

Dr. Bernd Pfützner - Dipl.-Hydrologe  
Büro für Angewandte Hydrologie  
Köberlesteig 6  
D-13156 BERLIN



# Modellierung der Wasserhaushalt- und Abflussverhältnisse im Land Brandenburg

für das  
**Landesamt für Umwelt Brandenburg**



Berlin, Dezember 2017

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Veranlassung und Zielsetzung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Modellgrundlagen</b>	<b>3</b>
2.1	Modellierungssoftware und Modellansätze	3
2.2	Das Modellgebiet	6
2.3	Betrachtungszeiträume und Modellentwicklungen seit 2004	7
<b>3</b>	<b>Datengrundlagen</b>	<b>10</b>
3.1	Meteorologische Daten	10
3.2	Oberflächenmorphologie	12
3.3	Grundwasserverhältnisse	13
3.4	Pedologische Verhältnisse (Bodendaten)	14
3.5	Vegetation und Bodenbedeckung	16
3.6	Versiegelung und Kanalisationsanschluss	17
3.7	Gewässernetz und Einzugsgebiete	18
3.8	Bauwerke, hydrologische und wasserwirtschaftliche Zeitreihen	19
<b>4</b>	<b>Erstellung der GIS-Datenmodells</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>Mögliche Modellergebnisse</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>Datenquellen</b>	<b>29</b>
<b>8</b>	<b>Projektberichte</b>	<b>32</b>
<b>9</b>	<b>Literatur</b>	<b>33</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Komponenten des hydrologischen Modellierungssystems ArcEGMO	4
Abbildung 2-2:	Modellgebiet mit angrenzenden Bundesländern	7
Abbildung 3-1:	REGNIE-Niederschlagsraster in verschiedenen Auflösungen	10
Abbildung 3-2:	Lage der Klimastationen	11
Abbildung 3-3:	Aktualisierte Oberflächenmorphologie	12
Abbildung 3-4:	Grundwasserflurabstandsklassen	13
Abbildung 3-5:	Aufbau der Kartiereinheiten (BÜK 300)	14
Abbildung 3-6:	Bodendaten	15
Abbildung 3-7:	Landnutzung im Landesmodell	16
Abbildung 3-8:	Versiegelungsgrad im Landesmodell	17
Abbildung 3-9:	Teileinzugsgebiete im Landesmodell	18
Abbildung 3-10:	Bauwerke, Bewirtschaftungen, Einspeisungen und Überleitungen	20
Abbildung 3-11:	Simulierte Jahresmittelwerte mit und ohne Einleitungen und Entnahmen im Vergleich zu den gemessenen Abflüssen am Pegel Götting	23
Abbildung 3-12:	Enddatum der Pegelraten	24
Abbildung 4-1:	Verschneidung der Basisdaten zu Elementarflächen	25

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Verwendete Grundwasserflurabstandsklassen	13
Tabelle 3-2:	Bewirtschaftung im Landesmodell und Modell zur Ermittlung der Mindestabflüsse	20

# 1 Veranlassung und Zielsetzung

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erfordert die Bewertung signifikanter Wassernutzungen. Als Referenz für diese Bewertung mussten landesweit für relevante Fließgewässer die quasi natürlichen Abflussverhältnisse ermittelt werden. Unter quasi natürlichen Abflüssen sind hierbei die Abflussverhältnisse zu verstehen, die sich anhand der aktuellen Landnutzungsstruktur ohne Bewirtschaftungsmaßnahmen (Entnahmen, Nutzungen o. ä.) einstellen würden. Die Bewertung von Wasserentnahmen ist in großem Umfang auch für unbeobachtete Gewässerabschnitte notwendig. Für die effektive Bearbeitung dieser Aufgabe war daher ein flächendeckender, digitaler GIS-Datenbestand der quasi-natürlichen Abflussspenden notwendig.

Die Ermittlung der hydrologischen Kennwerte sollte auf Grundlage einer räumlich und zeitlich hoch aufgelösten Niederschlags-Abfluss-Modellierung (NA-Modell) erfolgen. Dies ist erforderlich, um die Prozesse der flächendifferenzierten Abflussbildung möglichst gut nachzubilden, Extremwerte des Abflusses zu modellieren sowie die Ergebnisse zeitlich differenziert auswerten zu können. Darüber hinaus sollte das verwendete Modellsystem szenarienfähig sein (z. B. Landnutzungsszenarien).

Das für die Lösung dieser Aufgabenstellung 2004 erstmals aufgebaute und seitdem kontinuierlich weiterentwickelte und mehrfach aktualisierte Landesmodell Brandenburg wird in den nachfolgenden Ausführungen beschrieben.

## 2 Modellgrundlagen

### 2.1 Modellierungssoftware und Modellansätze

Für diese Aufgabe wurde das Niederschlag-Abfluss-Modell ArcEGMO (Becker et. al. 2002, Pfützner 2002) ausgewählt. Es basiert auf meteorologischen Eingangsgrößen und simuliert unter Berücksichtigung der Gebietseigenschaften den Gebietswasserhaushalt, Abflusskomponenten und den Gewässerabfluss.

ArcEGMO ist eine hydrologische Toolbox, mit der alle wesentlichen Komponenten des Gebietswasserhaushaltes von den Wechselbeziehungen zwischen Atmosphäre-Vegetation-Boden bis hin zu den ober- und unterirdischen Abflusskonzentrationsprozessen bei Berücksichtigung von anthropogenen Steuerungen und natürlichen Störungen räumlich und zeitlich hoch aufgelöst beschrieben werden können. Abbildung 2-1 zeigt schematisch die Komponenten dieses Modellierungssystems inklusive seiner Schnittstellen zu externen Grundwasser (GW)- und Vegetationsmodellen, zu denen Modellkopplungen existieren.



terferne Hochfläche um das Gewässer legen. Diese Basishydrotope können weiter nach ihrer Hauptnutzung (Wald und Freiland) differenziert werden. Die Wasserflächen bilden ein weiteres, eigenständiges Hydrotop.

Zur Modellierung der hydrometeorologischen Verhältnisse werden räumlich differenzierte tägliche Niederschlags- und Klimadaten genutzt (s. Kapitel 3.1). Die Schneeschmelze wird nach einem Ansatz von WEISE & WENDLING (1974), die potenzielle Verdunstung über den in Nordostdeutschland bewährten Ansatz nach TURC/IVANOW (TURC, 1961, WENDLING & SCHELLIN, 1986) mit einer monatsbezogenen Korrektur nach GLUGLA & KÖNIG (1989) ermittelt.

Für die Beschreibung der Abflussbildung, die entscheidend den Gebietswasserhaushalt prägt und den Abfluss in eine oberflächlich oder oberflächennah abfließende Komponente und eine Grundwasserkomponente (Direkt- und Basisabfluss) aufteilt, werden die hydrologischen Teilprozesse Interzeption, Infiltration und Bodenwasserhaushalt simuliert. Entscheidend hierbei ist, die Infiltration richtig zu erfassen, da der nicht infiltrierende Niederschlagsanteil, der sogenannte Effektivniederschlag, in Abhängigkeit von den Gefälleverhältnissen zum Abfluss kommen kann. Zur Beschreibung der Infiltration wird ein modifizierter HOLTON-Ansatz (DYCK, 1980) angewendet, bei dem die Ermittlung des Effektivniederschlags in Abhängigkeit von der hydraulischen Leitfähigkeit des anstehenden Bodens und der aktuellen Bodenfeuchte erfolgt.

Bei der Konzentration des Landoberflächenabflusses zum Vorfluter wird die kinematische Welle angewendet. Dieser Ansatz beschreibt die Fließgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der aktuellen Effektivniederschlagshöhe, dem Geländegefälle und der Oberflächenrauigkeit (abhängig von der Flächennutzung).

Das Grundwasserregime wird pro Einzugsgebiet über verschiedene Einzellinearspeicher beschrieben, die von der Grundwasserneubildung der oben genannten Basishydrotope gespeist werden und deren Auslaufkonstanten in Abhängigkeit von der Vorfluterentfernung und dem Geländegefälle festgelegt werden. Um die insbesondere in Tieflandeinzugsgebieten relevanten Zehrprozesse adäquat abzubilden, werden die drei Einzellinearspeicher so vernetzt, dass die Grundwasserabflüsse der grundwasserfernen Standorte auf ihrem Weg zum Vorfluter zu einem gewissen Teil den Grundwasserspeicher auf den Auen auffüllen, der wiederum durch die Transpirationswirkung der Vegetation geleert werden kann.

Mit dem EGMO-Ansatz können verschiedene oberirdische Abflusskomponenten ermittelt werden, die je nach Flächencharakteristik

- den Horton-Abfluss infolge von Infiltrationsüberschuss, vor allem bei bindigen Böden,
- den Sättigungsflächenabfluss auf grundwassernahen Flächen oder
- den Abfluss von bebauten/versiegelten Flächen

beinhalten.

Die Versickerung bildet im Lockergesteinsbereich die einzige unterirdische Komponente auf einer Fläche. Lediglich im Festgesteinsbereich werden zwei unterirdische Komponenten ausge-

wiesen, die einmal den Abfluss in den Klüften, zum anderen den Abfluss in der darüber liegenden Versatzzone darstellen.

Das auch im Lockergesteinsbereich zu beobachtende, sehr differenzierte Zeitverhalten der Abflüsse aus einem Einzugsgebiet wird auf folgende Flächenprozesse zurückgeführt:

- 1) Die Versickerung auf Hangflächen liefert eine schnelle laterale Komponente.
- 2) Die Versickerung auf grundwassernahen Flächen bzw. in den Auenbereichen und somit in Vorfluternähe liefert ebenfalls eine schnelle laterale Abflusskomponente.
- 3) Die Versickerung auf grundwasserfernen Hochflächen liefert einen langsamen lateralen Abfluss bzw. den klassischen Basisabfluss.

Diese Komponenten überlagern sich wieder auf dem Weg zum Vorfluter und beeinflussen sich gegenseitig. So wird der auf den Hochflächen gebildete Grundwasserabfluss auf dem Weg zum Vorfluter die grundwassernahen Auenbereiche passieren und kann dort durch die Vegetation reduziert werden. Als Zufluss zum Gewässer werden aufgrund dieser Verknüpfungen letztlich nur zwei Komponenten differenziert (Direktabfluss und GW-Zufluss zum Gewässer).

Die Abflusskonzentration im Vorfluter selbst erfolgt mit einem Einzellinearspeicheransatz für jeden Gewässerabschnitt, mit dem sich bei Anwendung auf ein Gewässernetz letztlich verschiedene, parallel geschaltete Speicherkaskaden ergeben. Diese werden u. a. über die Länge und das Gefälle des Vorfluters als maßgebende und leicht aus GIS-Daten ableitbare Eigenschaften für die sich ausbildende Abflussdynamik parametrisiert.

Für reine Abflussbetrachtungen, insbesondere in größeren Gebieten, haben sich diese Speicheransätze bewährt, wenn über Pegelmessreihen die Möglichkeit für eine Modellkalibrierung besteht.

## 2.2 Das Modellgebiet

Mit dem Brandenburg-Modell sollen flächendeckende Aussagen für das hydrologische Regime der Gewässer im Land Brandenburg ableitbar sein.

Das Modellgebiet umfasst deshalb die gesamte Landesfläche von Brandenburg und Berlin sowie Gebiete in den Nachbarländern Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen und Sachsen-Anhalt, deren Zuflüsse die Wasserbilanz in Brandenburg beeinflussen und nicht über Messwerte (Pegelsreihen) erfasst werden konnten. Pegelzugsgebiete, die über die Landesgrenze hinausgehen, wurden wie folgt in die Modellierung einbezogen:

- Schwarze Elster bis zum Pegel Löben,
- Schweinitzer Fließ bis Pegel Schweinitz,
- Obere Havel, Rhin, Dosse und Stepenitz vollständig,
- Löcknitz bis zum Pegel Gadow,
- Lausitzer Neiße-Zuflüsse einschließlich Föhrenfließ,

- Ucker bis zum Pegel Pasewalk,
- Randow bis Pegel Löcknitz und
- Spree von unterhalb Pegel Spremberg.

