

Verbundvorhaben (FKZ 0339571)

# „Auenregeneration durch Deichrückverlegung“

Endbericht

## Teilprojekt 1: Grundwasser

Untersuchung der Auswirkungen Wasserbaulicher Eingriffe auf die  
Grundwasserdynamik in Flußauen



Projektdurchführung: Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft  
Technische Universität Darmstadt  
Rundeturmstr. 1  
64283 Darmstadt

Projektbearbeitung: Dr.-Ing. Hector Montenegro  
Dipl.-Ing. Tilman Holfelder  
Dipl.-Ing. Benjamin Wawra

**Oktober 2000**

**INHALTSVERZEICHNIS**

**1 EINLEITUNG .....1**

**2 VERANLASSUNG UND PROBLEMBESCHREIBUNG .....1**

**3 UNTERSUCHUNGSGEBIET .....2**

3.1 HYDROGEOLOGISCHER ÜBERBLICK .....3

3.2 HYDRAULISCHE VERHÄLTNISSE IM UNTERSUCHUNGSRAUM .....4

**4 DATENERHEBUNG .....6**

4.1 OBERFLÄCHENGEWÄSSER .....6

4.1.1 *Elbe* .....6

4.1.2 *Löcknitz* .....8

4.1.3 *Grabensystem* .....10

4.1.4 *Qualmwasser* .....11

4.2 GRUNDWASSER .....12

4.2.1 *Eigenes Grundwassermessnetz* .....12

4.2.2 *Weitere Grundwassermessstellen* .....15

4.3 METEOROLOGISCHE DATEN .....16

4.4 HYDROGEOLOGISCHE BODENKENNWERTE .....17

**5 NUMERISCHES GRUNDWASSERMODELL .....18**

5.1 BESCHREIBUNG DES MODELLAUFBAUES .....19

5.2 DYNAMISCHE ASPEKTE .....20

5.3 RÄUMLICHE ERSTRECKUNG DES GRUNDWASSERMODELLS .....20

5.3.1 *Horizontale Abgrenzung* .....20

5.3.2 *Festlegung der vertikalen Struktur* .....21

5.3.3 *Einbindung der Topografie* .....21

5.3.4 *Ermittlung der Deckschichtmächtigkeiten* .....22

5.4 DISKRETISIERUNG .....27

5.5 RANDBEDINGUNGEN .....27

5.5.1 *Randzuflüsse* .....27

5.5.2 *Oberflächengewässer* .....28

5.5.3 *Grundwasserneubildung* .....34

**6 PARAMETERBESTIMMUNG UND MODELLVALIDIERUNG .....38**

6.1 KALIBRIERUNGS- UND VALIDIERUNGSZEITRÄUME .....39

6.2 INVERSE PARAMETERBESTIMMUNG .....40

6.3 PARAMETERBESTIMMUNG AUS DER MODELLKALIBRIERUNG VOM 01.07.98 – 15.02.99 .....41

6.4 BEWERTUNG DER VALIDIERUNGSRECHNUNG VOM 22.07.97 - 01.05.98 .....43

---

6.5	VERGLEICH MIT EXTERNEN GRUNDWASSERMESSUNGEN .....	51
<b>7</b>	<b>PROGNOSERECHNUNGEN ZUR DEICHRÜCKVERLEGUNG .....</b>	<b>54</b>
7.1	VARIANTEN DER DEICHRÜCKVERLEGUNG .....	55
7.2	BETRACHTUNGSZEITRAUM DER PROGNOSE .....	58
7.3	IMPLEMETIERUNG IN DAS MODELL .....	62
7.3.1	<i>Modellstruktur.....</i>	62
7.3.2	<i>Randbedingungen.....</i>	64
7.4	ERGEBNISSE DER SZENARIEN .....	69
7.4.1	<i>Lokale Betrachtung der Grundwasserdynamik.....</i>	70
7.4.2	<i>Raumorientierte Betrachtung der Grundwasserdynamik.....</i>	82
7.4.3	<i>Jahreszeitliche Schwankungen des Grundwasserregimes.....</i>	98
7.4.4	<i>Artesisch gespannte Zustände (Qualmwasser).....</i>	98
7.4.5	<i>Abflussleistung der Löcknitz und anfallende Wassermengen am Schöpfwerk Gaarz.....</i>	104
