Materialien der Interdisziplinären Arbeitsgruppen
IAG Globaler Wandel – Regionale Entwicklung

berlin-brandenburgische
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

Uwe Grünewald

Wasserbilanzen der Region Berlin-Brandenburg

DISKUSSIONSPAPIER 7
06/2010

Wasserbilanzen der Region Berlin-Brandenburg

Uwe Grünewald

Dieses Diskussionspapier enthält zahlreiche Abbildungen. In der pdf-Version sind diese in Farbe dargestellt und unter http://globalerwandel.bbaw.de abzurufen. Verwendet man die Anlagen 1 und 2 in Form von Transparentdarstellungen, so lassen sich die nachfolgenden thematischen Kartendarstellungen anschaulich überlagern.

Uwe Grünewald
Wasserbilanzen der Region Berlin-Brandenburg

Diskussionspapier 7
06/2010

Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften
Interdisziplinäre Arbeitsgruppe *Globaler Wandel – Regionale Entwicklung*
Jägerstr. 22/23 | 10117 Berlin
Tel.: +49 (0)30 20370-281
Fax: +49 (0)30 20370-214
http://globalerwandel.bbaw.de

© 2010 Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in fremde Sprachen, sind vorbehalten.

Satzvorlage: work*:at:*BOOK / Martin Eberhardt, Berlin
Printed in Germany

Inhalt

Inhalt **3**

Abbildungsverzeichnis **5**

Tabellenverzeichnis **5**

Anlagenverzeichnis **6**

1 Einführung **7**

1.1 Die Oberflächengestalt der Region Berlin-Brandenburg – eine „Schöpfung von Eis, Wald, Wasser und (Macht-)Politik“ 7

1.2. Wasserrelevante Untergrundstrukturen – die Region Berlin-Brandenburg, mehr als nur „die märkische Streusandbüchse“? 10

2 Hydrometeorologische und hydrologische Verhältnisse – die Region Berlin-Brandenburg „gewässerreich, aber wasserarm“ **13**

3 Wasserbilanzen für die Region Berlin-Brandenburg **17**

3.1 Zum generellen Unterschied von wasserhaushaltlichen und wasserwirtschaftlichen Bilanzen 17

3.2. Wasserhaushaltsbilanz für die Region Berlin-Brandenburg 20

3.3. Ausgewählte wasserwirtschaftliche Bilanzen für die Region Berlin-Brandenburg und für das Einzugsgebiet der Spree 22

4 Resümee und Ausblick **31**

Literatur **33**

Anlagen **37**

Autorenhinweis **54**

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die wichtigsten morphologischen Formen der glazialen Serie. Quelle: nach Viete (1957) aus Nowel et al. (1994: 39) ... 8

Abbildung 2: Mittlerer Jahresniederschlag (Neue Bundesländer: Jahresreihe 1901–1950, Alte Bundesländer: Jahresreihe 1931–1960) für Gesamtdeutschland. Quelle: BMFT (1993) ... 14

Abbildung 3: Potentielle Sickerwasserhöhe berechnet nach dem Verfahren von Liebscher und Keller (1979) in BMFT (1993) ... 16

Abbildung 4: Schematische Darstellung des Wasserkreislaufes mit Zahlenwerten der hydrometeorologischen Größen für Deutschland (Niederschlagshöhen ohne Korrektur). Quelle: HAD (2003) ... 18

Abbildung 5:Wasserbilanz (für die politischen Räume) Brandenburg und Berlin, Stand 2000. Quelle: LUA (2002) ... 23

Abbildung 6: Verteilung des mittleren Jahresniederschlages ausgewählter Bundesländer. Quelle: verändert nach BMFT (1993) ... 24

Abbildung 7: Systemskizze zum Flussgebiet der Spree ... 26

Abbildung 8: Drastischer Rückgang der Mittelwasser- (MQ) und Niedrigwasserabflüsse (NQ) in den Sommermonaten am Spreewaldpegel Leibsch ... 28

Abbildung 9: Ausschnitt aus dem detaillierten wasserwirtschaftlichen Wasserbilanzmodell „ArcGRM GLOWA“ für ein Teilgebiet der Spree u. a. mit unterschiedlichen Nutzern, Speichern, Bilanzprofilen, Rück- und Überleitungen sowie Mindestabflussbedingungen. Quelle: Koch et al. (2005) ... 29

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abflussbildung und Wasserverfügbarkeit in den Bundesländern für die Zeitreihe 1961–1990 nach HAD (2003) ... 21

Tabelle 2: Einzugsgebietsflächen und Abflussbilanzhöhen (zum Teil aufgeschlüsselt nach ausländischen Zuflüssen und sich im deutschen Einzugsgebietsanteil bildenden Abfluss) der Strom- und Küstengebiete Deutschlands für die Zeitreihe 1961–1990 (HAD 2003) ... 22

Tabelle 3: Ausgewählte Niedrigwasserabflüsse und -spenden am Pegel Charlottenburg 1901–1956. Quelle: MUNR & SENSU (1995) ... 25

Tabelle 4: Wasserwirtschaftliche Summenbilanz für die Spree zwischen den Pegeln Lieske und Leibsch ... 27

Tabelle 5: Ergebnisse der wasserwirtschaftlichen Summenbilanz für die Spree bei zurückgehenden Sümpfungswassereinleitungen, aber unter Nutzung des Speichersystems Lohsa II zum Durchflussausgleich ... 27

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Administrative Grenzen des heutigen Bundeslandes Brandenburg (Ausschnitt aus Karte 1.0 D aus HAD (2003)) (transparent) 39

Anlage 2: Naturräumliche Gliederung der Betrachtungsregion (Ausschnitt aus Karte 1.0 C aus HAD (2003)) (transparent) 41

Anlage 3:Gewässernetzdichte (Ausschnitt aus Karte 1.2 aus HAD (2003)) 42

Anlage 4: Bodenübersicht (Ausschnitt aus Karte 1.3 aus HAD (2003)) 43

Anlage 5: Mittlere korrigierte jährliche Niederschlagshöhe (Ausschnitt aus Karte 2.5 aus HAD (2003)) 44

Anlage 6: Mittlere Niederschlagshöhe Winterhalbjahr (November-April) (Ausschnitt aus Karte 2.4 des HAD (2003)) 45

Anlage 7: Mittlere jährliche potentielle Verdunstungshöhe als Grass-Referenzverdunstung (Ausschnitt aus Karte 2.12 des HAD (2003)) 46

Anlage 8: Mittlere jährliche klimatische Wasserbilanz (KWB) (Ausschnitt aus Karte 2.14 des HAD (2003)) 47

Anlage 9: Mittlere jährliche Abflusshöhen (Ausschnitt aus Karte 3.5 des HAD (2003)) 48

Anlage 10: Niedrigwasserabflussspenden MNq10 (entspricht dem niedrigsten arithmetischen Mittel an zehn aufeinanderfolgenden Tagen eines Jahres) (Ausschnitt aus Karte 3.10 des HAD (2003)) 49

Anlage 11: Mittlerer jährlicher Durchfluss und Durchflussvariabilität (Ausschnitt aus Karte 3.9 des HAD (2003)) 50

Anlage 12: Ausschnitt aus der Karte 6.7 des HAD (2003) „Abflussbilanz von Deutschland“ 52

1 Einführung

1.1 Die Oberflächengestalt der Region Berlin-Brandenburg – eine „Schöpfung von Eis, Wald, Wasser und (Macht-)Politik“

Die historische Landschaft „Brandenburg“ trägt ihren Namen seit dem Jahr 1157. Der damals in der heutigen Stadt Stendal residierende askanische Fürst Albrecht („der Bär“) nahm den Titel „Markgraf von Brandenburg“ an. „Die Markgrafen von B. stiegen in den Kreis der bedeutendsten Reichs-Fürsten auf“ (Meyers, 1993: 146). Den Ort Brandenburg und den Raum des heutigen Bundeslandes Berlin hatte er vorher – wie große Gebiete östlich der Elbe im heutigen Polen – erobert.

Die Grenzen Brandenburgs wechselten im Laufe der Jahrhunderte. Immer jedoch waren Gebiete zwischen Elbe und Oder eingeschlossen. Die **administrativen Grenzen** des heutigen Bundeslandes Brandenburg (einschließlich Berlin) – eingebettet in die Nachbarbundesländer Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und den Freistaat Sachsen sowie das Nachbarland Polen – zeigt Anlage 1. Sie ist – wie fast alle Kartendarstellungen in dieser Expertise – dem Hydrologischen Atlas Deutschlands (HAD, 2003) entnommen. Der Herausgeber ist das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Bisher erfolgten drei Lieferungen (in den Jahren 2000, 2001 und 2003) jeweils im Maßstab 1 : 2.000.000. Der HAD stellt sich als konsistente, vollständige und überschaubare thematische Zusammenstellung von hydrologisch-wasserwirtschaftlich relevanten Basisdaten für Deutschland dar (Leibundgut & Kern, 2003).

Einen Überblick über die **naturräumliche Gliederung** der Betrachtungsregion soll Anlage 2 vermitteln. Verwendet man die Anlagen 1 und 2 in Form von Transparentdarstellungen, so lassen sich die nachfolgenden thematischen Kartendarstellungen anschaulich überlagern.

Das zwischen dem „Odertal“ im Osten, der „Elbtalniederung“ im Westen, der „Lausitzer Becken- und Heidelandschaft“ im Südosten, dem „Fläming“ und dem „Elbe-Mulde-Tiefland“ im Südwesten, dem „Nordbrandenburgischen Platten- und Hügelland“ im Nordwesten und dem „Mecklenburgisch-Brandenburgischen Becken“ im Nordosten gelegene Gebiet des heutigen Berlin-Brandenburger Raumes wurde zuletzt von der **Saalekaltzeit (vor ca. 300.000–130.000 Jahren) vollständig vom Eis bedeckt**.

In Abb. 1 sind die **wichtigsten morphologischen Formen der „glazialen Serie“** nach Viete (1957) dargestellt. Nowel et al. (1994: 39) beschreiben die sich dabei bildenden Oberflächenstrukturen wie folgt: „An der Stirnseite des vorgestoßenen und zum Stillstand gekommenen Inlandeises bildet sich als aufgestauchter und aufgeschütteter Wall die Endmoräne. Von ihr fließen über den Sander die Schmelzwässer zum Urstromtal ab. Nach dem allmählichen Abtauen des Inlandeises bleiben im Hinterland der Endmoräne glaziale Hochflächen zurück, auf denen die ausgetaute Grundmoräne lagert. Schmelzwassergefüllte Hohlformen treten später als eiszeitliche Seen oder als glaziale Becken in Erscheinung“.

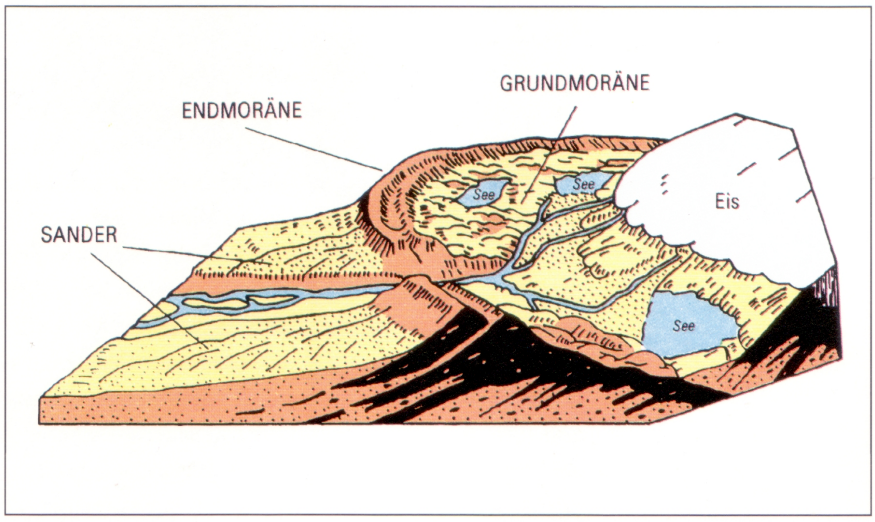


Abbildung 1: Die wichtigsten morphologischen Formen der glazialen Serie. Quelle: nach Viete (1957) aus Nowel et al. (1994: 39)

In dem sich an der brandenburgischen Südgrenze erstreckenden Lausitzer oder Breslau-Magdeburger Urstromtal befindet sich heute das Flussbett der Schwarzen Elster, die wie die Spree im Oberlausitzer Berg- und Hügelland entspringt und in der Nähe der sachsen-anhaltinischen (Luther-)Stadt Wittenberg in die Elbe mündet. Die nördlich davon höher liegenden Landrückengebiete des Flämings und der Niederlausitz (Niederlausitzer Grenzwall bzw. Landrücken) werden von Sedimenten ehemaliger Endmoränen bedeckt.

Dies spiegelt sich auch bezüglich der Oberflächengestaltung der Region Berlin-Brandenburg in der **Gewässernetzdichte** wider. Gemäß Anlage 3 setzt sie sich aus der **Flussdichte** und der **Seedichte** zusammen. In Gebieten mit ähnlichen Niederschlagsbedingungen können über die Flussdichte Rückschlüsse auf die Durchlässigkeit des Untergrundes gezogen werden. Eine geringe Flussdichte in einer Region kann ein Hinweis auf eine relativ hohe Tiefenversickerung und einen damit verbundenen geringen Oberflächenabfluss sein. Im Gegensatz zu den letztgenannten Endmoränenlandschaften zeichnen sich die flussbegleitenden Auebereiche der Elbe und Oder aber auch der Schwarzen Elster, der Spree und der Havel durch höhere Flussdichten (> 1,3 km/km²) aus (siehe HAD, 2003; Karte 1.2). Die für die Seenlandschaften Nord-Brandenburgs und Mecklenburg-Vorpommerns typischen zahlreichen Seen entstanden durch Glazialerosion und durch die Bildung von Muldenformen im Bereich von Grundmoränen, in denen der mit feinkörnigem Material verdichtete Untergrund den Wasserrückhalt begünstigt. Eine unterdurchschnittliche Flussdichte (ihr Mittelwert liegt gemäß HAD (2003) für die Gesamtfläche Deutschlands bei 0,77 km/km²; in diesem Naturraum bei ca. 0,4 km/km²) wird aber in der Region Berlin-Brandenburg durch Seedichten von gleicher Größenordnung ergänzt. Sehr hohe Flussdichten finden sich in den **Urstromtälern** der Betrachtungsregion, d. h. im sogenannten Glogau-Baruther Urstromtal, insbesondere im Bereich des Spreewaldes südlich von Berlin, im Breslau-Magdeburger Urstromtal, besonders im Bereich der Schwarze-Elster-Niederung, sowie im Warschau-Berliner Urstromtal, vor allem im Bereich des Luchland nordwestlich von Berlin. Hier sind es vor allem auch die anthropogenen Einflüsse in Form von Entwässerungsgräben und -kanälen, die zu sehr hohen Flussdichten (Werte über 2 km/km²) führen.

Nachdem vor etwa 12.000 bis 10.000 Jahren die Betrachtungsregion im Wesentlichen eisfrei wurde, bedeckten **Wald und Wasser** die Landesoberfläche. Wald wuchs auf den Flächen, welche nicht zu sandig und nicht zu nährstoffarm waren. Die natürliche Waldvegetation bestand auf den

besseren Böden vor allem aus Eichen und Buchen sowie Erlen, Ulmen und anderen Laubbäumen. „Auf den sandigen bis nahezu unfruchtbaren Flächen standen vorwiegend Kiefern, z. T. als dürftiges Stangenholz. Die Nassflächen wurden von Weichholzarten wie Erlen, Weiden und Pappeln besiedelt, teilweise auch von Eichen. An Waldrändern und auf Lichtungen gab es eine Vielfalt von Büschen, begleitet von Krautpflanzen. Je nach Standort variierten sie von Sumpfvegetation bis Trockenrasen. Waldbrände, Windbrüche und andere Naturereignisse haben dazu beigetragen, dass sich in Brandenburg eine besonders artenreiche Vegetation entwickelt hat. Das wasserreiche Waldland bot Lebensmöglichkeiten für eine Vielzahl unterschiedlicher Tiere. Schalenwild, Wildschweine, Nagetiere und Kleintiere bevölkerten die Natur. Bär, Luchs, Wolf und andere Raubtiere fanden ihre Beute. Die Vogelwelt umfasste einen weiten Bereich von kleinen Singvögeln über Wasservögel bis zu Greifvögeln. Das Wasser wimmelte von Fischen, Schildkröten und Krebsen. Biber errichteten ihre Baue. Den frühen Bewohnern brachten Jagd und Fischfang reiche Beute […] Mit einer artenreichen Pflanzen und Tierwelt haben die Bewohner Brandenburgs bis weit in die Neuzeit hinein gelebt. Dann führten die immer dichtere Besiedelung, die intensivere Land- und Forstwirtschaft, die Geländeentwässerung und die Gewässerverschmutzung zur Verarmung der Natur.“ (Kalweit, 1998: 13f.).

Heute dominieren landwirtschaftliche Nutzflächen mit 49,6 % und Waldflächen mit 35,1 % im **Bundesland Brandenburg**, während im Vergleich dazu im **Bundesland Berlin fast 70 % auf Siedlungs- und Verkehrsflächen** entfallen (siehe dazu Deggau, 2006 zitiert in Lischeid, 2009). Die Wälder Brandenburgs sind gegenwärtig (noch) von Kiefernreinbeständen dominiert (Lasch, Gutsch & Suckow, 2009).

Gemäß LUA (2002) gibt es in Brandenburg über **32.000 km Fluss- und Bachläufe**. Die **Gesamtzahl der Seen in der Region Berlin-Brandenburg** liegt bei **10.000**, wobei fast 3.000 davon eine Fläche von mehr als einem Hektar aufweisen (ebd.: 46). Häufig wird demzufolge Brandenburg als „gewässerreiches Land“ bezeichnet, das aber auf Grund seines kontinental geprägten Klimas und damit u. a. verknüpften geringen Jahresniederschlagssummen (siehe dazu Kapitel 2 und 3) als „wasserarm“ deklariert werden muss.

Viele der heutigen Fließgewässer, von denen über 80 % künstlich angelegt worden sind (Freude, 2004), haben eine lange Geschichte hinter sich, sind doch Wirtschaftspolitik und **Wasserwirtschaftspolitik** im Raum Berlin-Brandenburg historisch eng verknüpft. Insbesondere nach dem Ende des Dreißigjährigen Krieges war es der „Große Kurfürst“ Friedrich Wilhelm, der nach dem militärischen Sieg über die eingefallenen Schweden durch wasser- und landbauliche sowie wasserwirtschaftliche Aktivitäten die Basis für den Aufstieg Brandenburgs zur mitteleuropäischen Macht legte.

Bekannt sein dürfte auch die zielorientierte **Einwanderungs- und Kolonialisierungspolitik** des „Soldatenkönigs“ Friedrich Wilhelm I. von Preußen. Auch sie war mit einer entsprechenden „Wasserpolitik“ verknüpft und mündete u. a. in großen Entwässerungs- und Urbarmachungsprojekten sowie in dem forcierten Ausbau von Wasserwegen. Vor allem auch deswegen soll es gelungen sein, die Staatseinnahmen zu verdoppeln und durch ca. 600.000 Einwanderer die Gesamteinwohnerzahl Preußens um ein Viertel zu vergrößern (Kalweit, 1998). Mit einer „großen disziplinierten Armee“, aber ohne Feldzüge wurde **Preußen** auch dadurch **zu einem europäischen Machtfaktor**.

Nicht unbekannt dürfte auch der Ausspruch seines Sohnes Friedrich Wilhelm II. von Preußen bezüglich der von ihm durchgesetzten Melioration des Oderbruchs sein: „Hier habe ich eine Provinz gewonnen, die keinen einzigen Mann gekostet hat“. Offensichtlich setzte Friedrich der Große die ihm von seinem Vater überkommene Militärmacht ebenso ein wie dessen Kolonisten- und Siedlertätigkeit sowie Wasserwirtschaftspolitik fort.