Anthropogen stark veränderte Gebiete (Braunkohletagebaue, Spreewald) sollten gesondert berücksichtigt werden. So wird z.B. die obere Spree zwar modelliert, um eine flächendeckende



und geschlossene Wasserbilanz aufstellen zu können. Aber durch Einspeisung der Ganglinie des Pegel Spremberg haben die unsicheren Modellergebnisse in der oberen Spree keine Auswirkungen auf das brandenburgische Modellgebiet.

Die nebenstehende Abbildung 2-2 zeigt das Untersuchungsgebiet, für das die Modelldatenbasis aufbereitet wurde. Es ist mit ca. 38 000 km<sup>2</sup> etwa 35 % größer als die Fläche des Landes Brandenburg (orange umrandet, 29 700 km<sup>2</sup>).

Abbildung 2-2: Modellgebiet mit angrenzenden Bundesländern

### 2.3 Betrachtungszeiträume und Modellentwicklungen seit 2004

Grundlage des aktuellen Brandenburg-Modells ist das 2004 im Auftrag des Landes Brandenburg (Auftraggeber damals: Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumplanung) er-

stellte landesweite Niederschlag-Abfluss-Modell, das die komplette Landesfläche Brandenburgs und angrenzende Gebiete beinhaltet.

Dieses Modell wurde ursprünglich entwickelt, um vorrangig die mittleren, quasi natürlichen Abflussverhältnisse (Abflüsse und Abflussspenden) in Brandenburg zu berechnen. Unter quasi natürlichen Abflüssen wurden hierbei die Abflussverhältnisse verstanden, die sich anhand der aktuellen Landnutzungsstruktur ohne Bewirtschaftungsmaßnahmen (Wasserentnahmen, -nutzungen, Überleitungen, Staubewirtschaftungen o. ä.) einstellen würden.

Dieses Modell wurde seitdem kontinuierlich weiterentwickelt und für weitere Anwendungsbereiche qualifiziert, wie die nachfolgende Zusammenstellung zeigt.

Die einzelnen Projekte wurden größtenteils vom Umweltministerium und vom Landesumweltamt (unter ihren jeweiligen Bezeichnungen) beauftragt. Bei den Projekten zum Klimawandel war die BfG der Auftraggeber.

### **Projekte zum Thema Mittelwasser**

- 2004 erstmaliger Aufbau des Landesmodells (Berechnungszeitraum 1971-2000) (BAH 2004),
- 2007 Aktualisierung der Abflussspendenkarte der mittleren Abflüsse Verlängerung des Berechnungszeitraumes bis 2005 und Verbesserung der Abbildung der Grundwasserverhältnisse (BAH 2007),
- 2012 Aktualisierung der Abflussspendenkarte der mittleren Abflüsse, Umstellung des Niederschlags auf HYRAS, Berücksichtigung von unterirdischen Einzugsgebieten in vielen Betrachtungsgebieten, Verlängerung der Zeitreihen bis 2010 (BAH 2012),
- 2015 Aktualisierung der Abflussspendenkarte der mittleren Abflüsse Grundlegende, landesweite Aktualisierung des Modelldatenbestandes (BAH 2015),
- 2017 Aktualisierung der Abflussspendenkarte der mittleren Abflüsse Verlängerung des Berechnungszeitraums bis 2015, Anpassung des Betrachtungszeitraumes 1991-2015, Verbesserter Berechnungsalgorithmus, Umstellung auf REGNIE-Niederschläge (BAH 2017).

### Projekte zum Thema Niedrigwasser

- 2009 erste Ermittlung von Niedrigwasserkennwerten (BAH 2009)
  - (mittlere Unterschreitungsdauern MQ/5, MQ/4, MQ/3, MQ/2 und mittlere Überschreitungsdauern 2\*MQ, 3\*MQ, 4\*MQ, 5\*MQ),
- 2013 Nachweis der Wasserverfügbarkeit für die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit für alle Vorranggewässer (BAH 2013),
- 2017 Ermittlung hydrologischer Kennwerte und Ableitung von Mindestabflüssen aus den Modellergebnissen des Landesmodells (BAH 2018).

### Projekte zum Thema Hochwasser

- 2007 - 2011 Hochwassermodellierung für das Gebiet der Schwarzen Elster (Auszug aus Landesmodell), Abbildung der Hochwasserprozesse verbessert und Ermittlung von Besse-  
rungsgrundlagen (BAH 2007a, BAH 2011a),
- 2012 NA-Modell Integration zahlreicher Aufteilungen insbesondere im Spree-Gebiet Hoch-  
wasserbemessungswerte in Dahme und Spree (1961-2010) (BAH 2012a),
- 2015 - 2016 Aktualisierung der Hochwasser-Modelle für Spree und Schwarzen Elster als Teil  
des Landesmodells Aktualisierung und Erweiterung hinsichtlich Bewirtschaftung im EZG der  
Spree (BAH 2015a).

### Projekte zum Thema Klimawandel

- 2011 - 2012 Wasserhaushaltsuntersuchungen in Folge von Klimaänderungen im Havel-  
Einzugsgebiet, Erweiterung des Modellgebietes um die Gebiete der oberen Spree im Auf-  
trag der BfG (BAH 2011).

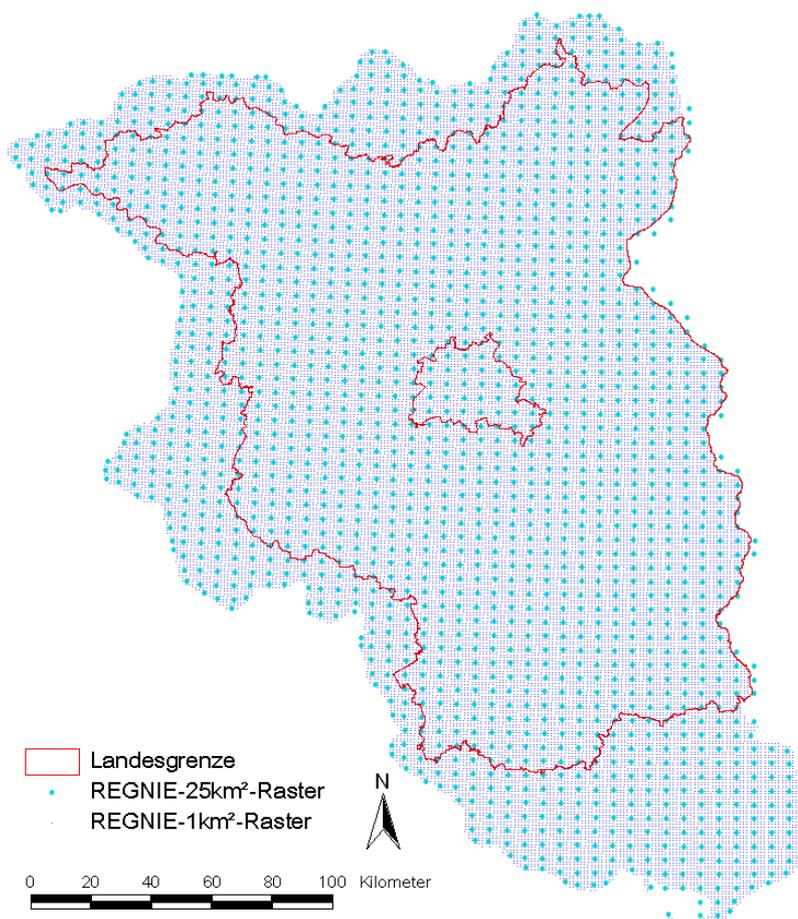
### 3 Datengrundlagen

Wie beschrieben wurden in den letzten Jahren verschiedene Datengrundlagen für die jeweiligen Stände des Landesmodells verwendet. In den folgenden Kapiteln werden die dem aktuellen Modell zugrundeliegenden Daten beschrieben.

#### 3.1 Meteorologische Daten

Die Verteilung der Niederschläge wird über das räumlich hoch aufgelöste Raster (1 km<sup>2</sup>-Raster) der REGNIE-Daten (Abteilung Hydrometeorologie, 2013) vorgegeben.

Es eignet sich als Niederschlagsdatenbasis, da sie für den Zeitraum von 1951 bis aktuell für Brandenburg auf Servern des DWD frei verfügbar zum Download bereitstehen. REGNIE-Niederschläge beinhalten noch keine Niederschlagskorrektur. Diese wird demnach innerhalb von ArcEGMO durchgeführt. Dabei wird der flüssige Niederschlag um 5 % und der feste Niederschlag um 30 % erhöht, um Windfehler und Benetzungsverluste auszugleichen. Angesichts der sehr großen Datenmenge und damit verbundenen langen Rechenzeit, die der REGNIE-Datensatz mit

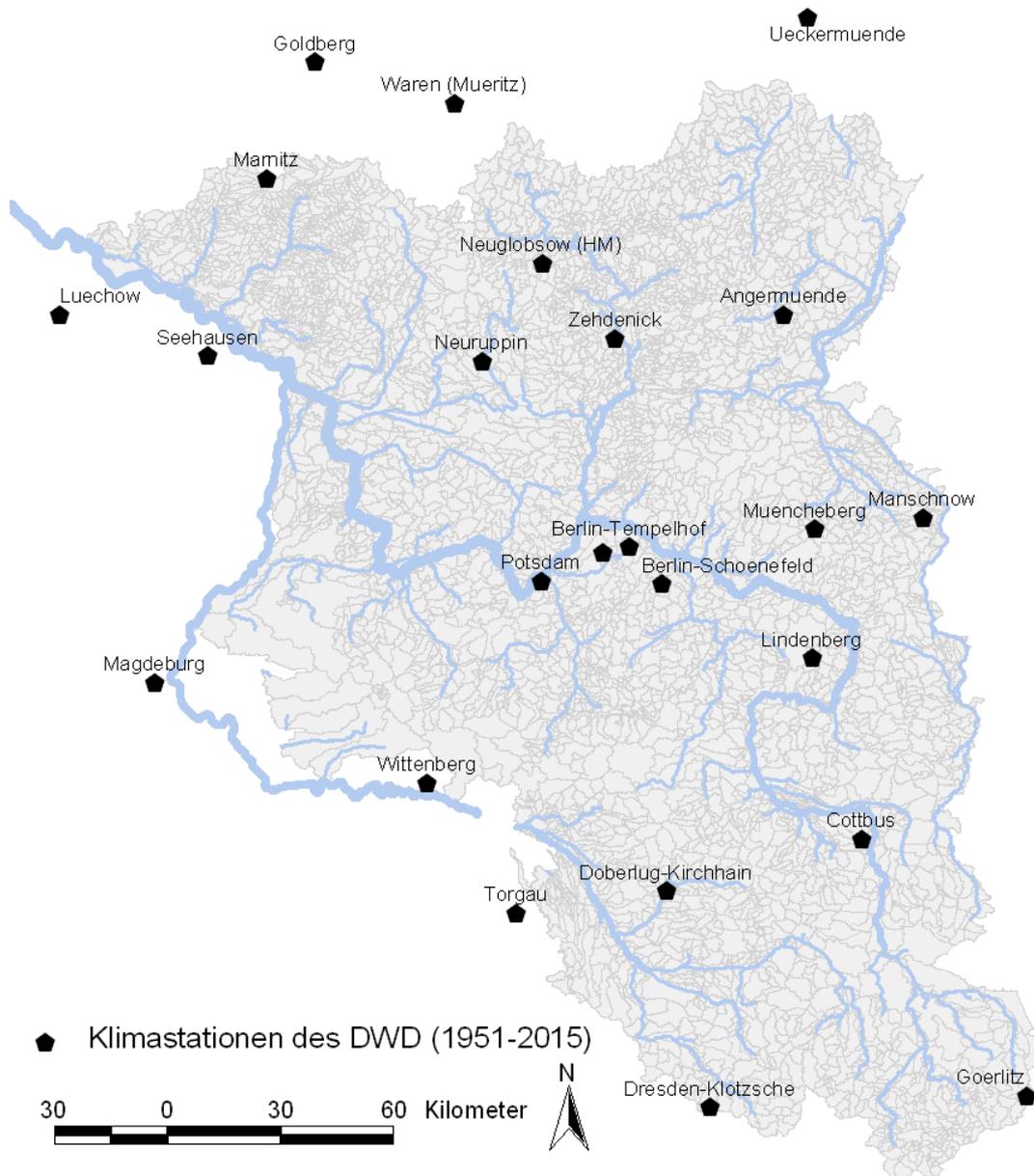


**Abbildung 3-1: REGNIE-Niederschlagsraster in verschiedenen Auflösungen**

sich bringt, wurde das 1km<sup>2</sup>-Raster durch Interpolation auf ein 25 km<sup>2</sup>-Raster aggregiert. Dieser Datensatz wird im Rahmen der Modellkalibrierung eingesetzt, um ein effizientes Arbeiten zu ermöglichen. Die landesweiten Endergebnisse werden jedoch mit der höchstmöglichen Niederschlagsauflösung (1 km<sup>2</sup>-Raster) erzeugt.