7.4.6	<i>Interpretation der durchgeführten Szenarienberechnung auf andere mögliche Varianten einer Deichrückverlegung .....</i>	108
<b>8</b>	<b>BEWERTUNG DER MODELLERGEBNISSE .....</b>	<b>109</b>
<b>9</b>	<b>EINORDNUNG DER ERGEBNISSE IM GESAMTKONTEXT DES VORHABENS .....</b>	<b>111</b>
9.1	DATENAUSTAUSCH .....	111
<b>10</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>112</b>
<b>11</b>	<b>AUSBLICK.....</b>	<b>115</b>
	<b>DANKSAGUNG.....</b>	<b>117</b>
	<b>VERÖFFENTLICHUNGEN (STAND 5/2000) UND LITERATUR .....</b>	<b>118</b>

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 1: Untersuchungsgebiet .....3

Abbildung 2: Schematischer Vertikalschnitt durch den Talaquifer (Grundwasserzustand bei unterschiedlichen Flusswasserständen) .....6

Abbildung 3: Wasserstände der Elbe am Pegel Wittenberge und Lenzen für die Jahre 1995 bis 1999 .....7

Abbildung 4: gemessene Wasserstände der Löcknitz an den Pegeln Lenzen (LUA Brandenburg) und Wustrow (BfG i.A. BfS) von 1995 – bis 1999 .....9

Abbildung 5: Wasserstand der Löcknitz am Pegel Wustrow und Lenzen, gemessene und ergänzte Werte. (Messwerte vom LUA Brandenburg (Lenzen) und der BfG (Wustrow) .....10

Abbildung 6: Lage der Grundwassermessstellen .....12

Abbildung 7: Auslesen der automatischen Datalogger Ott Orphimedes .....13

Abbildung 8: Wasserstände der stärker mit der Elbe korrelierenden Grundwassermessstellen .....14

Abbildung 9: Wasserstände der stärker mit der Löcknitz korrelierenden Grundwassermessstellen ..15

Abbildung 10: Summe der monatlichen Niederschläge für die hydrologischen Jahre 1995 – 98 (Klimastation Lenzen , DWD) .....16

Abbildung 11: Täglicher Niederschlag und mittlere Tagestemperatur im Untersuchungszeitraum .....17

Abbildung 12: Abgrenzung des Gebietes im numerischen Modell .....21

Abbildung 13: Topografie des Untersuchungsgebietes .....22

Abbildung 14: Simulierte Grundwasserpotentiale bei Hochwasserstand der Elbe am 31.07.1997 (Draufsicht und Schnitt) .....23

Abbildung 15: Simulierte Grundwasserpotentiale bei Niedrigwasserstand der Elbe am 18.11.1997 (Draufsicht und Schnitt) .....24

Abbildung 16: generierte Verteilung der Deckschichtmächtigkeiten [m] im Untersuchungsgebiet (Kreuze markieren die Bohrpunkte) .....26

Abbildung 17: Einfluss des Übergangs gespannt-ungespannt auf die Simulation am Beispiel der Grundwassermessstelle GW03 .....26

Abbildung 18: Finite Elemente Netz des Untersuchungsgebietes unter Berücksichtigung des Grabensystems .....27

Abbildung 19: Im Modell berücksichtigte Leakagegewässer .....29

Abbildung 20: Angenommene Grabenwasserstände .....32

Abbildung 21: Leakagebereiche der Deckschicht (blau: undurchlässig, grün: leicht durchlässig, gelb: stark durchlässig, rot: Landwehr-Brack) .....34

