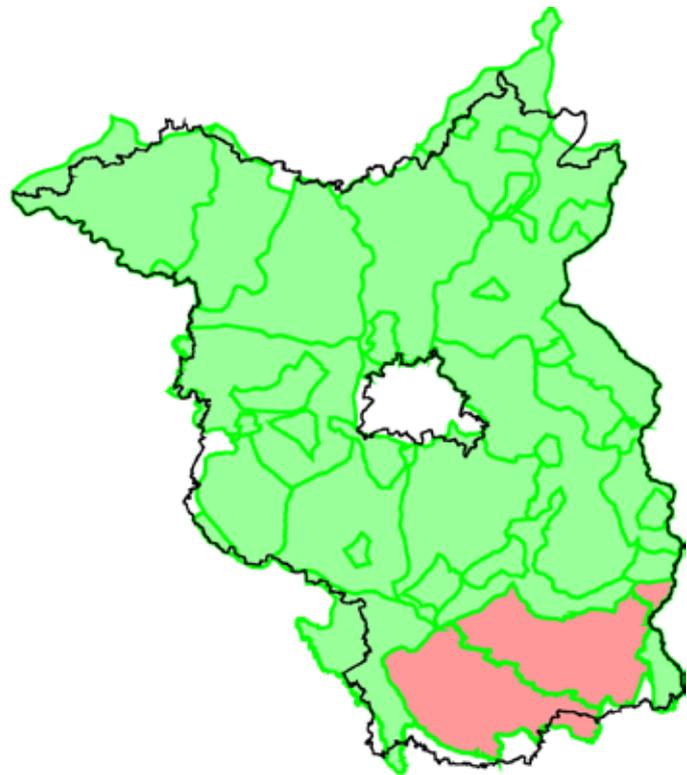




LAND  
BRANDENBURG

Ministerium für Umwelt, Gesundheit  
und Verbraucherschutz

Wasser



Fachbeiträge des LUGV

Heft Nr. 142

## **Die Wasserbilanzen der Grundwasserkörper im Land Brandenburg**

Landesamt für  
Umwelt,  
Gesundheit und  
Verbraucherschutz

**Fachbeiträge des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz  
Heft Nr. 142**

**Die Wasserbilanzen der Grundwasserkörper im Land Brandenburg**

**Herausgeber:**

Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) Brandenburg  
Seeburger Chaussee 2  
14476 Potsdam OT Groß Glienicke  
Tel.: 033201 - 442 172  
Fax: 033201 - 43678  
Internet: <http://www.lugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.310597.de>

**Bearbeitung:**

Abteilung Ökologie, Naturschutz, Wasser  
Referat Ö4, Dr. Stefan Wieneke  
E-Mail: stefan.wieneke@lugv.brandenburg.de

**Geobasisdaten:**

Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, GB-G I/99

Potsdam, Oktober 2014

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1. Einführung .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Grundwasserkörper .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Grundwasserentnahmen.....</b>	<b>4</b>
<b>4. Grundwasserneubildung .....</b>	<b>7</b>
4.1 Gesamtabfluss .....	7
4.2 Validierung .....	15
4.3 Ermittlung der Grundwasserneubildung .....	20
<b>5. Trendverhalten des Grundwasserstands .....</b>	<b>21</b>
<b>6. Schwankungsverhalten des Grundwasserstands .....</b>	<b>23</b>
<b>7. Grundwasserbilanz .....</b>	<b>27</b>
7.1 Risikobewertung .....	27
7.2 Zustandsbewertung .....	30
<b>8. Zusammenfassung .....</b>	<b>38</b>
<b>9. Literatur und Quellen .....</b>	<b>39</b>
<b>Anhang</b>	
<b>1: Verwendete Abkürzungen .....</b>	<b>40</b>
<b>2: Struktur der Attributtabelle der Abimodaten .....</b>	<b>41</b>
<b>3: Detailuntersuchung auffälliger Einzugsgebiete .....</b>	<b>42</b>
<b>4: Bilanzgrößen der Risikobewertung .....</b>	<b>54</b>

# 1. Einführung

Der mengenmäßige Zustand der Grundwasserkörper ist nach Wasserrahmenrichtlinie zu bewerten. In der LAWA-Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie sind die anzuwendenden Methoden beschrieben. Die Bewertung wird in zwei Stufen vorgenommen. Zunächst erfolgt eine vorläufige Risikobewertung anhand der überschlägigen Wasserbilanz. Bei der anschließenden Zustandsbewertung ist das Trendverhalten des Grundwasserstands und der Zustand grundwasserabhängiger Landökosysteme zu berücksichtigen. Abhängig von den Ergebnissen der überschlägigen Wasserbilanz und der Trendauswertung ist eine detaillierte Wasserbilanz zu erstellen.

## 2. Grundwasserkörper

Unter einem Grundwasserkörper wird ein räumlich begrenztes, unterirdisches Gesteinsvolumen verstanden, dessen Porenraum mit Grundwasser gefüllt ist. Die Grundwasserkörper wurden im Land Brandenburg überwiegend entsprechend den unterirdischen Einzugsgebieten abgegrenzt. Ausnahmen gibt es bei einigen Grundwasserkörpern, deren Abgrenzung sich an der Grundwasserqualität orientiert. In wenigen Fällen sind auch weitere Abgrenzungskriterien verwendet worden (meist oberirdische Einzugsgebiete). Abbildung 1 zeigt die Grenzen der Grundwasserkörper im Land Brandenburg mit Stand Juli 2014. Für diese Grundwasserkörper wurde eine Bewertung des mengenmäßigen Zustands vorgenommen.

## 3. Grundwasserentnahmen

Für das Land Brandenburg liegt aktuell keine vollständige Übersicht zu den genehmigten Grundwasserentnahmen vor. Dieser Zustand ändert sich erst mit der Einführung des elektronischen Wasserbuchs. Für den Bericht wurden vorhandene Datenbestände der Regionalbereiche des LUGV für die Bearbeitung mittels GIS aufbereitet. Obwohl diese Datenbestände teilweise seit mehreren Jahren nicht mehr gepflegt wurden, wird insgesamt eingeschätzt, dass diese Daten für die vorläufige Risikobewertung verwendet werden können. Tabelle 1 enthält die Aufteilung der Wasserrechte auf die einzelnen Nutzergruppen.

Tabelle 1: **Wasserrechte**

Nutzer	Genehmigte Fördermenge [Tm <sup>3</sup> /d]
öffentliche Wasserversorgung	900
Braunkohlenbergbau	800
Industrie, Landwirtschaft, Sonstige Entnahmen	500
Summe Wasserrechte	2.200

Zahlenmäßig überwiegen kleine Entnahmen unter 100 m<sup>3</sup>/d. Etwa 52 % der Wasserrechte liegen unter dieser Menge. Nur 1 % der Wasserrechte beziehen sich auf Fördermengen oberhalb von 10.000 m<sup>3</sup>/d. Im Zuständigkeitsbereich der Landkreise und kreisfreien Städte liegen 93 % der genehmigten Entnahmen, d.h. die Fördermenge liegt hier unter 2.000 m<sup>3</sup>/d. Abbildung 2 zeigt die räumliche Verteilung der Nutzungen.

Die tatsächlichen Entnahmen liegen teilweise deutlich unter den genehmigten Mengen. Leider liegt hierzu keine landesweite Übersicht vor. Die Fördermengen werden zwar zur Erhebung des Wasserentgeltentgelts gemeldet, aber nicht in für die Bilanzierung geeigneter Form erfasst.

Am Beispiel der öffentlichen Wasserversorgung wird der Unterschied zwischen Genehmigung und tatsächlicher Nutzung deutlich. Die tatsächliche Wasserwerksförderung liegt im Jahr 2010 bei ungefähr 390 Tm<sup>3</sup>/d. Damit werden nur 43 % der genehmigten Menge ausgeschöpft.

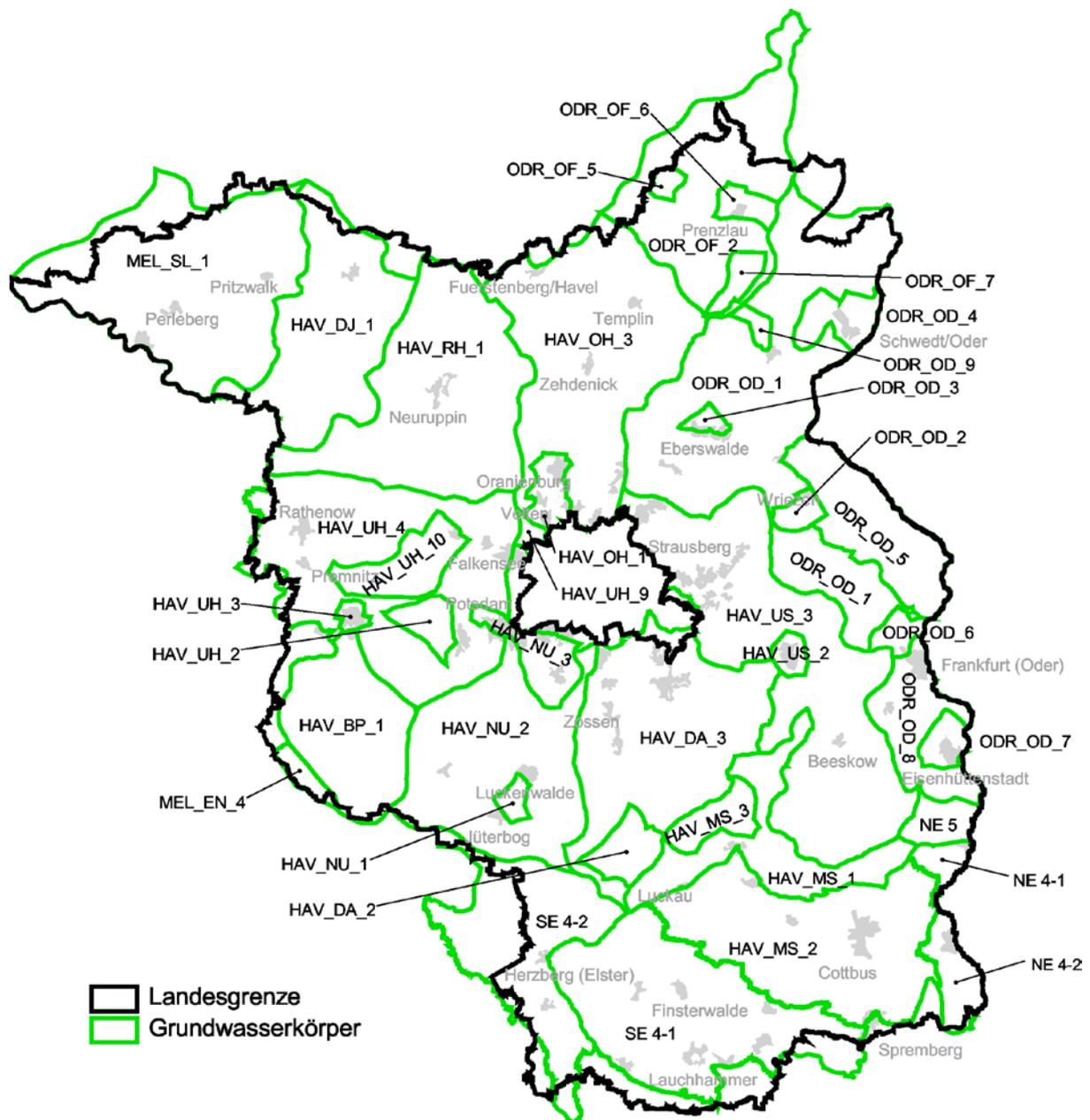


Abbildung 1: Lage der Grundwasserkörper im Land Brandenburg (Datenstand 7/2014)

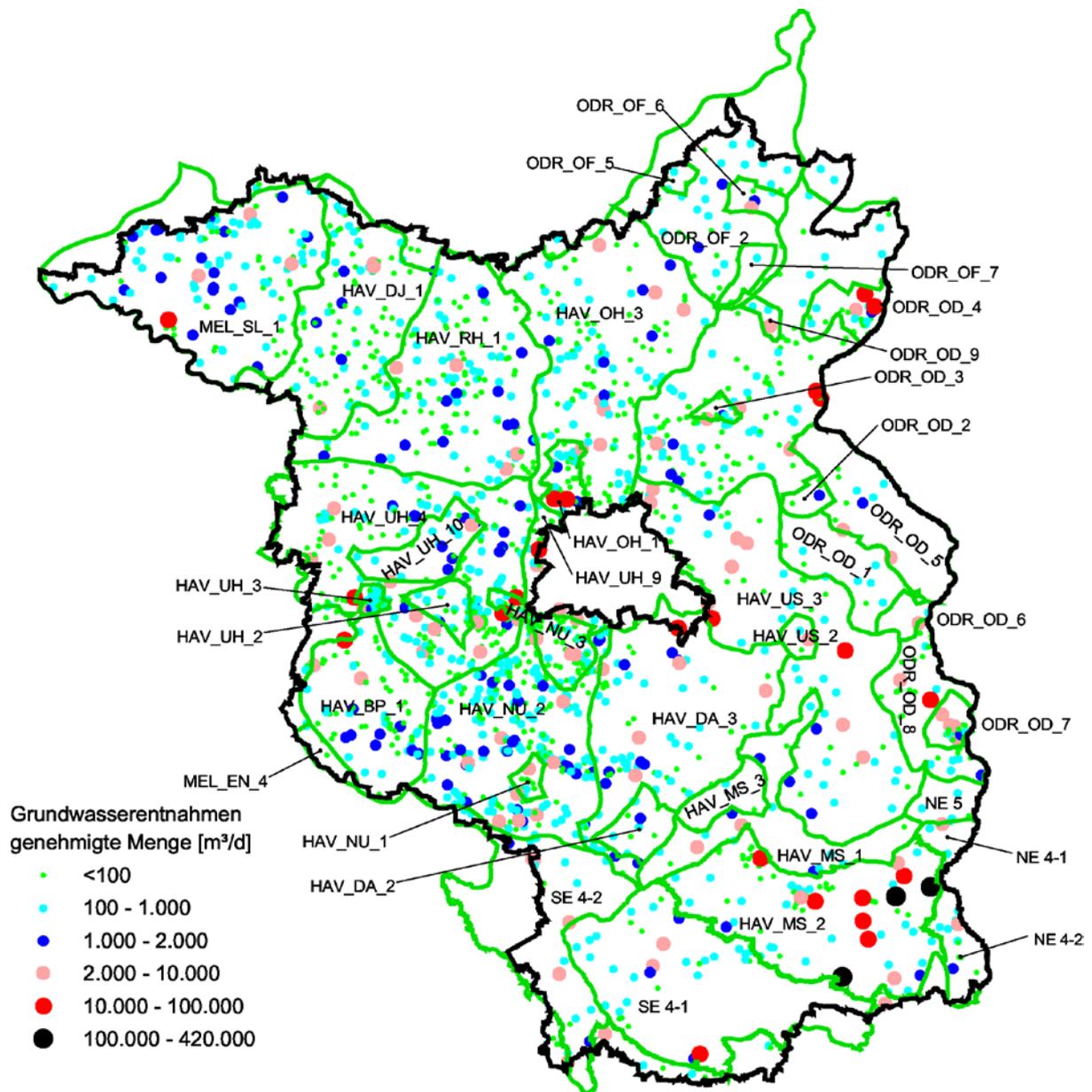


Abbildung 2: **Genehmigte Grundwasserentnahmen**

## 4. Grundwasserneubildung

### 4.1 Gesamtabfluss

Zur Ermittlung der Grundwasserneubildung wird zunächst mit einem Wasserhaushaltsmodell die Gesamtabflussbildung berechnet. Aus dieser Größe lässt sich die Grundwasserneubildung bestimmen.

Für den Gesamtabfluss liegt eine landesweite Berechnung für die Zeitreihe 1976-2005 mit dem Wasserhaushaltsmodell Abimo 2.1 vor. Die Berechnung basiert auf der Beziehung nach Bagrov-Glugla mit nutzungsabhängigen Effektivitätsparametern. Die Einzelheiten des Verfahrens sind der Programmbeschreibung (RACHIMOW 1996) zu entnehmen.

Für die aktuelle Bilanzierung wurde dieser Datensatz in einigen Details überarbeitet und an weiteren Einzugsgebieten validiert. Folgende Änderungen wurden vorgenommen:

- Korrektur der Flächenzuordnung für Laubwald.
- Überarbeitung des Grundwasserflurabstands (vernässte Flächen nach ATKIS einbezogen) und Generalisierung zur Reduktion der Flächenanzahl.
- Der Versiegelungsgrad wurde aus den ALK-Daten abgeleitet.
- Die Verbreitung der sandigen Böden wurde anhand der MMK überarbeitet.

Als Eingangsdaten werden folgende meteorologischen Größen als langjährige Durchschnittswerte benötigt: Jahresniederschlag, Sommerniederschlag und potenzielle Verdunstung. Die Berechnung der potenziellen Verdunstung erfolgte nach WENDLING (1995) aus den Monatswerten der Globalstrahlung und der Temperatur.

Mit Thiessen-Polygonen wurden die Stationswerte (Datenquelle: DWD) der meteorologischen Größen für die Zeitreihe 1976-2005 in die Fläche übertragen. Diese Eingangsdaten sind in den Abbildungen 3 bis 7 dargestellt. Eine Zusammenfassung enthält Tabelle 2. Das Verhältnis P1S / ETPS wird zur Korrektur des Effektivitätsparameters der Bagrov-Gleichung benötigt. Der ermittelte Bereich des Quotienten P1S / ETPS liegt zwischen 0,55 und 0,8. Dies entspricht einem Korrekturfaktor des Effektivitätsparameters von 0,82 bis 1,22. Damit ist eine relevante Abweichung für die Wasserhaushaltsberechnung auch für die klimatischen Verhältnisse im Land Brandenburg gegeben.

Durch verschiedene Fehler liegt der gemessene Niederschlag unter dem bodengleichen Niederschlag. Abbildung 8 zeigt die Korrekturen, die für die Stationswerte anzuwenden sind (nach RICHTER 1995). Da sich die Korrekturen für das Land Brandenburg nur geringfügig unterscheiden, wurde ein einheitlicher Korrekturwert von +12 % verwendet.

Tabelle 2: **Meteorologische Eingangsdaten**

	Minimum	Maximum	Mittelwert
P1	436	642	556
P1S	259	354	308
ETP	567	641	611
ETPS	435	489	468
P1S / ETPS	0,55	0,8	0,66
T	8,3	9,5	9,1
RG	3,8	4,2	4,0

P1: Jahresniederschlag [mm/a]

P1S: Sommerniederschlag [mm/a]

ETP: potenzielle Verdunstung, Gesamtjahr [mm/a]

ETPS: potenzielle Verdunstung, Sommerhalbjahr [mm/a]

T: durchschnittliche Temperatur [°C]

RG: Globalstrahlung als Verdunstungsäquivalent [mm/d]

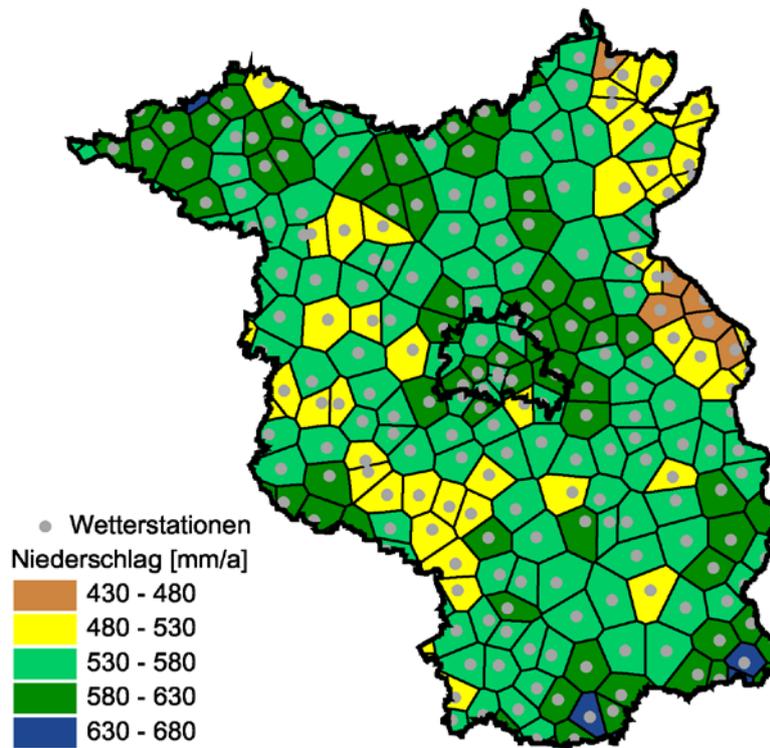


Abbildung 3: mittlerer Jahresniederschlag (1976-2005), Stationsdaten des DWD

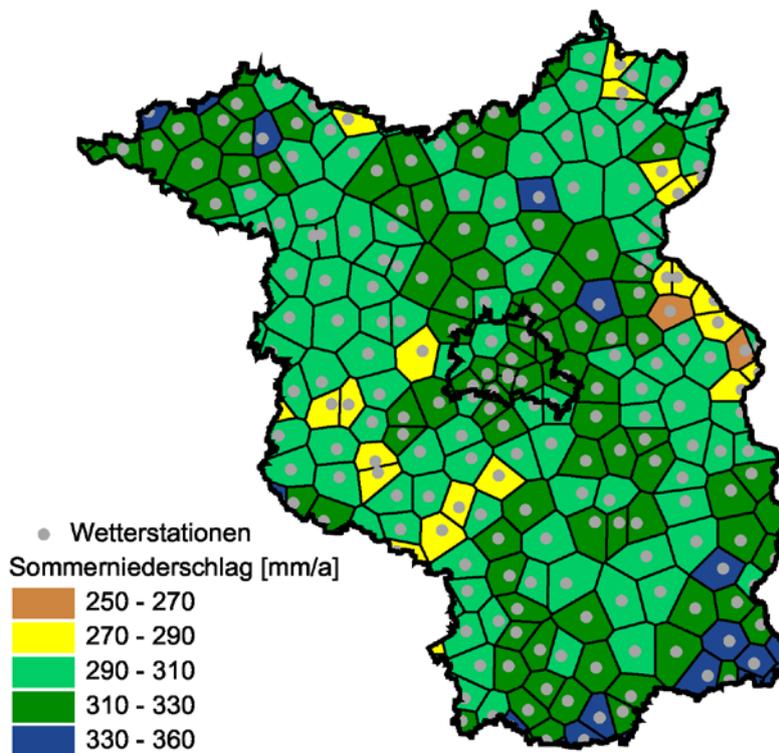


Abbildung 4: mittlerer Niederschlag im Sommerhalbjahr (1976-2005), Stationsdaten des DWD

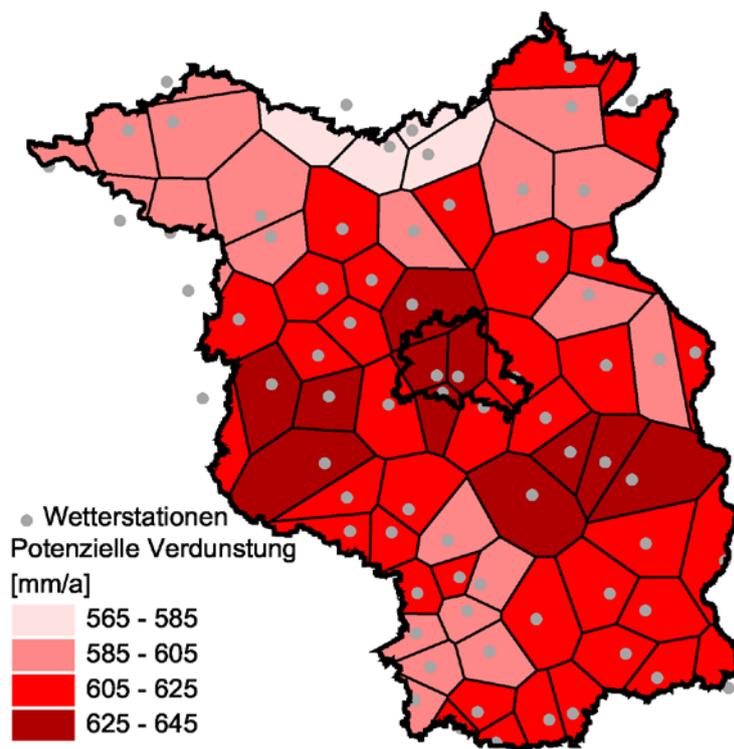


Abbildung 5: **Potenzielle Verdunstung, Mittelwerte (1976-2005)**

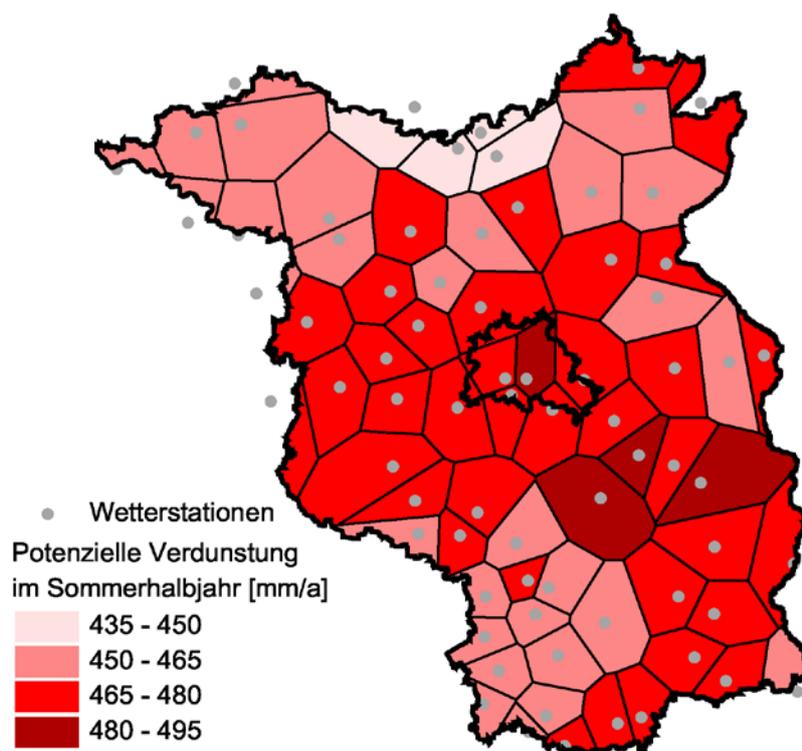


Abbildung 6: **Potenzielle Verdunstung im Sommerhalbjahr, Mittelwerte (1976-2005)**

