe (die Auendeckschicht wird nicht durchbrochen, vgl. Abb. 5-34) diese Aufgabe nicht. Die Potentialentlastung wird im Zuge der Deichsanierung deshalb über sogenannte Sickerschlitz

Tab. 5-32 OW-Wasserstand im odernahen Bereich

Gewässer	Wasserstand			
	Basissvariante	Var. A	Var. B	Var. C
Bulkingraben	Geschätzt anhand Hauptwerten der OW-Messstellen und TK	Basissvariante + 1,5 m	Basissvariante + 0,5 m	Basissvariante + 0,5 m
Graben E und O	Geschätzt anhand Hauptwerten der OW-Messstellen und TK	Basissvariante + 1,5 m	Ohne Stau	Ohne Stau
Parmesgraben	Geschätzt anhand Hauptwerten der OW-Messstellen und TK	Basissvariante + 1,5 m	Basissvariante + 0,5 m	Basissvariante + 0,5 m
Parallelgraben Großneuen - dort/Güsto biese	Hauptwerte OW-Messstelle	Basissvariante + 2,0 m	Basissvariante + 0,5 m	Basissvariante + 0,5 m
Laufgraben	Hauptwerte OW-Messstelle	Basissvariante	Basissvariante	Basissvariante

bzw. Entlastungsgräben realisiert. Das sind Gräben am Deichfuß, die mit durchlässigen Kiessanden ($k_f > 1 \cdot 10^{-4}$) verfüllt werden. Die Funktion der Parallelgräben (bei den sanierten Deichabschnitten) reduziert sich damit auf eine Vorflutfunktion zur Regulation/Steuerung des Wasserhaushaltes. Hohe Wasserstände in den Parallelgräben sind in jedem Fall vorteilhaft.



DW – Deichverteidigungsweg
 BHW – Bemessungshochwasser
 HW₂₀₀ – Hochwasser mit einem Widerkehrintervall von 200 Jahren

Abb. 5-34: Regelprofil der Deichsanierung der Oderdeiche – luftseitiger Ausbau

In den nachfolgenden Abbildungen 5-35 und 5-36 sind die Drängewasserströme der betrachteten Oderabschnitte für die untersuchten Varianten bei MHW und HW gegenübergestellt.

Abb. 5-35:
Vergleich der Drängewasserströme bei MHW nach Varianten

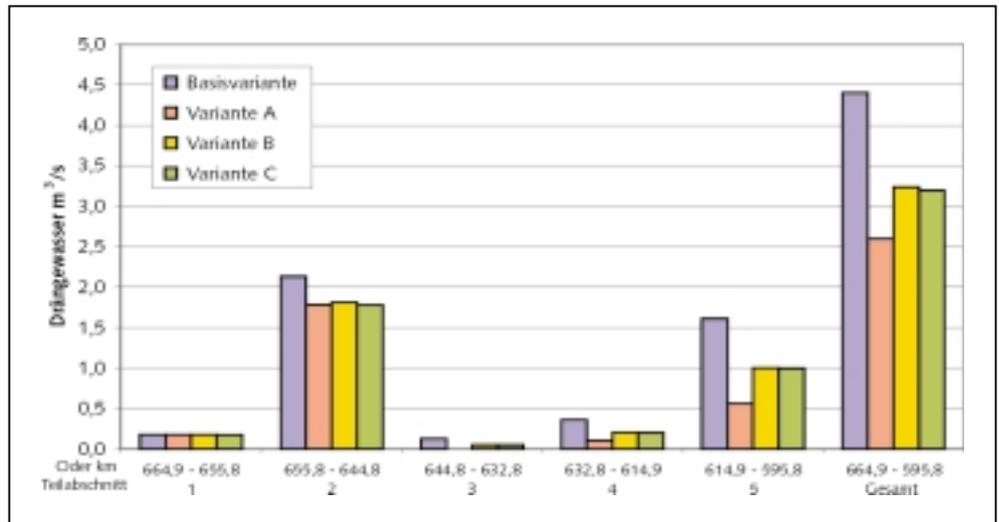
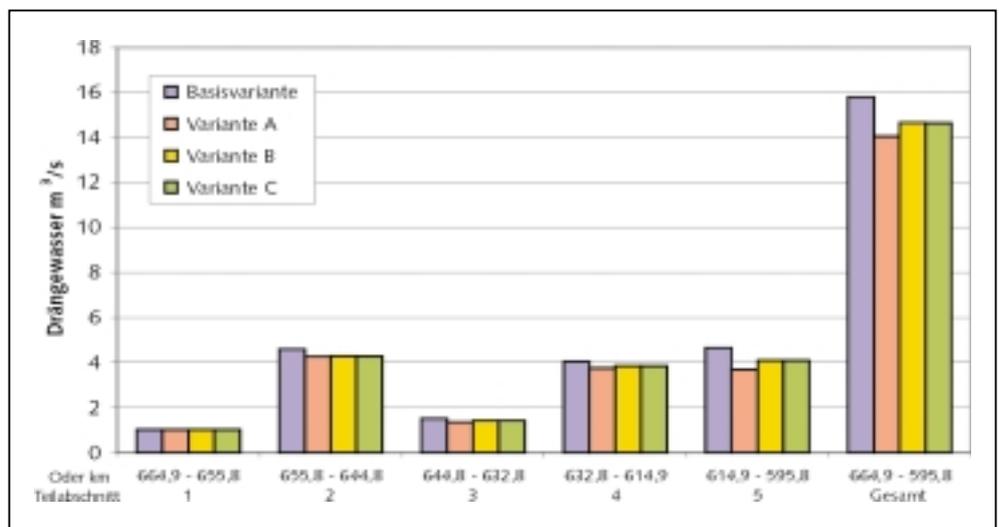


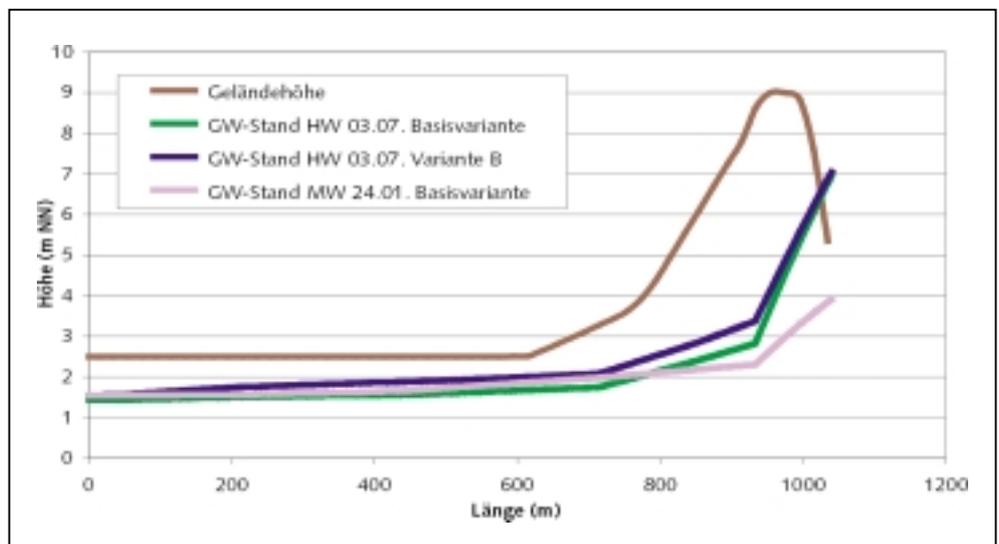
Abb. 5-36:
Vergleich der Drängewasserströme bei HW nach Varianten



In den Abbildungen 5-37 bis 5-40 sind die berechneten Grundwasserstände als Profile quer zur Oder im odernahen Bereich für den Hochwasserzustand gegenübergestellt. Zum Vergleich sind jeweils die Grundwasserstände bei Mittelwasser (24.01.) der Basisvariante dargestellt. Zur Lage der Profile vgl. Karte 11.

Der Vergleich zeigt die erwartete Reduzierung des Potentialgefälles bei der Variante B mit erhöhten Grundwasserständen im Oderbruch. Gleichzeitig wird deutlich, dass sich kurzzeitige Hochwassereignisse von der Oder nur bis zu einer Tiefe von 500 m in den Grundwasserständen im Oderbruch signifikant bemerkbar machen. Bei lang andauernden extremen Hochwassern (wie 1997) ist der Einflussbereich allerdings größer.

Abb. 5-37:
Vergleich der odernahen Grundwasserstände bei Hochwasser nach Varianten, Profil 2



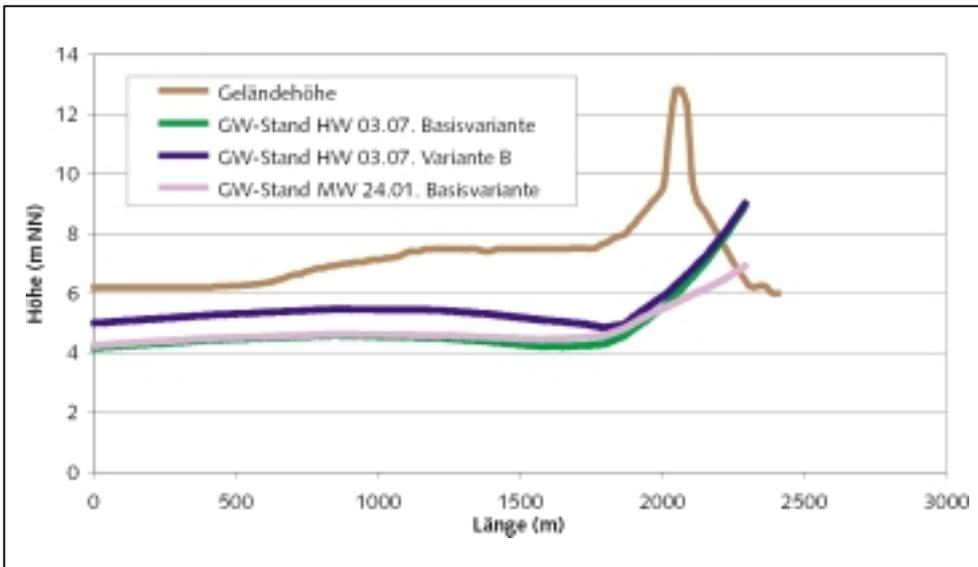


Abb. 5-38:
Vergleich der odernahen Grundwasserstände bei Hochwasser nach Varianten, Profil 3

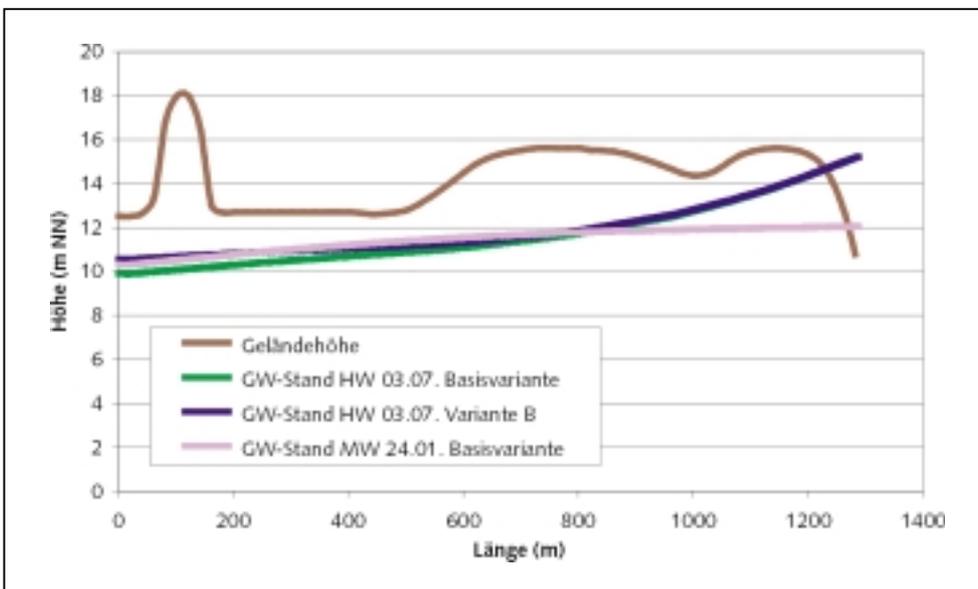


Abb. 5-39:
Vergleich der odernahen Grundwasserstände bei Hochwasser nach Varianten, Profil 4

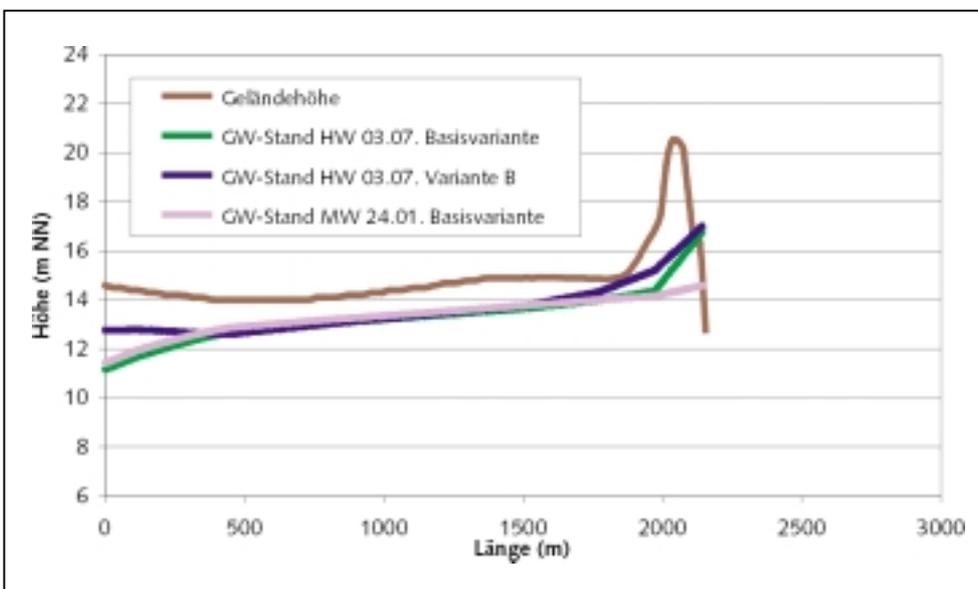


Abb. 5-40:
Vergleich der odernahen Grundwasserstände bei Hochwasser nach Varianten, Profil 5

5.7.5 Verbesserung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse bei Niedrigwasser, Heberanlagen

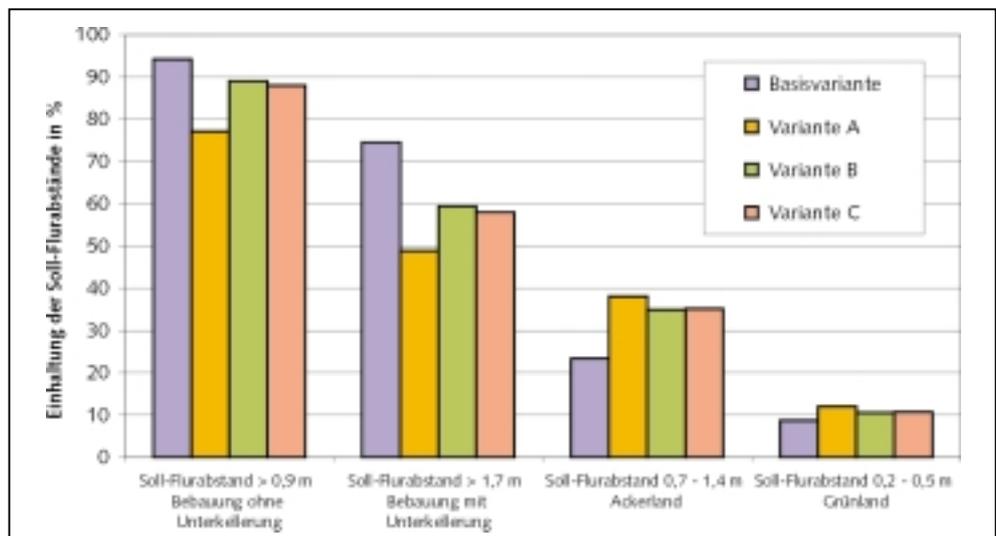
Wie die Variantenuntersuchungen und die Ergebnisse der Tabelle 5-33 und Abbildung 5-41 zeigen (vgl. auch Kap. 5.3 und 5.4), ist durch realistische Erhöhungen der Wasserstände im Grabensystem und die Reduzierung der Schöpfwerksentnahmen aus dem Grundwasser eine Anhebung der Grundwasserstände für den betrachteten MNW-Zustand zu erreichen.

Tab. 5-33: Einhaltung der Soll-Flurabstände – MNW-Zustand (24.08.)

	Flurabstand in m	Basis-Variante	Variante A	Variante B	Variante C
Ortschaften *)					
Soll [km ²]	> 0,9 bzw. 1,7	46,74	46,74	46,74	46,74
Klasse O1 [km ²]	< 0,9	2,72	10,67	5,15	5,64
Klasse O2 [km ²]	> 0,9	44,02	36,07	41,59	41,10
Klasse O3 [km ²]	0,9 - 1,7	9,18	13,23	13,82	14,04
Klasse O4 [km ²]	> 1,7	34,84	22,84	27,77	27,06
Klasse O1 [%]	< 0,9	5,82	22,83	11,03	12,07
Klasse O2 [%]	> 0,9	94,18	77,17	88,97	87,93
Klasse O3 [%]	0,9 - 1,7	19,85	28,30	29,57	30,03
Klasse O4 [%]	> 1,7	74,54	48,67	58,40	57,90
Ackerland					
Soll [km ²]	0,7 - 1,4	594,22	594,22	594,22	594,22
Klasse A1 [km ²]	< 0,7	33,62	162,13	75,52	81,58
Klasse A2 [km ²]	0,7 - 1,4	138,81	226,05	207,41	208,91
Klasse A3 [km ²]	> 1,4	421,78	206,04	311,28	293,73
Klasse A1 [%]	< 0,7	5,66	27,28	12,71	15,41
Klasse A2 [%]	0,7 - 1,4	23,36	38,04	34,91	35,16
Klasse A3 [%]	> 1,4	70,98	34,67	52,39	49,43
Grünland					
Soll [km ²]	0,2 - 0,5	62,61	62,61	62,61	62,61
Klasse G1 [km ²]	< 0,2	2,24	4,53	3,03	3,71
Klasse G2 [km ²]	0,2 - 0,5	5,43	7,51	6,58	6,86
Klasse G3 [km ²]	> 0,5	54,94	50,57	53,00	52,23
Klasse G1 [%]	< 0,2	3,57	7,23	4,84	5,93
Klasse G2 [%]	0,2 - 0,5	8,68	12,00	10,50	10,65
Klasse G3 [%]	> 0,5	87,75	80,78	84,65	83,42

*) Soll-Flurabstand für Bebauung ohne Unterkellerung > 0,9 m, für Bebauung mit Unterkellerung > 1,7 m

Abb. 5-41: Einhaltung der Soll-Flurabstände/MNW – 24.08.



Die Untersuchungen zur Variante C zeigen, dass es durch Reduzierung der Schöpfwerksförderungen aus dem Grundwasser in der üblicherweise im Oderbruch auftretenden Hochwasserperiode im Winter/Frühjahr lokal zu einer Verzögerung der Grundwasserzehrung in der anschließenden Niedrigwasserperiode kommt.

