

Dargebotsnachweise für Grundwasserentnahmen



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	10
1.1	Veranlassung und Aufgabenstellung.....	10
1.2	Vorgehensweise	10
1.3	Begriffsbestimmung	11
2	Überarbeitung und Fortschreibung Runderlass vom 27.09.1996	13
2.1	Überprüfung der Anzahl der Anforderungsklassen und Schwellenwerte im Teil B des Runderlasses	13
2.2	Vorschlag für neue Schwellenwerte des Kriteriums Entnahmemenge und Anforderungen an den Antrag	24
2.3	Ableitung von untersetzenden Kriterien.....	26
2.4	Beizubringende Unterlagen.....	29
3	Erarbeitung von Leitfadenbestandteilen auf der Grundlage einer Literaturrecherche	34
3.1	Abgrenzung und Festlegung des unterirdischen Einzugsgebietes.....	34
3.1.1	Gleichsetzung des unterirdischen und oberirdischen Einzugsgebietes.....	36
3.1.2	Analytische Bestimmung des unterirdischen Einzugsgebietes	36
3.1.3	Numerische Einzugsgebietsbestimmung.....	38
3.2	Ermittlung des zukünftig möglichen potenziellen Dargebots.....	39
3.3	Ermittlung der zukünftig möglichen gewinnbaren Dargebotsmenge	43
3.4	Ermittlung der zukünftig möglichen nutzbaren Dargebotsmenge.....	44
4	Beispielhafte Anwendung	46
4.1	Quellgebiet Gimmlitztal	46
4.1.1	Allgemeine Beschreibung.....	46
4.1.2	Schutzgebiete	47
4.1.3	Entnahmen im Einzugsgebiet.....	49
4.1.4	Ermittlung der flächenbezogenen Wasserhaushaltsgrößen.....	50
4.1.5	Vergleich der Wasserhaushaltsdaten mit Beobachtungsdaten	52
4.1.6	Charakteristische Zeiträume	56
4.1.7	Zukünftig mögliches potenzielles Dargebot	57
4.1.8	Naturschutzgebiete	65
4.2	Einzugsgebiet mit Erkundung aber ohne Dargebotsnachweis – Wasserfassung Tauscha	67
4.2.1	Allgemeine Beschreibung.....	67
4.2.2	Erkundungsstand	67
4.2.3	Überarbeitung des Dargebotsnachweises und der Einzugsgebietsermittlung.....	70
4.3	Grundwassereinzugsgebiet - Jahnaue II	76
4.3.1	Allgemeine Beschreibung, Übernahme des Modells	76
4.3.2	Abschätzung des potenziellen Dargebots	79
4.3.3	Modellrechnungen.....	83
4.4	Grundwasser-Uferfiltrat-Einzugsgebiet - Torgau-Ost.....	85
4.4.1	Allgemeine Beschreibung.....	85
4.4.2	Modell- und Einzugsgebiet.....	86
4.4.3	Entnahmen im Untersuchungsgebiet	89
4.4.4	Schutzgebiete	91
4.4.5	Ermittlung der flächenbezogenen Wasserhaushaltsgrößen.....	92

4.4.6	Abschätzung des zukünftig möglichen potenziellen Dargebots	94
4.4.7	Bezug zum Grundwasserkörper	95
	Literaturverzeichnis	98
	Anhang	105
Anhang 1	Gebietseigenschaften Torgau-Ost.....	105
Anhang 1.1	Landnutzung.....	105
Anhang 1.2	Bodentyp	106
Anhang 1.3	Hydrogeologische Deckschichten.....	107
Anhang 1.4	Durchlässigkeit des Grundwasserleiters	108

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Karte mit Zuordnung der IST-Entnahmemengen 2014 der Anlagen der öffentlichen Wasserversorgung zu den bisherigen Anforderungsklassen zur Entnahme von Grundwasser im Locker- und Festgestein.....	16
Abbildung 2: Auswertung der Häufigkeit der bisherigen Anforderungsklassen bei den Grundwasserentnahmen für die öffentliche Wasserversorgung sowie aufsummierte Entnahmemengen in den einzelnen Anforderungsklassen.....	17
Abbildung 3: Auswertung der Häufigkeit der neu definierten Anforderungsklassen bei den Grundwasserentnahmen für die öffentliche Wasserversorgung sowie aufsummierte Entnahmemengen in den einzelnen Anforderungsklassen.....	21
Abbildung 4: Zuordnung der beantragten und wasserrechtlich genehmigten Entnahmemengen für Bewässerung / Beregnung (Fachinformationssystem Wasserrechtlicher Vollzug) zu den bisherigen und den neu definierten Anforderungsklassen. Erlaubnisfreie Entnahmen wurden nicht berücksichtigt.....	22
Abbildung 5: Beantragte und wasserrechtlich genehmigte Grundwasserentnahmen für Beregnung/ Bewässerung nach der neuen Anforderungsklassifizierung zusammen mit dem projizierten mengenmäßigen Zustand der Grundwasserkörper für den Projektionszeitraum 2021 - 2050. Erlaubnisfreie Entnahmen wurden nicht berücksichtigt.....	23
Abbildung 6: Schematische Darstellung des unterirdischen Einzugsgebietes einer Grundwasserfassung.....	34
Abbildung 7: Monatssummen der Entnahmen aus der Quelfassung.....	50
Abbildung 8: Einzugsgebiet der Quelfassung Gimmlitztal sowie Lage der Quellschöpfe und Landkreisgrenze.....	51
Abbildung 9: Ergebnis der Verschneidung vom Einzugsgebiet mit den Mulde-Teilgebieten aus der Wasserhaushaltsmodellierung (KLiWES).....	51
Abbildung 10: Vergleich von Niederschlagsdaten der Wetterstation Oberbobritzsch mit dem berechneten Niederschlag aus der Wasserhaushaltsmodellierung.....	53
Abbildung 11: Korrelation des gemessenen Niederschlags in Oberbobritzsch mit dem berechneten Niederschlag.....	54
Abbildung 12: Vergleich von gemessenem Durchfluss Q und dem aus der WH-Modellierung berechneten schnellen Abfluss RS für den Ist-Zustand und das Klimaszenario WETTREG 66.....	55
Abbildung 13: Korrelation des Durchflusses der Gimmlitz (Pegel Burkersdorf 3) mit der berechneten schnellen Abflusskomponente.....	56
Abbildung 14: Darstellung des Bruchpunktes 1996/97 in der Durchflussganglinie der Gimmlitz am Pegel Burkersdorf 3.....	57
Abbildung 15: Zeitreihen der Abflussbeiwerte Ψ_i für den Ist-Zustand mit Abgrenzung der charakteristischen Zeiträume.....	58
Abbildung 16: Scatterplots für Niederschlag und langsamen Grundwasserabfluss RG2, Ist-Zustand....	61
Abbildung 17: Scatterplots für Niederschlag und langsamen Grundwasserabfluss RG2, Klimaszenario WETTREG 66.....	62
Abbildung 18: Tabelle und Diagramm der N-A-Beziehung, Ist-Zustand.....	63
Abbildung 19: Tabelle und Diagramm der N-A-Beziehung, Klimaszenario WETTREG 66.....	64
Abbildung 20: Karte der Quartärbasis.....	68
Abbildung 21: Übersichtskarte zum Untersuchungsgebiet der Wasserfassung Tauscha mit oberirdischen Teileinzugsgebieten und Grundwassergleichenplan der Stichtagsmessung vom 16.05.2018.....	69

Abbildung 22: Scatterplots für Niederschlag und RG1+RG2, Ist-Zustand und Szenario WT 66.....	71
Abbildung 23: Abgeleitete Niederschlags-Abfluss-Beziehungen für RG1+2, Ist-Zustand und Szenario WT 66.....	73
Abbildung 24: Ermittlung der Ausdehnung der Grundwassereinzugsgebiete im Ist-Zustand und 2021 -2050 Kartengrundlage G.E.O.S, 2018, Anhang A05_1_Isohypsenplan).	75
Abbildung 25: Darstellung zur Prüfung der Brunneneinzugsgebiete der Wasserfassung Tauscha hinsichtlich der Gefährdung von Gewässern und Schutzgebieten.....	76
Abbildung 26: Übersichtskarte zu den vorhandenen Wasserfassungen und Trinkwasserschutzzonen, dem Modellgebiet Jahnaue II sowie dem Grundwassergleichenplan und den Grundwasserkörpern.....	77
Abbildung 27: Topografie des Modellgebiets.....	78
Abbildung 28: Hydraulische Durchlässigkeit in der Modellschicht 3.....	78
Abbildung 29: Scatterplots für Niederschlag und RG1+RG2, Ist-Zustand und Szenario WT 66.....	80
Abbildung 30: Abgeleitete Niederschlags-Abfluss-Beziehungen für RG1+2, Ist-Zustand und Szenario WT 66.....	81
Abbildung 31: Verteilung der Grundwasserneubildung im Modellgebiet im Ist-Zustand und Szenario WT 66 2021 - 2050.	82
Abbildung 32: Ermittlung des Grundwassereinzugsgebiets im Ist-Zustand.....	84
Abbildung 33: Ermittlung des Grundwassereinzugsgebiets für den Zustand 2021 - 2050.....	84
Abbildung 34: Bahnlinien bei mittlerer Entnahme aus den WW-Brunnen.....	87
Abbildung 35: nach Osten extrapoliertes Brunneneinzugsgebiet der WF.....	87
Abbildung 36: Bahnlinien bei maximaler Entnahme aus den WW-Brunnen.	88
Abbildung 37: Potentialdifferenz zwischen maximaler und mittlerer Entnahme.....	89
Abbildung 38: Grundwasserentnahmen im Bereich der GWK Schwarzer Graben und Koßdorfer Landgraben	90
Abbildung 39: Sächsische Schutzgebiete im Bereich des Beispielstandorts Torgau-Ost.....	92
Abbildung 40: Modellgebiet Torgau-Ost und Elbe-Teilgebiete aus der Wasserhaushaltsmodellierung (KLiWES)	93
Abbildung 41: Scatterplots für Niederschlag und RG1+RG2, Ist-Zustand.....	94
Abbildung 42: Scatterplots für Niederschlag und RG1+RG2, Szenario WT 66	95
Abbildung 43: Überlappung der GWK mit den Teilgebieten der KLiWES-Modellierung	97

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bisherige Anforderungsklassen, Schwellenwerte für die Entnahme und Anforderungen an den Wasserrechtsantrag im Runderlass (1996).....	14
Tabelle 2:	Vorschlag zur Definition von Schwellenwerten für zukünftig drei Anforderungsklassen mit Jahresentnahmen Q_{365} [m^3/a] und maximalen Entnahmen Q_7 [m^3/d].	20
Tabelle 3:	Zusammenfassung von empfohlenen Schwellenwerten für das Kriterium Entnahmemenge [m^3/d] mit den Anforderungen an den Wasserrechtsantrag.....	24
Tabelle 4:	Empfehlung zu untersetzenden Kriterien für die Umstufung in eine höhere Anforderungsklasse bzw. für zusätzlich beizubringende Unterlagen.....	27
Tabelle 5:	Empfehlungen für Kriterien zur Reduzierung der Anforderungen bei den Antragsunterlagen.	28
Tabelle 6:	Datengrundlagen für die Ermittlung des zukünftig möglichen potenziellen Dargebots	43
Tabelle 7:	Entnahmemengen gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis	49
Tabelle 8:	Langjährige Mittelwerte der Wasserhaushaltskomponenten, Ist-Zustand (1961 - 2010).....	52
Tabelle 9:	Mittelwerte ausgewählter WH-Komponenten im Ist-Zustand, unterteilt in die charakteristischen Zeiträume sowie das Wasserhaushaltsjahr, das Winterhalbjahr, das Sommerhalbjahr und den Monat August.	58
Tabelle 10:	Mittelwerte ausgewählter WH-Komponenten für das Klimaszenario WT 66, unterteilt in die charakteristischen Zeiträume sowie Wasserhaushaltsjahr, Winterhalbjahr, Sommerhalbjahr und den Monat August	59
Tabelle 11:	Übersicht des potenziellen GW-Dargebots im ausgewiesenen oberirdischen Einzugsgebiet QG Gimmlitztal im Zeitraum 2021 bis 2050 und Anteil der Grundwasserentnahmen am potenziellen Dargebot.....	65
Tabelle 12:	Wasserhaushaltsgrößen der zu betrachtenden Einzugsgebiete in mm/a.....	70
Tabelle 13:	Mittelwerte ausgewählter WH-Komponenten für die charakteristischen Zeiträume, Ist-Zustand.	72
Tabelle 14:	Mittelwerte ausgewählter WH-Komponenten für die charakteristischen Zeiträume, Szenario WT 66.....	72
Tabelle 15:	Berechnung der Fläche der Grundwassereinzugsgebiete im Ist-Zustand und für 2021 - 2050.	74
Tabelle 16:	Entnahmemengen gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis.	77
Tabelle 17:	Ergebnis der Verschneidung des Modellgebiets mit den Teileinzugsgebieten aus dem Wasserhaushaltsportal.	79
Tabelle 18:	Mittelwerte ausgewählter WH-Komponenten für die charakteristischen Zeiträume, Ist-Zustand.	79
Tabelle 19:	Mittelwerte ausgewählter WH-Komponenten für die charakteristischen Zeiträume, Szenario WT 66.....	79
Tabelle 20:	Bilanzierung des Einzugsgebiets der Wasserfassung Jahnaaue II im Ist-Zustand.....	83
Tabelle 21:	Bilanzierung des Einzugsgebiets der Wasserfassung Jahnaaue II für den Zustand 2021 - 2050	83
Tabelle 22:	Mengen der Grundwasserentnahme im Modellgebiet sowie im GWK unterteilt in öffentliche und private Entnahmen.....	91
Tabelle 23:	Mittelwerte ausgewählter WH-Komponenten für die charakteristischen Zeiträume, Ist-Zustand	94

Tabelle 24: Mittelwerte ausgewählter WH-Komponenten für die charakteristischen Zeiträume, Szenario WT 66.....	95
Tabelle 25: Langjährige Mittelwerte der Wasserhaushaltskomponenten für den GWK Schwarzer Graben (Ist-Zustand, 1965 - 2010 und Klimaszenario WT 66, 2021 - 2100)	96
Tabelle 26: Gegenüberstellung der Grundwasserentnahmen WW Torgau-Ost – Durchfluss der Elbe.....	96

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
ETR	reale Verdunstung (Evapotranspiration)
ETP	potenzielle Verdunstung (Evapotranspiration)
FISWrV	Fachinformationssystem Wasserrechtlicher Vollzug, behördliche Anwendung
GWK	Grundwasserkörper
GWN	Grundwasserneubildung
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie - Niedersachsen
LBGR	Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LRA	Landratsamt
mkr	Abfluss aus der Mischkanalisation
MLUL	Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss in einer betrachteten Zeitspanne
MQ	Mittlerer Abfluss im Gewässer in einer betrachteten Zeitspanne
OWK	Oberflächenwasserkörper
Q_7	höchste Wassermenge an 7 aufeinanderfolgenden Tagen innerhalb eines Jahres [m^3/s]
P	Niederschlag [mm/a]
Q_{365}	durchschnittliche Wassermenge innerhalb eines Jahres [m^3/s]
QG	Quellgebiet
QF	Quellfassung
Q_{max}	maximaler Durchfluss [m^3/s]
Q_{mittel}	mittlerer Durchfluss [m^3/s]
RCP	Representative Concentration Pathways (Repräsentative Konzentrationspfade), Klimaszenarien aus dem 5. IPCC-Sachstandsbericht
RG1	schneller Grundwasserabfluss
RG2	langsamer Grundwasserabfluss
ro	Oberflächenabfluss
RS	schnelle Abflusskomponente
SächsWG	Sächsisches Wassergesetz vom 12. Juli 2013, zuletzt geändert am 8. Juli 2016
TG	Teileinzugsgebiete aus der Wasserhaushaltsmodellierung (KLiWES)
tkr	Abfluss aus der Trennkanalisation
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfungen
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
WF	Wasserfassung
WH	Wasserhaushalt

WRE	Wasserrechtliche Erlaubnis
WSG	Wasserschutzgebiet
WT 66	Klimaszenario WETTREG 66
WVU	Wasserversorgungsunternehmen
WW	Wasserwerk

1 Einführung

1.1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Grundsatzkonzeption der öffentlichen Wasserversorgung 2030 für den Freistaat Sachsen hat die langfristige und nachhaltige Sicherung der Trinkwasserversorgung in der erforderlichen Menge und Güte, auch bei Extremwetterlagen zum Ziel. Dazu sollen Grundsätze für die Fortschreibung der Versorgungskonzepte der Aufgabenträger und für das Ausüben des Bewirtschaftungsermessens der unteren Wasserbehörden ausgearbeitet und vorgegeben werden.

Die Kenntnis der Aufgabenträger der öffentlichen Wasserversorgung und der unteren Wasserbehörden zur Entwicklung der genutzten Grundwasserdarangebote ist notwendig zur Planung von Investitionen und Maßnahmen der Aufgabenträger, die in der wasserwirtschaftlichen Praxis bereits bis ins Jahr 2070 reichen können.

Hinzu kommt ein von den Klimamodellen in Sachsen prognostizierter regional-spezifischer Rückgang von Grundwasserneubildung und Quellschüttungen.

Aus diesen Gründen bedarf es einer qualifizierten Datengrundlage und Methodik zur Bewirtschaftung der Darangebote für die beteiligten Akteure.

Ein Erlass des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung vom 27. September 1996 formulierte erstmals behördliche Anforderungen an Inhalt und Umfang der vom Antragsteller zu erbringenden Dargebotsnachweise bzw. hydrogeologischen Gutachten, die mit Informationen zu Auswirkungen der Grundwasserbenutzung auf Wasser-, Naturhaushalt und bestehende Versorgungssysteme für die nachhaltige Bewirtschaftung des Grundwassers durch die Wasserbehörden herangezogen werden (vgl. § 39 SächsWG).

Ziel des Vorhabens ist die Erarbeitung von methodischen Grundlagen für qualifizierte Dargebotsnachweise für Grundwasserentnahmen unter Berücksichtigung aktueller hydrologischer sowie geologisch-hydrogeologischer und geohydraulischer Grundlagen, welche die Anforderungen im genannten Erlass vom 27.09.1996 aktualisieren und je nach Anforderungsklasse um die Abschätzung des potenziellen, gewinnbaren und nutzbaren Dargebots und deren Prognose fortschreiben sollen. Da von den Aufgabenträgern der öffentlichen Wasserversorgung die Fortschreibung ihrer Wasserversorgungskonzepte bis zum Jahr 2030 gefordert werden wird, die in der Wasserwirtschaft langfristig zu planenden Infrastrukturmaßnahmen allerdings darüber hinaus gehen, sind bei der Bearbeitung der methodischen Grundlagen auch weitere Zeithorizonte zu betrachten.

1.2 Vorgehensweise

Im Rahmen der Aktualisierung der Grundsatzkonzeption Wasserversorgung für den Freistaat Sachsen wurde im Auftrag des LfULG die Leistung "Erarbeitung von methodischen Grundlagen für qualifizierte Dargebotsnachweise für Grundwasserentnahmen" an das Unternehmen BGD ECOSAX (mit den Unterauftragnehmern DHI WASY und Geologische Landesuntersuchung GmbH Freiberg) vergeben.

Ziel des Vorhabens ist die Erarbeitung von methodischen Grundlagen für qualifizierte Dargebotsnachweise für Grundwasserentnahmen unter Berücksichtigung aktueller hydrologischer sowie geologisch-hydrogeologischer und geohydraulischer Grundlagen, um den bislang bestehenden Defiziten bei der Gutachterbringung durch den Antragsteller einer Wasserentnahme als auch bei der Prüfung der Gutachten und Genehmigung der Entnahme durch die unteren Wasserbehörden zu begegnen.

Die Leistungsbeschreibung umfasst drei Teilaufgaben:

- Teilaufgabe 1 beinhaltet die Überarbeitung und Fortschreibung der Inhalte und Anforderungen an qualifizierte Dargebotsnachweise für Grundwasserentnahmen im Runderlass vom 27.09.1996. Es sind die aktuellen Anforderungsklassen zu überprüfen, untersetzende Kriterien zu definieren und die einzureichenden Unterlagen/ Gutachtenbestandteile je Anforderungsklasse zu aktualisieren.
- Teilaufgabe 2 umfasst die Erarbeitung von Leitfadenbestandteilen zur Ermittlung eines qualifizierten Dargebotsnachweises mit Dargebotsprognose auf Grundlage einer Literaturrecherche. Es sind die Ansätze zur Abgrenzung und Festlegung des unterirdischen Einzugsgebietes als Grundlage für die Bilanzierung des Dargebotes übersichtlich darzustellen und zu bewerten. Die Methodik zur Ermittlung zukünftig projizierter potenzieller Dargebotsmengen unter Berücksichtigung des GWN-Viewers in Sachsen ist darzulegen. Für die Ermittlung der künftig zu erwartenden gewinnbaren und nutzbaren Dargebotsmenge sind methodische Ansätze aufzuzeigen.
- Um die Erarbeitung der methodischen Grundlagen (Leitfaden) möglichst praxisnah zu gestalten und die Anwendbarkeit zu testen, umfasst Teilaufgabe 3 die beispielhafte Anwendung für vier Gebiete mit unterschiedlichen Datengrundlagen und Anforderungen an einen Dargebotsnachweis. Bei der Bearbeitung der Aufgabe 3 geht es um den Abgleich vorhandener Unterlagen mit den entsprechend der erarbeiteten Methodik ergebenden Anforderungen und die Prüfung der Dargebotsentwicklung auf der Basis der erarbeiteten Leitfadenbestandteile.