Bis hin zum ersten Weltkrieg folgten weitere wasserwirtschaftliche und wasserbauliche Maßnahmen in der Region. Beispielsweise führte das „Preußische Vorflutedikt“ vom 15.11.1811 zur Begradigung der „Hauptwasserzüge Oberspreewald“ und an der Umsetzung des „Gesetzes zur Verbesserung der Vorflut und zur Verhütung von Hochwasserschäden“ wurde von 1904 bis Kriegsbeginn 1914 im Spreegebiet aktiv gearbeitet.

„Im ersten Weltkrieg hatte Brandenburg keine Kampfhandlungen auf seinem Boden zu erdulden. Berlin wurde 1920 als selbständige Verwaltungseinheit ausgegliedert. Stadt und Land mussten dann durch schwere Krisen gehen. Indessen entwickelte sich die Wasserwirtschaft weiter, gestützt auf Arbeitsbeschaffungsprogramme, Verbesserungen von landwirtschaftlichen Produktionsgrundlagen und auf besondere technisch-wirtschaftliche Leistungen. Gegen **Ende des Zweiten Weltkrieges** erlitten Brandenburg und Berlin schwerste Kriegsschäden und Verluste. Das Land verlor 1945 seine Gebiete östlich von Oder und Neiße, entsprechend einem Anteil von über 25 %. Die Siegermächte beendeten die Existenz Preußens. Aus den Berliner Westsektoren entstand das Bundesland Berlin. Der Ostsektor von Berlin und die restliche Provinz Brandenburg wurden in die sowjetische Besatzungszone eingegliedert. Brandenburg wurde später auf Bezirke aufgeteilt. In die **Wiederherstellung und Erweiterung der wasserbaulichen Anlagen** flossen bedeutende Mittel. Nach der deutschen Wiedervereinigung sind Brandenburg und Gesamtberlin zu Ländern der Bundesrepublik Deutschland geworden. Ihre wasserbaulichen Anlagen werden gemäß den fortschreitenden Veränderungen weiterentwickelt“ (Kalweit, 1998, S. 22).

1.2. Wasserrelevante Untergrundstrukturen – die Region Berlin-Brandenburg, mehr als nur „die märkische Streusandbüchse“?

Geologisch gehört die Betrachtungsregion überwiegend zum Norddeutsch-Polnischen Becken, das seit Ende des Erdaltertums (Paläozoikum) immer wieder von starken, fast kontinuierlichen Senkungen geprägt ist. Dadurch trat das Meer wiederholt und langfristig ein und bildete mächtige marine Ablagerungen. Vor allem in den nördlichen Teilen der Region bildeten sich mächtige Ton-, Sand- und Kalkablagerungen, die aber in der Regel durch mehrere hundert Meter mächtige Ablagerungsschichten der jüngeren Erdgeschichte im Tertiär und Quartär überlagert wurden.

Für die **Erschließung von Grundwasser** haben die marinen Schichten eine besondere Bedeutung. Die im Alttertiär (Unteres Oligozän) gebildeten mehrere zehn Meter mächtigen sogenannten Rupeltonschichten trennen im Allgemeinen die oberen Grundwasserleiter von den untergelagerten salzhaltigen Grundwässern. Im Bereich von Störungs- und Ausräumungszonen besteht aber die Gefahr des Salzwasseraufstiegs. Dies kann zu Störungen in der Trinkwassererschließung und -versorgung führen.

Ältere geologische Formationen kommen an der Oberfläche nur lokal eng begrenzt vor. Als wertvolle **Rohstoffressourcen** zu nennen sind Muschelkalke bei Rüdersdorf östlich von Berlin sowie Gipsvorkommen mit untergelagertem Steinsalz bei Sperenberg südlich von Berlin. In den tertiären Schichten befinden sich ausgedehnte Braunkohle-Lagerstätten. Prinzipiell sind diese in fast ganz Brandenburg anzutreffen. Im Norden sind sie aber geringmächtig und tiefliegend, so dass sich die wirtschaftlich verwertbaren Braunkohlelagerstätten vor allem im Südosten Brandenburgs in der Niederlausitz befinden. Ihr jahrzehntelanger großräumiger und tiefgreifender Abbau in Großtagebauen ist mit vielfältigen und nachhaltig wirkenden Eingriffen in den Wasser- und Stoffhaushalt insbesondere in den Einzugsgebieten von Spree und Schwarze Elster verknüpft (Grünewald, 2001a).

Bezüglich der **Bodenverhältnisse** schätzt Freude (2004), dass 34 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Brandenburg eine geringe Bodenfruchtbarkeit (Ackerzahl < 28) aufweisen. Anlage 4 enthält Angaben über die Böden der Region. Speziell dargestellt sind „Bodengesellschaften mit Leitbodentypen und ihrem Ausgangsgestein“. Aus der hier nicht dargestellten umfangreichen Legende der HAD-Karte 1.3 „Bodenübersicht“ ist zu entnehmen, dass in Brandenburg „Böden der Flusslandschaften und Niederungen“ (7–14) sowie „Böden der Glaziallandschaften“ (15–28) eindeutig überwiegen. Für das Land Berlin werden „Versiegelte Flächen in großen Städten“ (waagerechte Schraffur 59) sowie für größere Gebiete der Niederlausitz „Technogen gestaltete Böden, große Abbauflächen und Halden“ (senkrechte Schraffur 60) für die Braunkohlekippenflächen ausgewiesen.

Demnach lässt sich feststellen: „Im Gegensatz zu einem weit verbreiteten Schlagwort ist Brandenburg keineswegs nur eine „Streusandbüchse“. Bindige und anlehmige Böden nehmen zusammen rund 46 % seiner heutigen Fläche ein. Sand- und Kiesböden sind auf 42,5 % des Landes verbreitet. Sie tragen meistens Wald, werden in erheblichem Umfang aber auch landwirtschaftlich genutzt“ (Kalweit, 1998: 12).

2 Hydrometeorologische und hydrologische Verhältnisse – die Region Berlin-Brandenburg „gewässerreich, aber wasserarm“

In LUA (2002: 46) wird dargestellt: „Mit über 32.000 km Fluss- und Bachläufen und fast 3.000 Seen > 1 ha ist Brandenburg das gewässerreichste Bundesland Deutschlands. Dennoch hat es mit seinem kontinental beeinflussten Klima ein vergleichsweise geringes Wasserdargebot. Die durchschnittlichen Niederschläge liegen hier mit 550–650 mm pro Jahr im Vergleich zu den alten Bundesländern um rund 200 mm/a niedriger. Überwiegend sandige Böden lassen das Wasser zudem viel zu schnell in die Tiefe versickern.“

Anlage 5 gibt einen groben Überblick über die **mittleren korrigierten jährlichen Niederschlagshöhen** und bestätigt diese Pauschalaussagen, wenngleich der Bildausschnitt „Nordostdeutschland“ aus der Gesamtkarte Deutschland die Unterschiede nur unvollständig erkennbar machen. Wesentlich deutlicher werden diese Unterschiede jedoch, wenn man die Karte der mittleren Jahressummen des Niederschlages von Gesamtdeutschland (Abb. 2) betrachtet. Deutlich wird insbesondere, dass fast die gesamte Region Nordostdeutschlands sich bezüglich der mittleren Jahressumme des Niederschlages gravierend von der restlichen Bundesrepublik Deutschland unterscheidet. Das hatte und hat vielfältige Konsequenzen für die Entwicklung der Wasserwirtschaft in den verschiedenen Regionen Deutschlands (z. B. Simon, 2009).

Generell ist die Betrachtung „korrigierter“ Niederschlagswerte für Wasserbilanzuntersuchungen auf Grund der generellen Mindermessung des Niederschlages unerlässlich (zur Methodik siehe HAD, 2003; Erläuterung zur Karte 2.5).

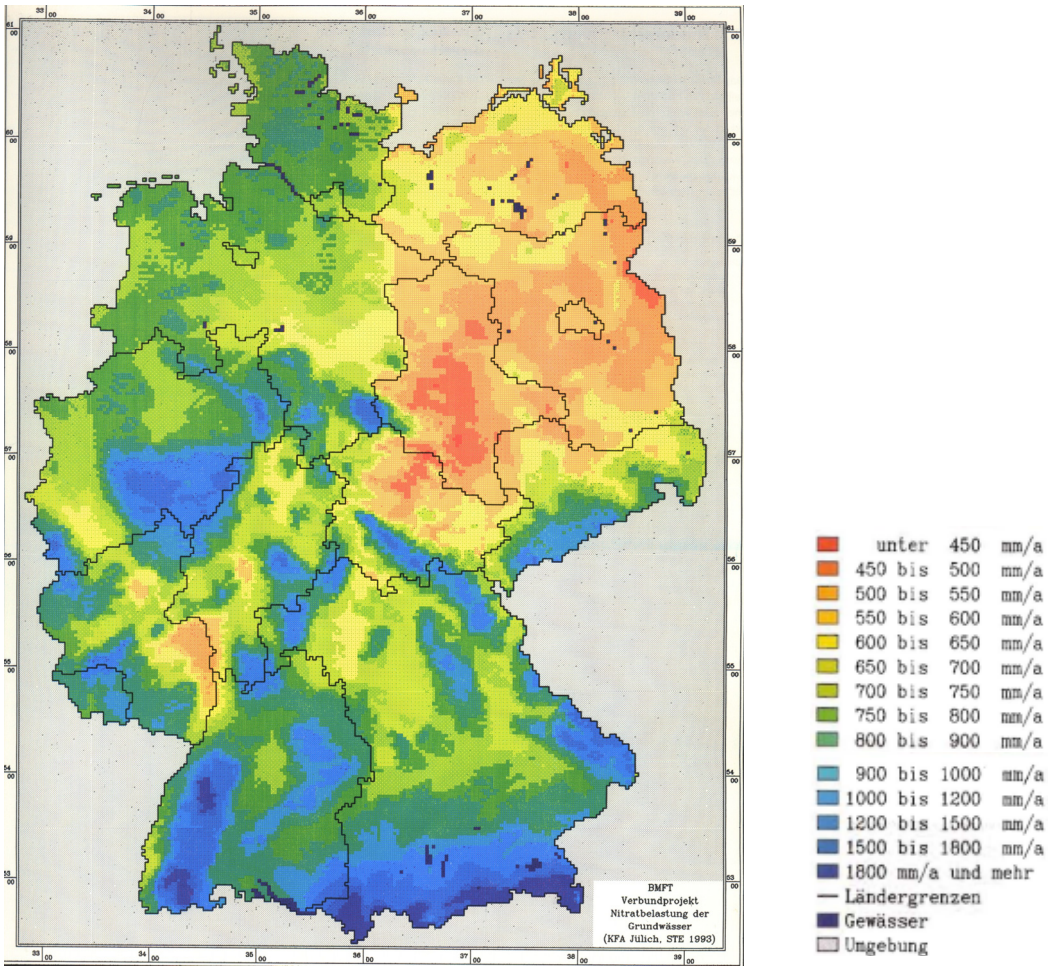


Abbildung 2: Mittlerer Jahresniederschlag (Neue Bundesländer: Jahresreihe 1901–1950, Alte Bundesländer: Jahresreihe 1931–1960) für Gesamtdeutschland. Quelle: BMFT (1993)

Besonders relevante Zusatzinformationen für die Betrachtungsregion Berlin-Brandenburg liefert darüber hinaus die Anlage 6 mit den Zahlenangaben über die räumliche Verteilung der **mittleren Niederschlagshöhen für das Winterhalbjahr** (November bis April). Auch wenn in dieser Karte nur unkorrigierte Werte dargestellt sind, zeigt sie doch, dass in der Betrachtungsregion für die winterliche Auffüllung der Bodenfeuchte und des Grundwassers (Grundwasserneubildung) sehr ungünstige Verhältnisse bestehen. Verstärkend tritt hinzu, dass die nur leichten Böden eine geringe Wasserhaltekapazität besitzen. Liegen doch in großen Teilen der Region die winterlichen Niederschlagshöhen unter 200 mm, zum Teil sogar unter 150 mm.

Demgegenüber steht in der Anlage 7 die Verteilung der **mittleren jährlichen potentiellen Verdunstungshöhe als Grass-Referenzverdunstung**. Letztere ist als international einheitlicher Standard zur Berechnung der potentiellen Verdunstung eingeführt. Deutlich erkennbar sind die hohen Werte der potentiellen Verdunstung in großen Teilen der Betrachtungsregion zwischen 600 und 650 mm/a vor allem in den Flusseinzugsgebieten der Spree und der Schwarzen Elster sowie im Oderbruch.

Aus der Überlagerung der Informationen aus den Anlagen 5 und 7 ergibt sich Anlage 8 mit Angaben zur Verteilung der **mittleren jährlichen klimatischen Wasserbilanz**. Es zeigt sich, dass diese in der Region Berlin-Brandenburg fast durchweg negative Werte aufweist. Die Klimatische Wasserbilanz (KWB) ist dabei definiert als Differenz zwischen der (korrigierten) Niederschlagshöhe und der

Höhe der potentiellen Verdunstung für einen Betrachtungsort und eine Betrachtungszeitspanne (DIN 4049-3).

Bemerkenswert ist auch die innerjährliche Verteilung der KWB: „Der gesamte Tieflandsbereich von Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Sachsen weist negative Sommerhalbjahresbilanzen auf, wobei die Durchschnittswerte - 100 mm teilweise erheblich unterschreiten. Die größten Defizite im Sommerhalbjahr nehmen Werte kleiner - 300 mm an“ (HAD, 2003; Erläuterungen zur Karte 2.14).

Im Zusammenwirken der Wasserhaushaltsgrößen Niederschlag und Verdunstung sowie insbesondere von Oberflächengestaltung, Bodeneigenschaften und Landnutzung ergibt sich die Wasserhaushaltsgröße „Abfluss“. Anlage 9 liefert einen Überblick über die Höhe und räumliche Verteilung der „mittleren jährlichen Abflusshöhen“ der Betrachtungsregion. Ähnlich wie bei den mittleren Niederschlagshöhen (Anlage 5) sind die Unterschiede im Kartenausschnitt „Nordostdeutschlands“ nur gering. Groß sind sie aber zu den anderen Regionen Deutschlands. Dominant sind in der Betrachtungsregion niedrige Abflusshöhen von 50 bis 100 mm/a, die sonst nur in wenigen Teilregionen Deutschlands (z. B. im Raum zwischen Mannheim und Wiesbaden im Rheintal) ähnlich gering ausfallen. „Innerhalb der Gebiete geringer Abflusswerte im niederschlagsarmen Nordosten Deutschlands, wo beispielsweise in den Urstromtälern die Grundwasserneubildung im Lockergestein durch die Abflusshöhe begrenzt wird und hier bei flurnahem Grundwasser häufig Grundwasserzehrung auftritt, zeichnen sich urbane Flächen als „Inseln“ hoher Abflusswerte ab“ (HAD, 2003; Erläuterungen zur Karte 3.5). In der Region betrifft letzterer vor allem die Metropolregion Berlin. Die der Anlage 9 zugrundeliegende Karte 3.5 des HAD (2003) zeigt die **mittleren jährlichen Abflusshöhen** in mm/a als Rasterfelddarstellung mit einer räumlichen Auflösung von 1 km². Wie fast alle Auswertungen im HAD (2003) beziehen sich die Angaben auf den Zeitraum 1961–1990.

Für die Gesamtfläche Deutschlands ergibt sich aus der langjährigen mittleren Wasserhaushaltsbilanz für den Abfluss $\overline{R} = 327\ \mathrm{mm/a}$. Die maximale Schwankungsbreite von $\overline{R}$ reicht von - 258 mm/a in den Zehrgebieten Nordostdeutschlands bis zu 3.344 mm/a in den Hochlagen der Alpen. Letztlich zeichnen sich die ungünstigen hydrologischenVerhältnisse Nordostdeutschlands sowohl im deutschlandbezogenen Nord-Süd-Schnitt für die **Klimatische Wasserbilanz** ebenso nach wie sich im West-Ost-Schnitt die **kontinentale Beeinflussung** zu geringeren Niederschlägen, höherer Verdunstungsraten und niedrigen Abflusshöhen durchprägen.

Da langjährige Mittelwerte der Wasserhaushaltsgrößen aber die potentiellen wasserwirtschaftlichen Probleme einer Region nur unvollständig beschreiben, ist man in den hydrologischen Wissenschaften seit längerem bemüht, Kenngrößen der möglichen Variabilität insbesondere für die Wasserdargebotsgrößen abzuleiten. Eine diesbezügliche Abflussgröße ist die **Niedrigwasserabflussspende** (MNxq). Im HAD (2003) wurden dazu in der Kartendarstellung 3.10 die **MN10q-Werte** – d. h. die niedrigsten arithmetischen Mittel, die an 10 aufeinanderfolgenden Tagen innerhalb eines Jahres in der Jahresreihe 1976–1989 auftraten – ermittelt. Auch wenn dabei mit Hilfe multipler linearer Regressionsmodelle nur eine indirekte Übertragung auf die Fläche Gesamtdeutschlands erfolgte und andere methodische Schwierigkeiten zu überwinden waren, zeigt Anlage 10 für die Betrachtungsregion überwiegend sehr niedrige Niedrigwasserabflussspendenwerte von 1–2 l/(s km²). Nur in sehr wenigen Teilregionen werden 3 l/(s·km²) für MN10q überschritten.

Generell wird der Niedrigwasserabfluss während niederschlagsfreier oder niederschlagsarmer Perioden vor allem aus dem Grundwasser gespeist. Dieses wiederum erhält seine Speisung aus dem Sickerwasser. Abb. 3 vermittelt einen Eindruck über die räumliche Verteilung der mittleren potentiellen Sickerwasserhöhen gemäß BMFT (1993). „Obwohl im Lockergesteinsbereich der neuen Bundesländer geologisch und pedologisch ähnliche Bedingungen vorherrschen wie im Norddeutschen Flachland, treten dort in weiten Teilen Sickerwasserhöhen unter 100 mm/a auf. Allgemein wirkt dort das eingeschränkte Niederschlagsdargebot limitierend auf die Höhe der Sickerwasserbildung. Ausge-

dehnte Landschaftsräume, für die diese Bedingungen gelten, liegen in Sachsen-Anhalt und in Brandenburg“ (ebd: 16).