Von besonderem Interesse sind bei Niedrigwasser die Heber Reitwein und Kienitz. Die Modellrechnungen haben gezeigt, dass ein Verzicht auf die Heberanlagen zu einem weiteren Absinken der Grundwasserstände in den bevorteilten Gebieten führen würde und die entsprechenden Vorfluter zeitweise abflusslos würden. Die Ergebnisse machen auch deutlich, dass eine Anhebung der Wasserstände an den Stauen entlang der Manschnower Alten Oder und des Jesargrabens/Kruschkengrabens, wie sie in den Varianten A, B und C untersucht wurde, sogar eine geringfügige Erhöhung der Heberüberleitungsmengen gegenüber der Basisvariante notwendig machen kann. Dies liegt darin begründet, dass die höheren Stau zu verstärkter Infiltration ins Grundwasser führen. Die Überleitungsmengen sind für alle Varianten in Tabelle 5-34 zusammengestellt.

Tab. 5-34: Überleitungsmengen der Heber Reitwein und Kienitz

	Überleitungsmenge	
	Heber Reitwein	Heber Kienitz
Basisvariante	0,89 m ³ /s	0,49 m ³ /s
Variante A	0,95 m ³ /s	0,65 m ³ /s
Variante B	0,91 m ³ /s	0,51 m ³ /s
Variante C	0,91 m ³ /s	0,51 m ³ /s

Für die weitere Bewirtschaftung der Heber Reitwein und Kienitz wird die Beibehaltung der Steuerung der Überleitungsmengen aus der Oder anhand der Wasserstände an den Pegeln Richtgraben (Wehr Manschnow OP) und Kruschkengraben (Venturi)/Volzine (Straßenbrücke Altlewin) empfohlen. Sofern an diesen Pegeln erhöhte Wasserstände an den Stauen zur lokalen Erhöhung der Grundwasserstände in diesen Gebieten gewünscht werden, sollten die Einschaltpegel für die Heber ebenfalls um diesen Betrag erhöht werden. Zusammengefasst wird empfohlen, die Heberanlagen im Interesse einer Stabilisierung des anthropogen beeinflussten Wasserhaushalts im Oderbruch für Niedrigwasserperioden zu erhalten und zu betreiben.

5.8 Untersuchungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit der Vorfluter als Planungsgrundlage für Unterhaltungsmaßnahmen

Die Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit von Vorflutern setzt die Kenntnis der Gewässergeometrie (Quer- und Längsprofile), der Gefälleverhältnisse und der Rauigkeit der Gewässersohle voraus. Um die Notwendigkeit von Unterhaltungsmaßnahmen zu analysieren, werden gleichzeitig Bemessungsabflüsse für die Vorfluter benötigt.

Beim LUA liegen Unterlagen mit Aufnahmen von Querprofilen für Schleusengraben, Quappendorfer Kanal, Friedländer Strom, Manschnower Alte Oder, Schmalter Strom, Volzine, Wriezener Alte Oder, Freienwalder Landgraben und Alte Oder vor. Für die Untersuchungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit wurden aus diesen Unterlagen, sofern mehrere Profile pro Gewässer verfügbar waren, Querprofile für kritische Profile und oberhalb von Mündungen ausgewählt. Diese Querprofile wurden in die Festlegung der Bilanzprofile einbezogen.

Für 14 von den insgesamt 40 ausgewählten Bilanzprofilen (vgl. Kap. 5.3.3) konnten Querprofile recherchiert werden (LUA Bad Freienwalde, 1999). Die Querprofile sind in Tabelle 5-35 zusammengestellt. Die Lage ist Karte 11 zu entnehmen.

Bilanzprofil	Gewässername	Stationierung [km]	Gefälle [-]	Unterhaltungszustand Sohle
4	Schleusengraben	0,000	0,00044	mit und ohne Schlamm
7	Gusower Alte Oder	4,095	0,00020	mit Schlamm
8	Friedländer Strom	0,020	0,00200	mit Schlamm
9	Bullergraben	8,651	0,00004	mit und ohne Schlamm
12	Schmalter Strom	0,000	0,00023	mit und ohne Schlamm
18	Volzine	21,450	0,00001	mit und ohne Schlamm
22	Kruschkegraben	6,300	0,00001	mit Schlamm
26	Wriezener Alte Oder	23,612	0,00005	mit und ohne Schlamm
33	Mucker	4,234	0,00001	mit und ohne Schlamm
34	Stille Oder	12,054	0,00001	mit Schlamm
35	Wriezener Alte Oder	10,584	0,00001	mit Schlamm
38	Freienw. Landgr.	6,500	0,00002	mit und ohne Schlamm
39	Freienwalder Landgraben	0,033	0,00001	mit und ohne Schlamm
40	Wriezener Alte Oder	5,038	0,00001	mit Schlamm

Tab. 5-35
Querprofile

Die hydraulische Leistungsfähigkeit wurde für den bordvollen Zustand des jeweiligen Profils berechnet. Als Rauigkeit wurde ein Wert von $35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (sehr rau) nach MANNING/STRICKLER angesetzt, was einer leichten Verkräutung von Erdkanälen entspricht BOLLRICH/PREISLER (1992). Das Gefälle wurde anhand weiterer Querprofile des jeweiligen Gewässers bestimmt. Die geringen Gefällewerte spiegeln eher eine Mittelwassersituation wider. Für die Betrachtungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit, welche theoretisch einer HW-Situation gleicht, wären auch höhere Gefällewerte möglich. Die ermittelten Gefällewerte und die Rauigkeitswerte entsprechen bei der Berechnung der hydraulischen Leistungsfähigkeit hier aber einer worst-case Betrachtung und wurden daher verwendet.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Anlage 8 für alle Modellvarianten zusammengestellt. Generell ist zu beachten, dass Maßnahmen zur Erhöhung der Grundwasserstände (Varianten A bis C) zur Reduzierung der Abflüsse an den Gewässerprofilen und damit zur Reduzierung der Anforderungen an die

Mit den dokumentierten Modellrechnungen wurden die Abflüsse an allen ausgewählten Bilanzprofilen für die hydrologischen Verhältnisse des synthetischen Jahres ermittelt. Als maßgeblich im Sinne der vorliegenden Analyse gilt das Hochwasserereignis (Stichtag 03.07.). Eine Analyse der Jährlichkeit für die betrachteten Gewässerprofile ist im Rahmen des vorliegenden Gutachtens nicht möglich. Insbesondere sind hier auch keine unter Umständen lokal maßgeblichen Starkregenereignisse mit ausgeprägten Direktabflüssen (z. B. am Hochflächenrand) zu berücksichtigen.

Durch Vergleich der berechneten hydraulischen Leistungsfähigkeit mit dem berechneten Hochwasserabfluss nach Varianten kann die Notwendigkeit von Unterhaltungsmaßnahmen qualitativ bewertet werden.

Die verfügbaren Querprofile wurden für die Berechnungen der hydraulischen Leistungsfähigkeit mit dem Programm JABRON (vgl. HYDROPLAN/WASY, 1999) aufbereitet. Die einzelnen Querprofile sind in Tabelle 5-35 zusammengestellt. Entsprechend den vorhandenen Unterlagen liegen 14 Querprofile ohne Verschlämmung der Sohle und von diesen zusätzlich 8 Querprofile mit Verschlämmung der Sohle vor.

hydraulische Leistungsfähigkeit führen. Allerdings sind die Veränderungen nicht in Größenordnungen zu erwarten. In Anlage 8 sind die Angaben zur hydraulischen Leistungsfähigkeit und die berechneten, maximalen Abflüsse (HW-Situation, Stichtag 03.07.) für die einzelnen Varianten zusammengestellt.

Wie Anlage 8 zeigt, reicht die hydraulische Leistungsfähigkeit des Ist-Gewässerzustandes aus, um den Abfluss für alle berechneten Varianten und hydrologischen Situationen abzuführen. Dabei fällt bei den meisten Bilanzprofilen auf, dass die hydraulische Leistungsfähigkeit erheblich größer als die berechneten Abflüsse ist (in der Tabelle grün gekennzeichnet). Nachfolgende Ausnahmen wurden ermittelt:

Bullergraben (Bilanzprofil 9)

Die hydraulische Leistungsfähigkeit am Bilanzprofil 9 liegt im Ist-Zustand (mit Verschlämmung) relativ gering über den berechneten HW-Abflüssen. Eine Entschlammung in diesem Bereich zeigt

eine Erhöhung der hydraulischen Leistungsfähigkeit um $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $2,35 \text{ m}^3/\text{s}$ (vgl. Anlage 8). Unterhaltungsmaßnahmen (Entschlammung) sollten daher im Oberlauf des Bullergrabens (Bereich des Bilanzprofils 9) durchgeführt werden.

Volzine (Bilanzprofil 18)

Am Bilanzprofil 18 (Volzine) kann durch eine Entschlammung der Sohle nur eine geringe Erhöhung der hydraulischen Leistungsfähigkeit (um ca. $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$, vgl. Anlage 8) erreicht werden. Kritische Situationen wurden in diesem Bereich jedoch noch nicht beobachtet. Daher wird vermutet, dass hier ein höheres Gefälle in der Natur im Vergleich zu den Modellannahmen gegeben ist.

Mucker (Bilanzprofil 33)

Für den Mucker am Bilanzprofil 33 reicht die hydraulische Leistungsfähigkeit im Ist-Zustand (mit erheblicher Verschlammung) aus, die berechneten Hochwasserabflüsse abzuführen. Durch die Entschlammung der Sohle könnte jedoch eine Erhöhung der hydraulischen Leistungsfähigkeit um ca. $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ auf ca. $6,24 \text{ m}^3/\text{s}$ gegenüber dem Zustand mit Verschlammung (Ist-Gewässerzustand) erreicht werden. Die Notwendigkeit dieser Maßnahme ist in Abhängigkeit der Nutzungen und möglicher lokaler Gefährdungen zu prüfen.

Zusammengefasst ergeben sich folgende Schlussfolgerungen und Empfehlungen:

- Jede Maßnahme zur Erhöhung der Grundwasserflurabstände trägt zur Reduzierung der Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Vorfluter bei. Umgekehrt führt die Verringerung der hydraulischen Leistungsfähigkeit (Verschlammung) der Vorfluter zum Anstieg der Wasserstände (und Verringerung der Grundwasserflurabstände).
- Aus dem vorgenannten Grund wird empfohlen, in erheblich überdimensionierten Gewässerabschnitten (s. oben) auf jegliche Unterhaltungsmaßnahmen mit Ausnahme der Entkrautung zu verzichten (sofern nicht aus anderen Gründen gefordert).
- Für drei Gewässerabschnitte (Volzine, Bullergraben und Mucker) liegt die hydraulische Leistungsfähigkeit nur gering über den berechneten HW-Abflüssen. Hier ist in Abhängigkeit der konkreten Randbedingungen (mit den umfassenden regionalen Erfahrungen der zuständigen Mitarbeiter des Auftraggebers) über die Notwendigkeit von Maßnahmen zu entscheiden. Die Entkrautung dieser Gewässerabschnitte ist von besonderer Bedeutung.
- Auf der Basis des verfügbaren Datenmaterials (Querprofile) können die vorliegenden Untersuchungen aber nur Anregungen sein. Eine Bewertung aller maßgeblichen Gewässer im Längsschnitt setzt vollständige Längs- und Querprofile voraus.
- Für die Gewässer I. Ordnung wird empfohlen, die Bewertung der hydraulischen Leistungsfähigkeit durchgängig zu bearbeiten.
- Für die Ermittlung der Bemessungsabflüsse sollte eine Methodik erarbeitet werden, die die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen (synthetische Ereignisse) zu Abflüssen definierter Jährlichkeit in Bezug setzt und damit die Möglichkeit schafft, den Bemessungsabfluss im Längsschnitt des Gewässers zu bestimmen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem Projekt wurden umfangreiche Datengrundlagen für die Wasserbewirtschaftung im Oderbruch recherchiert und GIS-gestützt aufgearbeitet. Das entwickelte instationäre 3D-Grundwassermodell des gesamten Oderbruchs bietet die Basis fundierter Wirkungsanalysen.

Die Untersuchungen haben die Komplexität und Dynamik der maßgeblichen hydrologischen Prozesse im Oderbruch gezeigt und quantifiziert. Auf der einen Seite stehen der in Abhängigkeit vom Oderwasserstand und Grundwasserstand im Oderbruch stark schwankende Drängewasserstrom und die von den meteorologischen Verhältnissen abhängende Grundwasserneubildung, auf der anderen Seite der träge reagierende Grundwasserspeicher des Gesamtgebietes (einer mittleren Grundwasserstandsänderung von 20 cm im Oderbruch entsprechen ca. 25 Mio. m³ oder ein Abfluss von 5 m³/s über 2 Monate!)

Das entwickelte Grundwassermodell Oderbruch ist eine wertvolle Grundlage für die wasserwirtschaftliche Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung. Die durchgeführten Variantenuntersuchungen haben erste Entscheidungsvorschläge für die Vertiefung der Rahmenplanung und für das Stau- und Bewirtschaftungskonzept im Oderbruch ergeben. Weiterführende Modelluntersuchungen werden als sinnvoll und notwendig erachtet.

Deutlich geworden ist, dass in weiten Teilen des Oderbruchs aus der Sicht der Landwirtschaft zu tiefe Grundwasserstände zu verzeichnen sind. Signifikante diesbezüglichen Verbesserungen sind Grenzen durch die Bebauung gesetzt. Dementsprechend wird bei der Diskussion der entwickelten Konzepte der Konflikt zwischen landwirtschaftlichen Nutzungsansprüchen und denen in bebauten Gebieten im Vordergrund stehen.

Um diese Konflikte noch besser zu quantifizieren, ist ein hochgenaues digitales Geländemodell erforderlich, wie es zur Zeit in Folge des Sommerhochwassers 1997 in Arbeit ist. Erst auf dieser Grundlage können, ausgehend von Soll-Grundwasserflurabständen, die Ziel-Grundwasserstände als Planungsgrundlage präzise ermittelt werden. Dies ist speziell bei Bebauung entscheidend, da dort Abweichungen direkte Auswirkungen an Gebäuden haben können - im Gegensatz zur Landwirtschaft, deren Flächennutzung Abweichungen von den Sollgrößen eher tolerieren kann.

Die durchgeführten Arbeiten für das gesamte Oderbruch mit mehr als 800 km² haben die Abstraktion des Gewässernetzes im Gesamtmodell erforderlich gemacht. Für detailliertere Analysen sind Detailuntersuchungen einzelner Schöpfwerksgebiete erforderlich, bei gekoppelter Simulation von Oberflächen- und Grundwasser. Die Eignung entsprechender Modelle wurde am Beispiel eines Detailmodells im Glietzer Polder nachgewiesen (vgl. hierzu HYDROPLAN/WASY, 1999).

Aus wissenschaftlicher Sicht sollte das komplizierte Wechselspiel von ungesättigter und gesättigter Grundwasserströmung im System Gräben/Dränungen – Grundwasserstauer (Deckschicht) Grundwasserleiter vertiefend analysiert werden. Die jetzt auch dreidimensional möglichen Untersuchungen (mit dem Modellsystem FEFLOW) könnten dazu beitragen, die Wirkung

von Entwässerungssystemen in der bindigen Deckschicht zu quantifizieren - bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Aspekten des Hochwasserschutzes im deichnahen Bereich. Die Bedeutung entsprechender Untersuchungen wird durch die Tatsache unterstrichen, dass es in weiten Teilen des Oderbruchs bereits zum Abreißen des Grundwasserspiegels unter die bindige Deckschicht gekommen ist. Auf damit verbundene Probleme aus der Sicht der Grundwassergüte haben QUAST u.A. (1999) hingewiesen.

Autoren

*Dr.-Ing. habil. Stefan Kaden
Dipl.-Hydr. Katerina Fröhlich
WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und
Systemforschung mbH
12526 Berlin
Waltersdorfer Straße 105*

*Dipl.-Ing. (FH) Herbert Büttner
Dipl.-Ing. Eberhard Schmidt
LUA, Abteilung Gewässerschutz und Wasserwirtschaft
Referat Wasserwirtschaft Ost - Frankfurt (Oder)*

*Dr.-Ing. Frank Krüger
LUA, Abteilung Gewässerschutz und Wasserwirtschaft
Referat Grundlagen Gewässerunterhaltung, Wasserbau,
Hochwasserschutz*

Anlagen- und Kartenverzeichnis

Anlagen

- Anlage 1: Gewässer zur Sicherung der Vorflut
- Anlage 2: Klassifizierung der Gewässer des Oderbruchs nach ihrer ökologischen Funktion
- Anlage 3: Fördermengen der Schöpfwerke für das Abflussjahr 1994
- Anlage 4: Ausgewählte Oberflächenwasserpegel – Wasserstände: A) und B)
- Anlage 5: Ausgewählte Stau I. Ordnung für die Modellierung entsprechend Kapitel 5 – Wasserstände
- Anlage 6: Ausgewählte Stau II. Ordnung für die Modellierung entsprechend Kapitel 5 – Wasserstände
- Anlage 7: Schöpfwerke – Schätzwerte der Fördermengen für MNW, MW und MHW
- Anlage 8: Hydraulische Leistungsfähigkeit und Abfluss der HW-Situation (03.07.) für den Ist-Gewässerzustand und den Zustand nach Entschlammung der Sohle

Karten

- Karte 1-1: Übersichtskarte – Planungsgebiet Rahmenplan – Nördlicher Teil
- Karte 1-2: Übersichtskarte – Planungsgebiet Rahmenplan – Südlicher Teil
- Karte 2: Grundwasserflurabstände landwirtschaftlicher Vorranggebiete (MW – 01.07.1989)
- Karte 3: Grundwasserflurabstand MW (01.07.1989)
- Karte 4: Mittlere Grundwasserneubildung 1976–1997
- Karte 5: FEFLOW-Modellnetz
- Karte 6: Höhenmodell Stauoberkante und Mächtigkeit Hauptgrundwasserleiter
- Karte 7: Mächtigkeit und Verteilung der Deckschicht im Grundwassermodell
- Karte 8: Modellgebiet – Gesamtmodell
- Karte 9: Grundwassergleichen- und Differenzenplan stationäre Eichung 1994
- Karte 10: Kalibrierte kf-Wert-Verteilung im Hauptgrundwasserleiter
- Karte 11: Übersicht Stau- und Bewirtschaftungskonzept Oderbruch
- Karte 12: Soll-Flurabstände
- Karte 13: Grundwassergleichen- und Grundwasserdifferenzenplan – MW-24.01.
- Karte 14: Flurabstände MW-24.01. – Basisvariante
- Karte 15: Flurabstände MW-24.01. – Variante B
- Karte 16: Differenz Grundwasserstand / Unterkante Auelehm – Basisvariante
- Karte 17: Differenz Grundwasserstand / Unterkante Auelehm – Variante B