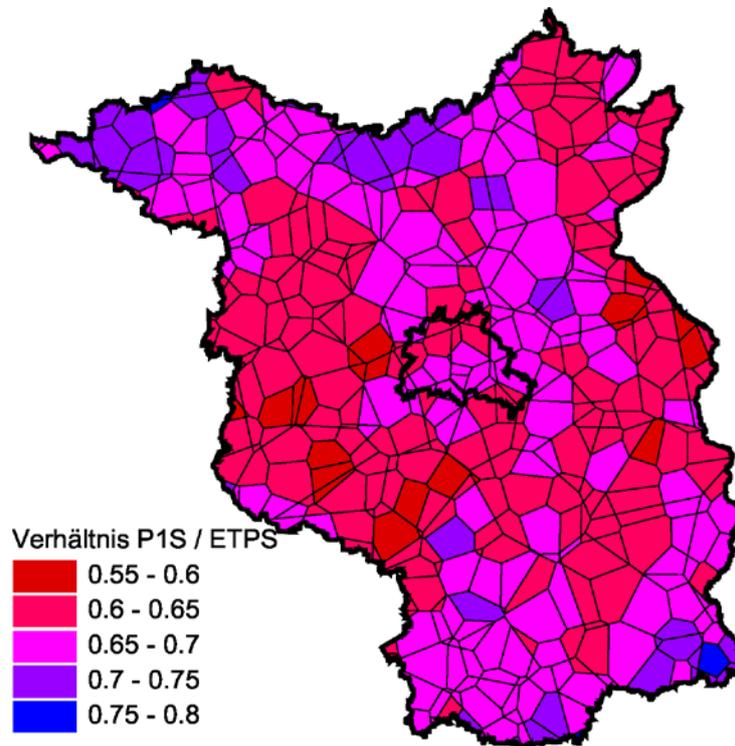


Abbildung 7: Verhältnis Niederschlag / potenzielle Verdunstung, Sommerhalbjahr (1976-2005)

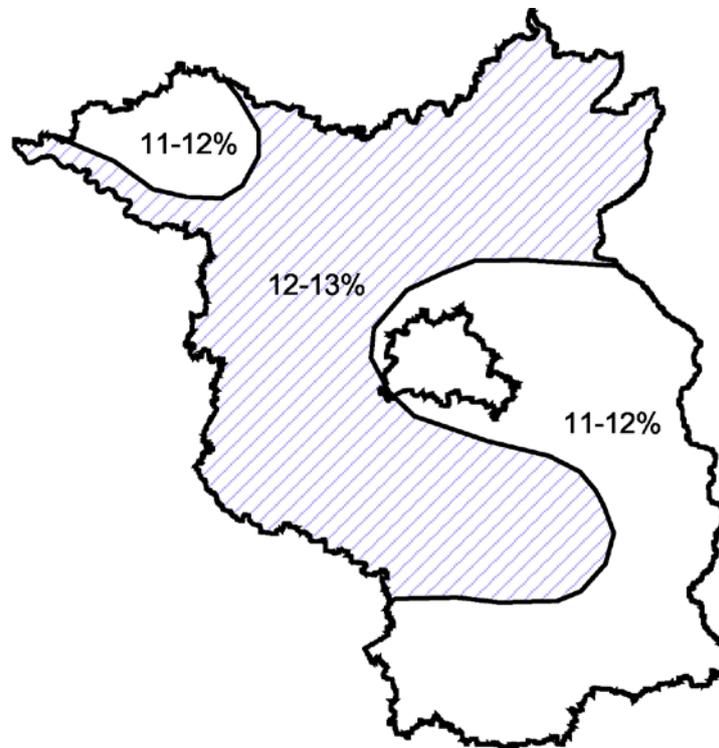


Abbildung 8: Niederschlagskorrektur nach RICHTER (1995)

Weiterhin benötigt Abimo die Bodenart, den Grundwasserflurabstand und die Flächennutzung. In den Abbildungen 9 bis 11 sind diese Eingangsdaten dargestellt. Eine Übersicht zur Verteilung der einzelnen Parameter enthält Tabelle 3. Die Bodenart wurde stark generalisiert aus der Bodenübersichtskarte 1:300.000 abgeleitet. Zusätzlich gingen Informationen der mittelmaßstäbigen landwirtschaftlichen Standortkartierung ein. Die Bestimmung des Grundwasserflurabstandes erfolgte durch Differenzbildung aus dem digitalen Geländemodell (DGM 25) und den Grundwasservorratsprognosen. Bindige Deckschichten wurden dabei nicht berücksichtigt, da dies rechnerisch zu hohen Grundwasserflurabständen führt, die der Betrachtung des Wasserhaushalts nicht gerecht werden (Staunässe).

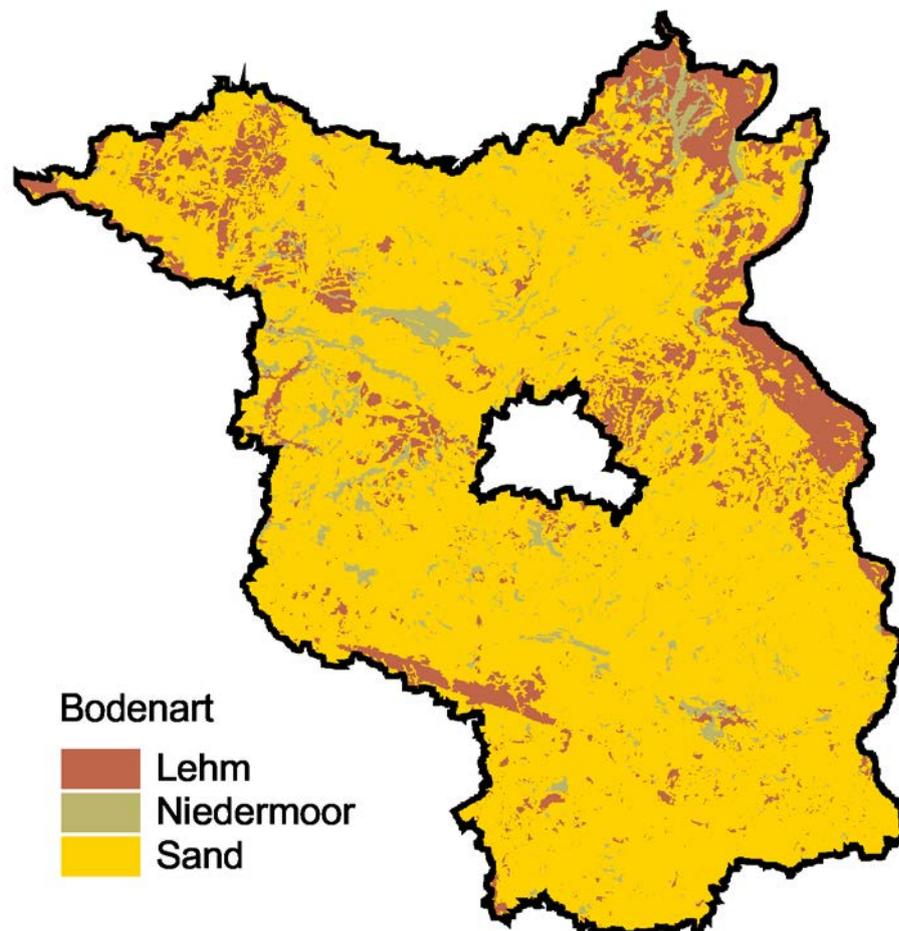


Abbildung 9: Bodenart, generalisiert nach BÜK 300 und MMK

Tabelle 3: **Eingangsdaten der Abimo-Berechnung**

		Flächenanteil [%]
Bodenart	Sand	76
	Lehm	17
	Niedermoor	7
Grundwasserflurabstand	<1 m	16
	1-2 m	12
	>2 m	72
Flächennutzung	Siedlung	7
	Vegetationslos	1
	Gewässer	3
	Landwirtschaft	53
	Nadelwald	34
	Laubwald	2

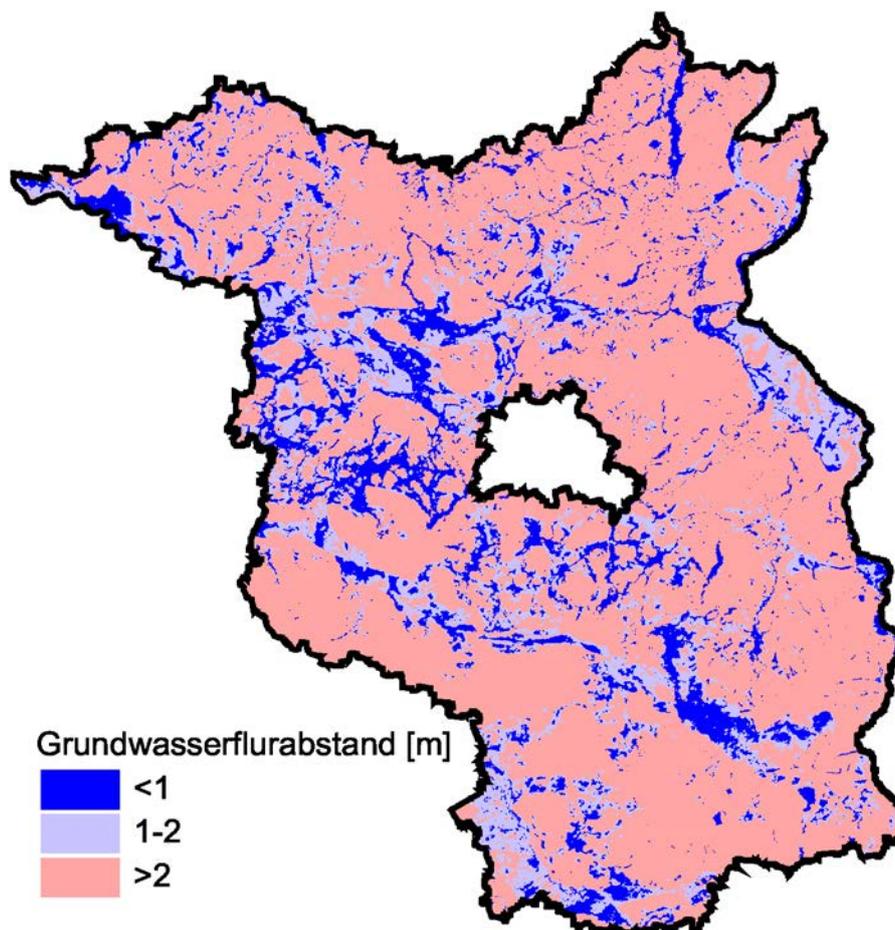


Abbildung 10: **Grundwasserflurabstand**

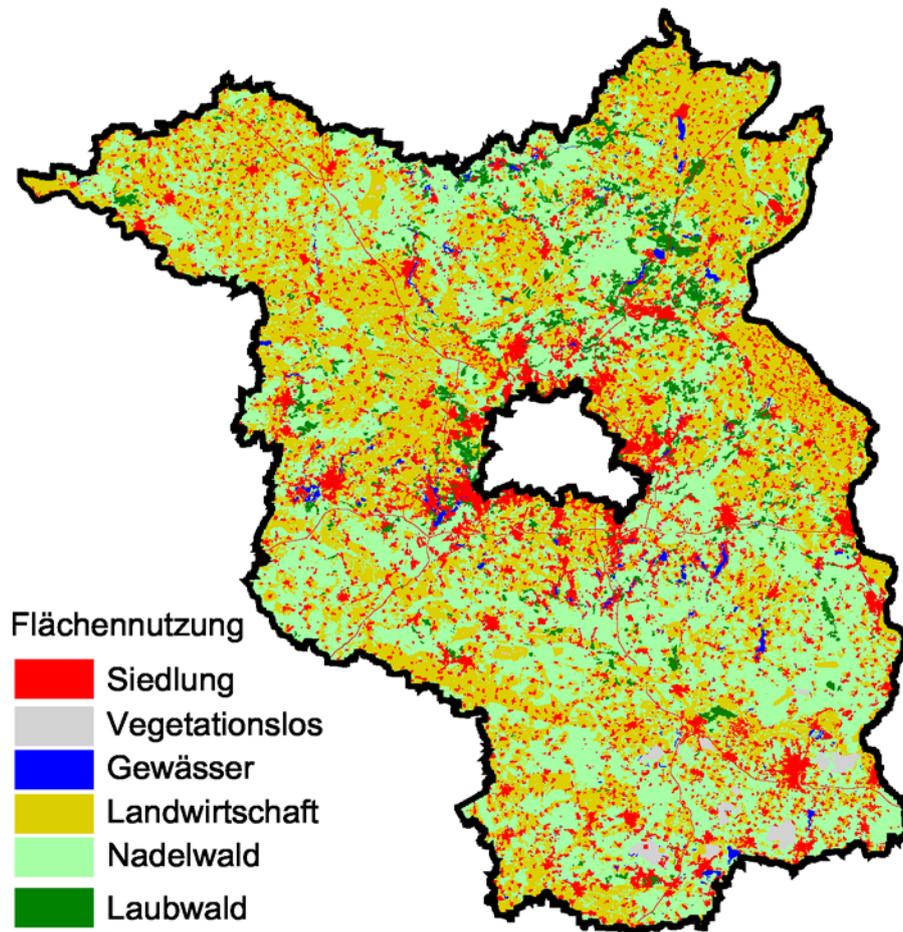


Abbildung 11: **Flächennutzung nach ATKIS**

Innerhalb der bebauten Gebiete wird der Versiegelungsgrad dieser Flächen benötigt. Der Versiegelungsgrad ist in Abbildung 12 am Beispiel der Stadt Cottbus dargestellt. Die Werte wurden aus den ALK-Daten abgeleitet, indem der Anteil an Gebäude- und Straßenflächen am jeweiligen Hydrotop berechnet wurde. Im Durchschnitt ergibt sich ein Versiegelungsgrad von 23 % innerhalb der Siedlungsgebiete. Insgesamt sind die Werte wahrscheinlich etwas zu niedrig, da einige versiegelte Flächen nicht berücksichtigt wurden (z. B. Parkplätze, Garagen). Die versiegelten Flächen haben einen Anteil von ungefähr 2 % an der gesamten Landesfläche.

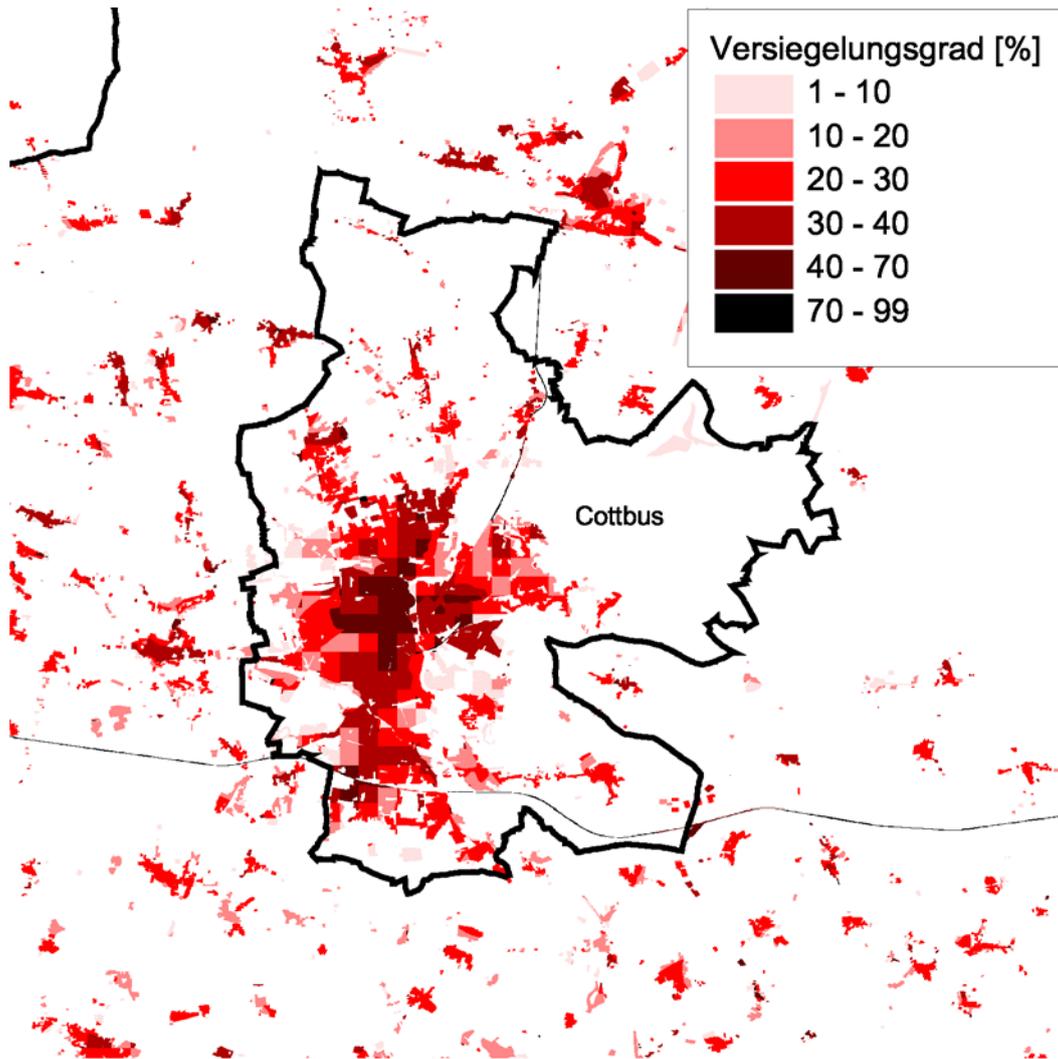


Abbildung 12: **Versiegelungsgrad**

Das Ergebnis der Wasserhaushaltsberechnung mit Abimo 2.1 ist in Abbildung 13 flächenhaft dargestellt. In Tabelle 4 sind die Ergebnisse für die einzelnen Nutzungsarten und Flurabständen über zwei Meter zusammengefasst. Die gesamte berechnete Abflussbildung beträgt 124 m<sup>3</sup>/s, das entspricht 132 mm/a oder 10,7 Mio. m<sup>3</sup>/d. Der oberirdische Direktabfluss von versiegelten Flächen ergibt sich zu 3,4 m<sup>3</sup>/s.

Tabelle 4: **Gesamtabfluss für Flurabstände größer zwei Meter**

Nutzung	Minimum	Maximum	Mittelwert
Siedlung	50	583	263
Vegetationslos	157	468	369
Landwirtschaft	47	301	208
Nadelwald	25	189	93
Laubwald	28	158	102

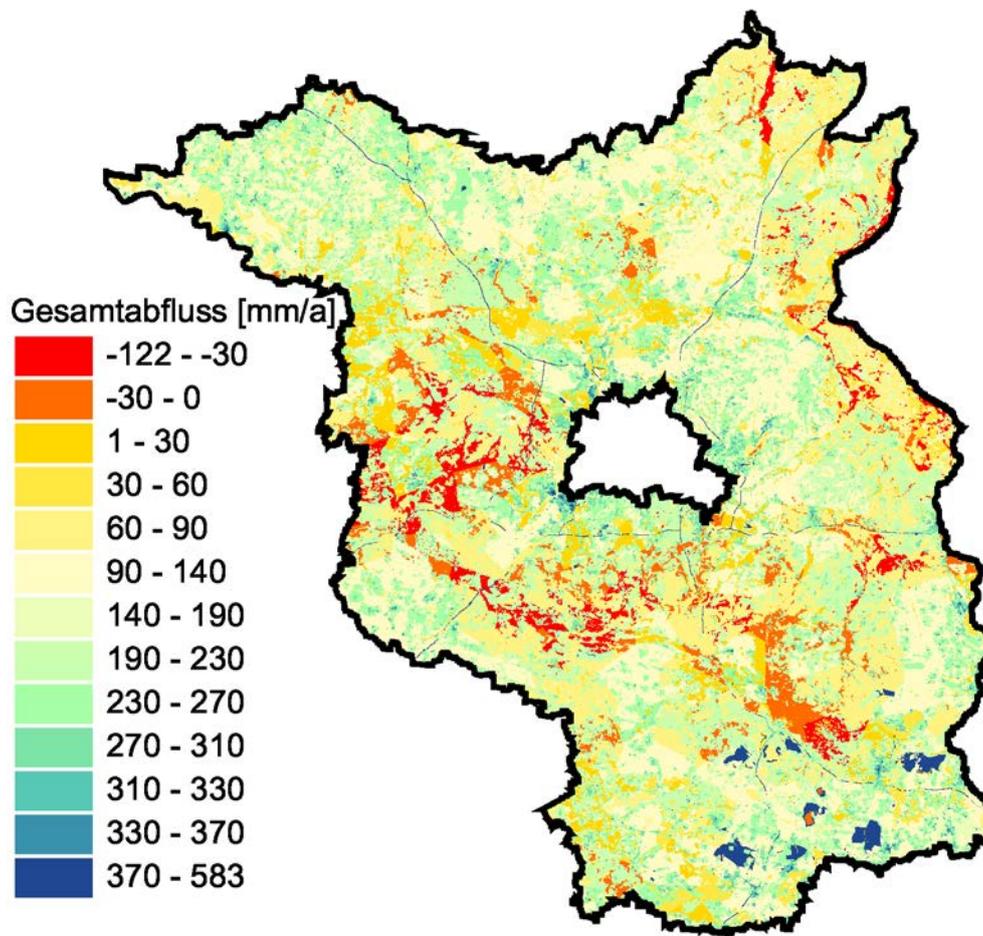


Abbildung 13: **Mittlerer Gesamtabfluss für die Zeitreihe 1976-2005**

#### 4.2 Validierung

Insgesamt 38 Abflusspegel waren zur Verifizierung der Ergebnisse verfügbar. Da mittels Ganglinien-separation gezeigt werden kann, dass der Abfluss an den Pegeln überwiegend aus Grundwasserzuström besteht, wurden die unterirdischen Einzugsgebiete abgegrenzt. Grundlage dafür war überwiegend der landesweite Grundwassergleichenplan, der auf der Stichtagsmessung Frühjahr 2011 beruht. Über die Lage der verwendeten Bilanzpegel und Einzugsgebiete informiert Abbildung 14. Für die Pegel Göttin und Brandenburg-Wilhelmsdorf wurde ein gemeinsames Einzugsgebiet ausgegrenzt. Damit können 37 unterirdische Einzugsgebiete zur Prüfung der Modellergebnisse herangezogen werden. Die Gesamtfläche der ausgewerteten unterirdischen Einzugsgebiete beträgt 8.471 km<sup>2</sup>, was etwa 29 % der Landesfläche entspricht. Auf dieser Fläche beträgt der gemessene Gesamtabfluss 35,2 m<sup>3</sup>/s. Mit Abimo wird ein Wert von 34,5 m<sup>3</sup>/s berechnet. In der Gesamtbilanz der untersuchten Einzugsgebiete wird der tatsächliche Abfluss durch das Modell also gut abgebildet. Im Streudiagramm (Abb. 15 und 16) zeigt sich allerdings, dass Abweichungen von +/- 20 % regelmäßig vorkommen. Tabelle 6 enthält die Ergebnisse der einzelnen Einzugsgebiete. Alle auffälligen Modellergebnisse mit mehr als 20 % Abweichung vom Messwert wurden näher untersucht und sind im Anhang 3 beschrieben. Von den 12 auffälligen Einzugsgebieten sind die Abweichungen in acht Fällen erklärbar. Es verbleiben vier Einzugsgebiete mit zu hohen Abweichungen (Dahlwitz-Hoppegarten +39 %, Doberburg Wehr UP: -35 %, Gusow: +56 % und Trebitz UP: +37 %).