1.3 Begriffsbestimmung

Die im Rahmen des Leitfadens und der Beispielbearbeitung verwendeten Begriffe sind wie folgt definiert:

- **potenzielles Dargebot:** Das potentielle Dargebot wird im Folgenden gleichbedeutend mit dem in der DIN 4049-3 definierten Grundwasserdargebot, als Summe aller positiven Glieder der Wasserbilanz für einen Grundwasserabschnitt, verwendet. Die Hauptkomponente stellt dabei die Grundwasserneubildung aus Niederschlag dar. Weitere Komponenten können zum Beispiel unterirdische Randzuflüsse aus benachbarten Aquiferen oder Zusickerungen aus oberirdischen Gewässern sein.
- **gewinnbares Dargebot:** Das gewinnbare Grundwasserdargebot wird gemäß DIN 4049-3 als der Teil des (potenziellen) Grundwasserdargebot definiert, der mit technischen Mitteln dem Untergrund entnehmbar ist.
- **nutzbares Dargebot:** Die DIN 4049-3 definiert das nutzbare Grundwasserdargebot als den Teil des gewinnbaren Dargebots, der für die Wasserversorgung unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen genutzt werden kann.
- **aktuelles Dargebot:** Grundwasserdargebot, welches unter den derzeit herrschenden hydrologischen Bedingungen ermittelt wird.
- **zukünftig mögliches Dargebot:** Grundwasserdargebot, welches unter zukünftig möglichen hydrologischen Bedingungen ermittelt wird. Für die Ermittlung sind Klimaszenarien für die Niederschlagsspanne und das Niveau der potentiellen Verdunstung als Randbedingung für Simulationen des Wasserhaushalts erforderlich.

- **Dargebotsnachweis:** Nachweis, dass die benötigte und beantragte Wassermenge in ausreichendem Maße zur Verfügung steht.
- **Trockenwetterdargebot:** Mittlere Grundwasserneubildung in definierten Trockenperioden, z.B. Klimaszenario der 5 trockensten Jahre (LBEG 2014)
- **Wasserbilanz:** Mengenmäßige Erfassung der Komponenten des Wasserkreislaufs und der Vorratsänderung in einem Betrachtungsgebiet während einer Betrachtungszeitspanne (DIN 4049-3).
- **Grundwassereinzugsgebiet:** Gebiet, aus dem unterirdisches Wasser einem bestimmten Ort zufließt (DIN 4049-3).
- **Absenkungstrichter:** Eingetiefte Grundwasserdruckfläche im Absenkungsbereich einer Grundwasserentnahme (DIN 4049-3).
- **Entnahmebreite:** Abstand zwischen den Grenzstromlinien einer Grundwasserentnahme gemessen entlang einer Grundwassergleiche (DIN 4049-3).
- **Unterer Kulminationspunkt:** Tiefster Punkt der Grenzstromlinie des Einzugsgebietes einer Grundwasserentnahme (DIN 4049-3).
- **Repräsentatives Elementarvolumen:** In einem Grundwasserleiter variieren sowohl die Geometrie als auch die Fließwege in bestimmten Grenzen. Um die hydraulischen Eigenschaften eines Poren- oder Kluftgrundwasserleiters integral beschreiben zu können, muss das kleinstmögliche Teilgebiet definiert werden, welches diese Eigenschaften repräsentiert. Dieses Teilgebiet wird als repräsentatives Elementarvolumen bezeichnet. Die charakteristischen Eigenschaften eines REV lassen sich mittels effektiver Parameter erfassen, die ausschließlich auf der Skala des REV definiert sind.
- **KLiWES:** Das Forschungsprojekt KLiWES untersuchte die Auswirkungen der prognostizierten Klimaänderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt in den Einzugsgebieten der sächsischen Gewässer.
- **WETTREG: WETT**erlagen-basierte **REG**ionalisierungsmethode, ein in Deutschland entwickeltes statistisches Verfahren zur Errechnung von Klimavariablen

Im Folgenden werden die Grundlagen des Wasserhaushaltes und seiner Komponenten (Wasserhaushaltsgrößen) für die Bearbeitung des Leitfadens erläutert.

Der Wasserhaushalt umfasst das Zusammenwirken der Wasserhaushaltsgrößen Niederschlag P, Verdunstung ET, Abfluss R und Speicheränderung ΔS :

$$P = ET + R + \Delta S \quad (1)$$

Der Abfluss R setzt sich dabei aus den Komponenten Oberflächenabfluss, hypodermischer oder Zwischenabfluss sowie dem Basisabfluss zusammen. Der Basisabfluss kann im langjährigen Mittel der Grundwasserneubildung gleichgesetzt werden. Der Klimawandel beeinflusst die Grundwasserneubildung durch mögliche Änderungen (1) des Niederschlages, (2) der klimatischen Verdunstungsgrößen (Temperatur, Strahlung, Wind, Luftfeuchte) und (3) der Transpiration.

Basierend auf den Simulationsergebnissen des KLiWES-Projektes wurden für die Beispielstandorte folgende Wasserhaushaltsgrößen für den Ist-Zustand sowie für das Klimaszenario WETTREG 66 dargestellt:

- Niederschlag P
- reale Verdunstung ETR
- reale Verdunstung ETR
- schnelle Abflusskomponente RS, setzt sich zusammen aus Landoberflächenabfluss (ro), hypodermischer Abfluss (rh), Drainageabfluss (drain) und Abflüssen aus der Kanalisation (Mischkanalisationsabfluss mkr, Trennkanalisationsabfluss tkr)
- schnelle Grundwasserkomponente RG1
- langsame Grundwasserkomponente RG2
- Gesamtabfluss R_{ges} (Summe aus schneller Abflusskomponente und den Grundwasserkomponenten).

Die Konvention zur Abschätzung der Grundwasserneubildung (GWN) bezüglich Locker- und Festgestein¹ wurde für die Bearbeitung der Beispielgebiete beibehalten:

- **Lockergestein:** $GWN = RG1 + RG2$
- **Festgestein:** $GWN = RG2$

Sie stellt eine Empfehlung dar, die im Einzelfall in Abhängigkeit der Gebietseigenschaften bzw. der konkreten Fragestellung überprüft und ggf. abweichend ermittelt werden sollte. Dazu zählen beispielsweise Gebiete im Übergang von Locker- zu Festgesteinsbereich, Gebiete mit geologischen Störungen, besonderen Deckschichten oder auch stark anthropogenen Einflüssen.

2 Überarbeitung und Fortschreibung Runderlass vom 27.09.1996

2.1 Überprüfung der Anzahl der Anforderungsklassen und Schwellenwerte im Teil B des Runderlasses

Bei der Entnahme von Grundwasser sind grundsätzlich Auswirkungen auf den Wasser- und Naturhaushalt sowie auf Nutzungen Dritter möglich. Aus diesem Grunde werden im Rahmen eines behördlichen Zulassungsverfahrens Art und Umfang der entnahmebedingten Beeinflussungen geprüft und beurteilt. Grundlage für die Erstellung von Wasserrechtsanträgen in Sachsen ist der Runderlass vom 27.09.1996.

In diesem Runderlass werden die in Tabelle 1 aufgeführten vier Anforderungsklassen unterschieden. Dabei erfolgt eine Einstufung des Wasserrechtsantrags in der Regel insbesondere nach der Höhe der beabsichtigten Grundwasserentnahme. Es wird in Lockergestein und Festgestein unterschieden (Absatz 2, Teil B). Die wesentlichen Anforderungen je Klasse bei der Erstellung der Antragsunterlagen bzw. des Gutachtens zum Wasserrechtsantrag sind ebenfalls in der Tabelle dargestellt (Zusammenfassung Absatz 5, Teil B). Es ist ab der Anforderungsklasse II ein Gutachten auf Grundlage der vorhandenen Unterlagen zu erstellen, in Klasse I erfolgt die Einschätzung durch die zuständige Behörde. Ein Fachgutachten einschließlich Grundwassererkundung ist ab der Anforderungsklasse III zu erstellen. Eine geohydraulische Modellierung ist erst in Klasse IV erforderlich. In der Klasse IV werden zudem umfangreiche technische

¹ <https://www.wasser.sachsen.de/gwn-konvention-11161.html>

Leistungen und ein ausführliches Gutachten einschließlich Kartierung und Bodengutachten gefordert. Hinsichtlich des Dargebotsnachweises genügt in Klasse II die Berechnung der Grundwasserneubildung mit einfachen Methoden. In der Anforderungsklasse III und IV sind neben der Berechnungsmethode auch die wesentlichen Eingabeparameter darzustellen und zu begründen. Der Einfluss des Klimawandels ist nicht zu berücksichtigen.

In Absatz 3 werden zusätzliche Bewertungskriterien genannt. So kann die zuständige Behörde aus einem wichtigen Grund von Absatz 2 abweichende Festlegungen bei der Zuordnung eines konkreten Antrags zu einer Anforderungsklasse treffen. Dabei sollen insbesondere berücksichtigt werden:

- die Art und Höhe der beantragten Entnahme,
- die hydrogeologische Benutzungssituation des Gebietes,
- die erwartete Beeinträchtigung von Schutzgütern oder der Grundwasserbeschaffenheit,
- der beantragte Status der Benutzung (Erlaubnis/ Bewilligung),
- die Sicherheit der öffentlichen Wasserversorgung.

Tabelle 1: Bisherige Anforderungsklassen, Schwellenwerte für die Entnahme und Anforderungen an den Wasserrechtsantrag im Runderlass (1996).

Anforderungsklasse		Q ₃₆₅ Lockergestein	Q ₃₆₅ Festgestein	Anforderung
I	Grundwasserbenutzungen mit Auswirkungen, die nicht über den unmittelbaren Fassungsbereich hinausgehen	< 50 m ³ /d	< 20 m ³ /d	Gutachten: nein, Einschätzung erfolgt durch Behörde Technische Arbeiten: nein Modell: nein
II	Grundwasserbenutzungen, deren Auswirkungen über den örtlichen Bereich der Fassung nicht wesentlich hinausgehen	50 – 1.000 m ³ /d	20 – 200 m ³ /d	Gutachten: ja, auf Grundlage vorhandener Unterlagen Technische Arbeiten: Brunnenbohrung, Pumpversuch (keine Erkundung) Modell: nein
III	Grundwasserbenutzungen mit weitreichenden Auswirkungen über den Fassungsbereich hinaus	1.000 – 14.000 m ³ /d	200 – 3.000 m ³ /d	Gutachten: ja, Fachgutachten Technische Arbeiten: Grundwassererkundung (Bohrungen, Pumpversuche, Geophysik, Tracer, Vermessung) Modell: geohydraulisches Modell nicht zwingend erforderlich
IV	Grundwasserbenutzungen, die weitreichende Auswirkungen auf den Wasser- und Naturhaushalt erwarten lassen	> 14.000 m ³ /d	> 3.000 m ³ /d	Gutachten: wie bei III, aber ausführlicher Technische Arbeiten: umfassende Grundwassererkundung Modell: geohydraulisches Modell erforderlich

Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Anlagen der öffentlichen Wasserversorgung in Sachsen mit Zuordnung der Grundwasserentnahmen zu den im Runderlass 1996 aufgeführten Anforderungsklassen im Locker- und Festgestein. Grundlagen für die Auswertung sind die vom LfULG zur Verfügung gestellten IST-Entnahmemengen 2014 und die Verschneidung mit der Art der Verfestigung (Festgestein/ Lockergestein) auf Basis der HÜK250 der BGR.

Abbildung 2 enthält eine Auswertung der Häufigkeit der bisherigen Anforderungsklassen bei den Grundwasserentnahmen für die öffentliche Wasserversorgung sowie die aufsummierten Entnahmemengen in den einzelnen Anforderungsklassen. Insgesamt gibt es aktuell 334 Wasserfassungen für Grundwasserentnahmen in Sachsen. 110 befinden sich im Lockergestein, 224 fassen Grundwasser aus dem Festgestein. D.h. der überwiegende Anteil der Anlagen der öffentlichen Wasserversorgung befindet sich im Festgestein (ca. 67 %). Bezogen auf die Entnahmemenge erfolgt aber zu ca. 85 % die Wasserversorgung aus Fassungen im Lockergestein, allein zu ca. 55 % durch die 19 Anlagen mit Uferfiltrat bzw. Grundwasseranreicherung.

Im Festgestein wird an 67 Wasserfassungen das Grundwasser über Brunnen gefördert. An 157 Standorten erfolgt die Grundwasserentnahme durch Quellfassungen bzw. Brunnen/ Quellfassungen. Der bisherigen Anforderungsklasse I sind ca. 14 % der Festgesteinsfassungen zuzuordnen, über die Hälfte der Fassungen (ca. 54 %) gehören in die Klasse II und ca. 32 % in die Anforderungsklasse III. Eine Brunnenfassung im Festgestein ist aufgrund der hohen Entnahme der Anforderungsklasse IV zuzuordnen. Im Lockergestein umfasst die Anforderungsklasse I ca. 6 % der Fassungen. Ebenfalls die Hälfte der Fassungen (ca. 52 %) gehören in die Anforderungsklasse II und ca. 37 % in die Anforderungsklasse III. In der Anforderungsklasse IV sind fünf Standorte mit Uferfiltrat (ca. 5 %).

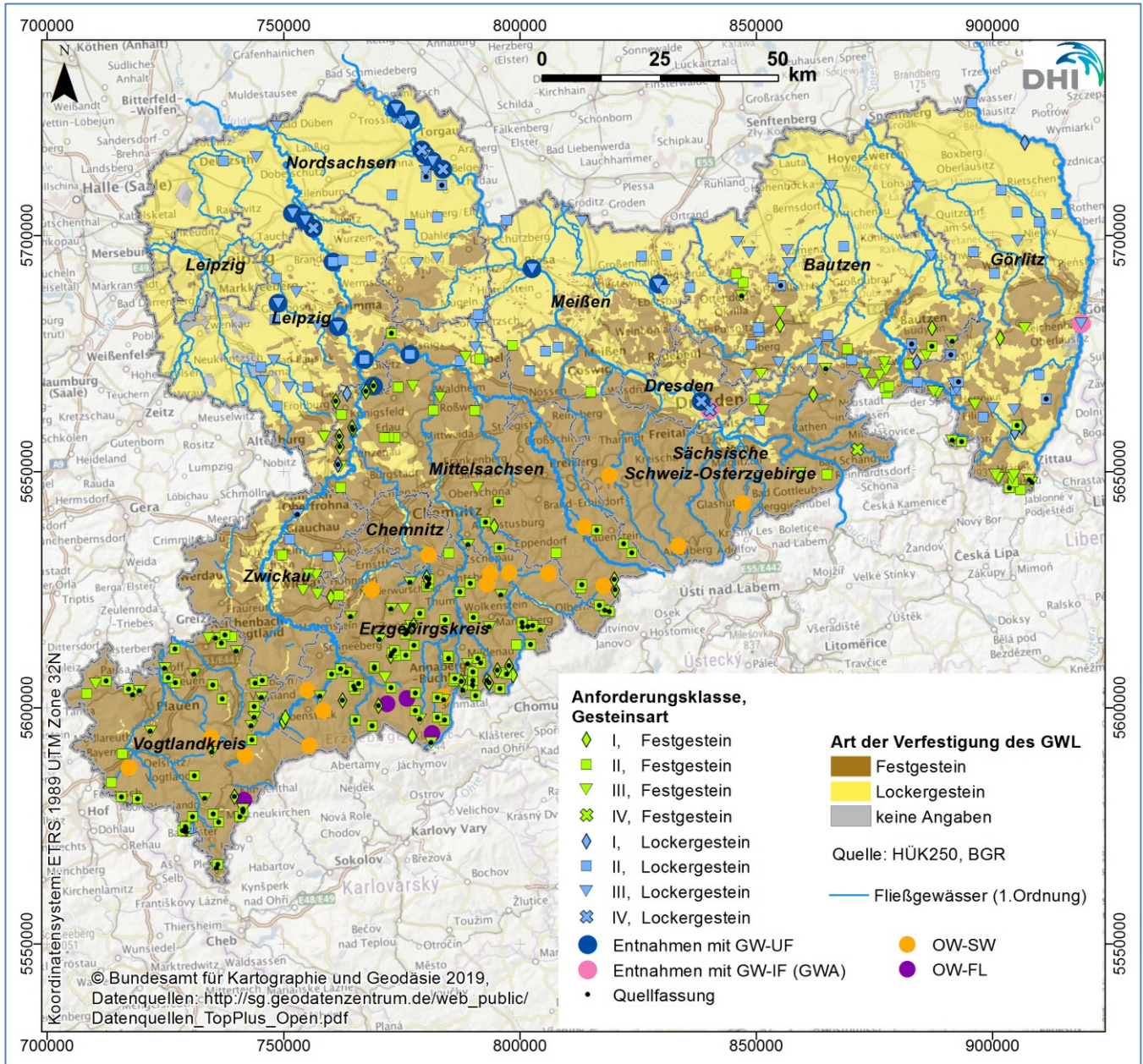


Abbildung 1: Karte mit Zuordnung der IST-Entnahmemengen 2014 der Anlagen der öffentlichen Wasserversorgung zu den bisherigen Anforderungsklassen zur Entnahme von Grundwasser im Locker- und Festgestein.

Auch wenn bei der Bewertung der Klassenzuordnung die für die Auswertung verwendeten IST-Entnahmemengen herangezogen wurden, die zumeist unter den wasserrechtlich genehmigten Mengen liegen, so kann abgeleitet werden, dass der höchsten Anforderungsklasse IV, die eine umfangreiche Grundwassererkundung und eine Grundwassermodellierung zur Bestimmung des Einzugsgebietes und zur Bewertung der Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf Gewässer und Schutzgebiete fordert, nur eine sehr geringe Anzahl von Fassungsstandorten für die öffentliche Wasserversorgung zuzuordnen ist. Die Definition der Entnahmemenge $Q_{365} > 14.000 \text{ m}^3/\text{d}$ (entspricht $> 5 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$) ist zu hoch gefasst. Die Praxis zeigt, dass häufig bei deutlich geringeren Entnahmemengen weitreichende Auswirkungen auf den Wasser- und Naturhaushalt beobachtet werden. Zudem wird für mehr als die Hälfte der Wasserfassungen zur öffentlichen Wasserversorgung kein Fachgutachten gefordert. Für die Dargebotsbetrachtung reichen einfache Methoden zur Berechnung der Grundwasserneubildung.

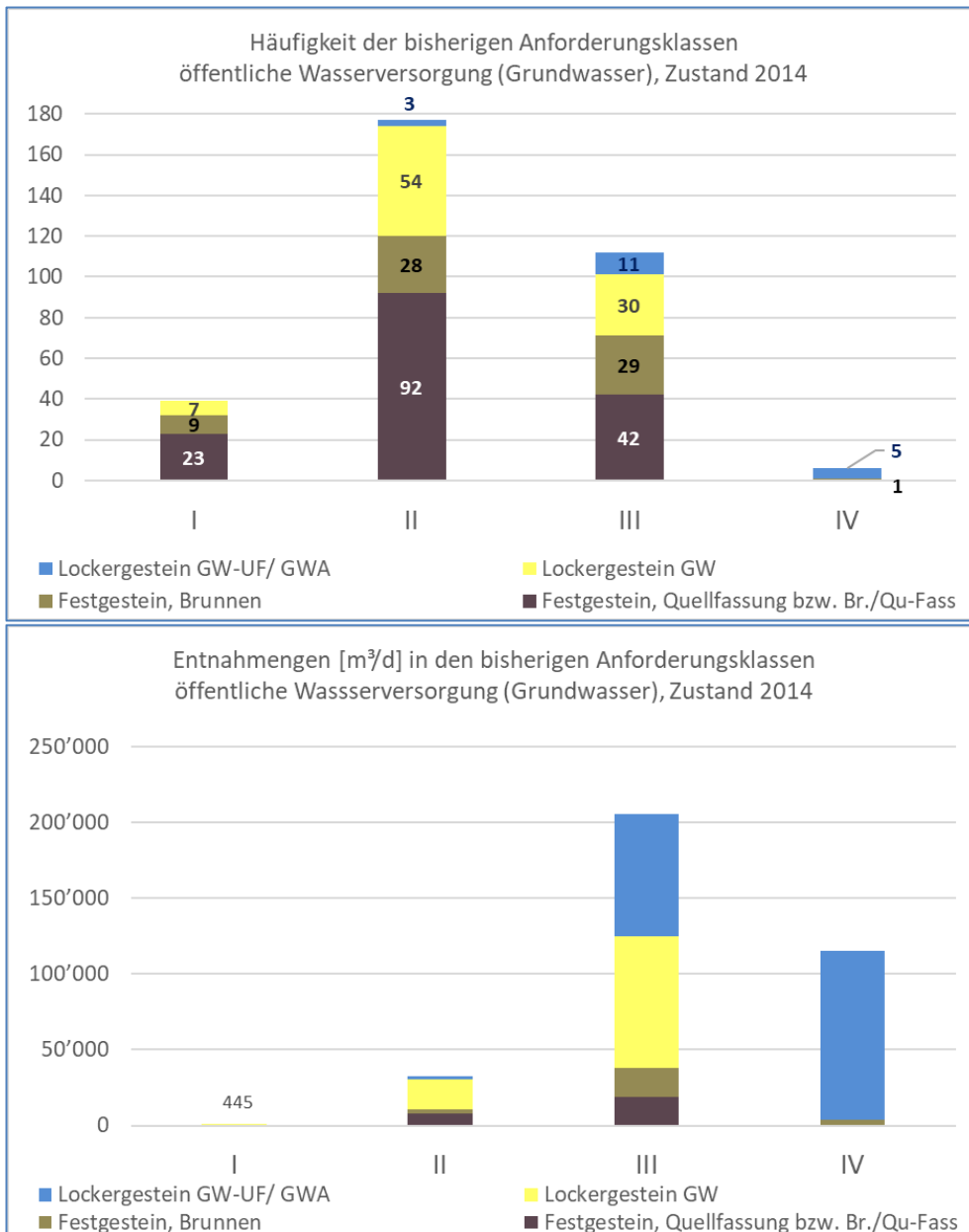


Abbildung 2: Auswertung der Häufigkeit der bisherigen Anforderungsklassen bei den Grundwasserentnahmen für die öffentliche Wasserversorgung (oben) sowie aufsummierte Entnahmemengen in den einzelnen Anforderungsklassen (unten).