Anlage 1 Gewässer zur Sicherung der Vorflut

Einzugsgebiet	Gewässer	Priorität	Bemerkungen
Westlicher Hauptvorfluter des Oderbruchs	Seelake, Gusower Alte Oder bis Einmündung Platkower Mühlenfließ	I	Oderbruch
	Wilhelmsgraben	II	Oderbruch, östl. Zufluss zu Seelake
	Schleusengraben Heyengraben	II	Oderbruch, Verbindung zur Alten Oder / Richtgraben
Platkower Mühlenfließ	Platkower Mühlenfließ von der Quelle bis Halbese	II	westl. Hügelland
	Platkower Mühlenfließ ab Halbese bis Mündung Gusower Alte Oder	I	
	westl. Nebengewässer vom Haussee	II	
	westl. Nebengewässer vom Wermelinsee	II	
Westlicher Hauptvorfluter des Oderbruchs	Gusower Alte Oder, Quappendorfer Kanal, Einmündung Platkower Mühlenfließ bis Einmündung Stöbber	I	Oderbruch
Stöbber	Stöbber von Hauptwasserscheide Elbe / Oder bis Buckowsee	II	westl. Hügelland
	Stöbber ab Buckowsee	I	
	südl. Nebengewässer Mühlenfließ vom Großen Klobichsee	II	
	südl. Nebengewässer vom Birkensee	II	
Westlicher Hauptvorfluter des Oderbruchs	Friedländer Strom von Einmündung Stöbber bis Einmündung Volzine	I	Oderbruch
	Batzlower Mühlenfließ	II	westl. Hügelland
	Büchnitz	II	
Östlicher Hauptvorfluter des Oderbruchs	Bullergraben, Manschower Alte Oder, Letschiner Hauptgraben; von Quelle Bullergraben bis Einmündung Volzine	I	Oderbruch, z. T. Aufnahme von Drängewasser
	Gräben am Bullergraben	II	Oderbruch, Aufnahme Drängewasser
	Norkgraben	I	
	Ziegengraben, Genschmarer See	II	
	nördl. Gräben zu Ziegengraben	II	
Volzine	Jesargraben, Posedingraben, Volzine bis Einmündung östl. Hauptvorfluter	I	Oderbruch, z. T. Aufnahme von Drängewasser
	nord-östl. Gräben zu Jesargraben	II	Oderbruch, Aufnahme Drängewasser
	Kruschkengraben, Neubarn. Stadtgraben bis Mündung in Volzine	I	Oderbruch
	nord-östl. Gräben zu Kruschkengraben	II	Oderbruch, Aufnahme Drängewasser
Östlicher Hauptvorfluter des Oderbruchs	von Volzine bis Einmündung in westl. Hauptvorfluter	I	Oderbruch
Westlicher Hauptvorfluter des Oderbruchs	Wriezener Alte Oder von Einmündung östl. Hauptvorfluter (Volzine) bis Einmündung Gletzener Polder	I	Oderbruch
Gebiet Güstebieser Alte Oder	Güstebieser Alte Oder	I	Oderbruch
	süd.-östl. Gräben zu Güstebieser Alte Oder	II	Oderbruch, Aufnahme Drängewasser
Gletzener Polder	Mucker, Stille Oder	I	Oderbruch, Aufnahme Drängewasser
	südl. Nebengraben der Mucker	II	
	Laufgraben	II	
	Graben nördl. Alte Stille Oder	II	
	Altmädewitzer Hauptgraben	I	

Fortsetzung Anlage 1

Einzugsgebiet	Gewässer	Priorität	Bemerkungen
Westl. Hauptvorfluter des Oderbruchs	Alte Oder von Einmündung Glietzer Polder bis Einmündung in Havel-Oder-Wasserstraße	I	Oderbruch
	Freienwalder Landgraben	I	Oderbruch, am Fuß des westl. Hügellandes
	westl. Nebengewässer zum Freienwalder Landgraben	II	westl. Hügelland
Lieper Polder	Alte Finow	II	
Havel-Oder-Wasserstraße	von Schleuse Liepe (Finowkanal) und Schiffshebewerk Niederfinow (OHW) bis Einmündung westl. Hauptvorfluter des Oderbruchs (Alte Oder)	I	
Havel-Oder-Wasserstraße	Havel-Oder-Wasserstraße von Mündung Alte Oder bis Schöpfwerk Hohensaaten	I	
Hohensaatener Polder	Grabensystem des Polders	II	Aufnahme Drängewasser
Havel-Oder-Wasserstraße	von Schöpfwerk Hohensaaten bis Schleuse Hohensaaten	I	

Anlage 2

Klassifizierung der Gewässer des Oderbruchs nach ihrer ökologischen Funktion

Gewässertyp	Priorität	Gewässer	Geographische Lage
Verbindungsgewässer		Alte Oder	Verbindung zum Oderstrom sowie zu verschiedenen Nebengewässern
Hauptgewässer	1	Güstebieser Alte Oder	wertvolles Auengewässer bzw. wertvoller Niederungsbach im Oderbruch
	1	Stille Oder	dto.
	1	Zechiner / Letschiner Hauptgraben	dto.
	1	Sophienfließ	wertvolles Fließgewässer des westlichen Hochplateaus
	1	Stöbber	dto.
	1	östlicher Zufluss zum Stöbber (Abfluss Birkensee)	dto.
	1	Zufluss zwischen Bad Freienwalde und Falkenberg ¹⁾	dto.
	1	Westl. Zufluss zum Platkower Mühlenfließ (Abfluss Wermlinsee)	dto.
	2	Mucker	wertvolles Auengewässer bzw. wertvoller Niederungsbach im Oderbruch
	2	Volzine ²⁾	dto.
	2	Batzlower Mühlenfließ	wertvolles Fließgewässer des westlichen Hochplateaus
	2	Platkower Mühlenfließ	dto.
	2	Alte Finow	dto.
	2	westl. Zufluss zur Alten Finow	dto.
	2	Lechnitz (km 1-3)	dto.
2	Zufluss zum Teufelssee bei Bad Freienwalde	dto.	
Sonstige Gewässer; Nebengewässer		südl. Zufluss zur Alten Oder, (östl. Oderberger See)	Nebengewässer (Niederungsbach) im Oderbruch
		südl. Zufluss zum Finowkanal	Nebengewässer des westl. Hochplateaus
		südl. Zufluss zum Landgraben	dto.
		östl. Zufluss zum Großen See	dto.

1) hierbei handelt es sich um drei unterschiedliche Zuflüsse, offensichtlich ohne Namen

2) von Einmündung Posedingraben bis Einmündung des Hauptgrabens

Anlage 3 Fördermengen der Schöpfwerke für das Abflussjahr 1994

Nr.)	Schöpfwerk		Fördermenge in Tm ³												
	Nr.	Name	Nov 93	Dez 93	Jan 94	Feb 94	Mrz 94	Apr 94	Mai 94	Jun 94	Jul 94	Aug 94	Sep 94	Okt 94	Summe:
1	2601	Tergelgraben	270,00	533,25	1001,46	864,00	891,00	830,25	438,75	351,00	209,25	175,50	202,50	236,25	6003,21
2	2602	Seelow II	94,25	226,44	354,06	264,38	301,10	230,11	132,19	117,50	51,41	58,75	18,36	41,62	1890,18
3	2603	Seelow I	131,22	183,47	279,21	228,42	255,15	232,07	20,66	106,92	91,13	23,09	58,32	48,60	1658,23
4	2604	Seelow III	92,53	171,28	316,23	379,97	370,13	242,16	86,63	159,47	114,19	409,50	45,28	189,00	2576,35
5	2605	Schericken- graben	0,00	0,00	393,56	357,21	351,54	298,62	108,68	68,04	0,95	0,00	22,68	0,00	1601,27
6	2606	Manschnow	48,00	26,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	75,60
7	2607	Pommling	38,70	55,80	129,16	114,30	146,70	145,80	120,60	93,60	61,20	44,10	109,80	44,10	1103,86
8	2608	Steintoch	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,58	0,00	0,00	2,58
9	2609	Wensegraben	149,18	220,58	380,59	487,05	476,85	373,58	114,75	62,48	0,00	0,00	90,53	24,23	2379,79
10	2610	Neubarnim II	0,00	0,00	246,50	264,75	250,50	247,50	134,25	180,75	136,50	105,75	69,75	3,75	1640,00
11	2611	Neubarnim III	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	2613	Sietzing	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	94,05	70,85	1,88	4,39	0,00	171,17
36	2616	Golzow	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	
14	3601	Falkenberg	0,00	47,61	66,47	40,37	47,61	19,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	221,72
15	3602	Frw. Güte- bahnhof	0,00	39,00	159,96	92,40	95,70	76,20	66,60	30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	559,86
16	3603	Frw. Kietz	0,00	0,00	306,82	179,06	223,56	205,97	0,00	33,12	0,00	0,00	60,03	82,80	1091,35
17	3604	Frw. Roh- stiegraben	0,00	9,00	12,32	12,00	130,80	7,80	6,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	178,52
18	3605	Gabow	331,20	403,20	646,47	537,60	619,20	753,60	412,80	206,40	105,60	91,20	196,80	211,20	4515,27
19	3606	Paulshof I	143,33	0,00	430,43	601,97	511,88	470,93	384,93	208,85	61,43	36,86	262,08	114,66	3227,32
20	3607	Paulshof II	0,00	0,00	424,64	285,60	292,80	316,80	242,40	194,40	115,20	0,00	103,20	68,40	2043,44
21	3608	Altreetz	0,00	0,00	0,00	14,40	16,80	10,80	13,20	4,80	10,80	3,60	1,20	1,20	76,80
23	3609	Zäckericker L.	144,00	241,20	495,12	649,80	741,60	684,00	489,60	369,00	250,20	216,00	167,40	165,60	4613,52
24	3610	Thöringswer- der	0,00	187,80	180,52	199,20	304,20	299,40	140,40	0,00	0,00	0,00	68,40	37,80	1417,72
25	3611	Bliesdorf	0,00	0,60	230,48	237,60	232,80	163,80	227,40	126,60	16,20	21,60	60,00	24,00	1341,08
26	3612	Neulewin	0,00	0,00	35,08	181,20	193,20	188,40	97,20	42,00	0,00	0,00	0,00	0,00	737,08
27	3613	Zollbrücke	124,80	139,20	382,88	310,80	354,00	424,80	492,00	354,00	206,40	177,60	123,60	146,40	3236,48
28	3614	Bienenwerder	0,00	0,00	256,96	232,80	276,00	294,00	192,00	138,00	33,60	9,60	2,40	2,40	1437,76
29	3615	Bralitz I	0,00	0,00	0,00	10,80	15,60	4,50	0,00	12,30	0,00	0,00	0,00	0,00	43,20
30	3616	Bralitz II	0,00	0,00	0,00	12,90	10,50	9,90	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	36,00
31	3617	Nasser Polder Gü- steb. L.	0,00	0,00	849,90	767,97	852,84	892,17	563,04	333,27	0,00	0,00	0,00	0,00	4259,19
32	3618	Bochowsloos	0,00	1,80	0,00	0,00	0,00	145,20	40,80	0,00	0,00	0,00	22,20	0,60	210,60
33	3619	Bochegraben Güstebiese	0,00	0,00	0,00	0,00	27,60	276,00	196,80	148,80	0,00	0,00	0,00	0,00	649,20
34	3620	Liepe	310,91	558,36	904,92	488,57	647,19	482,22	203,04	253,80	44,42	196,70	209,39	171,32	4470,81
35	3621	Hohensaaten	703,89	1470,15	1671,71	1443,42	1666,17	1782,00	1104,84	677,16	418,77	400,95	552,42	641,52	12533,00
II		Neutornow	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	
III		Alttornow	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	
I		Kietz/Küstrin)	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	

*) Nummer auf Anlagen 1-1 und 1-2
SW Jahnsfelde liegt im Planungsgebiet Rahmenplan, jedoch außerhalb Modellgebiet.
SW Jahnsfelde Nr. *) = 13, Schöpfwerksnummer = 2614

**) SW Kietz/Küstrin seit 1999 außer Betrieb
k. A. keine Angaben

Anlage 4 Ausgewählte Oberflächenwasserpegel - Wasserstände

A) Ausgewählte Messstellen für die Modellierung entsprechend Kapitel 5 - Oder, VKH, HOW, Alte Finow und Hohensaatener Polder -

Pegel-Nr.	Pegelname	Gewässer	Basisvariante					Jahresreihe	Variante A MNW, MW, MHW	Var. B und C MNW, MW, MHW
			MNW mNN	MW mNN	MHW mNN	HW *) mNN				
6030300	Frankfurt (Oder)	Oder	18,99	19,98	21,75	23,29	1976/95	Basisvariante	Basisvariante	
6030400	Kietz	Oder	10,82	11,78	13,47	15,20	1976/95	Basisvariante	Basisvariante	
6030500	Kienitz	Oder	7,37	8,48	10,06	11,38	1976/95	Basisvariante	Basisvariante	
6030600	Groß Neuendorf	Oder	6,92	8,01	9,63	10,93	1976/95	Basisvariante	Basisvariante	
6030700	Neuglietzen	Oder	2,71	3,89	5,89	7,74	1976/95	Basisvariante	Basisvariante	
6030800	Hohensaaten-Finow	Oder	2,25	3,45	5,59	8,34	1976/95	Basisvariante	Basisvariante	
6030900	Hohensaaten, Ostschleuse OP	Verbindungskanal Hohensaaten (VKH)	1,98	3,17	5,21	7,52	1976/95	Basisvariante	Basisvariante	
6033100	Hohensaaten, Westschleuse OP	Havel-Oder-Wasserstraße (Oderb.Gew.)	1,12	1,24	1,53	2,22	1976/95	Basisvariante	Basisvariante	
6920900	Niederfinow, Schiffshebewerk UP	Havel-Oder-Wasserstraße (HOW)	1,09	1,25	1,55	2,26	1976/95	Basisvariante	Basisvariante	
6927000	Liepe, Schöpfwerk BP	Alte Finow (Lieber Polder)	0,17	0,44	0,82	0,96	1979/81	Basisvariante	Basisvariante	
6927100	Liepe, Schöpfwerk AP	Alte Finow	1,12	1,27	1,68	1,99	1979/81	Basisvariante	Basisvariante	
6929000	Hohensaaten, Schöpfwerk BP	Hohensaatener Polder	-0,42	-0,11	0,40	0,80	1981/90	Basisvariante	Basisvariante	
6929100	Hohensaaten, Schöpfwerk AP	Havel-Oder-Wasserstraße (Oderb.Gew.)	1,11	1,25	1,54	2,21	1981/90	Basisvariante	Basisvariante	

B) Ausgewählte Messstellen für die Modellierung entsprechend Kapitel 5 - Gewässer des Oderbruchs -

Pegel-Nr.	Pegelname	Gewässer	Basisvariante					Jahresreihe	Variante A MNW, MW, MHW	Var. B und C MNW, MW, MHW
			MNW mNN	MW mNN	MHW mNN	HW *) mNN				
6940000	Wriezen, Hafen	Wriezener Alte Oder	1,41	1,74	2,30	2,89	1977/95	Basisvar.	Basisvar.	
6940300	Werbig	Seelake	5,42	5,72	6,30	6,58	1976/93	Basisvar.	Basisvar.	
6940400	Gusow	Alte Oder	4,85	5,19	5,59	6,00	1987/95	Basisvar.	Basisvar.	
6940600	Quappendorf	Alte Oder	4,69	4,97	5,38	5,66	1981/95	Basisvar.	Basisvar.	
6940700	Quappendorf, Wehr OP	Alte Oder	4,51	4,88	5,32	5,58	1983/95	Basisvar.	Basisvar.	
6940702	Quappendorf, Wehr UP	Alte Oder	4,22	4,62	5,24	5,51	1983/95	Basisvar.	Basisvar.	
6940800	Neufriedland, Umspannwerk	Friedländer Strom	3,75	4,08	4,72	5,02	1976/95 o. 83/88	Basisvar.	Basisvar.	
6941000	Bad Freienwalde	Freienwalder Landgraben	1,18	1,34	1,67	2,30	1976/95 o. 93/94	Basisvar.	Basisvar.	
6941100	Bliesdorf	Friedländer Strom	2,31	2,62	3,23	4,03	1976/95	Basisvar.	Basisvar.	
6941200	Wriezen, Bahnhof	Friedländer Strom	1,58	1,88	2,40	3,18	1981/94	Basisvar.	Basisvar.	
6941500	Neutornow, Schöpfwerk AP	Stille Oder (vor Mdg.i.Wriez.Alte O.)	1,22	1,36	1,58	1,89	1988/95	Basisvar.	Basisvar.	
6941605	Oderberg	Wriezener Alte Oder	1,17	1,32	1,61	2,29	1976/95	Basisvar.	Basisvar.	
6941800	Golzow, Straßenbrücke UP	Schleusengraben	7,52	7,82	8,30	8,68	1976/94 o. 81	Basisvar.	nicht berücksichtigt	
6941900	Neulangow	Schleusengraben	5,51	5,85	6,45	6,68	1976/94 o. 93	Basisvar.	nicht berücksichtigt	
6943706	Reitwein, Wehr Triftweg OP	Bullergraben	11,56	11,79	12,14	12,33	1981/95 o. 92	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m	

Fortsetzung Anlage 4B)

Pegel-Nr.	Pegelname	Gewässer	Basisvariante					Jahresreihe	Variante A MNW, MW, MHW	Var. B und C MNW, MW, MHW
			MNW	MW	MHW	HW *)	Jahresreihe			
			mNN	mNN	mNN	mNN				
6943800	Manschnow OP	Manschnower Alte Oder	11,06	11,23	11,45	11,59	1981/95 o. 91	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m	
6943900	Manschnow UP	Manschnower Alte Oder	8,94	9,22	9,60	9,83	1981/95 o. 91	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m	
6944000	Gorgast	Schmalere Strom	8,74	9,00	9,31	9,46	1987/95	Basisvar. + 1,0 m	Basisvar. + 0,5 m	
6944100	Golzow	Schmalere Strom	8,67	8,86	9,13	9,38	1976/95	Basisvar. + 1,0 m	Basisvar. + 0,5 m	
6944200	Golzow, Wehr OP	Richtgraben	8,51	8,69	8,86	9,01	1976/93 o. 81	gleich UP	Basisvar. + 0,5 m	
6944300	Golzow, Wehr UP	Richtgraben	8,04	8,37	8,67	8,97	1976/93 o. 81	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m	
6944500	Zechin, Wehr OP	Letschiner Hauptgraben	7,63	7,78	7,94	7,99	1991/95	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar.	
6944600	Zechin, Wehr UP	Letschiner Hauptgraben	6,62	7,05	7,66	7,79	1991/95	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m	
6945001	Letschin, Wehr OP	Letschiner Hauptgraben	5,26	5,63	6,02	6,23	1979/88	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m	
6945002	Letschin, Wehr UP	Letschiner Hauptgraben	4,97	5,37	5,93	6,21	1979/88	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m	
6945200	Herrenhof	Letschiner Hauptgraben	2,95	3,22	3,65	4,32	1976/95 o. 86	Basisvar.	nicht berücksichtigt	
6946700	Thöringswerder, Wehr UP	Volzine	2,61	2,85	3,25	3,67	1976/95 o. 80, 87/88, 93	Basisvar.	Basisvar.	
6946806	Kienitz-Nord, Ven- turi	Kruschkengraben	5,50	5,75	6,23	6,60	1982/94 o. 90/91, 93	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m	
6947200	Zelliner Loose	Parallelgraben Großneu- endorf-Güstebiese	4,37	4,53	4,75	4,99	1984/92 o. 87, 89/90	Basisvar. + 2,0 m	Basisvar. + 0,5 m	
6947400	Güstebieser Loose	Güstebieser Alte Oder	3,65	3,82	4,05	4,44	1976/92 o. 77, 82/83, 87, 89/90	Basisvar.	Basisvar.	
6947800	Beauregard	Güstebieser Alte Oder	2,59	2,81	3,07	3,30	1981/90	Basisvar.	Basisvar.	
6948000	Wriezen OP	Güstebieser Alte Oder	1,59	1,88	2,34	3,04	1976/95 o. 93	Basisvar.	Basisvar.	
6948100	Zollbrücke	Hohenwutzen – Güste- bieser Parallelgraben	2,85	3,04	3,41	3,86	1976/95	Basisvar.	Basisvar.	
6948200	Eisenbahnbrücke	Hohenwutzen – Güste- bieser Parallelgraben	2,14	2,36	2,75	3,20	1976/94 o. 86/91, 93	Basisvar.	Basisvar.	
6948300	Altrüdnitz, Fährkrug	Hohenwutzen – Güste- bieser Parallelgraben	1,76	2,01	2,30	2,84	1976/95	Basisvar.	Basisvar.	
6948400	Neuranfter Weg	Hohenwutzen – Güste- bieser Parallelgraben	1,35	1,54	1,82	2,06	1976/95 o. 86	Basisvar.	Basisvar.	
6948500	1.Kavelbuschweg	Kahre	1,31	1,45	1,71	1,93	1976/95	Basisvar.	Basisvar.	
6948800	Neutornow, Schöpfwerk BP	Stille Oder	1,27	1,41	1,60	1,80	1989/95	Basisvar.	Basisvar.	
6948900	Zollbrücke	Mucker	2,55	2,81	3,20	3,51	1976/94	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m	
6949000	Bienenwerder	Mucker	1,75	2,02	2,50	2,80	1976/95	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m	
6949100	Altrüdnitz	Mucker	1,53	1,76	2,15	2,47	1976/95	Basisvar.	Basisvar.	
6949200	Neuranfter Weg	Mucker	1,33	1,49	1,78	1,96	1983/95	Basisvar.	Basisvar.	
6949300	1.Kavelbuschweg	Mucker	1,32	1,47	1,75	1,95	1976/95 o. 93	Basisvar.	Basisvar.	
6949402	Gabow, Schöpf- werk AP	Altmädewitzer Hauptgra- ben	1,24	1,37	1,56	1,73	1988/95	Basisvar.	Basisvar.	
6949800	Alltornow, Schöpf- werk AP	Freienwalder Landgraben	1,26	1,39	1,68	2,31	1978/94	Basisvar.	Basisvar.	