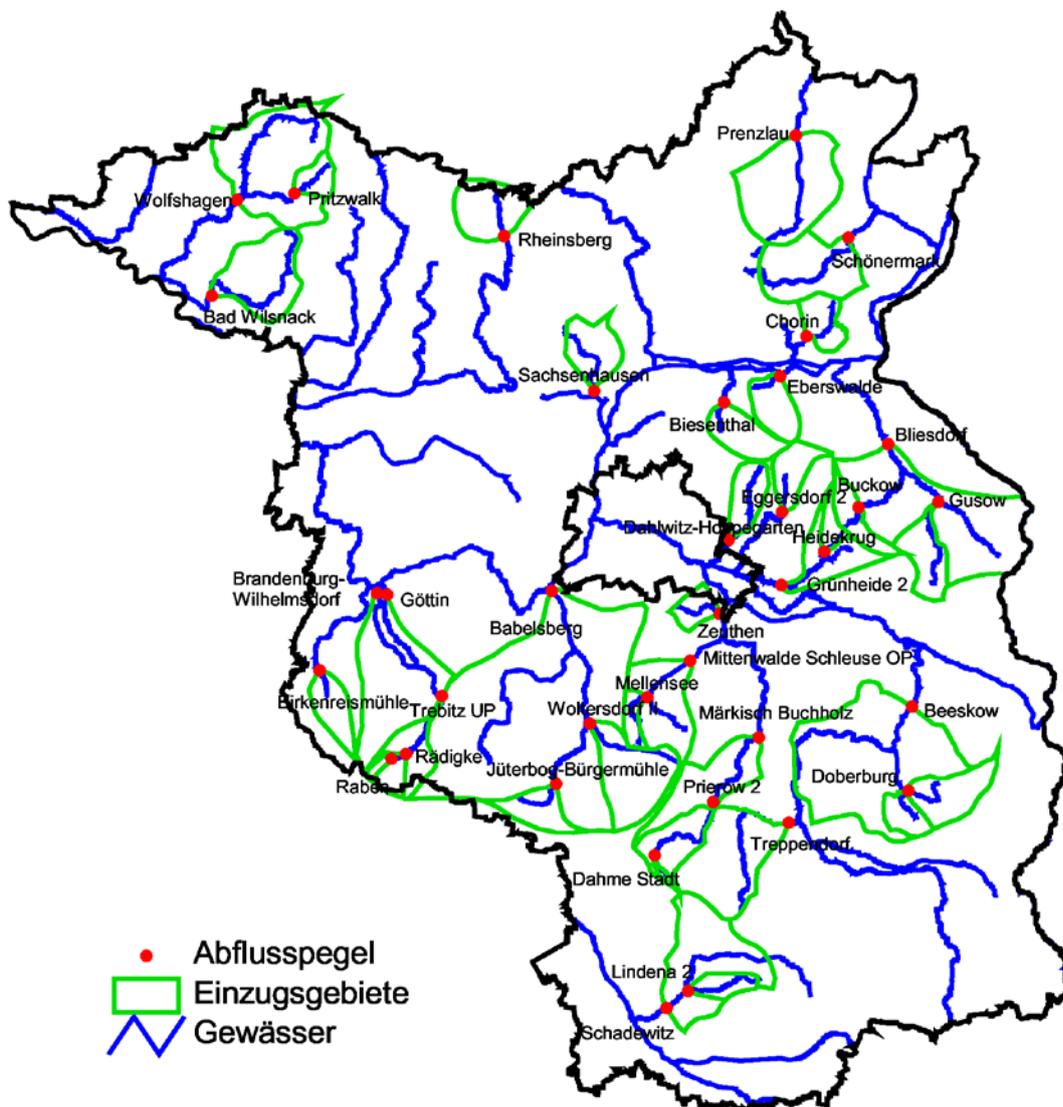


Abbildung 14: Bilanzgebiete

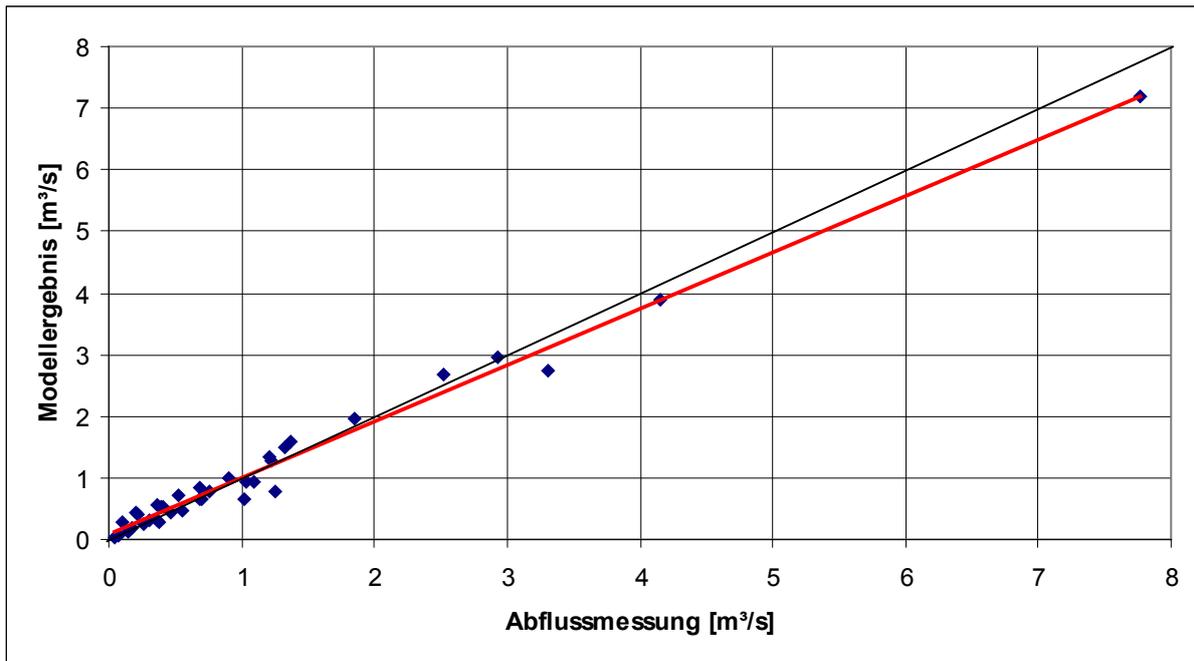


Abbildung 15: **Modellergebnisse, schwarz: Solllinie, rot: Ausgleichsgerade**

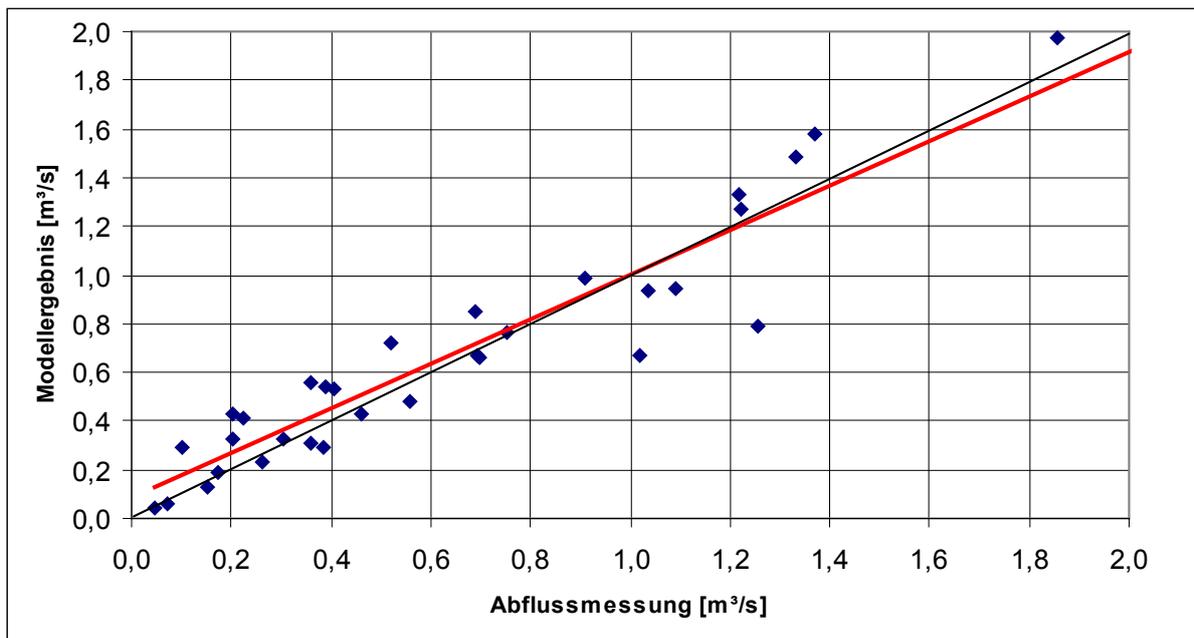


Abbildung 16: **Modellergebnisse, Detailausschnitt**

Eine Abschätzung für eine größere Fläche ergibt die Auswertung des oberirdischen Einzugsgebiets des Pegels Rathenow. Da die Abimo-Berechnung nur für das Land Brandenburg vorliegt, wird der Zustrom am Pegel Spremberg abgezogen. Abbildung 17 zeigt das verbleibende Untersuchungsgebiet. Für das Land Berlin werden die Daten aus dem Umweltatlas für die Zeitreihe 1961-1990 übernommen. Die aus den Messwerten ermittelte Abflussspende liegt für das Betrachtungsgebiet mit 121 mm/a etwa 11 % unter dem Modellergebnis von 136 mm/a (Tabelle 5).

Hierbei sind aber mehrere Unsicherheiten zu beachten, die sich teils gegensätzlich auswirken:

- Der Unterschied zwischen oberirdischem und unterirdischem Einzugsgebiet ist nicht berücksichtigt. Bei einer betrachteten Fläche von mehr als 15 Tkm<sup>2</sup> wird diese Differenz gering sein.
- Die gemessene Zeitreihe enthält Sumpfungswasser des Braunkohlenbergbaus. Der gemessene Abfluss ist gegenüber dem natürlichen Abfluss um die Vorratsentnahme erhöht.
- Durch fallende Grundwasserstände in einigen Hochflächenbereichen ist der gemessene Abfluss höher als die Abflussbildung. Die zusätzlich abgeflossene Abflussspende dürfte bei wenigen mm/a liegen.
- Für die Flächen in den Ländern Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt (etwa 1.400 km<sup>2</sup>) wurde keine Berechnung durchgeführt.
- Die Daten aus dem Umweltatlas Berlin beziehen sich auf die Zeitreihe 1961-1990 und sind gegenüber der Zeitreihe 1976-2005 wahrscheinlich erhöht.

Für eine genauere Betrachtung müssten zunächst die Abflussdaten der fehlenden Flächen in den angrenzenden Bundesländern mit der gleichen Methodik ermittelt werden. Insgesamt wird eingeschätzt, dass die Berechnung für die Bilanzierung ausreichend zuverlässige Ergebnisse liefert.

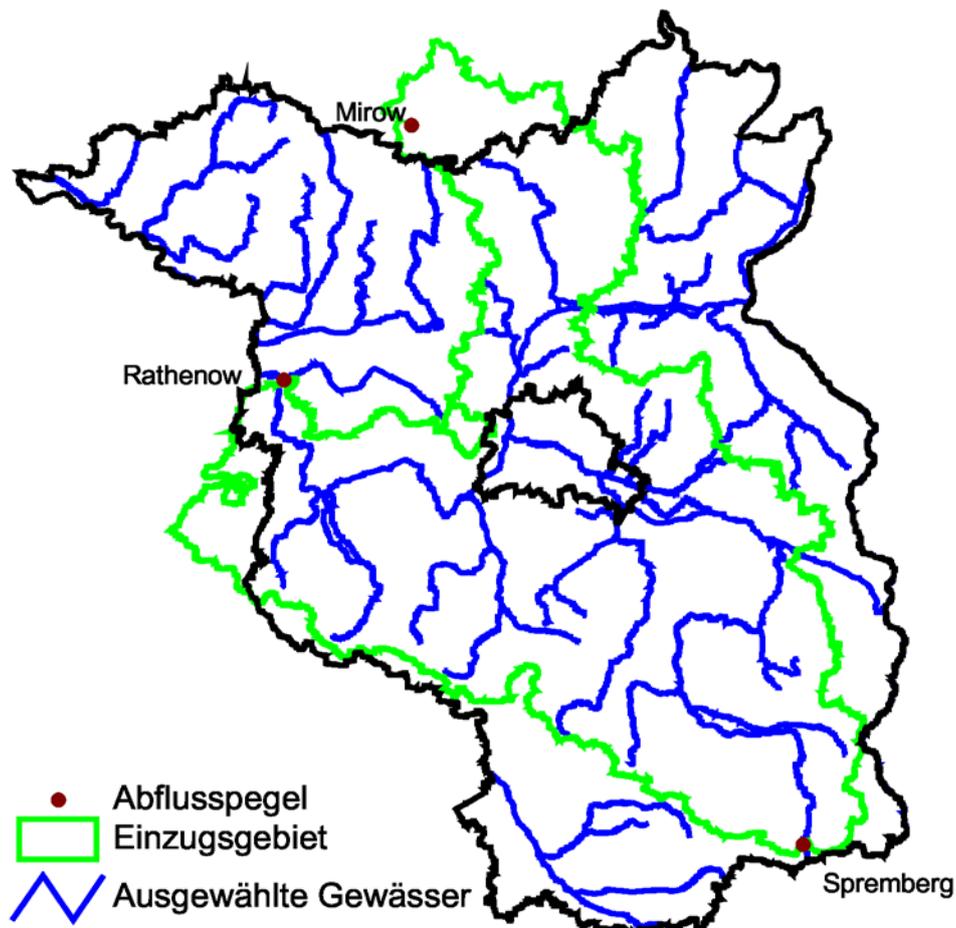


Abbildung 17: Oberirdisches Einzugsgebiet des Pegels Rathenow ohne Pegel Spremberg

Tabelle 5: **Modellvergleich am Pegel Rathenow ohne Zufluss Spremberg**

	Pegel Rathenow	Abimo-Ergebnisse
Fläche ohne Pegel Spremberg [km <sup>2</sup> ]	16.603	Brandenburg: 14.312 Berlin: +891 =15.203
Abfluss [m <sup>3</sup> /s]	81,28 Spremberg: -16,24 Überleitung Mirow: - 1,37 = 63,7	Brandenburg: 59,1 Berlin: +6,4 = 65,5
Abflussspende [mm/a]	121	136

Tabelle 6: **Modellvalidierung der unterirdischen Einzugsgebiete**

blau: erklärbare Differenzen, rot: nicht erklärte Differenzen (siehe Anhang 3)

Pegelname	Gewässer	Messung [m <sup>3</sup> /s]	MQ Abimo [m <sup>3</sup> /s]	Abweichung [%]
Babelsberg	Nuthe	7,768	7,176	-7,6
Bad Wilsnack	Karthane	1,220	1,274	4,4
Beeskow Spreeschleuse UP ohne Pegel Leibsch	Spree	4,155	3,885	-6,5
Biesenthal Wehrmühle UP	Finow	0,699	0,660	-5,5
<b>Birkenreismühle</b>	<b>Buckau</b>	<b>0,405</b>	<b>0,532</b>	<b>31,4</b>
Bliesdorf	Friedländer Strom	2,936	2,944	0,3
Buckow, Parkbrücke	Stöbber	0,461	0,431	-6,4
<b>Chorin</b>	<b>Nettelgraben</b>	<b>0,101</b>	<b>0,292</b>	<b>+188,9</b>
<b>Dahlwitz-Hoppegarten</b>	<b>Erpe</b>	<b>0,391</b>	<b>0,544</b>	<b>+39</b>
Dahme Stadt	Dahme	0,048	0,042	-12,5
Doberburg	Barolder Mühlenfließ	0,264	0,235	-11
<b>Doberburg Wehr UP</b>	<b>Lieberoser Mühlenfließ</b>	<b>1,019</b>	<b>0,667</b>	<b>-34,5</b>
Eberswalde	Schwärze	0,559	0,478	-14,5
<b>Eggersdorf 2</b>	<b>Fredersdorfer Mühlenfließ</b>	<b>0,202</b>	<b>0,429</b>	<b>112,2</b>
Göttin und Brb-Wilhelmsdorf	Plane und Temnitz	2,518	2,670	6
Grünheide 2	Löcknitz	0,753	0,765	1,6
<b>Gusow</b>	<b>Platkower Mühlenfließ</b>	<b>0,361</b>	<b>0,561</b>	<b>55,3</b>
Heidekrug	Stöbberbach	0,175	0,192	9,9
<b>Jüterbog-Bürgermühle</b>	<b>Nuthe</b>	<b>0,222</b>	<b>0,414</b>	<b>86,3</b>
Lindena 2	Schacke	0,305	0,325	6,6
Märkisch Buchholz	Dahme	1,372	1,581	15,2
Mellensee	Schneidegraben	0,152	0,131	-13,7
Mittenwalde, Schleuse OP	Nottekanal	1,038	0,938	-9,7
Prenzlau Wehr UP	Ucker	1,216	1,330	9,3
<b>Prierow 2</b>	<b>Dahme</b>	<b>0,521</b>	<b>0,783</b>	<b>38,2</b>
Pritzwalk, Hainholz	Dömnitz	0,359	0,309	-14
Raben	Plane	0,072	0,061	-14,7
<b>Rädigke</b>	<b>Plane</b>	<b>0,383</b>	<b>0,289</b>	<b>-24,6</b>
<b>Rheinsberg, Wehr OP</b>	<b>Rhin</b>	<b>1,255</b>	<b>0,789</b>	<b>-37,2</b>
Sachsenhausen-Teerofen	Teschendorfer Graben	0,692	0,669	-3,3
Schadewitz	Kleine Elster	1,856	1,975	6,4
Schönermark	Welse	0,909	0,988	8,7
<b>Trebitz UP</b>	<b>Plane</b>	<b>0,691</b>	<b>0,846</b>	<b>22,4</b>
Treppendorf	Berste	1,332	1,487	11,7
Wolfshagen	Stepenitz	3,305	2,731	-17,4
Woltersdorf II	Hammerfließ	1,091	0,946	-13,3
<b>Zeuthen Straßenbrücke</b>	<b>Selchower Flutgraben</b>	<b>0,205</b>	<b>0,324</b>	<b>57,8</b>

### 4.3 Ermittlung der Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung ergibt sich, indem der Gesamtabfluss in eine schnelle (oberirdischer Abfluss und Zwischenabfluss) und eine langsame Komponente (unterirdischer Abfluss) getrennt wird. Dazu bietet sich als praktikable Methode das Verfahren MoMnQ nach WUNDT (1953) an. Dabei ergibt der Mittelwert der monatlichen MNQ-Werte einer langjährigen Abflussreihe die Grundwasserneubildung. Der Quotient MoMnQ/MQ wird auch als „baseflow index (BFI)“ bezeichnet. Mit dieser Kennzahl kann der Gesamtabfluss eines Wasserhaushaltsmodells in die Grundwasserneubildung umgerechnet werden. Tabelle 7 enthält die Auswertungen für einige oberirdische Einzugsgebiete. Die Pegel Eisenhüttenstadt und Guben sind lediglich zu Vergleichszwecken aufgeführt. Deren Einzugsgebiete liegen nur zu einem geringen Teil in Brandenburg und die ermittelten Grundwasserneubildungsraten sind daher für das Land Brandenburg nicht repräsentativ.

Tabelle 7: Kennzahlen einiger Einzugsgebiete für die Zeitreihe 1976-2005

Gewässer	Pegelname	A <sub>Eo</sub> [km <sup>2</sup> ]	MQ [m <sup>3</sup> /s]	MoMnQ [m <sup>3</sup> /s]	BFI [-]	GWN [mm/a]
Oder	Eisenhüttenstadt	52.033	301,46	219,69	0,73	133
Havel	Havelberg	24.297	101	70	0,69	91
Havel	Rathenow	19.288	81,3	60	0,74	98
Havel	Ketzin	16.173	65,5	45,6	0,70	89
Havel	Borgsdorf	3.114	13,5	8,2	0,61	83
Nuthe	Babelsberg	1.804	7,77	5,24	0,67	92
Plane	Trebitz	227	0,69	0,61	0,88	84
Hammerfließ	Woltersdorf II	212	1,09	0,69	0,63	103
Schwarze Elster	Bad Liebenwerda	3168	14,58	10,18	0,7	101
Schwarze Elster	Lauchhammer	1473	5,78	4,23	0,73	91
Lausitzer Neiße	Guben 2	4080	28,51	18,51	0,65	143
Stepenitz	Wolfshagen	575	3,31	2,19	0,66	120
Löcknitz	Gadow	475	2,27	1,43	0,63	95
Ucker	Pasewalk	1435	4,65	3,29	0,71	72
Ucker	Prenzlau	403	1,21	0,81	0,67	63
Alte Oder	Bliesdorf	757	2,94	2,33	0,79	97

Für die landesweite Bilanzierung wird ein pauschaler Abschlag von 30 % zur Ermittlung der Grundwasserneubildung gewählt (BFI=70%).

## 5. Trendverhalten des Grundwasserstands

Gemäß LAWA-Sachstandsbericht (2011) sind 30-jährige Zeitreihen zu bewerten, da diese annähernd klimatisch trendfrei sein sollen. Allerdings ist für das Land Brandenburg bekannt, dass dies in den Hochflächenbereichen nicht der Fall ist. Damit mindestens 30 Jahre mit Messwerten belegt sind, wurde die Zeitreihe 1976-2013 für die Auswertung gewählt und alle Pegel mit Messwerten für mindestens 360 Monate mittels linearer Regression ausgewertet. Für die meisten Zeitreihen liegen die Messwerte in wöchentlichen Abständen vor. Aus diesen Werten wurden Monatsmittel gebildet. Berücksichtigt wurde jeweils nur der oberste Pegel. Messungen aus tieferen Grundwasserleitern wurden nicht verwendet. Insgesamt konnten 1290 Grundwasserpegel ausgewertet werden. Das Ergebnis ist in Abbildung 18 als Interpolation dargestellt. In Teilen der Landkreise Uckermark und Prignitz sind zu wenig lange Zeitreihen für eine Bewertung vorhanden (helle Flächen).

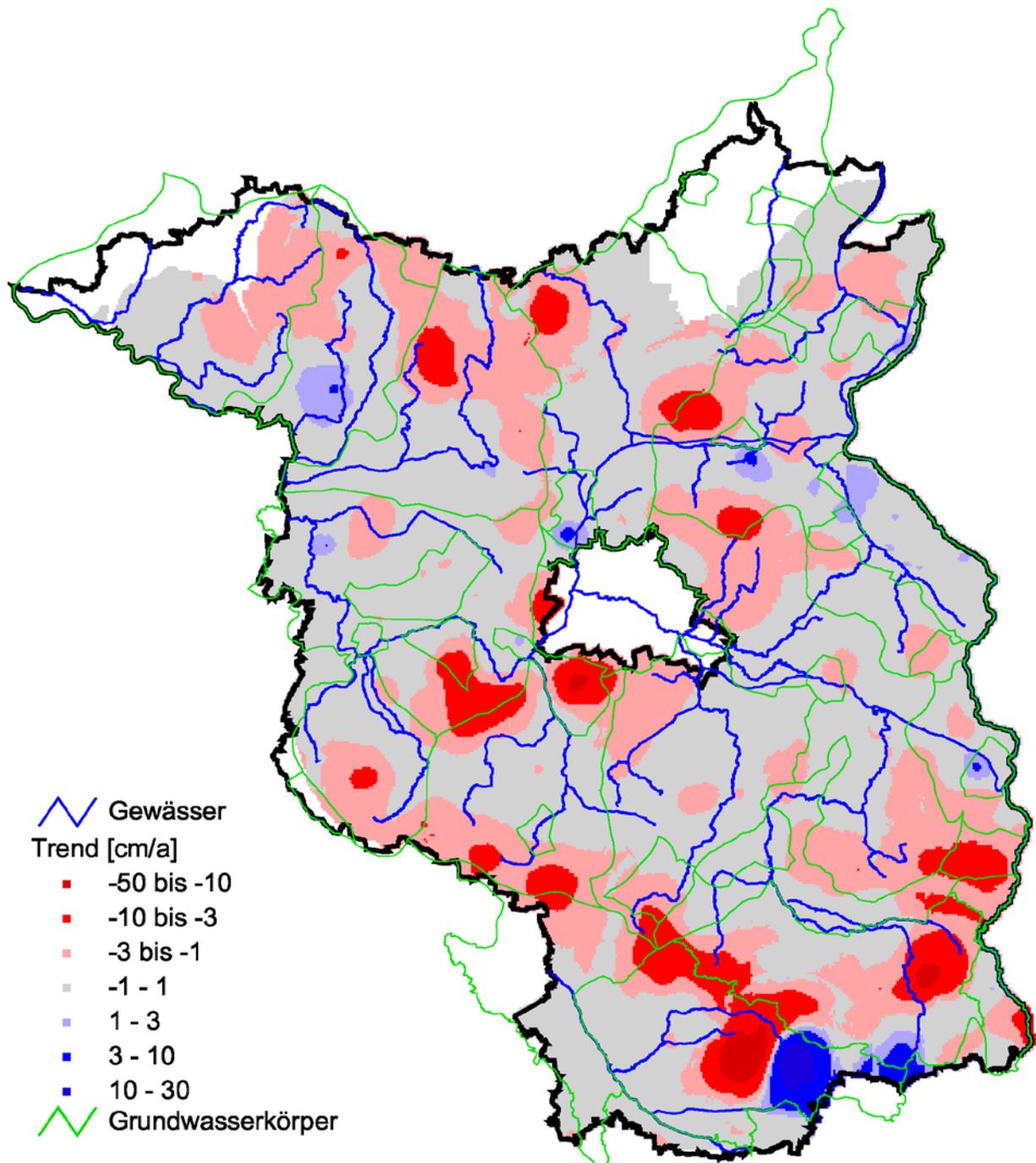


Abbildung 18: Grundwassertrend der Zeitreihe 1976-2013, Interpolation

Fallende Grundwasserstände finden sich überwiegend in den Hochflächen (z.B. Teltow, Barnim, Fläming) und in den Bereichen des Braunkohlenbergbaus. In den Urstromtälern und Niederungen überwiegen gleichbleibende Grundwasserstände. Der Mittelwert des Grundwassertrends beträgt innerhalb der Hochflächen  $-1,8 \text{ cm/a}$ . Bei der Bewertung des Grundwassertrends sollte immer die Spannweite des Grundwasserstands beachtet werden. Diese ist in Abbildung 19 als Interpolation auf der Basis von Monatsmittelwerten dargestellt. Für den größten Teil der Landesfläche liegt die Spannweite unter zwei Meter. Hohe Differenzen treten im Bereich des Braunkohlenbergbaus und teilweise in der Nähe von Wasserfassungen für die öffentliche Trinkwasserversorgung auf. Letzteres ist durch die meist deutlich niedrigeren Fördermengen seit den 1990er Jahren bedingt.