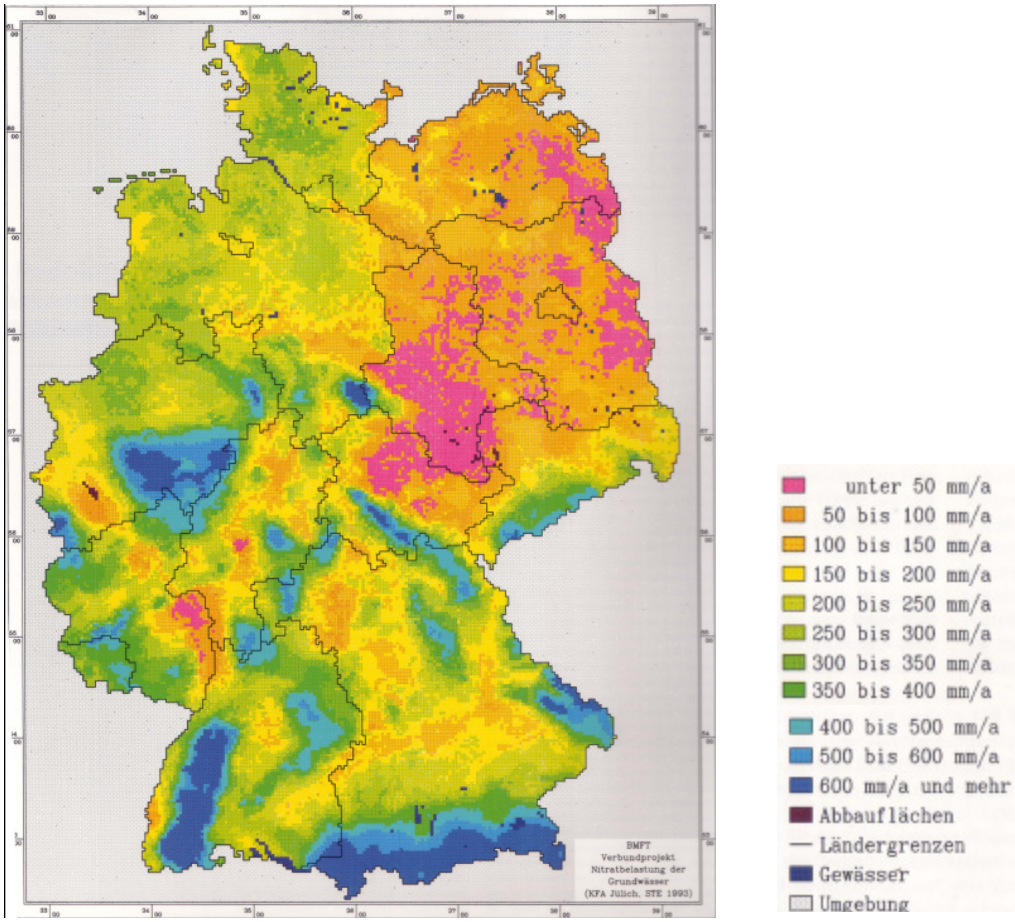


Abbildung 3: Potentielle Sickerwasserhöhe berechnet nach dem Verfahren von Liebscher und Keller (1979) in BMFT (1993)

Insofern stellen solche Niedrigwassersituationen natürliche Vorgänge in der jahreszeitlichen Abflussdynamik eines Fließgewässer(einzugsgebietes) dar. Durch den vielfältigen Nutzungsdruck, dem die Fließgewässer aber unterliegen, kann es vor allem in Niedrigwasserzeiten, z. B. durch die Entnahme von Brauch- und Trinkwasser, durch die Einleitung von nährstoff- oder zehrstoffbelasteten (gereinigten) Abwasser, die Rückleitung erwärmter Kühlwässer aus (Groß-)Kraftwerken u. ä., zu erheblichen Beeinträchtigungen auch der aquatischen Lebensgemeinschaften kommen. Im Speziellen traten und treten solche Probleme in vielen Teilen der Betrachtungsregion Berlin-Brandenburg auf. Offen bleibt die Frage, inwieweit sie sich in Folge des globalen und regionalen Wandels in der Region zukünftig eventuell sogar verstärken werden (siehe dazu Abschnitt 3.3 und 4).

3 Wasserbilanzen für die Region Berlin-Brandenburg

3.1 Zum generellen Unterschied von wasserhaushaltlichen und wasserwirtschaftlichen Bilanzen

Eines der für die Existenz des heutigen Lebens unabdingbaren Grundphänomene der Erde ist der Wasserkreislauf. Wir verstehen darunter die ständige Zustands- und Ortsveränderung des Wassers bedingt durch die Wirkung von Sonnenstrahlung und Schwerkraft. Die quantitative Beschreibung des Wasserkreislaufes führt auf der Grundlage des Masseerhaltungssatzes zur Wasserhaushaltsbilanz.

In ihrer *allgemeinen* Form stellt sich diese als **wasserhaushaltliche Bilanz** für eine bestimmte Fläche bzw. einen Raumausschnitt und einen bestimmten Zeitausschnitt im Zusammenwirken der Wasserhaushaltsgrößen Niederschlag (P von *precipitation*), Verdunstung (ET von *evapotranspiration*), Abfluss (R von *runoff*) und Speicheränderung (ΔS von *storage*) dar:

$$P - ET - R - \Delta S = 0 \; .$$

Die **Raum- und Zeitbezogenheit** ist unbedingt erforderlich. Beispielsweise lautet die langjährige mittlere (ausgedrückt durch den „Querstrich“) Wasserbilanz für die gesamte Erdoberfläche

$$\overline{P} = \overline{ET} \; [mm/a],$$

während die langjährige mittlere Wasserbilanz der Festlandflächen mit

$$\overline{P} = \overline{ET} + \overline{R} \; [mm/a],$$

beschrieben ist. D. h. die Landflächen erhalten durch Niederschläge $\overline{P}$ mehr Wasser als von ihnen verdunstet, während es bei Meeresflächen umgekehrt ist. Die Differenz wird durch den Abfluss $\overline{R}$ vom Land zum Meer ausgeglichen.

Für Zeitabschnitte von wenigen Jahren oder Einzeljahren kann die Wasserspeicherung S nicht mehr vernachlässigt werden, so dass für Flusseinzugsgebiete (nach DIN 4049: „In Horizontalprojektion gemessenes Gebiet, aus dem das Wasser einem bestimmten Ort zufließt“) die allgemeine Form der Wasserhaushaltsgleichung aufzustellen ist.

Die Differenz der langjährigen Mittelwerte des Niederschlags $\overline{P}$ und der Verdunstung $\overline{ET}$ wird als das **potentielle Wasserdargebot** eines Raumausschnittes bezeichnet, während das **stabile Wasserdargebot** sich als Differenz zwischen dem potentiellen Wasserdargebot und dem schnell abfließenden (kaum nutzbaren) Hochwassermengen darstellt. Eine Umverteilung des Wassers wird technisch vor allem durch Speicherbau und Speicherbewirtschaftung über die Erschließung und Nutzung des **regulierten Wasserdargebotes** möglich.

Die hydrometeorologischen Eingangsgrößen der wasserhaushaltlichen Bilanz sind Niederschlag und Verdunstung. Sie werden in aufwendigen Messnetzen gemessen oder indirekt über andere gemessene Hilfsgrößen (z. B. bei der Verdunstung über solche wie Temperatur, Strahlung und Wind) ermittelt.

Abb. 4 zeigt die schematische Darstellung des Wasserkreislaufes mit Zahlenwerten der hydrometeorologischen Größen für Deutschland für den Beobachtungszeitraum 1961 bis 1990.

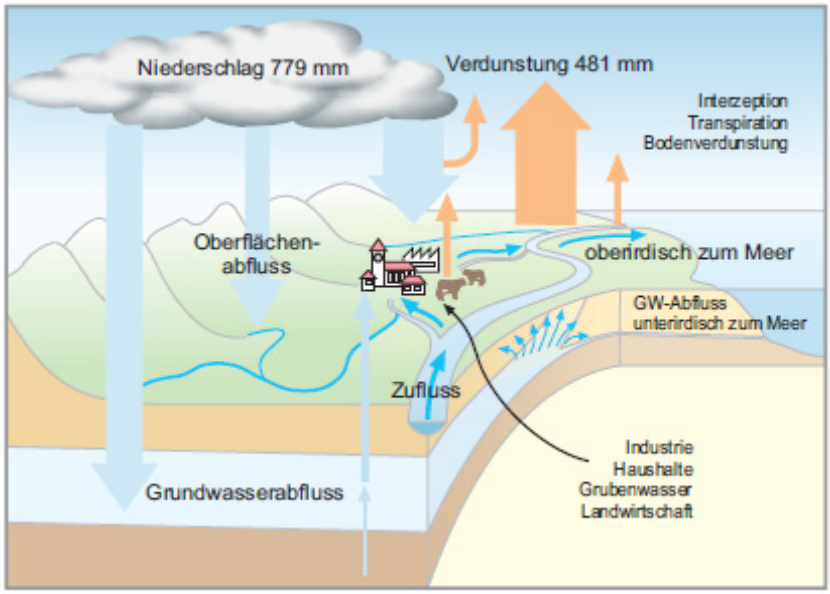


Abbildung 4: Schematische Darstellung des Wasserkreislaufes mit Zahlenwerten der hydrometeorologischen Größen für Deutschland (Niederschlagshöhen ohne Korrektur). Quelle: HAD (2003)

Beide Größen sind räumlich und zeitlich sehr variabel, was ja auch z. B. in den Anlagen 5 bis 8 im Abschnitt 2 deutlich wird. Die **hydrologische Größe „Abfluss" R** in der wasserhaushaltlichen Bilanz stellt sich für anthropogen unbeeinflusste Betrachtungsgebiete als Differenz zwischen den hydrometeorologischen Größen „korrigierte Niederschlagshöhe" P_{korr} minus „reale Verdunstung" ETR dar, zu:

$$\overline{R} = \overline{P_{korr}} - \overline{ETR} \ (mm/a).$$

Die flächendifferenzierte Bestimmung der mittleren jährlichen Abflusshöhen setzt die möglichst genaue Ermittlung der hydrometeorologischen Eingangsgrößen voraus. Die in Anlage 9 enthaltenen flächendifferenzierten mittleren jährlichen Abflusshöhen wurden bei der Erarbeitung des HAD (2003) über das BAGLUVA-Verfahren (Glugla et al., 2003) ermittelt[1]. Für die **Gesamtfläche Deutschlands** ergibt sich

$$\overline{R}\ (327\ mm/a) = \overline{P_{korr}}\ (859\ mm/a) - \overline{ETR}\ (532\ mm/a).$$

Die **hydrologische Größe „Durchfluss" Q** ist das Wasservolumen, welches je Zeiteinheit in einem definierten Querschnitt eines Fließgewässers fließt. Als Maßeinheit werden je nach Größe der Gewässer m³/s oder l/s verwendet. Wird der Durchfluss Q auf die Fläche des Einzugsgebietes bezogen, welche das Fließgewässer speist, so ergibt sich die **„Abflussspende" q** in der Maßeinheit l/s x km² (vergleiche Anlage 10) oder die Abflusshöhe R in mm/a. Letztere ist dann mit den Größen P und ET in der Wasserhaushaltsgleichung direkt vergleichbar.

An den verschiedenen Fließgewässern in Deutschland werden an rund 1.000 Durchfluss- und Wasserstands-Pegelstationen Messungen durchgeführt. Sie können demzufolge (indirekt) zur Unterset-

[1] Das Wasserhaushalts-Berechnungsverfahren BAGLUVA (Verfahren nach BAgrov und GLUgla zur Bestimmung vieljähriger Mittelwerte von tatsächlicher Verdunstung und Abflusshöhe) wurde von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) auf der Basis umfangreicher Lysimeter- und Klimabeobachtungen entwickelt.

zung der über das BAGLUVA-Verfahren ermittelten flächendifferenzierten mittleren langjährigen Abflusshöhen dienen.

Anlage 11 vermittelt dazu untersetzend zu den Anlagen 9 und 10, dass es sich mit der Betrachtungsregion Berlin-Brandenburg um eine „wasserarme Region“ handelt, denn die Fließgewässer erreichen kaum den Bereich von 25–50 m³/s des „**Mittleren Durchflusses“ MQ**. Dementsprechend ist die Verfügbarkeit von Oberflächenwasser, z. B. für die öffentlichen, industriellen, landwirtschaftlichen und privaten Wasserverbraucher sowie für die Schifffahrt naturgegeben gering.

In **wasserwirtschaftlichen Bilanzen** geht es über die wasserhaushaltlichen Bilanzen hinaus gerade darum, aus der Gegenüberstellung des (natürlich) vorhandenen Wasserdargebotes zu den bereits getätigten, unmittelbar beabsichtigten oder langfristig geplanten Nutzungen die (noch verbleibende) Verfügbarkeit des (Oberflächen-)Wassers für die verschiedensten Nutzer zu ermitteln.

Die einfachste Form einer wasserwirtschaftlichen Bilanz ist die **Summenbilanz**. In ihr wird an einem Bilanzprofil (z. B. an der Mündung eines Fließgewässers) das natürliche Wasserdargebot der Summe aller Nutzungsverluste aus den verschiedensten Nutzungen am betrachteten Fließgewässer bzw. im betrachteten Fließgewässereinzugsgebiet gegenübergestellt:

Natürliches Wasserdargebot	+	Mio. m^3/Monat
Summe der Nutzungsverluste	–	Mio. m^3/Monat
Bilanz am Profil	±	Mio. m^3/Monat.

Aufgegliedert in die differenzierten Entnahmen und Rückleitungssummen sowie die Summe von Überleitungen und Speichereinflüssen aus dem regulierten Dargebot erweitert sich das obige **Rechenschema der Summenbilanz** folgendermaßen:

Natürliches Dargebot des Bilanzgebietes	+	Mio. m^3/Monat
Summe Ableitungen aus dem Bilanzgebiet	–	Mio. m^3/Monat
Summe Zuleitungen in das Bilanzgebiet	+	Mio. m^3/Monat
Summe Speichereinfluss im Bilanzgebiet	±	Mio. m^3/Monat
Summe Entnahmen im Bilanzgebiet	–	Mio. m^3/Monat
Summe Rückleitungen im Bilanzgebiet	+	Mio. m^3/Monat
Bilanzsaldo	±	Mio. m^3/Monat.

Wird dieses Saldo dem aus ökologischen Gründen erforderlichen

Mindestabfluss gegenübergestellt	–	Mio. m3/Monat
ergibt sich das noch verfügbare Dargebot	±	Mio. m3/Monat

an diesem Bilanzprofil bzw. für dieses Flusseinzugsgebiet.

Solche „Wasserwirtschaftlichen Bilanzen“ wurden in den letzten Jahren zu leistungsfähigen detaillierten Verfahren der integrierten Wasserressourcenbewirtschaftung (IWRM) für große Flussgebiete wie z. B. die Elbe entwickelt (siehe Grünewald (2001b) und Loucks & van Beek (2006)).

Dazu ist die mengenmäßige Erfassung der gesamten Wasservolumina, die sich in einem Gebiet (stochastisch) bilden, die ihm aber auch ober- und unterirdisch zufließen oder durch (deterministische) Wasserüberleitungen in Form z. B. von Fremdwasserüberleitungen oder Schifffahrtskanälen zu- bzw. abgeführt werden, erforderlich.

Dies kann mit statischen Karten kaum dargestellt werden, da sich das System als Ganzes sowohl räumlich als auch zeitlich außerordentlich dynamisch verhält. Anlage 12 ist dem HAD (2003) ent-

nommen und zeigt den Versuch, neben den auf deutschem Gebiet gebildeten mittleren Abflusshöhen wenigstens die **(natürlichen) Zu- und Abflussvolumina** in die Abflussbilanzen einzubinden.

Für die Betrachtungsregion Berlin-Brandenburg ist das Gewässereinzugsgebiet der Elbe eindeutig dominant. Insgesamt zeigt die Kreisdarstellung der mittleren Abflusshöhe für Deutschland einen Wert von 585 m³/s. Davon werden 14 % (13 % Brandenburg plus 1 % Berlin) auf dem Gebiet der Betrachtungsregion selbst gebildet. Bemerkenswert ist jedoch, dass 315 m³/s aus dem Gebiet der Tschechischen Republik in den deutschen Elbeeinzugsgebietsanteil als (Fremd-)Zufluss hinzukommen. Ohne Zweifel ist dieser „ausländische" Zuflussanteil (beim Rhein beträgt er sogar 43 %) in Wasserbilanz-Betrachtungen außerordentlich relevant.

3.2. Wasserhaushaltsbilanz für die Region Berlin-Brandenburg

Wie Abschnitt 3.1 und insbesondere Anlage 12 zeigen, sind wasserhaushaltliche Bilanzen stets raum- und zeitbezogen vorzunehmen und am ehesten für Flusseinzugsgebiete verifizierbar. Insofern sind Angaben für „Wasserbilanzen" für politische Einheiten wie Staaten oder Bundesländer mit nicht klar ausgrenzbaren „Wasserscheiden" (welche die (natürlichen) Grenzen von Einzugsgebieten darstellen) immer mit gewissen Unsicherheiten behaftet. Die „Bundesanstalt für Gewässerkunde" (BfG) als zuständige Bundesbehörde versuchte im Jahr 1996 erstmals offiziell eine „Abfluss- und Wasserbilanz der Bundesrepublik Deutschland" (BfG, 1996) für das wiedervereinigte Deutschland zu erstellen. Für die Jahresreihe 1961 bis 1990 veröffentlichte sie damals als „vorläufige Werte":

$\overline{P}\,(790) = \overline{R}\,(299) + \overline{ET}\,(492)\ \mathrm{mm/a}$ (BfG, 1996: 3; Tabelle 3)

Abgesehen davon, dass die Bilanz nicht „bilanzrein" ist (790 mm ≠ 791 mm!), wird darauf hingewiesen, dass sich die Arbeiten zur Niederschlagskorrektur „z. Z. beim Deutschen Wetterdienst in Bearbeitung" befinden, und sich dadurch „auch Änderungen bei der Verdunstung ergeben" (BfG, 1996: 2). Mit dem HAD (2003) liegt inzwischen sorgfältiger aufbereitetes Datenmaterial vor und gemäß Abschnitt 2 und Abschnitt 3.1 ergibt sich die **wasserhaushaltliche Bilanz** für die **Gesamtfläche** (dort angegeben: A_E = 356 955 km²) **Deutschlands** für die Jahresreihe 1961–1990 zu

$$\mathbf{\overline{P_{korr}}\,(859) = \overline{R}\,(327) + \overline{ET}\,(532)\ mm/a}\,.$$

Wie bereits in BfG (1996) dazu angegeben, wird zusätzlich noch von einem **mittleren Zufluss von Oberliegern** von **199 mm/a** ausgegangen.

Für die Fläche der **Betrachtungsregion Berlin-Brandenburg** wurden gemäß LUA (2002) (ebenfalls für die Jahresreihe 1961–1990) folgende wasserhaushaltliche Bilanzen über verschiedene Modelluntersuchungen ermittelt (LUA, 2000):

$$\mathbf{\overline{P_{korr}}\,(617) = \overline{R}\,(109) + \overline{ET}\,(508)\ mm/a}$$

Als **Zufluss von Oberliegern** werden **344 mm/a** angegeben. Somit entstammen von den 453 mm/a, welche die Betrachtungsregion im langjährigen Mittel verlassen, nur etwa ein Viertel der Abflussbildung auf den Landesterritorien Brandenburgs und Berlins. Schon daraus wird ersichtlich, dass die Region ein deutlich unter dem Durchschnitt liegendes potentielles Wasserdargebot aufweist. Um die wasserhaushaltliche Situation der beiden Bundesländer noch besser einordnen zu können, empfiehlt sich ein **bundesländerbezogener Vergleich**. Dazu soll Tabelle 1 dienen.

Tabelle 1: Abflussbildung und Wasserverfügbarkeit in den Bundesländern für die Zeitreihe 1961–1990 nach HAD (2003)

Bundesland	Fläche in km²	Einwohner in 1000 E	Abfluss in m³/s	Abflusshöhe in mm/a	Wasserverfügbarkeit in m³/(E·a)
Baden-Württemberg	35751	10524	535	472	1603
Bayern	70548	12230	855	382	2205
Berlin	891	3382	5	182	48
Brandenburg	29477	2602	82	88	994
Bremen	404	660	4	289	177
Hamburg	755	1715	8	315	139
Hessen	21114	6068	205	306	1065
Mecklenburg-Vorpommern	23171	1776	97	132	1717
Niedersachsen	47614	7926	404	268	1609
Nordrhein-Westfalen	34080	18010	438	405	767
Rheinland-Pfalz	19847	4035	202	321	1579
Saarland	2570	1069	33	410	974
Sachsen	18413	4426	134	229	954
Sachsen-Anhalt	20447	2615	60	93	728
Schleswig-Holstein	15764	2790	165	330	1863
Thüringen	16172	2431	118	230	1532
Deutschland	357020	82260	3345	296	1282
Deutschland mit ausl. Zustrom	357020	82260	5955	526	2283

Sie ist vollständig identisch mit Tabelle 3 der Erläuterung der Karte 6.7 „Abflussbilanz Deutschlands“ (HAD, 2003). In ihr sind die sechzehn deutschen Bundesländer hinsichtlich Abfluss (m³/s), Abflusshöhe (mm/a) und Wasserverfügbarkeit (m³ Wasser pro Einwohner und Jahr) separat dargestellt. Danach gilt:

Das wasserreichste Bundesland ist Bayern mit einem Abfluss von 855 m³/s. Die große Fläche des Bundeslandes und der hohe Wert für die Abflussbildung in Höhe von 382 mm/a sind entscheidende Faktoren für den Wasserreichtum des Landes. Aufgrund seiner geringen Fläche weist das Saarland mit 33 m³/s den geringsten Abflusswert der Flächenländer auf. Bezogen auf die Abflussbildung steht das Land mit 410 mm/a jedoch an zweiter Stelle hinter Baden-Württemberg, das mit 472 mm/a den höchsten Wert aller Bundesländer erreicht. **Die generelle Zunahme der Trockenheit von Westen nach Osten spiegelt sich in der Abflussbilanz der Strom- und Küstengebiete und den Bilanzwerten der Bundesländer wider.** Ein vergleichbares Bild zeigt sich auch in weiteren Atlaskarten zu Niederschlag, Verdunstung und Abfluss. **Mit Werten für die Abflussbildung in Höhe von 88 mm/a und 93 mm/a liegen die beiden Länder Brandenburg und Sachsen-Anhalt deutlich unter dem für das Bundesgebiet ausgewiesenen Wert von 296 mm/a**.