*) Werte HW für die Gewässer des Oderbruchs sind hier nur zur Information, wurden für Modellierung (vgl. Kapitel 5) nicht verwendet.

Anlage 5

Ausgewählte Stau I. Ordnung für die Modellierung entsprechend Kapitel 5 – Wasserstände

Nr.	Gewässer	Bezeichnung	OP / UP	Basisvariante			Variante A	Varianten B und C
				MNW	MW	MHW	MNW, MW, MHW	MNW, MW, MHW
				mNN	mNN	mNN		
1	Graben E	Biberstau	OP	13,65	13,70	13,85	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
1	Graben E	Biberstau	UP	13,55	13,65	13,80	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
2	Bullergraben	Stau "Menge"	OP	13,15	13,20	13,35	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
2	Bullergraben	Stau "Menge"	UP	13,10	13,20	13,35	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
3	Graben O	Wehr bei Reitwein	OP	14,45	14,50	14,65	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
3	Graben O	Wehr bei Reitwein	UP	13,20	13,30	13,45	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
6	Norkgraben	Stau Gorgast	OP	8,84	9,10	9,42	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
6	Norkgraben	Stau Gorgast	UP	8,84	9,10	9,42	Basisvar. + 1,0 m	nicht berücksichtigt
11	Letschiner Hauptgraben	Wehr Sietzing	OP	4,00	4,20	4,75	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
11	Letschiner Hauptgraben	Wehr Sietzing	UP	4,00	4,20	4,75	Basisvar.	nicht berücksichtigt
13	Parmesegraben	Parmesestau	OP	6,00	6,50	7,50	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
13	Parmesegraben	Parmesestau	UP	5,60	5,90	6,60	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
14	Kruschkengraben	Stau Kienitzer Str.	OP	5,50	5,60	6,30	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
14	Kruschkengraben	Stau Kienitzer Str.	UP	5,00	5,60	6,30	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
16	Kruschkengraben	Stau Neubarnim	OP	4,00	4,50	5,10	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
16	Kruschkengraben	Stau Neubarnim	UP	3,40	3,70	4,20	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
17	Neubarnimer Stadtgraben	Wehr Altlewin	OP	3,00	3,40	3,80	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
17	Neubarnimer Stadtgraben	Wehr Altlewin	UP	3,00	3,40	3,80	Basisvar.	Basisvar.
19	Volzine	Wehr Bochowslos	OP	2,30	2,90	3,15	Basisvar.	nicht berücksichtigt
19	Volzine	Wehr Bochowslos	UP	2,30	2,90	3,15	Basisvar.	nicht berücksichtigt

Anlage 6

Ausgewählte Stau II. Ordnung für die Modellierung entsprechend Kapitel 5 – Wasserstände

Nr.	Gewässer	Bezeichnung	OP / UP	Basisvariante			Variante A	Varianten B und C
				MNW	MW	MHW	MNW, MW, MHW	MNW, MW, MHW
				mNN	mNN	mNN		
2	Norkgraben	Stau W 30	OP	9,50	9,80	10,10	Basisvar. + 1,0 m	nicht berücksichtigt
2	Norkgraben	Stau W 30	UP	9,50	9,80	10,10	Basisvar. + 1,0 m	nicht berücksichtigt
3	Norkgraben	Stau W 31	OP	9,76	10,15	10,90	Basisvar. + 1,0 m	Basisvar. + 0,5 m
3	Norkgraben	Stau W 31	UP	9,51	9,85	10,15	Basisvar. + 1,0 m	Basisvar. + 0,5 m
5	Graben E (Neue Göritzer Vorfl.)	Stau W 43	OP	13,20	13,30	13,40	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
5	Graben E (Neue Göritzer Vorfl.)	Stau W 43	UP	12,50	12,90	13,30	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
12	Kavelbuschgraben	Stau W 26	OP	8,05	8,30	8,50	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
12	Kavelbuschgraben	Stau W 26	UP	8,05	8,30	8,50	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
13	Schaumburger Abzugsgraben	Stau W 27	OP	8,75	9,10	9,40	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
13	Schaumburger Abzugsgraben	Stau W 27	UP	8,15	8,40	8,65	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
14	Ziegengraben	Stau W 28	OP	7,70	7,95	8,15	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
14	Ziegengraben	Stau W 28	UP	7,70	7,95	8,15	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
17	Ziegengraben	Stau K 18	OP	7,40	7,65	7,85	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
17	Ziegengraben	Stau K 18	UP	7,40	7,65	7,85	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
27	Bullergraben	Stau W 47	OP	14,45	14,50	14,65	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
27	Bullergraben	Stau W 47	UP	13,40	13,50	13,65	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
40	Seelake	Wehr W 3	OP	8,75	9,00	9,30	Basisvar.	Basisvar.
40	Seelake	Wehr W 3	UP	7,70	8,00	8,50	Basisvar.	Basisvar.
42	Seelake	Wehr W 2	OP	6,15	6,40	6,70	Basisvar.	Basisvar.

Fortsetzung Anlage 6

Nr.	Gewässer	Bezeichnung	OP/ UP	Basisvariante			Variante A	Varianten B und C
				MNW	MW	MHW	MNW, MW, MHW	MNW, MW, MHW
				mNN	mNN	mNN		
42	Seelake	Wehr W 2	UP	5,75	6,00	6,30	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
43	Seelake	Wehr W 1	OP	5,85	5,90	6,20	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
43	Seelake	Wehr W 1	UP	5,60	5,85	6,15	Basisvar.	Basisvar.
50	Heyengraben 1	Wehr K 19	OP	6,15	6,40	6,70	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
50	Heyengraben 1	Wehr K 19	UP	5,75	6,00	6,30	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
52	Heyengraben 2	Wehr K 20	OP	6,80	7,10	7,30	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
52	Heyengraben 2	Wehr K 20	UP	6,80	7,10	7,30	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
54	Heyengraben 3	Stau Pumpst K21	OP	7,90	8,20	8,40	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
54	Heyengraben 3	Stau Pumpst. K21	UP	7,50	7,80	8,00	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
56	Heyengraben 4, Zuleiter	Stau K 22	OP	8,50	8,70	8,90	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
56	Heyengraben 4, Zuleiter	Stau K 22	UP	8,50	8,70	8,90	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
57	Heyengraben 5, Zuleiter	Stau K 27	OP	8,90	9,20	9,40	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
57	Heyengraben 5, Zuleiter	Stau K 27	UP	8,90	9,20	9,40	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
58	Heyengraben 6, Zuleiter	Stau K 26	OP	11,06	11,23	11,45	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
58	Heyengraben 6, Zuleiter	Stau K 26	UP	10,00	10,20	10,40	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
154	Brauergraben	Stau W 35	OP	6,60	7,00	7,60	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
154	Brauergraben	Stau W 35	UP	6,60	7,00	7,60	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
155	Brauergraben	Stau W 36	OP	6,60	7,00	7,60	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
155	Brauergraben	Stau W 36	UP	6,60	7,00	7,60	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
203	Neulew.-Neubar . Grgr. L 136	Stau 81	OP	3,35	3,50	3,95	Basisvar. + 2,0 m	Basisvar. + 0,5 m
203	Neulew.-Neubar . Grgr. L 136	Stau 81	UP	3,35	3,50	3,95	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
204	Jesargraben	Deichsiel W13	UP	6,50	6,70	7,10	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
205	Jesargraben	Stau W 53	OP	6,40	6,60	7,00	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
205	Jesargraben	Stau W 53	UP	6,20	6,55	6,95	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
206	Jesargraben	Stau W 12	OP	6,00	6,50	6,80	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
206	Jesargraben	Stau W 12	UP	6,00	6,50	6,80	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
207	Jesargraben	Stau W 11	OP	8,85	6,15	6,45	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
207	Jesargraben	Stau W 11	UP	5,00	5,30	5,60	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
208	Jesargraben	Stau W 55	OP	5,00	5,30	5,60	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
208	Jesargraben	Stau W 55	UP	3,75	4,10	4,75	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
209	Jesargraben	Stau W 10	OP	3,60	3,90	4,40	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
209	Jesargraben	Stau W 10	UP	3,60	3,90	4,40	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
210	Jesargraben	Stau W 54	OP	3,50	3,80	4,20	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
210	Jesargraben	Stau W 54	UP	3,50	3,80	4,20	Basisvar. + 1,5 m	nicht berücksichtigt
211	Jesargraben	Stau W 9	OP	3,00	3,40	3,80	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
211	Jesargraben	Stau W 9	UP	3,00	3,40	3,80	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
234	Freiwiesengraben	Stau W 41	OP	6,00	6,50	7,50	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
234	Freiwiesengraben	Stau W 41	UP	6,00	6,50	7,50	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
247	Güstebieser Vorflut L 121	Stau 82	OP	3,50	3,70	4,10	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
247	Güstebieser Vorflut L 121	Stau 82	UP	3,50	3,70	4,10	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m
295	Parmese	Stau W 40	OP	5,60	5,90	6,60	Basisvar. + 1,5 m	Basisvar. + 0,5 m

Anlage 7

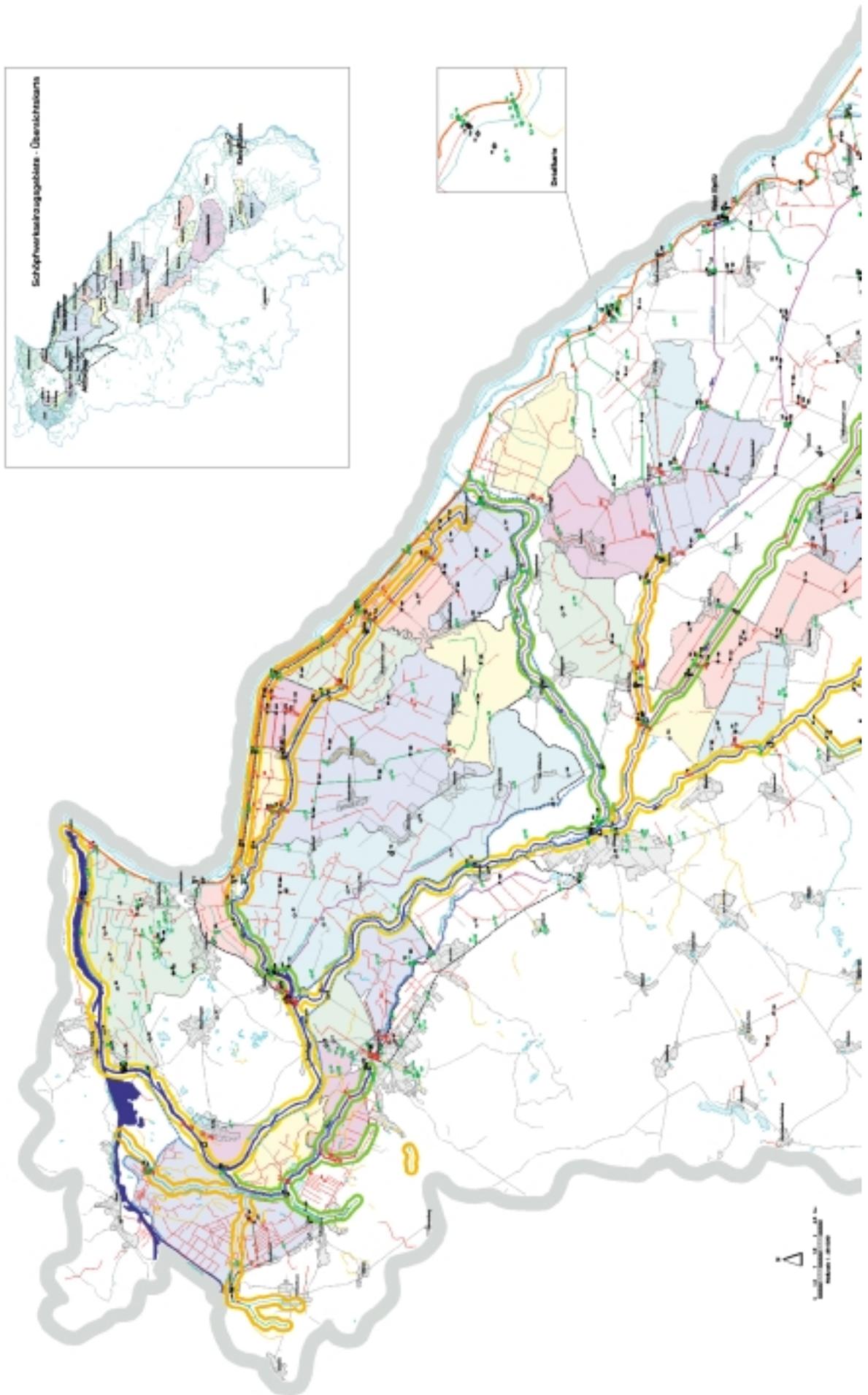
Schöpfwerke – Schätzwerte der Fördermengen für MNW, MW und MHW

Schöpfwerke	Name	Nummer	Basisvariante			Varianten A und B	Variante C
			MNW	MW	MHW	MHW	MHW
			m ³ /Mon.	m ³ /Mon.	m ³ /Mon.	m ³ /Mon.	m ³ /Mon.
Tergelgraben		2601	keine Berücksichtigung im Modell (vgl. Kapitel 5)				
Seelow II		2602	18569	88999	193773	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Seelow I		2603	0	39116	122910	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Seelow III		2604	60524	208559	384922	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Scherickengraben		2605	keine Berücksichtigung im Modell (vgl. Kapitel 5)				
Manschnow		2606	0	20609	68413	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Pommling		2607	27792	64589	113226	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Steintoch		2608	0	0	0	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Wensegraben		2609	0	84115	253709	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Neubarnim II		2610	0	43323	177375	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Neubarnim III		2611	0	0	0	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Sietzing		2613	213	34230	118921	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Golzow		2616	0	0	0	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Falkenberg		3601	0	8101	45905	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Frw. Güterbahnhof		3602	4387	26374	75244	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Frw. Kietz		3603	0	47644	159644	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Frw. Rohrstieggr.		3604	2463	13844	49396	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Gabow		3605	310847	657563	1199395	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Paulshof I		3606	22824	85786	169300	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Paulshof II		3607	45019	139979	256207	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Altreetz		3608	0	8045	46370	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Zäck. Loose - Oder		3609	75644	357459	624067	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Thöringswerder		3610	142	43066	151739	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Bliesdorf		3611	2720	34590	85979	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Neulewin		3612	0	17098	72273	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Zollbrücke		3613	9547	117892	251443	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Bienenwerder		3614	0	96796	203668	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Bralitz I - Rabant		3615	0	595	3004	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Bralitz II - Dorf		3616	0	1381	8474	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Nasser Polder Güsteb. L.		3617	0	96884	282903	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Bochowsloos		3618	0	12728	89354	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Bochegraben Güstebiese		3619	0	10189	57713	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Liepe		3620	164200	411861	812745	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Hohensaaten		3621	129410	272830	472693	0,7 * Basisvariante	0,25 * Basisvariante
Neutornow			keine Berücksichtigung im Modell (vgl. Kapitel 5)				
Alttornow			keine Berücksichtigung im Modell (vgl. Kapitel 5)				
Kietz/Küstrin			keine Berücksichtigung im Modell, seit 1999 außer Betrieb				

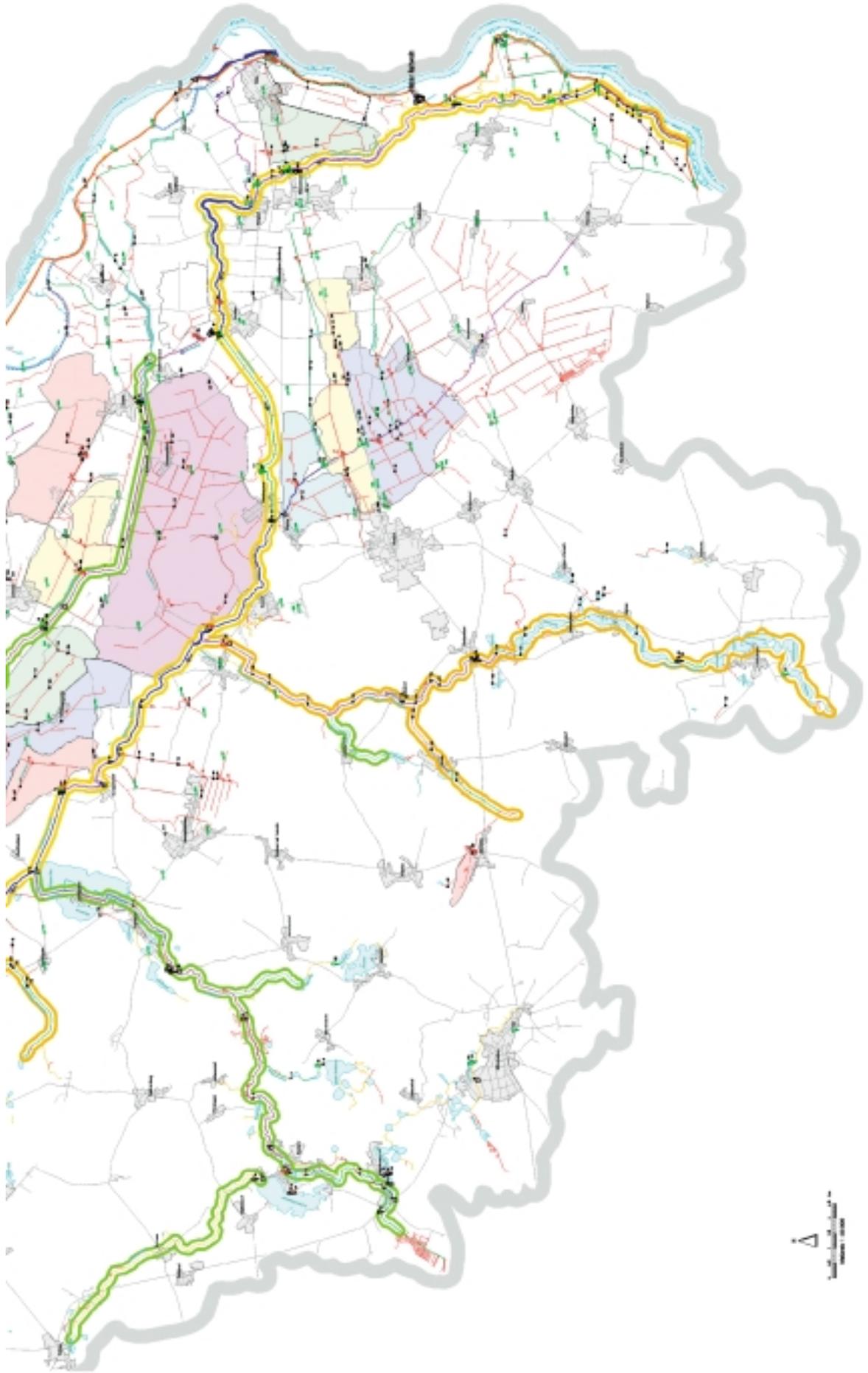
Anlage 8
Hydraulische Leistungsfähigkeit und Abfluss der HW-Situation (03.07.) für den
Ist-Gewässerzustand und den Zustand nach Entschlammung der Sohle