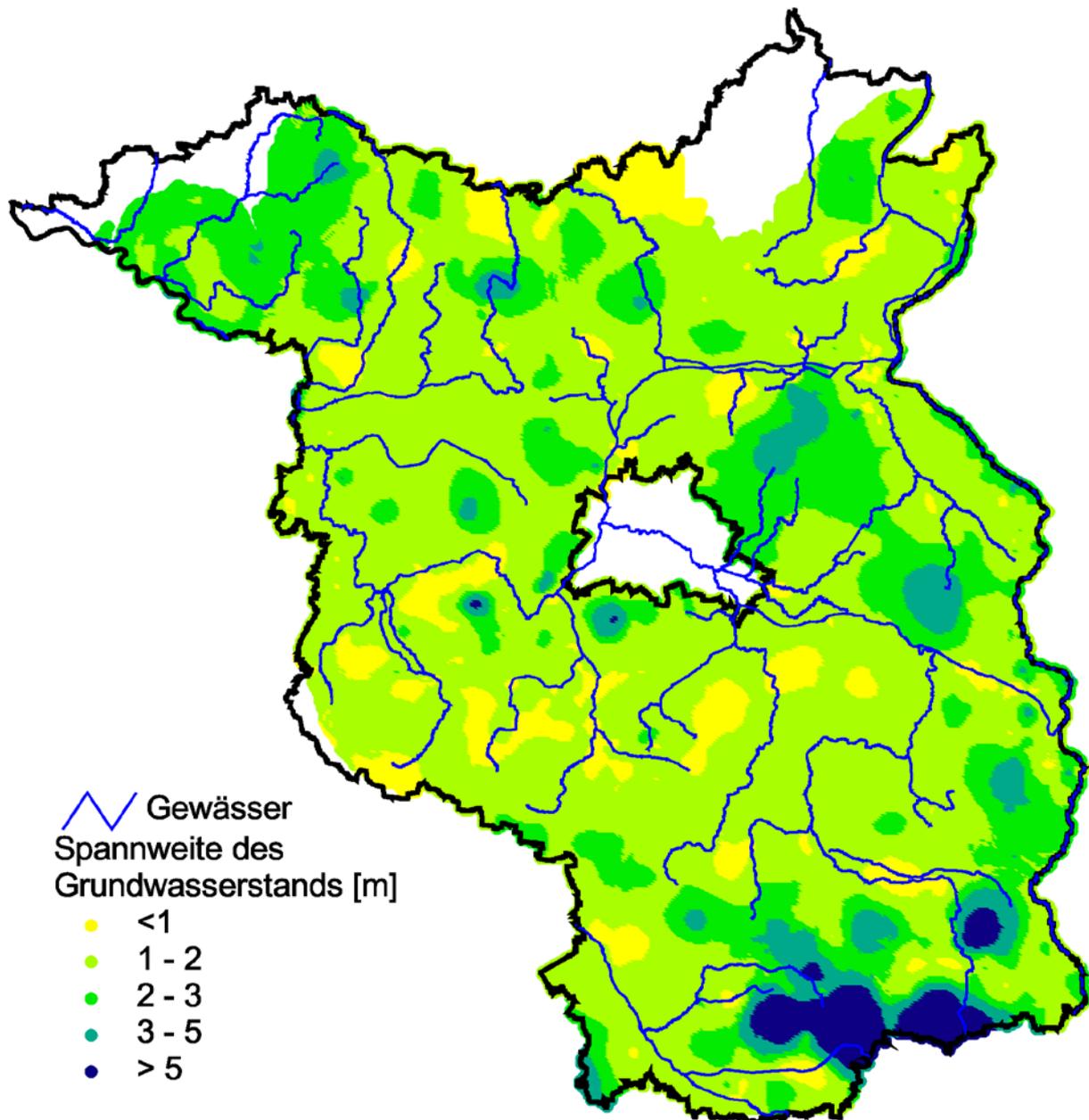


Abbildung 19: Spannweite des Grundwasserstands, Basis: Monatsmittelwerte 1976-2005

## 6. Schwankungsverhalten des Grundwasserstands

Zur Analyse des Schwankungsverhaltens der Grundwasserstände wurden die Pegel nach Hochflächen (359 Pegel) und Tälern (933 Pegel) eingeteilt und getrennt ausgewertet. Die Zeitreihen wurden zunächst um ihren jeweiligen Mittelwert bereinigt und anschließend mittlere Ganglinien der Pegel innerhalb einer Einheit gebildet. Das Ergebnis stellt charakteristische Ganglinien des Grundwasserstands in der jeweiligen naturräumlichen Einheit dar (Abb. 20 und 21).

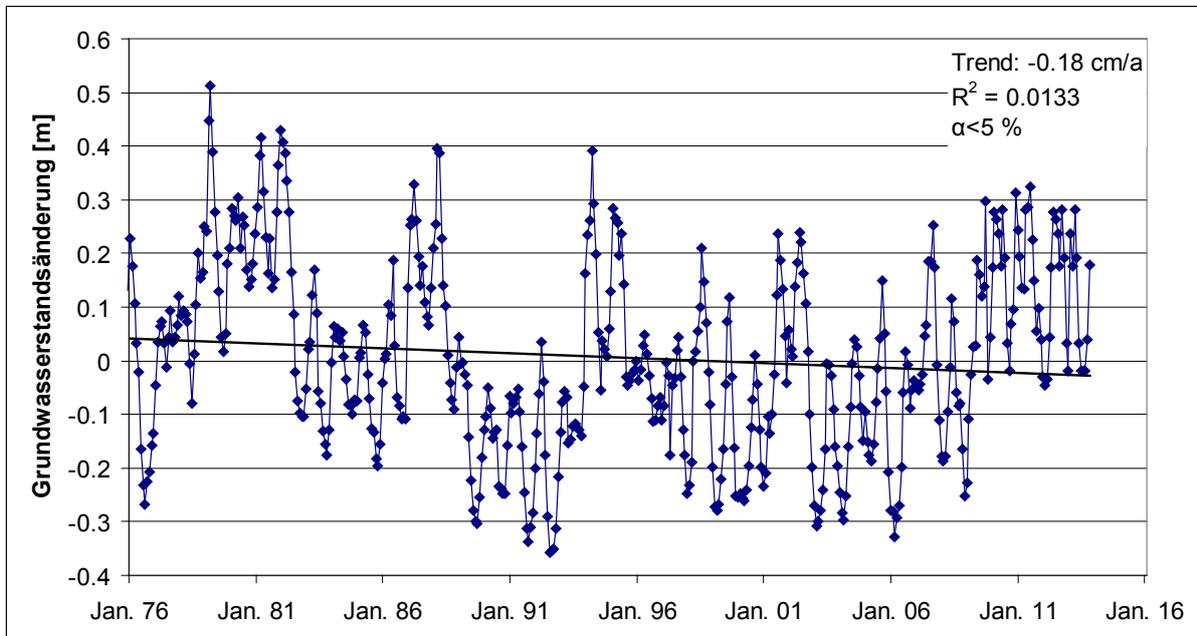


Abbildung 20: Mittlere Grundwasserstandsänderung innerhalb der Täler

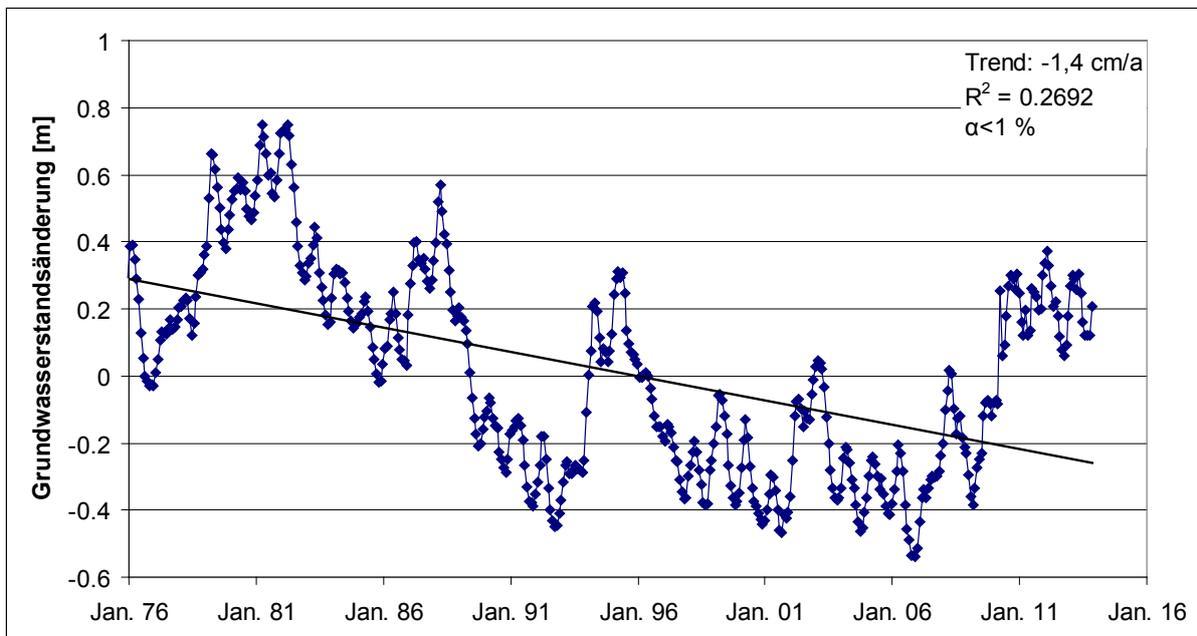


Abbildung 21: Mittlere Grundwasserstandsänderung innerhalb der Hochflächen

Innerhalb der Hochflächen sind die hohen Grundwasserstände von Ende der 1970er bis Anfang der 1980er Jahre mit einem Maximum im Frühjahr 1982 gut erkennbar. Der Tiefststand ist Ende 2006 erreicht. Seitdem weisen die Grundwasserstände eine steigende Tendenz auf. In den Tälern zeigt sich ein vergleichbarer Wechsel zwischen hohen und tiefen Grundwasserständen. Die langjährige Schwankungsbreite ist aber geringer und der Trend nur schwach ausgeprägt, aber dennoch statistisch signifikant. Das Bestimmtheitsmaß des im Talbereich ermittelten Trends ist mit einem Prozent gering. Damit ist der Trend innerhalb der Täler für die Beschreibung der Ganglinie praktisch nicht relevant.

Mit der harmonischen Analyse können die einzelnen Frequenzen des Schwingungsverhaltens ermittelt werden. Das Verfahren ist z. B. in LANGGUTH & VOIGT (1980) ausführlich beschrieben. Das Ergebnis dieser Auswertung ist in den Abbildungen 22 und 23 dargestellt. In den Grafiken ist die Intensität (Quadrat der Amplitude) gegen die Frequenz aufgetragen. In den Hochflächen und in den Tälern findet sich ein statistisch signifikantes Schwingungsverhalten mit einer Periode von etwa acht Jahren (Frequenz: 0,01/Monat). Die Amplitude dieser Schwingung beträgt in den Hochflächen 20 cm, was einer Spannweite von 40 cm zwischen Minimum und Maximum entspricht. In den Tälern beträgt die Amplitude dieser Schwingung nur 10 cm. Diese Amplituden wurden mittels Anpassung einer Sinusfunktion an die trendbereinigten Zeitreihen berechnet (siehe Abbildung 24 und 25), da dies bessere Ergebnisse als die Auswertung des Periodogramms bringt. Die gefundene periodische Schwankung kann bei ungünstiger Wahl der Zeitpunkte einer Trendanalyse zu einem scheinbaren Trend führen. Eine Mindestlänge von etwa 20 Jahren sollte daher möglichst nicht unterschritten werden. Eine weitere Schwingung im sehr langwelligen Bereich (Jahrzehnte) deutet sich an. Für eine genauere Analyse wären allerdings längere Zeitreihen nötig.

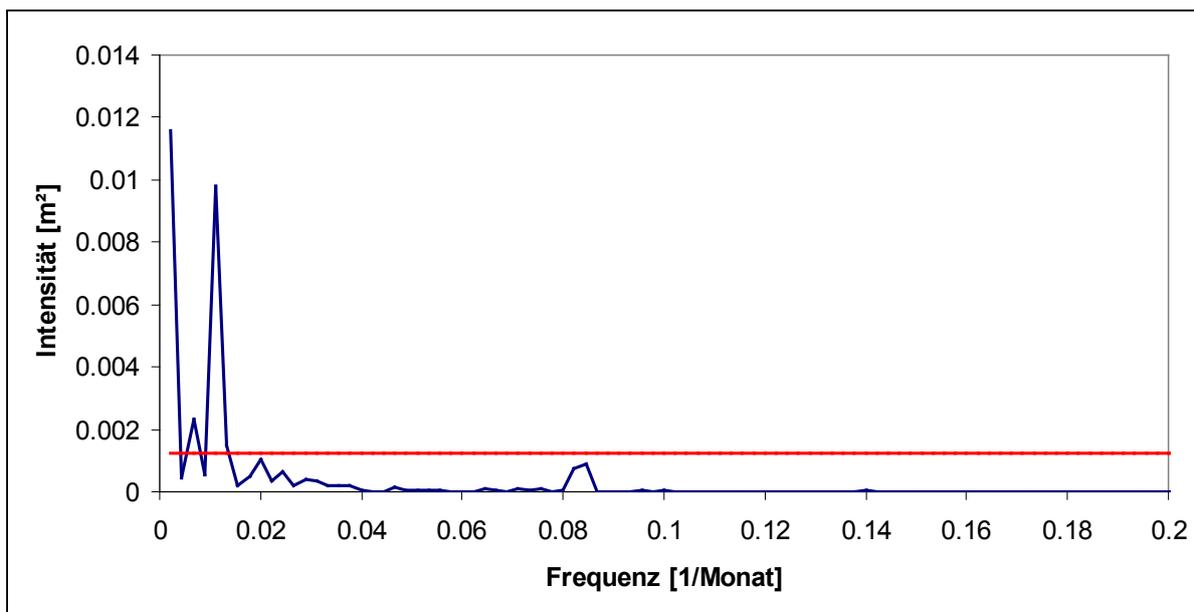


Abbildung 22: **Frequenzanalyse innerhalb der Hochflächen, rot: Signifikanzniveau von 5 %**

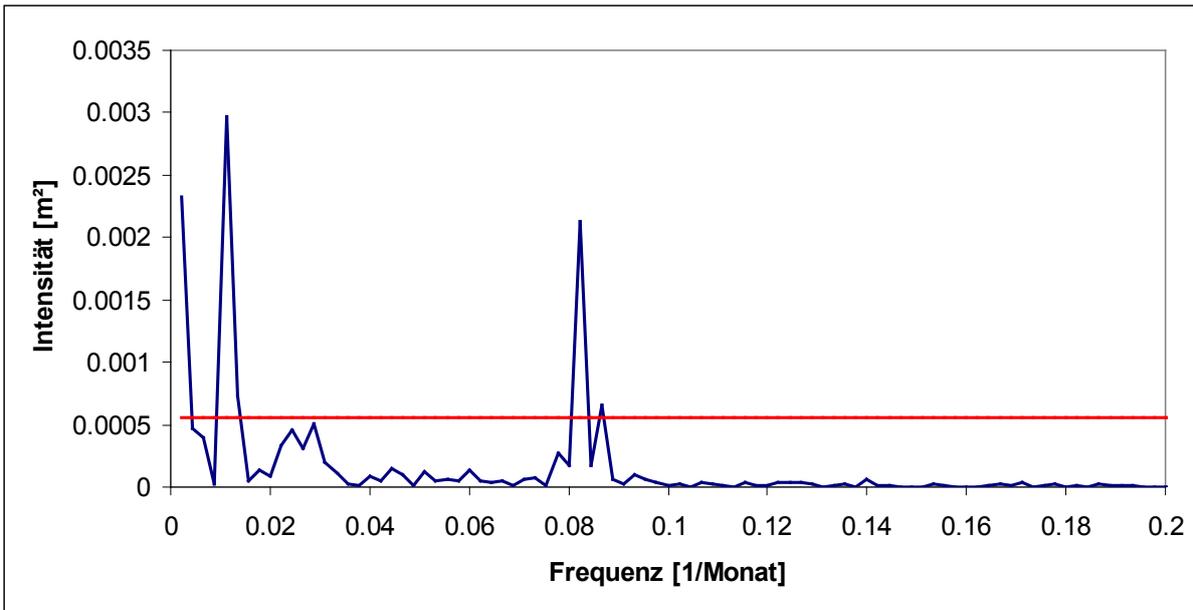


Abbildung 23: **Frequenzanalyse innerhalb des Talbereichs, rot: Signifikanzniveau von 5 %**

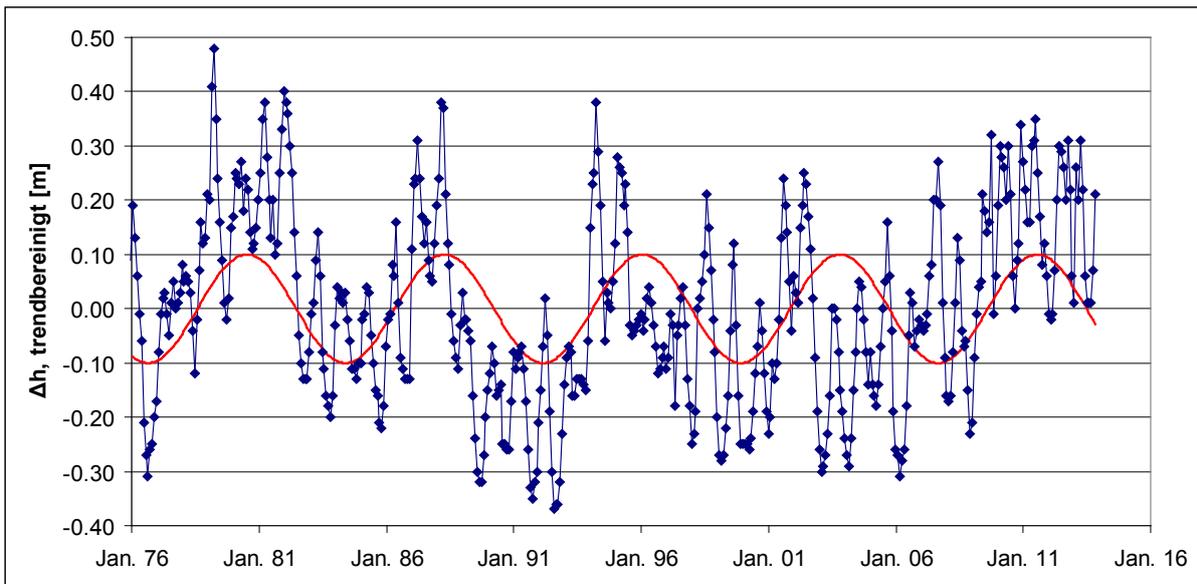


Abbildung 24: **Angepasste Sinusfunktion innerhalb der Täler, Amplitude: 10 cm**

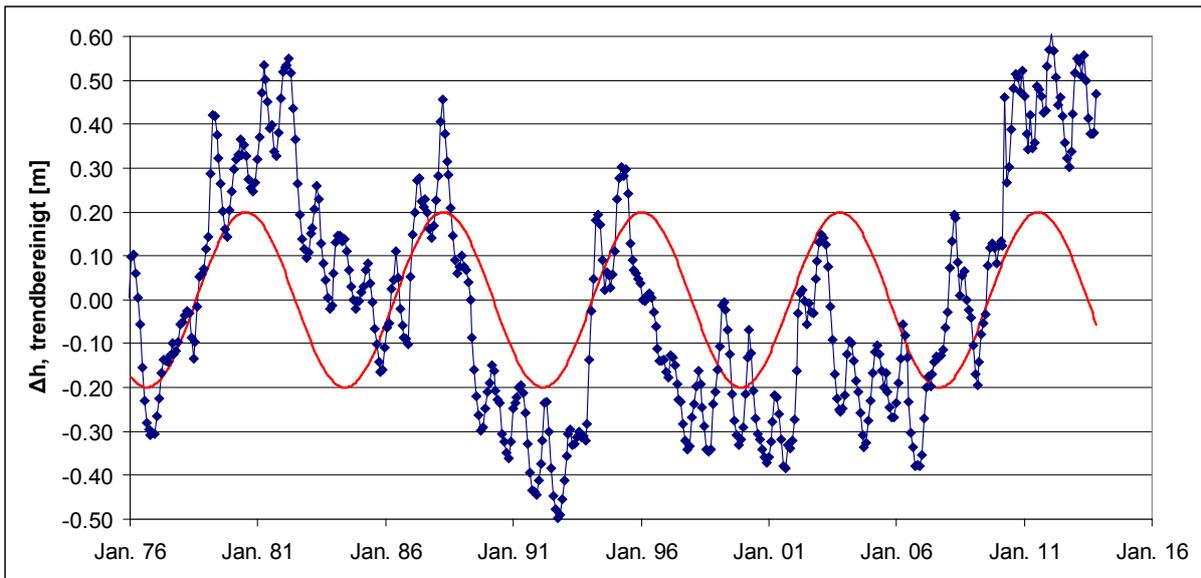


Abbildung 25: **Angepasste Sinusfunktion innerhalb der Hochflächen, Amplitude: 20 cm**

Innerhalb der Täler ist zusätzlich der Jahresgang (Frequenz: 0,083/Monat) der Grundwasserstandsänderung deutlich zu erkennen. In den Hochflächen ist dieser nur abgeschwächt sichtbar und in zahlreichen Pegeln wegen der hohen Grundwasserflurabstände nicht vorhanden.

Eine Erklärung für die Schwingung im Bereich von 7 bis 8 Jahren könnte die nordatlantische Oszillation sein. Dabei ändert sich die Luftdruckdifferenz zwischen Islandtief und Azorenhoch mit einer Periode von 7 bis 8 Jahren. Dies führt bei hohen Differenzen zu verstärkten Westwinden (höhere Niederschläge, milde Winter) und bei niedrigen Differenzen zu geringerem Atlantikeinfluss (kalte, trockene Winter). In den Temperaturdaten der Station Potsdam findet sich ein Signal mit entsprechender Periode, allerdings ist die Amplitude mit etwa 0,2 °C zu gering, um die Grundwasserstandsänderungen zu erklären und in den Niederschlagsdaten hebt sich diese Periodizität nicht eindeutig heraus.

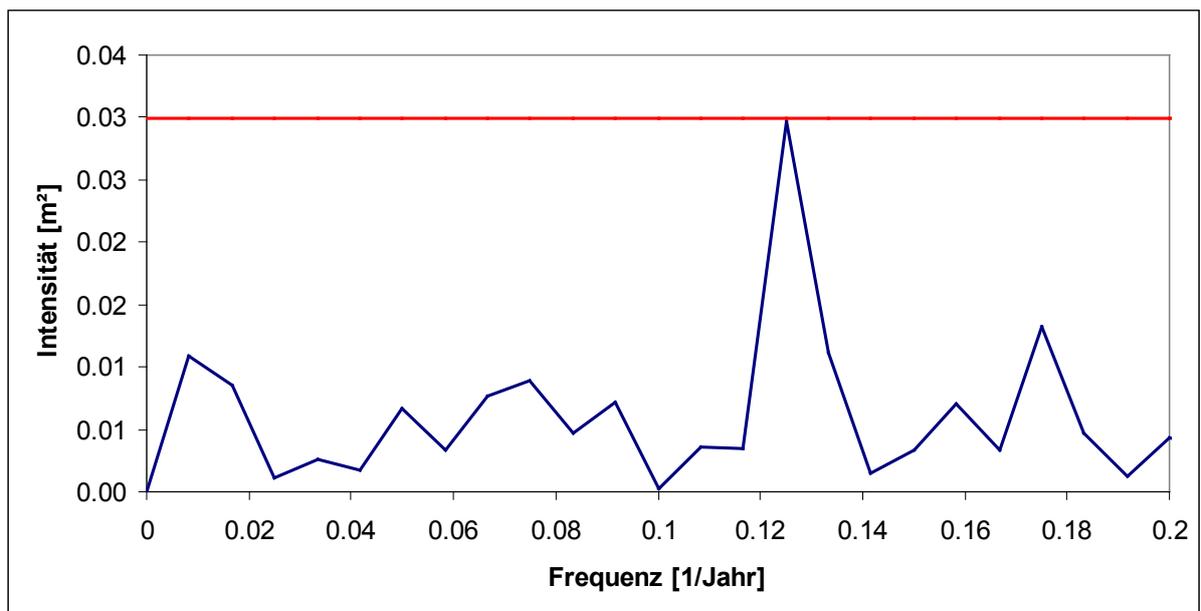


Abbildung 26: **Frequenzanalyse der Temperatur (1894-2013), rot: Signifikanzniveau von 5 %**

## 7. Grundwasserbilanz

### 7.1 Risikobewertung

Zur Risikobewertung wird die Methode der überschlägigen Wasserbilanz (Methode 1 auf Seite 17 der LAWA-Arbeitshilfe) gewählt. Folgende Vorgehensweise wurde angewandt:

- Verschnitt der Abimo-Ergebnisse mit den Grundwasserkörpern (Stand Juli 2014) und Ermittlung der Abflussbildung für die Grundwasserkörper.
- Addition der Grundwasserentnahmen (überwiegend Genehmigungen) innerhalb der Grundwasserkörper.
- Ermittlung der Grundwasserneubildung aus dem Abimo-Gesamtabfluss mittels pauschalem  $BFI=0,7$ .

Als Kriterium für die Risikoeinstufung dient das Verhältnis Entnahme zu Grundwasserneubildung. Liegt dieses Verhältnis über 30 % erhält der Grundwasserkörper eine Risikoeinstufung. Nach diesem Kriterium besteht für zehn Grundwasserkörper das Risiko einer mengenmäßigen Gefährdung durch hohe Entnahmen. Ein Sonderfall ist der Grundwasserkörper SE4-1. Hier ist das Grundwasser als Folge des ehemaligen Braunkohlenbergbaus großflächig abgesenkt und hat die Zielwasserstände noch nicht wieder erreicht. Eine Grundwasserförderung im Zusammenhang mit dem Bergbau erfolgt dort nicht mehr. Die Genehmigungen waren bis Ende 2012 befristet und wurden nicht verlängert. Wegen dieser Sondersituation erhält der Grundwasserkörper SE4-1 ebenfalls eine Risikoeinstufung, obwohl das Kriterium der LAWA-Arbeitshilfe nicht erfüllt ist. Insgesamt erhalten damit 11 Grundwasserkörper eine Risikoeinstufung (siehe Abb. 27 und Tabelle 8). Die verwendeten Bilanzgrößen der Risikobewertung sind im Anhang 4 aufgeführt.