Zur Bewertung der im sächsischen Runderlass von 1996 ausgewiesenen Schwellenwerte der Anforderungsklassen erfolgte eine Literaturrecherche zu Angaben von konkreten Entnahmemengen und deren Anforderungen für Genehmigungen in anderen Bundesländern. Es konnten vergleichbare Zahlenangaben im Runderlass und im Leitfaden für Fachgutachten bei Wasserrechtsanträgen in Niedersachsen und im Leitfaden für Wasserschutzgebiete in Brandenburg recherchiert werden, die im Folgenden dargestellt werden. Generell ist zu beachten, dass ein Vergleich der Abstufungen und Anforderungen an Wasserrechtsanträge in den einzelnen Bundesländern aufgrund sehr unterschiedlicher hydrogeologischer Gegebenheiten nur eingeschränkt möglich ist, es können jedoch die prinzipiellen Größenordnungen bewertet werden.

■ Runderlass zur mengenmäßigen Bewirtschaftung in Niedersachsen (MU, 2015):

Wesentliche Auswirkungen auf den Wasserhaushalt sind zu erwarten beim Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten oder Ableiten von Grundwasser, wenn die Wassermengen durch ein- oder mehrfache Nutzung eines Grundwasservorkommens größer als 250.000 m³ je Jahr (Q₃₆₅ 685 m³/d) oder 5.000 m³ je Tag in Lockergesteinen bzw. größer als 100.000 m³ je Jahr (Q₃₆₅ 274 m³/d) oder 2.000 m³ je Tag in Festgesteinen ist.

■ Leitfaden für hydrogeologische und bodenkundliche Fachgutachten bei Wasserrechtsverfahren in Niedersachsen, GeoBerichte 15, LBEG (2009):

Was Anträge mit sehr geringen Entnahmen (etwa kleiner als 50 000 m³/a in Lockergesteinen und etwa kleiner als 30 000 m³/a in Festgesteinen) anbelangt, so können die fachlichen Anforderungen in diesen Fällen stark reduziert werden. Für eine fachliche Einschätzung des Vorhabens sind jedoch Mindestangaben erforderlich, wie z. B.: Schichtenverzeichnis, Ausbaudaten, Messung des Ruhe- und Betriebswasserspiegels, Darstellung des Einzugsgebietes.

Häufig handelt es sich bei den kleineren Antragsmengen um Grundwasserentnahmen für die Feldberegnung. Die Brunnendichte kann dabei in einzelnen Beregnungsgebieten sehr hoch werden und aufgrund der Summenwirkung unter Umständen zu einer starken Beanspruchung des genutzten Grundwasservorkommens führen. In derartigen Fällen sind die Auswirkungen in ihrer Gesamtheit darzulegen. Dazu ist ein umfassender Antrag einschließlich eines Fachgutachtens, z. B. von einem Beregnungsverband oder einem Verbund von Betreibern von Feldberegnungsbrunnen, zu erstellen.

■ Wasserschutzgebiete in Brandenburg, Festsetzung und Vollzug, Leitfaden des MLUL (2018):

In der Anlage 2 zu diesem Leitfaden für die Ausweisung von Wasserschutzgebieten finden sich zwei Versionen dieser Leistungsbeschreibung, die, gestaffelt nach Bemessungsmengen (Q₃₆₅ < 1000 m³/d und Q₃₆₅ ≥ 1000 m³/d), einen mehr oder weniger großen Bearbeitungsaufwand erfordern. Danach ist bei Bemessungsmengen von mehr als 1000 m³/d der Aufbau eines Grundwassermodells im Regelfall erforderlich. Bei Bemessungsmengen von weniger als 1000 m³/d sind analytische bzw. halb-analytische Strömungsberechnungen ausreichend. Die Leistungsbeschreibung kann im Einzelfall mit dem LfU abgestimmt werden. Bei sehr kleinen Entnahmemengen kann die Leistungsbeschreibung gemäß Anlage 2.2 (< 1000 m³/d) noch weiter gekürzt werden, bzw. es ist dann kein Gutachten im eigentlichen Sinne mehr erforderlich, entweder weil das WVU die dann noch erforderlichen Angaben und Unterlagen ohne externen Sachverstand selbst beibringen kann oder diese bei den zuständigen Behörden schon vorliegen.

Wasserfassungen mit Entnahmemengen von weniger als 100 m³/d haben in den Lockergesteinsgrundwasserleitern des Landes Brandenburg oft so schmale Einzugsgebiete, dass eine rechtssichere Abgrenzung vollziehbarer Schutzzonen anhand von Flurstücksgrenzen und topografischen Merkmalen kaum möglich ist. Zudem ist bei diesen Fassungen die exakte Anströmrichtung häufig nicht bekannt, da keine ausreichende Anzahl von Grundwasserstandsmessstellen zur Verfügung steht. Allerdings liegen für die kleinen Wasserwerke in den meisten Fällen Schichtenverzeichnisse mit Ausbaudokumentationen der Brunnenbohrungen, Pumpversuchsprotokolle für die betreffenden Brunnen und Wasseranalysen entweder direkt bei den WVU oder im Archiv des LBGR vor. Unter Zugrundelegung geologischen Kartenmaterials und ggf. vorhandener weiterer Schichtenverzeichnisse für das Einzugsgebiet sowie durch Auswertung der Rohwasseranalysen der einzelnen Brunnen mit Hilfe des im LBGR entwickelten Genesemodells können im Einzelfall hinreichend genaue Aussagen zu den hydrogeologischen Verhältnissen getroffen werden.

Da in Abhängigkeit von der Entnahmemenge zusätzlich zum Wasserrechtsantrag eine Umweltverträglichkeitsprüfung/ -vorprüfung durchgeführt werden muss, wird eine Harmonisierung mit dem Gesetz zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) geprüft. Folgende Anforderungen gelten im UVP:

- ab Entnahmemengen von 10 Mio. m³ pro Jahr ist das Vorhaben UVP-pflichtig,
- ab Entnahmemengen von 100.000 m³ pro Jahr ist eine allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls durchzuführen,
- ab Entnahmemengen von 5.000 m³ pro Jahr ist eine standortbezogene Vorprüfung des Einzelfalls durchzuführen,
- zudem besteht UVP-Pflicht bei besonderen örtlichen Gegebenheiten, wenn nachteilige Umweltauswirkungen auf die Schutzkriterien (Anlage 2 Nr. 2 UVP) zu erwarten sind.

In der standortbezogenen Vorprüfung für Entnahmen ab 5000 m³ pro Jahr ist zu prüfen, ob durch das Vorhaben besondere örtliche Gegebenheiten gemäß der in Anlage 3 Nummer 2.3 aufgeführten Schutzkriterien vorliegen (naturschutzsensible Gebiete). Die allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls ab Entnahmemengen von 100.000 m³ pro Jahr umfasst die Betrachtung aller Punkte aus Anlage 3 UVP, v.a. eine Beurteilung der Auswirkungen des Vorhabens (z.B. Schwere, Dauer, Umkehrbarkeit der Auswirkungen, Zusammenwirken mit anderen Vorhaben). Diese Anforderungen bestehen auch in den Fachgutachten für die Wasserrechtsanträge.

Aus den dargestellten Ausführungen werden für die Überarbeitung des Runderlasses in Sachsen folgende Empfehlungen abgeleitet.

Es wird die Unterteilung in drei statt vier Anforderungsklassen für das Kriterium Entnahmemenge empfohlen. Folgende Schwellenwerte für die mittlere Entnahmemengen werden empfohlen (vgl. auch Tabelle 2):

Vorschlag für Lockergesteinsfassungen:

- Klasse 1 bis 100.000 m³/a (entspricht bis Q₃₆₅ 274 m³/d)
- Klasse 2 ab 100.000 m³/a bis 730.000 m³/a (entspricht bis Q₃₆₅ 2000 m³/d)
- Klasse 3 ab 730.000 m³/a

Vorschlag für Festgesteinsfassungen:

- Klasse 1 bis 50.000 m³/a (entspricht bis Q₃₆₅ 137 m³/d)
- Klasse 2 ab 50.000 m³/a bis 500.000 m³/a (entspricht bis Q₃₆₅ 1370 m³/d)
- Klasse 3 ab 500.000 m³/a

Tabelle 2 enthält ergänzend die Vorschläge für Schwellenwerte für maximale Entnahmen Q₇ in den Anforderungsklassen. Für die Einordnung in eine Anforderungsklasse soll die höhere der beiden beantragten oder von der Wasserbehörde im Einzelfall bereits festgesetzten Entnahmen (Q₃₆₅ oder Q₇) maßgebend sein.

Tabelle 2: Vorschlag zur Definition von Schwellenwerten für zukünftig drei Anforderungsklassen mit Jahresentnahmen Q_{365} [m³/a] und maximalen Entnahmen Q_7 [m³/d].

Anforderungs- klasse	Lockergesteins- fassung Q_{365} m ³ /a	Lockergesteins- fassung Q_7 m ³ /d	Festgesteins- fassung Q_{365} m ³ /a	Festgesteins- fassung Q_7 m ³ /d
I	< 100.000	< 1.000	< 50.000	< 200
II	100.000 bis < 730.000	1.000 – 5.000	50.000 bis < 500.000	200 – 1.500
III	≥ 730.000	> 5.000	≥ 500.000	> 1.500

Im Zusammenhang mit der Neuabstufung der Entnahmemengen ist eine Überprüfung der Anforderungen an die einzureichenden Unterlagen durchzuführen (s. einzureichende Unterlagen in Kapitel 2.4). Aufgrund des von den Klimamodellen in Sachsen projizierten regionalspezifischen Rückgangs von Grundwasserneubildung und Quellschüttungen wird empfohlen, in jedem Wasserrechtsantrag eine Abschätzung des potenziellen Dargebots und dessen Prognose zu fordern. D.h. in der Anforderungsklasse I ist schon ein Dargebotsnachweis zu führen und dazu das Einzugsgebiet der Fassungsanlage abzugrenzen. Ab der Anforderungsklasse II wird empfohlen, ein Fachgutachten zu erstellen, dass auf einer Grundwassererkundung und hydrogeologischen Modellvorstellung zur Ermittlung und Bilanzierung des Einzugsgebietes sowie Bewertung der Auswirkungen auf Gewässer und Schutzgebiete basiert. Der Fokus in Klasse II soll dabei vor allem auf die Erfassung und Darlegung des grundlegenden hydrogeologischen Systemverständnisses am Fassungsstandort gelegt werden. In Klasse III sind umfangreichere technische Erkundungen und Modelluntersuchungen durchzuführen (s. Erläuterungen zu den neuen Anforderungsklassen in Kapitel 2.4). Der Gutachter schlägt zudem zusätzliche Bewertungskriterien vor, die der zuständigen Behörde eine Umstufung in eine höhere Anforderungsklasse bzw. die Einzelfallentscheidung für verringerte Anforderungen beim Umfang der Antragsunterlagen ermöglichen sollen (s. ergänzende Kriterien in Kapitel 2.3).

Die Abbildung 3 zeigt die Auswertung der Häufigkeit der neu definierten Anforderungsklassen bei den Grundwasserentnahmen für die öffentliche Wasserversorgung sowie die aufsummierten Entnahmemengen in den einzelnen Anforderungsklassen. Für mehr als die Hälfte der Wasserrechtsanträge wird nach der vorgeschlagenen Klassifizierung, die zunächst nur auf die mittlere Entnahmemenge bezogen ist, ein Fachgutachten mit Grundwassererkundung und hydrogeologischer Modellvorstellung gefordert.

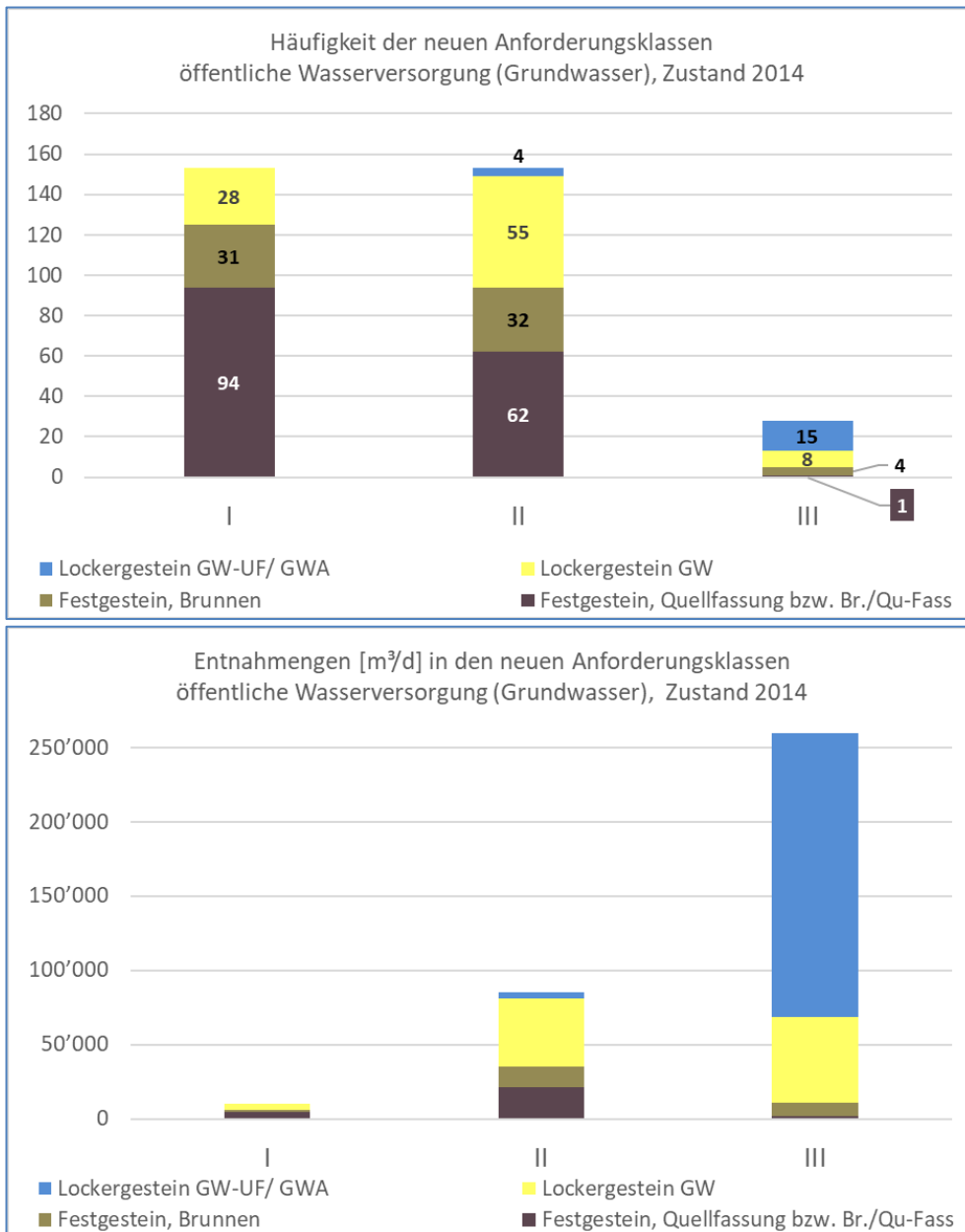


Abbildung 3: Auswertung der Häufigkeit der neu definierten Anforderungsklassen bei den Grundwasserentnahmen für die öffentliche Wasserversorgung (oben) sowie aufsummierte Entnahmemengen in den einzelnen Anforderungsklassen (unten).

In Abbildung 4 wurden die Angaben zu den wasserrechtlich genehmigten Entnahmemengen für Beregnung und Bewässerung aus dem Fachinformationssystem Wasserrechtlicher Vollzug (Stand Dezember 2019) ausgewertet. Nach Zuordnung zu den neu definierten Anforderungsklassen wäre für jeden Antrag ein Gutachten basierend auf vorhandenen Grundlagen sowie mit Einzugsgebietsermittlung und Dargebotsnachweis erforderlich. Für 35 statt bisher 11 Beregnungsanlagen wäre ein Fachgutachten mit Grundwassererkundung, hydrogeologischer Modellerstellung und ggf. numerischer Modellierung zu erstellen. Zu 75 der 180 Grundwasserfassungen mit dem Zweck Beregnung/ Bewässerung liegen Angaben zu maximalen Entnahmen vor. Bei zwei Lockergesteinsfassungen müsste aufgrund dieses zusätzlichen Kriteriums für die Grundwasserentnahme die Höherstufung von Klasse I in Klasse II erfolgen. Bisher sind aber

häufig keine Beschränkungen zu maximalen Entnahmen vorgegeben bzw. sind sie sehr uneinheitlich definiert. Es wird empfohlen, dass zukünftig in allen Wasserrechtsanträgen neben dem Q₃₆₅- ein Q₇-Wert aufzunehmen und seitens der Behörde festzusetzen ist.

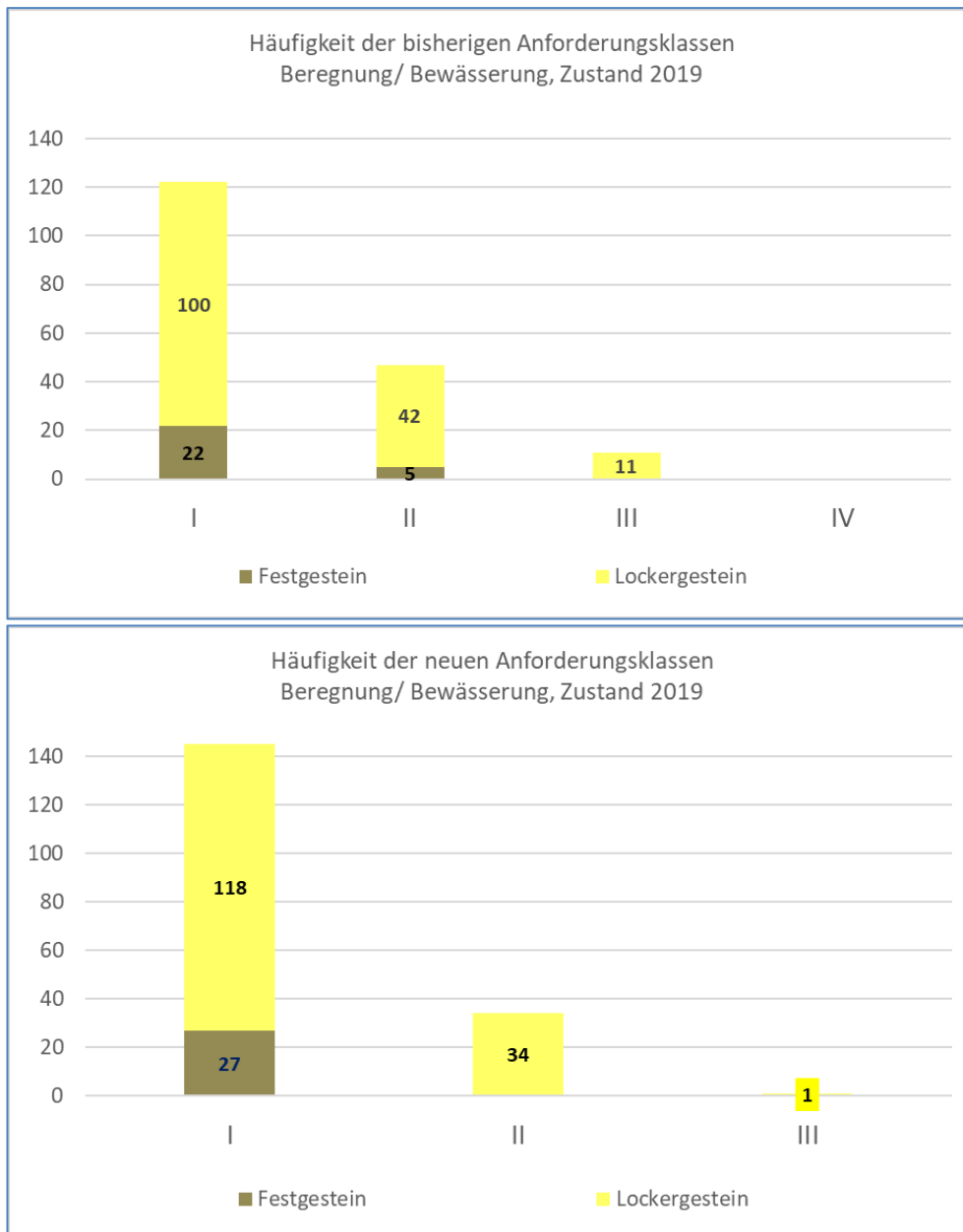


Abbildung 4: Zuordnung der beantragten und wasserrechtlich genehmigten Entnahmemengen für Bewässerung / Beregnung (Fachinformationssystem Wasserrechtlicher Vollzug, Stand Dezember 2019) zu den bisherigen (oben) und den neu definierten Anforderungsklassen (unten). Erlaubnisfreie Entnahmen wurden nicht berücksichtigt.