Neben dem Niederschlag werden auch klimatische Eingangsgrößen in die Berechnung der potenziellen Verdunstung einbezogen. Das Climate Data Center (CDC) des DWD stellt seit einiger Zeit Stationsdaten öffentlich zum Download zur Verfügung (CDC; 2016). Bei diesen historischen Daten handelt es sich um qualitätsgeprüfte Messwerte und Beobachtungen.

Abbildung 3-2 zeigt die verwendeten 24 Klimastationen.



**Abbildung 3-2: Lage der Klimastationen**

### 3.2 Oberflächenmorphologie

Zur Beschreibung der Oberflächenmorphologie standen das DGM1 und das DGM10 des Landesvermessungsamtes Brandenburg zur Verfügung.

Für die Ableitung der morphologischen Kennwerte in Brandenburg wurde das DGM10 genutzt, für die außerhalb Brandenburgs liegenden Bereiche des Modellgebiets wurden SRTM-Daten mit einer Rasterweite von 3 Bogensekunden (ca. 70 x 90 m) verwendet. Beide Höhenmodelle wurden zusammengeführt und bildeten die Grundlage für die Ableitung von flächen- und punktbezo-

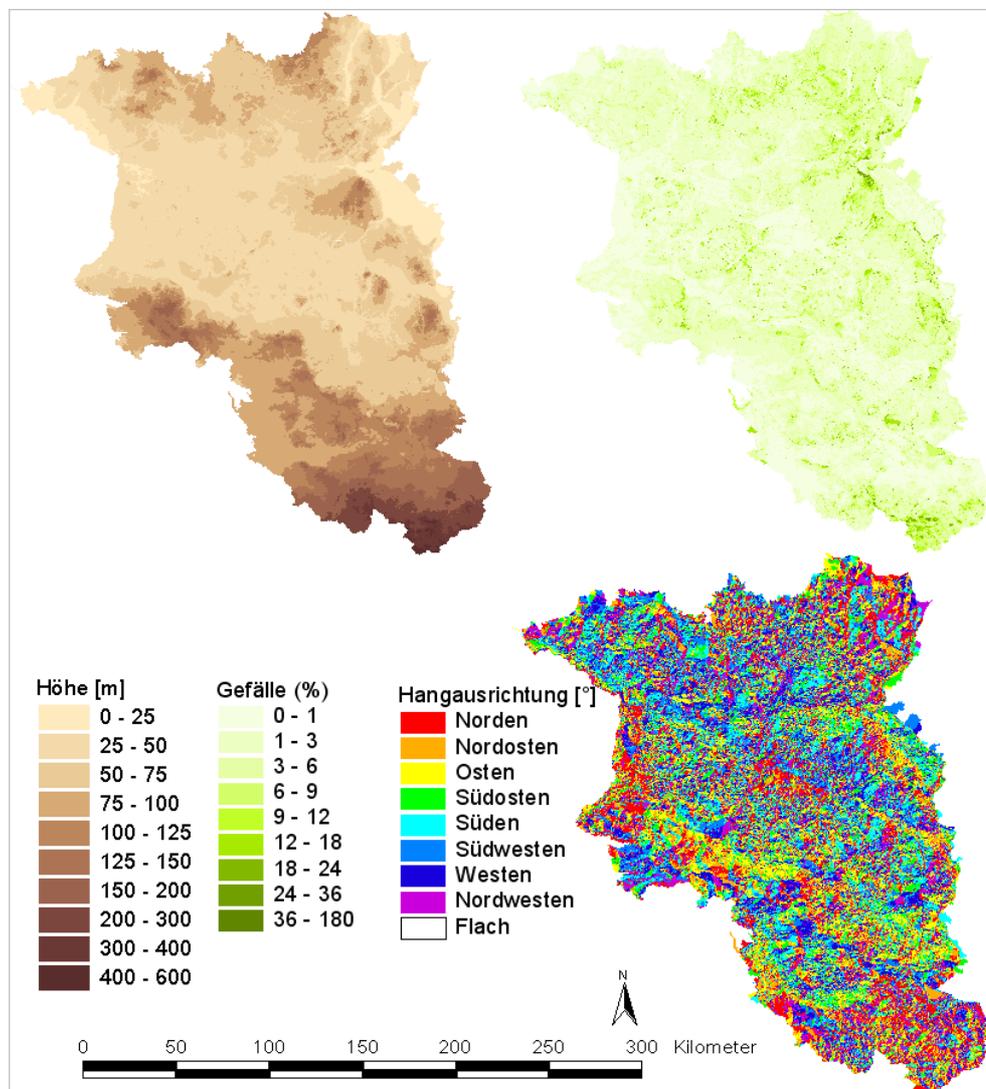


Abbildung 3-3: Oberflächenmorphologie im Landesmodell

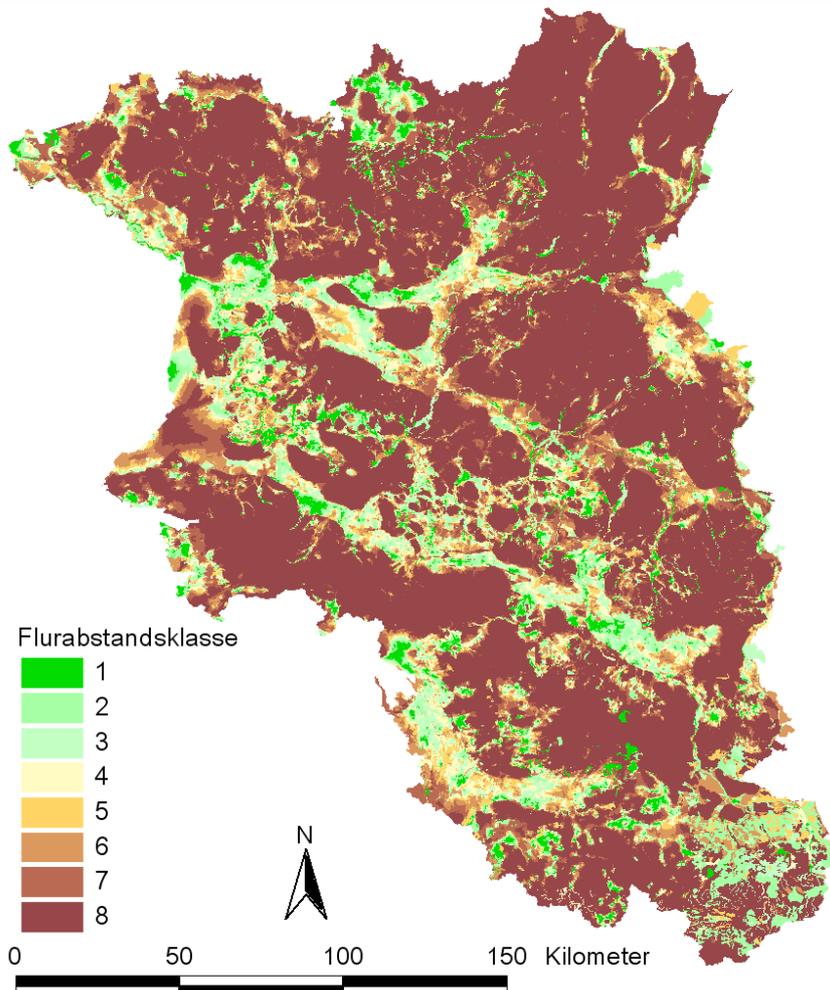
genen Höhenwerten (Modul Meteorologie), flächenbezogenen Gefällewerten (Abflusskonzentration auf der Landoberfläche, Strahlungsbilanz) und von flächenbezogenen Werten der Hangausrichtung bzw. des Aspekts (Modul Meteorologie - Strahlungsbilanz). Für die Ableitung der linienbezogenen Höhen- und Gefällewerte (Abflusskonzentration im Gewässer) wurde das DGM1 ausgewertet.

### 3.3 Grundwasserverhältnisse

Die Grundwasserflurabstände wurden durch das LfU in einem Grid mit einer Auflösung von 10 x 10 m bereitgestellt. Aus diesen wurde für jede Elementarfläche der mittlere Wert abgeleitet. Diese Flurabstände wurden in Flurabstandsklassen zusammengefasst (siehe Tabelle 3-1). Die räumliche Verteilung der Grundwasserflurabstandsklassen ist in Abbildung 3-4 dargestellt.

**Tabelle 3-1: Verwendete Grundwasserflurabstandsklassen**

Flurabstandsklasse	Bereich [m]	Repräsentativer Flurabstand [m]
1	0.0 - 0.1	0.08
2	0.1 - 0.5	0.4
3	0.5 - 1.0	0.8
4	1.0 - 1.5	1.4
5	1.5 - 2.0	1.8
6	2.0 - 3.0	2.7
7	3.0 - 5.0	4.6
8	5.0 - 200	100



**Abbildung 3-4: Grundwasserflurabstandsklassen**

### 3.4 Pedologische Verhältnisse (Bodendaten)

Für die Beschreibung der Bodendaten wurde Bodengeologische Übersichtskarte im Maßstab 1:300 000 (BÜK300) mit dem Stand von 2011 verwendet. In dieser sind Kartiereinheiten ausgewiesen, denen jeweils mehrere Leitbodenprofile zugeordnet sind. Eine genaue Verortung dieser ist jedoch nicht möglich. Stattdessen werden deren Flächenanteile innerhalb einer Boden-ID angegeben (Abbildung 3-5).