Bilanzprofil	Gewässer	Ist-Gewässerzustand		Zustand nach Entschlammung der Sohle		Berechneter Abfluss HW-Situation (03.07.)			
		Hydraulische Leistungsfähigkeit m ³ /s	durchflossene Fläche m ²	Hydraulische Leistungsfähigkeit m ³ /s	durchflossene Fläche m ²	Basisvar. m ³ /s	Var. A m ³ /s	Var. B m ³ /s	Var. C m ³ /s
4	Schleusen-Graben	7,00	13,8	9,15	16,4	3,20	1,37	2,14	2,17
7	Gusower Alte Oder	19,54	31,6			6,61	3,16	4,62	4,72
8	Friedländer Strom	52,71	30,8			7,13	3,67	5,13	5,24
9	Bullergraben	1,85	11,2	2,35	13,0	1,65	0,37	0,89	0,89
12	Schmaler Strom	4,69	12,8	5,73	14,5	2,34	1,11	1,44	1,45
18	Volzine	5,14	34,1	5,27	34,9	4,78	2,61	3,68	3,78
22	Kruschkengraben	2,17	16,4			0,55	0,40	0,49	0,50
26	Wriezener Alte Oder	38,11	79,0	42,54	84,8	12,14	6,57	9,09	9,32
33	Mucker	3,72	34,3	6,24	49,1	2,91	2,27	2,31	2,43
34	Stille Oder	36,71	190,3			2,93	2,30	2,33	2,46
35	Wriezener Alte Oder	44,13	248,0			15,23	8,91	11,52	11,91
38	Freienwalder Landgraben	8,29	36,1	10,35	41,5	0,09	0,10	0,10	0,10
39	Freienwalder Landgraben	15,95	75,1	18,15	82,0	0,16	0,17	0,17	0,18
40	Wriezener Alte Oder	22,17	127,5			15,42	9,12	11,73	12,14
	hydr. Leistungsfähigkeit erheblich größer als berechnete HW-Abflüsse								
	hydr. Leistungsfähigkeit größer als berechnete HW-Abflüsse								
	hydr. Leistungsfähigkeit nur gering größer als berechnete HW-Abflüsse								

Karte 1-1: Übersichtskarte – Planungsgebiet Rahmenplan – Nördlicher Teil



90 Karte 1-2: Übersichtskarte – Planungsgebiet Rahmenplan – Südlicher Teil



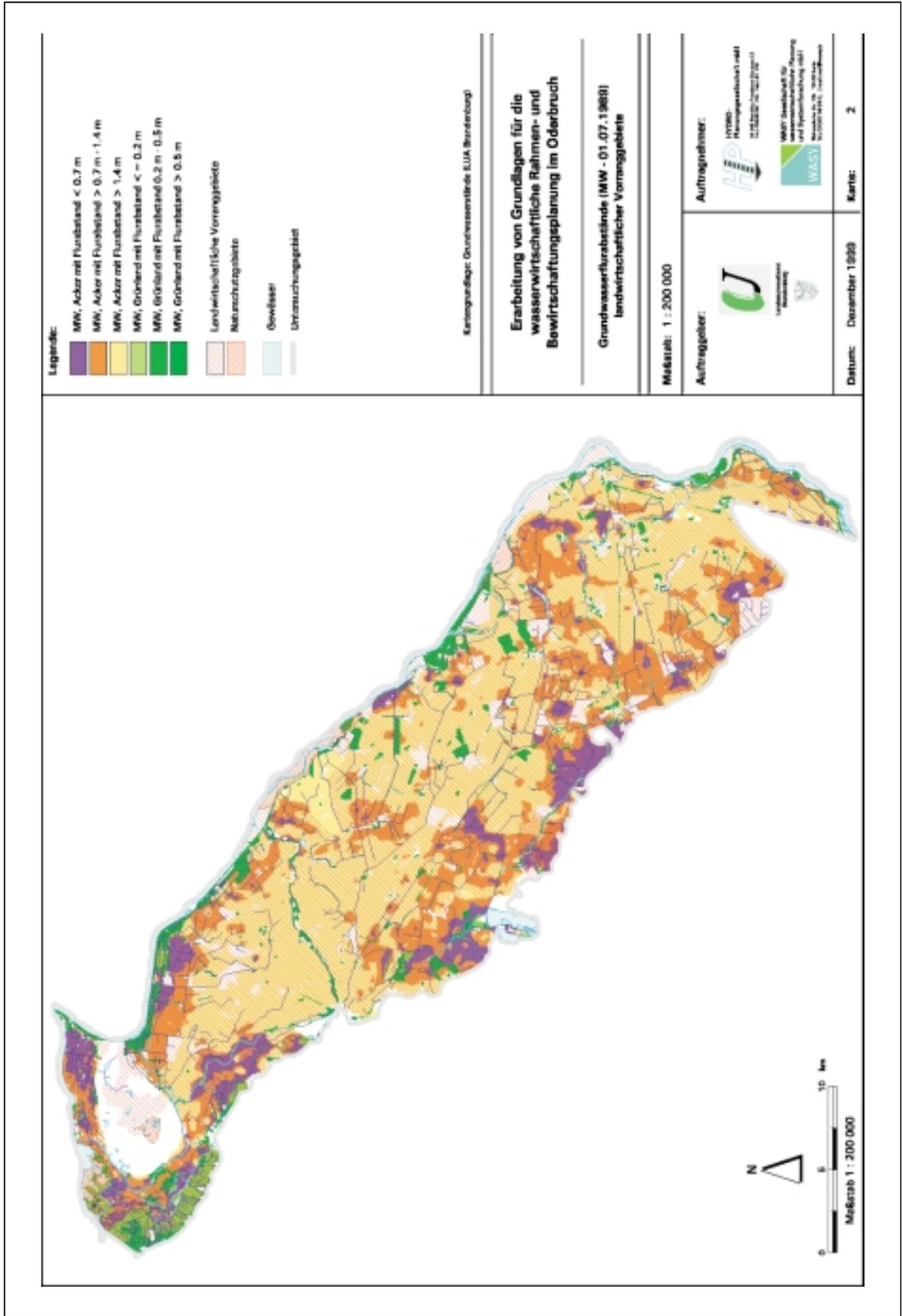
Legende zu Karte 1-1



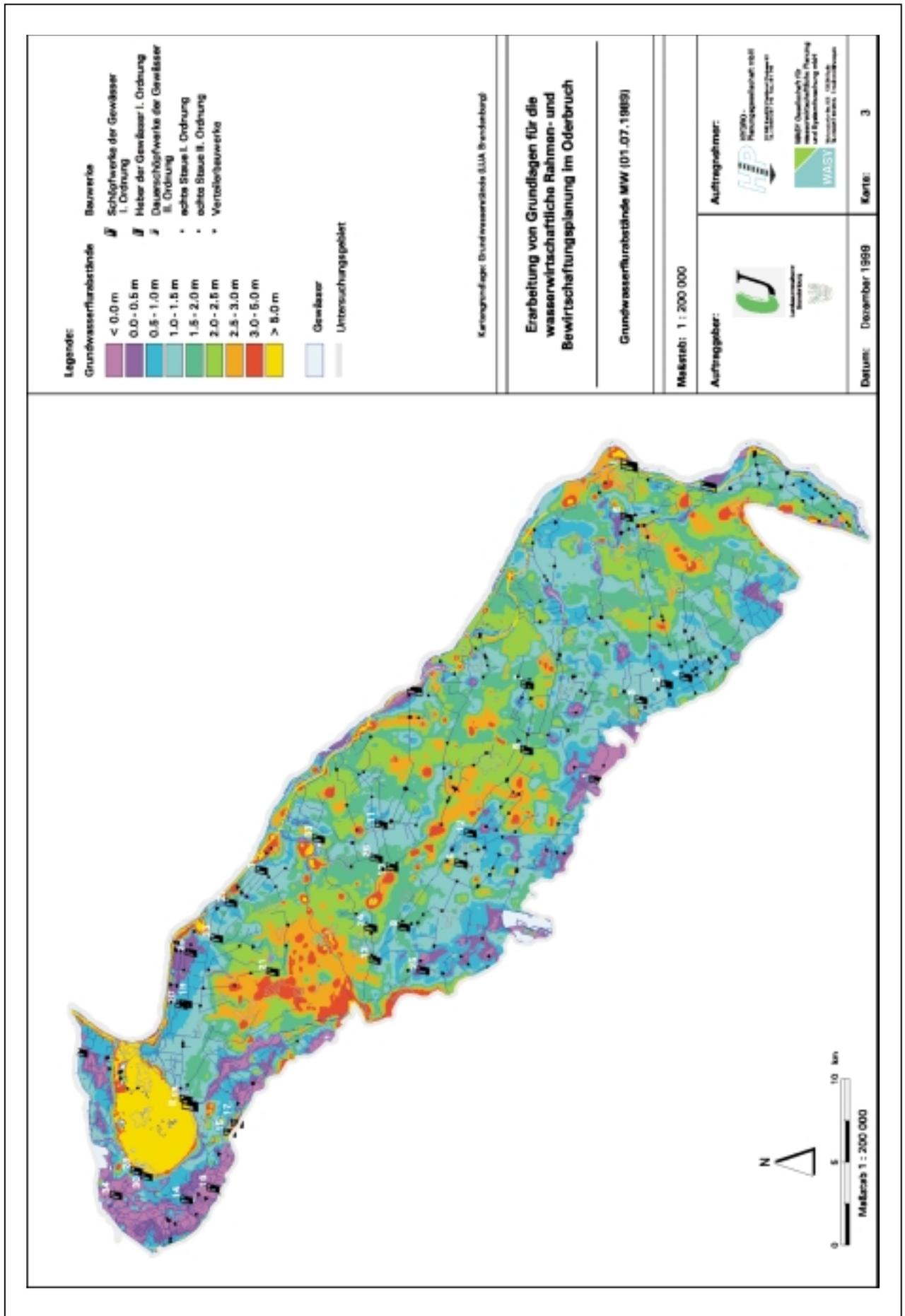
Legende zu Karte 1-2



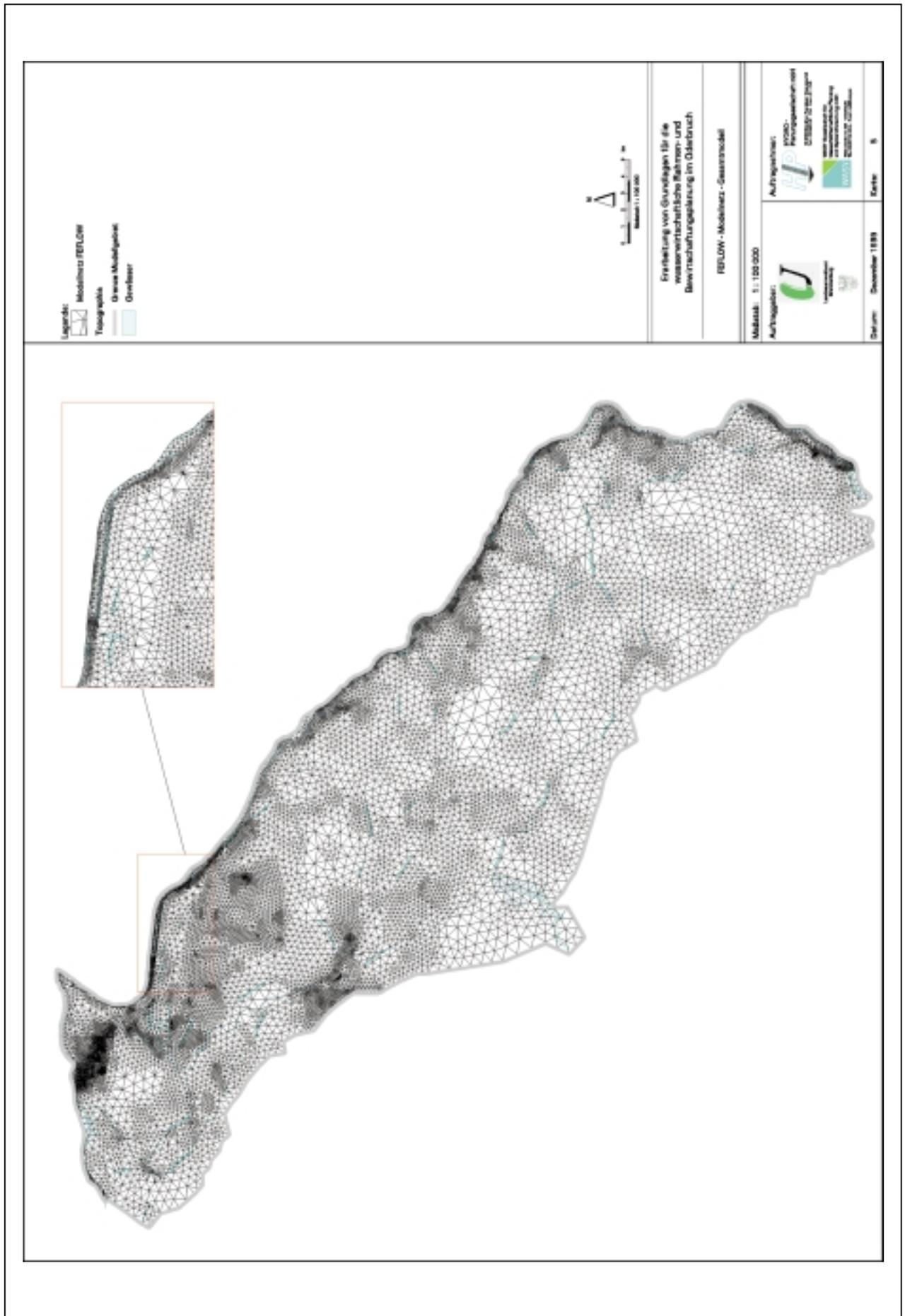
Karte 2: Grundwasserflurabstände landwirtschaftlicher Vorranggebiete (MW – 01.07.1989)



Karte 3: Grundwasserflurabstand MW (01.07.1989)