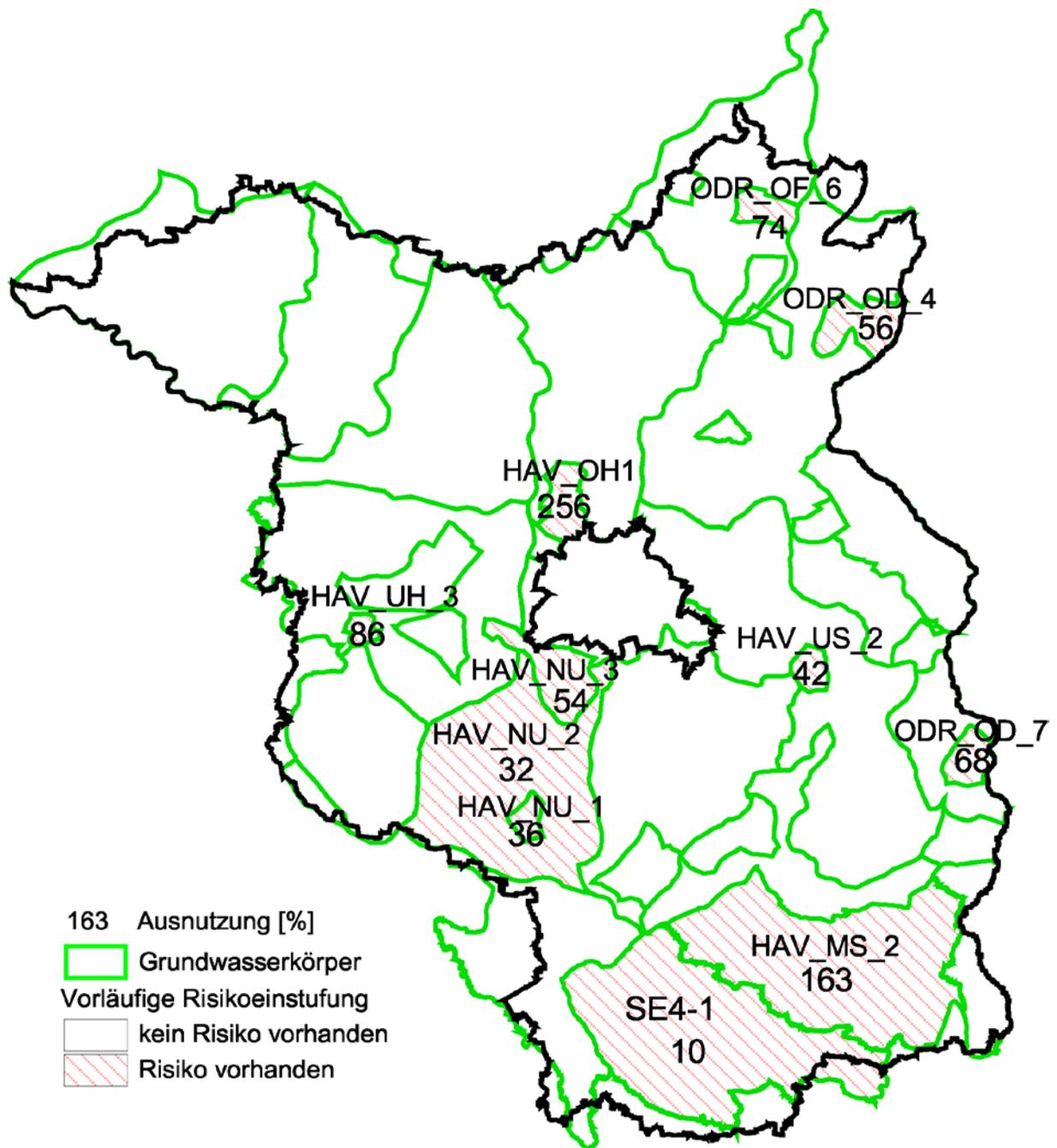


Abbildung 27: Risikobewertung der Grundwasserkörper

Tabelle 8: **Ergebnis der Risikobewertung**

Grundwasserkörper	Ausnutzung [%]	Bemerkung
HAV_BP1	22	
HAV_DA_2	5	
HAV_DA_3	21	
HAV_DJ_1	8	
HAV_MS_1	9	
<b>HAV_MS_2</b>	<b>163</b>	<b>Braunkohlentagebau</b>
HAV_MS_3	3	
<b>HAV_NU_1</b>	<b>36</b>	<b>Wasserrecht Sowjetische Armee</b>
<b>HAV_NU_2</b>	<b>32</b>	<b>Landwirtschaft, öffentliche Wasserversorgung</b>
<b>HAV_NU_3</b>	<b>54</b>	<b>öffentliche Wasserversorgung</b>
<b>HAV_OH_1</b>	<b>256</b>	<b>öffentliche Wasserversorgung</b>
HAV_OH_3	8	
HAV_RH_1	10	
HAV_UH_2	13	
<b>HAV_UH_3</b>	<b>86</b>	<b>Industrie</b>
HAV_UH_4	28	
HAV_UH_9	4	
HAV_UH_10	22	
<b>HAV_US_2</b>	<b>42</b>	<b>öffentliche Wasserversorgung</b>
HAV_US_3	19	
MEL_EN_4	1	
MEL_SL_1	13	
NE 4-1	18	
NE 4-2	13	
NE_5	2	
ODR_OD_1	13	
ODR_OD_2	7	
ODR_OD_3	14	
<b>ODR_OD_4</b>	<b>56</b>	<b>öffentliche Wasserversorgung</b>
ODR_OD_5	13	
ODR_OD_6	3	
<b>ODR_OD_7</b>	<b>68</b>	<b>öffentliche Wasserversorgung, Industrie</b>
ODR_OD_8	18	
ODR_OD_9	22	
ODR_OF_2	6	
ODR_OF_5	9	
<b>ODR_OF_6</b>	<b>74</b>	<b>öffentliche Wasserversorgung</b>
ODR_OF_7	5	
<b>SE 4-1</b>	<b>10</b>	<b>Absenkungsbereich weiterhin vorhanden</b>
SE 4-2	9	

## 7.2 Zustandsbewertung

Für die Zustandsbewertung der Grundwasserkörper wird zuerst die Trendbewertung nach Grimm-Strele durchgeführt. Hierbei wird der lineare Trend des Grundwasserstands auf die Spannweite der Extremwerte des Grundwasserstands bezogen. Es ergibt sich ein Bewertungsmaß in %/Jahr. Liegt dieses Maß unter  $-1\%/Jahr$  wird der Grundwasserstand als fallend gewertet. Oberhalb von einem Prozent pro Jahr liegt ein steigender Trend vor. Als Beispiel für dieses Verfahren dient die Bewertung der Pegel 3552 2581 (Lebuser Platte), 4043 1025 (Fläming) und 3251 2144 (Oderbruch). Die entsprechenden Ganglinien sind in den Abbildungen 28 bis 30 dargestellt. Tabelle 9 enthält die statistischen Kennzahlen und die Bewertung nach Grimm-Strele.

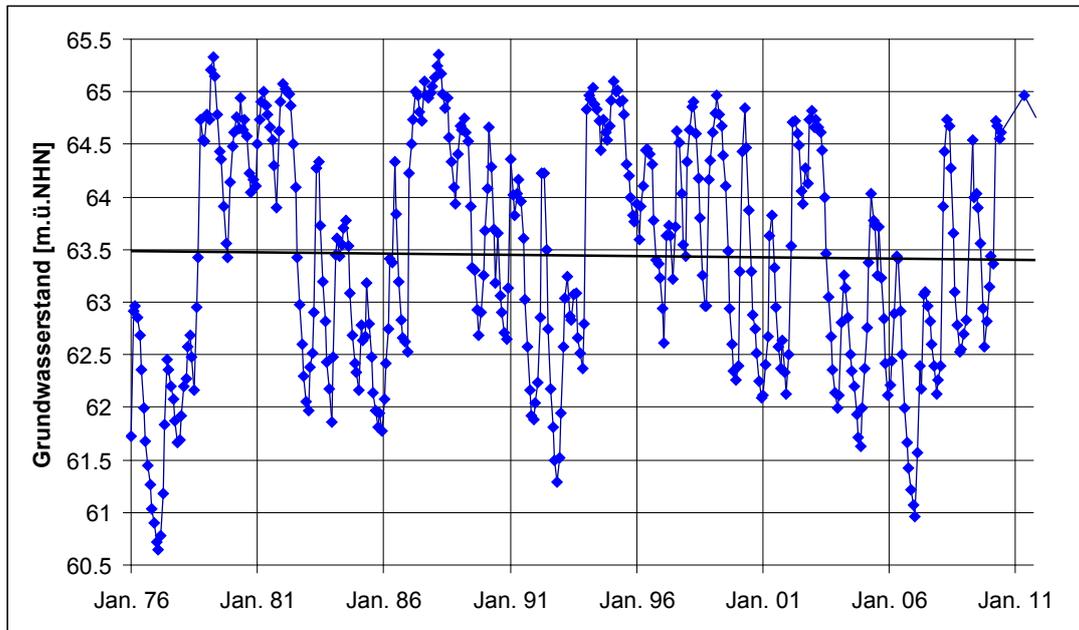


Abbildung 28: Grundwasserstandsganglinie Pegel 3552 2581, Lebuser Platte

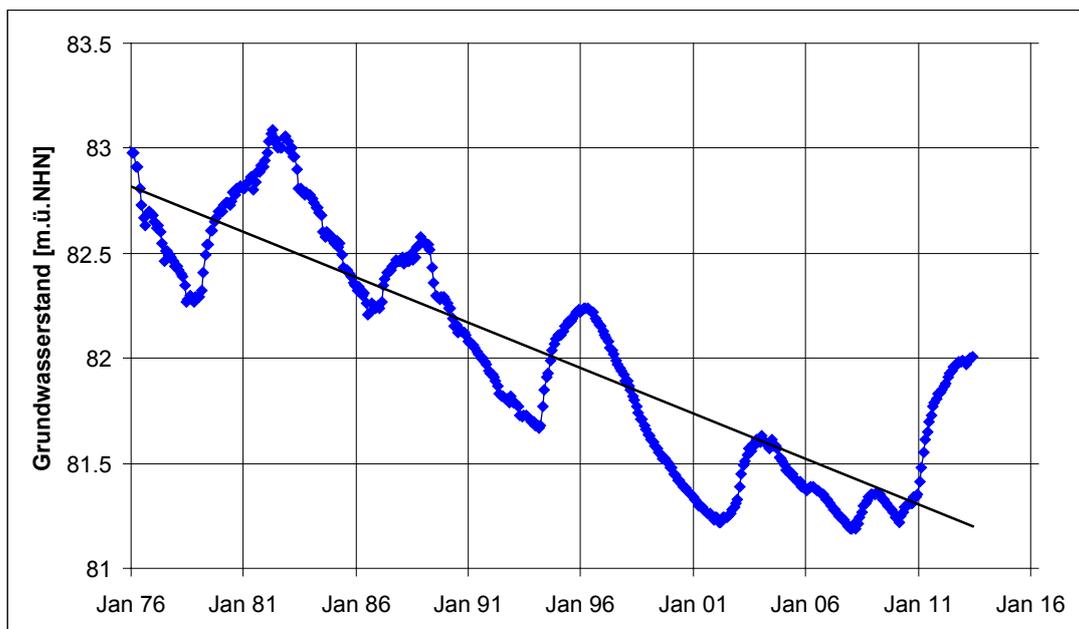


Abbildung 29: Grundwasserstandsganglinie Pegel 4043 1025, Fläming

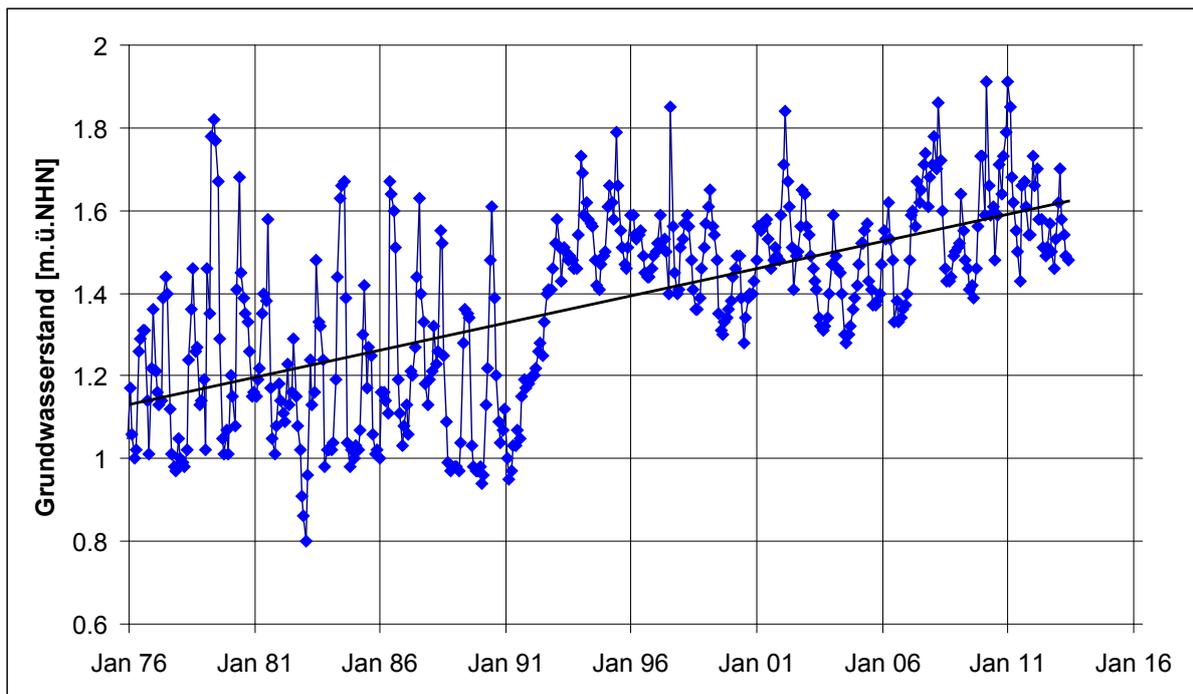


Abbildung 30: Grundwasserstandsganglinie Pegel 3251 2144, Oderbruch

Tabelle 9: Statistische Kennwerte der Grundwasserpegel

Pegel	3552 2581	4043 1025	3251 2144
Linearer Trend	-0,23 cm/a	-4,33 cm/a	+1,27 cm/a
Korrelationskoeffizient	-0,021	-0,86	0,621
Bestimmtheitsmaß	0	0,74	0,39
Minimum	60,65 m	81,19 m	0,8 m
Mittelwert	63,45 m	82,01 m	1,38 m
Maximum	65,35 m	83,09 m	1,91 m
Spannweite	4,70 m	1,90 m	1,11 m
Trendmaß nach Grimm-Strele	-0,049 %/a	-2,28 %/a	+1,15 %/a
Bewertung	gleichbleibend	fallend	steigend

Zur Bewertung der Grundwasserkörper wird der Anteil fallender Pegel innerhalb des jeweiligen Grundwasserkörpers berechnet. Beträgt dieser Anteil mehr als ein Drittel soll eine detaillierte Wasserbilanz berechnet werden. Dies gilt auch für die Grundwasserkörper, deren überschlägige Wasserbilanz eine Ausnutzung von mehr als 30 % aufweist, und für sechs Grundwasserkörper in denen keine langfristigen Pegelmessungen vorliegen. Das Ergebnis der Trendbewertung nach Grimm-Strele ist für die einzelnen Pegel in Abbildung 31 dargestellt. Tabelle 10 enthält die Trendbewertung für die einzelnen Grundwasserkörper.

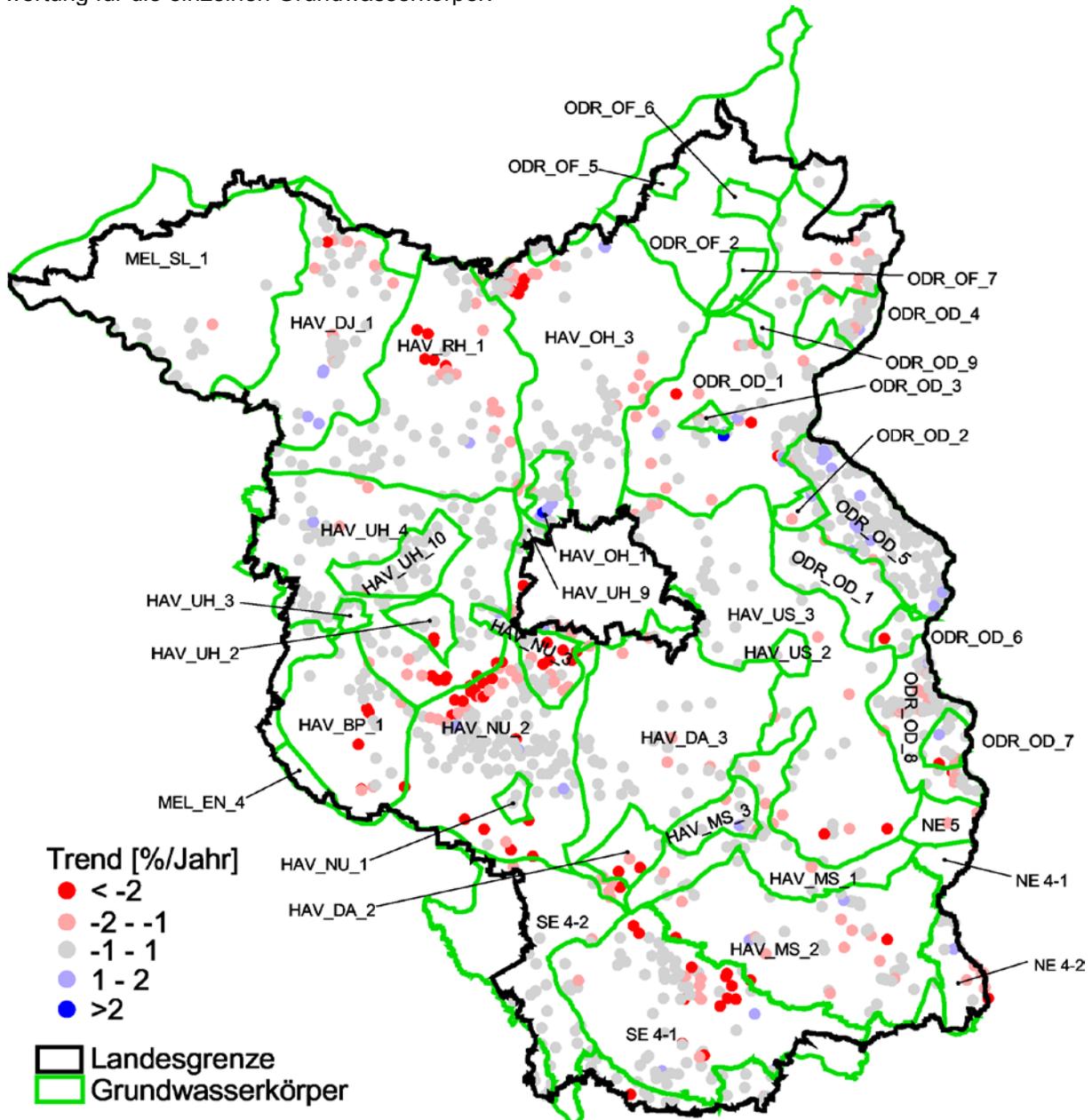


Abbildung 31: Trendbewertung der Grundwasserpegel nach Grimm-Strele

Tabelle 10: **Trendbewertung der Grundwasserkörper**

Grundwasserkörper	Anzahl Pegel	fallender Trend	Anteil [%]
HAV_BP_1	28	8	29
<b>HAV_DA_2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>75</b>
HAV_DA_3	45	11	24
HAV_DJ_1	54	9	17
HAV_MS_1	30	3	10
HAV_MS_2	50	13	26
HAV_MS_3	12	3	25
HAV_NU_1	4	0	0
HAV_NU_2	119	34	29
HAV_NU_3	32	10	31
HAV_OH_1	19	1	5
HAV_OH_3	87	24	28
HAV_RH_1	76	17	22
<b>HAV_UH_2</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>40</b>
HAV_UH_3	4	0	0
HAV_UH_4	73	13	18
HAV_UH_9	4	0	0
HAV_UH_10	22	1	5
HAV_US_2	1	0	0
HAV_US_3	59	15	25
MEL_EN_4	-	-	-
MEL_SL_1	18	1	6
NE 4-1	-	-	-
<b>NE 4-2</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>61</b>
<b>NE 5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>67</b>
ODR_OD_1	113	23	20
ODR_OD_2	10	1	10
ODR_OD_3	3	1	33
ODR_OD_4	33	4	12
ODR_OD_5	107	2	2
ODR_OD_6	4	1	25
<b>ODR_OD_7</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>47</b>
ODR_OD_8	76	13	17
ODR_OD_9	1	0	0
ODR_OF_2	-	-	-
ODR_OF_5	-	-	-
ODR_OF_6	-	-	-
ODR_OF_7	-	-	-
SE 4-1	88	21	24
SE 4-2	19	2	11

Zur Aufstellung der detaillierten Wasserbilanzen wurden an Stelle der genehmigten Wasserrechte die tatsächlichen Entnahmen der öffentlichen Wasserversorgung angesetzt. Weiterhin wurden innerhalb einiger Grundwasserkörper die tatsächlichen Entnahmen weiterer Nutzer verwendet, soweit diese Werte verfügbar waren. Die Begründung für diese Vorgehensweise liegt darin, dass die Wasserrechte teils deutlich höher als die tatsächlichen Entnahmen liegen und in vielen Fällen überhaupt nicht genutzt werden. Als ausgeglichen wird eine Entnahme bis zu 52,4 % der Grundwasserneubildung angesehen. Damit ist ein landschaftsnotwendiger Mindestabfluss in Höhe von einem Drittel des unbeeinflussten Abflusses als Basisabfluss sichergestellt. Der Grenzwert von 52,4 % wird folgendermaßen hergeleitet:

Landschaftsnotwendiger Mindestabfluss: pauschale Festlegung mit  $MQ/3$   
 Grundwasserneubildung:  $GWN = 0,7 \cdot MQ$

Das Gleichgewicht zwischen Mindestabfluss und Grundwasserneubildung besteht bei dem zulässigen Ausnutzungsgrad  $f_{zul}$  des Grundwasservorrats:

$$MQ/3 = (1-f_{zul}) \cdot 0,7 \cdot MQ$$

$$f_{zul} = -(1/3 \cdot 10/7 - 1) = 0,524$$

Die Grundwasserkörper HAV\_UH\_4 und HAV\_UH\_3 werden für die Bilanzierung zusammengefasst, da der Grundwasserkörper HAV\_UH\_3 belastungsorientiert nach Grundwassergütekriterien abgegrenzt wurde und für die Bilanzierung der Grundwassermenge wenig geeignet ist. Dasselbe gilt für die Grundwasserkörper HAV\_OH\_1 und HAV\_OH\_3. Tabelle 11 enthält das Ergebnis der Zustandsbewertung. Lediglich im Grundwasserkörper HAV\_MS\_2 übersteigt die Grundwasserförderung das natürliche Dargebot. Dies ist durch den Braunkohlenbergbau bedingt. Alle anderen Grundwasserkörper weisen ausgeglichene Wasserbilanzen auf. Da eine Grundwasserentnahme grundsätzlich zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels führt, kann es auch bei einer ausgeglichenen Wasserbilanz zu Beeinträchtigungen von grundwasserabhängigen Landökosystemen kommen. Nach Vorgabe der LAWA werden deshalb zusätzlich solche Grundwasserkörper in den schlechten Zustand eingestuft, die durch Grundwasserentnahmen signifikant geschädigte, grundwasserabhängige Landökosysteme enthalten. Dies trifft auf den Grundwasserkörper NE4-1 zu. In diesem befindet sich das FFH-Gebiet Pastlingsee, das durch die Wasserhaltung des Tagebaus Jänschwalde beeinträchtigt wird (siehe Abb. 33 und 34). Der Erhaltungszustand der im Rahmen der FFH-Ersterfassung kartierten Moore hat sich seit 2003 deutlich verschlechtert. In den Luftbildern (Abb. 35 und 36) ist beispielsweise die Zunahme der Kiefer gut zu erkennen.