In Tab. 1 sind zudem Werte der **Wasserverfügbarkeit** in m³/(E·a) der einzelnen Bundesländer angeführt. Im internationalen Vergleich (z. B. Falkenmark, 1999; UNESCO, 2009) werden dabei Regionen mit Werten der Wasserverfügbarkeit (definiert als „verfügbares stabiles Wasserdargebot“) < 500 m³/(E a) als „Regionen mit Wasserstress“, Regionen mit < 1.000 m³/(E a) als „Regionen mit Wassermangel“ und Regionen mit < 1.700 m³/(E a) als „Regionen mit Wasserknappheit“) eingeordnet. Einerseits ist die Vergleichbarkeit der „internationalen Wasserverfügbarkeitszahlen“ mit den „nationalen Wasserverfügbarkeitszahlen“ aus den unterschiedlichen Bezugsgrößen (beim ersten „stabiles Wasserdargebot“, beim zweiten „potentielles Wasserdargebot“ – vgl. Abschnitt 3.1) nicht gegeben. Andererseits zeigt sich, dass dieses „klassifizierende Wasserverfügbarkeitskonzept“ nicht auf urbane Ballungsräume in der Art der Stadtstaaten Berlin, Bremen und Hamburg anwendbar ist, da z. B. der politische Raum, der Versorgungsraum und der hydrologische Bezugsraum nicht identisch sind. Darüber hinaus gilt es zu hinterfragen, ob (bundesländerbezogen) auch die Fremdzuflüsse aus den Nach-

bar-(bundes-) Ländern einbezogen werden müssten, denn dieses Wasser steht ja ebenfalls zum Wassergebrauch zur Verfügung. Diese Zahlen liegen jedoch methodisch vereinheitlicht nicht vor.

Im HAD (2003) sind dazu nur entsprechende flusseinzugsgebietsbezogene Angaben zu finden: Sie sind hier in Tabelle 2 wiedergegeben:

Tabelle 2: Einzugsgebietsflächen und Abflussbilanzhöhen (zum Teil aufgeschlüsselt nach ausländischen Zuflüssen und sich im deutschen Einzugsgebietsanteil bildenden Abfluss) der Strom- und Küstengebiete Deutschlands für die Zeitreihe 1961–1990 (HAD 2003)

Strom- oder Küstengebiet	Flächengröße Ausland in km²	Flächengröße Bundesgebiet in km²	Flächengröße Gesamt in km²	Zufluss in mm/a	Abfluss in mm/a	Gesamt in mm/a
Donau	20 880	56 270	77 150	1 019	434	593
Rhein	57 154	102 346	159 500	695	348	473
Maas		3 968	3 968		286	286
Ijssel		3 164	3 164		379	379
Ems		12 800	12 800		308	308
Weser		46 100	46 100		274	274
Elbe	51 145	97 455	148 600	194	189	191
Oder		5 525	5 525		143	143
Nordseeküste		6 386	6 306		370	370
Ostseeküste		23 006	23 006		212	212
Deutschland		357 020		199	296	495

Zusätzlich zu dieser Tabelle wird in HAD (2003) unter „Abflussbilanz für Deutschland“ ausgeführt:

„Die größten ausländischen Zuflüsse in das Bundesgebiet erfolgen über den Rhein. Allein bei Basel beträgt der Abfluss aus der Schweiz 43 % des Gesamtzuflusses. Über das Donaugebiet erhält Deutschland ausländische Zuflüsse in Höhe von 30 % des Gesamtzuflusses. Die ausländischen Zuflüsse aus dem Elbegebiet erreichen 14 %. Von den gebietsbürtigen Abflüssen weist das **Rheingebiet** ebenfalls das größte Abflussvolumen auf. Dies ist einerseits auf die große Gebietsfläche von 102.000 km² zurückzuführen. Mit einer **Abflusshöhe** von **348** mm/a fällt die aus dem natürlichen Wasserhaushalt resultierende Abflussbildung jedoch auch deutlich höher aus als im **Elbegebiet**. Hier erreicht die **Abflusshöhe** einen Wert von nur **189** mm/a bei einer dem Rheingebiet vergleichbaren Flächengröße von 97.000 km².“

D. h. die Betrachtungsregion Berlin-Brandenburg bedarf durch ihre naturbedingte Lage im vergleichsweise „wasserarmen“ Einzugsgebiet der Elbe (wie fast die gesamte Region Nordostdeutschlands) seit jeher und auch zukünftig besonderer wasserwirtschaftlicher Aufmerksamkeit und Einflussnahmen.

3.3. Ausgewählte wasserwirtschaftliche Bilanzen für die Region Berlin-Brandenburg und für das Einzugsgebiet der Spree

Grundlage fast jeder wasserwirtschaftlichen Einflussnahme im Sinne der DIN 4049-Definition von „Wasserwirtschaft“ als „zielbewusste Ordnung aller menschlichen Einwirkungen auf das ober- und unterirdische Wasser“ sind sorgfältige wasserwirtschaftlichen Planungen und Bilanzen (siehe z. B. Grünewald, 2001b). Sie verlangen umfassende Kenntnisse über die räumliche und zeitliche Verteilung des Wasserdargebotes aber auch Annahmen zur Entwicklung des Wasserbedarfes, den damit verknüpften spezifischen Verlusten und Rückleitungen (siehe Abschnitt 3.1), aber auch möglichen Wasserbeschaffenheitsproblemen. In LUA (2003) wird der Versuch unternommen, in die langjährige

mittlere Wasserhaushaltsbilanz der Betrachtungsregion (vgl. Abschnitt 3.2) die Einflussnahmen durch menschliche Nutzungen einzubinden (Abb. 5).

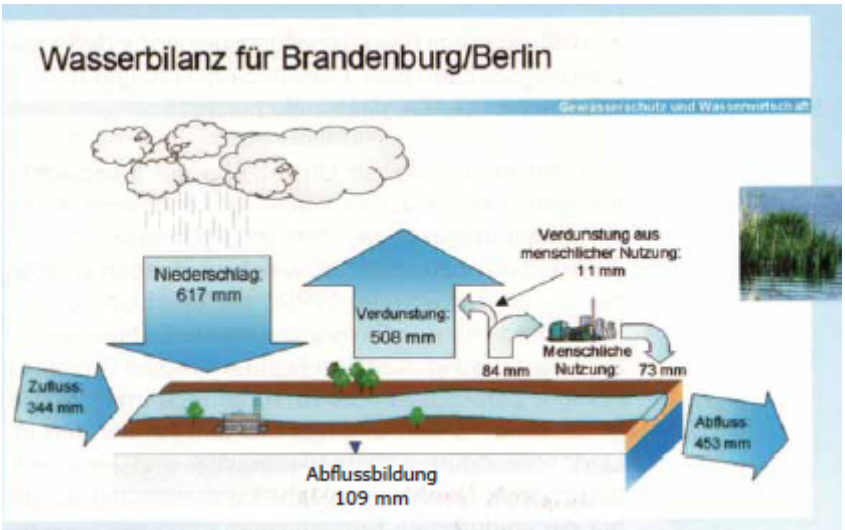


Abbildung 5: Wasserbilanz (für die politischen Räume) Brandenburg und Berlin, Stand 2000. Quelle: LUA (2002)

Ihr zugrunde liegen u. a. der im Jahr 1995 vorgelegte „Entwurf des wasserhaushaltlichen Rahmenplanes Berlin und Umland“ (MUNRL & SENSU, 1995). Er stellte den ersten länderübergreifenden wasserwirtschaftlichen Rahmenplan in der Bundesrepublik Deutschland dar und wurde, in für solche Planungen außerordentlich kurzer Zeit, seit der deutschen Wiedervereinigung erstellt. Die Region Berlin und das Brandenburger Umland werden wasserwirtschaftlich durch die Flüsse Spree, Havel und Dahme mit ihren z. T. seenartigen Erweiterungen geprägt. Oberflächlich betrachtet kann dadurch leicht der Eindruck gesicherter wasserwirtschaftlicher Verhältnisse entstehen. Hinsichtlich der Bildungsbedingungen des Wasserdargebotes – ausgedrückt z. B. durch die räumliche **Verteilung des mittleren Jahresniederschlages** (Abb. 6) – stellt sich der **Raum Berlin-Brandenburg aber als besonders benachteiligt heraus**.

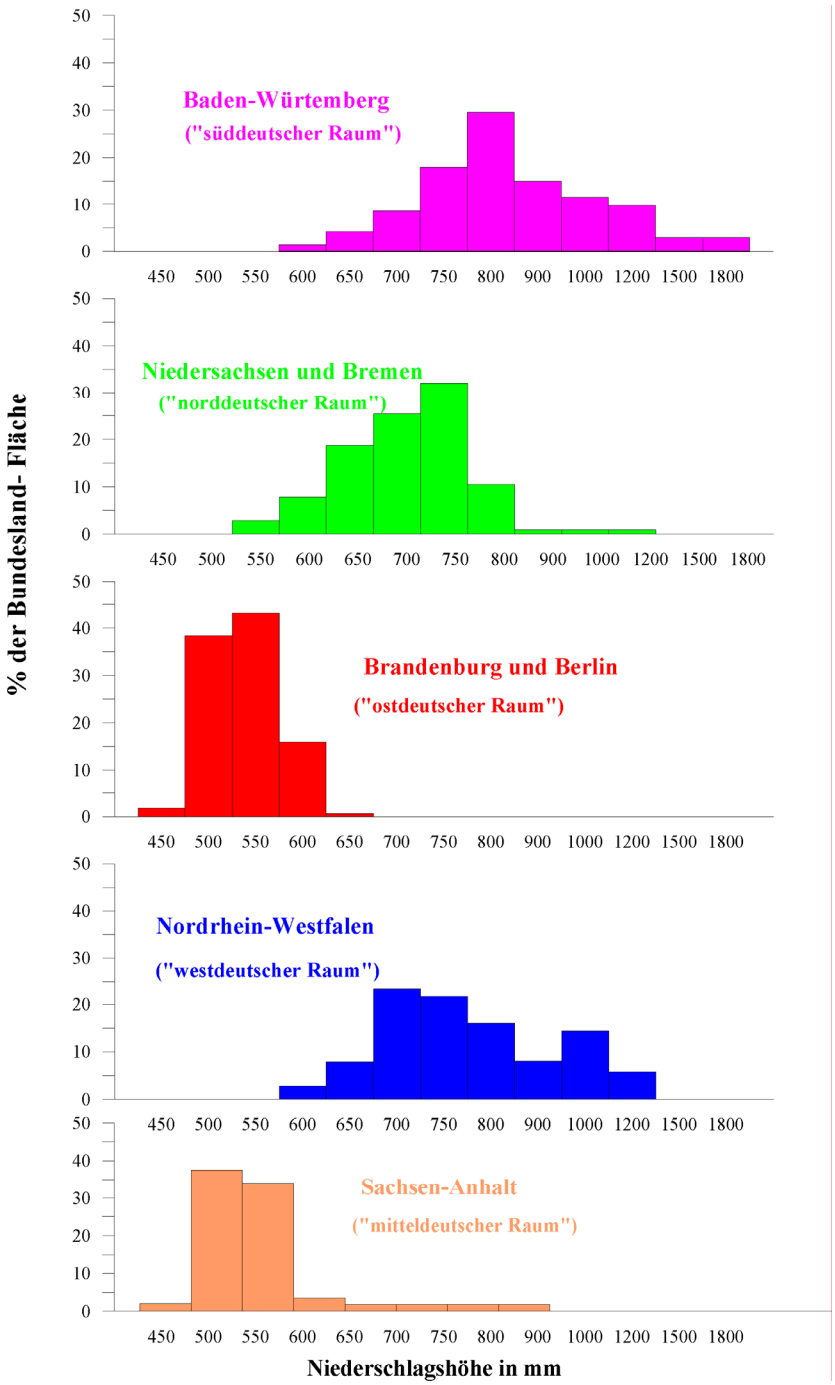


Abbildung 6: Verteilung des mittleren Jahresniederschlages ausgewählter Bundesländer. Quelle: verändert nach BMFT (1993)

Der relative Mangel an Wasser wird durch **Probleme bezüglich der Wasserbeschaffenheit** verstärkt. So stellen beispielsweise hinsichtlich der Extreme der Wasserführung die **Niedrigwasser** für den Berliner Raum seit Jahrzehnten ein besonderes Problem dar. Vor allem seit Beginn des 20. Jahrhunderts kam es in Berlin nach einschneidenden, den Wasserhaushalt beeinträchtigenden Maßnahmen häufiger zu Wasserknappheit. Bereits 1916 stellte Keller die Forderung nach einem Mindestabfluss von 15 m^3/s – bezogen auf den Spree-Pegel Charlottenburg – auf, um die aus „wirtschaftlichen und

hygienischen Gründen gebotene Spülung der Gewässer“ zu gewährleisten (Keller, 1916). Als Ausgangspunkt für die Fixierung dieses Wertes diente eine als „Schadensgrenze für die Wasserentnahme“ angesehene Abflussspende von 1,5 l/(s x km^2). Dieser Mindestabfluss wurde, wie Tab. 3 in Auszügen zeigt, am Pegel Charlottenburg in der Jahresreihe 1901–1956 in 32 Jahren z. T. beträchtlich unterschritten (MUNR & SENSU, 1995).

Tabelle 3: Ausgewählte Niedrigwasserabflüsse und -spenden am Pegel Charlottenburg 1901–1956. Quelle: MUNR & SENSU (1995)

Jahr	NQ [m³/s]	Nq [l/(s·km²)]
1904	4,10	0,40
1911	6,70	0,66
1921	8,50	0,85
1934	3,90	0,39
1953	7,50	0,75

Wasserwirtschaftlich besonders bedeutsam für den Planungsraum ist, dass die **Wassermengenbilanz der Spree** durch erhebliche und abrupte Änderungen im Braunkohle-Abbau-Regime der Niederlausitz bis in das nächste Jahrhundert beeinflusst wird. Es bedarf umfangreicher Untersuchungen zur wasserwirtschaftlichen Bilanz der Spree und zu den Möglichkeiten des Bilanzausgleiches über diesen Zeitraum.

Im Entwurf des „Wasserwirtschaftlichen Rahmenplanes Berlin und Umland“ (MUNR & SENSU, 1995) wird dargestellt, dass das **Abflussverhalten der Spree** in entscheidendem Umfang von den Kohle- und **Wasserfördermengen** des Braunkohlebergbaus **im Lausitzer Braunkohlerevier** abhängt.

Nach vielen kleinen, lokalen Braunkohle-Abbauaktivitäten schon im 19. Jahrhundert kann davon ausgegangen werden, dass diese Eingriffe spätestens im Jahr 1920 im Einzugsgebiet der Spree eine wasserwirtschaftlich bedeutsame Dimension annahmen. Mit der Förderung aus gleichzeitig 16 Tagebauen in der Lausitz mit insgesamt bis zu 200 Mio. t Kohle und mehr als sechsmal soviel Wasser pro Jahr, erreichte die Belastung Ende der 1980er Jahre ihren Höhepunkt. In der Folge trat einerseits bis zum Jahr 1990 auf rund 2100 km^2 – was etwa der Fläche des Saarlandes entspricht – eine Grundwasserabsenkung von mehr als einem Meter gegenüber der vorbergbaulichen Zeit auf. Andererseits führte das bergbaubedingte Abpumpen der statischen Grundwasservorräte zu deutlich erhöhten Abflüssen in den Oberflächengewässern. Beispielsweise lag der langjährige (1975–1990), mittlere, bergbaubeeinflusste Abfluss am Spreepegel Cottbus mit 18–19 m^3/s mehr als ein Drittel über dem natürlichen mittleren Eigendargebot. Ab 1990 trat jedoch ein drastischer Rückgang des Bergbaus in der Region ein. Es zeichnete sich ein längerfristiger, landesplanerisch fixierter Bestand von fünf Tagebauen in der Lausitz ab, wobei die Kohleförderungsszenarien äußerst unübersichtlich waren. Es wurde mit Mengen zwischen 30 und 65 Mio. t Braunkohle pro Jahr kalkuliert. Für die Wasserbehörden Berlins und Brandenburgs galt es daher relativ kurzfristig, die sich daraus ergebenden Konsequenzen auf der Basis wasserwirtschaftlicher Bilanzen abzuschätzen.

Gemäß Abschnitt 3.1 wurde die **wasserwirtschaftliche Summenbilanz des Spreeabschnittes zwischen dem Pegel Lieske unterhalb der Talsperre Bautzen und dem Pegel Leibsch unterhalb des Spreewaldes** (Abb. 7) erstellt.