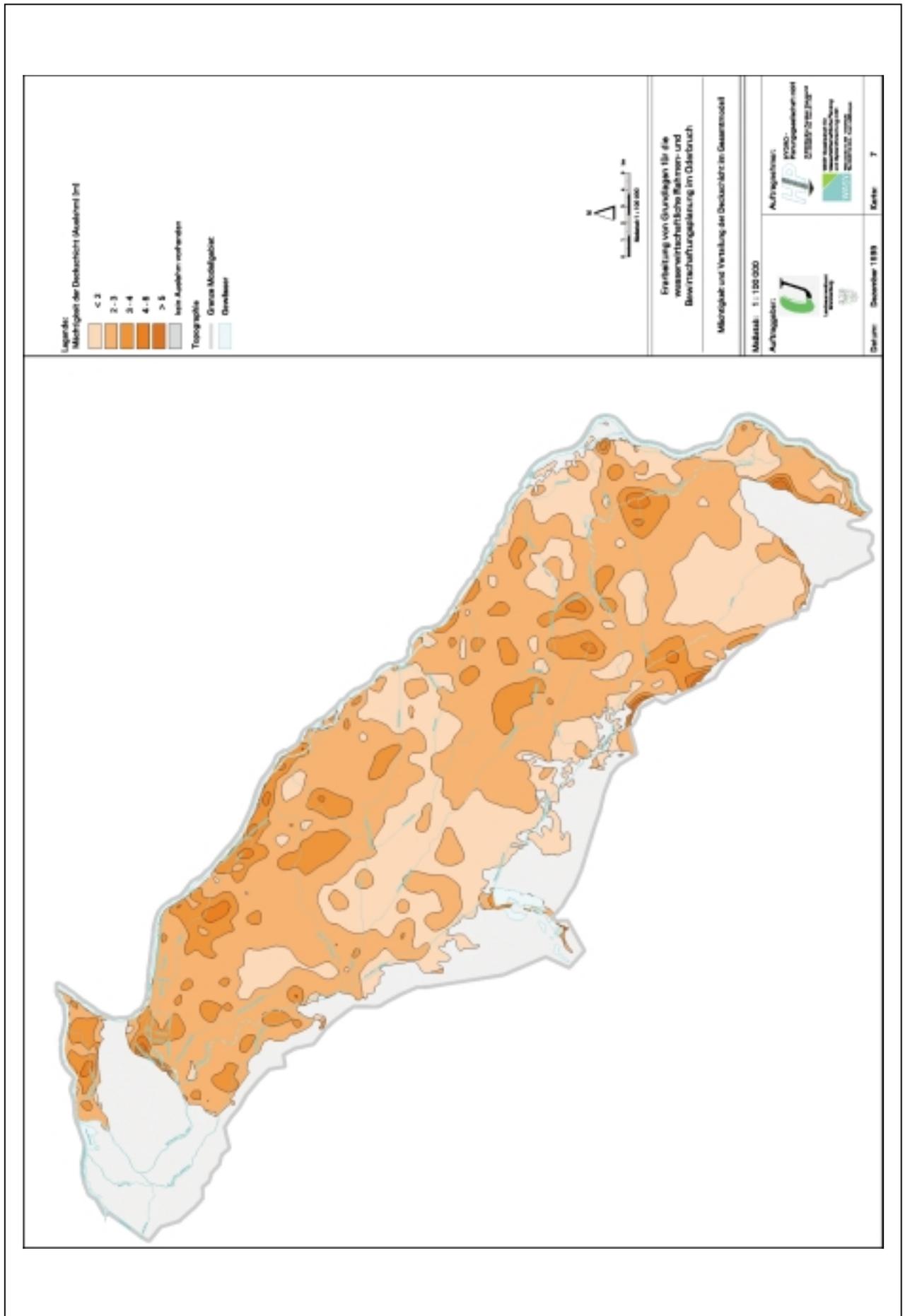
Karte 5: FEFLOW-Modellnetz



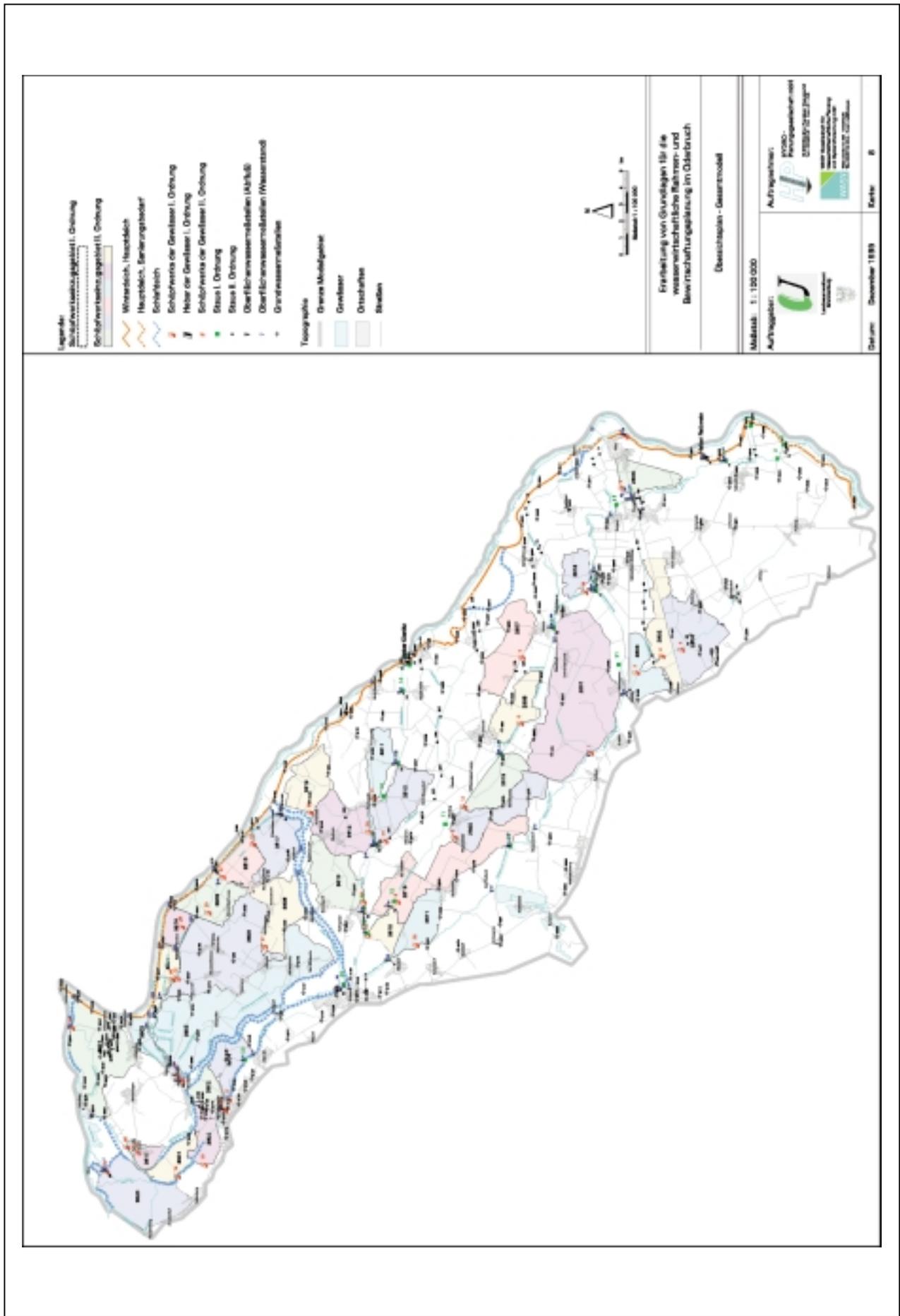
Karte 6: Höhenmodell Stauoberkante und Mächtigkeit Hauptgrundwasserleiter



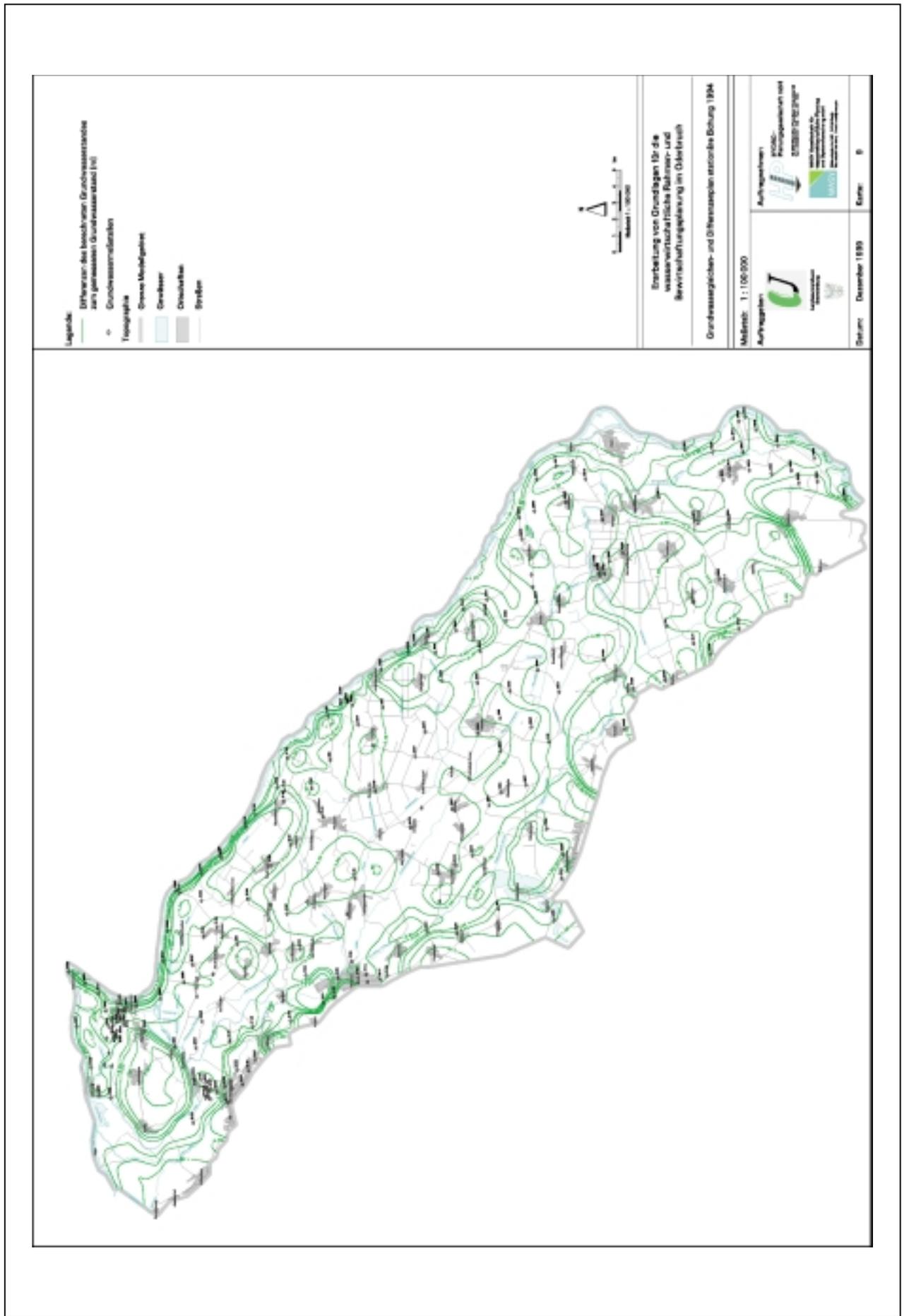
Karte 7: Mächtigkeit und Verteilung der Deckschicht im Grundwassermodell



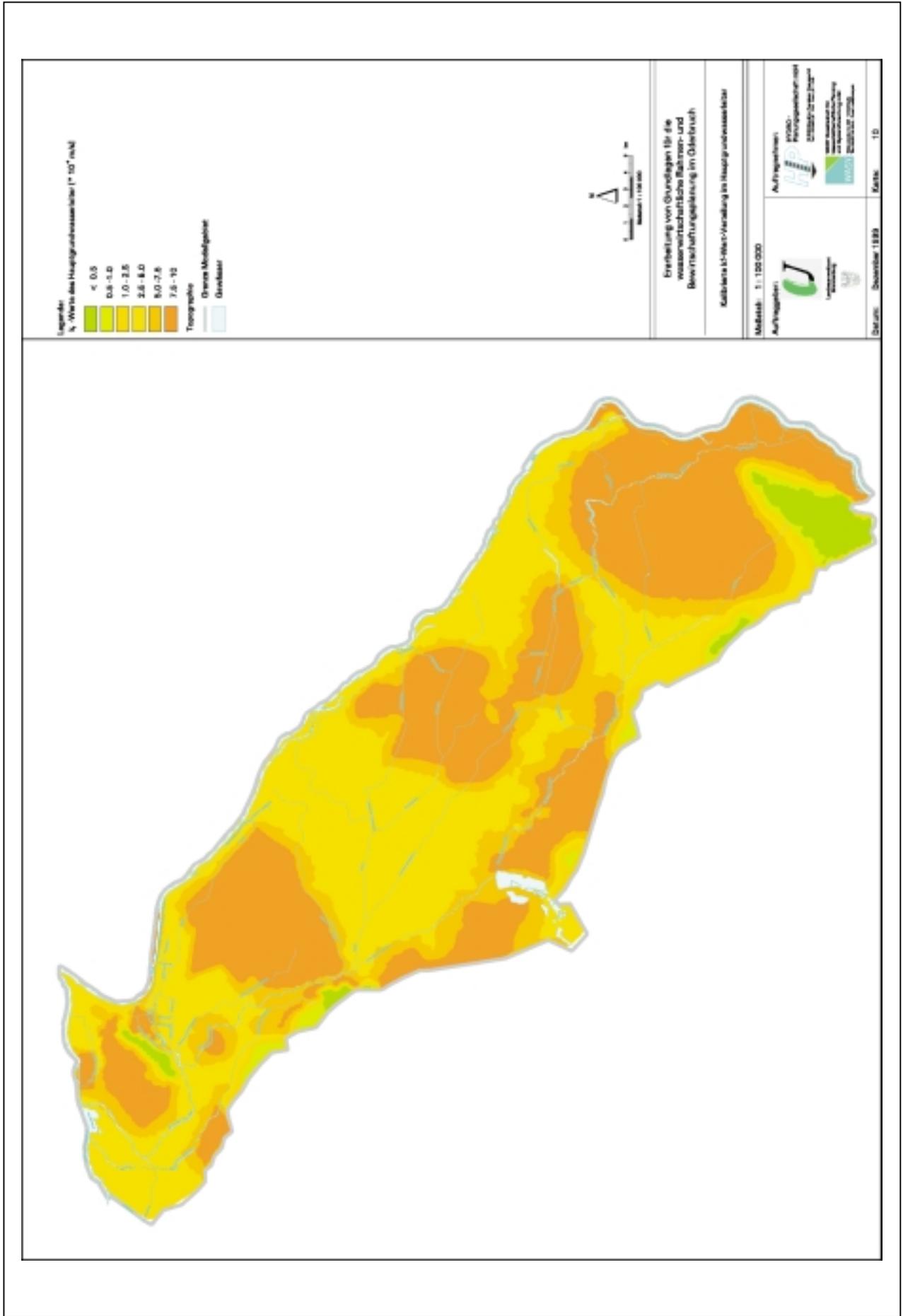
Karte 8: Modellgebiet – Gesamtmodell



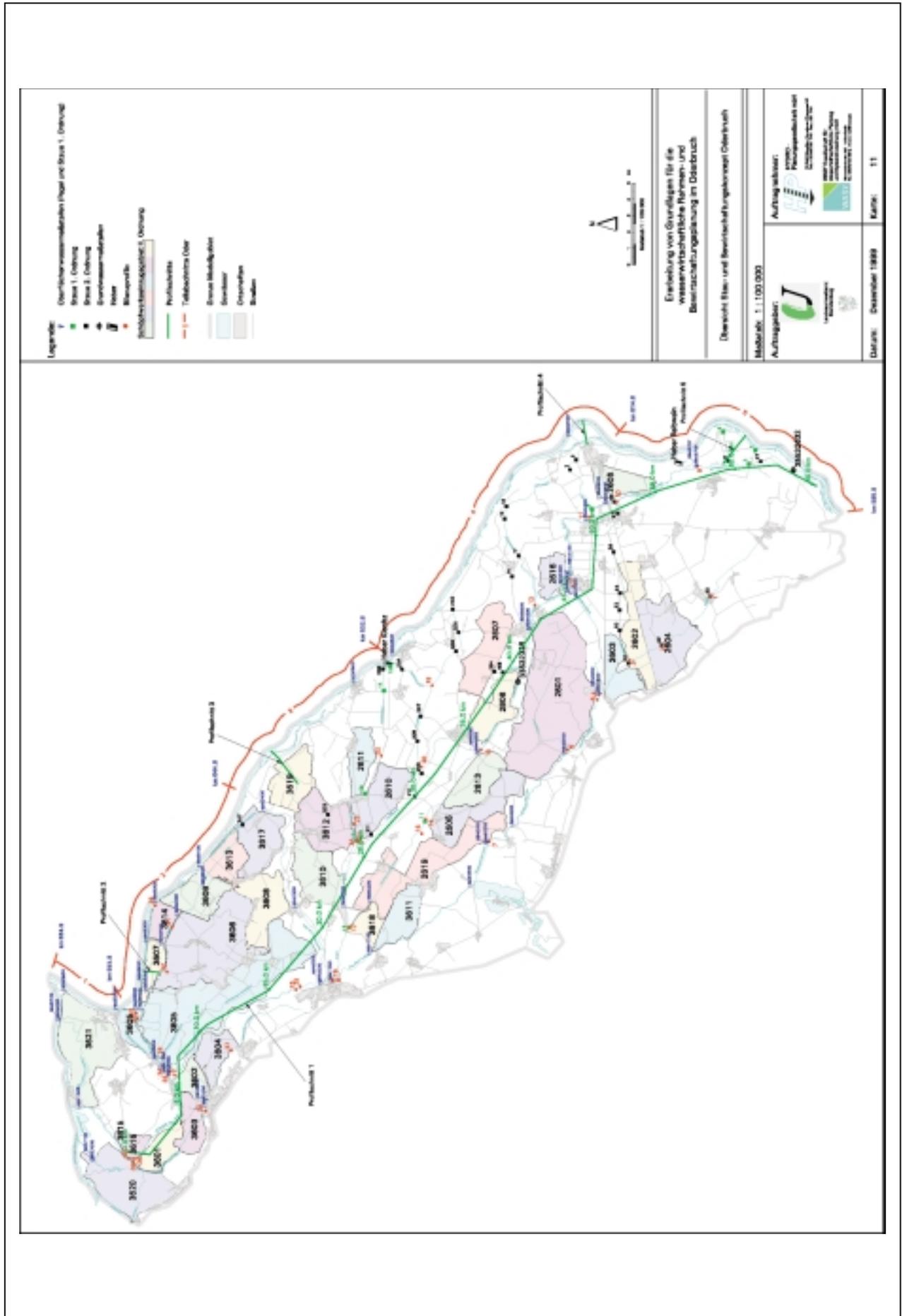
Karte 9: Grundwassergleichen- und Differenzenplan stationäre Eichtung 1994



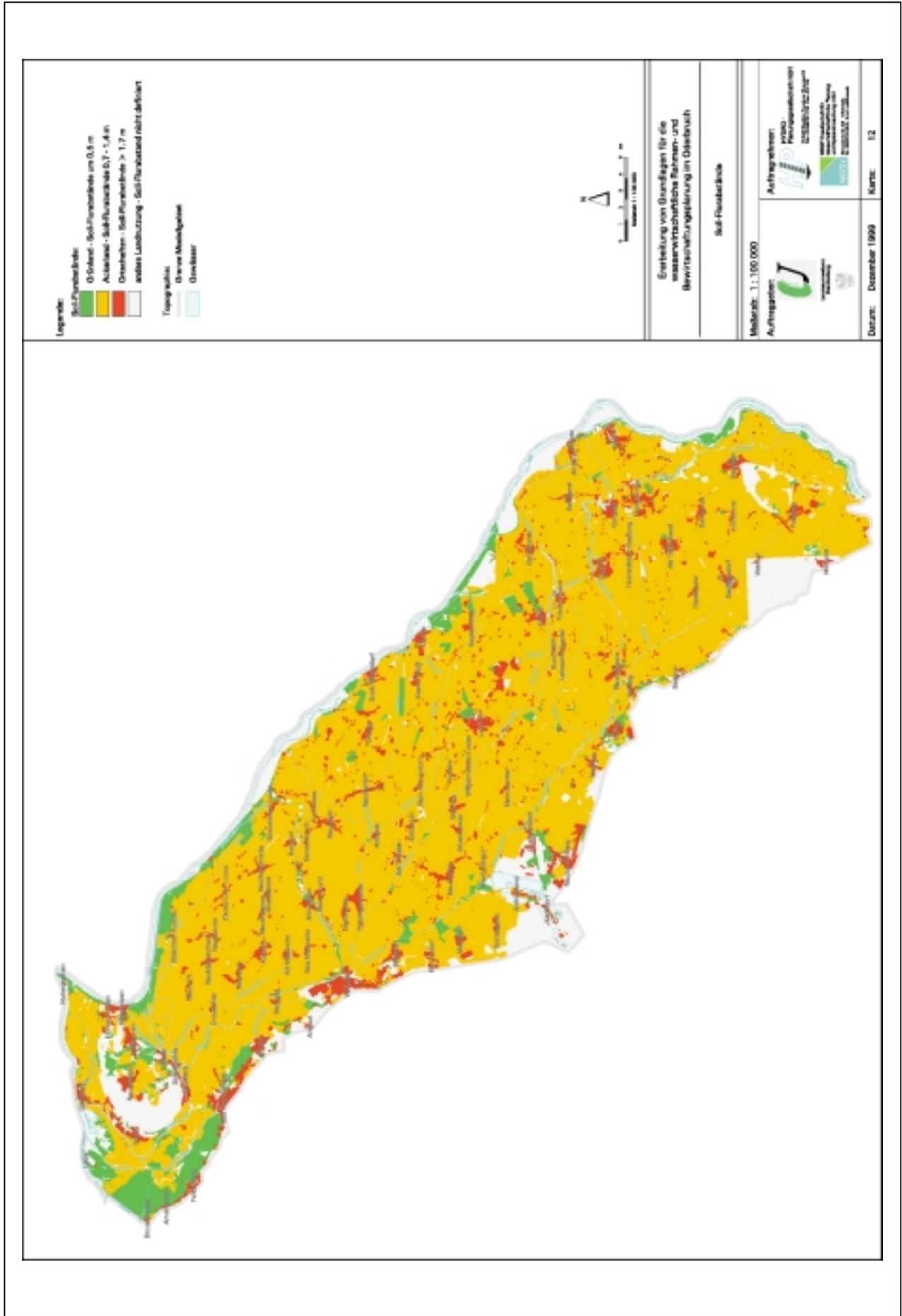
Karte 10: Kalibrierte kf-Wert-Verteilung im Hauptgrundwasserleiter