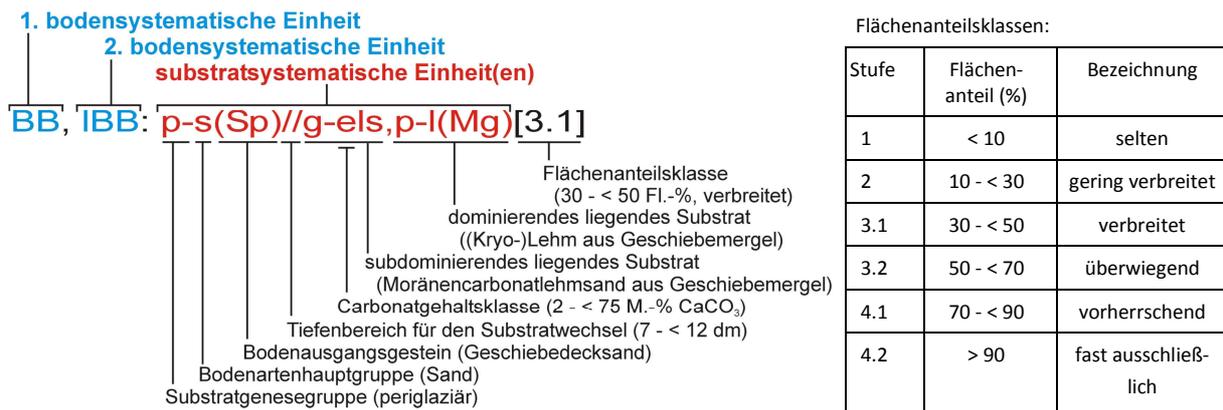


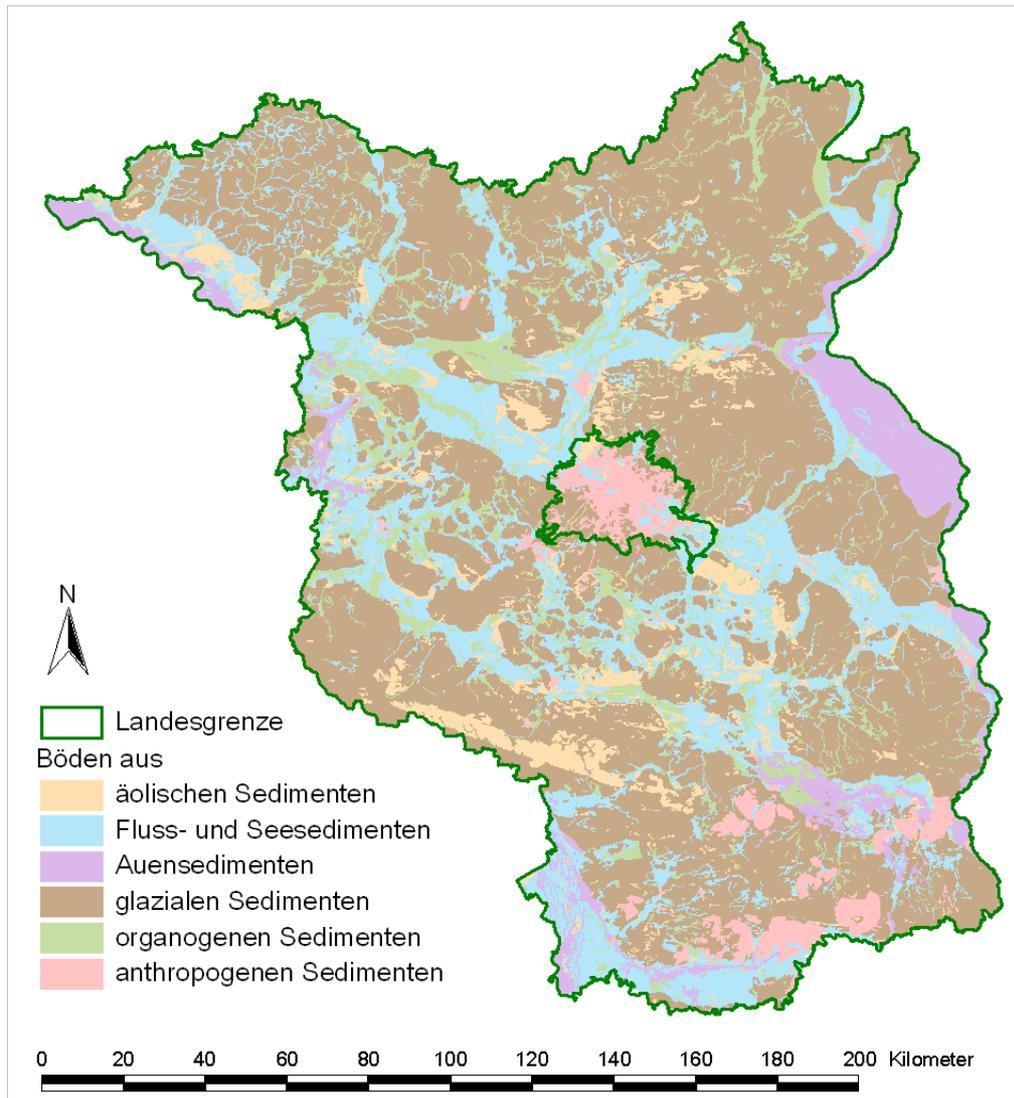
Abbildung 3-5: Aufbau der Kartiereinheiten (BÜK 300)

Bei der Wasserhaushaltssimulation erfolgte eine Beschränkung auf die dominierende Bodenform pro Kartiereinheit. Die BÜK300 weist 99 verschiedene Bodenformen aus, für die horizontbezogene Angaben vorliegen. Neben den substratbezogenen Angaben findet sich auch ein Hinweis, ob es sich um einen Waldboden handelt. Für die Wasserhaushaltsmodellierung wurden die Waldbodenprofile durch den Auftragnehmer durch waldspezifische Auflagehorizonte ergänzt.

Die Bodenformen sind in die folgenden Gruppen unterteilt:

1. Böden aus äolischen Sedimenten (ID 1-9),
2. Böden aus Fluss- und Seesedimenten einschließlich Urstromtalsedimenten (ID 10-30),
3. Böden aus Auensedimenten (ID 31-37),
4. Böden aus glazialen Sedimenten einschließlich ihrer periglaziären Überprägungen (ID 38-71),
5. Böden aus organogenen Sedimenten (ID 72-82),
6. Böden aus anthropogen abgelagerten Sedimenten (ID 83-99).

Die räumliche Verteilung der sechs Bodengruppen im Modellgebiet ist in Abbildung 3-6 dargestellt.



**Abbildung 3-6: Bodendaten**

Für die Länder Sachsen und Sachsen-Anhalt wurde die BÜK200 und für die Mecklenburger die BÜK1000 verwendet, weil eine mit BÜK300 oder BÜK200 vergleichbare Kartierung fehlt.

Im Gegensatz zur Landnutzung wurde bei den Bodendaten auf eine Vereinheitlichung der Legenden und damit auf eine Reduzierung der Legendeneinheiten verzichtet. Die aufbereitete Bodendatenbasis für das Untersuchungsgebiet umfasst 436 Böden, die über insgesamt 1836 Bodenhorizonte definiert sind.

### 3.5 Vegetation und Bodenbedeckung

Eine wichtige Grundlage für die Berücksichtigung der Landnutzung im Modellgebiet ist die Biotoptypenkartierung des Landes Brandenburg (CIR BB), die aus digitalen Luftbilddaten (Color-Infrarot, CIR) mit dem Stand 2009 erstellt wurde. Für die Flächen der angrenzenden Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und Sachsen im Modellgebiet wurden ebenfalls Color-Infrarotdaten, allerdings aus der Befliegung (1993/1994) genutzt. Für das Land Berlin wurde die Flächennutzung aus dem Umweltinformationssystem UIS übernommen. Für die Zuordnung der CIR-Klassifizierung zu den in ArcEGMO verwendeten Landnutzungs-Klassen wurden die ersten vier Stellen des CIR-Codes ausgewertet und einer Landnutzungs-kategorie zugewiesen (BAH 2012), deren räumliche Verteilung in Abbildung 3-7 dargestellt ist.

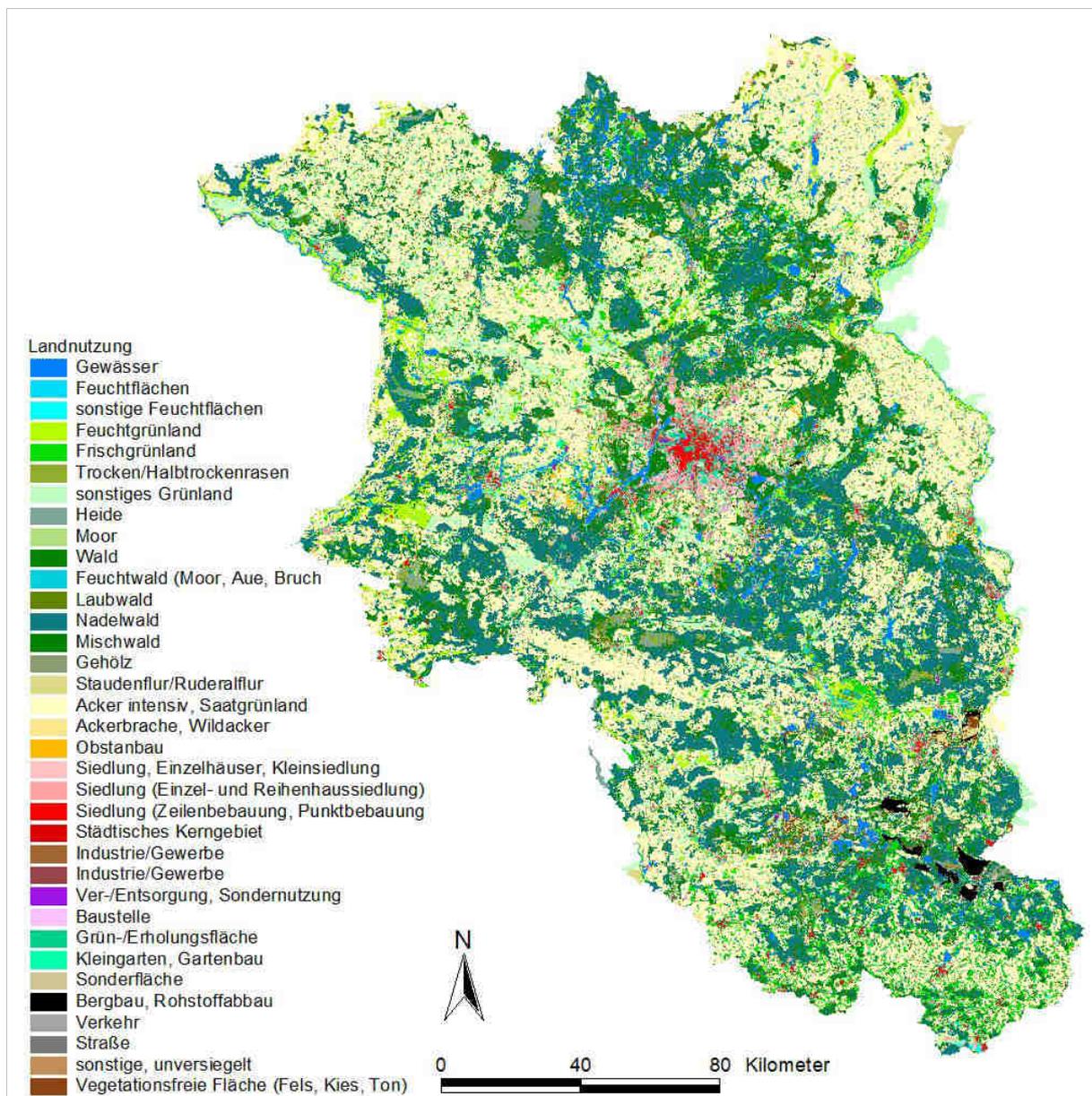


Abbildung 3-7: Landnutzung im Landesmodell

### 3.6 Versiegelung und Kanalisationsanschluss

Die Versiegelung wurde aus den Katasterdaten (ATKIS-Daten aus dem Jahr 2010) abgeleitet. Im Rahmen der Datenaufbereitung wurden analog zu BETHWELL (2008) die versiegelungsrelevanten Themen wie Straßen, Autobahnen, Gebäude und Plätze in einem 5 x 5 m-Raster zusammengeführt. Die entstandene Datenbasis unterscheidet zwischen versiegelten Flächen (1) und unversiegelten Flächen (0). Daraus wurde für jede Elementarfläche der Anteil der versiegelten Flächen ermittelt.

Für die Bereiche außerhalb Brandenburgs wurde die Versiegelung aus den Nutzungsdaten abgeleitet. Hinsichtlich der Bundesländer Sachsen und Sachsen-Anhalt fällt auf, dass die versiegelten Flächen einen höheren Versiegelungsgrad aufweisen als die benachbarten brandenburgischen Flächen (Abbildung 3-8).