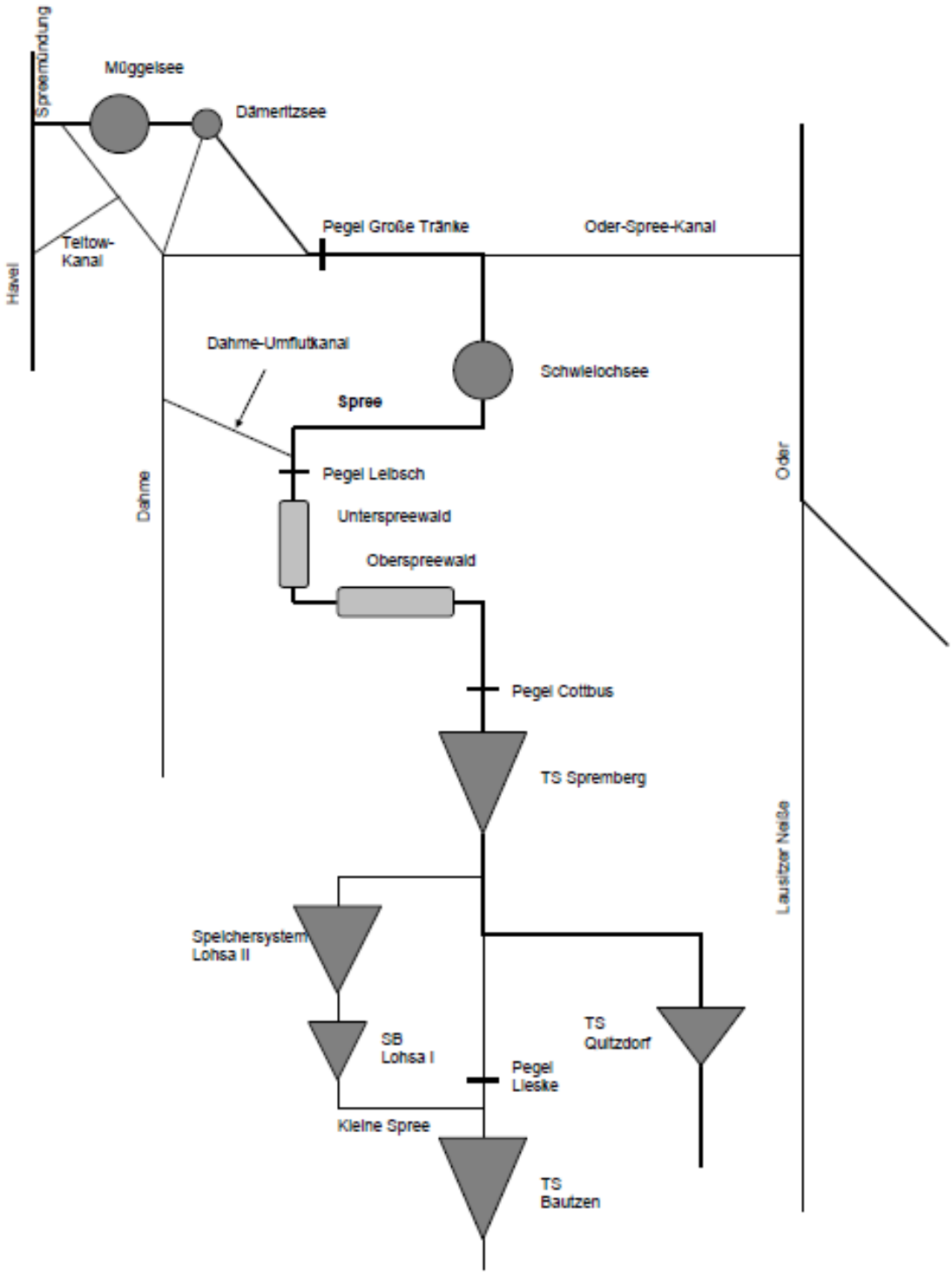


Abbildung 7: Systemskizze zum Flussgebiet der Spree

Gemäß Tabelle 4 ergab sich für den kritischen Dargebotsmonat Juli und für eine Unterschreitungswahrscheinlichkeit von 10 % folgende Summenbilanz (LUA, 1993a):

Tabelle 4: Wasserwirtschaftliche Summenbilanz für die Spree zwischen den Pegeln Lieske und Leibsch. Quelle: LUA (1993a)

Bilanzgröße [m3/s]	**Bilanzjahr**		
	1989	2000	2010
Bilanzabfluss oberes Spreegebiet	+ 2,35	+ 3,10	+ 3,10
Sümpfungswasseraufkommen	+ 31,80	+ 17,00	+ 14,00
Eigendargebot	+ 1,00	+ 1,35	+ 1,75
Speicherzufluss (TS Spremberg)	+ 0,75	+ 2,00	+ 2,00
Nutzungsverluste insgesamt (Industrie, Energie ...)	– 14,30	– 11,90	– 11,70
Infiltrationsverluste Bergbaugebiet	– 8,00	– 6,00	– 4,50
Verdunstungsverluste im Spreewald	– 5,00	– 5,00	– 5,00
Bilanzsaldo Pegel Leibsch	+ 8,60	+ 0,55	– 0,35
„aus ökologischen Gründen erforderlicher Mindestabfluss“	4,00	4,00	4,00

Bei einem angenommenen Rückgang der Braunkohleförderung geht also das Sümpfungswasseraufkommen um mehr als die Hälfte zurück. Das Eigendargebot steigt wegen des langsamen Schrumpfens des Grundwasserabsenkungstrichters nur gering. Die Nutzungsverluste nehmen ebenso wie die bergbaubedingten Infiltrationsverluste nur langsam ab. Im Jahre 2000 treten am Pegel Leibsch gegenüber dem Trockenjahr 1989 Werte unter 1 m^3/s und im Jahre 2010 tritt sogar ein Negativwert als Bilanzsaldo auf. Bisher wurde zur Sicherung der Wasserversorgung von Berlin von den Wasserbehörden immer ein Mindestabfluss von 8 m^3/s am Pegel Leibsch gefordert. Aber sogar der bisher angenommene „landschaftsnotwendige Kleinstabfluss“ bzw. die aus „ökologischen Gründen erforderliche Mindestwasserführung“ von 4 m^3/s unterhalb des Spreewaldes ist nicht erfüllt.

Die Notwendigkeit der Schaffung zusätzlicher Ausgleichsmaßnahmen liegt auf der Hand. In Tab. 5 wird das Bilanzergebnis für das gleiche Kohleförderszenario aber unter der Einbeziehung des infolge der Bergbausanierung entstandenen zusätzlichen Speichersystems Lohsa II (LUA, 1993b) gezeigt:

Tabelle 5: Ergebnisse der wasserwirtschaftlichen Summenbilanz für die Spree bei zurückgehenden Sümpfungswassereinleitungen, aber unter Nutzung des Speichersystems Lohsa II zum Durchflussausgleich. Quelle: LUA (1993b)

Bilanzprofil	**Bilanzjahr**	
	2000	**2010**
Lieske	2,1 m^3/s	2,1 m^3/s
Leibsch	2,9 m^3/s	9,2 m^3/s
Große Tränke	13,2 m^3/s	14,4 m^3/s
Spreemündung	8,9 m^3/s	12,1 m^3/s

Es zeigt sich, dass durch die **Erhöhung des regulierten Dargebotes im Einzugsgebiet der Spree** durchaus eine Verbesserung der wassermengenwirtschaftlichen Situation erreichbar ist.

Inzwischen haben sich die Ergebnisse der prognostischen Übersichtsbilanzen aus dem Jahre 1993 drastisch bestätigt. Abb. 8 zeigt, wie in den Sommermonaten Juni–August seit mehr als 10 Jahren permanent die von den Wasserbehörden Brandenburgs geforderten Mindestabflüsse Q_{min} (4 m³/s am Pegel Leibsch) deutlich unterschritten wurden (Grünewald, 2009).

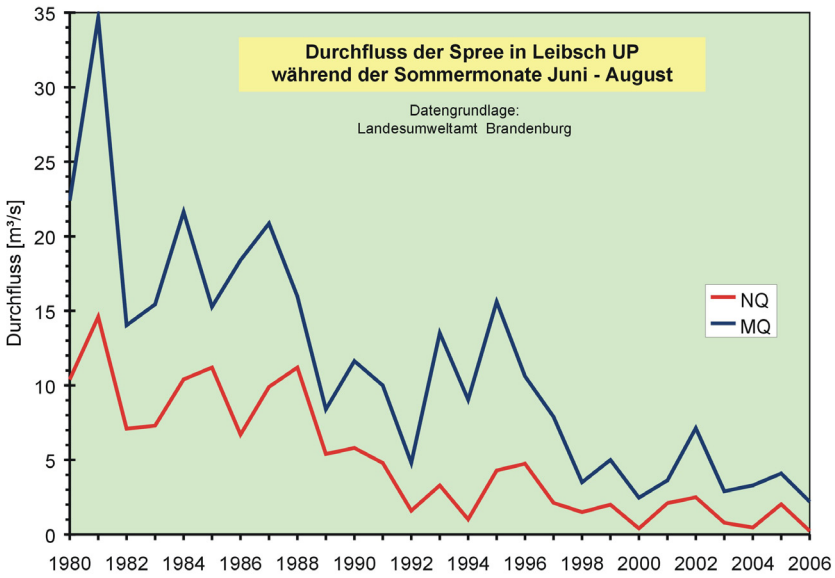


Abbildung 8: Drastischer Rückgang der Mittelwasser- (MQ) und Niedrigwasserabflüsse (NQ) in den Sommermonaten am Spreewaldpegel Leibsch. Quelle: Grünewald (2009)

Die Bergbaufolgeprobleme in den Einzugsgebieten von Spree und Schwarzer Elster sind jedoch wesentlich komplizierter, als sie in Tabelle 4 einseitig wassermengenwirtschaftlich und nur auf Basis eines einzelnen kritischen Bedarfsmonates abgebildet wurden. Heraus ergab und ergibt sich die Notwendigkeit wesentlich umfangreicherer und detaillierter wasserwirtschaftlicher Bilanzierungen für die Einzugsgebiete von Spree und Schwarzer Elster (siehe z.B. Grünewald, 2001b; Koch et al., 2009). Vor allem müssen dabei auch die vielfältigen bergbaubedingten Wasserbeschaffenheitsprobleme einbezogen werden (siehe z.B. Grünewald & Uhlmann 2004).

Koch et al. (2005) zeigen Wasserbewirtschaftungsszenarien auf Basis modellgestützter wasserwirtschaftlicher Bilanzierungen mit nach dem Monte-Carlo-Prinzip – also auf der Basis einer Vielzahl von Zufallsexperimenten – stochastisch simulierten Dargebotsgrößen und deren Gegenüberstellung zum (instationären) Wasserbedarf. Die Szenarien basieren auf umfangreichen detaillierten wasserwirtschaftlichen Bilanzierungen und beziehen neben dem Bedarf unterschiedlichster Wassernutzer auch veränderte globale und regionale Rahmen- und Randbedingungen ein.

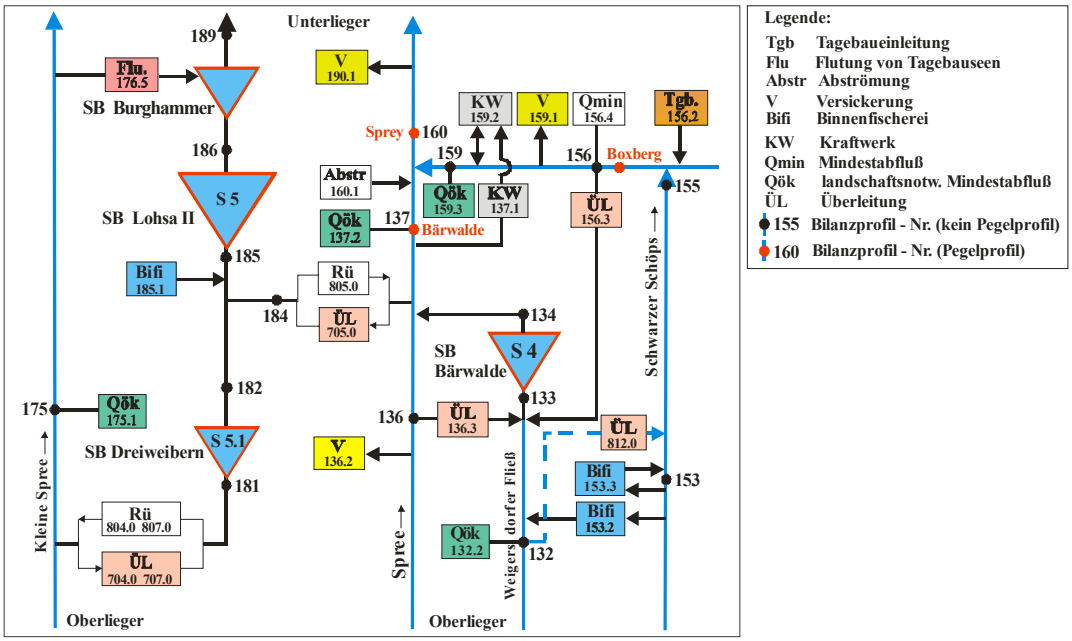


Abbildung 9: Ausschnitt aus dem detaillierten wasserwirtschaftlichen Wasserbilanzmodell „ArcGRM GLOWA" für ein Teilgebiet der Spree u. a. mit unterschiedlichen Nutzern, Speichern, Bilanzprofilen, Rück- und Überleitungen sowie Mindestabflussbedingungen. Quelle: Koch et al. (2005)

Darauf aufbauend liegen umfangreiche weitere Problem- und Konfliktanalysen zur länderübergreifenden Wasserbewirtschaftung im Spree-Havel-Gebiet im Kontext des globalen Wandels (z. B. Grünewald, 2005; Koch et al., 2006), zur Verknüpfung von Wasserbewirtschaftungs- und Wassersteuerungsmodellen (z. B. Grünewald et al., 2001) in der Betrachtungsregion bis hin zur Ableitung von Wassermanagementoptionen für den Erhalt des Spreewaldes unter den Bedingungen des globalen Wandels (z. B. Dietrich et al., 2007) vor.

4 Resümee und Ausblick

Schon aus den einführenden Abschnitten wird deutlich, dass es sich bei der **Betrachtungsregion Berlin-Brandenburg**– eingebettet in den gesamten Nordostdeutschen Raum – naturbedingt um eine besondere **„wasserhaushaltliche Problemregion“** handelt. „Die durchschnittlichen Niederschläge liegen hier mit 550–650 mm pro Jahr im Vergleich zu den alten Bundesländern [U.G.: mit ca. 840 mm/Jahr (siehe z. B. Dyck, Grünewald & Peschke, 1991)] um rund 200 mm/a niedriger. Überwiegend sandige Böden lassen das Wasser zudem viel zu schnell in die Tiefe versickern“ (LUA, 2002: 46). Die besonders geringen mittleren winterlichen Niederschlagssummen von unter 200 mm bzw. in vielen Teilregionen sogar von unter 150 mm in den Monaten November bis April liefern äußerst ungünstige natürliche Voraussetzungen zur winterlichen Auffüllung der Bodenfeuchte und des Grundwassers in dieser Lockergesteinsregion.

Demgegenüber stehen hohe Werte des Verdunstungsanspruchs der Atmosphäre ausgedrückt z. B. in der potentiellen Verdunstung („Grass-Referenzverdunstung“) von 600–650 mm/a, was insgesamt zu fast durchweg negativen Werten der mittleren jährlichen klimatischen Wasserbilanz in der Region Berlin-Brandenburg führt. Bemerkenswert ist dazu vor allem auch die innerjährliche Verteilung der klimatischen Wasserbilanz als Differenz von (korrigierter) Niederschlagshöhe und der Höhe der potentiellen Verdunstung: „Der gesamte Tieflandbereich von Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Sachsen weist negative Sommerhalbjahresbilanzen auf, wobei die Durchschnittswerte - 100 mm teilweise erheblich unterschreiten. Die größten Defizite im Sommerhalbjahr nehmen Werte kleiner - 300 mm an“ (HAD, 2003; Erläuterungen zur Karte 2.14).

Dies wiederum führt zu wasserhaushaltlichen Konsequenzen in der Form von niedrigen mittleren jährlichen Abflusshöhen und geringen Niedrigwasserabflussspenden. „Obwohl im Lockergesteinsbereich der neuen Bundesländer geologisch und pedologisch ähnliche Bedingungen vorherrschen wie im Norddeutschen Flachland [U.G.: gemeint ist sicherlich das Nord**west**deutsche Flachland mit solchen Naturräumen wie der „Lüneburger Heide“, der „Stader Geest“ oder das „Weser-Aller-Flachland“ – siehe Karte 1.0 des HAD (2003)], treten dort in weiten Teilen Sickerwasserhöhen unter 100 mm/a auf. Allgemein wirkt dort das eingeschränkte Niederschlagsdargebot limitierend auf die Höhe der Sickerwasserbildung. Ausgedehnte Landschaftsräume, für die diese Bedingungen gelten, liegen in Sachsen-Anhalt und in Brandenburg“ (BMFT, 1993: 16).

Für den vereinheitlichten Betrachtungszeitraum von 1961 bis 1990 ergibt sich **die wasserhaushaltliche Bilanz** für die **Betrachtungsregion Berlin-Brandenburg** zu

$$\overline{\mathbf{P_{korr}}}\,\mathbf{(617)} = \overline{\mathbf{R}}\,\mathbf{(109)} + \overline{\mathbf{ET}}\,\mathbf{(508)\,mm/a}\,.$$

Sie liegt damit in all ihren Elementen

$\overline{P}$	-	mittlere jährliche korrigierte Niederschlagssumme,
$\overline{R}$	-	mittlere jährliche Abflusssumme,
$\overline{ET}$	-	mittlere jährliche (tatsächliche) Verdunstungssumme

unter denen **Gesamtdeutschlands mit**

$$\overline{P_{korr}}\,(859) = \overline{R}\,(327) + \overline{ET}\,(532)\,\text{mm/a}\,.$$

Als **Abflusshöhe** werden für das Bundesland **Berlin 182 mm/a** in HAD (2003) angegeben. Die Bundesländer **Brandenburg** mit **88 mm/a** und **Sachsen-Anhalt** mit **93 mm/a** stellen die beiden **„wasserärmsten Bundesländer Deutschlands“** dar (HAD, 2003; Erläuterung der Karte 6.7).

Selbst unter Berücksichtigung von „grenzüberschreitenden Fremdzuflüssen“ bedurfte und **bedarf** die **Betrachtungsregion Berlin-Brandenburg** durch ihre naturbedingte Lage im vergleichsweise wasserarmen Gewässereinzugsgebiet der Elbe **besonderer wasserwirtschaftlicher Aufmerksamkeit und Einflussnahme**. Deutlich wird dies auch im Vergleich der Kennwerte des Wasserhaushaltes, des Wasserdargebotes und der Wasserverfügbarkeit der damaligen DDR und BRD (sowohl für den Locker- als auch den Festgesteinsbereich). Daraus resultierte wiederum ein grundsätzlich anderer Stellenwert bezüglich der Notwendigkeit der modellgestützten Wasserbewirtschaftung (z. B. Grünewald, 1978), der Mehrfachnutzung des Wassers (z. B. Dyck, Grünewald & Peschke, 1991) und des Einsatzes der Bewässerung (Simon, 2009) sowie des Baus von Talsperren und Wasserüberleitungen (z. B. IKSE, 2005) in Ostdeutschland bzw. der damaligen DDR.

Auch heute leiten sich daraus besondere Anforderungen an die wasserwirtschaftliche Planung und Bewirtschaftung, aber auch an die Bilanzierung sowohl in der „Problemregion“ Berlin-Brandenburg als auch insgesamt in der Region Nordostdeutschland ab. Sie sind unter den sich ständig ändernden Rahmen- und Randbedingungen des globalen und regionalen Wandels differenziert und detailliert anzupassen. Sie stellen für alle Beteiligten von den „Verursachern“ über die „Betroffenen“ und die „Entscheidungsträger“ in Politik und Wirtschaft bis hin zu den verschiedensten an der Prozess- und Problemaufklärung sowie Problembewältigung arbeitenden Wissenschaftsdisziplinen eine **große Herausforderung** dar.

Analog Lischeid (2009; Abschnitt 5: Prognosen) lässt sich darüber hinaus schlussfolgern, dass „der Landschaftswasserhaushalt in der Region Brandenburg und Berlin **wesentlich empfindlicher** auf Änderungen der natürlichen und anthropogenen Rahmenbedingungen **reagiert als in anderen Regionen Deutschlands**“.

In Lischeid (2009) werden „Aktuelle anthropogene Einflüsse“ (Wasserbau, Landnutzung und Anpassungsmaßnahmen) ausführlich diskutiert. Der Bereich Landnutzung wird diesbezüglich nach „Landwirtschaft: das Konzept des virtuellen Wassers“, „Anwendbarkeit des Konzeptes auf die Region Berlin-Brandenburg“, „Öffentliche Wasserversorgung“, „Bergbau“, „prognostizierter Klimawandel“ differenziert. Daneben existieren umfangreiche Untersuchungen z. B. zur Wasserbewirtschaftung im Gesamteinzugsgebiet der Elbe (Koch et al., 2007) sowie zu Anpassungsstrategien für die Wasserbewirtschaftung an den globalen Wandel im Einzugsgebiet der Spree (Koch u. a., 2009) und des Spreewaldes (Dietrich et al., 2007). Umfangreich hat sich der Beirat für Nachhaltige Entwicklung und Ressourcenschutz des Landes Brandenburg in seinem Endbericht (2009) mit der „Aktuellen Situation der Wasserwirtschaft in Brandenburg“ auseinandergesetzt und „Maßnahmenvorschläge für ein nachhaltiges Wassermanagement in Brandenburg“ unterbreitet. Inzwischen liegt auch der „Wasserversorgungsplan 2009 für das Land Brandenburg“ vor.