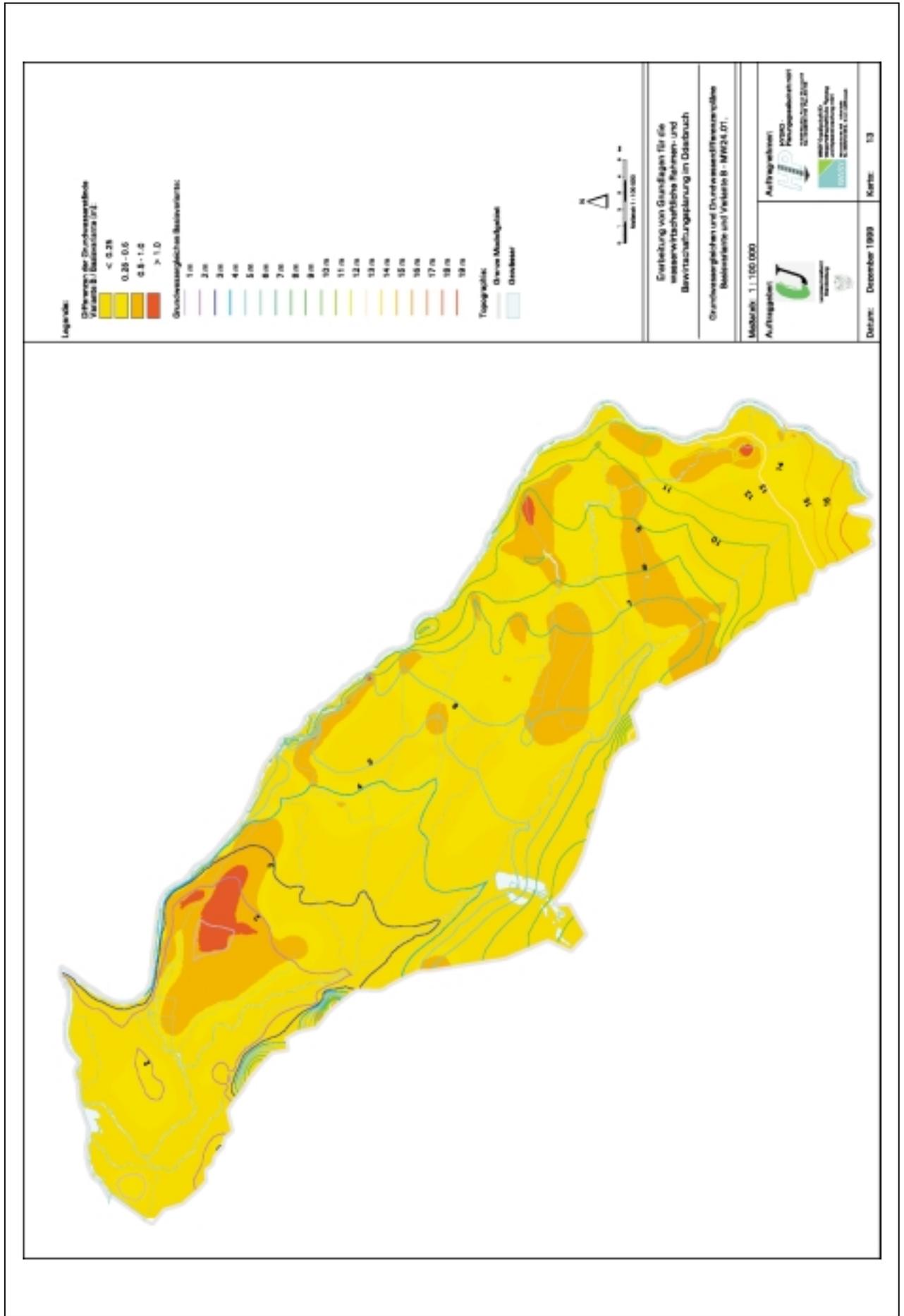
Karte 11: Übersicht Stau- und Bewirtschaftungskonzept Oderbruch



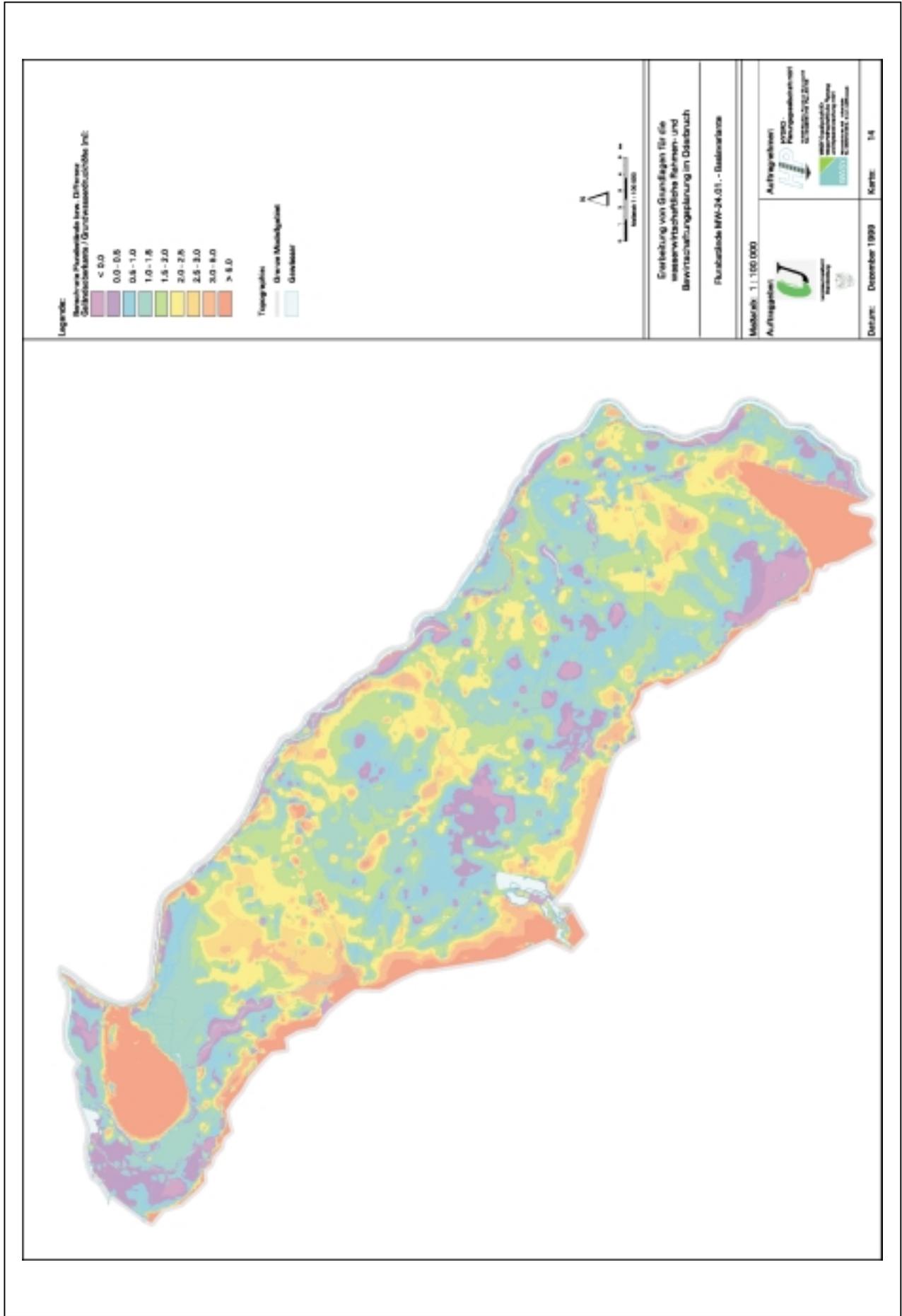
Karte 12: Soll-Flurabstände



Karte 13: Grundwassergleichen- und Grundwasserdifferenzenplan – MW-24.01.



Karte 14: Flurbstände MW-24.01. – Basisvariante



Karte 17: Differenz Grundwasserstand / Unterkante Auelehm – Variante B



Verzeichnisse

Abbildungen

- Abb. 1-1: Grenzen des Untersuchungsgebietes zur Funktions- und Datenanalyse
- Abb. 2-1: Wasserwirtschaftliche Problemfelder und Ziele
- Abb. 3-1: Verteilung der Grundwasserflurabstände im Oderbruch
- Abb. 3-2: Entscheidungsprozess
- Abb. 3-3: Grundwasserflurabstände in landwirtschaftlichen Vorranggebieten
- Abb. 3-4: Grundwasserflurabstände in landwirtschaftlichen Vorranggebieten bei MW
- Abb. 3-5: Grundwasserflurabstände in bebauten Gebieten
- Abb. 4-1: Prozessschema zum Abfluss
- Abb. 4-2: Modellsystem
- Abb. 4-3: GW-Stand – Bereich Hohensaaten
- Abb. 4-4: GW-Stand – Bereich Wriezen
- Abb. 4-5: GW-Stand – Bereich Neutrebbin
- Abb. 4-6: Wasserstandsganglinie (OW) für das Abflussjahr 1994
- Abb. 4-7: Systemgrößen des Modells SIWA
- Abb. 4-8: Jährliche Klimadaten (1976–1997)
- Abb. 4-9: Monatliche Klimadaten – Abflussjahr 1994
- Abb. 4-10: Jahreswerte der gebietsmittleren Grundwasserneubildung
- Abb. 4-11: Jahreswerte der gebietsmittleren realen Verdunstung
- Abb. 4-12: Jahreswerte des Direktabflusses
- Abb. 4-13: Monatswerte der gebietsmittleren Grundwasserneubildung (Abflussjahr 1994)
- Abb. 4-14: 3D-Darstellung des Modellnetzes
- Abb. 4-15: Prinzipskizze zur Darstellung linien- und flächenförmiger Randbedingungen 3. Art im 3D-Modell
- Abb. 4-16: Statistische Verteilung der Differenzen der berechneten und gemessenen Grundwasserstände
- Abb. 4-17: Statistische Verteilung der Differenzen der berechneten und gemessenen Grundwasserstände NW-Situation der Oder
- Abb. 4-18: Statistische Verteilung der Differenzen der berechneten und gemessenen Grundwasserstände MW-Situation der Oder
- Abb. 4-19: Statistische Verteilung der Differenzen der berechneten und gemessenen Grundwasserstände HW-Situation der Oder
- Abb. 5-1: Schema der maßgeblichen hydrologischen Prozesse im Oderbruch
- Abb. 5-2: Schematische Darstellung der hydrologischen Zustände des synthetischen Modelljahres
- Abb. 5-3: Grundwasserneubildung – synthetisches Modelljahr
- Abb. 5-4: Grundwasserstände Profil 1 (N-S-Längsschnitt) – Basisvariante
- Abb. 5-5: Grundwasserstände Profil 2 (Abschnitt Fährkrug) – Basisvariante
- Abb. 5-6: Grundwasserstände Profil 3 (Abschnitt Groß Neuendorf) – Basisvariante
- Abb. 5-7: Grundwasserstände Profil 4 (Abschnitt Kietz) – Basisvariante
- Abb. 5-8: Grundwasserstände Profil 5 (Abschnitt Reitwein) – Basisvariante
- Abb. 5-9: Grundwasserstandsgang in Odernähe – GW-Messstelle 35532632
- Abb. 5-10: Grundwasserstandsgang im zentralen Bereich des Modellgebietes – GW-Messstelle 33522326
- Abb. 5-11: Grundwasserbilanz – Basisvariante
- Abb. 5-12: Drängewasserzuflüsse aus der Oder – Basisvariante
- Abb. 5-13: Gesamtabfluss Bilanzprofile 1 bis 20 – Basisvariante
- Abb. 5-14: Gesamtabfluss Bilanzprofile 21 bis 40 – Basisvariante
- Abb. 5-15: Grundwasserbilanz – Variante A
- Abb. 5-16: Drängewasserzuflüsse aus der Oder
- Abb. 5-17: Gesamtabfluss Bilanzprofile 1 bis 20 – Var. A
- Abb. 5-18: Gesamtabfluss Bilanzprofile 21 bis 40 – Var. A
- Abb. 5-19: Grundwasserstände Profil 1 (N-S-Längsschnitt) – Variante B
- Abb. 5-20: Grundwasserstände Profil 2 (Abschnitt Fährkrug) – Variante B
- Abb. 5-21: Grundwasserstände Profil 3 (Abschnitt Groß Neuendorf) – Variante B
- Abb. 5-22: Grundwasserstände Profil 4 (Abschnitt Kietz) – Variante B
- Abb. 5-23: Grundwasserstände Profil 5 (Abschnitt Reitwein) – Variante B
- Abb. 5-24: Grundwasserbilanz – Variante B
- Abb. 5-25: Drängewasserzuflüsse aus der Oder
- Abb. 5-26: Gesamtabfluss Bilanzprofile 1 bis 20 – Var. B
- Abb. 5-27: Gesamtabfluss Bilanzprofile 21 bis 40 – Var. B
- Abb. 5-28: Grundwasserbilanz – Variante C
- Abb. 5-29: Drängewasserzuflüsse aus der Oder
- Abb. 5-30: Gesamtabfluss Bilanzprofile 1 bis 20 – Var. C
- Abb. 5-31: Gesamtabfluss Bilanzprofile 21 bis 40 – Var. C

- Abb. 5-32: Einhaltung der Soll-Flurabstände/MW – 24.01.
 Abb. 5-33: Einhaltung der Soll-Flurabstände/MHW – 24.04.
 Abb. 5-34: Regelprofil der Deichsanierung der Oderdeiche – luftseitiger Ausbau
 Abb. 5-35: Vergleich der Drängewasserströme bei MHW nach Varianten
 Abb. 5-36: Vergleich der Drängewasserströme bei HW nach Varianten
 Abb. 5-37: Vergleich der odernahen Grundwasserstände bei Hochwasser nach Varianten, Profil 2
 Abb. 5-38: Vergleich der odernahen Grundwasserstände bei Hochwasser nach Varianten, Profil 3
 Abb. 5-39: Vergleich der odernahen Grundwasserstände bei Hochwasser nach Varianten, Profil 4
 Abb. 5-40: Vergleich der odernahen Grundwasserstände bei Hochwasser nach Varianten, Profil 5
 Abb. 5-41: Einhaltung der Soll-Flurabstände/MNW – 24.08.

Tabellen

- Tab. 2-1: Stau und Wehre der I. Ordnung
 Tab. 2-2: Schöpfwerke I. und II. Ordnung
 Tab. 3-1: Flächenstatistik der Grundwasserflurabstände
 Tab. 3-2: Flächenstatistik der Flurabstände für landwirtschaftliche Vorranggebiete
 Tab. 3-3: Flächenstatistik der Flurabstände für landwirtschaftliche Vorranggebiete bei MW, differenziert nach der Landnutzung
 Tab. 3-4: Flächenstatistik der Flurabstände für bebaute Gebiete
 Tab. 3-5: Abschätzung der Zuflüsse und Abflüsse ins und aus dem Oderbruch in m³/s (Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Oderbruch-Erster Entwurf, 1993)
 Tab. 4-1: Angaben zu den Grundwasserleitern/-stauern im Oderbruch (HYKA, LKQ)
 Tab. 4-2: Modellrelevantes Grundwasserleiter-/Grundwasserstauermodell
 Tab. 4-3: Niederschlag und potenzielle Verdunstung - Jahressummen des Gebietsmittels für die Zeitreihe 1976–1997
 Tab. 4-4: Flächenanteile der unterschiedlichen Landnutzungsarten
 Tab. 4-5: Flächenanteile der unterschiedlichen Bodentypen
 Tab. 4-6: Flächenanteile der unterschiedlichen Flurabstandsklassen
 Tab. 4-7: Flächenanteile der unterschiedlichen Gefälleklassen
 Tab. 4-8: Langjährige Mittelwerte der Klimadaten
 Tab. 4-9: Langjähriger Mittelwert der Grundwasserneubildung
 Tab. 4-10: Übersicht der Schöpfwerke II. Ordnung im Modellgebiet Oderbruch und der Schöpfwerksentnahmen (Abflussjahr 1994)
 Tab. 4-11: Modellaufbau (vertikale Diskretisierung) Grundwassermodell Oderbruch
 Tab. 4-12: Modellaufbau des instationären Modells
 Tab. 4-13: Grundwasserbilanz (m³/s)
 Tab. 4-14: Zu- und Abflüsse Grabensystem (m³/s)
 Tab. 4-15: Vertikale Flüsse durch die Grenze zwischen Deckschicht und Hauptgrundwasserleiter (m³/s)
 Tab. 5-1: Variantenübersicht
 Tab. 5-2: Flächenanteile der Soll-Flurabstände
 Tab. 5-3: Einhaltung der Soll-Flurabstände – Basisvariante
 Tab. 5-4: Bilanzprofile zur Ermittlung des Gesamtabflusses
 Tab. 5-5: Grundwasserbilanz – Basisvariante
 Tab. 5-6: Abschnittsweise Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder - Basisvar. (in m³/s)
 Tab. 5-7: Abschnittsweise Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder - Basisvar. (in l/s/km)
 Tab. 5-8: Zu- und Abflüsse Grabensystem – Basisvariante
 Tab. 5-9: Gesamtabfluss – Basisvariante
 Tab. 5-10: Einhaltung der Soll-Flurabstände – Variante A
 Tab. 5-11: Grundwasserbilanz – Variante A
 Tab. 5-12: Abschnittsweise Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder – Var. A (in m³/s)
 Tab. 5-13: Abschnittsweise Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder – Var. A (in l/s/km)
 Tab. 5-14: Zu- und Abflüsse Grabensystem – Variante A
 Tab. 5-15: Gesamtabfluss – Variante A
 Tab. 5-16: Einhaltung der Soll-Flurabstände – Variante B
 Tab. 5-17: Grundwasserbilanz – Variante B
 Tab. 5-18: Abschnittsweise Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder – Var. B (in m³/s)
 Tab. 5-19: Abschnittsweise Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder – Var. B (in l/s/km)
 Tab. 5-20: Zu- und Abflüsse Grabensystem – Variante B
 Tab. 5-21: Gesamtabfluss – Variante B
 Tab. 5-22: Einhaltung der Soll-Flurabstände – Variante C
 Tab. 5-23: Grundwasserbilanz – Variante C
 Tab. 5-24: Abschnittsweise Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder – Var. C (in m³/s)
 Tab. 5-25: Abschnittsweise Auswertung der Drängewasserzuflüsse aus der Oder – Var. C (in l/s/km)

- Tab. 5-26: Zu- und Abflüsse Grabensystem – Variante C
 Tab. 5-27: Gesamtabfluss – Variante C
 Tab. 5-28: Einhaltung der Soll-Flurabstände – MW-Zustand (24.01.)
 Tab. 5-29: Einhaltung der Soll-Flurabstände – MHW-Zustand (24.04.)
 Tab. 5-30: Vorschlag zur Einstellung der Bewirtschaftung an Wehren und Stauen
 Tab. 5-31: Angestrebte Einschaltpeile für die Schöpfwerke II. Ordnung
 Tab. 5-32: OW-Wasserstand im odernahen Bereich
 Tab. 5-33: Einhaltung der Soll-Flurabstände – MNW-Zustand (24.08.)
 Tab. 5-34: Überleitungsmengen der Heber Reitwein und Kienitz
 Tab. 5-35: Querprofile