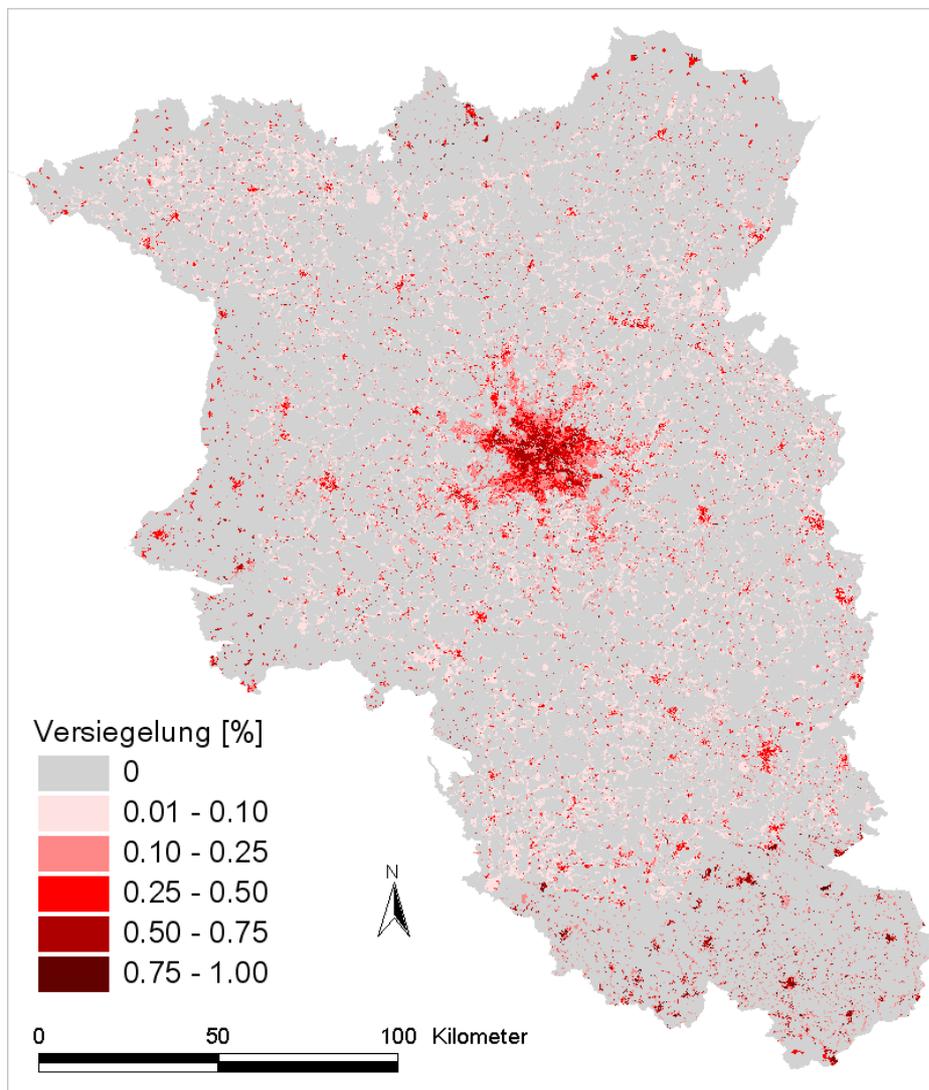


Abbildung 3-8: Versiegelungsgrad im Landesmodell

### 3.7 Gewässernetz und Einzugsgebiete

Das Fließgewässernetz beruht auf der Version 4.1 (Stand: 18.08.2015). Diese Datenbasis umfasste die brandenburgischen Gebiete. Für die außerhalb Brandenburgs liegenden Bereiche wurde eine ältere Version des Gewässernetzes verwendet. Bei der Verknüpfung der beiden Datenbestände mussten an den Berührungspunkten die Linien per Hand miteinander verbunden werden.

Das Gewässernetz wurde letztlich im GIS so aufbereitet, dass programmintern eine eindeutige Abarbeitungshierarchie ermittelt werden kann, mit der das Modell die Abflusskonzentration von den Quellen bis zu den Gebietsauslässen abbildet. Das so erstellte Modellgewässernetz bildet über die zugeordneten Oberlieger-Unterlieger-Beziehungen Baumstrukturen ab und gestattet eine Festlegung einer Berechnungsreihenfolge von den Quellen zur Mündung bzw. zu den Mündungen.

Diese Hierarchie gewährleistet, dass jeder Gewässerabschnitt im Zuge der Abflusskonzentrationssimulationen erst dann abgearbeitet wird, wenn sämtliche Oberliegerzuflüsse berechnet vorliegen. Die Höhen für die Fließgewässerknoten (Anfangs- und Endpunkte der Fließgewässerabschnitte) wurde aus dem DGM1 abgefragt. Die Teileinzugsgebiete wurden für den brandenburgischen Teil mit den ezg25-Daten aktualisiert (grüne Flächen in Abbildung 3-9). Diese reichen etwas über

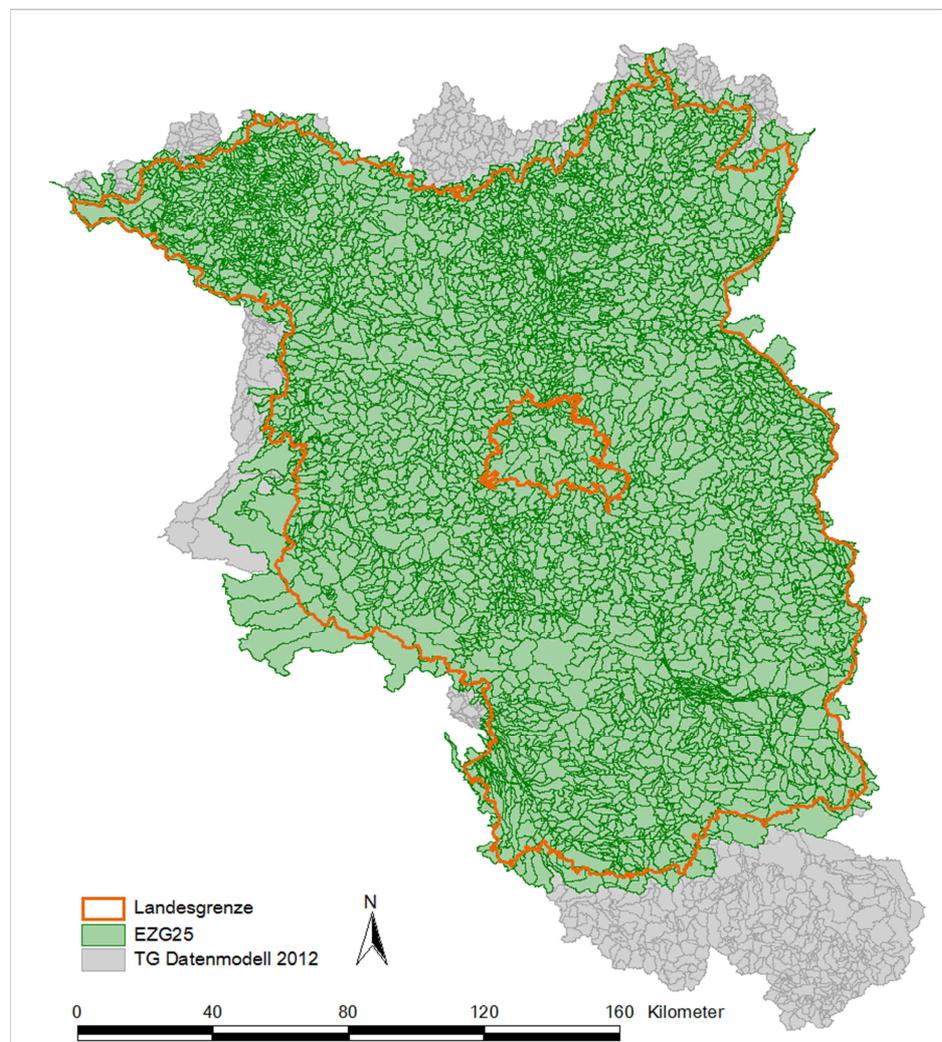


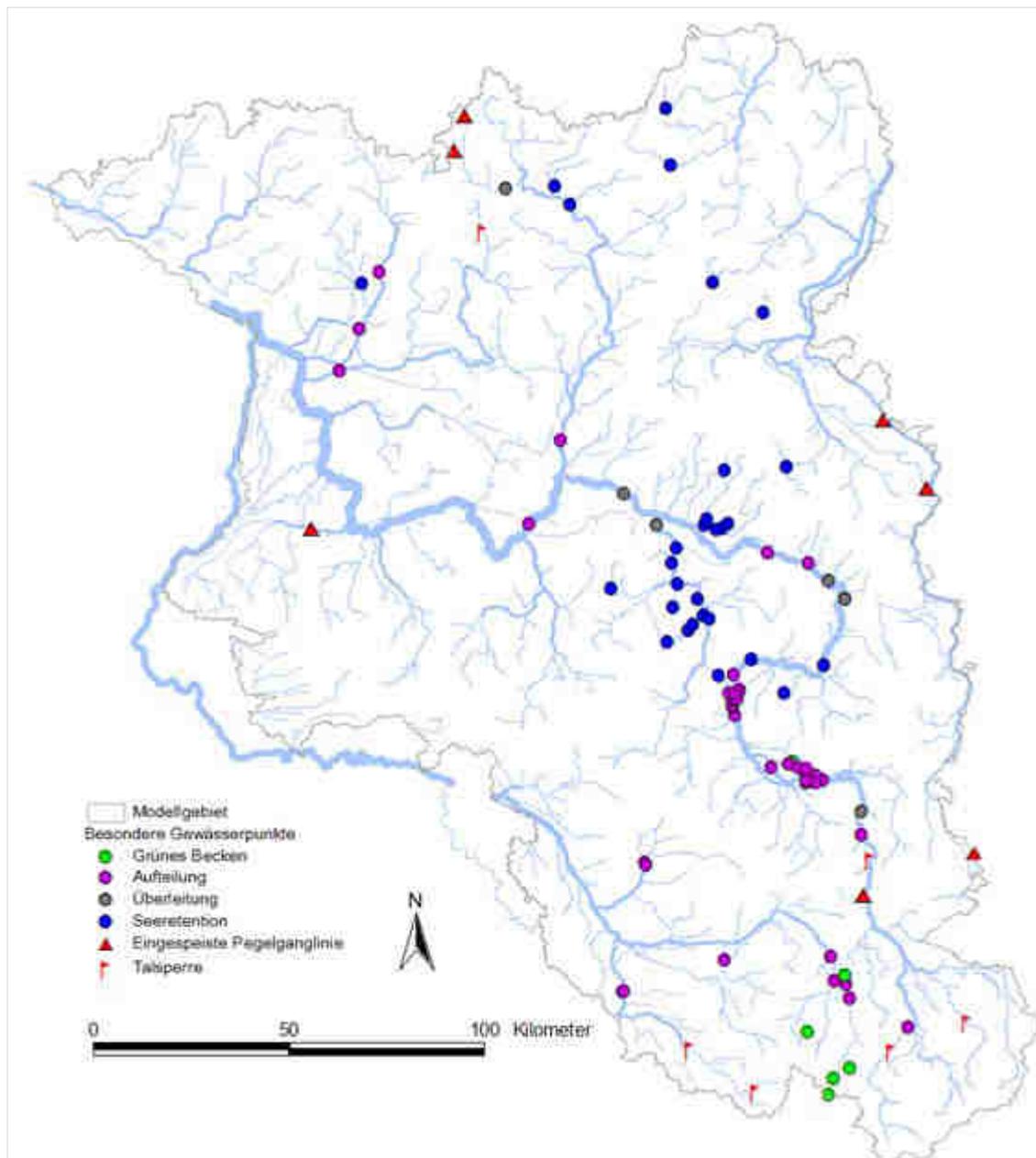
Abbildung 3-9: Teileinzugsgebiete im Landesmodell

die Landesgrenze hinaus. Für die Teileinzugsgebiete, die außerhalb des ezg25-Datenbestandes liegen (graue Flächen), wurde eine ältere Datenbasis verwendet.

### 3.8 Bauwerke, hydrologische und wasserwirtschaftliche Zeitreihen

Zusätzlich zum Gewässernetz sind Gewässerpunkte im Modell integriert, für die vom LfU Beschreibungen der wasserbaulichen Anlagen inklusive ihrer Bewirtschaftung (Hochwasserrückhaltebecken, Verzweigung, Seeretention bzw. Talsperre und Wassernutzungen wie Überleitungen) bereitgestellt wurden (Abbildung 3-10).

An den wichtigen Aufteilungspunkten in der Spree (Wehr Schmogrow, Wehr Leibsch und Große Tränke) wurden offizielle Regeln des LfU verwendet.