Generell lassen sich jedoch „auch und besonders“ in diesen Problemregionen **besondere Herausforderungen beim „nachhaltigen Umgang mit Wasser in der Landschaft“** (Grünewald, 2003), vor allem z. B. bei der „Integration von Wasser- und Landressourcen-Bewirtschaftung“ (z. B. Grünewald, 2004) sowie beim „Wassermanagement in der Landwirtschaft“ (Drastig, Prochnow & Brunsch, 2010) im Sinne anwendungs- und grundlagenforschungsmäßiger Herausforderungen ableiten.

Literatur

BfG (1996): Information 1/96: Abfluss- und Wasserbilanz der Bundesrepublik Deutschland. Bundesanstalt für Gewässerkunde.

BMFT (1993): Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie: Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland. Rasterkarten zu geowissenschaftlichen Grundlagen, Stickstoffbilanzgrößen und Modellergebnissen. Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg–New York.

Deggau, M. (2006): Nutzung der Bodenfläche. Flächenerhebung 2004 nach Art der tatsächlichen Nutzung. Statistisches Bundesamt, Wirtschaft und Statistik 3/2006.

Dietrich, O., Kaltofen, M., Koch, H., Schweigert, S. (2007): Wassermanagementoptionen für den Erhalt von Feuchtgebieten unter den Bedingungen des globalen Wandels – Beispiel Spreewald. In: K. Miegel, E.R. Trübger & H.B. Kleeberg (Hrsg.), Einfluss von Bewirtschaftung und Klima auf Wasser- und Stoffhaushalt von Gewässern. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Vol.20.07, 197-209.

Drastig, K., Prochnow, A., Brunsch, R. (2010): Wassermanagement in der Landschaft. Materialien der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Globaler Wandel – Regionale Entwicklung, Bd. 3 Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin.

Dyck, S., Grünewald, U., Peschke, G. (1991): Hydrologische Aspekte bei der Sicherung der Mehrfachnutzung von Gewässereinzugsgebieten. Wasserwirtschaft 81 (6), 276-281.

Falkenmark, M., Andersson, L., Castensson, R., Sundblad, K. (1999): Water – a reflection of land use. Options for counteracting land and water mismanagement. Swedish Natural Science Research Council, Stockholm.

Freude (2004): Anforderungen an die hydrologischen Wissenschaften aus der Praxis. In: Wasser- und Stofftransport in heterogenen Einzugsgebieten, Tag der Hydrologie 2004. 22.–23.03.2004, Potsdam.

Glugla, G., Jankiewicz, P., Rachimow, C., Lojek, K., Richter, K., Fürtig, G., Krahe, P. (2003): Wasserhaushaltsverfahren zur Berechnung vieljähriger Mittelwerte der tatsächlichen Verdunstung und des Gesamtabflusses. BfG-Bericht 1342, Koblenz.

Grünewald, U. (1978): Ein Beitrag zur mathematischen Modellierung von Wasserbewirtschaftungssystemen unter Berücksichtigung des Zufallscharakters der Dargebotsgrößen. Dissertation (B). Technische Universität Dresden.

Grünewald, U. (2001a): Water resources management in river catchments influenced by lignite mining. In: Ecological Engineering 17. Special Issue: Ecology of post mining landscapes, 143-152.

Grünewald, U. (2001b): Wasserwirtschaftliche Planungen. In: K Lecher, H.-P. Lühr, U. Zanke (Hrsg.): Taschenbuch der Wasserwirtschaft, 8. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin, 1123-1163.

Grünewald, U., Kaltofen, M., Kaden, S., Schramm, M. (2001): Länderübergreifende Bewirtschaftung der Spree und der Schwarzen Elster. In: KA – Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall 48 (2), 205-213.

Grünewald, U. (2003): Leitthema 1: Wasser in der Landschaft, In: Wasserforschung im Spannungsfeld zwischen Gegenwartsbewältigung und Zukunftssicherung. Denkschrift der Senatskommission für Wasserforschung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), WILEY-VCH, Weinheim, 14-36.

Grünewald, U. (2004): Wirtschaften mit Wasser oder Integration von Wasser- und Landressourcen-Bewirtschaftung. In: J. Köngeter (Hrsg.) (2004): Trends der Wasserwirtschaft – reagieren oder agieren. 33. IWASA. Internationales Wasserbau-Symposium. Aachen 2003. Mitteilungen Nr. 131 des Lehrstuhles und Institutes für Wasserbau und Wasserwirtschaft, RWTH Aachen, Shaker Verlag GmbH, Aachen, 27-46.

Grünewald, U., 2005: Probleme der integrierten Wasserbewirtschaftung im Spree-Havel-Gebiet im Kontext des globalen Wandels. In: F. Wechsung, A.Becker, P. Gräfe (Hrsg.): Auswirkungen des globalen Wandels auf Wasser, Umwelt und Gesellschaft im Elbegebiet. Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft. Band 6. Weißensee-Verlag, Berlin, 209-218.

Grünewald, U. (2009): Integrierte Wasserbewirtschaftung in bergbaulich beeinflussten Flussgebieten Ostdeutschlands. UWF – UmweltWirtschaftsForum. 17(3), 243-250.

Grünewald, U., Uhlmann, W. (2004): Zur Entwicklung der Wasserbeschaffenheit in den Lausitzer Tagebauseen – Ausgangspunkt, Stand und Perspektiven. On the water quality development of post-mining lakes in Lusatia – starting point, status, perspectives. Surface Mining 56 (2), 115-125.

HAD (2003): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.): Hydrologischer Atlas Deutschlands. CD-ROM.

IKSE (2005): Die Elbe und ihr Einzugsgebiet. Ein geographisch-hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Überblick. Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, Magdeburg.

Kalweit, H. (1998): Schöpfung aus Wald und Wasser. Geschichte der Wasserwirtschaft in Brandenburg und Berlin. Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart.

Keller, H. (1916): Ober- und unterirdische Wasserwirtschaft im Spree- und Havelgebiet. Als Handschrift gedruckt. Berlin.

Koch, H., Kaden, S., Kaltofen, M., Grünewald, U. (2007): Wasserbewirtschaftung in grenzüberschreitenden Gewässern unter Bedingungen des globalen Wandels – Beispiel Elbe. In: K. Miegel, E.R. Trübger & H.B. Kleeberg (Hrsg.), Einfluss von Bewirtschaftung und Klima auf Wasser- und Stoffhaushalt von Gewässern. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Vol.20.07, 211-216.

Koch, H., Kaltofen, M., Grünewald, U., Messner, F., Karkuschke, M., Zwirner, O. & Schramm, M. (2005): Scenarios of water resources management in the Lower Lusatian mining district, Germany. In: Ecological Engineering. The Journal of Ecotechnology. 24, 49-57.

Koch, H., Kaltofen, M., Schramm, M., Grünewald, U. (2006): Adaptation Strategies to Global Change for Water Resources Management in the Spree River Catchment, Germany. In: International Journal of River Basin Management, 4(4), 273-281.

Koch, H., Grünewald, U., Kaltofen, M., Kaden, S. (2009): Anpassungsstrategien für die Wasserbewirtschaftung an den globalen Wandel im Einzugsgebiet der Spree. KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 2(11), 600-605.

Lasch, P., Gutsch, M., Suckow, F. (2009): Klimawandel in Brandenburg – Risiken für Eichen-Kiefern-Mischbestände. In: Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (MIL) des Landes Brandenburg/Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) (Hrsg.): Wald im Klimawandel – Risiken und Anpassungsstrategien. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 42, Potsdam/Eberswalde, 14-21.

Leibundgut, C., Kern, F.-J. (2003): Die Wasserbilanz der Bundesrepublik Deutschland – Neue Ergebnisse aus dem Hydrologischen Atlas Deutschland. Petermanns Geographische Mitteilungen 147(6), 6-11.

Liebscher, H. J., Keller, R. (1979): Abfluss. In: Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland (Textband). Hrsg. im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bonn, 90-159.

Lischeid, G. (2009): Landschaftswasserhaushalt in der Region Berlin-Brandenburg. Materialien der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Globaler Wandel – Regionale Entwicklung, Bd. 2. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin.

Loucks, D. P., van Beek, E. (2005): Water Resources Systems Planning and Management. An Introduction to Methods, Models and Applications. UNESCO, Paris.

LUA (1993a): Landesumweltamt Brandenburg: Wassermengenbilanzen für die Flußgebiete der Spree und Schwarzen Elster. Juli-Ausgabe. Koordinierung und Gesamtbearbeitung: Landesumweltamt Brandenburg, Abteilung Gewässerschutz und Wasserwirtschaft, Cottbus.

LUA (1993b): Landesumweltamt Brandenburg: Wassermengenbilanzen für die Flußgebiete der Spree und Schwarzen Elster. Oktober-Ausgabe. Koordinierung und Gesamtbearbeitung: Landesumweltamt Brandenburg, Abteilung Gewässerschutz und Wasserwirtschaft, Cottbus.

LUA (2000): Landesumweltamt Brandenburg: Flächendeckende Modellierung von Wasserhaushaltsgrößen für das Land Brandenburg. Bearbeitung: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung Müncheberg, Büro für Angewandte Hydrologie Berlin. Studien und Tagungsberichte. Schriftenreihe des Landesumweltamtes Brandenburg, Band 27, Potsdam. URL: http://www.mugv.brandenburg.de/cms/detail.php/lbm1.c.327660.de (Zugriff am 26.01.2010)

LUA (2002): Umweltdaten aus Brandenburg. Bericht 2002 des Landesumweltamtes. Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam.

Meyers Neues Lexikon (1993). In zehn Bänden. Meyers Lexikonverlag, Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich.

MUGV (2009): Wasserversorgungsplan 2009 für das Land Brandenburg. Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg, Potsdam.

MUNR, SENSU (1995): Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Berlin und Umland – Entwurf. Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin.

NHB (2009): (Brandenburg auf dem Weg zur Modellregion für Nachhaltige Entwicklung. Endbericht 2009. Beirat für Nachhaltige Entwicklung und Ressourcenschutz des Landes Brandenburg, Potsdam.

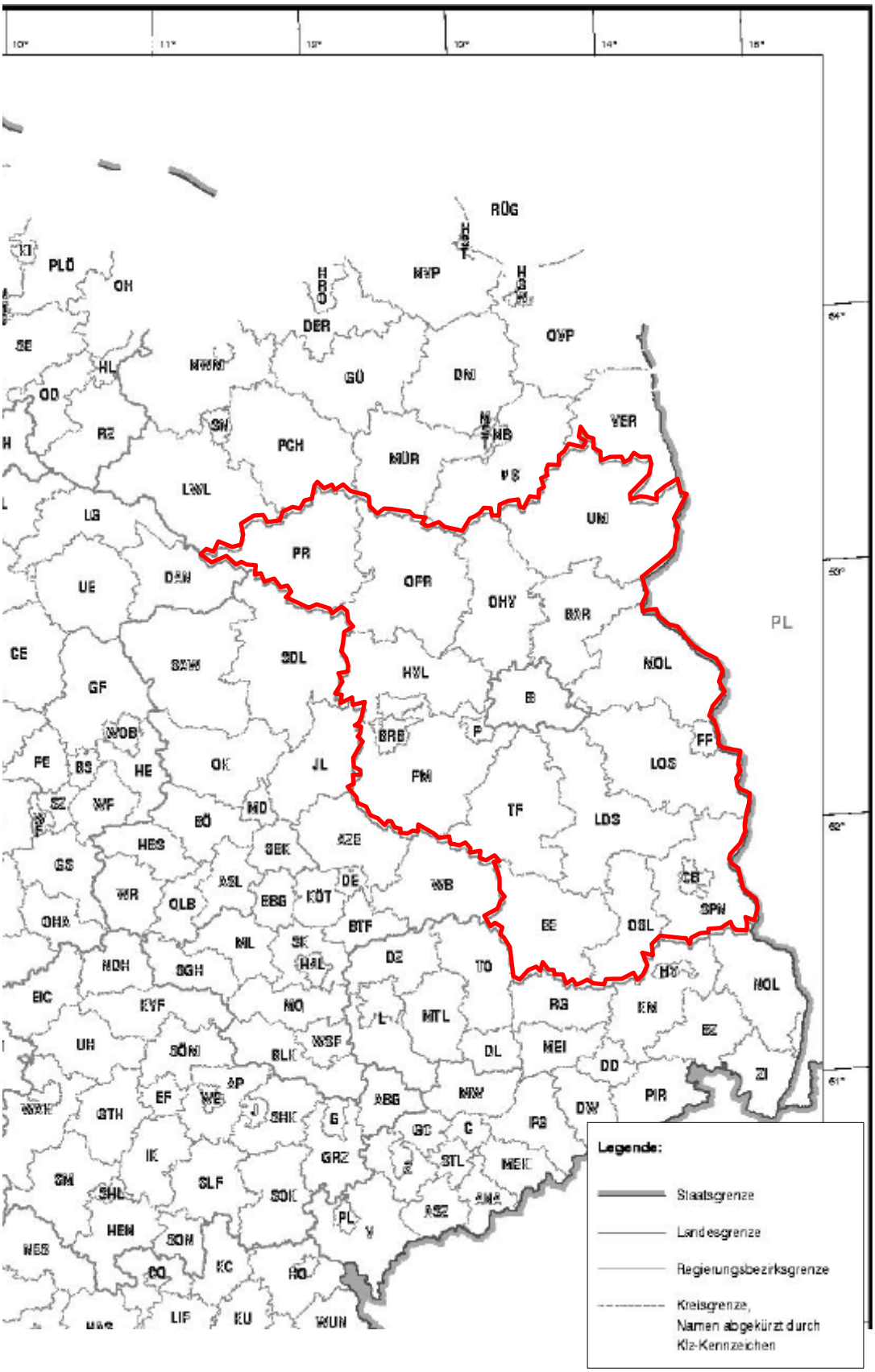
Nowel, W., Bönisch, R., Schneider, W., Schulze, H. (1994): Geologie des Lausitzer Braunkohlenreviers, Gewidmet dem 500. Geburtstag von Georgius Agricola. Senftenberg.

Simon, M. (2009): Die landwirtschaftliche Bewässerung in Ostdeutschland seit 1949. Eine historische Analyse vor dem Hintergrund des Klimawandels. PIK-Report Nr. 114. Potsdam.

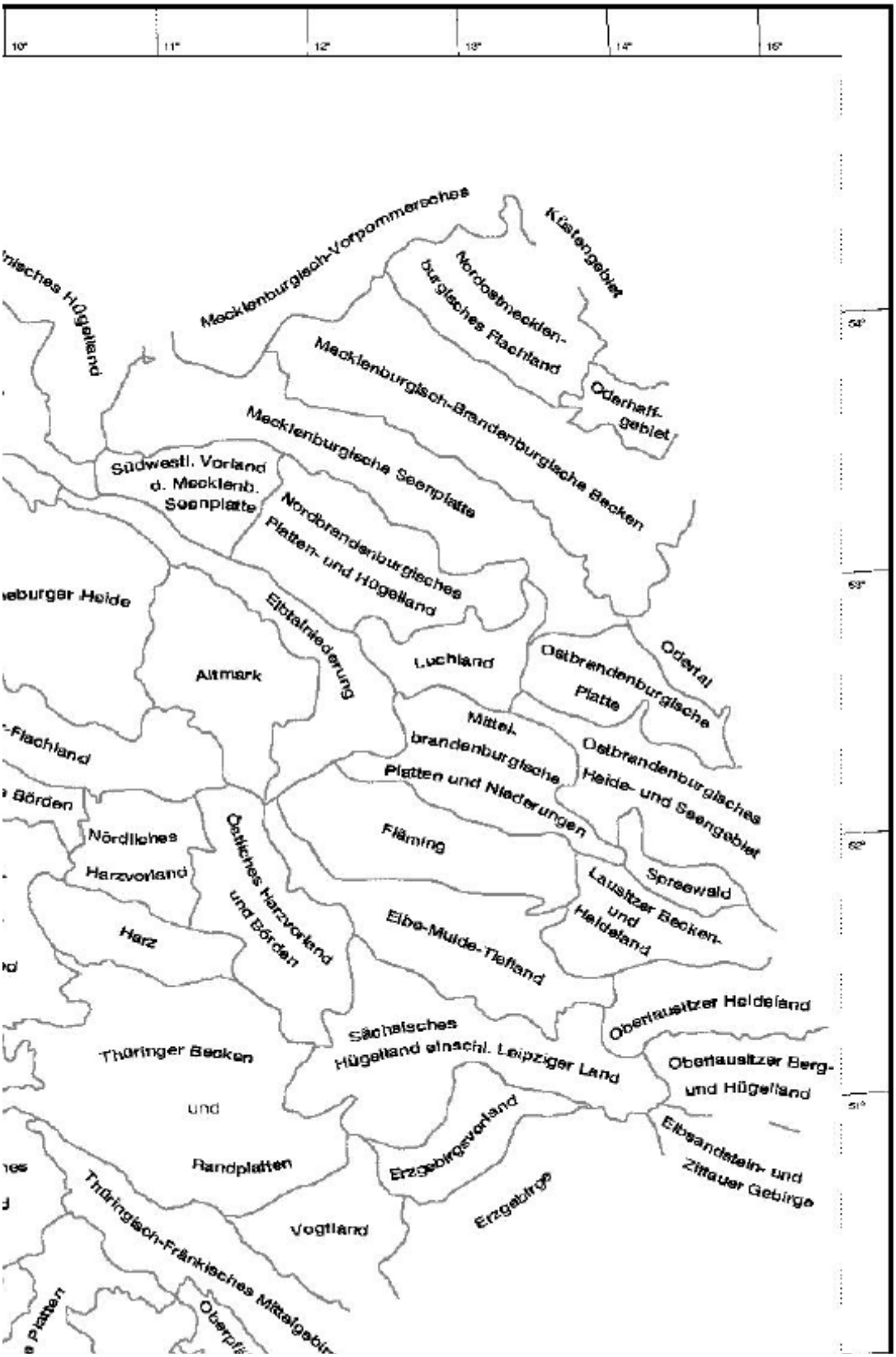
UNESCO (2009): Water in a changing world. The United Nations World Water Development Report 3. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. URL: http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/ (Zugriff am 25.01.2010).

Viete, G. (1957): Geologische Wirkungen des Eises. In: Allgemeine Geologie, 6. Lehrbrief Bergakademie Freiberg HA Fernstudium, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin.