Abbildung 22: Grundwasserneubildung in Abhängigkeit der Deckschichtmächtigkeit (hellgrau: hohe Grundwasserneubildung; dunkelgrau: geringe Grundwasserneubildung) .....36

---

Abbildung 23: Im zweiten Ansatz angenommene Grundwasserneubildung bei Deckschichtmächtigkeiten kleiner 1 m (1997 bis 1998) .....	37
Abbildung 24: Im zweiten Ansatz angenommene Grundwasserneubildung bei Deckschichtmächtigkeiten größer 1 m.....	37
Abbildung 25: gemessene und simulierte Potentialhöhen der Messstelle GW02 .....	44
Abbildung 26: gemessene und simulierte Potentialhöhen der Messstelle GW10 .....	45
Abbildung 27: gemessene und simulierte Potentialhöhen der Messstelle GW11 .....	45
Abbildung 28: gemessene und simulierte Potentialhöhen der Messstelle GW03 .....	46
Abbildung 29: gemessene und simulierte Potentialhöhen der Messstelle GW09 .....	46
Abbildung 30: gemessene und simulierte Potentialhöhen der Messstelle GW07 .....	47
Abbildung 31: gemessene und simulierte Potentialhöhen der Messstelle GW08 .....	48
Abbildung 32: gemessene und simulierte Potentialhöhen der Messstelle GW13 .....	48
Abbildung 33: gemessene und simulierte Potentialhöhen der Messstelle GW04 .....	49
Abbildung 34: gemessene und simulierte Potentialhöhen der Messstelle GW05 .....	50
Abbildung 35: gemessene und simulierte Potentialhöhen der Messstelle GW06 .....	50
Abbildung 36: gemessene und simulierte Potentialhöhen der Messstelle GW12 .....	51
Abbildung 37: Vergleich mit dem Pegel Bodenkunde am Standort „Drei Felder“ .....	52
Abbildung 38: Vergleich mit dem Pegel Bodenkunde am Standort „Eichwald“ .....	52
Abbildung 39: Vergleich mit dem Pegel Bodenkunde am Standort „Oberholz“ .....	53
Abbildung 40: Vergleich mit dem Pegel Bodenkunde am Standort „Lütkenwisch“ .....	53
Abbildung 41: Lage der Deichtrasse, der Schlitze und der Flutrinnen bei der mittleren Rückdeichungsvariante.....	57
Abbildung 42: Lage der Deichtrasse, der Schlitze und der Flutrinnen bei der großen Rückdeichungsvariante.....	57
Abbildung 43: Überschreitungsstatistik der Elbe (Datengrundlage: Bundesanstalt für Gewässerkunde;Überarbeitung (Stand März 1999): Universität Karlsruhe (TH); Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, Abt. Hydrologie).....	60
Abbildung 44: Monatsstatistik der Elbe (Datengrundlage: Bundesanstalt für Gewässerkunde; Überarbeitung (Stand März 1999): Universität Karlsruhe (TH), Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, Abt. Hydrologie).....	61
Abbildung 45: Modellnetz für das Szenario der mittleren Deichvariante .....	63
Abbildung 46: Ergebnisse der instationären Berechnung der BAW, Karlsruhe am Beispiel der Überflutung am Teststandorts „Drei Felder“ (links: Überflutungshöhe aufgetragen über die Zeit; rechts: Überflutungshöhe aufgetragen über den Durchfluss der Elbe) ....	65