### Abbildung 3-10: Bauwerke, Bewirtschaftungen, Einspeisungen und Überleitungen

Für die Bewertung signifikanter Wasserentnahmen sollen nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) für landesweit relevante Fließgewässer die quasi natürlichen Abflüsse ermittelt werden. Unter quasi natürlichen Abflüssen sind hierbei die Abflussverhältnisse zu verstehen, die sich anhand der aktuellen Landnutzungsstruktur ohne Bewirtschaftungsmaßnahmen (Entnahmen, Nutzungen o. ä.) einstellen würden. Die quasi natürlichen Abflüsse beinhalten also keine Einleitungen oder Entnahmen oder ähnliche Nutzungen, die die Abflussquantität beeinflussen.

Im Landesmodell wurde der „quasi-natürliche Zustand“ um wesentliche wasserwirtschaftliche Daten (Gewässerabzweigungen/-aufteilungen, Retention durch Seen und Speicherbecken) erweitert, um eine Kalibrierung an den gemessenen Pegelganglinien zu ermöglichen. Dies sind wasserbauliche Anlagen wie Hochwasserrückhaltebecken, Verzweigungen und Seerententionen bzw. Talsperren. Es wurden alle bekannten Aufteilungen und Bauwerke sowie die Restseekette mit den Speicherbecken Niemtsch und VW Koschen im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster berücksichtigt.

Für die Ermittlung der Mindestabflüsse (2017) wurden die Gewässerpunkte und Bewirtschaftungsregeln überarbeitet und ein möglichst unbeeinflusster Zustand erstellt. Ein Vergleich der Bewirtschaftungsdaten für das Landesmodell und für die Ermittlung der Mindestabflüsse stellt Tabelle 3-2 dar:

**Tabelle 3-2: Bewirtschaftung im Landesmodell und Modell zur Ermittlung der Mindestabflüsse**

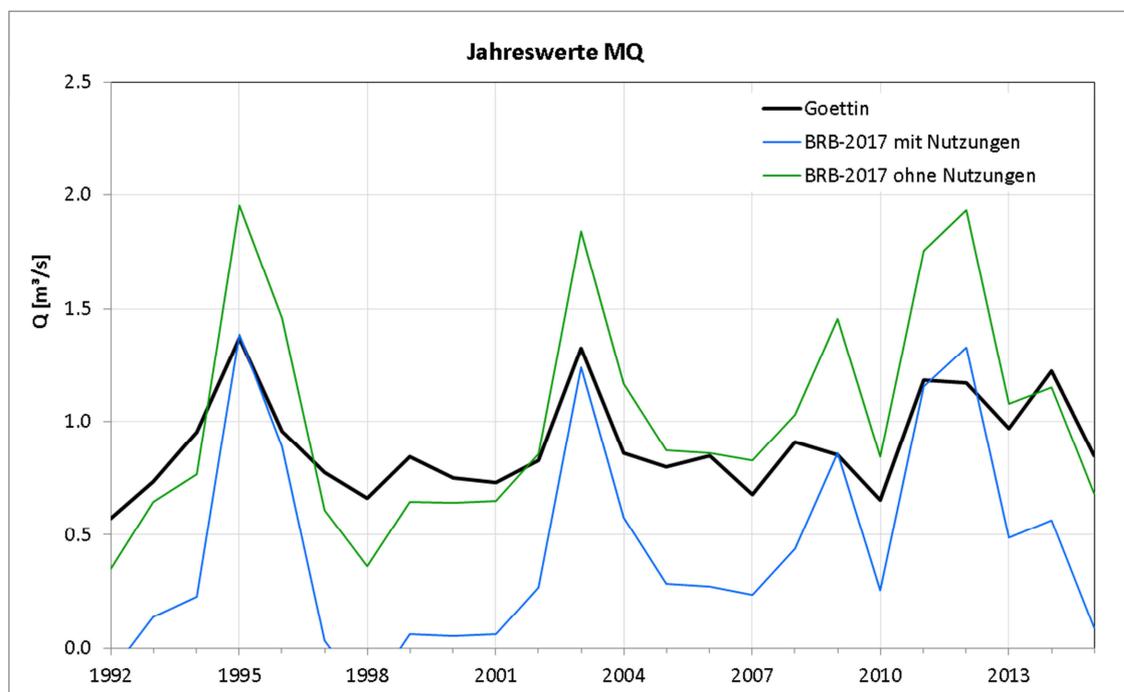
Beschreibung	Landesmodell	Mindestabflüsse
<b><i>Einspeisungen</i></b>		
Einspeisung Pegel Spremberg	ja	ja
Grenze zu Mecklenburg: Pegel Mirow OP und Bolt OP	ja	ja
Lausitzer Neiße (Pegel Klein Bademeusel)	ja	ja
Abfluss aus der Oder: Pegel Heber Reitwein / Heber Kienitz	ja	nein
<b><i>Überleitungen</i></b>		
Überleitung aus Spree in den Priorgraben (700l/s)	ja	nein
Überleitung der Spree in den Hammergraben (1,8-2.3 m <sup>3</sup> /s Jahresgang)	ja	nein
Unterdükerung des Großen Fließes unter den Nordumfluter	ja	ja
Umleitung Wolfsbruch	ja	nein
Umleitung Teltowkanal	ja	nein
Umleitung Landwehrkanal	ja	nein

Beschreibung	Landesmodell	Mindestabflüsse
<b><i>Talsperren</i></b>		
Talsperre Spremberg	ja	nein
Schwarze Elster Restseekette	ja	nein
Talsperre Wallroda	ja	nein
SP Radeburg 1	ja	nein
Seenspeicher Rheinsberg	ja	nein
Senftenberger See	ja	nein
Talsperre Bautzen	ja	nein
Talsperre Quitzdorf	ja	nein
<b><i>Abflussretendierende Seen</i></b>		
Parsteiner See	ja	ja
Schermützelsee	ja	ja
Grimnitzsee	ja	ja
Grosser See bei Fürstenwerder	ja	ja
Pätzer Vordersee	ja	ja
Rangsdorfer See	ja	ja
Dosse-Speicher	ja	nein
Thymensee	ja	ja
Stolpsee	ja	ja
<b><i>Abflussaufteilungen</i></b>		
Aufteilung der Spree an der Wehrgruppe Schmogrow	ja	ja
Aufteilung des Nordumfluters in das Nordfließ	ja	ja
Aufteilung des Burg-Lübbener Kanals in das Bürgerfließ	ja	nein
Aufteilung des Großen Fließes in den Burg-Lübbener Kanal	ja	nein
Aufteilung des Großen Fließes in das Nordfließ	ja	ja
Aufteilung des Großen Fließes in den Mittelkanal	ja	nein
Aufteilung am Wehr Eichenwäldchen	ja	ja
Aufteilung der Hauptsprees in den Südumfluter	ja	nein
Aufteilung der Spree in die Neue Spree	ja	ja

Beschreibung	Landesmodell	Mindestabflüsse
Aufteilung der Spree in den Forstzuleiter	ja	nein
Aufteilung der Spree in die Wasserburger Spree	ja	ja
Aufteilung der Spree in den Puhlstrom	ja	ja
Aufteilung der Spree in das Zerniasfließ	ja	ja
Aufteilung der Spree in das Schlepziger Freifließ	ja	ja
Aufteilung des Zerniasfließes in das Lehmanns Fließ	ja	ja
Aufteilung der Spree in die Pretschener Spree	ja	ja
Aufteilung der Pretschener Spree in den Jähnicks Graben	ja	nein
Aufteilung des Jähnicks Grabens in den A-Graben	ja	nein
Aufteilung der Wasserburger Spree in Langen Horstgraben	ja	nein
Aufteilung des Puhlstroms in den Schiwanstrom	ja	ja
Aufteilung Spree in Dahme-Umflut-Kanal am Wehr Leibsch	ja	nein
Aufteilung am Wehr Große Tränke	ja	nein
Aufteilung der Spree am Altarm Berkenbrück	ja	nein
Aufteilung Havelkanal	ja	nein
Aufteilung Sacrow-Paretzer-Kanal	ja	nein
Aufteilung Elbe-Havel-Kanal	ja	nein
Abzweig Sieggraben	ja	ja
Abzweig Umfluter Doberlug	ja	nein
Abzweig Hagkelster	ja	nein
Abzweig Zuleiter Dossespeicher	ja	nein
Abzweig Dosse in Dosse-Jäglitz-Zuleiter	ja	nein
Rhin Abzweig in Bültgraben /Dosse	ja	ja
<b>Wehre</b>		
Wehr Rheinsberg	ja	nein
Scheitelhaltung am Oder-Spree-Kanal	ja	nein
Wehr Schmogrow,	ja	ja
Wehr Leibsch und Große Tränke	ja	nein
Gabelwehr Zabeltitz	ja	nein

Beschreibung	Landesmodell	Mindestabflüsse
<b>Grüne Becken</b>		
Speicher Nebelschütz	ja	nein
Hochwasserrückhaltebecken Karlsdorf	ja	nein
Speicher Knappenrode	ja	nein
Hochwasserrückhaltebecken Göda	ja	nein
Hochwasserrückhaltebecken Schmölln	ja	nein
Speicherbecken Niemtsch	ja	nein

Zusätzlich stehen Daten mit genehmigten Einleitungs- bzw. Entnahmemengen zu 1756 Nutzern für den RB West bereit. Diese wurden weder für die Kalibrierungs- noch für die Validierungsrechnungen genutzt, da diese wasserrechtlichen Erlaubnismengen die realen Nutzungen überschätzen. Dies wird an der folgenden Abbildung 3-11 deutlich, in der eine Rechnung mit und eine Rechnung ohne Nutzungen den gemessenen Werten am Pegel Götting gegenübergestellt ist.



**Abbildung 3-11: Simulierte Jahresmittelwerte mit und ohne Einleitungen und Entnahmen im Vergleich zu den gemessenen Abflüssen am Pegel Götting**

Hier zeigt sich, dass weder die eine noch die andere Berechnung die gemessenen Werte genau nachbildet, sondern die Realität irgendwo dazwischen liegt. Die Abweichung vom gemessenen

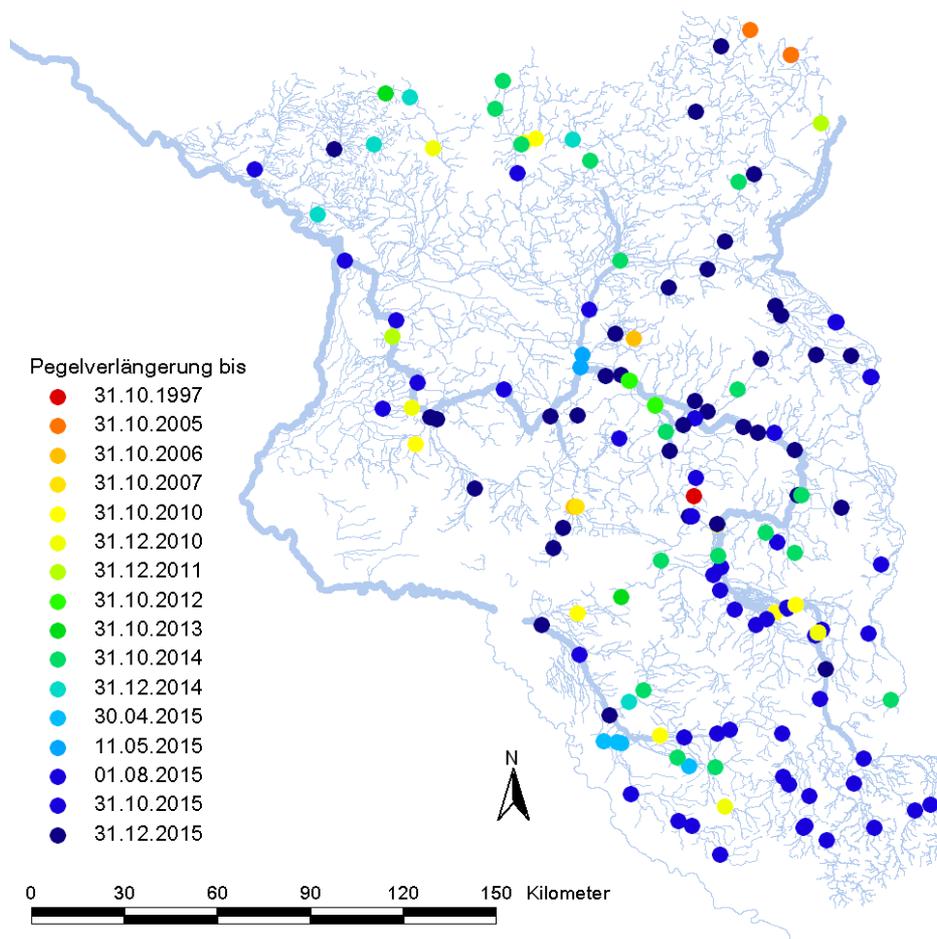
MQ ist aber in der Berechnung ohne Einleitungen und Entnahmen geringer (+12%) als bei der Berechnung unter Einbeziehung der wasserrechtlichen Erlaubnismengen (-47%).