Tabelle 11: **Zustandsbewertung der Grundwasserkörper**

Grundwasserkörper	Trendanalyse 1976-2013	Wasserbilanz [%]		Zustand
		überschlägig	detailliert	
ODR_OF_2	nicht möglich	≤30	6	gut
ODR_OF_5	nicht möglich	≤30	9	gut
ODR_OF_6	nicht möglich	>30	34	gut
ODR_OF_7	nicht möglich	≤30	5	gut
ODR_OD_4	≤1/3 fallend	>30	35	gut
ODR_OD_7	>1/3 fallend	>30	22	gut
HAV_UH_2	>1/3 fallend	≤30	8	gut
HAV_UH_3 + HAV_UH_4	≤1/3 fallend	>30	25	gut
NE 4-1	nicht möglich	≤30	14	schlecht <sup>1</sup>
NE 4-2	>1/3 fallend	≤30	10	gut
NE 5	>1/3 fallend	≤30	2	gut
HAV_DA_2	>1/3 fallend	≤30	5	gut
HAV_MS_2	≤1/3 fallend	>30	158	schlecht
HAV_NU_1	≤1/3 fallend	>30	6	gut
HAV_NU_2	≤1/3 fallend	>30	28	gut
HAV_NU_3	≤1/3 fallend	>30	26	gut
HAV_OH_1 + HAV_OH_3	≤1/3 fallend	>30	20	gut
HAV_US_2	≤1/3 fallend	>30	26	gut
SE 4-1	≤1/3 fallend	≤30	10	schlecht <sup>2</sup>
MEL_EN_4	nicht möglich	≤30	1	gut

<sup>1</sup> wegen geschädigter grundwasserabhängiger Landökosysteme

<sup>2</sup> wegen bestehender Grundwasserabsenkung

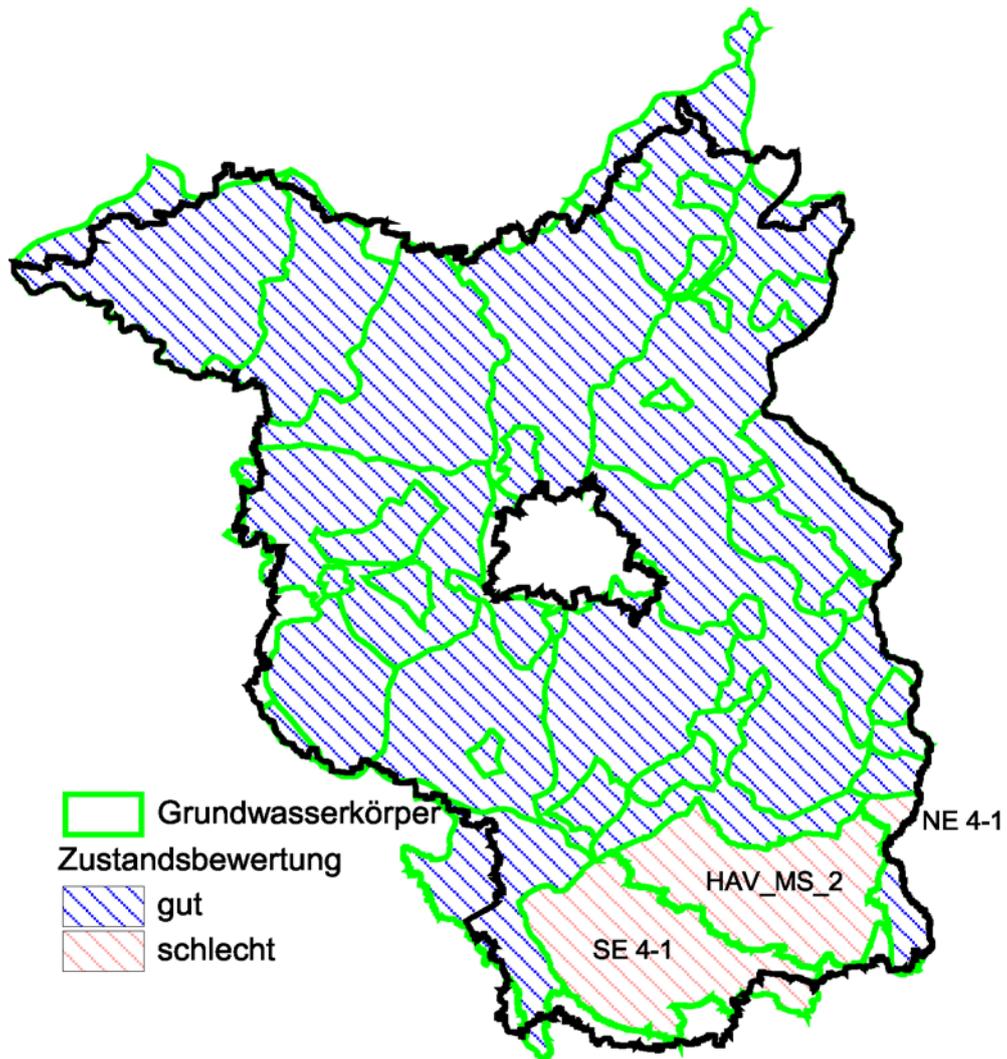


Abbildung 32: Ergebnis der Zustandsbewertung Grundwassermenge

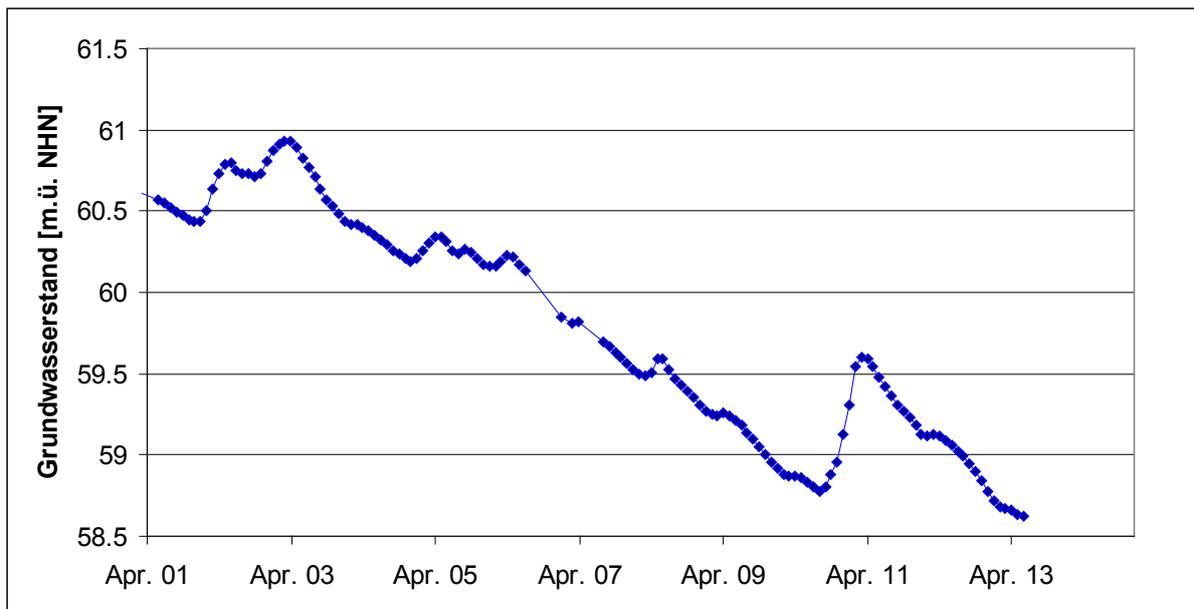


Abbildung 33: Ganglinie Pegel 4053 6006, 1 km östlich des Pastlingsees

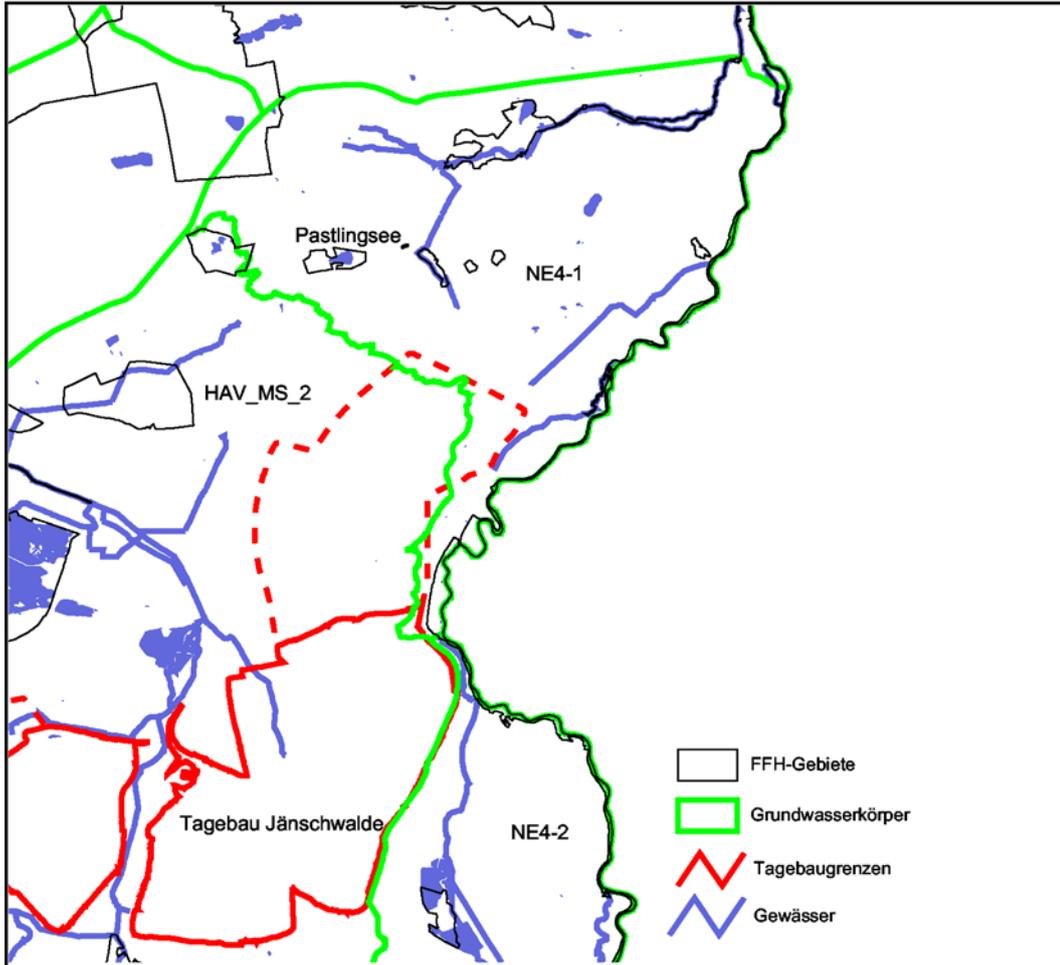


Abbildung 34: Lage des FFH-Gebiets Pastlingsee



Abbildung 35: FFH-Gebiet Pastlingsee, Mai 2005

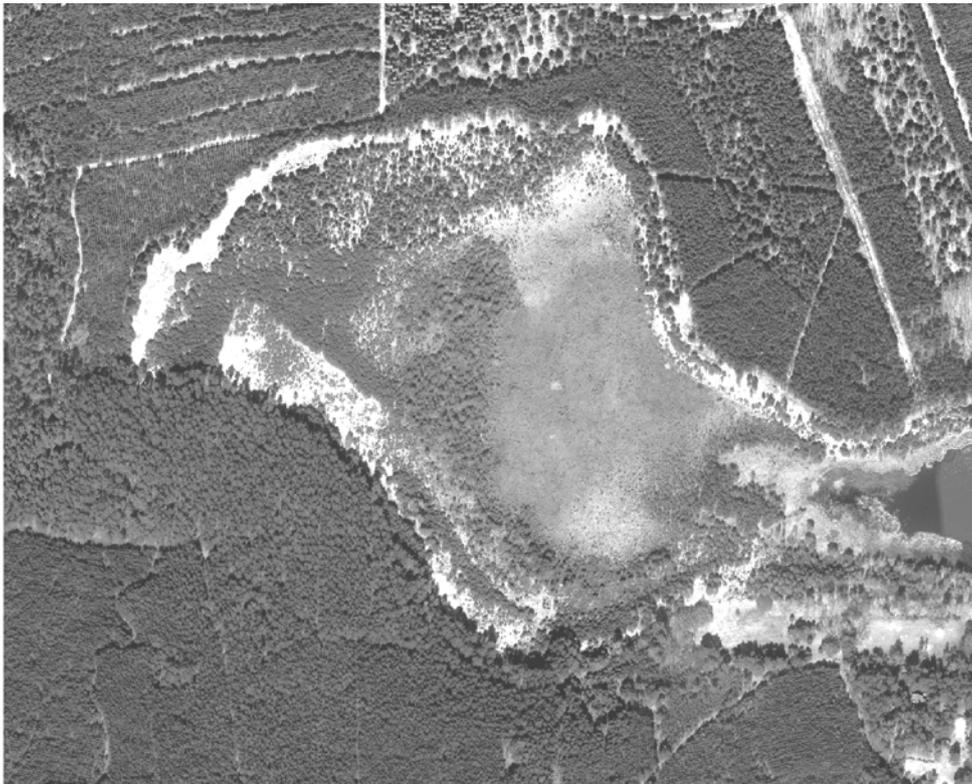


Abbildung 36: FFH-Gebiet Pastlingsee, April 2012

## 8. Zusammenfassung

Nur im Grundwasserkörper HAV\_MS\_2 liegt durch den aktiven Braunkohlenbergbau bedingt die Grundwasserförderung deutlich über dem natürlichen Dargebot. Im Grundwasserkörper SE4-1 liegen noch abgesenkte Grundwasserstände aus dem ehemaligen Braunkohlenbergbau vor. Der Grundwasserkörper NE4-1 ist durch die Wasserhaltung für den Tagebau Jänschwalde beeinflusst. Dadurch kommt es auch zukünftig zu Schäden an grundwasserabhängigen Landökosystemen. Diese drei Grundwasserkörper wurden in den schlechten mengenmäßigen Zustand eingestuft.

Alle weiteren Grundwasserkörper sind hinsichtlich der Grundwassermenge in einem guten Zustand. Das natürliche Dargebot wird in diesen Grundwasserkörpern zu maximal 35 % genutzt. Unterhalb der Maßstabebene der Grundwasserkörper kann es regional dennoch sein, dass in einem Gebiet keine weiteren Wasserrechte vergeben werden können.

Es bestehen teilweise recht hohe Wasserrechte, deren tatsächliche Nutzung oft deutlich niedriger ist. Diese sollten zukünftig entsprechend angepasst werden, wobei die durchgeführte Risikobewertung als Orientierung für eine Priorisierung dienen kann.

Die fallenden Grundwassertrends innerhalb der Hochflächen sind überwiegend nicht durch Grundwasserentnahmen bedingt. Hier sind klimatische Schwankungen ursächlich. Ein Schwankungsverhalten im Bereich von 7 bis 8 Jahren mit einer Amplitude von 20 cm ist statistisch nachgewiesen. Ein langwelligeres Schwankungsverhalten im Bereich von mehreren Jahrzehnten ist wahrscheinlich.

## 9. Literatur und Quellen

Grimm-Strele, J. (2003): WRRL – Mengenmäßiger Zustand des Grundwassers, LAWA-Workshop; Bonn.

Langguth, Voigt (1980): Hydrogeologische Methoden, Springer; Berlin

LAWA AG „Grundwasser und Wasserversorgung“ (2013): Überprüfung und Aktualisierung der Bestandsaufnahme nach EG-Wasserrahmenrichtlinie bis zum 22. Dezember 2012, LAWA-Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie, Teil 3, Kapitel II.

LAWA-Sachstandsbericht (2011): Bundesweit einheitliche Methode zur Beurteilung des mengenmäßigen Zustands.

Rachimow (1996): Abimo 2.1 – Abflußbildungsmodell, Algorithmus zum Bagrov-Glugla-Verfahren für die Berechnung langjähriger Mittelwerte des Wasserhaushalts.

Richter (1995): Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers, Berichte des DWD, Nr. 194.

Umweltatlas Berlin (2013): <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas>

Wasserrahmenrichtlinie (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (ABl. Nr. L 327 vom 22/12/2000 S. 0001 – 0073).

Wendling (1995): Berechnung der Gras-Referenzverdunstung mit der FAO Penman-Monteith-Beziehung, Wasserwirtschaft, 85, S. 602-604.

Wundt (1953): Gewässerkunde, Springer; Berlin.

# Anhang 1

## Verwendete Abkürzungen

a: Jahr  
ALK: Automatisiertes Liegenschaftskataster  
ATKIS: Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem  
A<sub>EU</sub>: unterirdisches Einzugsgebiet  
BFI: base flow index  
BP: Buckau, Plane  
DA: Dahme  
DJ: Dosse, Jäglitz  
ETP: potenzielle Verdunstung, Gesamtjahr  
ETPS: potenzielle Verdunstung, Sommerhalbjahr  
FFH: Fauna-Flora-Habitatrichtlinie  
GIS: Geografisches Informationssystem  
GWN: Grundwasserneubildung  
HAV: Havel  
LUGV: Landesamt für Umwelt, Gesundheit, Verbraucherschutz  
LAWA: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser und Abfall  
MEL: Mittlere Elbe  
MMK: Mittelmaßstäbige landwirtschaftliche Standortkartierung  
MNQ: mittlerer Niedrigwasserabfluss  
MoMNQ: monatlicher mittlerer Niedrigwasserabfluss  
MQ: mittlerer Abfluss  
MS: Mittlere Spree  
NE: Neiße  
NU: Nuthe  
OH: Obere Havel  
ODR: Oder  
P1: Jahresniederschlag  
P1S: Sommerniederschlag  
Q: Förderrate  
R: Gesamtabfluss  
R<sub>o</sub>: oberirdischer Abfluss, enthält Zwischenabfluss und Abfluss von versiegelten Flächen  
RG: Globalstrahlung  
RH: Rhin  
SE: Schwarze Elster  
SL: Stepenitz, Löcknitz  
T: Temperatur  
UH: Untere Havel  
US: Untere Spree

## Anhang 2

### Struktur der Attributtabelle der Abimodaten

Feldname	Bedeutung	Einheit	Bemerkungen
Bil	Bilanzgebiet		nicht verwendet
Rw	Rechtswert	Meter	[shape].returncenter.getx
Hw	Hochwert	Meter	[shape].returncenter.gety
Nut	Nutzungsart aus ATKIS abgeleitet		D: devastierte Fläche G: Gewässer W: Wald L: Landwirtschaft
Bod	Bodenart		S: Sand L: Lehm N1: Niedermoor
Nfk	nutzbare Feldkapazität	%	Sand: 9 % Lehm: 21 % Niedermoor: 15 %
Fik	Grundwasserflurabstandsklasse		<1 Meter 1-2 Meter >2 Meter
Flw	mittlerer Grundwasserflurabstand	Meter	<1 Meter -> 0.5 1-2 Meter -> 1.5
P1	Niederschlag	mm	Thiessen-Polygone
Etp	Potenzielle Evapotranspiration	mm	Thiessen-Polygone
Kf	Niederschlagskorrektur	-	einheitlich 1,12
P1s	Niederschlag Mai-Oktober	mm	Thiessen-Polygone
Etps	Potenzielle Evapotranspiration Mai-Oktober	mm	Thiessen-Polygone
Kfs	Niederschlagskorrektur Sommer	-	wird in Abimo 2.1 nicht verwendet
Ver	Versiegelungsgrad	%	aus ALK ermittelt
Kan	Kanalierungsgrad	%	
Ert	Ertragsklasse bei landwirtschaftlicher Nutzung		
Ber	Beregnung	mm	nicht verwendet
Bau	Baumart		L: Laubwald N: Nadelwald Unterscheidung anhand von CORINE Daten
Bgr	Begründungsjahr bei Waldnutzung		
Etr	reale Verdunstung	mm	
Row	oberirdischer Abfluss von versiegelten Flächen	mm	
R	Gesamtabfluss	mm	
Ant	Anteil	%	nicht verwendet
Rdf	Reduktionsfaktor	%	nicht verwendet
Jahr	Berechnungsjahr		nur für Waldflächen Jahr minus Bgr ergibt mittleres Baumalter einheitlich 66 Jahre verwendet
Ru	R-Row	mm	
Area	Fläche	m <sup>2</sup>	[shape].returnarea
MQ	mittlerer Abfluss	m <sup>3</sup> /s	R/1000*Area/365/86400
Hydrotop	Fläche gleicher wasserhaushaltlicher Eigenschaften		[Nut] + [Bod] + [Fik]+[P1].asString+[Etp].asString+[P1s].asString+[Etps].asString+[Ver].asString+[Kan].asString+[Ert].asString+[Bau]

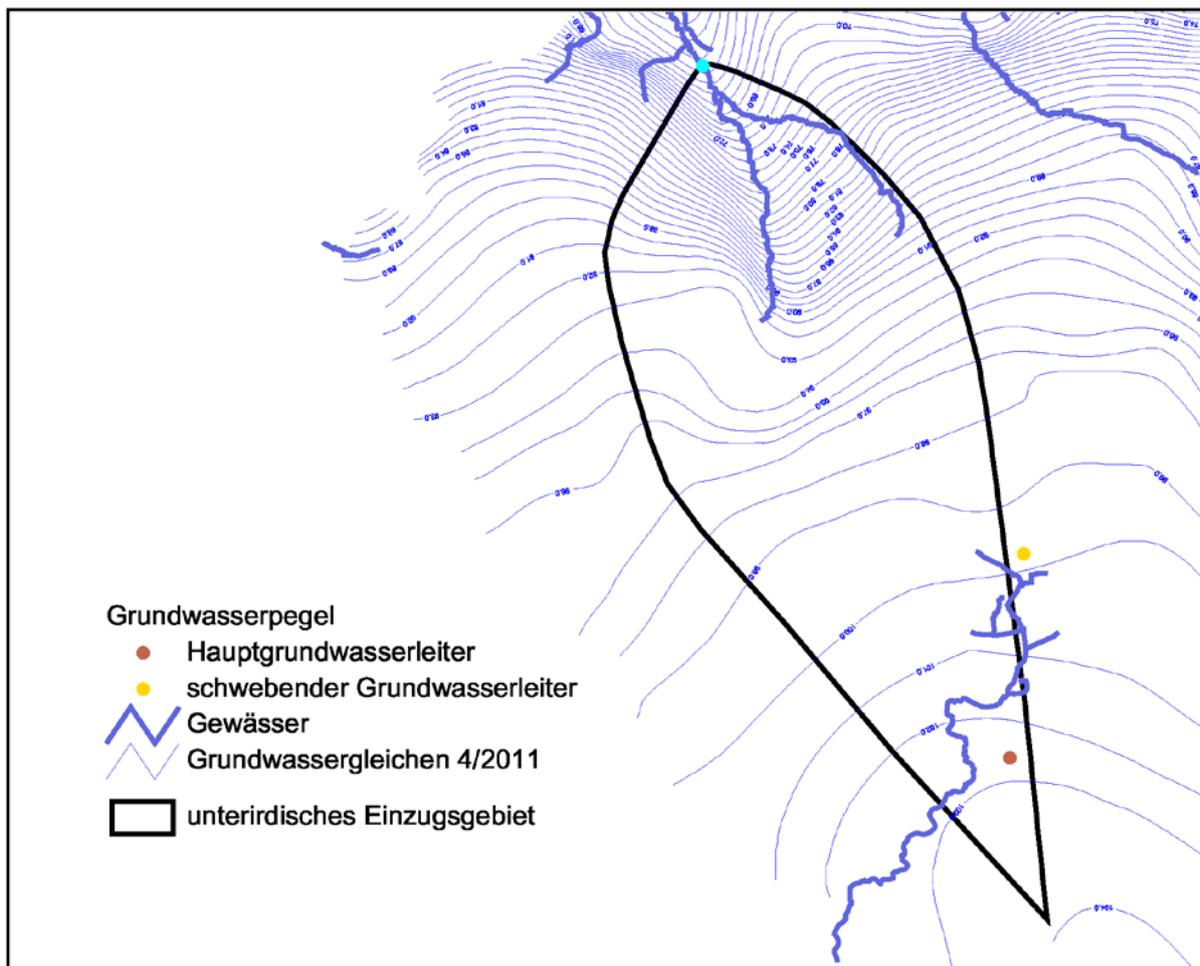
# Anhang 3

## Detailuntersuchung auffälliger Einzugsgebiete

### Pegel Birkenreismühle, Buckau

Einzugsgebiet	$A_{Eu}$ [km <sup>2</sup> ]	106,2
Messwerte	MQ [m <sup>3</sup> /s]	405
	Mq [l/s/km <sup>2</sup> ]	3,8
Modellergebnis	MQ [m <sup>3</sup> /s]	532
	Mq [l/s/km <sup>2</sup> ]	5,0
Modellabweichung		+31 %

Ein Teil des Abflusses erfolgt über die Boner Nuthe nach Süden. Exakt quantifizierbar ist dieser Anteil jedoch nicht. Die Fließrichtung im oberen Grundwasserleiter erfolgt in diesem Bereich entgegen dem Grundwasserabstrom im Hauptgrundwasserleiter.