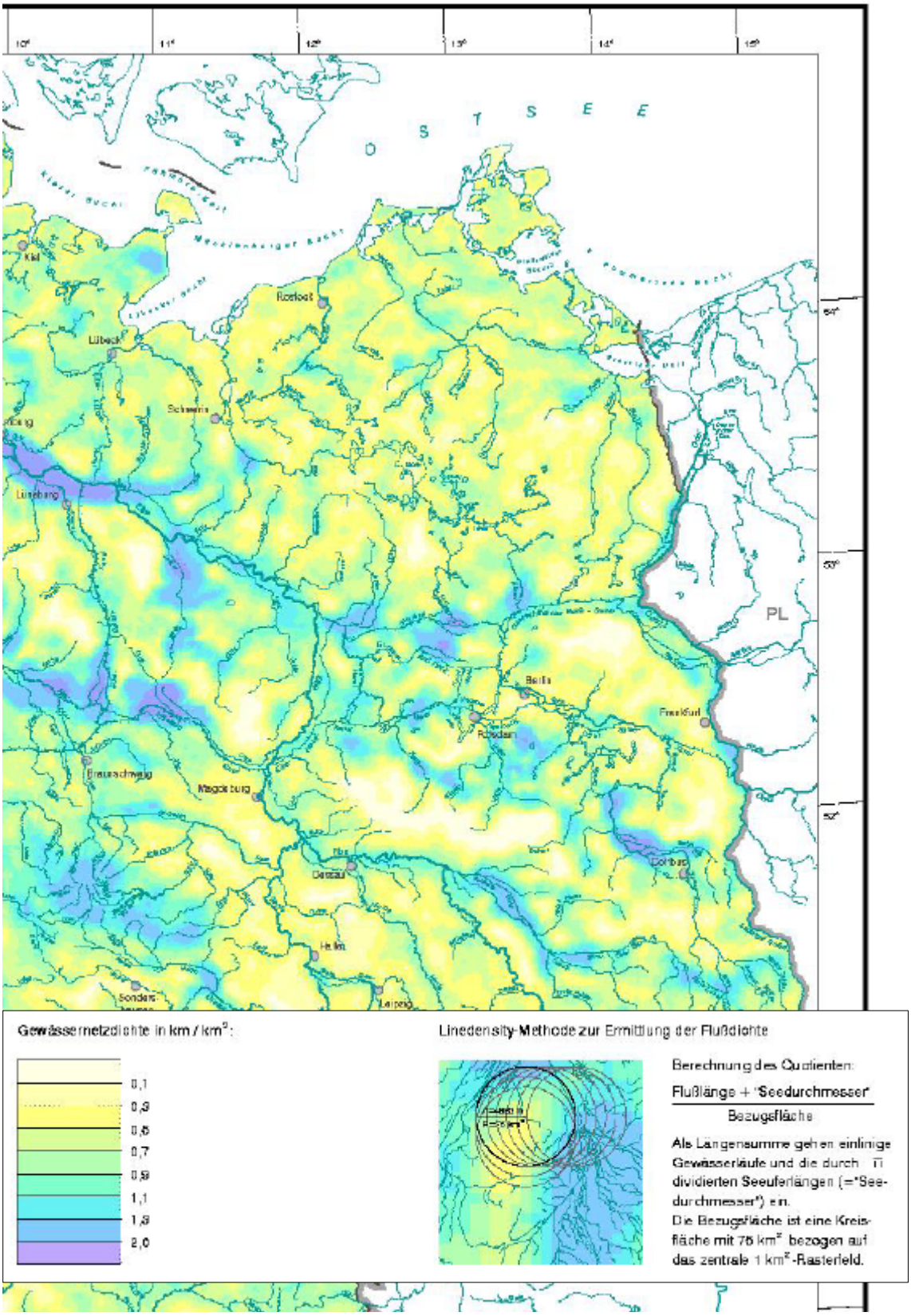
Anlagen



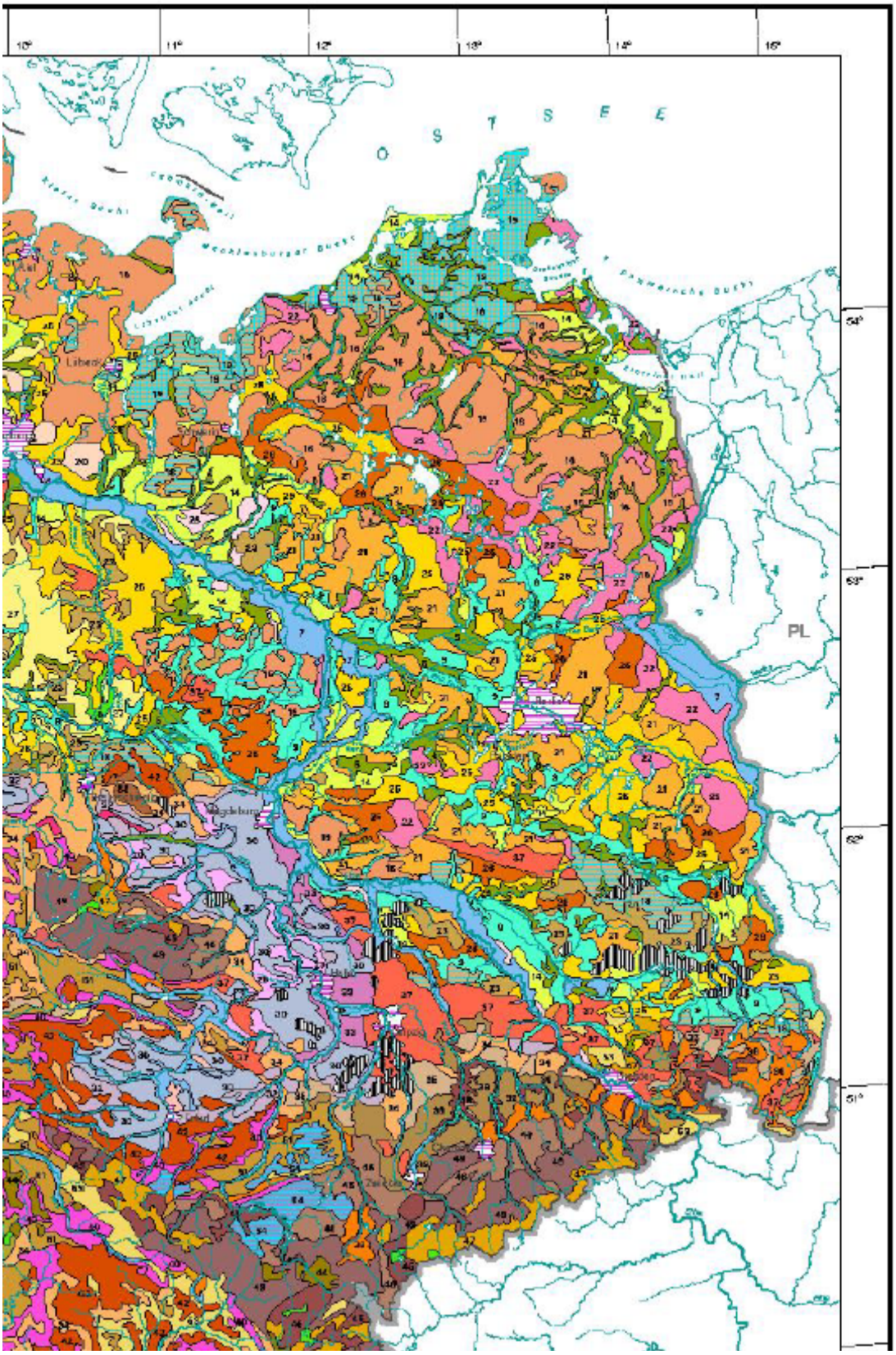
Anlage 1: Administrative Grenzen des heutigen Bundeslandes Brandenburg (Ausschnitt aus Karte 1.0 D aus HAD (2003)) (transparent)



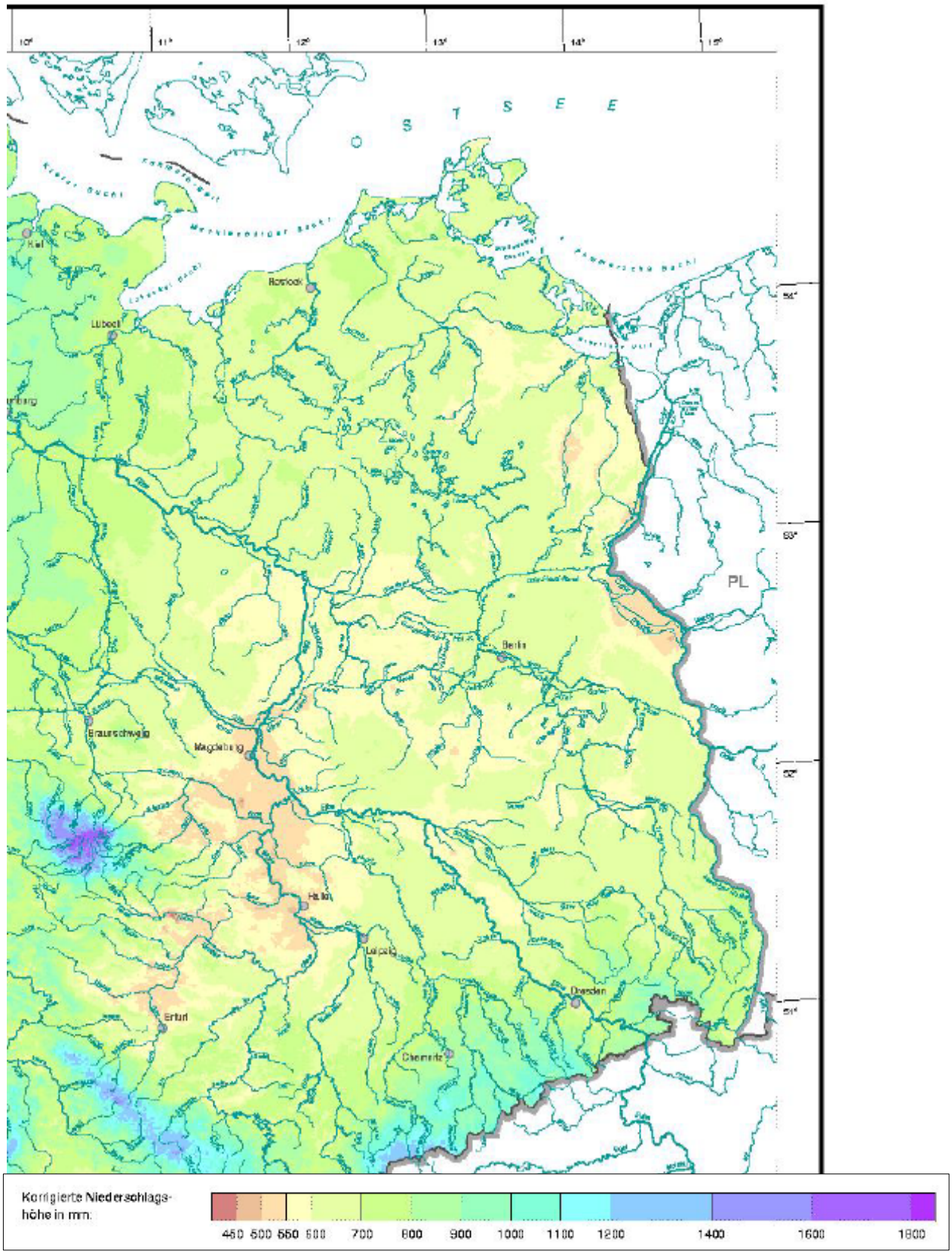
Anlage 2: Naturräumliche Gliederung der Betrachtungsregion (Ausschnitt aus Karte 1.0 C aus HAD (2003)) (transparent)



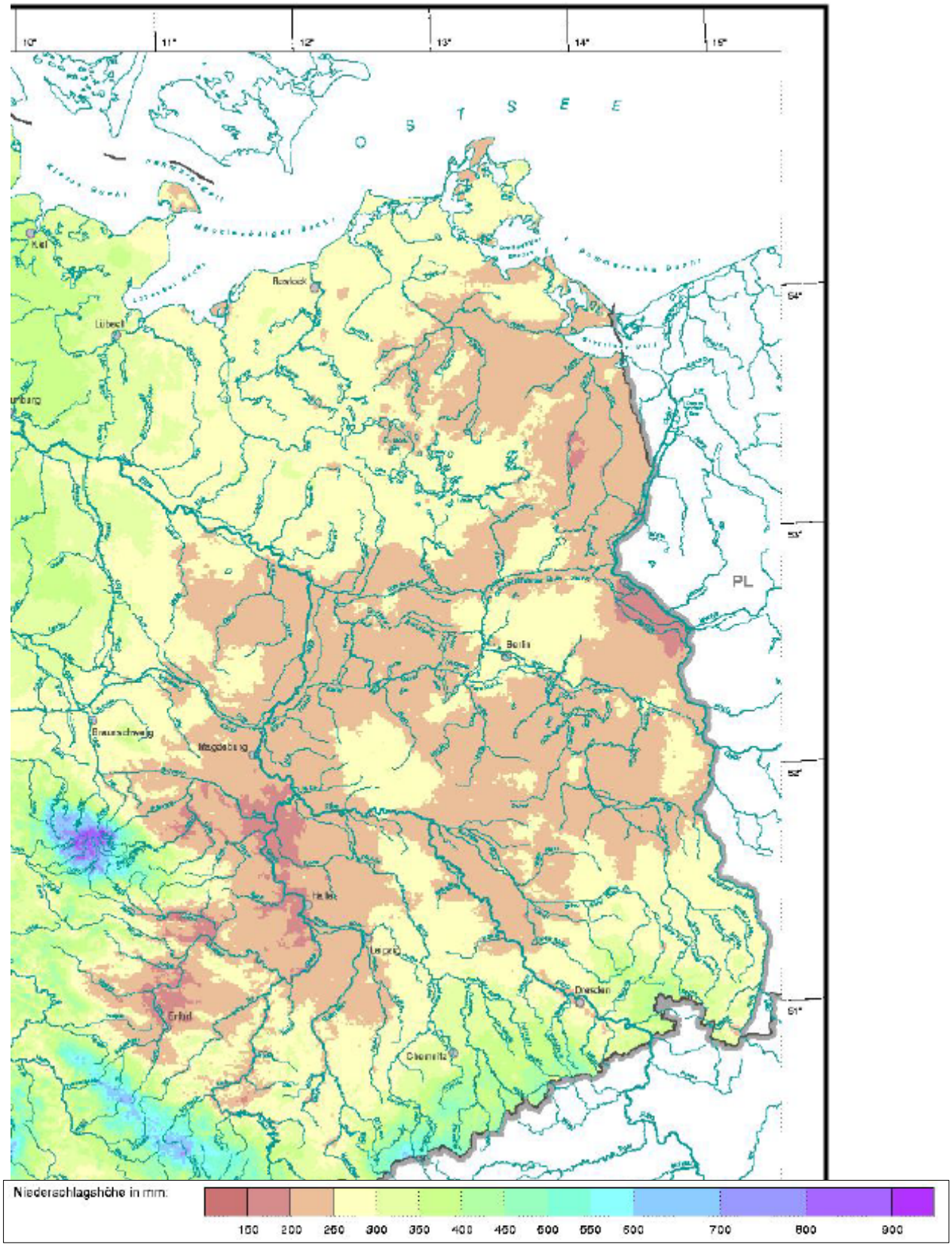
Anlage 3:Gewässernetzdichte (Ausschnitt aus Karte 1.2 aus HAD (2003))



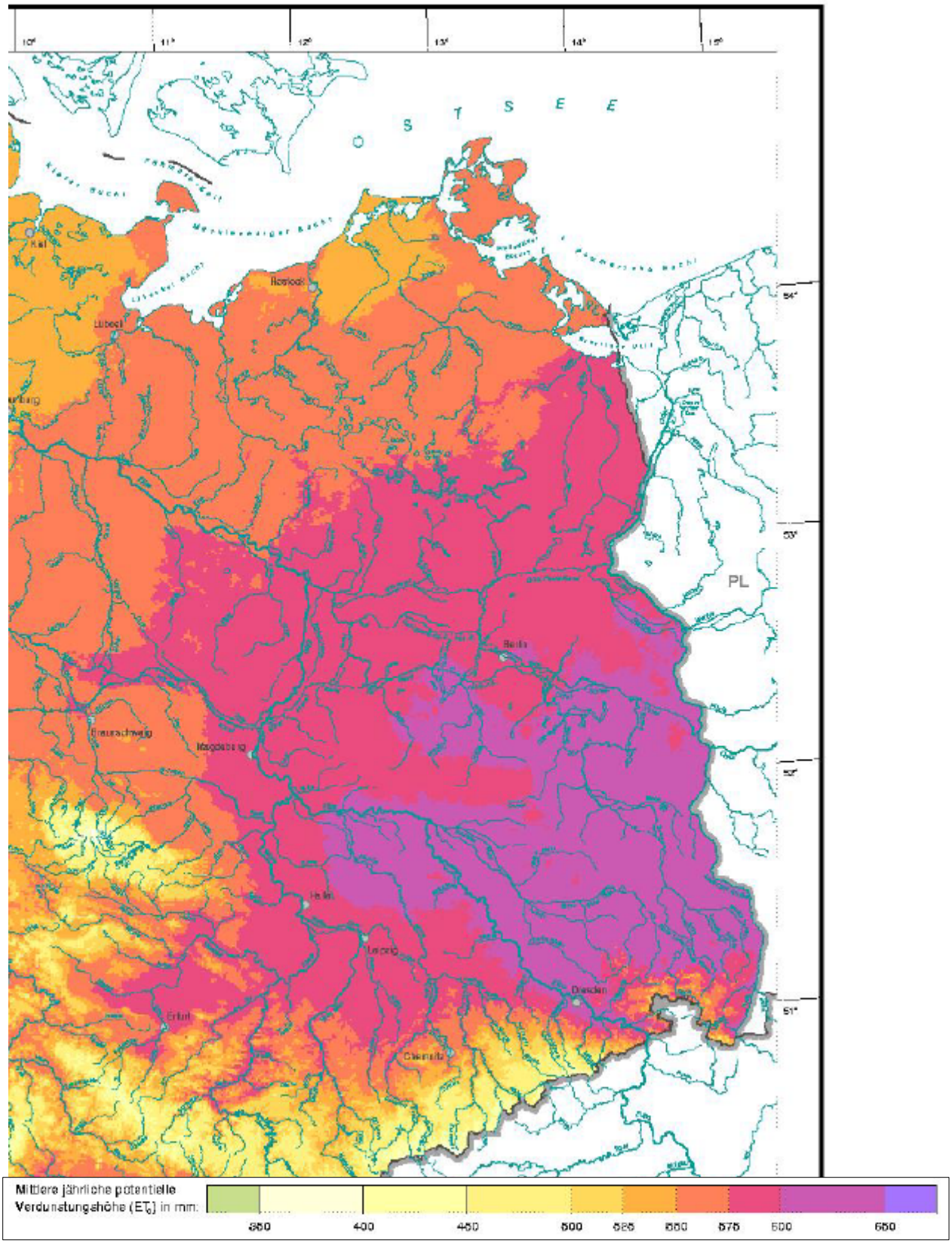
Anlage 4: Bodenübersicht (Ausschnitt aus Karte 1.3 aus HAD (2003))