---

Abbildung 47: Fehler bei der Bestimmung der Elbeganglinie am Pegel Lenzen .....	67
Abbildung 48: Langjährige Abflüsse am Pegel Gadow.....	68
Abbildung 49: Auswirkung einer Deichrückverlegung auf die Ganglinie im Bereich des Pegels GW05 .....	72
Abbildung 50: Auswirkung einer Deichrückverlegung auf die Ganglinie im Bereich des Pegels GW06 .....	73
Abbildung 51: Auswirkung einer Deichrückverlegung auf die Ganglinie im Bereich des Pegels GW04 .....	74
Abbildung 52: Auswirkung einer Deichrückverlegung auf die Ganglinie im Bereich des Pegels GW03 .....	74
Abbildung 53: Auswirkung einer Deichrückverlegung auf die Ganglinie im Bereich des Pegels GW12 .....	75
Abbildung 54: Auswirkung einer Deichrückverlegung auf die Dauerlinie im Bereich des Pegels GW03 (Vegetationszeit 35 Jahre).....	76
Abbildung 55: Auswirkung einer Deichrückverlegung auf die Dauerlinie im Bereich des Pegels GW05 (Vegetationszeit 35 Jahre).....	76
Abbildung 56: Auswirkung einer Deichrückverlegung auf die Ganglinie im Bereich des Pegels GW10 .....	78
Abbildung 57: Auswirkung einer Deichrückverlegung auf die Ganglinie im Bereich des Pegels GW11 .....	78
Abbildung 58: Auswirkung einer Deichrückverlegung auf die Ganglinie im Bereich des Pegels GW02 .....	79
Abbildung 59: Auswirkung einer Deichrückverlegung auf die Ganglinie im Bereich des Pegels GW09 .....	79
Abbildung 60: Auswirkung einer Deichrückverlegung auf die Dauerlinie im Bereich des Pegels GW02 (Vegetationszeit 35 Jahre).....	80
Abbildung 61: Auswirkung einer Deichrückverlegung auf die Ganglinie im Bereich des Pegels GW07 .....	80
Abbildung 62: Auswirkung einer Deichrückverlegung auf die Ganglinie im Bereich des Pegels GW08 .....	81
Abbildung 63: Auswirkung einer Deichrückverlegung auf die Ganglinie im Bereich des Pegels GW13 .....	81
Abbildung 64: Auswirkung einer Deichrückverlegung auf die Dauerlinie im Bereich des Pegels GW13 (Vegetationszeit 35 Jahre).....	82
Abbildung 65: Beispiel einer statistischen Auswertung eines Punktes im Untersuchungsgebiet. ....	83
Abbildung 66: Grundwasserpotentiale 3. Quartile (Vegetationszeit 35 Jahre; oben: Variante 1; Mitte: Variante 2; unten: Variante 2 – Variante 1).....	86

Abbildung 67: Grundwasserpotentiale Maxima (Vegetationszeit 35 Jahre; oben: Variante 1; Mitte: Variante 2; unten: Variante 2 – Variante 1).....	87
Abbildung 68: Spannbreite der Grundwasserpotentiale zwischen der 3. und 1. Quartile (Vegetationszeit 35 Jahre; oben Variante 1; Mitte Variante 2; unten Variante 2 – Variante 1).....	89
Abbildung 69: Spannbreite der Grundwasserpotentiale zwischen Maximum und Minimum (Vegetationszeit 35 Jahre; oben Variante 1; Mitte Variante 2; unten Variante 2 – Variante 1).....	90
Abbildung 70: Maximale Grundwasserpotentiale mit unterschiedlicher Verweildauer (Variante 1; Vegetationszeit 35 Jahre) .....	93
Abbildung 71: Veränderungen durch Deichrückverlegung in den Maximalen Grundwasserpotentialen mit einer Verweildauer von 6 Tagen (Vegetationszeit 35 Jahre).....	94
Abbildung 72: Veränderungen durch Deichrückverlegung in den Maximalen Grundwasserpotentialen mit einer Verweildauer von 30 Tagen (Vegetationszeit 35 Jahre).....	95
Abbildung 73: Veränderungen durch Deichrückverlegung in den minimalen Grundwasserpotentialen mit einer Verweildauer von 6 Tagen (Vegetationszeit 35 Jahre).....	97
Abbildung 74: Monatsmittel der Grundwasserpotentiale .....	98
Abbildung 75: Potentielle Qualmwasserbereiche (graue Bereiche) nach einer Simulation des Hochwasserereignisses am 15.3.99 (oben: Variante 1 (kartierte Qualmwasserzonen sind umrandet); unten Variante 2) (nach M. Hape, LAGS, mündliche Mitteilung 1999) .....	103

**TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 4.1: Hauptzahlen der Wasserstände der Elbe der Jahresreihe 1981-90 am Pegel Wittenberge und Lenzen (LUA Brandenburg 1995 aus ibs 1996).....	7
Tabelle 4.2: Gewässerkundliche Hauptzahlen des Pegels Wittenberge (Auswertung vom Institut für Wasserbau und Kulturtechnik, Universität Karlsruhe, im Rahmen vom BMBF Verbundprojekt „Morphodynamik der Elbe“ (FKZ 0339566), B. Büchele, pers. Mitteilung März 1999).....	8
Tabelle 4.3: Näherungsweise berechnete Hauptwerte der Abflüsse [m <sup>3</sup> /s] der Löcknitz für den Pegel Lenzen (Schreiben LUA Brandenburg , November 98) .....	9
Tabelle 5.1: Festgelegte Grundwasserneubildung .....	35
Tabelle 6.1: Bei der Kalibrierung ermittelte Durchlässigkeiten und Porositäten .....	42
Tabelle 6.2: Bei der Kalibrierung ermittelte Leakage Parameter $\lambda$ für das Grabensystem und die Qualmwasserbereiche .....	43

## 1 Einleitung

Im Rahmen des interdisziplinären Forschungsverbundes "Elbe-Ökologie" wurden Aspekte der Auenregeneration und Wiederbelebung der Flussdynamik untersucht. Durch Deichrückverlegungen an der Elbe könnten Überschwemmungsflächen bereitgestellt und somit bislang abgeschnittene Räume der elbtypischen Hochwasserdynamik und den hiermit einher gehenden Umlagerungsprozessen zugänglich gemacht werden. In Brandenburg wird bereits ein Rückdeichungs- und Auenwaldentwicklungsprojekt im Bereich Lenzen-Wustrow durch die Landesanstalt für Großschutzgebiete (LAGS) innerhalb des von ihr verwalteten Brandenburgische Elbtalaue geplant. Dieses Rückverlegungsprojekt mit einer je nach Deichtrassenverlauf maximal 700 ha großen Rückdeichungsfläche bietet sich für exemplarische Untersuchungen an. Mittelfristig könnte dieses Rückdeichungsareal als Kernzone des länderübergreifenden Biosphärenreservats "Flusslandschaft Elbe" weitgehend aus der landwirtschaftlichen Nutzung herausgenommen und einer natürlichen Sukzession überlassen werden.

## 2 Veranlassung und Problembeschreibung

Bei Untersuchungen zur Entwicklung der Biozönose in Auen stellt der Wasserhaushalt einen dominierenden Standortfaktor dar, der vorwiegend von der Wasserstandsdynamik im Fluss und im Grundwasser bestimmt wird. Um die zu erwartenden Veränderungen der Zusammensetzung des Wirtschaftsrücklandes, der Restauengesellschaften und der Auenwaldneupflanzungen abschätzen zu können, ist es erforderlich, den Standortfaktor Wasserhaushalt im Ausgangszustand zu erfassen und im Hinblick auf die projektierte Ausdeichung zu prognostizieren. Im Rahmen des Verbundprojekts wurde das Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU-Darmstadt mit der Erstellung eines numerischen Grundwassermodells beauftragt, um die Auswirkungen der geplanten Maßnahmen auf die Grundwasserdynamik detailliert zu untersuchen. Ferner soll das Grundwassermodell eine Integration der in den einzelnen Teilprojekten erhobenen Daten leisten und die Extrapolation punktuell erhobener Beobachtungen auf die Fläche unterstützen.