Abbildung 5 zeigt die beantragten und wasserrechtlich genehmigten Grundwasserentnahmen für Beregnung/ Bewässerung nach der neuen Anforderungsklassifizierung zusammen mit dem projizierten mengenmäßigen Zustand der Grundwasserkörper für den Projektionszeitraum 2021 - 2050 (LfULG, 28.05.2020). Die Darstellung verdeutlicht die Relevanz der empfohlenen erhöhten Anforderungen auch

für Entnahmen der Klasse I, insbesondere der für alle Klassen gleichermaßen geforderte Dargebotsnachweis einschließlich Klimaprojektion. Die Mehrzahl der Berechnungsentnahmen erfolgt aus Grundwasserkörpern, für die zukünftig ein Risiko bezüglich des nutzbaren Dargebots besteht und teilweise auch aktuell schon vorhanden ist.

Zudem ist gerade bei Berechnungsanlagen zu berücksichtigen, dass die Brunnendichte in den einzelnen Berechnungsgebieten sehr hoch werden kann und somit auch die Summenwirkung von mehreren Anlagen zu bewerten ist. Die Summenwirkung kann unter Umständen zu einer starken Beanspruchung des genutzten Grundwasservorkommens führen. Daher sind die Auswirkungen in ihrer Gesamtheit darzulegen.

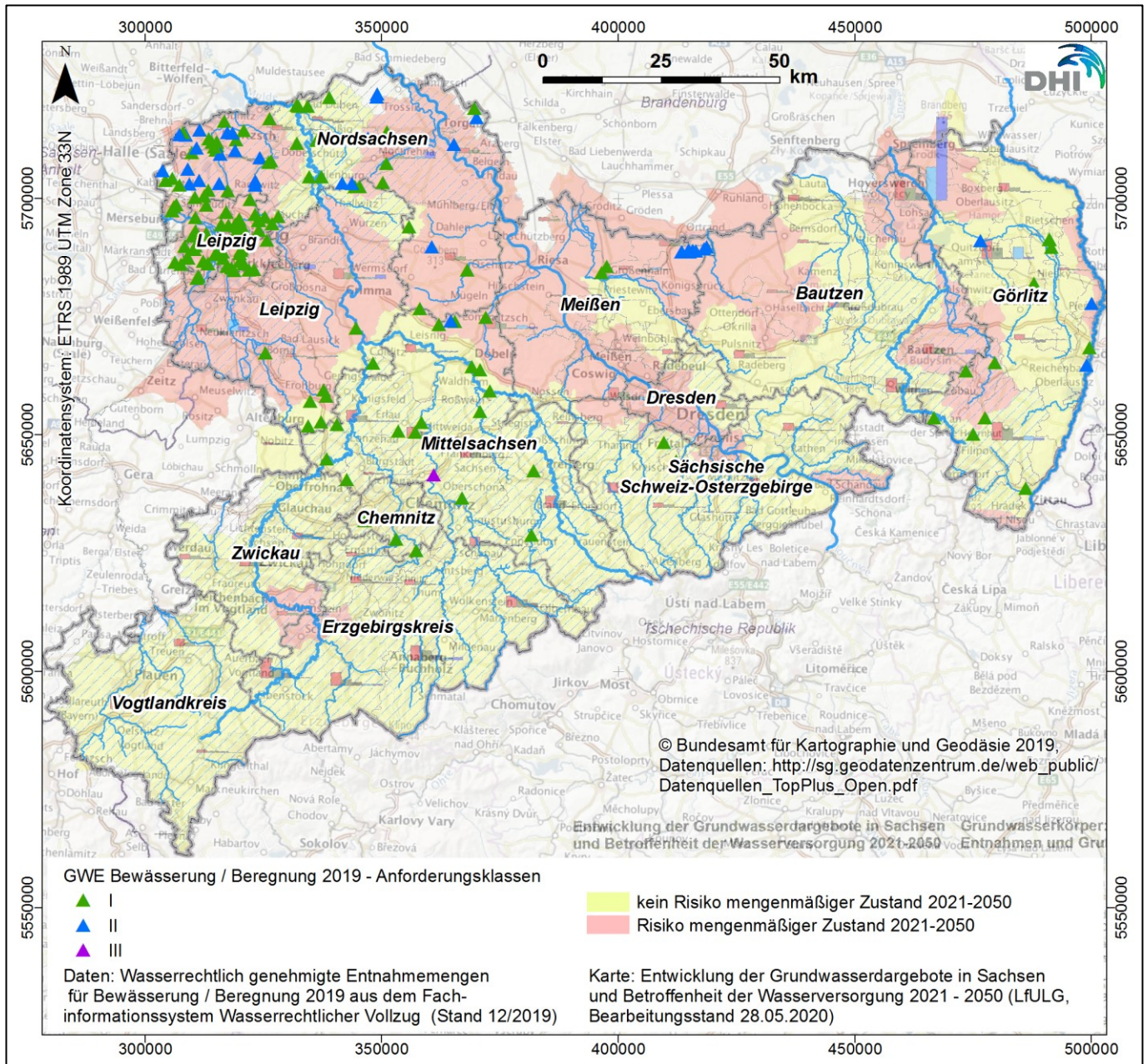


Abbildung 5: Beantragte und wasserrechtlich genehmigte Grundwasserentnahmen für Beregnung/Bewässerung nach der neuen Anforderungsklassifizierung zusammen mit dem projizierten mengenmäßigen Zustand der Grundwasserkörper für den Projektionszeitraum 2021 - 2050 (LfULG, 28.05.2020). Erlaubnisfreie Entnahmen wurden nicht berücksichtigt.

2.2 Vorschlag für neue Schwellenwerte des Kriteriums Entnahmemenge und Anforderungen an den Antrag

Als Gegenüberstellung zu Tabelle 1 enthält die folgende Tabelle 3 zusammengefasst den erarbeiteten Vorschlag zu den neu definierten Anforderungsklassen I bis III mit den zugehörigen Schwellenwerten für das Kriterium Entnahmemenge. Die Angaben erfolgen zur Vergleichbarkeit in der Einheit [m³/d].

Tabelle 3: Zusammenfassung von empfohlenen Schwellenwerten für das Kriterium Entnahmemenge [m³/d] (Tabelle 2) mit den Anforderungen an den Wasserrechtsantrag.

Anforderungsklasse		Q [m ³ /d] Lockergestein	Q [m ³ /d] Festgestein	Anforderung
I	Grundwasserbenutzungen mit im örtlichen Bereich der Fassung liegenden bzw. lokal darüber hinausgehenden Auswirkungen	$Q_{365} < 274 \text{ m}^3/\text{d}$ $Q_7 < 1.000 \text{ m}^3/\text{d}$	$Q_{365} < 137 \text{ m}^3/\text{d}$ $Q_7 < 200 \text{ m}^3/\text{d}$	Gutachten: ja, auf Grundlage vorhandener Unterlagen, Dargebotsnachweis Technische Arbeiten: Brunnenbohrung, Leistungspumpversuch (keine Erkundung), Quellschüttungsmessungen Modell: nein
II	Grundwasserbenutzungen mit weitreichenden Auswirkungen über den Fassungsbereich hinaus	$Q_{365}: 274 \text{ bis } < 2.000$ $Q_7: 1.000 \text{ bis } < 5.000$	$Q_{365}: 137 \text{ bis } < 1.370$ $Q_7: 200 \text{ bis } < 1.500$	Gutachten: ja Fachgutachten, Dargebotsnachweis Technische Arbeiten: GW-Erkundung (z.B. GW-Stichtagsmessung, Quellschüttungsmessungen, Bohrungen, Pumpversuche, Abflussmessungen in Vorflutern) Modell: Hydrogeologische Modellvorstellung, ggf. Überführung in ein numerisches Modell
III	Grundwasserbenutzungen, die weitreichende Auswirkungen auf den Wasser- und Naturhaushalt erwarten lassen	$Q_{365} > 2.000$ $Q_7 > 5.000$	$Q_{365} > 1.370$ $Q_7 > 1.500$	Gutachten: wie bei II, aber ausführlicher Dargebotsnachweis Technische Arbeiten: umfassende GW-Erkundung (z.B. Geophysik, Tracer, Vermessung, Kartierung für Bodengutachten) Modell: numerisches Modell

Zukünftig ist für jeden Wasserrechtsantrag ein Gutachten einschließlich Dargebotsnachweis zu erstellen.

In der **Anforderungsklasse I** umfasst das Gutachten die Darstellung der vorhandenen Daten und Unterlagen. In der **Anforderungsklasse II** ist ein Fachgutachten zu erstellen, das eine Bewertung der Daten und Fakten und zusätzliche Grundwassererkundungen wie z.B. eine Stichtagsmessung und Pumpversuche umfasst. Es soll das hydrogeologische Systemverständnis nachvollziehbar dokumentiert werden. Dazu ist eine hydrogeologische Modellvorstellung gemäß dem Leitfaden „Hydrogeologische Modelle“ der Fachsektion Hydrogeologie der Deutschen Geologischen Gesellschaft zu erarbeiten (FH-DGG, 2002). Das hydrogeologische Modell beinhaltet die Darstellung der wesentlichen Systemeigenschaften und die Abstrahierung bzw. Schematisierung der Einflussgrößen und ihrer Zusammenhänge im Untersuchungsgebiet. Es soll eine quantitative Beschreibung des Systemverhaltens und der Vorhersagen zu natürlichen und anthropogenen Einflüssen ermöglichen. Bei Bedarf kann die Bearbeitung in der Klasse II auch die Überführung in ein numerisches Strömungsmodell und Prognoserechnungen mit dem Modell beinhalten. In der **Anforderungsklasse III** sind die Anforderungen an die durchzuführenden Arbeiten und einzureichenden Unterlagen aufgrund der weitreichenderen Auswirkungen umfassender, es ist eine numerische Grundwassermodellierung durchzuführen (siehe Kapitel 3.1.3). Es wird empfohlen, ab der Anforderungsklasse II das Fachgutachten und den Dargebotsnachweis durch einen Fachplaner erarbeiten zu lassen.

Der **Dargebotsnachweis** umfasst für alle Anforderungsklassen gleichermaßen die Ermittlung der aktuellen und zukünftig projizierten Dargebotsmenge auf Grundlage aufbereiteter Wasserhaushaltsdaten aus dem Wasserhaushaltsportal bzw. GWN-Viewer des LfULG, bezogen auf das Einzugsgebiet der Wasserfassung. Der Dargebotsnachweis stellt einen wesentlichen Bestandteil der Antragsunterlagen dar. Durch die Vorgabe, die Wasserhaushaltsdaten aus dem Wasserhaushaltsportal zu verwenden, liegt für zukünftige Wasserrechtsanträge bzw. Überprüfungen eine einheitliche Datengrundlage sowie Methodik für die Ermittlung der Grundwasserneubildung in Sachsen vor. Im Kapitel 3.2 wird die Ermittlung der potenziellen Dargebotsmenge unter Berücksichtigung der Wasserhaushaltsdaten aus dem Wasserhaushaltsportal erläutert. Besonders hervorzuheben ist, dass bei allen Anträgen auch das zukünftig projizierte Dargebot auszuweisen ist. Damit wird weitgehend sichergestellt, dass die beantragten Entnahmemengen auch unter den Bedingungen der zugrundeliegenden Klimaprojektionen zur Verfügung stehen. Außerdem kann ermittelt werden, welche Auswirkungen bzw. Betroffenheiten in den – auf Grund der projizierten, oftmals deutlich verringerten Neubildungsraten – vergrößerten Einzugsgebieten entstehen können.

Im Kapitel 3.1 werden Methoden zur Abgrenzung und Festlegung des **unterirdischen Einzugsgebietes** dargestellt, auf das sich die Prüfung des aktuellen und zukünftig projizierten Dargebots bezieht. Die Ermittlung des Einzugsgebiets kann durch das Grundwassergleichen-Verfahren und/oder rechnerische und grafische Verfahren erfolgen.

In der Anforderungsklasse III sind **numerische Strömungsmodelle** trotz der in den Modellergebnissen enthaltenden Unsicherheiten und trotz notwendiger Vereinfachungen wertvolle Instrumente zur Bewertung der Vorhaben. Mit Hilfe von Sensitivitätsuntersuchungen lassen sich auch bei (immer vorhandenen) Defiziten in den Grunddaten für den Modellaufbau oder unzureichenden Kalibrierungsdaten Aussagen zu relevanten Einflussgrößen auf die Ausdehnung des Einzugsgebiets und zur Beeinflussung bzw. Überlagerung von Oberflächengewässern oder anderen Grundwassernutzern ableiten und begründen.

Für folgende Verhältnisse/Standortbedingungen wird empfohlen, ein numerisches Grundwassermodell im Rahmen des Wasserrechtsverfahrens anzufordern (in Anlehnung an LBEG, 2009):

- wenn die Grundwasserströmung im Einzugsgebiet durch hydrogeologisch komplexe Untergrundverhältnisse bestimmt wird (z.B. bei Vorhandensein mehrerer Grundwasserstockwerke),
- wenn die Verteilung der Grundwasserneubildungsrate sehr ungleichmäßig ist,
- wenn die Interaktion mit Vorflutern bzw. sonstigen, grundwasserabhängigen Gewässern zu berücksichtigen ist (Beeinflussung, Bilanzierung),
- bei konkurrierenden Nutzungen im Einzugsgebiet oder im direkten Umfeld,
- bei Grundwasserkörpern in mengenmäßig schlechtem Zustand.

Eine wesentliche Ergänzung der neuen Schwellenwerte für das Kriterium Entnahmemenge stellt die Betrachtung der maximalen Entnahmen dar. Es wird empfohlen, zukünftig in allen Wasserrechtsanträgen **maximale Entnahmen als Q_7 -Werte** zu beantragen bzw. in den wasserrechtlichen Bescheiden entsprechende Beschränkungen festzulegen. Das ist vor allem für nicht kontinuierlich erfolgende Grundwasserentnahmen wichtig. Insbesondere für Anlagen zur Beregnung / Bewässerung können damit die Anforderungen an die erforderlichen Antragsunterlagen präzisiert werden. Ergänzend wird vor dem Hintergrund des steigenden Wasserbedarfs, vor allem in den trockenen Monaten (sowohl für die öffentliche Wasserversorgung als auch für die Beregnung bzw. Bewässerung), empfohlen, zusätzlich zur Betrachtung der Jahresentnahmemenge Q_{365} und einer maximalen Entnahmemenge (z.B. ausgewiesen als Q_7) einen für Trockenperioden bzw. Niedrigwasser geltenden gedrosselten Q_7 -Wert ermitteln zu lassen und in den Wasserrechtsbescheiden insbesondere für Uferfiltrat- und Quelfassungen (und oberflächennahes Grundwasser) festzulegen. Dieser kann in Abhängigkeit von statistisch ausgewerteten Niedrigwasserständen und beeinflussten Beschaffenheitsparametern der genutzten Oberflächen- und/oder Grundwasserressourcen festgelegt werden.

2.3 Ableitung von untersetzenden Kriterien

Zusätzlich zur Einordnung in die drei Anforderungsklassen anhand der beantragten Entnahmemenge wurden untersetzende Kriterien und Bewertungsgrößen abgeleitet, die eine Umstufung in eine andere Klasse bzw. Änderungen in den Anforderungen an beizubringende Unterlagen erfordern. So können mit den untersetzenden Kriterien zukünftig auch bei kleineren Entnahmemengen höhere Anforderungen an den Wasserrechtsantrag gefordert werden, z. B. wenn diese in bereits beanspruchten Gebieten geplant sind oder die summarische Betrachtung von Einzelanträgen notwendig ist. Ebenso können aber auch die Anforderungen an die beizubringenden Gutachtenbestandteile bzw. Untersuchungen reduziert werden, z.B. bei unkritischen Verhältnissen hinsichtlich Dargebot, Ergiebigkeit und Betroffenheit.

Tabelle 4 enthält Empfehlungen zu untersetzenden Kriterien für die Umstufung in eine höhere Anforderungsklasse bzw. für zusätzlich beizubringende Unterlagen.

Tabelle 4: Empfehlung zu untersetzenden Kriterien für die Umstufung in eine höhere Anforderungsklasse bzw. für zusätzlich beizubringende Unterlagen.

Zusätzliche Bewertungskriterien	Bewertungsgröße	Empfehlung
überschlägige Dargebotsermittlung nach WRRL für Grundwasserkörper	Prüfung des mengenmäßigen GWK-Zustands für den Prognosehorizont 2021 - 2050, kritisch, wenn die Summe der Entnahmen (bereits vorh. Entnahmen + vorgesehene Entnahmen) aus dem GWK $\geq 30\%$ der GWN ist (mittlerer Ausschöpfungsgrad 2)	Es können einzelfallbezogen durch die zuständige Behörde zusätzlich beizubringende Unterlagen gefordert werden.
Zustand Grundwasserkörper (GWK) / Qualität Grundwasserleiter	Prüfung des GWK-Zustands zum Trend chemischer Parameter (iDA Datenportal Umwelt Sachsen ² , Einschätzung nach WRRL (gut/schlecht), Nitratkulisse und ortskonkreter Messstellen); Recherche der Altlastenstandorte im Einzugsgebiet oder im direkten Umfeld; Untersuchungen zu N- und P-Einträgen und -Konzentrationen mit dem Stoffbilanz-Viewer ³	Umstufung mind. in Klasse II (GW-Erkundung, Hydrogeologisches Modell)
Zusätzliche Bewertungskriterien	Bewertungsgröße	Empfehlung
Abschätzung des Einflusses auf grundwasserabhängige OWK und Landökosysteme, Prüfung der Lage zu anderen Wasserschutzzonen	Abschätzung der potenziellen Beeinflussung anhand Kartendarstellung mit Gewässernetz, grundwasserabhängigen Landökosystemen nach LAWA-Handlungsanleitung (Flächen der nach europäischem Recht ausgewiesenen FFH- und Vogelschutzgebiete, nach deutschem Naturschutzrecht ausgewiesenen Schutzgebiete und nach § 30 BNatSchG gesetzlich geschützten Biotope und gwaLÖS, die als Kulturgüter ausgewiesen sind, z.B. Wasserwiesen), Lage von Wasserschutzzonen, Angaben zu Grundwasserflurabständen	Umstufung mind. in Klasse II (GW-Erkundung, Hydrogeologisches Modell), numerische Grundwassermodellierung kann erforderlich sein, die Abschätzung sollte erforderlichenfalls durch ein temporäres Grundwasserstandsmonitoring an geeigneten Messpunkten untersetzt werden, Abstimmung mit der unteren Naturschutzbehörde
Abschätzung des Konfliktpotentials hinsichtlich konkurrierender (bereits bestehender) Nutzungen innerhalb oder im direkten Umfeld des Einzugsgebietes der geplanten Wasserfassung	bereits vorhandene Nutzungen im Einzugsgebiet oder im direkten Umfeld (FISWrV/untere Wasserbehörde) bilanzieren	Umstufung mind. in Klasse II (GW-Erkundung, Hydrogeologisches Modell),

² [iDA-Startseite \(sachsen.de\)](http://ida.sachsen.de)

³ [Login Seite \(stoffbilanz.de\)](http://stoffbilanz.de)

Zusätzliche Bewertungskriterien	Bewertungsgröße	Empfehlung
Oberflächengewässer im direkten Einzugsgebiet	mögliche negative Beeinflussung des Oberflächengewässers	numerische Grundwassermodellierung kann erforderlich sein
Einzelanlagen mit hoher Brunnendichte	Summationswirkung	bei Einzelanlagen (z.B. in Beregnungsgebieten) summarische Betrachtung der Auswirkungen, numerische Grundwassermodellierung kann erforderlich sein
hydrogeologisch komplizierte Untergrundverhältnisse	z.B. Grundwasserleiter in ausgeprägtem Stockwerksbau, stark wechselnde Untergrundverhältnisse (z.B. Stauchendmoränengebiete, Randleistozän, Randtertiär), tiefe Grundwasserleiter (z.B. Buntsandstein der Bornaer Mulde), artesisch gespannte Grundwasserleiter (in Anlehnung an den Erlass des SMUL vom 27.04.2015 ("Erdwärmeanlagen kleiner Leistung" - Kriterien für geologisch/hydrogeologisch komplizierte Standortverhältnisse)	einzelfallspezifische Einstufung: eine Höherstufung soll dann vorgenommen werden, wenn der damit verbundene, zusätzliche Bearbeitungsumfang einen bedeutenden Erkenntnisgewinn hinsichtlich Planung, Bauausführung, Betrieb und Auswirkungen der Grundwasserentnahme erwarten lässt

Tabelle 5 enthält Vorschläge für Kriterien zur Reduzierung der Anforderungen bei den Antragsunterlagen.