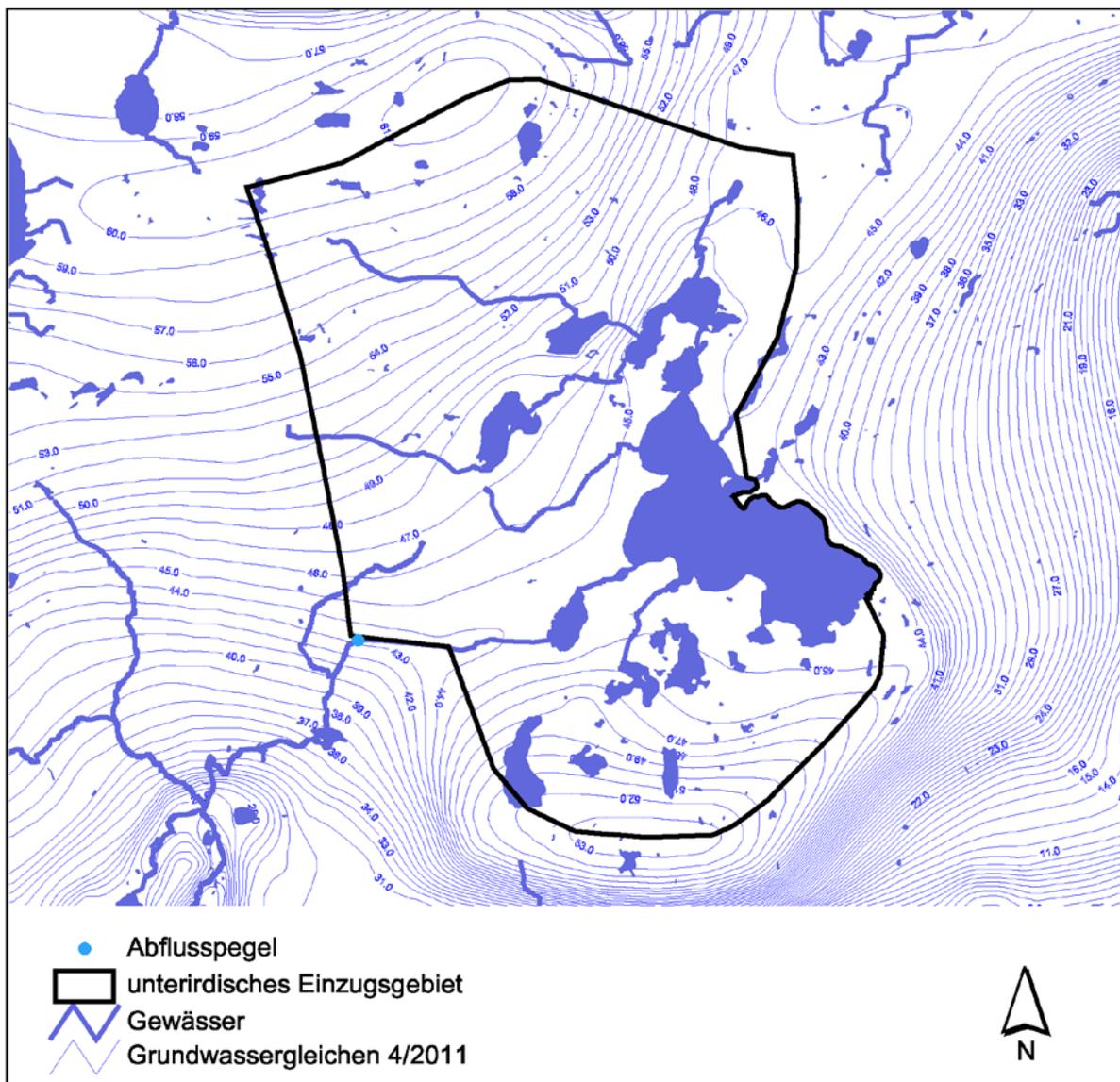


Einzugsgebiet Pegel Birkenreismühle, Buckau

## Pegel Chorin, Nettelgraben

Einzugsgebiet	$A_{Eu}$ [km <sup>2</sup> ]	93,7
Messwerte	MQ [l/s]	101
	$Mq$ [l/s/km <sup>2</sup> ]	1,1
Modellergebnis	MQ [l/s]	292
	$Mq$ [l/s/km <sup>2</sup> ]	3,1
Modellabweichung		+182 %

Die gemessene Abflussspende ist mit 1,1 l/s/km<sup>2</sup> ungewöhnlich gering. Dagegen liegt die aus dem Wasserhaushaltsmodell berechnete Spende mit 3,1 l/s/km<sup>2</sup> im normalen Bereich. Nach Grundwassergleichenplan besitzt der Parsteiner See einen Grundwasserabstrom nach Osten. Die Differenz zwischen berechnetem und gemessenem Abfluss beträgt 191 l/s. Diese Menge kann bei einem Grundwassergefälle von 6 ‰ und einer Transmissivität von  $8 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s vollständig über den Grundwasserstrom nach Osten aus dem Einzugsgebiet abfließen und fehlt damit am Pegel. Damit ist die Differenz zwischen gemessenem und berechnetem Abfluss vollständig erklärbar.

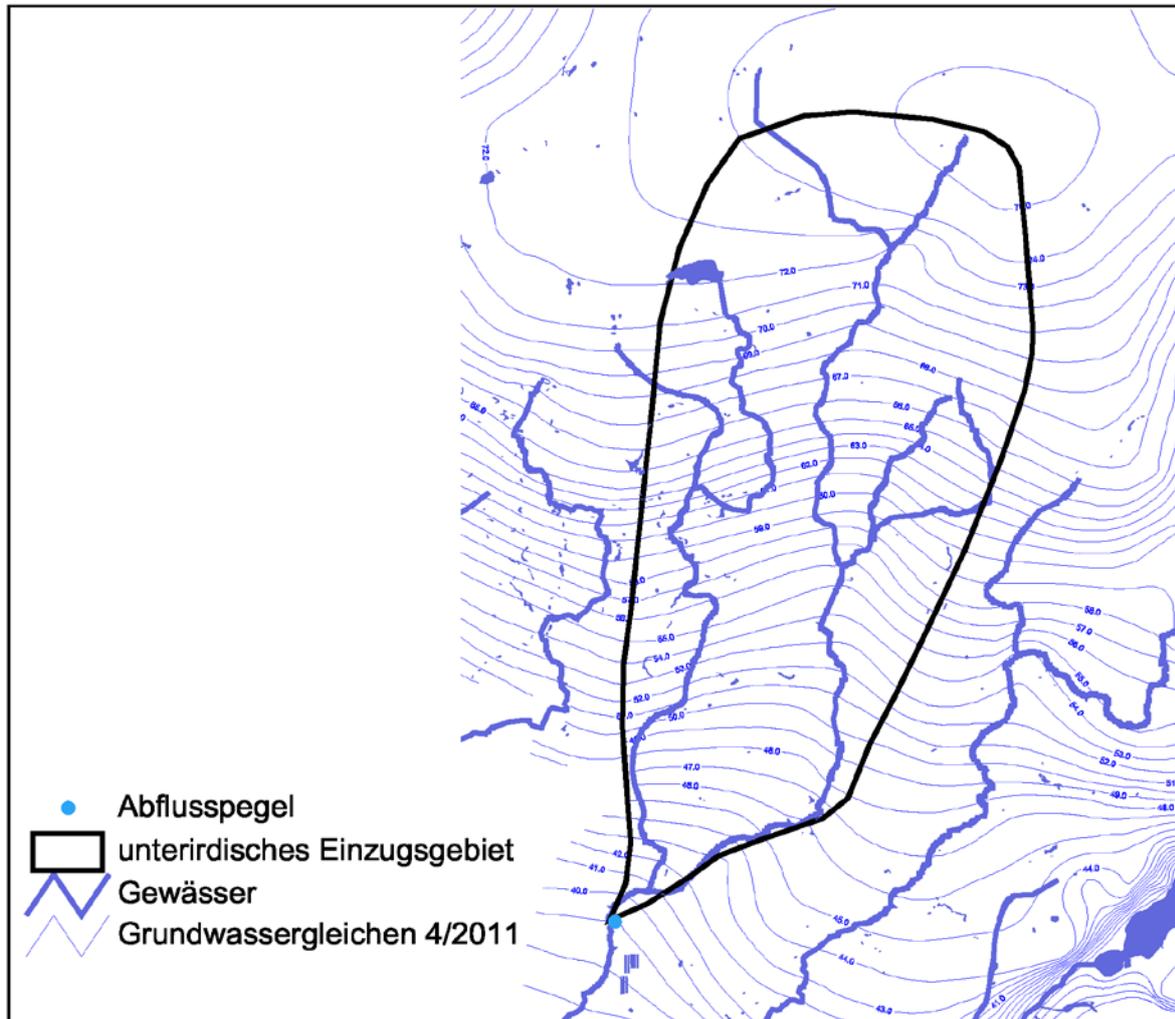


Einzugsgebiet Pegel Chorin, Nettelgraben

## Pegel Dahlwitz-Hoppegarten, Erpe

Einzugsgebiet	$A_{Eu}$ [km <sup>2</sup> ]	103,1
Messwerte	MQ [l/s]	391
	$Mq$ [l/s/km <sup>2</sup> ]	3,8
Modellergebnis	MQ [l/s]	544
	$Mq$ [l/s/km <sup>2</sup> ]	5,3
Modellabweichung		+39 %

Möglicherweise ist der gemessene Abfluss zu gering, weil ein Teil des Grundwassers das Neuenhagener Mühlenfließ im Süden unterströmt. Für eine eindeutige Klärung reicht die Datenbasis nicht aus.

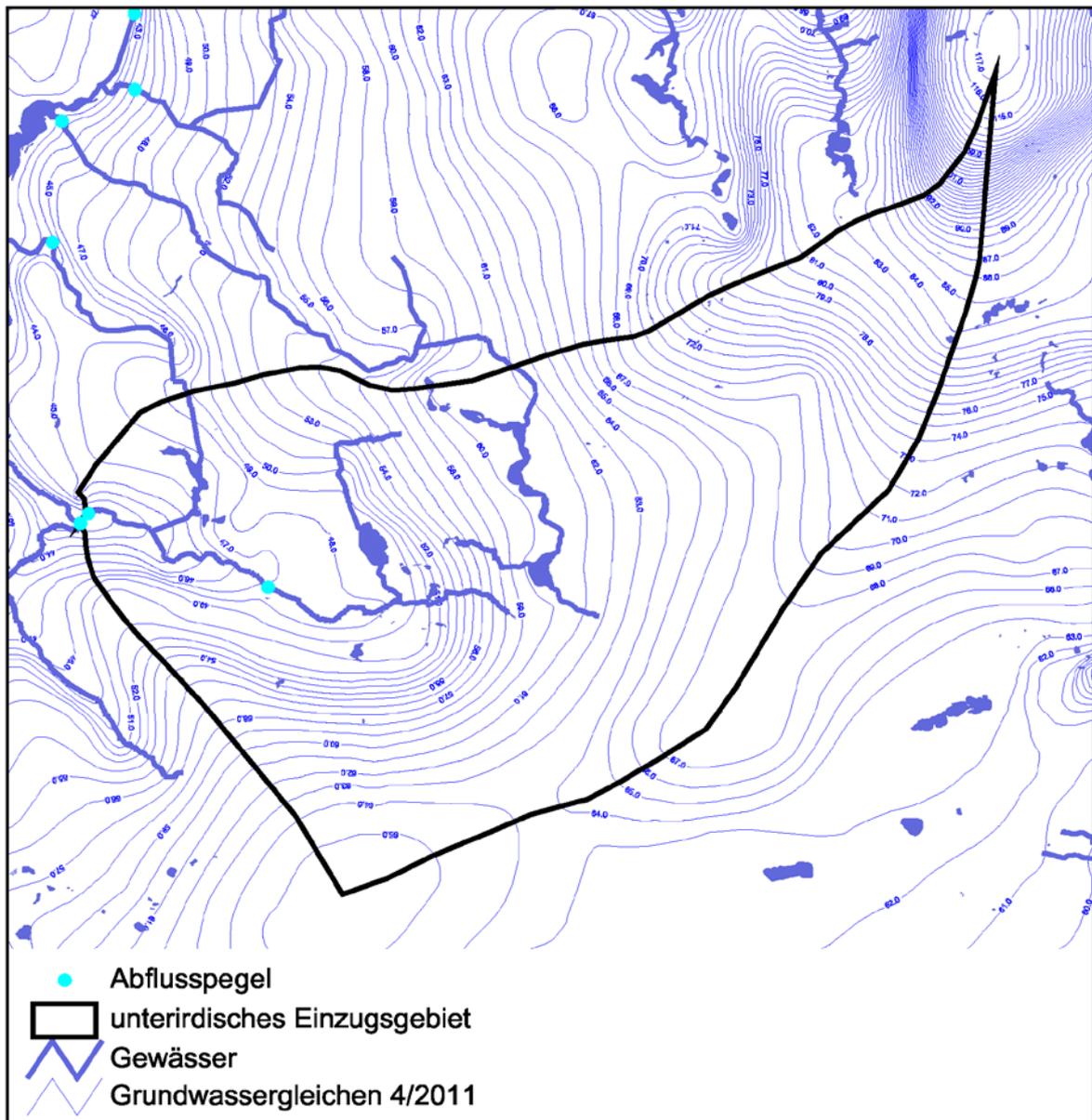


Einzugsgebiet Pegel Dahlwitz-Hoppegarten, Erpe

## Doberburg Wehr UP, Lieberoser Mühlenfließ

Einzugsgebiet	$A_{Eu}$ [km <sup>2</sup> ]	162,3
Messwerte	MQ [m <sup>3</sup> /s]	1,019
	Mq [l/s/km <sup>2</sup> ]	6,3
Modellergebnis	MQ [m <sup>3</sup> /s]	0,667
	Mq [l/s/km <sup>2</sup> ]	4,1
Modellabweichung		-35 %

Die gemessene Abflusspende erscheint für einen Waldanteil von 65% recht hoch. Ein Teil des Grundwassers fließt über das Möllener Mühlenfließ nach Norden ab. Damit ist die tatsächliche Abflussbildung im Einzugsgebiet noch höher. Eine Erklärung für das zu niedrige Modellergebnis fehlt.

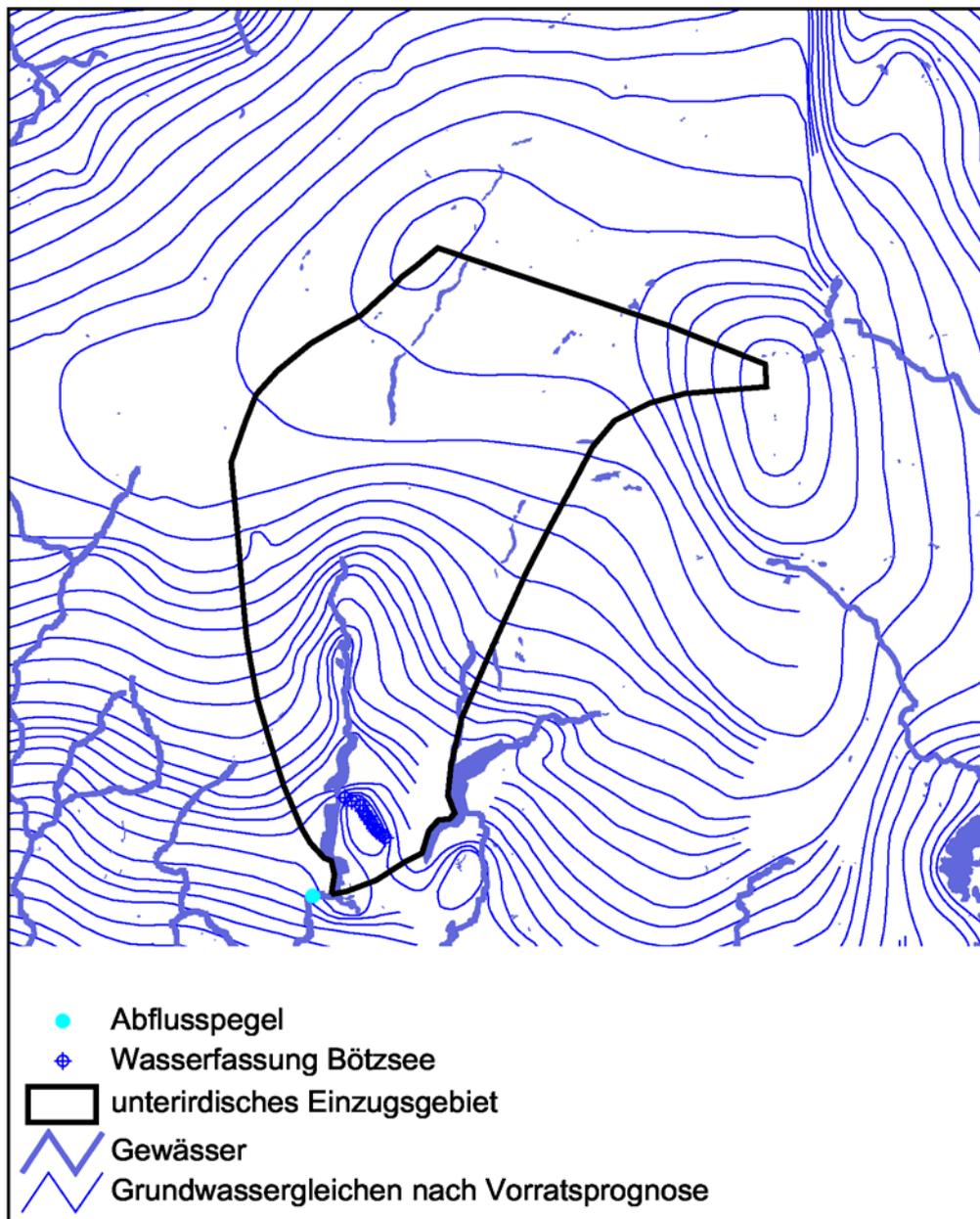


Einzugsgebiet Doberburg Wehr UP, Lieberoser Mühlenfließ

### Pegel Eggersdorf 2, Fredersdorfer Mühlenfließ

Einzugsgebiet	$A_{Eu}$ [km <sup>2</sup> ]	98,9
Messwerte	MQ [l/s]	202
	$Mq$ [l/s/km <sup>2</sup> ]	2,1
Modellergebnis	MQ [l/s]	429
	$Mq$ [l/s/km <sup>2</sup> ]	4,3
Modellabweichung		+105 %

Der Abfluss am Pegel ist um die Grundwasserentnahme der Wasserfassung Bötzsee vermindert (etwa 55 l/s). Im Südwesten besteht die Möglichkeit, dass Grundwasser aus dem Bötzsee auf einer Länge von 2 km abströmt. Bei 4 ‰ Grundwassergefälle, 35 m Grundwasserleitermächtigkeit und einem  $k_f$ -Wert von  $5 \cdot 10^{-4}$  m/s können 145 l/s unterirdisch aus dem Bötzsee abströmen, ohne am Pegel erfasst zu werden.

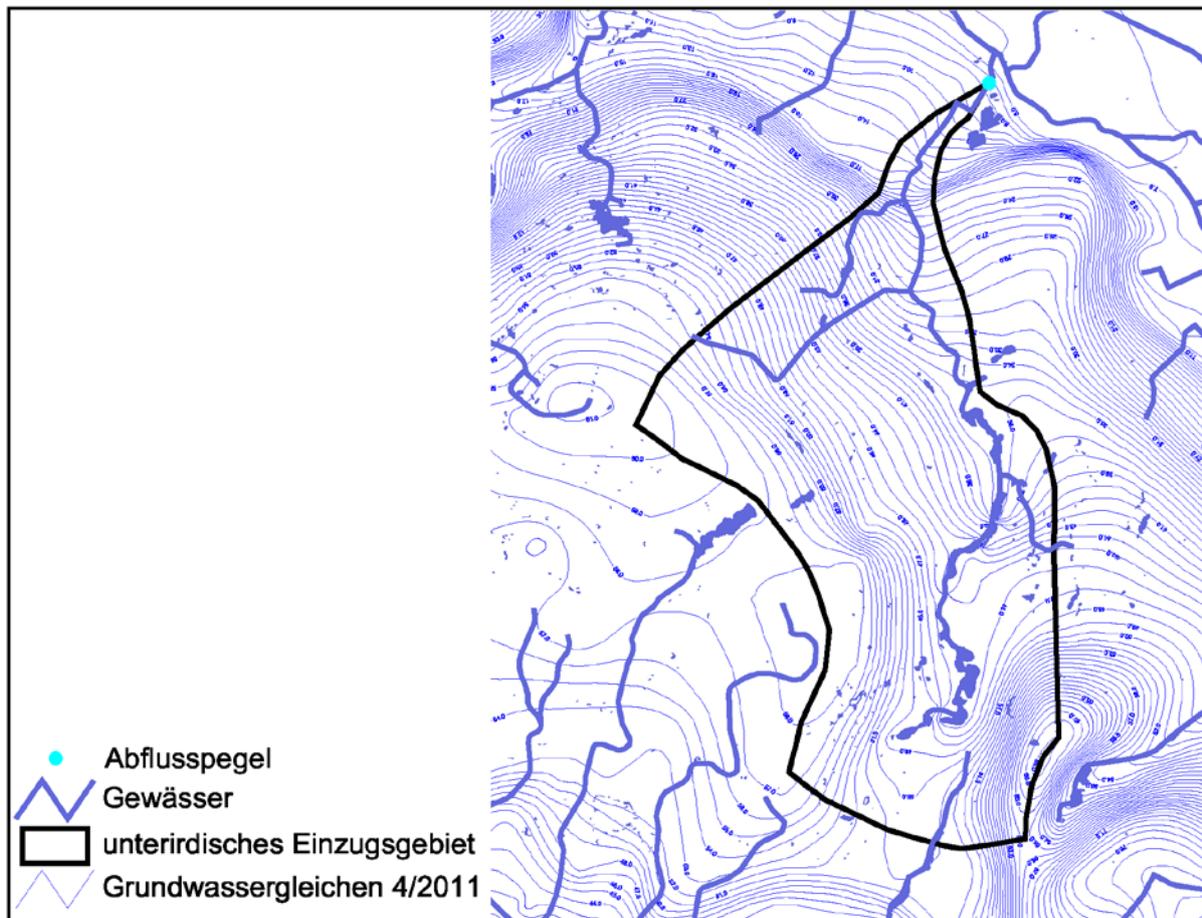


Einzugsgebiet Pegel Eggersdorf 2, Fredersdorfer Mühlenfließ

## Pegel Gusow, Platkower Mühlenfließ

Einzugsgebiet	$A_{Eu}$ [km <sup>2</sup> ]	134
Messwerte	MQ [m <sup>3</sup> /s]	0,361
	Mq [l/s/km <sup>2</sup> ]	2,7
Modellergebnis	MQ [m <sup>3</sup> /s]	0,561
	Mq [l/s/km <sup>2</sup> ]	4,2
Modellabweichung		+56 %

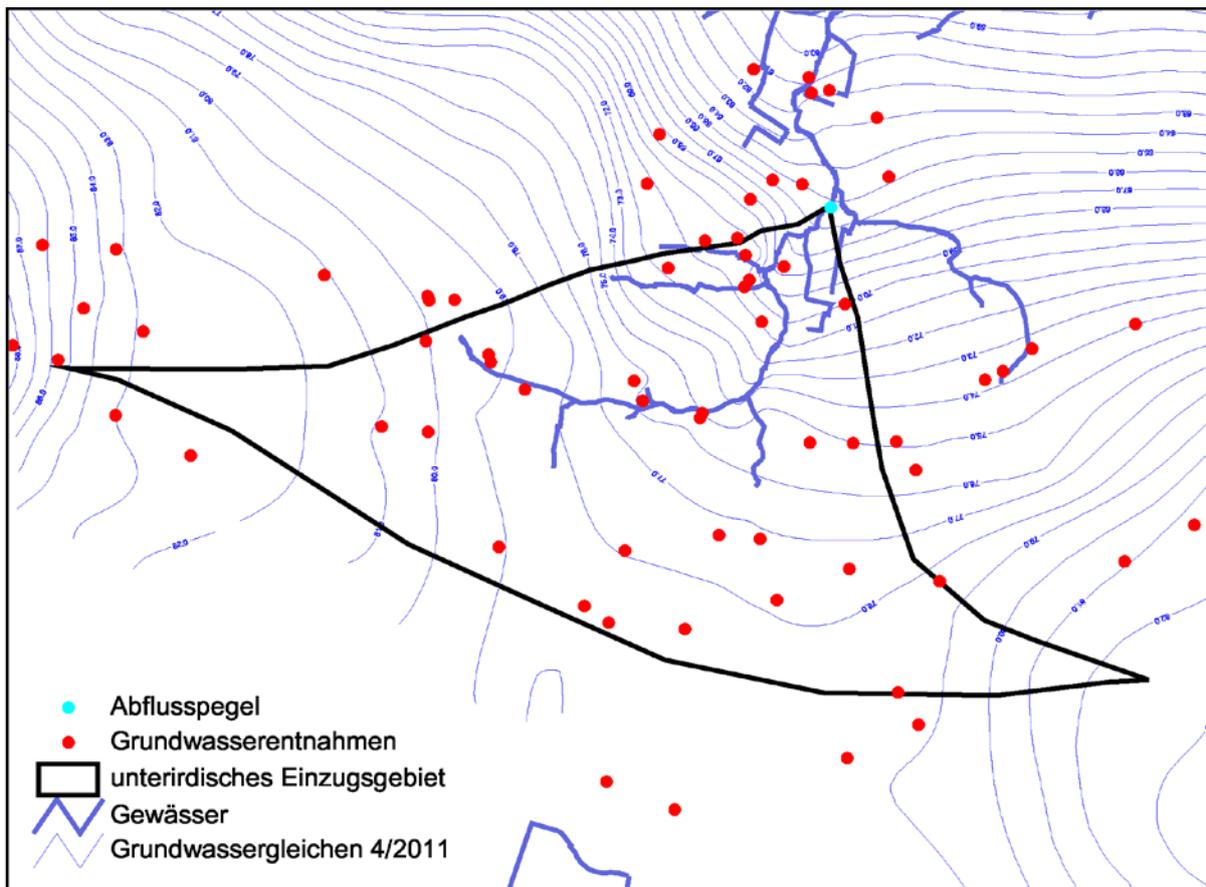
Im Süden erfolgt zum Teil ein Abfluss über das Kersdorfer Mühlenfließ. Dies reicht aber als Erklärung für die hohe Abweichung nicht aus.



### Pegel Jüterbog-Bürgermühle, Nuthe

Einzugsgebiet	$A_{Eu}$ [km <sup>2</sup> ]	107,2
Messwerte	MQ [l/s]	222
	$Mq$ [l/s/km <sup>2</sup> ]	2,1
Modellergebnis	MQ [l/s]	414
	$Mq$ [l/s/km <sup>2</sup> ]	3,9
Modellabweichung		+86 %

Die genehmigten Grundwasserentnahmen (überwiegend Beregung) betragen 185 l/s. Gemeinsam mit dem gemessenen Abfluss ergibt sich eine Abflussbildung von 407 l/s. Dies entspricht recht gut dem berechneten Wert.