Um die Folgen dieses Eingriffes auf die Entwicklung von Biozönose und Landwirtschaft quantitativ bewerten zu können, sind nicht nur Prognosen zum mittleren Verhalten der Grundwasserdynamik sondern auch während Extremereignissen (Hoch- und Niedrigwasserperioden) erforderlich. Die komplizierte hydraulische Interaktion zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser kann in diesem Detaillierungsgrad nur auf Grundlage eines physikalisch basierten Modells untersucht werden. Obwohl ein Modell aufgrund der inhärenten Unsicherheiten nicht den Anspruch erfüllen kann, die Wirklichkeit exakt abzubilden, bestehen unterschiedliche Strategien, um mit Hilfe von Prognoserechnungen Handlungsalternativen einer Deichrückverlegung zu untersuchen und zu bewerten. Hierbei



wird man versuchen, verschiedene, von den Parameterwerten her in sich konsistente Szenarien zu entwerfen, um die obere und untere Schranke des tatsächlichen Geschehens abzuschätzen. Beispielsweise werden mit dem geeichten Grundwassermodell charakteristische Abflusssituationen (Niedrigwasser, Mittelwasser und Hochwasser) sowie deren Übergänge simuliert. Nach einer Überprüfung der Ergebnisse auf ihre Plausibilität hin werden die Parameter/Randbedingungen, die mit Unsicherheiten behaftet sind, innerhalb hydrogeologisch sinnvoller Grenzen variiert und eine erneute Modellberechnung durchgeführt.

### **3 Untersuchungsgebiet**

In der norddeutschen Tiefebene wird die Elbe zum breiten, wenig verbauten und nicht begradigten Strom. Charakteristisch für diesen Fluss sind Hochwasser in den Monaten März und April. An der Elbe nennt man dieses Ereignis seit alten Zeiten "Johanni-Hochwasser". Andererseits sind die Winterhochwasser oftmals bescheidener als an anderen deutschen Strömen. In den Deichvorländern hinterlässt der alljährliche Hochwasserrhythmus des Elbstroms seine Spuren. Hier wechseln sich Sandbänke, Flutrinnen und Altarme ab. Durch das Wechselspiel von Ablagerung, Ausspülung, Austrocknung und Vernässung entstand ein reich gegliedertes Mosaik aus Mulden, Senken, Flutrinnen, unterschiedlich stark verlandeten Altarmen und, durch nacheiszeitliche Aufwehungen, die Binnendünen wie die bei Klein Schmölen. Auf engstem Raum befinden sich in der Elbtalaue Pflanzen und Tiere, die völlig unterschiedliche Lebensbedingungen benötigen und beispielsweise an extreme Nässe oder an ausgesprochene Trockenheit angepasst sind. Die Reste alter Auenwälder geben der Landschaft ihren besonderen Reiz. Im Bereich der unteren Mittelelbe wird ein Bundesländer übergreifendes Naturschutzkonzept verfolgt, in dessen Rahmen ein Biosphärenreservat mit einem integrierten Nationalpark eingerichtet wurde. Der Brandenburgische Teil des Biosphärenreservats ist 560 Quadratkilometer groß und erstreckt sich am östlichen Ufer der Elbe von der Havelmündung bis kurz vor die Tore von Dömitz. Knapp 40 Einwohner leben auf einem Quadratkilometer in diesem Teil der Westprignitz. Dies entspricht einer der niedrigsten Siedlungsdichten in Deutschland überhaupt.