Tabelle 5: Empfehlungen für Kriterien zur Reduzierung der Anforderungen bei den Antragsunterlagen.

Anforderungs-klasse	Bewertungsgröße	Reduzierung der Anforderungen
I	zeitlich kurz befristete, geringe Entnahmen (z.B. Bauwasserhaltung) (Vorschlag: $Q_{365} < 50 \text{ m}^3/\text{d}$ Lockergestein bzw. $< 25 \text{ m}^3/\text{d}$ Festgestein)	Abschätzung der Konfliktpotentiale zu Schutzgebieten und Betroffenheit kann entfallen, reduzierte Anforderungen an die einzureichenden Unterlagen (siehe Kapitel 2.4)
II	Entnahme im unteren Bereich der Anforderungsklasse in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Eigenschaften (ungestörte oder homogene Untergrundverhältnisse, hohe Ergiebigkeit), keine Beeinflussung von OWK, keine Konfliktpotentiale bzgl. anderer Nutzer oder Schutzgebiete oder Altlasten	Reduzierung des Umfangs der GW-Erkundung, vereinfachte Darstellung der hydrogeologischen Verhältnisse

Zudem kann bei Quelfassungen im Festgestein eine Reduzierung der Anforderungen erfolgen. Das unterirdische Einzugsgebiet kann hier oft dem oberirdischen EZG gleichgesetzt werden (SMUL, 2018). Das potenzielle Dargebot ist zu ermitteln und anschließend zu prüfen, ob die geplante Entnahmemenge durch das Dargebot abgedeckt wird. Dabei sind insbesondere die trockenen Monate zu betrachten und ein Abgleich mit den Mindestabflüssen der Unterlieger durchzuführen. Es ist keine Grundwassermodellierung notwendig.

2.4 Beizubringende Unterlagen

Entsprechend der Formulierung im Runderlass vom 27.09.1996 hat die zuständige Behörde den konkreten Inhalt und den **Umfang des Gutachtens** zu bestimmen. Maßgeblich sind das Wohl der Allgemeinheit und nachteilige Wirkungen auf andere. Die Behörde hat dazu die Umstände des Einzelfalls zu prüfen und zu berücksichtigen. Der Umfang des geforderten Gutachtens darf nicht außer Verhältnis zum Umfang der beabsichtigten Grundwassernutzung und der voraussichtlichen Auswirkungen auf die betroffenen Schutzgüter stehen.

Der **Untersuchungsraum des Gutachtens** soll das mutmaßliche Einzugsgebiet der Grundwasserentnahme und darüber hinaus das Gebiet umfassen, innerhalb dessen Auswirkungen der geplanten Entnahmen auf die geohydraulischen Verhältnisse, die Nutzungen Dritter oder auf Schutzgüter möglich bzw. zu erwarten sind. Die Abgrenzung ist zu begründen. Im Zweifel ist der Untersuchungsraum großräumig abzugrenzen. Eine plausible Abgrenzung ist insbesondere daher von Bedeutung, als dass (v.a. bei den höheren Klassen) sich die Aussagen zu den Einflüssen der Entnahme auf die in diesem Gebiet befindlichen Schutzgüter etc. beziehen.

Zukünftig ist für jeden Wasserrechtsantrag ein Gutachten zu erstellen. Grundsätzlich sollen nachfolgend aufgelistete Unterlagen in den Gutachten enthalten sein. Eine einzelfallspezifische Anpassung der einzureichenden Unterlagen bleibt der Genehmigungsbehörde vorbehalten.

- Antragsmenge (Mittelwerte (Q_{365}) und Maximalwerte (Q_7)), in begründeten Fällen kann alternativ zu Q_7 auch die maximale Entnahme für eine andere Zeitspanne bis zu maximal 30 Tagen angegeben werden,
- Lage und Ausbaudaten des Brunnens/ der Brunnen, technische Beschreibung der Wassergewinnungsanlage, Verwendungszweck, zu nutzender Grundwasserleiter,
- naturräumliche Einordnung, Flächennutzung, regionale hydrologische Bedingungen,
- Wasserbedarfsprognosen für die entsprechende Nutzung (z.B. für öffentliche WV: DVGW W410 bzw. Hinweise zur Trinkwasserbedarfsermittlung entsprechend der vom LfULG erarbeiteten Methodischen Grundlagen zur Erstellung der Wasserversorgungskonzepte (2021); für Landwirtschaft/ Bewässerung: DWA M590),
- Überwachungskonzept nach DVGW W108, LAWA-Richtlinien für Beobachtung und Auswertung. Teil 1 - Grundwasserstand (1982), Teil 3 - Grundwasserbeschaffenheit (1993).

Für jeden Wasserrechtsantrag ist ein Dargebotsnachweis mit den aktuellen und zukünftig möglichen Dargebotsmengen zu führen. In den Kapiteln 3.2 bis 3.4 sind Erläuterungen zur Methodik dargestellt.

In der **Anforderungsklasse I** ist ein Gutachten auf Grundlage der vorhandenen Unterlagen (d.h. ohne zusätzliche Erkundungsarbeiten) so zu erstellen, dass die Bewertung des Wasserrechtsantrags durch die zuständige Wasserbehörde möglich ist. Das Gutachten soll im Allgemeinen beinhalten:

- Schichtenverzeichnisse einschl. ggf. vorhandener geophysikalischer Bohrlochmessungen (vorhandene Brunnen und umliegende Aufschlussesdaten),
- Angaben zur Ergiebigkeit des Brunnenstandorts (z.B. durch Leistungspumpversuch),
- Kurzdarstellung der hydrogeologischen Verhältnisse (Mächtigkeit und Verbreitung des Grundwasserleiters an den Brunnenstandorten und im Einzugsgebiet des/der Brunnen(s), hydraulische Durchlässigkeit, Angaben zu Mächtigkeit, Verbreitung und Ausbildung der Deckschichten, hydraulische Kontakte mit anderen Grundwasserleitern etc.),
- überschlägige Wasserbilanz nach WRRL (GWK), Lage der WRRL-Messstellen (Grundwasserstand),
- Darstellung des Grundwassergleichenplans (vorzugsweise über vorhandene lokale Daten, ggf. vorhandene Stichtagsmessungen oder (sofern vorher benannte nicht vorhanden) das iDA-Portal),
- Abschätzung des unterirdischen Einzugsgebietes (Erläuterung Methodik und Datengrundlagen, Angaben zur Größe und Ausdehnung des EZG und zur Grundwasserdynamik/Grundwasserfließrichtung),
- Darstellung der Lage von mit dem Grundwasser in Verbindung stehenden Oberflächengewässern und grundwasserabhängigen Landökosystemen, weiterer gebietsbezogener Naturschutzmaßnahmen (weitere Unterlagen und Nachweise können gemäß Kapitel 4.1.8 von der UNB gefordert werden) im Untersuchungsraum,
- Darstellung von weiteren bekannten Grundwasserentnahmen im Untersuchungsraum (Name, Koordinaten, Verwendungszweck, wasserrechtliche Erlaubnis, Befristung, tatsächliche Entnahmen, genutzter GWL) sowie ggf. vorhandener Wasserschutzzonen,
- Darstellung oder Ganmlinien der Grundwasserstände und/oder Quellschüttungen sowie Abflussmessungen an Vorflutern im Untersuchungsraum,
- Beschreibung der Auswirkung der geplanten Entnahme auf Grundwasserstände und Grundwasserflurabstände bzw. Oberflächenwasserabflüsse unterhalb der Quelfassung,
- Angaben zur Rohwasserqualität (Untersuchung der nach TrinkwV relevanten Stoffe und physikalisch-chemischen Parameter),
- Darstellung der signifikanten anthropogenen und geogenen Schadstoffquellen (z.B. Abfrage Altlastenkataster, chemischer Zustand des Grundwasserkörpers mit Trend chemischer Parameter des GWK, Lage der WRRL-Beschaffenheitsmessstellen zur Beurteilung einer möglichen Zustandsverschlechterung der beantragten Entnahme).

In der **Anforderungsklasse II** ist ein Fachgutachten zu erstellen, das eine Bewertung der Daten und Fakten einschließlich zusätzlicher Grundwassererkundungen umfasst. Es soll ein hydrogeologisches Systemverständnis erarbeitet und nachvollziehbar dokumentiert werden.

Die **technischen Arbeiten** zur Grundwassererkundung umfassen insbesondere

- Bohrungen,
- Beschaffenheitsuntersuchungen an den neuen Bohrungen,
- geophysikalische Bohrlochmessungen,
- Pumpversuche,
- Stichtagsmessung der Grundwasserstände, Quellschüttungsmessungen,
- Abflussmessungen in Vorflutern.

Es ist eine **hydrogeologische Modellvorstellung** gemäß dem Leitfaden „Hydrogeologische Modelle“ der Fachsektion Hydrogeologie der Deutschen Geologischen Gesellschaft zu erarbeiten (FH-DGG, 2002). Das hydrogeologische Modell ist die Abstrahierung bzw. Schematisierung der Einflussgrößen und ihrer Zusammenhänge im Untersuchungsgebiet. Das hydrogeologische Modell soll eine quantitative Beschreibung des Systemverhaltens und der Vorhersagen zu natürlichen und anthropogenen Einflüssen mit analytischen Ansätzen ermöglichen.

Ein wesentlicher Schritt bei der Entwicklung der hydrogeologischen Modellvorstellung ist die vertikale und laterale Abgrenzung und Strukturierung des Modellraumes und das Überführen stratigrafischer bzw. hydrogeologischer Einheiten in das Modell mit der anschließenden Zuordnung von Kennwerten.

Der Untersuchungsraum / Modellraum muss alle für die Fragestellung relevanten hydrogeologischen Strukturen und Einheiten sowie die maßgebenden Fließsysteme beinhalten. Die Abgrenzung eines plausiblen Untersuchungsraumes ist unter Beachtung der Verbreitung der GWL, der geohydraulischen Situation, vorhandener Grundwasserscheiden etc. durchzuführen und nachvollziehbar zu begründen.

Zusätzlich zur Anforderungsklasse I sind folgende Unterlagen beizubringen:

- Darstellung der verwendeten Unterlagen (Bohrdaten, geophysikalische Untersuchungen, vorhandene Erkundungsberichte, geologische Karten, Pumpversuchsdaten, regionaler sowie lokaler Grundwassergleichenplan basierend auf der Stichtagsmessung, Abflussmessungen etc.),
- Dokumentation des hydrogeologischen Strukturmodells: Verbreitung und Mächtigkeit der hydrogeologischen Einheiten mindestens 2D, geologische Schnitte, Kennwert-Verteilung (k_f , T, S, n_e), ggf. modellgestützte 3D-Darstellung, Grundwasserhydraulik, Berücksichtigung der Anbindung an Oberflächengewässer, weitere Grundwasserentnahmen,
- Darstellung des Einzugsgebietes und des Absenkungstrichters unter Zugrundelegung des aktuellen und zukünftig projizierten Dargebots (Angabe des zugrundeliegenden Niederschlagsdargebots erforderlich),
- Darstellung und Bewertung der entnahmebedingten Veränderungen (Beeinflussung von Oberflächengewässern, Grundwasserflurabstände, Beeinflussung grundwasserabhängiger Landökosysteme),
- Prüfung, dass es durch die Nutzung nicht zu einer Verschlechterung der Grundwassergüte kommt, insbesondere Einfluss von Altlasten,
- UVP-Vorprüfung (gesonderte Unterlagen).

Es ist eine **Wasserbilanz für das Einzugsgebiet und den Untersuchungsraum** zu erstellen. Der Untersuchungsraum muss in der Bilanzierung inbegriffen sein, da dieser nach dem Grundwasserkörper als nächst kleinere (und letztlich bedeutendere) Bezugsebene gesehen wird. Die Bilanzierung des Einzugsgebietes dient vor allem der Aussage, ob die zur Gewinnung beantragte Wassermenge grundsätzlich durch die Neubildung abgedeckt wird. Die Bilanzierung des Grundwasserkörpers ist vor dem Hintergrund der WRRL nötig, sagt aber aufgrund der Größe der GWK praktisch nichts über die Ausnutzung des Dargebots auf regionaler/lokaler Ebene aus. Daher ist die Bilanzierung des Untersuchungsraumes von Bedeutung, da so beispielsweise der Ausnutzungsgrad eines kleineren Fließgewässers ausgewiesen wird (diese Aussage ist sonst weder aus der Bilanzierung des Einzugsgebietes noch des GWK ableitbar).

Unter Umständen kann die Bearbeitung in der Klasse II auch die Überführung in ein numerisches Strömungsmodell beinhalten (s. Empfehlungen in Kapitel 2.2). Selbst bei Defiziten in den Grunddaten kann die numerische Modellierung wesentlich zum Prozessverständnis beitragen („**geohydraulische Prinzipmodellierung**“) und im Vergleich zu den grafischen und analytischen Verfahren Aussagen zu Auswirkungen auf Gewässer, Veränderung des Einzugsgebiets bei Verringerung des Dargebots und zur Überlagerungswirkung mit anderen Grundwasserentnahmen ermöglichen. Anhand von Sensitivitätsuntersuchungen können die wesentlichen Einflussgrößen (Parameter, Randbedingungen) auf die Größe des Einzugsgebiets ermittelt werden.

Bei Grundwasserentnahmemengen der **Anforderungsklasse III** ist die **modelltechnische Abgrenzung** des unterirdischen Einzugsgebietes zwingende Voraussetzung, um die Auswirkungen der geplanten Wasserfassung für den Istzustand und **unter veränderten Klima- und Entnahmebedingungen** zu bestimmen und bilanzieren zu können. Dazu ist das hydrogeologische Modell in geeigneter Weise in das numerische Modell zu überführen. Zu den Anforderungen an den Aufbau, die Kalibrierung und die Dokumentation von Grundwasserströmungsmodellen wird auf die einschlägigen Leitfäden und Regelwerke verwiesen, insbesondere FH-DGG Leitfäden zur Hydrogeologischen Modellierung (1999, 2002, 2010), Leitfaden des LBEG für hydrogeologische und bodenkundliche Fachgutachten bei Wasserrechtsverfahren in Niedersachsen (2009), Leitfaden des MLUL Brandenburg zur Festsetzung von Wasserschutzgebieten (2018), Leitfaden des SMUL zur Erarbeitung von Fachgutachten zur Bemessung und Ausweisung von Trinkwasserschutzgebieten für Grundwasser und Oberflächenwasser sowie von Heilquellenschutzgebieten (2018) und das DVGW-Arbeitsblatt W 107 (A) zu Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten (2016).

Mit dem numerischen Strömungsmodell soll das Einzugsgebiet unter Berücksichtigung der aktuellen und prognostischen Grundwasserneubildung berechnet und bilanziert werden. Es ist die Überlagerung mit konkurrierenden Nutzungen (vorhanden und geplant) zu betrachten. Zusätzlich zu den mittleren Verhältnissen sind weitere Lastfälle zu berechnen, z.B. Worst-Case-Zustände mit minimalem Dargebot (verringerte prognostische Grundwasserneubildung, verringerte oder keine Infiltration aus Gewässern) und maximaler Förderung. Ggf. sind instationäre Berechnungen zur Prüfung der Auswirkungen von z.B. mehreren Trockenjahren hintereinander oder Spitzenentnahmen auf den Grund- und Oberflächenwasserhaushalt durchzuführen. Es wird darauf hingewiesen, dass diese Berechnungen bedarfsweise (z.B. bei innerjährlich sehr stark schwankender Grundwasserentnahme) bereits in der Anforderungsklasse II seitens der zuständigen Genehmigungsbehörde gefordert werden können.

Für die Modellierung zusätzlich benötigte Daten sind durch **Erkundungsarbeiten** zu ermitteln. Ergänzend zum Erkundungsumfang in der Anforderungsklasse II umfasst dies z.B.

- die Errichtung von zusätzlichen Grundwassermessstellen und Ausstattung mit Datenloggern,
- Analyse der Grundwasserqualität (mind. 1 GW-Messstelle im Anstrom),
- Langzeitpumpversuche,
- die Vermessung von Gewässerprofilen,
- Sedimentuntersuchungen zur Kolmation der Fließgewässer,
- Isotopenmessungen zur Bestimmung der Oberflächen- und Grundwasseranteile,
- Tracerversuche,
- geophysikalische Untersuchungen.

Im Ergebnis der modellgestützten Untersuchungen ist eine **zusammenfassende Bewertung der möglichen Entnahmeauswirkungen zu erstellen und ggf. mit weiterführenden Empfehlungen** zu untersetzen (z.B. Konzept für die Grundwasserbeweissicherung, ggf. notwendige Beschränkungen oder Schutzmaßnahmen).

Bei möglichen Beeinflussungen des Bodenwasserhaushalts durch die Grundwasserentnahme ist ein bodenkundliches Gutachten zu erarbeiten (Bewertung der Bodenfunktionen mit Einstufung der Empfindlichkeit gegenüber Grundwasserabsenkungen, ggf. Vegetationskartierung etc.).

Bei **Anträgen mit zeitlich begrenzten, sehr geringen Entnahmen** (Vorschlag: $Q_{365} < 50 \text{ m}^3/\text{d}$ Lockergestein bzw. $< 25 \text{ m}^3/\text{d}$ Festgestein) können die Anforderungen an die einzureichenden Unterlagen reduziert werden. Das Gutachten muss jedoch folgende Mindestangaben enthalten:

- Antragsmenge,
- Übersichtskarte mit Lage des Brunnens und Grundwassergleichenplan (iDA-Portal),
- Schichtenverzeichnis,
- Ausbaudaten des Brunnens, zu nutzender Grundwasserleiter,
- Messungen des Ruhe- und Betriebswasserspiegels,
- Angaben zur geologischen Einordnung (Mächtigkeit und Durchlässigkeit des Grundwasserleiters, Überdeckung),
- Angaben zum Grundwasserflurabstand,
- Abschätzung der Größe und Ausdehnung des für die beantragte Entnahmemenge erforderlichen Einzugsgebietes,
- Angaben zu konkurrierenden Nutzungen und Trinkwassergewinnungsanlagen/Trinkwasserschutzgebieten.

Die Gültigkeit der in den Antragsunterlagen angesetzten Rand- und Rahmenbedingungen am jeweiligen Standort bedürfen einer regelmäßigen Überprüfung. Die DVGW W101, Richtlinie für Trinkwasserschutzgebiete, Teil 1 (DVGW 2006b) empfiehlt hierfür ein Prüfintervall von 10 Jahren. Der Fokus liegt dabei auf der Überprüfung des Einzugsgebiets der Gewinnungsanlage, der Abdeckung der Gefährdungspotentiale durch die Rechtsverordnung sowie dem Abgleich mit dem Stand der Technik.

3 Erarbeitung von Leitfadenbestandteilen auf der Grundlage einer Literaturrecherche

3.1 Abgrenzung und Festlegung des unterirdischen Einzugsgebietes

Das Einzugsgebiet ist als das Gebiet definiert, aus dem Grundwasser dem Entnahmebrunnen oder der Quelfassung zuströmt. Die Begrenzung ist durch geologische, hydrogeologische und anthropogene Einflussgrößen, z.B. benachbarte Entnahmen, bestimmt. In der Regel sind die Begrenzungen zeitlich veränderlich, da sie direkt von variablen hydraulischen Randbedingungen, wie der Grundwasserneubildung, abhängig sind (LBEG, 2009). Die Ermittlung des Einzugsgebietes dient vor allem

- der Prüfung/ Bewertung der langfristigen Verfügbarkeit der beantragten Grundwasserentnahme im Bilanzraum,
- der Prüfung/ Bewertung der Auswirkungen der beantragten Entnahme auf andere Grundwassernutzungen, Oberflächengewässer und weitere Schutzgüter,
- der Prüfung/ Bewertung der Auswirkungen von aktuellen und aktuell geplanten Nutzungen, Maßnahmen und Vorhaben Dritter auf die beantragte Menge.

Umfasst wird das unterirdische Einzugsgebiet von der Grenzstromlinie. Das Einzugsgebiet erstreckt sich zwischen dem unteren Kulminationspunkt und reicht maximal bis zu der im Anstrom der Grundwasserfassung liegenden Grundwasserscheide. Im Kulminationspunkt heben sich die brunneninduzierte Strömung und Grundströmung auf. Seitlich begrenzt die Entnahmebreite das Einzugsgebiet.