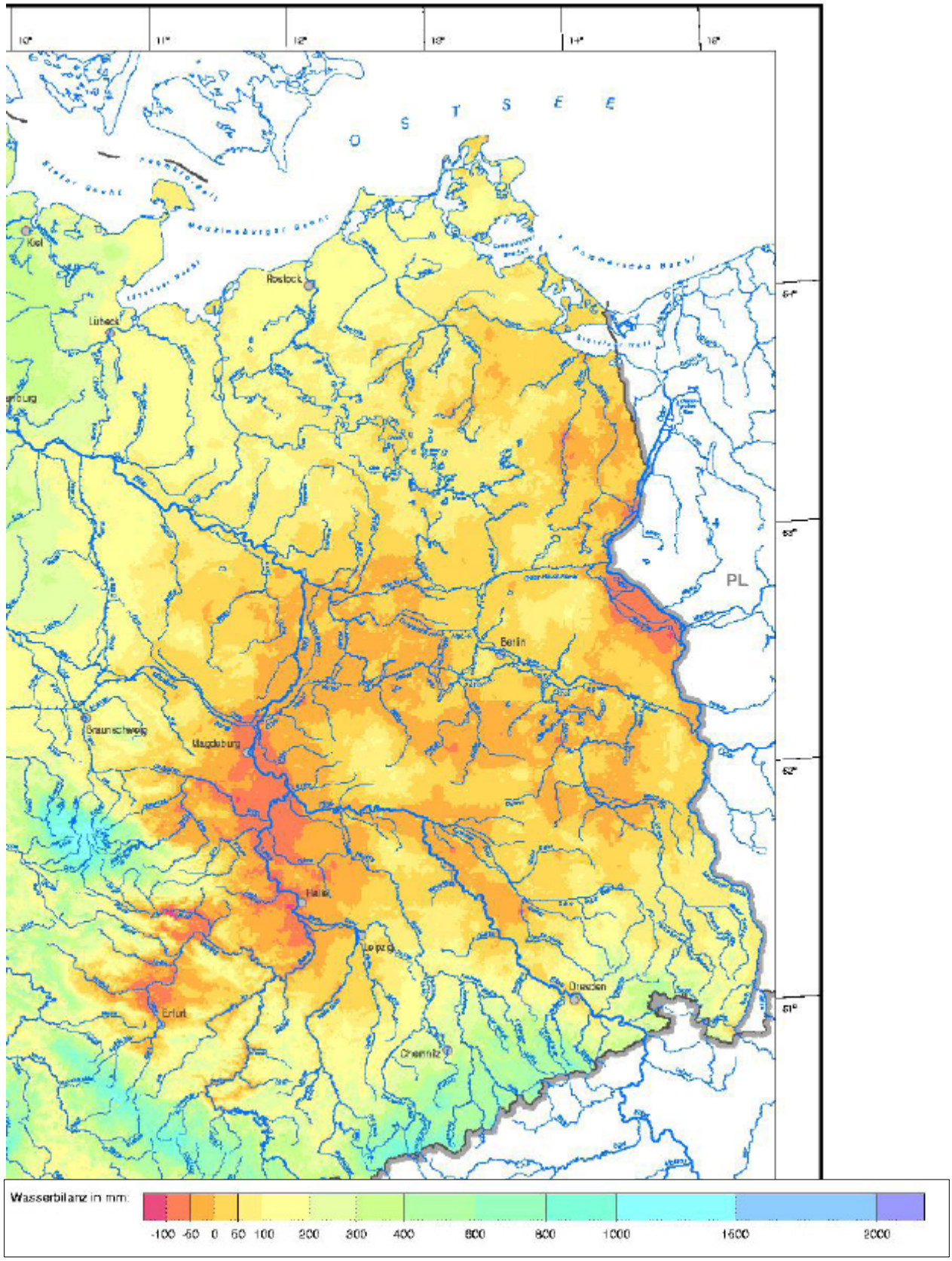
Anlage 5: Mittlere korrigierte jährliche Niederschlagshöhe (Ausschnitt aus Karte 2.5 aus HAD (2003))



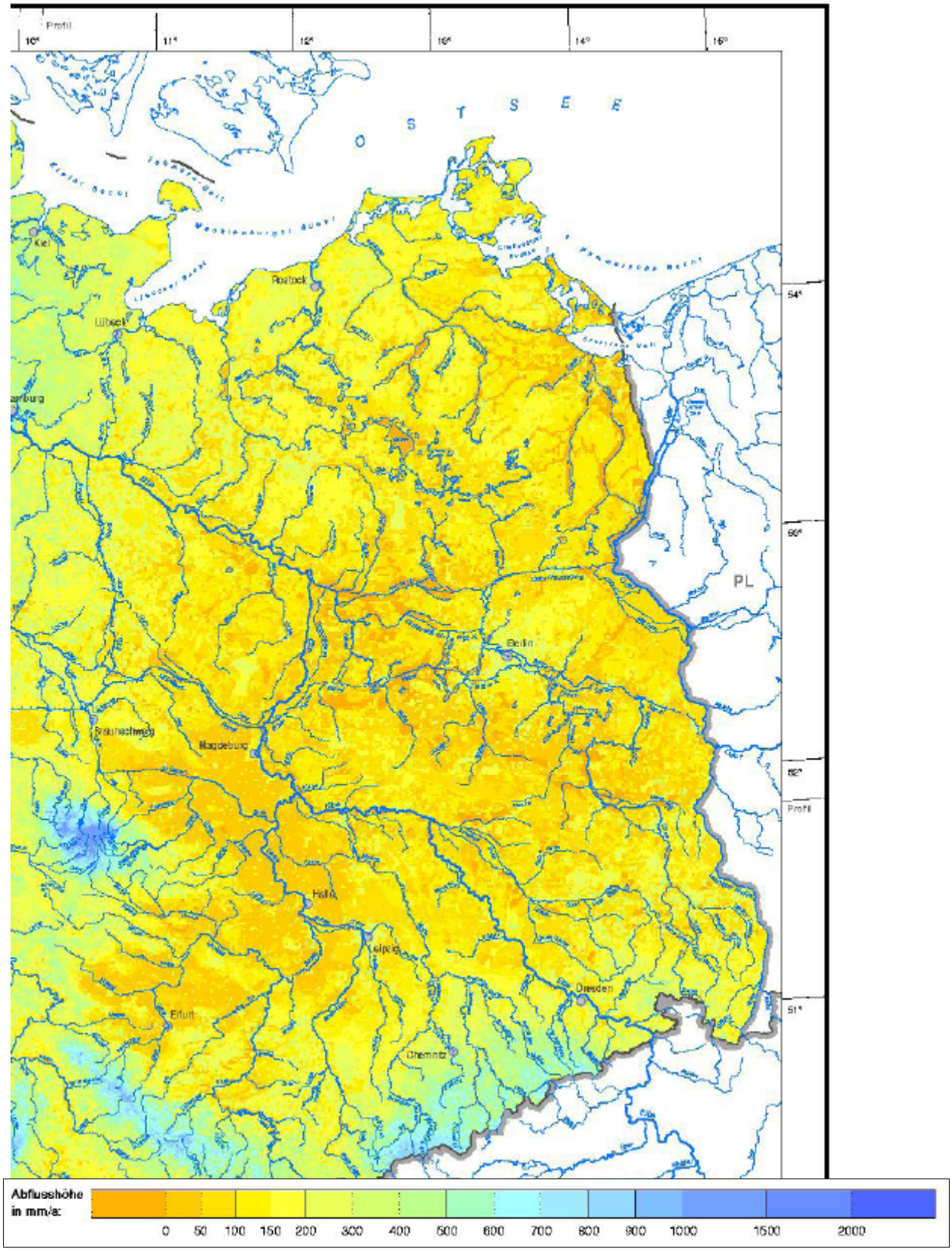
Anlage 6: Mittlere Niederschlagshöhe Winterhalbjahr (November-April) (Ausschnitt aus Karte 2.4 des HAD (2003))



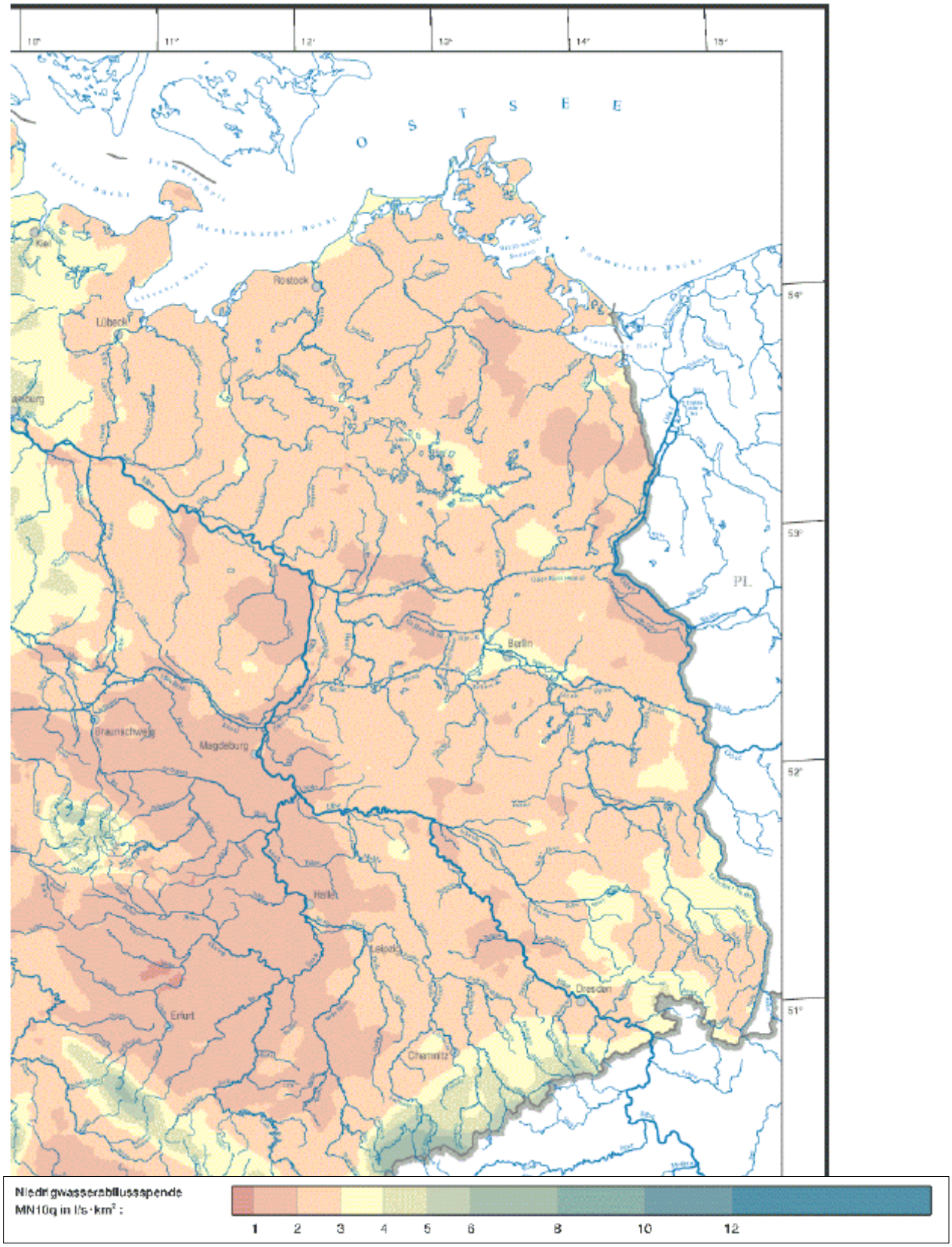
Anlage 7: Mittlere jährliche potentielle Verdunstungshöhe als Grass-Referenzverdunstung (Ausschnitt aus Karte 2.12 des HAD (2003))



Anlage 8: Mittlere jährliche klimatische Wasserbilanz (KWB) (Ausschnitt aus Karte 2.14 des HAD (2003))

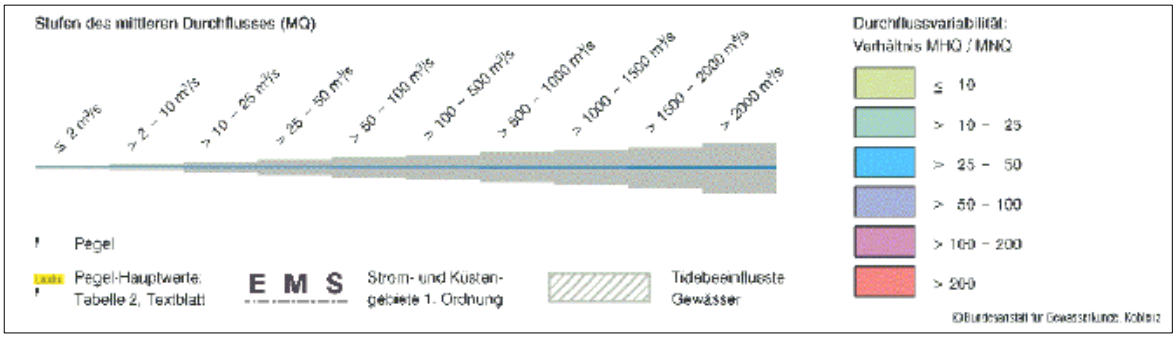


Anlage 9: Mittlere jährliche Abflusshöhen (Ausschnitt aus Karte 3.5 des HAD (2003))

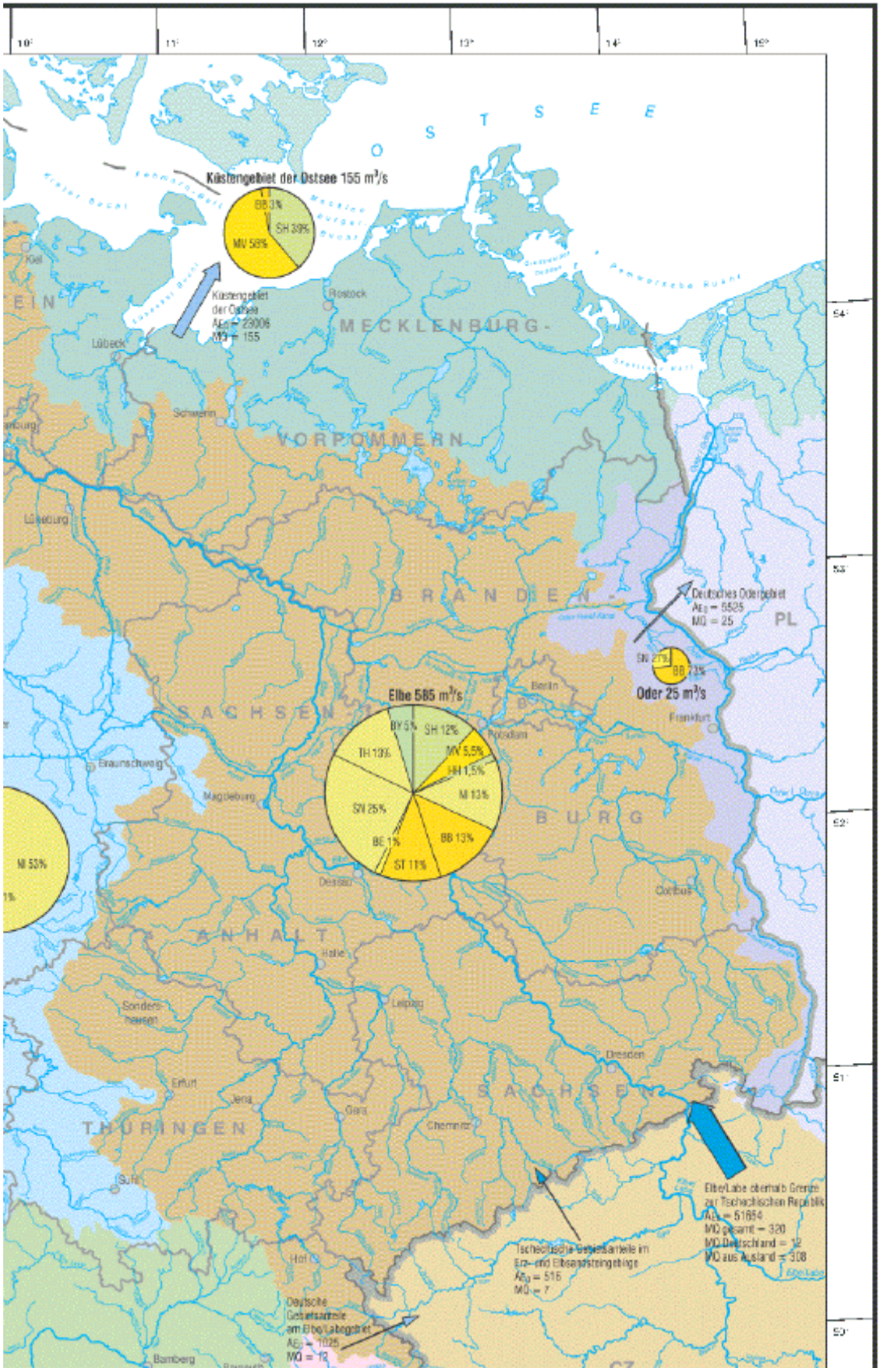


Anlage 10: Niedrigwasserabflussspenden MNq10 (entspricht dem niedrigsten arithmetischen Mittel an zehn aufeinanderfolgenden Tagen eines Jahres) (Ausschnitt aus Karte 3.10 des HAD (2003))

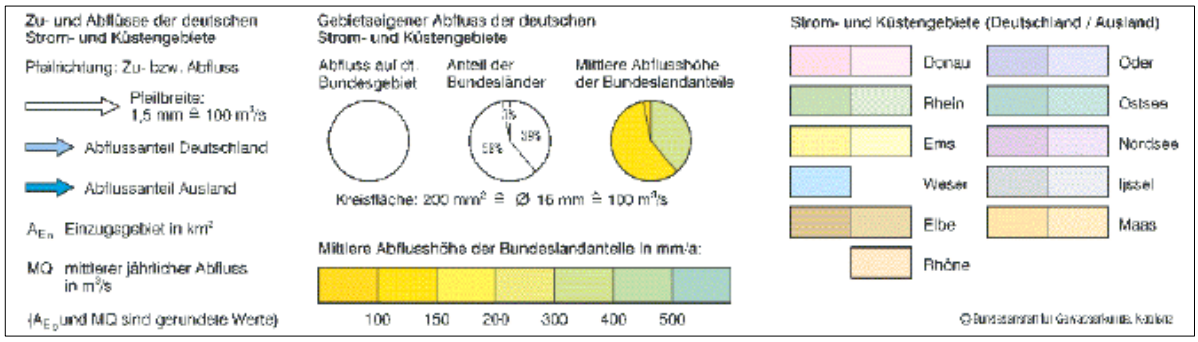
Anlage 11: Mittlerer jährlicher Durchfluss und Durchflussvariabilität (Ausschnitt aus Karte 3.9 des HAD (2003)) – Legende siehe Folgeseite



Legende zu Anlage 11: Mittlerer jährlicher Durchfluss und Durchflussvariabilität (Ausschnitt aus Karte 3.9 des HAD (2003))



Anlage 12: Ausschnitt aus der Karte 6.7 des HAD (2003) „Abflussbilanz von Deutschland“ – Legende siehe Folgeseite



Legende zu Anlage 12: Ausschnitt aus der Karte 6.7 des HAD (2003) „Abflussbilanz von Deutschland“

Autorenhinweis

Prof. Dr. Uwe Grünewald
Brandenburgische Technische Universität Cottbus
Lehrstuhl Hydrologie und Wasserwirtschaft
PF 101344
03013 Cottbus
Telefon: 0355-694233
E-Mail: Uwe.Gruenewald@tu-cottbus.de

Materialien der Interdisziplinären Arbeitsgruppen
IAG Globaler Wandel – Regionale Entwicklung

Bisherige Diskussionspapiere

Diskussionspapier 1 01/2009	Karl-Dieter Keim: Spacing-Konzepte und Brückenprinzipien zur Formulierung von Handlungsvorschlägen
Diskussionspapier 2 01/2010	Gunnar Lischeid: Landschaftswasserhaushalt in der Region Berlin-Brandenburg
Diskussionspapier 3 02/2010	Katrin Drastig, Annette Prochnow und Reiner Brunsch: Wassermanagement in der Landwirtschaft
Diskussionspapier 4 03/2010	Timothy Moss und Frank Hüesker: Wasserinfrastrukturen als Gemeinwohlträger zwischen globalem Wandel und regionaler Entwicklung – institutionelle Erwiderungen in Berlin-Brandenburg
Diskussionspapier 5 04/2010	Erik Swyngedouw: Place, Nature and the Question of Scale: Interrogating the Production of Nature
Diskussionspapier 6 05/2010	Elke Rohmann und Hans-Werner Bierhoff: Wahrnehmungen, Einstellungs- und Verhaltensänderungen in Bezug auf Global Change-Prozesse. Eine Analyse aus sozialpsychologischer Sicht
Diskussionspapier 7 06/2010	Uwe Grünewald: Wasserbilanzen der Region Berlin-Brandenburg

Der aktuelle Stand der Reihe sowie einzelne Texte sind unter anderem im Internet unter http://globalerwandel.bbaw.de einsehbar. An gleicher Stelle sind auch Hinweise auf weitere Publikationen und auf Veranstaltungen im Rahmen der IAG *Globaler Wandel – Regionale Entwicklung* zu finden

Die Interdisziplinäre Arbeitsgruppe *Globaler Wandel – Regionale Entwicklung* geht Auswirkungen des globalen Wandels auf etablierte räumliche Ordnungsmuster nach. Das Anliegen der Arbeitsgruppe ist es, die Wechselwirkungen zwischen globalem Wandel und regionaler Entwicklung zu verstehen und daraus neue Handlungsorientierungen zu gewinnen.