Ein weiterer Grund, diese Einleitungen und Entnahmen nicht zu berücksichtigen war die Tatsache, dass für die anderen Regionen vergleichbare Daten zur Bewirtschaftung nicht zur Verfügung stehen, die Gebiete aber untereinander vergleichbar sein sollten.

Für die Validierung des Landesmodells stehen aktuell etwa 130 Pegel mit täglichen Abflussmessungen zur Verfügung. In Abbildung 3-12 ist die Lage aller Pegeldaten mit dem Datum der jeweils letzten Messung darge-

stellt.

Für die Abbildung des hydrologischen Regimes ist die Modellierung eines hinreichend langen Zeitraumes notwendig, der als repräsentativ für die derzeitigen hydrometeorologischen Verhältnisse angesehen werden kann. Normalerweise eignen sich hierfür Zeitreihen von mindestens 30 Jahren. Im Laufe der letzten Bearbeitung (2017) stellte sich allerdings heraus, dass eine Verkürzung des Simulationszeitraums auf die letzten 25 Jahre



**Abbildung 3-12: Enddatum der Pegeldaten**

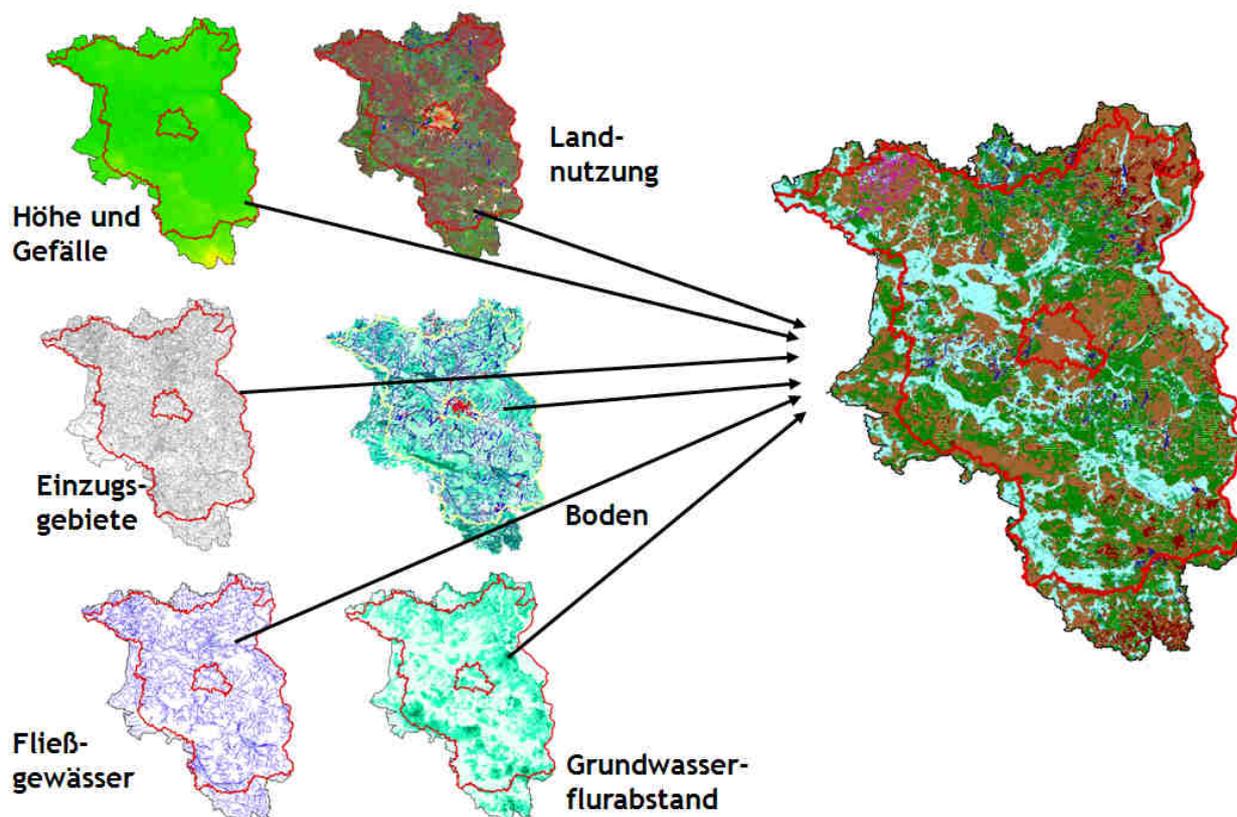
(1991-2015) sinnvoll ist, da es in der Vergangenheit einen Wechsel des hydrologischen Regimes gegeben hat. Der Zeitraum ab 1991 stellt das aktuelle hydrologische Regime besser dar, als eine längere Zeitreihe, die bis in die Vorwendezeit reicht.

## 4 Erstellung der GIS-Datenmodells

Das GIS-Datenmodell beruht auf den im Kapitel 3 beschriebenen Grundlagendaten mit verschiedenen Raumbezügen:

- Flächendaten
  - Boden,
  - Landnutzung,
  - Oberflächenmorphologie und
  - Grundwasserflurabstände,
  - Teileinzugsgebiete
- Liniendaten
  - Gewässerabschnitte und
- Punktdaten
  - Klima- und Niederschlagsstationen,
  - Abflussmessstellen und
  - besondere Gewässerpunkte wie Bauwerke, Steuereinrichtungen, Einleitungen und Entnahmen aus der fließenden Welle, aber auch aus dem Grundwasser (Brunnen),

Diese wurden über das GIS-Datenmodell miteinander verknüpft und so für die Modellierung erschlossen.



**Abbildung 4-1: Verschneidung der Basisdaten zu Elementarflächen**

Das GIS-Datenmodell beschreibt das komplette Modellgebiet, d.h. das Land Brandenburg zzgl. Zuflussgebiete (ca. 38.000 km<sup>2</sup>). Es besteht aus folgenden digitalen Karten auf Polygonbasis:

- 1,4 Mio. Elementarflächen (EFL) als Kombination aus Boden- und Landnutzungsinformationen mit den hydrologischen Teileinzugsgebieten. Den Elementarflächen wurden die Attribute mittlere Höhe, mittleres Gefälle und Exposition sowie die Versiegelungsgrade und Grundwasserflurabstandsklassen zugeordnet,
- 7 190 oberirdische Teileinzugsgebiete (TG), denen topografische Informationen wie mittlere Höhe, mittleres Gefälle und Exposition anhand des Höhenmodells zugeordnet wurden,
- 30 796 Hydrotöpfe (HYD) als Zusammenfassung von Elementarflächen innerhalb der Teileinzugsgebiete nach Ähnlichkeitskriterien,
- 36 329 Fließgewässerabschnitte (FGW) inklusive Gewässerknoten zur Abbildung von Bauwerken etc.,
- 42506 Stützstellen (rasterbezogene Reihen) mit regionalisierten Niederschlagsdaten (REGNIE-Datensatz) und 24 Klimastationen mit den benötigten Klimagrößen in täglicher Auflösung für den Zeitraum 1951-2015 und
- Abflusszeitreihen an ca. 130 Pegelstandorten.

Die außerhalb Brandenburgs liegenden Geometrien sind schon durch die verwendeten, teilweise wesentlich weniger detaillierten Grunddaten (z.B. DLM1000 statt DLM25) gröber diskretisiert.

## 5 Mögliche Modellergebnisse

Mit dem kalibrierten und validierten Modell können Modellsimulationen mit verschiedenen räumlichen Auflösungen für verschiedene Zeiträume innerhalb des zur Verfügung stehenden Datenzeitraums von 1971 bis 2015 durchgeführt und die Ergebnisse attributiv auf den Einzugsgebiets- und Gewässerdatenbestand übertragen werden.

Generell stehen folgende Ergebnisgrößen zur Verfügung, die räumlich und zeitlich beliebig aggregiert und selektiert werden können:

- **Wasserhaushaltskomponenten** (Niederschlag, Verdunstung, Oberflächenabfluss von natürlichen und urbanen Flächen und Sickerwasserbildung) für Hydrotope und Teileinzugsgebiete,
- **Abflusskomponenten** (Basisabfluss, Landoberflächenabfluss, Urbaner Abfluss) für Gewässerabschnitte,
- **Abflussreihen** (Monatsmittelwerte) für alle Gewässerabschnitte,
- **Abflusskennwerte und Spenden** ( $M_q$ ,  $M_{Hq}$ ,  $M_{Nq}$ ) für alle Gewässerabschnitte.

Im Ergebnis der flächenhaften Modellierung des Wasserhaushalts wurden die Ergebnisse für das brandenburgische Landesgebiet bisher wie folgt aufbereitet:

- a. Mittlere Wasserhaushaltskomponenten Niederschlag, Verdunstung, Oberflächenabfluss und Sickerwasserbildung für die Einzelflächen des Einzugsgebietsdatenbestands für die Einzelmonate [ $\text{mm}/\text{Monat}$ ],
- b. Mittlere Abflüsse  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] der Gewässerabschnitte für die Einzelmonate,
- c.  $M_{Nq}$ ,  $M_q$  und  $M_{Hq}$  [ $\text{l}/\text{s} \cdot \text{km}^2$ ] der Gewässerabschnitte,
- d. Mittlere Wasserhaushaltskomponenten Niederschlag, Verdunstung, Oberflächenabfluss und Sickerwasserbildung für den Gesamtzeitraum in der maximal verfügbaren räumlichen Auflösung, d. h. für Hydrotope [ $\text{mm}/\text{a}$ ],
- e. Abflusskomponenten  $Q_x$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]: Gesamtabfluss ( $Q_C$ ), Direktzufluss ( $Q_D$ ), Grundwasserzufluss ( $Q_G$ ), Kanalisationsabfluss ( $Q_K$ ) als langjährige Monatsmittelwerte und Gesamtmittelwerte für die Gewässerabschnitte der Reihe.

## 6 Zusammenfassung

Das landesweite Wasserhaushaltsmodell für Brandenburg liegt derzeit hinsichtlich der meteorologischen Daten bis 2015 aktualisiert vor.

In der letzten, 2017 abgeschlossenen Bearbeitung wurden mit dem Modell landesweite Simulationsrechnungen im Tageszeitschritt für den Zeitraum 1991 bis 2015 durchgeführt. Aus den Ergebnissen wurden die Wasserhaushaltsgrößen in verschiedenen räumlichen Auflösungen bereitgestellt. Für das Gewässersystem wurden für alle im Landesmodell enthaltenen über 30 000 Abschnitte die aus dem Eigeneinzugsgebiet zufließenden Abflusskomponenten (Grundwasser-abfluss, Direktabfluss und Abfluss von urbanen Flächen) und der Gesamtabfluss im Gewässer inklusiver sämtlicher Oberlieger ermittelt.