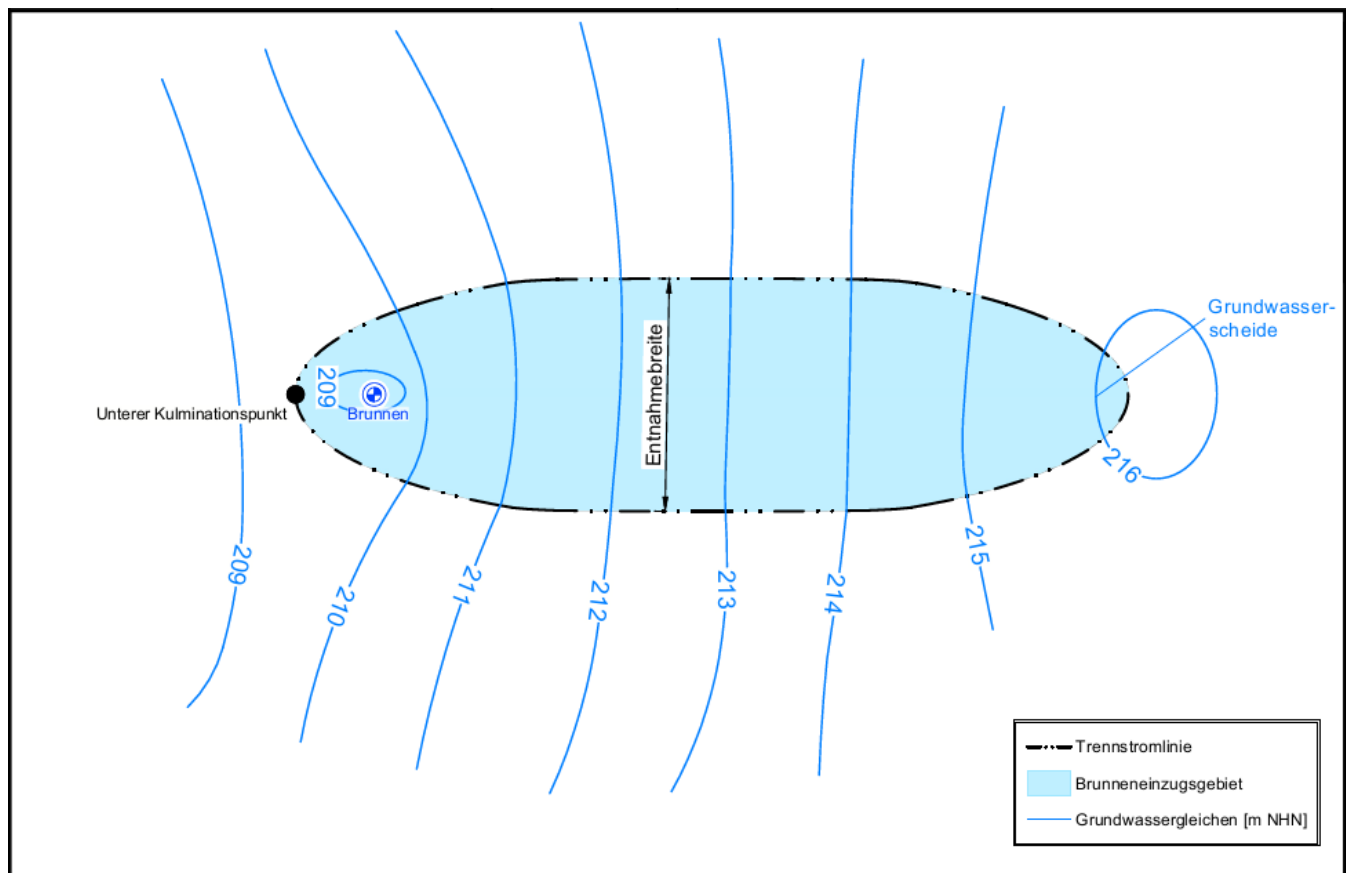


Abbildung 6: Schematische Darstellung des unterirdischen Einzugsgebietes einer Grundwasserfassung

Die Größe des Einzugsgebietes wird maßgeblich durch die folgenden Faktoren bestimmt:

- Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet,
- geohydraulische Situation (Grundwasserströmungsverhältnisse),
- Entnahmemenge,
- Mächtigkeit des Grundwasserleiters,
- hydraulische Durchlässigkeit des Aquifers,
- geologische und hydrogeologische Randbedingungen (z.B. Schichtung, geologische Berandungen),
- die Anbindung an Oberflächengewässer und
- andere Grundwasserentnahmen.

Die Abgrenzung des unterirdischen Einzugsgebietes im **Lockergestein** basiert auf der Verwendung mathematisch fassbarer Fließgesetze. Im Ergebnis kann das Einzugsgebiet mit hinreichender Sicherheit in Abhängigkeit des Erkundungsgrades ausgewiesen werden.

Die Abgrenzung des unterirdischen Einzugsgebietes im **Festgestein** ist gegenüber dem Lockergestein mit wesentlich größeren Unsicherheiten verbunden. Im Festgesteinsgrundwasserleiter bilden Klüfte die maßgeblichen Fließwege. Aus diesem Grund spricht man auch von Kluftgrundwasserleitern. Die Fließgesetze des Lockergesteinsgrundwasserleiters sind hier nur eingeschränkt unter Beachtung des repräsentativen Elementarvolumens anwendbar. Im Festgestein sind vor allem die Kenntnisse der tektonischen Beanspruchung und die daraus resultierende Streichrichtung und Einfallswinkel von Klüften von Bedeutung. Diese können einen signifikanten Einfluss auf die Ausdehnung des Einzugsgebietes haben. Von besonderer Bedeutung für die Einzugsgebietsabgrenzung sind aus diesem Grund die Aussagen geologischer und hydrogeologischer Karten.

Die hydraulische Durchlässigkeit und die Grundwasserfließgeschwindigkeit sind im Festgestein wegen der starken Anisotropie des Gesteinaufbaus nicht mehr oder aber nur summarisch zu erfassen. Gleichzeitig ist der Aufwand für die Erkundung und Errichtung von Messstellen in der Regel wesentlich höher als im Lockergestein. Im Ergebnis weisen Festgesteinsgrundwasserleiter trotz erheblich höherer Unsicherheiten bei der Bestimmung des unterirdischen Einzugsgebietes meist einen deutlich geringeren Erkundungsgrad gegenüber Lockergesteinsgrundwasserleitern auf. Meist stehen nur die Bohrprofile und Wasserstände der Brunnen sowie die allgemeinen geologischen Karten zur Verfügung.

Der Band "Ermittlung des nutzbaren Grundwasserdargebotes" des DVWK (1982) führt folgende generelle Möglichkeiten zur Abgrenzung des unterirdischen Einzugsgebietes auf und erläutert deren Anwendung auf Locker- und Festgesteinsgrundwasserleiter:

- Grundwasserhöhengleichen-Verfahren
- Geologische-hydrogeologische Verfahren
- Bestimmung über Grundwasserneubildung
- Bestimmung aus Morphologie und Gewässernetz
- Analytische Berechnung der Grenzstromlinie

Im Fachbeitrag 117 des LUGV, Hydrogeologische Gutachten zur Neufestsetzung von Wasserschutzgebieten im Land Brandenburg (2011), werden die analytischen Verfahren (siehe Kapitel 3.1.2) als auch der Einsatz numerischer Modelle zur Abgrenzung des unterirdischen Einzugsgebietes erläutert. Im Ergebnis der Literaturrecherche und unter Berücksichtigung der Auswertung der Beispielgebiete konnten die folgenden drei relevanten Methoden zur Abgrenzung des unterirdischen Einzugsgebietes identifiziert werden:

- Gleichsetzung des unterirdischen und oberirdischen Einzugsgebietes
- Analytische Bestimmung des unterirdischen Einzugsgebietes
- Bestimmung des unterirdischen Einzugsgebietes auf der Basis eines numerischen Modells

3.1.1 Gleichsetzung des unterirdischen und oberirdischen Einzugsgebietes

Insbesondere bei Quellfassungen im Festgestein, welche in Sachsen häufig auftreten, kann das unterirdische Einzugsgebiet dem oberirdischen Einzugsgebiet oft gleichgesetzt werden. Die Morphologie und das Gewässernetz liefern in Verbindung mit den geologischen Verhältnissen belastbare Hinweise auf das Grundwassereinzugsgebiet. Das Grundwasserdargebot ist somit direkt an das oberirdische Einzugsgebiet gekoppelt.

Angewandt wurde diese Methode am Beispiel der Quellfassung Gimmlitztal (Kap. 4.1).

3.1.2 Analytische Bestimmung des unterirdischen Einzugsgebietes

Analytische Lösungen zur Bestimmung der Einzugsgebietsgröße einer Wasserfassung sind schnell und einfach umsetzbar. Sie liefern belastbare Ergebnisse bei einfachen hydrogeologischen Verhältnissen mit geringem Konfliktpotential. Unter Beachtung des repräsentativen Elementarvolumens können die analytischen Ansätze auch im Festgestein angewandt werden. Die wesentlichen Vorteile der analytischen Lösungen gegenüber den numerischen Lösungen sind:

- keine Diskretisierung erforderlich,
- keine Konvergenzprobleme,
- keine Kalibrierung erforderlich,
- Berechnung von Brunnenwasserständen möglich,
- schnell und kostengünstig umsetzbar.

Für komplexere Fragestellungen sind zumindest überschlägige Berechnungen zur Prüfung eines Vorhabens möglich. Eine Vielzahl analytischer Lösungen für unterschiedliche Brunnenkonstellationen und hydraulische Randbedingungen sind im Fachbeitrag des LUGV 117, Hydrogeologische Gutachten zur Neufestsetzung von Wasserschutzgebieten im Land Brandenburg, dokumentiert. Unter Berücksichtigung des repräsentativen Elementarvolumens sind diese Ansätze prinzipiell auch auf das Festgestein übertragbar. Im Folgenden soll die prinzipielle Vorgehensweise erläutert werden.

Das unterirdische Einzugsgebiet einer Wasserfassung ist direkt von der Entnahmemenge und der Grundwasserneubildung abhängig. Die Fläche kann überschlägig nach folgender Formel berechnet werden:

$$A_{EZG} = \frac{Q}{GWN} \quad (2)$$

A_{EZG} : unterirdisches Einzugsgebiet [m^2]

Q: Förderrate [m^3/s]

GWN: Grundwasserneubildung [m/s]

Der untere Kulminationspunkt ergibt sich wie folgt:

$$x_0 = \frac{Q}{2 \pi T i} \quad (3)$$

x_0 : Abstand unterer Kulminationspunkt - Brunnen [m]

i: Grundwassergefälle [-]

T=: Transmissivität [m^2/s]

Die Breite des Brunneneinzugsgebietes im weiteren Anstrom ergibt sich bei paralleler Grundströmung zu:

$$B = \frac{Q}{k_f * M * i} \quad (4)$$

M: Mächtigkeit [m]

k_f : Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]

Diese Formel liefert die Entnahmebreite in einer großen Entfernung zum Brunnen. Sie setzt außerdem ein konstantes natürliches Grundwassergefälle voraus. Am Brunnen selbst reduziert sich die Entnahmebreite auf $B/2$.

Die Länge des unterirdischen Einzugsgebietes kann anschließend iterativ bestimmt werden. Die Zielgröße ist die zuvor ermittelte Fläche des unterirdischen Einzugsgebietes. Hierbei sind geologische Gegebenheiten, wie zum Beispiel Grundwasserscheiden zu berücksichtigen.

Angewandt wurde diese Methode am Beispiel der Wasserfassung Tauscha (Kap. 4.2).

3.1.3 Numerische Einzugsgebietsbestimmung

Die Anwendung von numerischen Grundwassermodellen zur Einzugsgebietsermittlung ist heute eine häufig angewandte Methode. Gegenüber den analytischen Methoden ergeben sich eine Reihe von Vorteilen bei der numerischen Nachweisführung. So können mit einem numerischen Modell dreidimensionale Strömungsprozesse abgebildet und quantifiziert werden. Bei komplexen hydrogeologischen Verhältnissen und einer relevanten Grundwasser-Oberflächenwasser-Interaktion ist die Verwendung numerischer Lösungen unabdingbar. Weitere Vorteile können wie folgt benannt werden:

- einfache Modelle sind mittlerweile sehr kostengünstig
- flexibel und unabhängig vom Erkundungsgrad für erste Abschätzungen anwendbar
- je detaillierter die Vorerkundung bzw. je besser die Datenbasis, desto genauer ist die Abgrenzung des Einzugsgebietes möglich
- Berücksichtigung der hydrogeologischen Randbedingungen im Umfeld der zukünftigen Grundwasserfassung
- Berücksichtigung flächendifferenzierter Grundwasserneubildung
- Berücksichtigung von Klimaprojektionen möglich
- Berücksichtigung von konkurrierenden Grundwassernutzungen
- Ausweisung des Einzugsgebietes im Kontext sich ändernder Rand- und Rahmenbedingungen
- wichtiges Werkzeug für die spätere Bewirtschaftung

Im DVGW-Regelwerk W 107 (2016) werden der Aufbau und die Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten detailliert beschrieben. Die Basis eines numerischen Grundwassermodells bildet ein hydrogeologisches (Struktur)modell. Die Beschreibung der erforderlichen Arbeitsschritte zur Erstellung eines hydrogeologischen (Struktur)modells orientieren sich an den Leitfäden der Fachsektion Hydrogeologie der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften (FH-DGG 1999, FH-DGG 2002 und FH-DGG 2010):

- Abgrenzung des Untersuchungs-, Modell- und Aussageraums
- Erhebung der systembestimmenden Kennwerte und Parameter
- Abstrahieren, Vereinfachen und Schematisieren der komplexen Daten
- Darstellen der schematisierten Daten in Karten, Blockbildern, Schnitten und Diagrammen
- Prüfen der hydrogeologischen Modellvorstellung und Modellgrößen auf Nachvollziehbarkeit und Quantifizierbarkeit des hydrogeologischen Konzeptes
- Überarbeitung/Qualifizierung der hydrogeologischen Modellvorstellung bei Inkonsistenz oder Defiziten

Bei der Modellerstellung ist darauf zu achten, dass der Wirkungsbereich der Grundwasserfassung (Absenkungstrichter) sowie das Einzugsgebiet (Aussageraum) unter Berücksichtigung unterschiedlicher klimatischer Randbedingungen sicher im Modellgebiet liegen. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass auch durch die Grundwasserentnahme potenziell beeinflusste Oberflächengewässer und deren Einzugsgebiete nicht als Randbedingungen angesetzt werden dürfen, sondern gleichfalls im Modellraum liegen müssen.

Die eigentliche Ausweisung des unterirdischen Einzugsgebietes einer Wasserfassung mit Hilfe numerischer Modelle basiert auf dem Strombahnlinienverfahren. Hierfür werden Partikel um die Wasserfassung im Modell angeordnet. Die Berechnung der Strombahnlinien erfolgt rückwärts, das heißt, entgegen der Grundwasserströmungsrichtung. Das unterirdische Einzugsgebiet ergibt sich aus der Umhüllenden aller resultierenden Strombahnlinien.

Angewandt wurde diese Methode bei den Beispielen Wasserfassung Torgau-Ost und Jahnaue.

3.2 Ermittlung des zukünftig möglichen potenziellen Dargebots

Das potenzielle Grundwasserdargebot ist direkt und hauptsächlich von der Grundwasserneubildung abhängig. Faktoren wie unterirdische Randzuflüsse aus benachbarten Aquiferen oder Infiltration aus oberirdischen Gewässern sind häufig weniger bedeutend. Daher beschränkt sich die hießige Methodik auf die Ermittlung der Grundwasserneubildung als Hauptkomponente des potenziellen Grundwasserdargebots. Während in Nassperioden Grundwasser im Aquifer gespeichert wird, wird dieses in Trockenperioden aufgebraucht. Dieses Wechselspiel kann anhand von Grundwasserständen oder Quellschüttungen erfasst und quantifiziert werden. Für die Ermittlung einer mittleren potenziellen Grundwasserdarbotsmenge sind deshalb langjährige Beobachtungszeiträume mit unterschiedlichen Nass- und Trockenperioden erforderlich, die auch in Einzugsgebieten mit bisher geringer Datenlage durch Regionalisierung und Anwendung von Wasserhaushaltsmodellen bereitgestellt werden können. Ein Beispiel dazu ist das sächsische KLiWES-Projekt zur Wasserhaushaltsmodellierung.

Die Ergebnisse aus Klimamodell (WEREX V) und Wasserhaushaltsmodell (ArcEGMO) projizieren für Sachsen einen regionalspezifischen Rückgang der Grundwasserneubildung und damit ein geringeres zukünftig potenzielles Grundwasserdargebot. Aus diesem Grund kann die zukünftig mögliche potenzielle Grundwasserdarbotsmenge nicht nur in der Rückschau ermittelt werden, sondern erfordert die Berücksichtigung einer definierten Klimaprojektion für weitere Planungsaufgaben.

Der Klimawandel beeinflusst die Grundwasserneubildung durch mögliche Änderungen (1) des Niederschlages, (2) der klimatischen Verdunstungsgrößen (Temperatur, Strahlung, Wind, Luftfeuchte), (3) der Transpiration und (4) des Speicher- und Durchlässigkeitsverhaltens der ungesättigten Zone. Die Transpiration weist ab 1990 in den ehemaligen Waldschadensgebieten Sachsens einen Zusatzeffekt auf, der die rein klimatische Wirkung sogar noch deutlich übertreffen kann. In gemessenen Beobachtungsdaten sind diese Effekte summarisch wiederzufinden. Bei Modellierungen des Wasserhaushaltes fällt auf, dass Modelle gewöhnlich hinreichend gute Niederschlags sensitivitäten aufweisen, jedoch nur über eine sehr eingeschränkte Verdunstungssensitivität verfügen. Das schränkt die Aussagefähigkeit zu Auswirkungen klimatischer Änderungen auf den Wasserhaushalt ein.

Über einen Vergleich der realen Gebietssensitivität von Beobachtungsdaten während der klimatischen Änderungen ab 1961 mit der Gebietssensitivität aus Modelldaten ist die regional unterschiedliche Relevanz dieser Einschränkungen abschätzbar.

Für die Ermittlung des zukünftig möglichen potenziellen Grundwasserdargebots auf der Einzugsgebietsebene einer Grundwasserfassung wurde eine neue Methodik erarbeitet. Diese Methodik greift auf die Modelldaten aus dem Wasserhaushaltsportal für Sachsen zurück. Zukünftig soll der Grundwasserneubildungs-Viewer 2.0 des Freistaats Sachsen als Grundlage dienen.

Die nachfolgend kurz beschriebenen Arbeitsschritte können auch anhand der beispielhaften Anwendung für die Quellfassung Gimmlitztal (Kapitel 4.1) nachvollzogen werden. Auf Abbildungen oder Tabellen, die die jeweiligen Arbeitsschritte illustrieren, wird am Ende der Arbeitsschritt-Beschreibung bzw. im Kapitel 4.1 verwiesen.

Methodik zur Ermittlung:

1. Identifikation des Bilanz-/Einzugsgebietes für die Wasserentnahme (siehe Kapitel 3.1).
2. Mögliche Datengrundlagen hierfür sind in Tabelle 6 unter Punkt 1 aufgelistet. Beispielhafte Darstellung siehe Abbildung 8.
3. Verschneidung mit den Teileinzugsgebieten (TG) bzw. Anteil am Teileinzugsgebiet im Wasserhaushaltsportal (Säule B). Die Downloadadresse der Shapefiles mit den Teileinzugsgebieten ist in Tabelle 6 unter Punkt 2 angegeben, eine beispielhafte Darstellung in Abbildung 9.
4. Flächengewichtete Bestimmung von Gebietsmittelwerten und Aggregation der Monatswerte zu (Halb)Jahressummen für den korrigierten Gebietsniederschlag, die reale Verdunstung und die Abflussbildungskomponenten Gesamtabfluss (R), Sickerwasser (RG2+1), schneller (RG1) und langsamer (RG2) grundwasserbürtiger Abfluss anhand des mit KLIWES simulierten Ist-Klimas (1961 - 2015; 2020) sowie mittels Klimaprojektion (1961 - 2100). Jahressumme bezeichnet dabei das Wasserhaushaltsjahr (November bis Oktober), Halbjahressumme das Winterhalbjahr (Oktober bis März; Vegetationsruhe) bzw. das Sommerhalbjahr (April bis September; Vegetationsaktivität).
5. Die Downloadadresse der Monatswerte der Wasserhaushaltskomponenten nach Einzugsgebieten siehe unter Punkt 2 in Tabelle 6; Extrahieren der Dateien [...]_ist_mon.csv für die Analyse des Ist-Klimas und [...]_66wg_mon.csv als Projektionslauf WETTREG 66 für den Zeitraum bis 2100; Filterung der im EZG liegenden TEZG (Gewässerkennzahlen in Spalte B) sowie der Größen rg1 (langsame Grundwasserkomponente), rg2 (schnelle Grundwasserkomponente), pi (korrigierter Niederschlag), ro (Landoberflächenabfluss) und rh (hypodermischer Abfluss) zur späteren Berechnung des Gesamtabflusses und der Abflussbeiwerte; Anwendung am Beispiel Gimmlitztal.
6. Als Neuerung sei hier der GWN-Viewer Sachsen erwähnt, Link siehe Tabelle 6. Dieser stellt die Ergebnisse aus der KLIWES-Modellierung in räumlich und zeitlich aufbereiteter Form dar. Als kleinste räumliche Einheit ist ein Raster von 100m*100m auf Basis der Ergebnisse aus den Teileinzugsgebieten möglich. Gerade für einfache Dargebotsnachweise (Entnahmeklasse I) lässt sich die Grundwasserneubildung für den Zeitraum 2021 - 2050 durch Verschneidung mit dem ermitteltem EZG ausreichend ermitteln. Ein Vergleich verschiedener Zeiträume oder Szenarien ist ebenfalls möglich.
7. Bildung der Zeitreihen des Abflussbeiwertes $\Psi_i = R_i/P$ zur Identifikation von charakteristischen Zeiträumen mit unterschiedlichem Abflussbildungsverhalten für die spezifischen Abflussbildungskomponenten. Für SN kann flächendeckend (Tiefland bis Mittelgebirge) der Vergleich des Niederschlag-Abfluss-Verhaltens in den Zeiträumen 1961 - 1988 und 2004 - 2013 empfohlen werden. Inwieweit sich ab 2014 bzw. 2018 das Abflussbildungsverhalten weiter verändert hat und 2021 - 2050 in der Projektion übertroffen wird, kann erst die Zukunft zeigen.
8. Darstellung am Beispiel Gimmlitztal siehe Abbildung 15.