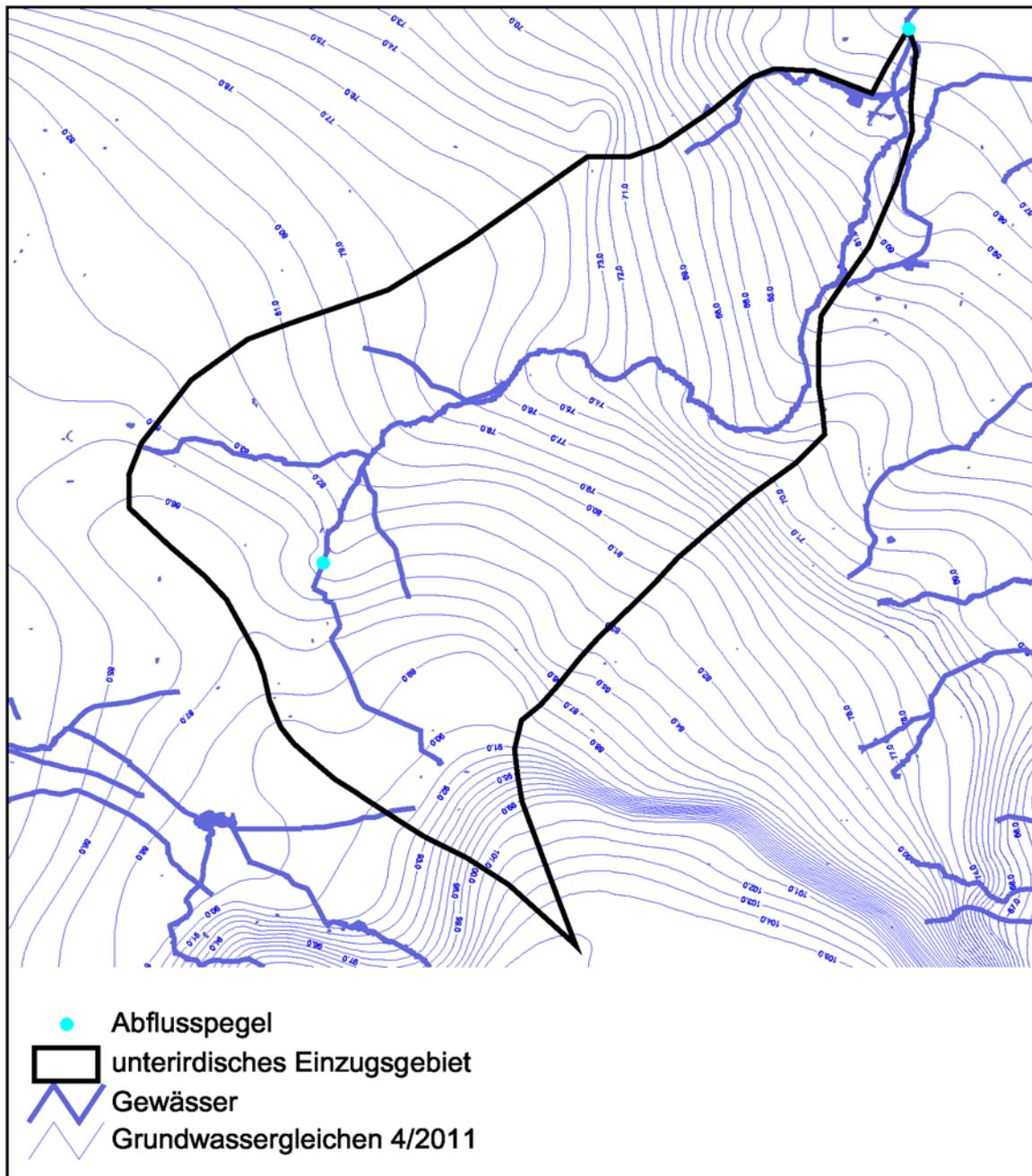


Einzugsgebiet Pegel Jüterbog-Bürgermühle, Nuthe

## Pegel Prierow 2, Dahme

Einzugsgebiet	$A_{Eu}$ [km <sup>2</sup> ]	153
Messwerte	MQ [l/s]	521
	$Mq$ [l/s/km <sup>2</sup> ]	3,4
Modellergebnis	MQ [l/s]	783
	$Mq$ [l/s/km <sup>2</sup> ]	5,1
Modellabweichung		+50 %

Ein Teil des Grundwassers im Norden entlastet nicht in den Schleusengraben, sondern unterströmt diesen und wird erst am Pegel Märkisch Buchholz erfasst.

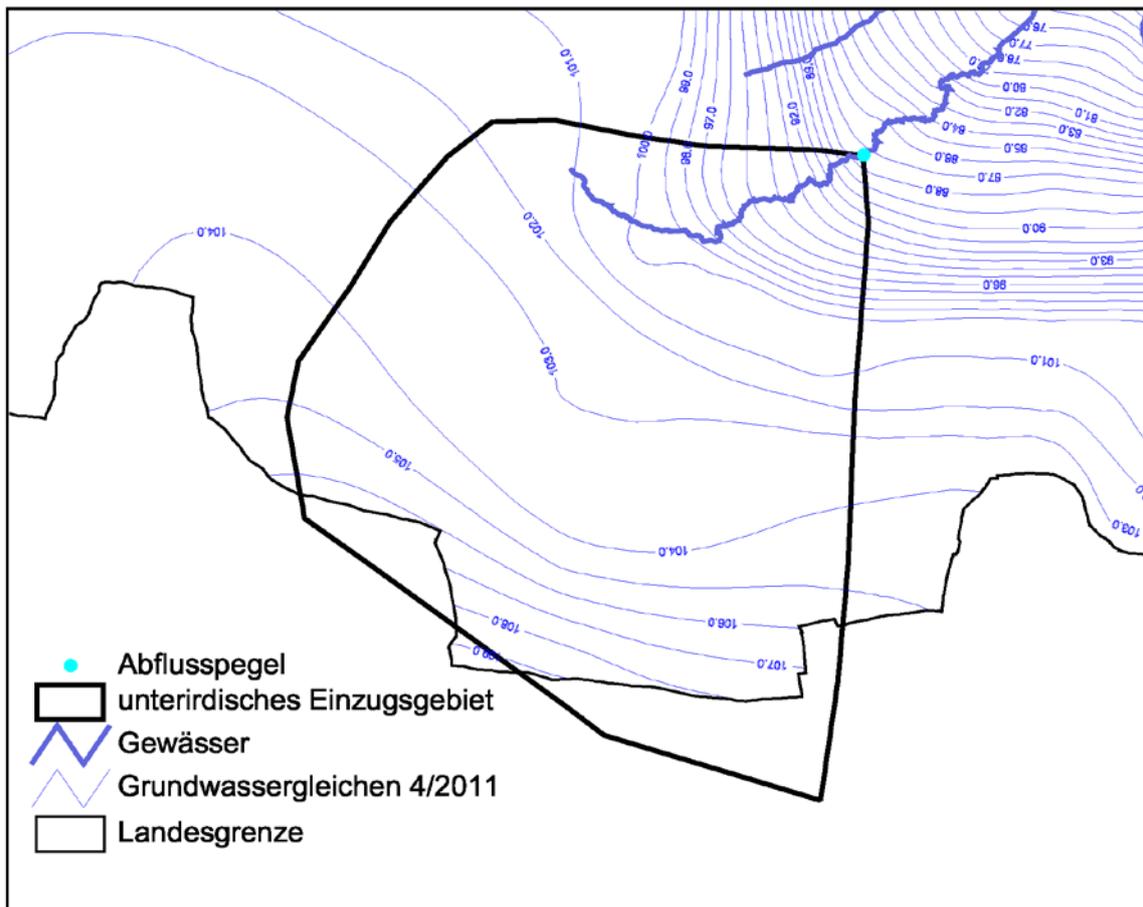


Einzugsgebiet Pegel Prierow 2, Dahme

## Pegel Rädigke, Plane

Einzugsgebiet	$A_{Eu}$ [km <sup>2</sup> ]	63,7
	Modellgebiet [km <sup>2</sup> ]	57,1
Messwerte	MQ [l/s]	383
	$Mq$ [l/s/km <sup>2</sup> ]	6
Modellergebnis	MQ [l/s]	289
	$Mq$ [l/s/km <sup>2</sup> ]	5,1
Modellabweichung		-25 %

Das Einzugsgebiet liegt zum Teil in Sachsen-Anhalt und ist daher im Modell nicht vollständig erfasst. Weiterhin ist die Lage der Wasserscheide im südlichen Anstrom nicht genau bestimmbar und das Einzugsgebiet wahrscheinlich zu klein abgegrenzt.

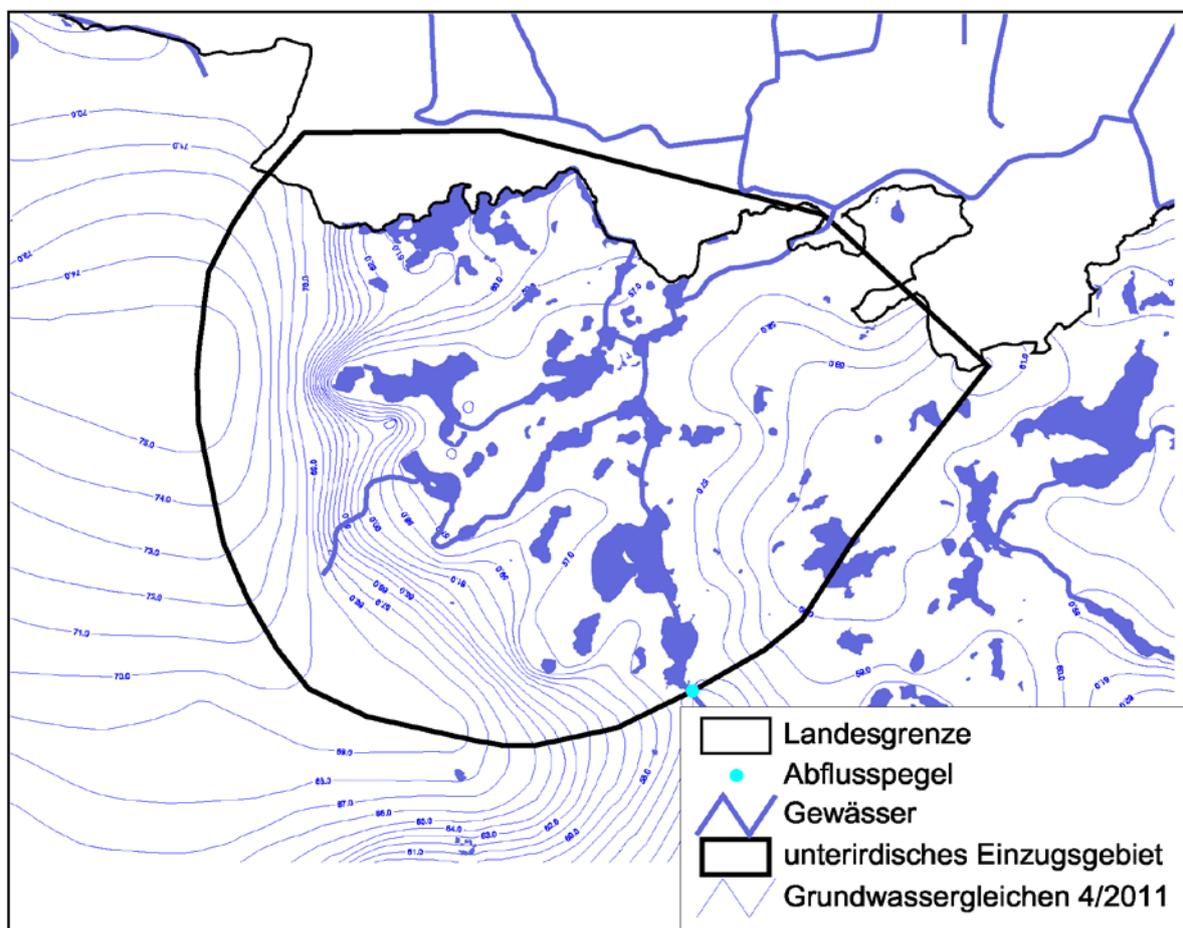


Einzugsgebiet Pegel Rädigke, Plane

## Pegel Rheinsberg Wehr OP, Rhin

Einzugsgebiet	$A_{Eu}$ [km <sup>2</sup> ]	177,1
	Modellgebiet [km <sup>2</sup> ]	159,2
Messwerte	MQ [m <sup>3</sup> /s]	1,255
	Mq [l/s/km <sup>2</sup> ]	7,1
Modellergebnis	MQ [m <sup>3</sup> /s]	0,789
	Mq [l/s/km <sup>2</sup> ]	5
Modellabweichung		-29 %

Hier fallen die hohen gemessenen Abflussspenden auf. Diese sind zum Teil durch die Überleitung aus dem Einzugsgebiet der Müritz an der Schleuse Wolfsbruch bedingt. Die mittlere Überleitung der Reihe 1980-2005 beträgt 0,264 m<sup>3</sup>/s. Diese Menge muss vom gemessenen Abfluss abgezogen werden. Es verbleibt ein Abfluss von 0,991 m<sup>3</sup>/s. Das Einzugsgebiet liegt zum Teil in Mecklenburg-Vorpommern und ist daher im Modell nicht vollständig erfasst. Wird dies berücksichtigt, verbleibt ein Modellfehler von -12 %, der im akzeptablen Bereich liegt.

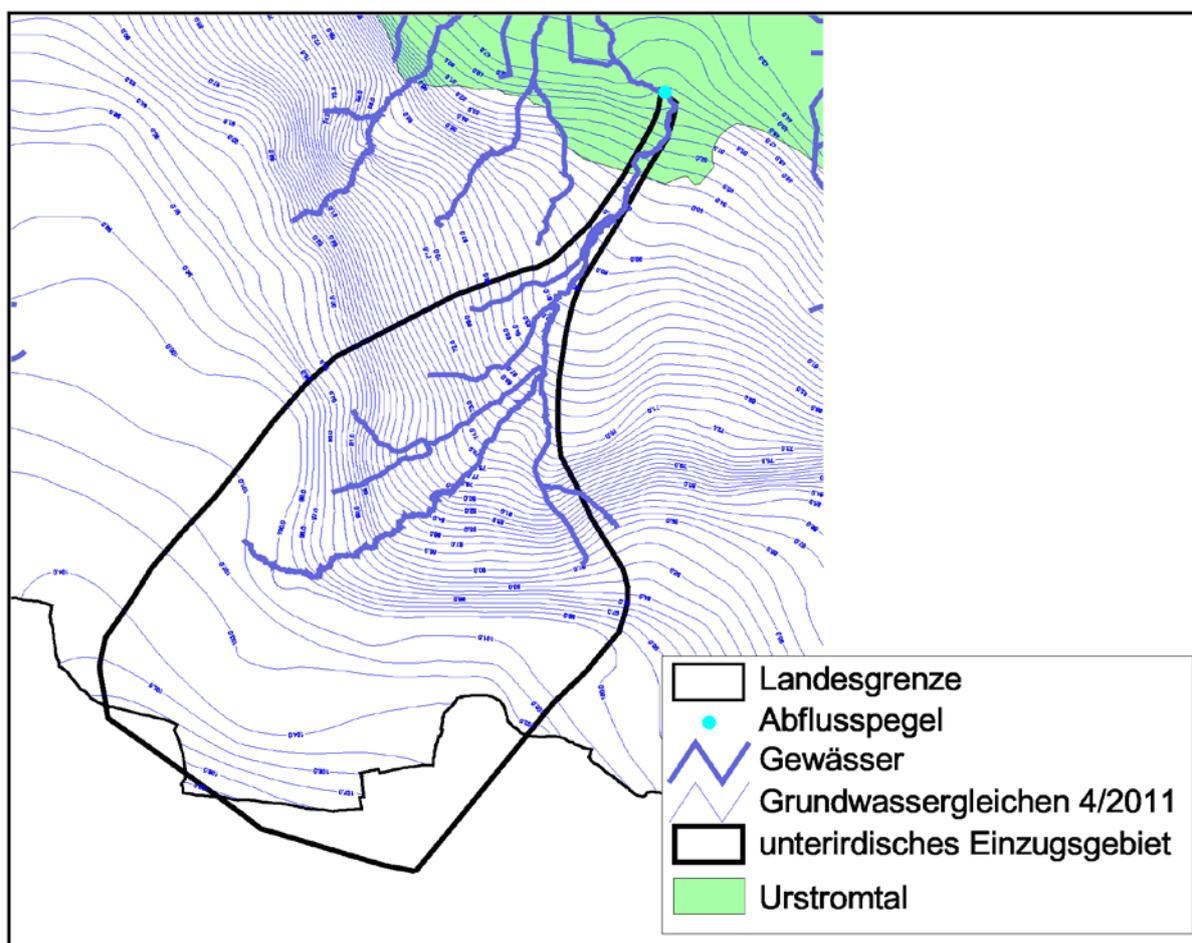


Einzugsgebiet Pegel Rheinsberg, Rhin

## Pegel Trebitz UP, Plane

Einzugsgebiet	A <sub>Eu</sub> [km <sup>2</sup> ]	170
	Modellgebiet [km <sup>2</sup> ]	152
Messwerte	MQ [m <sup>3</sup> /s]	0,691
	Mq [l/s/km <sup>2</sup> ]	4,1
Modellergebnis	MQ [m <sup>3</sup> /s]	0,846
	Mq [l/s/km <sup>2</sup> ]	5,6
Modellabweichung		+37 %

Möglicherweise entlastet ein Teil des Grundwasserabstroms erst weiter nördlich innerhalb des Baruther Urstromtals. Da im unterirdischen Einzugsgebiet bereichsweise zwei getrennte Grundwasserstockwerke ausgebildet sind, wäre dies plausibel. Ohne weitere Untersuchungen ist aber nicht entscheidbar, ob die Ursache der Abweichungen in ungenauen Berechnungen oder der hydrogeologischen Situation zu suchen ist.

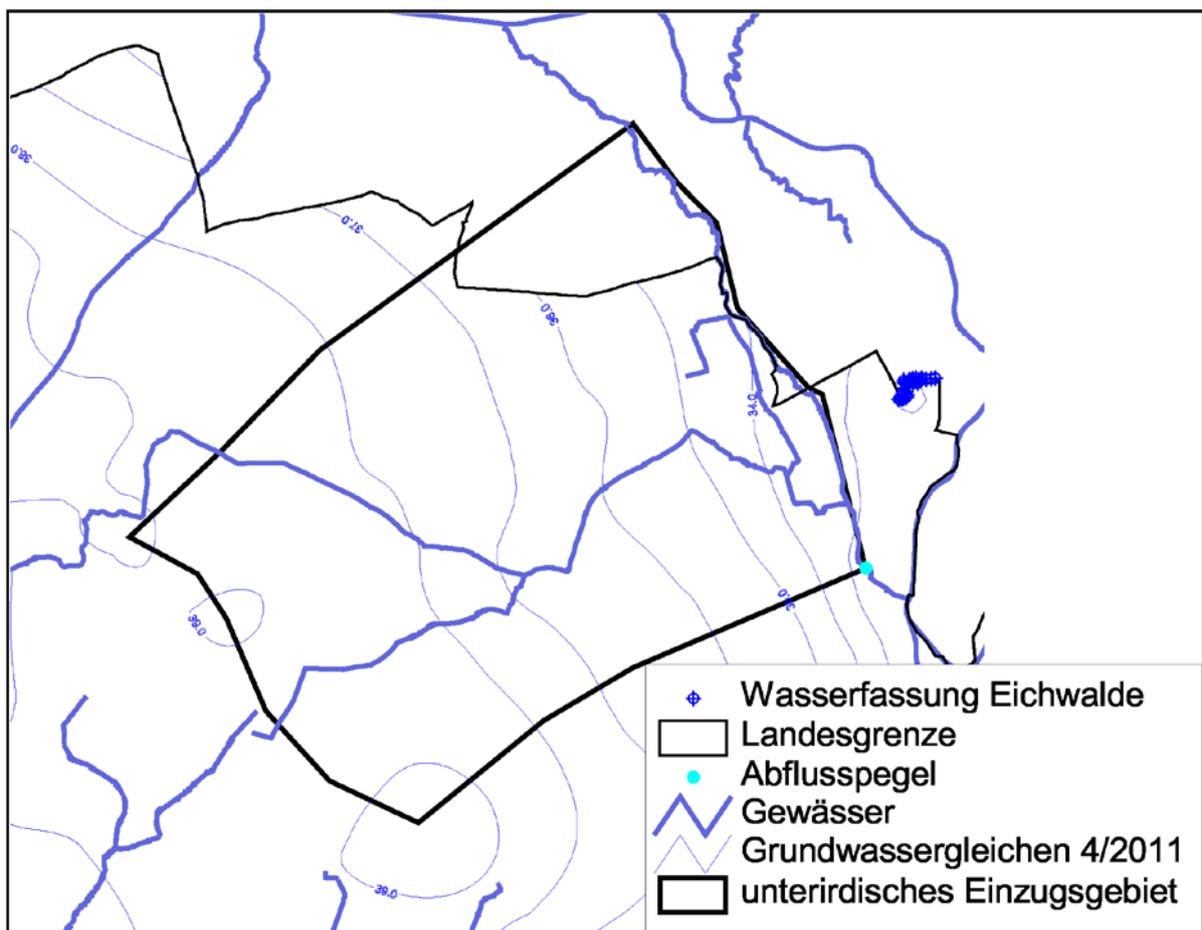


Einzugsgebiet Pegel Trebitz, Plane

### Pegel Zeuthen Straßenbrücke, Selchower Flutgraben

Einzugsgebiet	$A_{Eu}$ [km <sup>2</sup> ]	62,3
	Modellgebiet [km <sup>2</sup> ]	56,1
Messwerte	MQ [l/s]	205
	Mq [l/s/km <sup>2</sup> ]	3,3
Modellergebnis	MQ [l/s]	324
	Mq [l/s/km <sup>2</sup> ]	5,8
Modellfehler		+76 %

Die im Vergleich zur Berechnung zu niedrig gemessenen Abflüsse lassen sich mit dem Grundwasserabstrom zur Wasserfassung Eichwalde erklären. Die Förderung liegt im Mittel bei 137 l/s (Zeitreihe 1980-1998).



Einzugsgebiet Pegel Zeuthen Straßenbrücke, Selchower Flutgraben

## Anhang 4

### Bilanzgrößen der Risikobewertung

Grundwasserkörper	Fläche [km <sup>2</sup> ]		R [m <sup>3</sup> /s]	R <sub>o</sub> [m <sup>3</sup> /s]		GWN [m <sup>3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]
	Gesamt	innerhalb Land Brandenburg		Gesamt	von versiegelten Flächen		
HAV_BP1	952,4	934,0	3,892	1,168	0,069	2,724	0,599
HAV_DA_2	203,1	203,1	0,983	0,295	0,012	0,688	0,037
HAV_DA_3	1817,5	1762,2	6,189	1,857	0,246	4,332	0,8913
HAV_DJ_1	1375,1	1325,9	6,474	1,942	0,096	4,532	0,381
HAV_MS_1	770,1	770,1	2,633	0,790	0,063	1,843	0,165
HAV_MS_2	1747,9	1747,9	9,084	2,725	0,238	6,359	10,343
HAV_MS_3	202,2	202,2	0,572	0,172	0,011	0,400	0,010
HAV_NU_1	58,6	58,6	0,211	0,063	0,007	0,148	0,053
HAV_NU_2	1603,0	1595,5	5,758	1,727	0,170	4,031	1,303
HAV_NU_3	252,0	251,0	1,363	0,409	0,119	0,954	0,518
HAV_OH_1	149,0	148,9	0,757	0,227	0,094	0,530	1,356
HAV_OH_3	2133,0	2104,3	9,260	2,778	0,198	6,482	0,509
HAV_RH_1	1922,2	1914,8	8,827	2,648	0,150	6,179	0,639
HAV_UH_2	141,0	141,0	0,509	0,153	0,018	0,356	0,045
HAV_UH_3	44,6	44,6	0,230	0,069	0,046	0,161	0,138
HAV_UH_4	1988,5	1909,9	5,920	1,776	0,239	4,144	1,142
HAV_UH_9	36,1	36,1	0,151	0,045	0,012	0,106	0,004
HAV_UH_10	331	331,0	1,103	0,331	0,027	0,772	0,172
HAV_US_2	71,5	71,5	0,371	0,111	0,035	0,260	0,108
HAV_US_3	2504,5	2504,2	10,882	3,265	0,338	7,617	1,433
MEL_EN_4	80,9	70,2	0,335	0,101	0,002	0,234	0,003
MEL_SL_1	2222,4	1879,4	9,102	2,731	0,163	6,372	0,847
NE 4-1	107,9	107,8	0,468	0,140	0,020	0,328	0,059
NE 4-2	241,8	228,2	1,148	0,344	0,036	0,804	0,103
NE_5	170,7	170,7	0,886	0,266	0,015	0,620	0,015
ODR_OD_1	2750,7	2669,5	10,394	3,118	0,218	7,276	0,979
ODR_OD_2	80,4	80,4	0,366	0,110	0,008	0,256	0,018
ODR_OD_3	47,2	47,2	0,277	0,083	0,018	0,194	0,028
ODR_OD_4	211,9	211,7	0,637	0,191	0,032	0,446	0,249
ODR_OD_5	719,9	718,5	1,209	0,363	0,055	0,846	0,113
ODR_OD_6	93,9	93,8	0,426	0,128	0,009	0,298	0,008
ODR_OD_7	114,8	114,7	0,489	0,147	0,037	0,342	0,231
ODR_OD_8	488,6	488,3	1,942	0,583	0,080	1,360	0,243
ODR_OD_9	49,9	49,9	0,211	0,063	0,003	0,148	0,033
ODR_OF_2	1456,7	887,7	2,863	0,859	0,043	2,004	0,115
ODR_OF_5	46,9	46,9	0,176	0,053	0,003	0,123	0,011
ODR_OF_6	101,1	101,1	0,216	0,065	0,018	0,151	0,111
ODR_OF_7	100,6	100,6	0,319	0,096	0,006	0,223	0,011
SE 4-1	1813,5	1698,4	8,628	2,588	0,226	6,040	0,622
SE 4-2	1266,0	784,1	3,478	1,043	0,066	2,434	0,221