Das eigentliche Untersuchungsgebiet erstreckt sich von Lenzen bis Wustrow, eingegrenzt von den Flüssen Elbe (Elbe km: 476 bis 485) und Löcknitz (s. Abbildung 1). Das Gelände erweckt den Eindruck einer weitläufigen Ebene mit leichten Senken sowie fluvialen Reststrukturen. Das Gebiet fällt generell von der Elbe zur Löcknitz sowie von Ost nach West hin ab. Im elbnahen Bereich bei Lenzen liegen die Höhen um 17,0 müNN, im Bereich des "Bösen Ort" etwa einen Meter höher, während an der unteren Löcknitz Werte um 15,5 müNN gemessen werden. Die nördlich und südlich angrenzenden Gebiete haben im Gegensatz dazu ein wesentlich stärker ausgeprägtes Relief mit aufgewehten Dünen und einer pleistozänen Hochfläche bis zu 45 müNN.



Abbildung 1: Untersuchungsgebiet

### 3.1 Hydrogeologischer Überblick

Die morphologisch einfache Oberflächengestalt verdeckt ein geologisch kompliziertes System von tief eingeschnittenen Gletscher- und Schmelzwasserrinnen. Die pleistozänen Gletscher und Inlandeis Massen sowie ihre Schmelzwässer wirkten vielfältig an der Gestaltung der Geländeoberfläche an der unteren Mittel Elbe mit. Die Landschaft wurde durch die Saalekaltzeit geprägt, die mächtige Ablagerungen aus Sand und Kies hinterließ. In der Weichseleiszeit entstand das Elbe-Urstromtal aus Schmelzwasser. Vor dem Gletscherrand sammelte sich das Schmelzwasser, das sich mit dem Wasser der von Süden kommenden Flüsse zu einem komplizierten System von Wasserläufen verband. Diese Wassermassen vereinigten sich zu breitflächigen Abflussbahnen und formten das Urstromtal aus. Infolge Seitenerosion und Talverbreiterung kam es zur Ablagerung mächtiger Sandschichten. Mit der fortschreitenden Erwärmung stieg der Meeresspiegel an, so dass das Fließgefälle und in der Folge die Schleppkraft des Flusses abnahmen. Somit lässt sich der vertikale Aufbau des Untergrundes in vier geologische Strukturen unterteilen:

- Das Oberflächenstockwerk (bis ca. 150 m Tiefe) mit dem saale-eiszeitlichen End- und Stauchmöränenrelief, dem weichseleiszeitlichen Elbe Urstromtal und der holozänen Elbaue.
- Die Elster-eiszeitlichen Gletscher- und Schmelzwasserrinnen (bis ca. 500 m)

- Das Salztektische Stockwerk
- Das tektonische Stockwerk des subsalinaren Untergrundes im Liegenden der Zechstein Salzgesteine

Das in die Talsande eingegrabene Flussbett wurde wieder mit Sedimenten aufgefüllt. Aufgrund des veränderten Fließverhaltens der Elbe kam es auch zur Ablagerung feinen Sandes, der gelegentlich an den Rändern des Urstromtales zu Dünen aufgeweht wurde. Periodische Überschwemmungen führten zur Schlickablagerung (feinkörnige Sedimente) und letztlich zur Bildung einer geringdurchlässigen Auelehmdecke. Diese abgelagerten Lehme und Tone bilden heute die Deckschicht des Aquifers (Flemming, 1997).

Für die Fragestellung hinsichtlich der Grundwasserdynamik ist lediglich das Oberflächenstockwerk von Belang. Aus dem Studium hydrogeologischer Unterlagen im Kontext der Erkundung zum Endlager Gorleben geht hervor, dass der oberste Grundwasserleiter nach unten hin von einer geringdurchlässigen Schicht begrenzt wird. Diese Schicht weist eine regionale Ausbreitung auf und kann somit als eine Grundwasserbasis aufgefasst werden. Die Mächtigkeit des darüberliegenden Aquifers wird auf 60 bis 100 m geschätzt. Bohrungen bei Wittenberge in ca. 40 km Entfernung stromaufwärts ergaben eine Mächtigkeit von ca. 30 m (F. Krüger, UFZ, persönliche Mitteilung).