9. Erstellung von Streudiagrammen ($X = P$, $Y = \Psi_i$) mit linearen Ausgleichsgeraden zu Identifizierung und Aussonderung möglicher Ausreißer (sehr hohe Residuen) innerhalb der im Schritt 7 identifizierten charakteristischen Zeiträume mit unterschiedlichem Abflussbildungsverhalten für die spezifischen Abflussbildungskomponenten R_i
10. Erstellung von Streudiagrammen ($X = P$ und $Y = R_{ges}, RG2+1, RG1$ und $RG2$) mit linearen Ausgleichsgeraden innerhalb der charakteristischen Zeiträume unterschiedlichen Abflussbildungsverhaltens unter Aussonderung identifizierter Ausreißer (insbesondere Hochwasserjahre, untypische Einzeljahre, eventuell Jahre mit Trockenheit).
11. Darstellung am Beispiel Gimmlitztal siehe Abbildung 16 sowie Abbildung 17.
12. Festlegung einer plausiblen Spanne des vieljährigen mittleren (halb-) jährlichen korrigierten Gebietsniederschlags, für die die mittlere N-A-Beziehung (als Trendgerade) aufgestellt werden soll. Die Spanne kann z.B. anhand der Jahresniederschläge der letzten 30 Jahre festgelegt werden.
13. Tabelle mit den Werten des festgelegten Niederschlages sowie der über die mittlere N-A-Beziehung dazu ermittelten Dargebote $R_{ges}, RG2+1, RG1$ und $RG2$, der realen Verdunstung ($ETR = P - R_{ges}$) und der abflussbildungskomponentenspezifischen Abflussbeiwerte ($\Psi_i = R_i / P$) für die jeweiligen ermittelten charakteristischen Zeiträume unterschiedlichen Abflussbildungsverhaltens.
14. Beispielhafte Darstellungen dazu sind Abbildung 18 bzw. Abbildung 19.
15. Ausgeprägte Nass-, untypische und eventuell auch Trockenjahre wurden im Schritt 10 identifiziert und ausgesondert. Sie können die mittlere Sensitivität der Normaljahre erheblich beeinflussen und sind deshalb für die Schätzung der mittleren N-A-Beziehung zu separieren. Zu den unter Punkt 10 ermittelten mittleren Dargeboten können im Sinne der Bildung eines Szenarios weitere extreme Wasserhaushaltsjahre für eine projizierte Bilanz mit einbezogen werden. Dies kann unter Gesichtspunkten der Wasserversorgung (insbesondere aus Uferfiltrat, Quellen oder oberflächennahen Grundwasser) von besonderer Relevanz sein. Da Extremereignisse und -jahre für gewöhnlich eine zu vernachlässigende Verdunstungssensitivität besitzen, können für die Ableitung des potenziellen Dargebotes in Trockenperioden auch historische bzw. Erfahrungswerte (z.B. aus den Jahren 1962 bis 1964, 1990 bis 1992 oder 2018 bis 2020) zu Niederschlag und Dargebot $R_{ges}, RG2+1, RG1$ und $RG2$ herangezogen und für kommende Jahrzehnte übertragen werden. Diese Werte sollten insbesondere auch in dem Vorschlag zum in Trockenperioden geltenden maximalen Q_7 -Bescheidwert einbezogen werden.
16. Sensitivitätsdiagramm anhand der Differenzen aus den N-A-Beziehungen im Ist-Klima und simulierter Klimaprojektionen zur Beurteilung der Verdunstungs- und Niederschlags sensitivität des Wasserhaushaltsmodelles

Für den Antragsteller ist aus heutiger Sicht der Betrachtungszeitraum 2021 bis 2050 relevant. Die Spannweite der potenziellen Grundwasserneubildung ergibt sich dabei aus der Streuung der einzelnen Jahreswerte (in Abhängigkeit der Spanne von P und ETP) in diesem Zeitraum (Minimum bis Maximum). Für den Dargebotsnachweis gibt der Mittelwert der potenziellen Grundwasserneubildung aus dem Zeitraum 2021 bis 2050 einen Orientierungswert. Durch die Aufstellung von N-A-Beziehungen und ETP -A-Beziehungen für unterschiedliche Jahresniederschlagsmengen können einzugsgebietspezifische Sensitivitäten bei der Dargebotsabschätzung weitergehend berücksichtigt werden. Momentan werden schon aktuell die Verhältnisse des WETTREG 66-Szenario ("bad-case") für die 2021 - 2050 von der Realität abgebildet bzw. sind in bestimmten Gebieten sogar real limitierender. Die andauernd niedrigen Grundwasserstände der letzten Jahre belegen dies z.B. verbreitet im Lockergestein. Daher können für einzelne betroffene Einzugsgebiete auch mehrere kürzere Betrachtungszeiträume, z.B. 2021 bis 2035 und 2036 bis 2050, angesetzt werden.

Hinweise:

Die Klimasensitivität setzt sich aus der Niederschlags- und Verdunstungssensitivität zusammen. Die Verdunstungssensitivität wird neben Klimaänderungen (Temperatur, Sonnenschein, Wind, Luftfeuchte) auch durch Änderungen von Landnutzung und Vegetation beeinflusst. Diese Effekte werden von Wasserhaushaltsmodellen immer unzureichend abgebildet werden, was für die Interpretation der Ergebnisse unbedingt zu berücksichtigen ist.

Zur Abschätzung der Plausibilität simulierter Ergebnisse und möglicher Spannen zusätzlicher Effekte, wie geänderte Transpirationswirkung der Vegetation (z.B. Revitalisierung der Wälder nach 1990, Waldschäden ab 2018), ist zu empfehlen, die Analyseschritte parallel mit Beobachtungsdaten aus dem Wasserhaushaltsportal (Säule A) zu begleiten. Hier sind regional spezifische bzw. typische Sensitivitäten und Bilanzänderungen mit dem bisher beobachteten Klimawandel im Zeitraum 1961 – 2014 auf der räumlichen Ebene von Pegeleinzugsgebieten vergleichend zu simulierten Wasserhaushaltsdaten analysierbar. Sollten die beantragten Wasserentnahmen nicht in einem dazu nutzbaren Pegeleinzugsgebiet liegen, sind möglicherweise aus anderen Einzugsgebieten Analogieschlüsse zu ziehen.

Abweichungen zu dem beschriebenen Verfahren müssen hinreichend begründet werden. Da sich die Modelle stetig verbessern, wird die phasenweise Anpassung der hier dargestellten Methodik empfohlen.

Berechnungen mit neuen Antriebsdaten (RCP-Szenarien) und der Klimareferenzperiode bis 2020, die neue Projektionsdaten für die WH-Komponenten erzeugen, sowie Untersuchungen zu Anpassungen oder Austausch des WH-Modells sind geplant. Weiterhin soll durch die Weiterentwicklung des GWN-Viewers (Link siehe Tabelle 6 unter Punkt 2) ein Nutzertool für WVU geschaffen werden, dass eine automatische, intuitive Umsetzung des hier beschriebenen Verfahrens im GWN-Viewer ermöglicht.

Tabelle 6: Datengrundlagen für die Ermittlung des zukünftig möglichen potenziellen Dargebots

Punkt	Inhalte	Link
1	<p>Geobasisinformation und Vermessung Sachsen</p> <p>Digitale geologische und hydrogeologische Karten</p> <p>Grundwasserkörper, Oberirdische Gewässer, EU-WRRL, Wasserschutzgebiete, Wasserversorgung</p> <p>Grundwasserentnahmen Sachsen</p>	<p>https://www.geodaten.sachsen.de/</p> <p>https://www.landesvermessung.sachsen.de/</p> <p>https://www.geologie.sachsen.de/</p> <p>https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/ida/</p> <p>https://www.wasser.sachsen.de/geodatendownload-12834.html</p> <p>https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/ida/</p> <p>Behördliche Anwendung FISWrV (auf Anfrage bei der zuständigen Behörde)</p>
2	<p>Wasserhaushaltsdaten der KLiWES-Modellierung in Säule B:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Shapefiles mit Geodaten zu Teileinzugsgebieten mit den langjährigen Mittelwerten der WH-Komponenten unter dem Titel "Langjährige Mittelwerte" - modellierte Monatswerte der WH-Komponenten unter dem Titel "Monatswerte" <p>Wasserhaushaltsdaten der KLiWES 2.0-Modellierung (mit Elbeschlauch) im WHH-Portal 2021:</p> <ul style="list-style-type: none"> - unter dem Modul Datenexport 	<p>Wasserhaushaltsportal, Säule B:</p> <p>https://www.wasser.sachsen.de/download-11148.html</p> <p>Wasserhaushaltsportal seit Mitte 2021:</p> <p>Wasserhaushaltsportal Sachsen (whh-kliwes.de)</p> <p>GWN-Viewer Sachsen:</p> <p>GWN Viewer (visdat.de)</p>

3.3 Ermittlung der zukünftig möglichen gewinnbaren Dargebotsmenge

Das gewinnbare Grundwasserdargebot wird gemäß DIN 4049 (Teil 3) als der Teil des (potenziellen) Grundwasserdargebots definiert, der mit technischen Mitteln dem Untergrund entnehmbar ist. Auf Grundwasserkörperebene wird das gewinnbare Grundwasserdargebot beispielsweise in Niedersachsen (LBEG, 2014) durch den Ansatz eines Ergiebigkeitsabschlags vom potenziellen Grundwasserdargebot ermittelt. Der Ergiebigkeitsabschlag kann bis zu 20 % betragen und spiegelt den Anteil des Grundwasserkörpers mit hydraulisch ungünstigen Verhältnissen wieder. Diese pauschale Vorgehensweise kann für die ortskonkrete Betrachtungsebene des Einzugsgebietes einer Wasserfassung in Sachsen nicht angewandt werden. In der Regel werden Wasserfassungen, insbesondere zur Trinkwassergewinnung, an hydraulisch günstigen Standorten eines Grundwasserkörpers errichtet. Es ist davon auszugehen, dass das im Einzugsgebiet der Wasserfassung gebildete Grundwasser mit technischen Mitteln gewonnen werden kann (Kapitel 3.1). Die hydraulischen Eigenschaften des Untergrundes sind wesentliche Größen in Bezug auf die Grundwasserneubildung und wirken sich damit direkt auf die Einzugsgebietsgröße einer Wasserfassung aus. Aus diesem Grund wird näherungsweise davon ausgegangen, dass das zukünftig gewinnbare Dargebot dem zukünftig möglichen potenziellen Dargebot auf Einzugsgebiets-ebene gleichgesetzt werden kann.

3.4 Ermittlung der zukünftig möglichen nutzbaren Dargebotsmenge

Die DIN 4049 (Teil 3) definiert das nutzbare Grundwasserdargebot als den Teil des gewinnbaren Dargebots, der für die Wasserversorgung unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen genutzt werden kann. Maßgebend hierfür sind die Auswirkungen einer Grundwasserentnahme. Diese können wie folgt zusammengefasst werden:

- Beeinflussung von grundwasserstandsabhängiger Vegetation,
- Absenkung des Wasserstands in Feuchtgebieten,
- Absenkung des Wasserspiegels in Grundwasserblänken oder Vorflutern,
- Abflussminderung in Vorflutern,
- Beeinträchtigung der Entnahmen Dritter (Änderung Einzugsgebietsgrenzen),
- Flächenhafte Absenkung durch Summenwirkung,
- Setzungen (Bauwerksschäden) und
- Grundwasserbeschaffenheit.

Auch bei der Ableitung des nutzbaren Dargebotes wird beispielsweise in Niedersachsen (LBEG, 2014) mit Abschlägen gearbeitet. Wichtig ist hierbei der Hinweis, dass es sich bei diesen Betrachtungen um die Grundwasserkörperebene handelt. In Bezug auf die Beschaffenheit liegt der Fokus auf dem Salzgehalt des Grundwassers. In versalzten Grundwasserbereichen werden Versalzungsabschläge von bis zu 100 % angesetzt. Zur Sicherung und Erhaltung grundwasserabhängiger Landökosysteme und Oberflächengewässer wurde der Öko-Abschlag eingeführt. Dieser Abschlag ist ein Indikator für die Empfindlichkeit grundwasserabhängiger Landökosysteme gegenüber zusätzlicher Grundwasserentnahmen. Er resultiert aus der Kombination des Anteils von kapillarem Aufstieg des Grundwassers am Grundwasserdargebot und des Flächenanteils von grundwassernahen Böden am Grundwasserkörper. Der sogenannte Ökoabschlag liegt zwischen 70 % und 90 % des gewinnbaren Dargebots.

Auf der Einzugsgebietsebene einer Wasserfassung ist die Ermittlung des nutzbaren Dargebotes auf der Basis von Abschlägen jedoch nicht zielführend. Vor dem Hintergrund des für die Zukunft projizierten sinkenden Grundwasserdargebots in Sachsen hat die Überführung des gewinnbaren Dargebotes in nutzbares Dargebot oberste Priorität. Die optimale Nutzung des gewinnbaren Dargebots kann nur auf der Basis ortskonkreter Betrachtungen gelingen. Hierfür ist eine enge Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden erforderlich. Der Antragsteller muss nachweisen, dass sich durch seine neu beantragte Grundwasserentnahme

- keine negativen Auswirkungen auf grundwasserabhängige Landökosysteme und mit dem Grundwasser in Verbindung stehende Oberflächengewässer ergeben,
- der erforderliche Mindestabfluss in Vorflutern weiterhin gewährleistet wird,
- keine genehmigten Grundwasserentnahmen Dritter beeinträchtigt werden,
- die Summenwirkung der Grundwasserentnahmen des Antragstellers und Dritter nicht zu Folgeschäden führt,
- keine Gefährdung von Gebäuden durch Setzungsschäden ergeben und
- sich die Grundwasserbeschaffenheit nicht negativ verändert (z.B. durch Verlagerung von Abstromfahnen von Altlasten).

Speziell für die öffentliche Wasserversorgung ist bei der Ermittlung der nutzbaren Dargebotsmenge darüber hinaus auch die Rohwasserqualität zu berücksichtigen. So kann die Nutzbarkeit des Dargebots als Trinkwasser insbesondere in Trockenperioden aufgrund sich ungünstig entwickelnder Wasserbeschaffenheit (z.B. steigender Uferfiltratanteil) noch stärker eingeschränkt sein. In Abhängigkeit von der verwendeten Aufbereitungstechnologie kann für derartige Szenarien die nutzbare Entnahmemenge, die zu Trinkwasser aufbereitet werden kann, aufgrund des Güte-Aspekts noch geringer ausfallen. Als Datengrundlagen stehen u.a. der Stoffbilanz-Viewer und das Umweltdatenportal iDA (mit Beschaffenheitsparameter für Grund- und Oberflächenwasser an Landesmessstellen, Nitratkulisse, Zustandsbewertung nach WRRL etc.) zur Verfügung. Einen möglichen Einfluss der Wasserbeschaffenheit gilt es insbesondere in den Vorschlag zum in Trockenperioden geltenden maximalen Q_7 -Bescheidwert einzubeziehen. Dieser kann in Abhängigkeit von statistisch ausgewerteten Niedrigwasserständen und beeinflussten Beschaffenheitsparametern der genutzten Oberflächen- und/oder Grundwasserressourcen ermittelt werden. An dieser Stelle sei ergänzend auf § 42 Abs. 1 SächsWG hingewiesen, gemäß dem die Träger der öffentlichen Wasserversorgung nach den Grundsätzen der Verhältnismäßigkeit solche Rohwässer verwenden sollen, die mit einfachen und naturnahen Verfahren zu Trinkwasser aufbereitet werden können.

Das zukünftig mögliche nutzbare Grundwasserdargebot ergibt sich demnach als der Teil des zukünftig möglichen gewinnbaren Dargebots unter Einhaltung der oben aufgeführten Randbedingungen.

Das Einzugsgebiet der Grundwasserentnahme ist gemäß Kapitel 3.1 auszuweisen. Des Weiteren sind potenzielle Betroffenheiten im Sinne der vorgenannten Punkte zu recherchieren und darzustellen. Bei geringen Grundwasserentnahmen mit einer geringen Reichweite sind analytisch ermittelte Einzugsgebiete zur Darstellung des Konfliktpotentials ausreichend (siehe Beispiel Tauscha). Bei hohen Entnahmen mit großen Reichweiten und einem hohen Konfliktpotential durch Oberflächengewässerinteraktion oder mögliche Interessenskonflikte mit Dritten ist die Nachweisführung auf der Basis numerischer Grundwasserströmungsmodelle unumgänglich. Gegebenenfalls ist die iterative Anpassung der Entnahme bis zur Einhaltung der aufgeführten Randbedingungen erforderlich.

4 Beispielhafte Anwendung

Die unter den Punkten 2 und 3 erarbeiteten Inhalte sollten im Folgenden auf vier Beispielstandorte angewandt werden. Im Rahmen des Fachgesprächs am 24.06.2020 wurden neben den bereits vom Auftraggeber gesetzten Wasserfassungen Jahnaue II und Torgau-Ost sechs weitere Standorte zur Diskussion gestellt. Im Ergebnis wurden die folgenden Standorte zur beispielhaften Anwendung festgelegt:

- Quellgebiet Gimmlitztal: Gebiet ohne Erkundung und ohne Dargebotsnachweis
- WF Tauscha: Einzugsgebiet mit Erkundung aber ohne Dargebotsnachweis
- WF Jahnaue II: Grundwassereinzugsgebiet mit vollständigem hydrologischem Gutachten und Modell
- WF Torgau-Ost: Grundwasser-Uferfiltrat-Einzugsgebiet mit vollständigem hydrologischem Gutachten und Modell

Es ist zu beachten, dass sich der Erkenntnisstand zu Erkundungskampagnen und Dargebotsnachweisen auf den 24.06.2020 bezieht. Im Nachgang des Fachgesprächs wurde beispielsweise noch das Hydrogeologische Gutachten zur Ausweisung des Wasserschutzgebietes "Gimmlitztal" übergeben. An den Beispielstandorten wurde jedoch festgehalten.

4.1 Quellgebiet Gimmlitztal

4.1.1 Allgemeine Beschreibung

Das Quellgebiet Gimmlitztal liegt in den Landkreisen Mittelsachsen und Sächsische Schweiz/Osterzgebirge und wird durch den Wasserzweckverband Freiberg betrieben. Es dient der Wasserversorgung der Stadt Frauenstein mit den Gemarkungen Burkersdorf, Dittersbach, Nassau und Kleinbobritzsch sowie den Ortschaften Reichenau und Hartmannsdorf. Der Betreiber besitzt eine wasserrechtliche Erlaubnis vom 23.07.2002 mit Änderung vom 06.10.2005, im Rahmen derer er im Durchschnitt bis zu 500 m³/d (Summe aller Entnahmestellen) Grundwasser fördern darf (siehe Kapitel 4.1.3). Seit März 2015 ist das gesamte Gimmlitztal, d.h. Talau der Gimmlitz, bewaldete Seitenhänge, Offenlandbereiche sowie teilweise die Zuflüsse der Gimmlitz, als Naturschutzgebiet festgesetzt (siehe Kapitel 4.1.2).

Die Fläche des oberirdischen Einzugsgebietes beträgt ca. 29,8 km². Das Gebiet ist zu ca. 57% bewaldet. Mit weiteren 23% Ackerbau und 17% Grünland stellen diese drei Typen die dominierenden Landnutzungen im Einzugsgebiet dar. Die restlichen Flächenanteile betragen 1% Siedlungs- und Gewerbeflächen sowie 2% sonstige Flächennutzung (Straßen, Wege, Wasserflächen). Damit ist das Einzugsgebiet als sehr gering versiegelt anzusehen. Das Einzugsgebiet liegt vollständig im Festgesteinsbereich des Erzgebirges mit größtenteils Kluftgrundwasserleiter aus metamorphem Gestein silikatischen Ursprungs (Hydrogeologische Übersichtskarte HÜK 200 Sachsen). Das Schutzpotential der Grundwasserüberdeckung ist im gesamten Einzugsgebiet als ungünstig eingestuft (HÜK 200). Die Durchlässigkeit des Gesteins wird mit einem Durchlässigkeitsbeiwert k_f von $1 \cdot 10^{-9}$ bis $1 \cdot 10^{-7}$ m/s und im Bereich der Klüfte mit k_f $1 \cdot 10^{-7}$ bis $1 \cdot 10^{-5}$ m/s angegeben (HÜK 200).