Die Ergebnisse wurden auf ihre Plausibilität hin untersucht. Ein Großteil der modellierten Abflusspegel konnte gut bis sehr gut vom Modell abgebildet werden. Eine hohe Modellsicherheit ist für die Größen der Wasserhaushaltskomponenten, wie die Grundwasserneubildung, gegeben. Die daraus ermittelten mittleren Abflussverhältnisse sind in mesoskaligen Einzugsgebieten (ab ca. 200 km<sup>2</sup>) und makroskaligen Gebieten belastbar. Eine geringere Modellsicherheit ergibt sich für die mittleren Abflüsse in kleinen Tieflandeinzugsgebieten, wenn dort die oberirdischen von den unterirdischen Einzugsgebieten abweichen oder Nutzungen die Abflussmenge stark beeinflussen. Von einer geringeren Modellsicherheit muss für die Niedrigwasserabflüsse in kleineren Einzugsgebieten mit unsicherem unterirdischen Bilanzgebiet oder verstärkten Nutzungen ausgegangen werden. Zwar wurden Grundwasserbewegungen zwischen benachbarten Einzugsgebieten in den zur Kalibrierung genutzten Gebieten bereits berücksichtigt, wenn diese anhand der Abflussverhältnisse an den Pegeln und anhand der Grundwasserisohypsen offensichtlich waren. Es konnten allerdings nicht alle regionalen und lokalen Details in das landesweite Modell integriert werden. Eine ebenfalls geringere Modellsicherheit ergibt sich für die Hochwasserscheitelabflüsse. Da die Simulationszeitschritte im Landesmodell einen Tag betragen, die Prozessdynamik der Hochwassergenese kleiner Einzugsgebiete aber im Stundenbereich liegt, sind der Simulation von Scheitelwerten und deren Eintrittszeiten Grenzen gesetzt. Hinzu kommt, dass bei der Hochwassergenese auch die Gewässerretention eine wesentliche Rolle spielt. Ausuferungen und Retentionen im Vorlandbereich sind aber ohne Geometrie-Daten nur bedingt abbildbar. Es bietet sich daher bei Bedarf an, aufbauend auf dem landesweiten Modell analog zu Spree und Schwarzer Elster regionale Untersetzungen, beispielsweise zur Ermittlung von Hochwasserbemessungswerten, vorzunehmen.

Darüber hinaus wird empfohlen, eine Möglichkeit zu schaffen, in der lokale Gegebenheiten vom Bearbeiter im LfU entsprechend der Ortskenntnisse angepasst werden können, so z.B. Grundwasserverlagerungen oder Nutzungen integriert oder verändert werden können.

Zukünftig wäre ein Umstieg vom derzeit angewendeten EGMO-Ansatz auf das PSCN Modul zu empfehlen, weil mit diesem der Einfluss der Vegetation auf den Wasserhaushalt wesentlich fundierter abgebildet wird. Die landesweiten Modelle in Sachsen-Anhalt und Sachsen nutzen ebenfalls ArcEGMO mit dem PSCN-Ansatz.

## 7 Datenquellen

2015 zur Aktualisierung verwendeten Datengrundlagen sind folgende:

- Flächendeckende Biotop- und Landnutzungskartierung im Land Brandenburg (BTLN) CIR-Biotoptypen 2009 (Veröffentlicht: 31.12.2013; Stand: 2009),
- ATKIS-Daten (Stand: 2010 und 2015)
- Digitales Geländemodell DGM1 und DGM10 (Stand: 2015),
- Bodenkarte BÜK300 (Stand: 2011),
- Grundwasserflurabstand (Stand: 2013),
- Oberirdische Einzugsgebiete ezg25 (Version 4.0; Stand: 2014),
- Gewässernetz gewnet25 (Version 4.1; Stand: 18.08.2015) sowie
- Daten zu Talsperren, Tagebaurestseen und sonstigen relevanten Einleitungen/Entnahmen.

Die genutzten Datengrundlagen sind in Tabelle 7-1 aufgeführt. Die rot markierten Daten wurden 2015 aktualisiert, während die anderen Daten aus dem 2012er Datenmodell stammen. Die verwendeten Kürzel sowie die Bezugsquellen werden in Tabelle 7-2 erläutert.

**Tabelle 7-1: Verwendete Datengrundlagen**

Datenart/-typ	Brandenburg	Berlin	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Mecklenburg-Vorpommern
Boden	BÜK300		BÜK200 SN	BÜK200 ST	BÜK1000
Höhenmodell	DGM1 und DGM10	SRTM100	SRTM100	SRTM100	SRTM100
Landnutzung	CIR BB	UIS B	CIR SN	CIR ST	CIR MV
Versiegelung	ATKIS	UIS B	CIR SN	CIR ST	CIR MV
Hydrogeologie	Hyka97				
Gewässernetz	DLM25	DLM25	DLM1000	DLM1000	DLM25
Einzugsgebiete	DLM25	DLM25	DLM25	DLM25	DLM25

**Tabelle 7-2: Bezugsquellen und Erläuterung**

Datenart (im Text zitiert als)	Kurzbeschreibung und Quelle
CIR BB	Flächendeckende Biotop- und Landnutzungskartierung im Land Brandenburg (BTLN) CIR-Biotoptypen 2009"; Stand: 2014; Bereitstellung durch LUGV Brandenburg
CIR SN	Color-Infrarot-(CIR)-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung; Datenbereitstellung durch Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
CIR ST	Color-Infrarot-(CIR)-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung; Datenbereitstellung durch das Landesumweltamt Sachsen-Anhalt
CIR MV	LINFOS M-V (Biotop- und Nutzungstypen); Datenbereitstellung durch Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Az: 201-5315.1
UIS B	Umweltinformationssystem des Landes Berlin; Datenbereitstellung über SenStadt IX B 22; Übergabe am 13.01.2004
BÜK300	Bodenkundliche Übersichtskarte im Maßstab 1:300 000 des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR Brandenburg); Stand: 2011
BÜK200 SN	Bodenkundliche Übersichtskarte im Maßstab 1:200 000; Datenbereitstellung durch Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
BÜK200 ST	Bodenkundliche Übersichtskarte im Maßstab 1:200.000; Datenbereitstellung durch Landesamt für Geologie und Bergwesen
BÜK1000	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Dienstbereich Berlin; Az: B 4.24-Fa
Hydrogeologische Karten	Hyka97, GW-Isohypsen der Vorratsprognose und Karte der Grundwasserleiterkomplexe I und II in Brandenburg; Bereitstellung durch LUGV Brandenburg
ATKIS	Digitales Basis-Landschaftsmodell; Bereitstellung durch LUGV Brandenburg
DGM1	Digitales Geländemodell von Brandenburg (DGM1) im Maßstab 1: 10 000; Bereitstellung durch Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg; Stand: 2015
DGM10	Digitales Geländemodell von Brandenburg (DGM10) im Maßstab 1: 100 000; Bereitstellung durch Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg; Stand: 2015
SRTM100	Vom USGS freigegebene (Nov. 2003) C-Band Daten der Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) etwa im Maßstab 1:90 000
Fließgewässernetze	Verschiedene Auflösungen, verschiedene Länder; Bereitstellung durch die jeweiligen Landesämter
LAWA-Wegs	Oberirdische Einzugsgebietsgrenzen und Fließgewässersystem; Bereitstellung die jeweiligen Landesämter
DWD	Bereitstellung von Niederschlagsdaten über LUGV Brandenburg, Az: DS-K/32.11.00/615.03
REGNIE und HYRAS	Regionalisierte Niederschlagsdaten REGNIE des DWD und HYRAS-Daten; Bereitstellung

	durch LUGV; dem LUGV durch Bundesanstalt für Gewässerkunde bereitgestellt
Klimadaten PIK aus Vorprojekt	Bereitstellung durch LUGV Brandenburg
Diverse Pegelreihen	Bereitstellung durch LUGV Brandenburg

## 8 Projektberichte

- BAH (2004): Erstellung einer Abflussspendenkarte der mittleren Abflüsse der Zeitreihe 1981 bis 2000 für das Land Brandenburg – Abschlussbericht; Im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumplanung des Landes Brandenburg.
- BAH (2007): Aktualisierung der Abflussspendenkarte der mittleren Abflüsse bis zum Jahr 2005 für das Land Brandenburg – Abschlussbericht; Im Auftrag des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg.
- BAH (2007a): Erarbeitung eines Niederschlag-Abfluss-Modells für die Schwarze Elster im Land Brandenburg – Abschlussbericht; im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg, Regionalbereich Süd.
- BAH (2009): Schaffung einer Basis für die Bewertung von Maßnahmen der Wassermengenbewirtschaftung durch Anwendung des ArcEGMO-basierten Wasserhaushaltsmodells auf die theoretische ungesteuerte Niedrigwasser- und Hochwasserdynamik der reportingpflichtigen Oberflächengewässerkörper (OWK) im Land Brandenburg – Abschlussbericht; Im Auftrag des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg.
- BAH (2011): Wasserhaushaltsmodellierung mit ArcEGMO im Einzugsgebiet der Havel - Abschlussbericht; Im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde.
- BAH (2011a): Ermittlung von Hochwasserbemessungswerten für die Kleine Elster und weiterer Bemessungsgrundlagen für die Erarbeitung des HWRMP für die Schwarze Elster unter Einbeziehung des Hochwassers 09/2010 – Abschlussbericht; im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Regionalbereich Süd.
- BAH (2012): Aktualisierung der Abflussspendenkarte der mittleren Abflüsse - Abschlussbericht; Im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg.
- BAH (2012a): Erstellung eines Niederschlag-Abfluss-Modells für das Flussgebiet der Spree / Dahme im Land Brandenburg – Abschlussbericht; im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Regionalbereich Süd.
- BAH (2013): Nachweis der Wasserverfügbarkeit für die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit im Land Brandenburg – in Zusammenarbeit mit biota – im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg.
- BAH (2015): Aktualisierung der Abflussspendenkarte der mittleren Abflüsse – Abschlussbericht; Im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg.
- BAH (2015a): Ergänzende hydrologische Modellierungen auf der Basis eines bereits erstellten NA-Modells für die Schwarze Elster und Spree im Rahmen des HWRMP Elbe - Teilleistung: Nachweis der Retentionswirksamkeit der geplanten Maßnahmen – Projektberichte für die Spree, die Schwarze Elster und das Fredersdorfer Mühlenfließ; im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Regionalbereich Süd

BAH (2017): Aktualisierung der Abflusspendenkarte der mittleren Abflüsse – Abschlussbericht; Im Auftrag des Landesamtes für Umwelt Brandenburg.

BAH (2018): Ermittlung hydrologischer Kennwerte der Fließgewässer im Land Brandenburg und Ableitung ihrer Mindestabflüsse aus den Modellergebnissen von ArcEGMO (Zeitreihe 1991-2015) – Abschlussbericht; Im Auftrag des Landesamtes für Umwelt Brandenburg.

## 9 Literatur

Becker, A., Klöcking, B., Lahmer, W., Pfützner, B. (2002): The Hydrological Modelling System ARC/EGMO. In: Mathematical Models of Large Watershed Hydrology (Eds.: Singh, V.P. and Frevert, D.K.). Water Resources Publications, Littleton/Colorado. ISBN 1-887201-34-3, 321-384.

Bethwell, C. (2008): Vorgehensweise zur Ermittlung der Versiegelung für das Land Brandenburg. Praktikumsbericht LUA Brandenburg.

Dyck, S. (1980): Angewandte Hydrologie, Teil I und II, VEB Verlag für Bauwesen Berlin 1980.

Glugla, G., König, B. (1989): VERMO - Ein Modell für die Berechnung des Jahresganges der Evaporation, Versickerung und Grundwasserneubildung. Tagungsbericht, Akademie Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin, 1989, 275, S. 85-91.

Pfützner, B. (ed.) (2002): Description of ArcEGMO. Official homepage of the modelling system ArcEGMO, <http://www.arcegmo.de>, ISBN 3-00-011190-5.

Turc, L. (1961): Évaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potenzielle, formule simplifiée et mise à jour. Ann agron 12: 13-49.

Weise, K. und U. Wendling (1974): Zur Berechnung des Bodenfeuchteverlaufs aus meteorologischen und bodenphysikalischen Größen. Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, 18/2 und 3, 145-155.

Wendling, U., Schellin, H.G. (1986): Neue Ergebnisse zur Berechnung der potenziellen Evapotranspiration. Z. für Meteorologie 36, 3, S. 214-217.