### **3.2 Hydraulische Verhältnisse im Untersuchungsraum**

Aufgrund der hydrogeologischen Gegebenheiten besteht im Untersuchungsgebiet ein guter hydraulischer Kontakt zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser über die gut bis sehr gut durchlässigen Sande und Kiessande an der Flusssohle. Der Grundwasserstand und das Grundwassergefälle in der Aue sind somit unmittelbar vom Flusswasserstand abhängig. Im Allgemeinen fließen der Aue laterale Randzuflüsse zu und geben so die generelle Fließrichtung vom Einzugsgebiet zum Fluss vor (Entlastung der Aue). In Lenzen liegt als Folge kulturtechnischer Maßnahmen ein besonderer Fall vor. Der Mittelwasserstand der Lößnitz liegt unter dem der Elbe. Die Lößnitz stellt in diesem Fall den eigentlichen Vorfluter der Aue dar. Durch eine Reihe kleinerer Wehre sowie dem Schöpfwerkbetrieb in Gaarz können der Wasserstand und die Wasserführung soweit gesteuert werden, dass eine Be- oder Entwässerung über das Grabensystem in den eingedeichten Bereichen erfolgen kann. Die Bedeutung des Grabensystems auf das Grundwasserregime im Untersuchungsgebiet wurde von Flemming näher untersucht (Flemming 1997) (vgl. Kapitel 4.1.3).

Charakteristisch für Flussauen ist weiterhin die Auelehmdecke, die auf den gut durchlässigen Talfüllungen aufliegt. Die Bodenschichtung aus undurchlässigen Auelehmschichten über gut durchlässigen

Sanden kann landseitig vom Deich zu artesisch gespannten Bereichen führen. An welchen Stellen und wieviel Wasser nun die Auelehmdecke durchdringt ("Qualmwasser"), hängt vom vorherrschenden hydraulischen Gradienten aber auch von der Deckschichtmächtigkeit und dem Vorhandensein von Störungen und Fehlstellen ab. In der Regel kommt es zu einem Übergang von gespannten zu ungespannten Verhältnissen (s. Abbildung 2). Diese Übergänge beeinflussen weitgehend die Grundwasserdynamik (Montenegro und Holfelder, 1999). Die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Druckwellen und die Reichweite ins Deichbinnenland infolge Wasserstandsänderungen im Fluss hängen vom jeweiligen Füllungszustand des Aquifers ab. Unter gespannten Verhältnissen reagiert der Aquifer wie ein Rohr, in das man nur wenig Luft einblasen muss, um am entfernten Ende sofort einen Luftzug zu erzielen: Druckwellen werden enorm schnell in das Gebiet übertragen. Unter ungespannten Verhältnissen bewirkt eine Wasserspiegeländerung der Elbe eine Hebung des Grundwasserpotentials entlang der Elbe wobei viel Wasser in den Poren des Sandkörper gespeichert wird. Die erhöhten Grundwasserstände am Ufer wirken sich dann langsam auf die umgebenden Grundwasserstände aus. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist langsam und es wird viel Wasser im Bodenkörper gespeichert, wodurch die Grundwasserwelle stark gedämpft und die Reichweite verkürzt wird.

Eine Bedingung für einen Qualmwasseraustritt liegt vor, wenn das hydraulische Potential (Druckfläche des Grundwassers) die Geländeoberkante erreicht (artesisch gespannt). Die vom Fluss induzierten großen Grundwasserstandsschwankungen haben weitgehende Auswirkungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt in Auen. Der hydraulische Anschluss des Grundwassers an die Auelehmdeckschicht ist entscheidend für den kapillaren Aufstieg. Die Grundwasserstandsschwankungen führen zu periodischen Übergängen zwischen oxischen und anoxischen Milieubedingungen und steuern entsprechende Stoffumsetzungsprozesse (Fittschen et al., 1999). Diese Wasserstandsänderungen und die Übergänge weisen zum Teil eine komplexe Dynamik auf, das Verständnis dieser Prozesse soll mit Hilfe des Grundwassermodells erweitert werden.