Literatur

- BECKER, A. (1975): EGMO-Einzugsgebietsmodelle zur Abflussberechnung, -vorhersage und -simulation. *Wasserwirtschaft – Wassertechnik*, 25 (1975) 9, S. 316–322.
- BLUME, H. P. (1992): *Handbuch des Bodenschutzes*, Ecomed, 1992.
- BOS, M. G. (1996): *Criwar 2.0, A Simulation model on Crop Irrigation Water requirements*, ILRI, 1996.
- DAHL, H.-J. und HULLEN, M. (1989): Studie über die Möglichkeit der Entwicklung eines naturnahen Fließgewässersystems in Niedersachsen. *Naturschutz Landschaftspf. Niedersachsen*. 18:5-120.
- DANNOWSKI, R., HEIM, S. (1995): Betrachtungen zur langjährigen mittleren Wasserhaushaltsbilanz des Oderbruches – ein gebiets-hydrologischer Ansatz; in: *Wasser- und Bodenverband „Oderbruch“*, Jahresbericht 1995, Seelow, 1996.
- DIERSCH, H.-J. (1998): *FEFLOW Users Manual*. WASY GmbH, Berlin, 1998.
- DISSE, M. (1995): Modellierung der Verdunstung und der Grundwasserneubildung in ebenen Einzugsgebieten, IHW, Karlsruhe, 1995.
- DVWK (1995): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. *DVWK-Merkblatt*, 1995.
- DVWK (1996): Fluss und Landschaft – ökologische Entwicklungskonzepte. *DVWK-Merkblatt*, 1996.
- DWD (1998): Niederschlag und potentielle Verdunstung, Tageswerte vom 01.01.1975-31.12.1997. DWD, 18.05.1998.
- EYRICH, A. (1971): Geologische Untersuchungen im Oderbruch, VEB Geologische Forschung und Erkundung, Auftrags-Nr. 1824.29.0.5.4, 1971.
- GEDO, Gewässer- und Deichverband Oderbruch (1998): Sohlentschlammung der Gewässer II. Ordnung des Glietzer Polders im deichnahen Bereich. Projektbeschreibung, Seelow, Mai 1998.
- HAIER, ST. & PLOCK-ELLENA, U. (1997): Die Bedeutung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag und Überflutung – Fallbeispiel Leithaniederung. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, Wien, 49, Heft 1/2, S. 7–13.
- KADEN, S. u. a. (1996): Wasserwirtschaftliche Grundlagenstudie Flussgebiet Taube-Landgraben. WASY GmbH / IVW Magdeburg im Auftrag des STAU Dessau / Wittenberg, 1996.
- KÖNIG, B. (1988): Anwenderdokumentation zum rechnergestützten Arbeitsplatz „GW-Dargebot“, Vers. 3.0 Institut für Wasserwirtschaft Berlin, 1988.
- LANGKUTSCH, U. (1971): *Teilgutachten Melioration Oderbruch*, VEB Hydrogeologie Nordhausen, 1971.
- LAWA (1995): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz. *Länderarbeitsgemeinschaft Wasser*, Stuttgart, 1995.
- LGRB, Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (1997): *Bohrpunktkarte 1:100.000*.
- LGRB, Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg [Hrsg.] (1997): *Geologische Übersichtskarte des Landes Brandenburg 1 : 300 000. – Kleinmachnow*.
- LGRB, Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (1998): *Geologische Aufschlüsse mit Schichtenverzeichnissen*.
- LRP (1996): *Landschaftsrahmenplan Nationalpark Unteres Odertal*.
- LUA Brandenburg (1993): *Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan „Oderbruch“*. 1. Entwurf, Landesumweltamt Brandenburg, 1993.
- LUA, Landesumweltamt Brandenburg (1995): *Unterhaltungsrahmenplan für die Wriezener Alte Oder bis Bralitz*. Landesumweltamt Brandenburg, 1995.
- LUA, Landesumweltamt Brandenburg (1996a): *Unterhaltungsrahmenplan für ausgewählte Gewässer im Oderbruch*. Landesumweltamt Brandenburg, 1996.
- LUA, Landesumweltamt Brandenburg (1996b): *Staukonzeption Oderbruch*. Landesumweltamt Brandenburg, 1996.
- LUA, Landesumweltamt Brandenburg (1996c): *Gewässerkataster II. Ordnung*. Landesumweltamt Brandenburg, 1996.
- LUA, Landesumweltamt Brandenburg (1997): *Niederschrift über die Beratung zur Staukonzeption „Oderbruch“ am 11.06.1997, 18.06.1997*.
- LUA, Landesumweltamt Brandenburg [Hrsg.] (1997): *Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Elbegebiet, Teil II 1994*.
- LUA, Landesumweltamt Brandenburg (1997): *Stichtagsmessungen der Grundwasserpegel für 01.04.1981; 01.07.1989 und 01.09.1992 und 08.08.1997*.
- LUA, Landesumweltamt Brandenburg (1997): *Betriebspegel Oder, Lebus-Hohensaaten*
- LUA, Landesumweltamt Brandenburg (1997): *Landwirtschaftliche Vorranggebiete mit Beschreibung*.
- LUA, Landesumweltamt Brandenburg (1997): *Naturschutzgebiete und Landschaftsschutzgebiete, Schutzgebietskataster des Landes Brandenburg 1:25.000 (Stand 06/1997)*.
- LUA, Landesumweltamt Brandenburg (1997): *Schreiben des Landkreises Märkisch-Oderland an das LUA Brandenburg vom 04.07.1997 zur Staukonzeption „Oderbruch“*.
- LUA, Landesumweltamt Brandenburg (1997): *Schutzgebietskarte des Landkreises Märkisch-Oderland mit Erläuterung*.
- LUA, Landesumweltamt Brandenburg (1998–2000): *Entwurfsplanung zur Sanierung der Oderdeiche*.

- LVA, Landesvermessungsamt Brandenburg (1996, 1997): ATKIS-Daten des Landes Brandenburg.
- LVA, Landesvermessungsamt Brandenburg (1997): Digitales Geländemodell 1:25.000 (DGM 25).
- MKRO (1996): Entschließung der Ministerkonferenz für Raumordnung „Grundsätze und Ziele der Raumordnung und Landesplanung zu einem grenzübergreifenden Hochwasserschutz an Fließgewässern“ vom 29.03.1996.
- MMK: Mittelmaßstäbige landwirtschaftliche Standortkartierung. Blatt 22, 27 im Maßstab 1:100.000 und MMK 1:25.000 als s/w-Kopie.
- MÜLLER, L., SCHINDLER, U., BEISECKER, R., DANNOWSKI, R., QUAST, J. (1993): Zur Quantifizierung von Wasserhaushaltsgrößen am Beispiel des Oderbruchs. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 71, 165–168.
- NRW (1995): Leitbilder für Tieflandbäche in Nordrhein-Westfalen – Gewässerlandschaften und Fließgewässertypen im Flachland. Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 1995.
- POHL, R. u.a. 1999: Ursache von Deichschäden. *Wasserwirtschaft/Wassertechnik*, Berlin, 1/1999, S. 49–54
- PFÜTZNER, B. (1989): Verallgemeinerungsfähige Techniken zur rechnergestützten Entwicklung, Anpassung und Praxisanwendung von Einzugsgebietsmodellen; Dissertation A, Dresden, TU, Sektion Wasserwesen, in *Mitt. des Institutes für Wasserwirtschaft Berlin*, Heft 49, Dresden, 1989.
- PFÜTZNER, B. (1994): Gekoppelte flächen- und zeitdifferenzierte Abflussbildungsberechnung und Grundwassermodellierung. 1. Fachtagung „Graphikgestützte Grundwassermodellierung“, IWU Magdeburg, 16./17. März 1994, Tagungsband, S. 153–163.
- PREISSLER/BOLLRICH (1992): Technische Hydromechanik, Band 1 – Grundlagen. Verlag für Bauwesen Berlin – München, 1992.
- QUAST, J. (1972): Hydrologisches Gutachten Oderbruch, Teilgutachten Drängewasser, Institut für Wasserwirtschaft Berlin/Dresden.
- QUAST, J. (1995): Wasserhaushalt und Feuchtgebiete in einer Trockenlandschaft – Zustand – Konflikte – Maßnahmen. *Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung*, Berlin, 36, S. 207–213.
- QUAST, J. (1997): Trockenlegung und Landnutzung dominieren den Naturhaushalt des Oderbruchs – Anthropogene Veränderungen einer Auenlandschaft. Vortrag zur Historikertagung in Altranft am 21.1.1997 anlässlich „250 Jahre Trockenlegung des Oderbruchs“.
- QUAST, J., MERZ, CH. UND STEIDL, J. (1999): Überlagerung von Grundwasserdynamik und Stoffumwandlungsprozessen in Grundwasserleitern von Flussauen und eingedeichten Poldern. Manuskript des ZALF- Institut für Landschaftswasserhaushalt, Müncheberg.
- QUAST, J. (1999): Wege zu einem nachhaltigen Miteinander von Landnutzung, Naturschutz und Wasserwirtschaft. *Arch. Ackerpfl. Boden*, 1999, Vol. 44, S. 323–347.
- RENGER, M. (1997): Vorlesungsskript für das WPF Bodenökologie, TU Berlin, 1997.
- REUSCH, H. (1993): Konzeptstudie zur Fließgewässersituation im Oderbruch. Büro für angewandte Limnologie im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg, Außenstelle Frankfurt/Oder 1993, 68 S.
- REUSCH, H. (1994): Bestandsaufnahmen zur Renaturierung der Alten Oder (Oderbruch). Ergebnisbericht im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg, Außenstelle Frankfurt/Oder 1994, 122 S.
- SCHAEFFER et al. (1992): Lehrbuch der Bodenkunde, Enke, 1992.
- SCHOLZ, E. (1962): Die naturräumliche Gliederung Brandenburgs.
- TISCHER, H. (1997): Das Hochwasser an der Oder. *INGEWA-Mitteilungen, Wasser & Boden*, 49, 10/1997, S. 1–3.
- TU Berlin (1993): Nachhaltige Landnutzung nach dem Energie-Transport-Modell am Beispiel des Oderbruchs, Hauptstudienprojekt der TU Berlin, FB 14 Landschaftsentwicklung.
- VEB GEOLOGISCHE FORSCHUNG UND ERKUNDUNG [HRSG.] (1972–1989): Lithofazieskartenwerk Quartär 1 : 50 000 – Blätter 1769, 1869, 1969, Halle.
- WASY GmbH (1994): Hydrologisches Vertikal-Prozess-Modell SIWA. Anwenderdokumentation, Berlin, 1999.
- WASY GmbH (1998): Berechnung der Grundwasserneubildung für das Wasserwerk Spandau, Teilbericht 2, Berlin, 1998.
- WASY GmbH, HYDRO-Planungsgesellschaft GmbH (1996): Erarbeitung von Grundlagen für die wasserwirtschaftliche Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung im Oderbruch I. Komplex: Funktions- und Datenanalyse, Berlin, 1996.
- WASY GmbH, HYDRO-Planungsgesellschaft GmbH (1997): Erarbeitung von Grundlagen für die wasserwirtschaftliche Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung im Oderbruch II. Komplex: Bestimmung der Zielgrößen des Wasserhaushalts-Defizitanalyse, Berlin, 1997.
- WASY GmbH, HYDRO-Planungsgesellschaft GmbH (1997): Erarbeitung von Grundlagen für die wasserwirtschaftliche Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung im Oderbruch Komplex III/1: Grundwasserströmungsmodell: Modellaufbau / Modellierung, Berlin, 1999.
- WASY GmbH, HYDRO-Planungsgesellschaft GmbH (1999): Erarbeitung von Grundlagen für die wasserwirtschaftliche Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung im Oderbruch, Gesamtbericht. Berlin/Wandlitz, 1999.
- GEDO, Gewässer- und Deichverband Oderbruch (1997): Gewässerkataster II. Ordnung.
- ZALF (1994): Hydrologische und gewässerkundliche Grundlagen für ein ökologiegerechtes Management der Oberflächengewässer im Oderbruch. Ergebnisbericht im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg, Forschungsbericht des ZALF e.V., Institut für Hydrologie, Müncheberg, 1994, 82 S.
- ZALF (1996): Instationäre Modellierung der Grund- und Drängewasserströmung im Oderbruch. ZALF im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg, Müncheberg, 1996.
- ZALF (1998): Die Bewirtschaftung von Niederungsgebieten in Vergangenheit und Gegenwart. ZALF-Bericht Nr. 34, S. 57 ff., Müncheberg, 1998.
- ZENTRALES GEOLOGISCHES INSTITUT [HRSG.] (1980–1989): Hydrogeologisches Kartenwerk der DDR 1 : 50 000, Blätter 0610-3/4, 0710-3/4, 0810-3/4, 0910-3/4, 0811-1/2, 0911-1/2, Berlin.

Abkürzungen

DGM	Digitales Geländemodell
ERI	reale Verdunstung
FEM	Finite-Elemente-Methode
GEDO	Gewässer- und Deichverband „Oderbruch“
GWN	Grundwasserneubildungsrate
HW	Hochwasser bzw. höchster Wasserstand in einer Zeitspanne
HYKA	Hydrogeologische Grundkarte der Deutschen Demokratischen Republik
k_f	Durchlässigkeitsbeiwert (m/s)
LGRB	Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
LKQ	Lithofazieskarte Quartär
LUA	Landesumweltamt Brandenburg
MHW	mittleres Hochwasser bzw. Mittelwert der höchsten Wasserstände einer Zeitspanne
MNW	mittleres Niedrigwasser bzw. Mittelwert der niedrigsten Wasserstände einer Zeitspanne
MW	Mittelwasser bzw. arithmetischer Mittelwert der Wasserstände einer Zeitspanne
N	Niederschlag
NW	Niedrigwasser bzw. niedrigster Wasserstand in einer Zeitspanne
PET	potentielle Verdunstung
RO	Direktabfluss
TK25	Topographische Karte 1:25.000
ZALF	Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e. V., Müncheberg

Schriftenreihe „Studien und Tagungsberichte“ (ISSN 0949-0838)

- Band 1 **Geotechnik im Deponiebau**
Ausgewählte Beiträge aus den Geotechnischen Seminaren des Landesumweltamtes Brandenburg 1992/94 (1994)
- Band 2 **Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg**
Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg – dezentrale Lösungen – Tagungsbericht über das Abwassersymposium am 21.10.1992 (1993)
- Band 3 **Das Trockenjahr 1992 im Land Brandenburg**
Eine Modellbetrachtung aus wasserwirtschaftlicher Sicht – Studie (1994)
- Band 4 **Abfallwirtschaft und Bergbau**
Beiträge der Fachtagung „Abfallwirtschaft/Kreislaufwirtschaft – Herausforderung für die Region Cottbus und die Braunkohlenindustrie“ am 05./06.04.1995 (1995)
- Band 5 **Luftqualität 1975 bis 1990**
Ein Rückblick für das Gebiet des heutigen Landes Brandenburg – Studie (1995)
- Band 6 **Wasserbeschaffenheit in Tagebaurestseen**
Bergbaubedingte Wasserbeschaffenheit in Tagebaurestseen – Analyse, Bewertung und Prognose – Untersuchungen im Lausitzer Braunkohlenrevier - Studie (1995)
- Band 7 **Rüstungsaltpasten**
Beiträge des Fachseminars „Rüstungsaltpasten“ am 22.06.1995 in Potsdam (1995)
- Band 8 **Die Havel**
Naturwissenschaftliche Grundlagen und ausgewählte Untersuchungsergebnisse – Studie (1995)
- Band 9 **Rieselfelder Brandenburg-Berlin (1995)**
– Fachtagung „Rieselfelder Brandenburg-Berlin“ im Februar 1995
– Bericht des Wissenschaftlich-technischen Beirates Rieselfelder (WTB) von 12/1995
- Band 10 **Ausweisung von Gewässerrandstreifen**
Studie zur Erarbeitung von Grundlagen für die Ausweisung von Gewässerrandstreifen – Studie (1996)
- Band 11 **Brandenburger Ökologietage I: Natur- und Ressourcenschutz durch nachhaltige Landnutzung: Fachtagung des Landesumweltamtes am 06.11.1996 – Tagungsbericht (1996)**
- Band 12 **Radioaktive Altlasten auf WGT-Flächen**
Erfassung und Sanierung radioaktiver Belastungen auf ehemaligen WGT-Liegenschaften im Land Brandenburg – Studie (1996)
- Band 13/14 **Rieselfelder südlich Berlins**
Altlast, Grundwasser, Oberflächengewässer/Gemeinsamer Abschlußbericht 1996
- Band 15 **Die sensiblen Fließgewässer und das Fließgewässerschutzsystem im Land Brandenburg – Studie (1998)**
- Band 16 **Das Sommerhochwasser an der Oder 1997 – Fachbeiträge anlässlich der Brandenburger Ökologietage II – Studie (1998)**
- Band 17 **Naturschutz in der Bergbaufolgelandschaft – Leitbildentwicklung – Studie (1998)**
- Band 18 **Landschaftsökologische Untersuchungen an einem wiedervernässten Niedermoor in der Nuthe-Nieplitz-Niederung – Studie (1998)**
- Band 19 **Umweltradioaktivität – Bericht 1998 für das Land Brandenburg (1999)**
- Band 20/21 **Untersuchungen der Oder zur Belastung der Schwebstoff- bzw. Sedimentphase und angrenzender Bereiche – Forschungsbericht 1998 (Anlagenband gesondert) 1999**
- Band 22 **Schadstoffbelastung von Böden im Nationalpark „Unteres Odertal“ vor und nach dem Oderhochwasser 1997 – Studie 1999**
- Band 23 **Geogen bedingte Grundbelastung der Fließgewässer Spree und Schwarze Elster und ihrer Einzugsgebiete – Studie 1999**
- Band 24 **Brandenburgisches Symposium zur bodenschutzbezogenen Forschung – Tagungsbericht vom 22. Juni 2000 (2000)**
- Band 25 **Humanarzneimittel in der Umwelt – Erhebung von Humanarzneimittelmengen im Land Brandenburg 1999 (Studie 2000)**
- Band 26 **Endokrin wirksame Stoffe in der Umwelt – Literaturstudie zur Bedeutung dieser Stoffe im Land Brandenburg (Studie 2000)**
- Band 27 **Flächendeckende Modellierung von Wasserhaushaltsgrößen für das Land Brandenburg Studie (2000)**
- Band 28 **Ökologietage Brandenburg III – Landschaftswasserhaushalt in Brandenburg Tagungsbericht vom 09. November 2000 (2001)**
- Band 29 **Tierarzneimittel in der Umwelt – Erhebung von Tierarzneimittelmengen im Land Brandenburg für den Zeitraum von Juli 1998 bis Juni 1999 (2001)**
- Band 30 **Pflanzenschutzmittel in der Umwelt – Erhebung zu Wirkstoffmengen von Pflanzenschutzmitteln im Land Brandenburg (2001)**
- Band 31 **Grundlagen für die wasserwirtschaftliche Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung im Oderbruch (2001)**

Herausgeber:

Landesumweltamt Brandenburg (LUA) • Berliner Straße 21–25 • 14467 Potsdam
FON: 0331/23 23 259 • FAX: 0331/29 21 08
e-mail: infoline@lua.brandenburg.de

Schutzgebühr je Band 15,- DM; Doppelband 20,- DM