Die Fassungsanlage wurde im Zeitraum 1904 bis 1949 errichtet und besteht aus 97 Quellschächten (Sickerleitungen) mit einer Gesamtlänge von 10,2 km sowie 19 untermauerten Quellschächten. Mit Hilfe der Sickerleitungen und Quellschächte wird oberflächennahes Schicht- und Grundwasser innerhalb der Lockergesteinsdecke des Festgesteins erfasst. Alle Schächte sind Durchgangsschächte mit einer geschlossenen Sohle (betoniert). Die hydraulische Durchlässigkeit der Lockergesteinsdecke wurde anhand einer Sieb-Schlamm-Analyse untersucht (Wähner, M. 2012). Es wurde ein k_f -Wert von $4,68 \cdot 10^{-5}$ m/s ermittelt. Die Unterkante dieser Verwitterungsdecke folgt überwiegend dem Gelände-relief (Hangneigung). Somit läuft das anfallende Schicht- und Grundwasser in der Regel fast vollständig auf der Festgesteinsoberfläche in Richtung Gimmlitz ab. Die auf der Lockergesteinsdecke aufliegenden Böden besitzen einen lehmig-sandigen Charakter mit Feldkapazitäten zwischen < 60 und 260 l/m³ (Wähner, M. 2012). Diese geringen Feldkapazitäten in Verbindung mit hohen Niederschlagsmengen führen zu einem hohen Bodenwasseraustausch. Die genannten Gegebenheiten bewirken in Summe ein relativ schnelles Abfallen des Wasserdargebots in der Fassung bei Trockenperioden, welches jedoch bei Regenereignissen schnell wieder ansteigt. Weiterhin zeigen die genannten Gegebenheiten auch an, dass die Grundwasserneubildung für dieses Gebiet mit dem Ansatz $GWN = RG1 + RG2$ (schneller plus langsamer Grundwasserabfluss) ermittelt werden kann. Im Sinne der Grundwasserneubildungs-Konvention für den Locker- und Festgesteinsbereich (siehe Kap. 3.1.1) wurde jedoch der Ansatz $GWN = RG2$ gewählt, der damit gleichzeitig auch eher konservative Aussagen bezüglich der Grundwasserneubildungsmengen trifft.

4.1.2 Schutzgebiete

Im Jahr 2012 wurden für das Quellgebiet "Gimmlitztal" Trinkwasserschutzzonen vorgeschlagen (Wähner, M. 2012). Die Schutzzone I umfasst eine Fläche von insgesamt $0,22$ km² und ergibt sich durch einen Abstand von 20 m in Richtung Anstrom und 10 m in Richtung Abstrom vom Schutzobjekt. Die Schutzzone II umfasst eine Fläche von $15,1$ km² und wird durch die 50-Tage-Isochrone bzw. einen Mindestabstand von 100 m zum Schutzobjekt definiert. Die Schutzzone III umfasst das gesamte restliche oberirdische Einzugsgebiet ($14,5$ km²). Die Flächen landwirtschaftlicher Nutzung liegen dabei hauptsächlich in der Schutzzone III. Die Schutzzone II ist durch Wald, Grünland und vereinzelte, kleine Siedlungsbereiche der Ortslagen Frauenstein und Hermsdorf sowie weitere Einzelhäuser gekennzeichnet. Die Schutzzone I ist überwiegend bewaldet.

Gemäß der Verordnung des Landratsamtes Mittelsachsen vom 20.03.2015 wird das Gimmlitztal als Naturschutzgebiet festgesetzt (LRA Mittelsachsen 2015). Es hat eine Größe von etwa $2,58$ km² und liegt entlang der Gimmlitz auf dem Gebiet der Gemarkungen Burkensdorf, Dittersbach, Frauenstein und Nassau der Stadt Frauenstein, der Gemarkung Holzhau der Gemeinde Rechenberg-Bienenmühle (alle zugehörig zum LK Mittelsachsen) sowie auf dem Gebiet der Gemarkungen Reichenau, Gemeinde Hartmannsdorf-Reichenau, und Hermsdorf, Gemeinde Hermsdorf/Erzgebirge (alle LK Sächsische Schweiz/Ost-erzgebirge). Das Naturschutzgebiet dient unter anderem der "Erhaltung des überregional bedeutsamen, durch verschiedenartige Biotoptypen geprägten und überwiegend un bebauten Kerbsohlentales" der Gimmlitz sowie der "Erhaltung und Pflege der Gimmlitz einschließlich ihrer Zuflüsse und Quellbereiche als weitgehend natürliches Fließgewässer mit neutraler Wasserqualität" (LRA Mittelsachsen 2015). Neben dem Naturschutzgebiet existieren im Einzugsgebiet des QG Gimmlitztal noch das Trinkwasserschutzgebiet QG Krötenbachtal (vergleichsweise klein) und das TWSG für die Talsperre Lichtenberg.

Das TWSG für die TS Lichtenberg teilt sich in weiten Abschnitten die Außengrenzen mit dem QG Gimmlitztal. Mit der Festsetzung von Schutzgebieten gehen einige Anforderungen an zukünftige Antragstellungen zur Grundwasserentnahme einher.

Im Rahmen der Bearbeitung der Leitfadenbestandteile wurde die untere Naturschutzbehörde des Landkreises Mittelsachsen bezüglich naturschutzrechtlicher Erfordernisse bei einer Beantragung von zukünftiger Grundwasserentnahme im Quellgebiet Gimmlitztal befragt. Das Antwortschreiben (E-Mail vom 11.11.2020) befürwortet die Erlaubnis von Vorhaben zur prinzipiellen Sicherstellung der Trinkwasserversorgung, wobei speziell für das NSG Gimmlitztal, welches kleine Oberflächengewässer und damit verbundene Biotope schützt, zusätzlich zu berücksichtigen ist (Zitat E-Mail vom 11.11.2020):

Insbesondere Oberflächengewässer wie beispielsweise ephemere (kurzzeitig bestehende) Kleingewässer, Senken, Mulden, Weiher, Teiche, aber auch Altarme und Fließgewässer (insbesondere deren Verlandungszonen), aber auch feuchte bzw. nasse Wiesen, deren Brachestadien sowie Verlandungszonen sind nicht nur durch den im Einzugsgebiet vorherrschenden Oberflächenzufluss beeinflusst, sondern auch durch Wasseransammlungen auf stauenden Bodenschichten (z.B. Gley, Pseudogley) sowie hoch anstehendem Grundwasser. Grundwasserbildungsprozesse sind, vereinfacht ausgedrückt, u.a. die Folge von versickernden Oberflächenwasser und Einleitung in den Grundwasserleiter. Aufgrund dieser engen Beziehung der oberirdischen Wasserverhältnisse zu den wasserführenden Boden- und Gesteinsschichten ist folgender Wirkpfad einer Grundwasserentnahme in jenen Bodenschichten, welche mit der stauenden Schicht in direkter Verbindung stehen, festzustellen:

Der durch die Grundwasserentnahme entstehende insbesondere vertikal gerichtete Sickerstrom der oberen bzw. oberirdischen anstehenden bzw. vorhandenen Wassermengen in die grundwasserbeeinflusste Schicht, aus welcher das Grundwasser entnommen werden soll. Die Folge ist eine Abnahme des oberen/ oberirdisch anstehenden Wassers, wodurch der dortige Wasserstand verändert, d.h. verringert wird. Weiterhin sind Oberflächengewässer oder feuchte bzw. nasse Wiesen, deren Brachestadien sowie Verlandungszonen mit hohen Grundwasserständen direkt von einer Entnahme des Grundwassers beeinflusst. Somit ergibt sich folgende Grundannahme: Eine Beeinflussung von Oberflächengewässern sowie feuchten und nassen Wiesen durch die geplante Grundwasserentnahme ist nach aktueller Kenntnislage zu unterstellen. Da es sich hier um wertvolle und/oder gesetzlich geschützte Biotope handeln kann, welche ebenso lebensraumtypische Eigenschaften und Habitate (N2000) vorweisen können und weiteren gesetzlich geschützten Arten Lebensraum bieten, ist eine entsprechende tiefergehende Prüfung zur Vermeidung der Verbotstatbestände gemäß § 30 (2) BNatSchG, § 22 ff. BNatSchG, § 34 BNatSchG sowie § 44 (1) BNatSchG, welche insbesondere betriebsbedingt ausgelöst werden können, erforderlich.

Es ist daher die Methode der Grundlagenermittlung der Auswirkung des Vorhabens auf Oberflächengewässer sowie feuchten und nassen Wiesen entsprechend detailliert und nachvollziehbar darzustellen.

Damit hat der Vorhabenträger im Rahmen der Vorhabensbeschreibung, neben den in Kapitel 4.1.8 genannten zu beachtenden und zu prüfenden Anforderungen, als weitere Maßnahme eine selektive Biotopkartierung wasserbeeinflusster Biotope auf Grundlage der aktuellen Biotopkartierung durchzuführen. Bei der UNB Landratsamt Mittelsachsen sind dafür Biotopdaten vorhanden, welche entsprechend im engen und erweiterten Wirkraum zur Verfügung gestellt werden können. Auf dieser Basis wäre je wasserbeeinflusstem Biotop eine floristische Liste mit geschätzten Deckungsgraden je Pflanzenart zu erstellen und mit

einer geeigneten Fotodokumentation je erfasstem Biotop zu ergänzen und einzureichen. Die Nichtbeeinträchtigung ist darzulegen. Eventuelle Eingriffe sowie Kompensationsmaßnahmen wären gemäß der aktuellen Handlungsempfehlung (SMUL 2003) zu bilanzieren.

4.1.3 Entnahmen im Einzugsgebiet

Bei der Ermittlung der Grundwasserentnahmen im Einzugsgebiet wurden Entnahmen durch öffentliche Wasserversorger und private Entnahmen berücksichtigt. Die Entnahmen zur öffentlichen Wasserversorgung wurden auf Basis der Ist-Entnahmemengen von 2014 (per E-Mail vom 06.05.2020) sowie wasserrechtlich genehmigter Entnahmemengen mit Stand Dezember 2019 (Auszug aus der behördlichen Anwendung FISWrV, ebenfalls per E-Mail am 06.05.2020) und die privaten Entnahmen auf Basis der wasserrechtlich genehmigten Entnahmemengen mit Stand Dezember 2019 (FISWrV-Auszug, per E-Mail am 06.05.2020 s.o.) recherchiert.

Die mittleren täglichen Entnahmemengen aus der Quelfassung Gimmlitztal durch den WZV Freiberg gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 7: Entnahmemengen gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis

	Q_{mittel} [m ³ /d]	Q_{max} [m ³ /d]
Gesamt	500	849
Entnahme Nassau	115	195
Entnahme Frauenstein	260	442
Entnahme Dittersbach/Burkersdorf	125	212

Quelle: Wähner, M. (2012)

Die Selbstauskunft des WZV Freiberg gibt für den Zeitraum 2007 bis 2019 eine mittlere Entnahme von 44.638 m³/a bzw. 122 m³/d an. Dabei entfallen in etwa die Hälfte der Entnahmen auf die Ortschaft Burkersdorf, siehe Abbildung 7 oben. Die kleinste Entnahme erfolgt für den Bereich Frauenstein. In der Abbildung 7 sind im unteren Teil die mittleren Entnahmen pro Tag dargestellt. Diese schwankten im Zeitraum 2017 bis 2019 zwischen 92 m³/d im Januar und 171 m³/d im Monat August. Tendenziell zeigt sich eine höhere Entnahme in der Sommerzeit bis in den Herbst hinein.

Die Daten zeigen, dass die tatsächliche Entnahme im ausgewerteten Zeitraum mit ca. 122 m³/d deutlich geringer (25%) ist als die mit der wasserrechtlichen Erlaubnis bewilligten 500 m³/d.

Bezüglich der privaten Grundwassernutzungen im Einzugsgebiet ergaben sich vier weitere Entnahmen. Die Firma GEOMIN Erzgebirgische Kalkwerke GmbH stellt den Hauptnutzer mit einer WRE von 400 m³/d dar. Das geförderte Grubenwasser des ehemaligen Kalkwerkes wird der Gimmlitz zugeführt. Es findet ein separates Monitoring statt.

Die wasserrechtlichen Erlaubnisse privater Grundwassernutzungen ergaben zusammengefasst eine bewilligte Entnahme von 404 m³/d. Über tatsächliche Entnahmemengen ließen sich mit Stand der Bearbeitung keine Aussagen treffen.

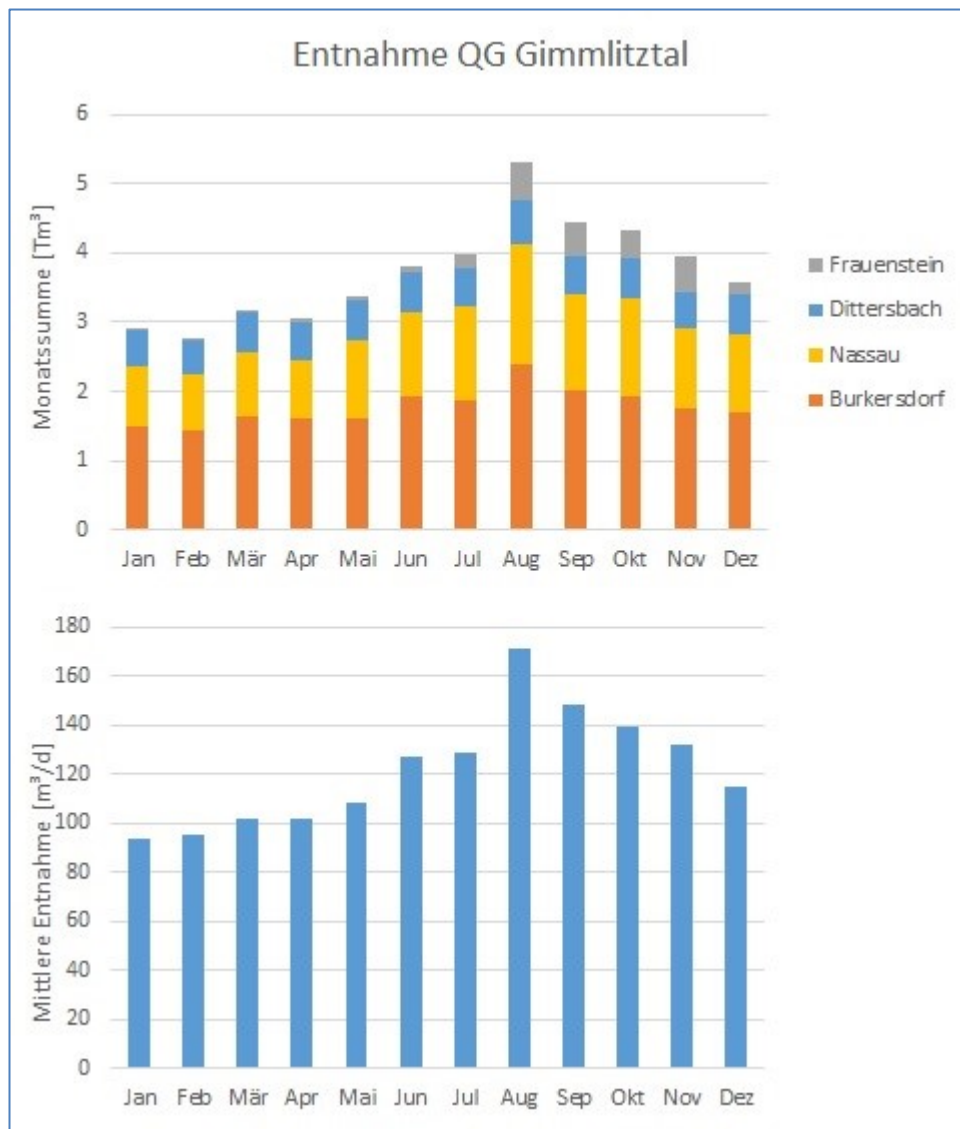


Abbildung 7: Monatssummen der Entnahmen aus der Quelfassung

4.1.4 Ermittlung der flächenbezogenen Wasserhaushaltsgrößen

Für das Quellgebiet Gimmlitztal wurde das Einzugsgebiet anhand **oberirdischer** Wasserscheiden im GIS festgelegt (Abbildung 8). Dafür wurde die Topografische Karte DTK100⁴ verwendet. Die Abgrenzung zeigte sich nahezu identisch mit der Festlegung des Einzugsgebietes bei Wähler, M. (2012). Die Fläche des Einzugsgebietes ergab sich dabei zu 29,8 km².

Die Geodaten der KLiWES-Teileinzugsgebiete (TG) der Mulde wurden im Wasserhaushaltsportal, Säule B, unter dem Titel "Langjährige Mittelwerterte"⁵ heruntergeladen. Das für die Quelfassung Gimmlitztal ermittelte Einzugsgebiet wurde mit den TG verschnitten. Die Verschneidung ergab 13 Teileinzugsgebiete mit einer Fläche zwischen 0,8 bis 5,3 km² (Abbildung 9).

⁴ Quelle: WMS-Service Sachsen, https://geodienste.sachsen.de/wms_geosn_dtk-p-color/guest?

⁵ <https://www.wasser.sachsen.de/download-11148.html>

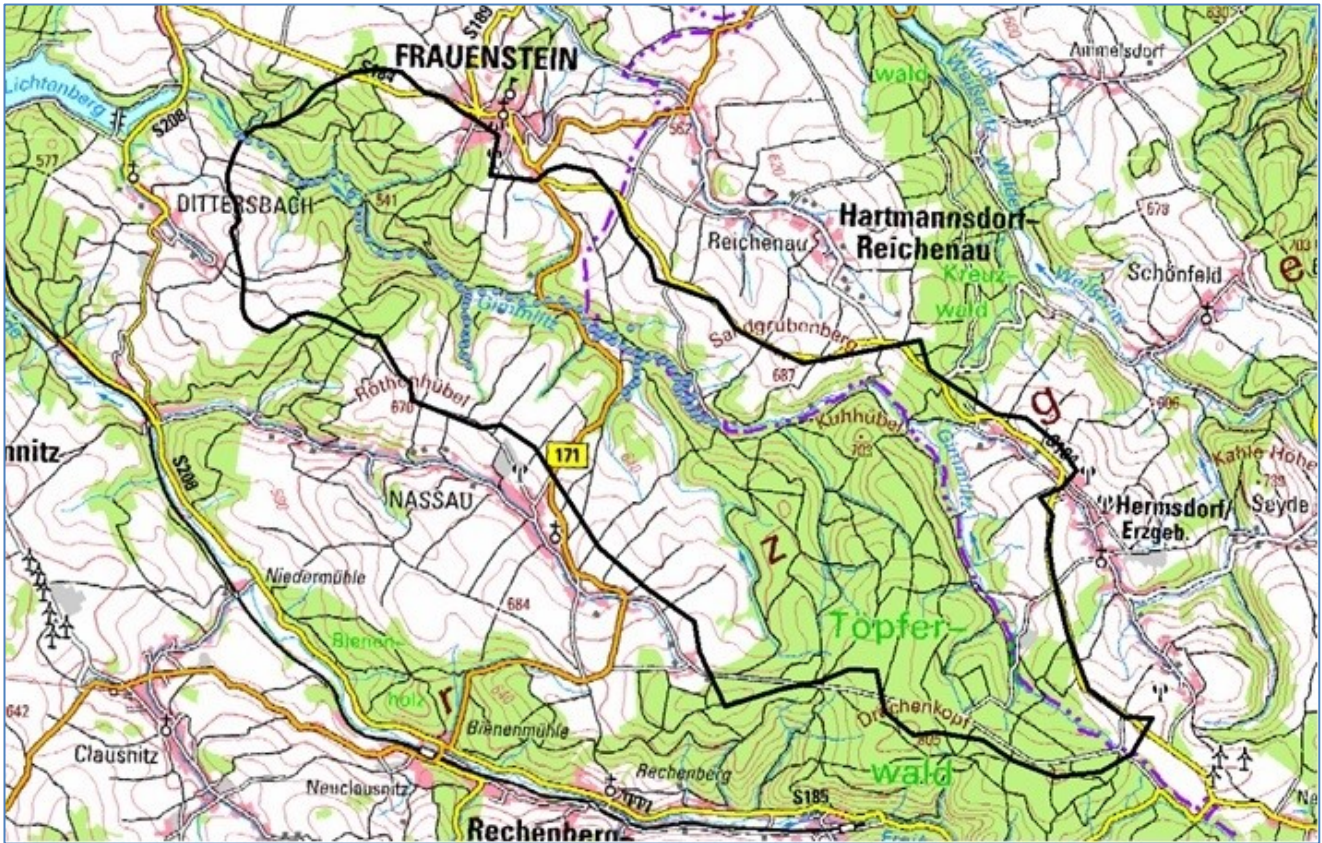


Abbildung 8: Einzugsgebiet der Quellfassung Gimmiztal (schwarz) sowie Lage der Quellköpfe (blaue Punkte) und Landkreisgrenze (magenta)

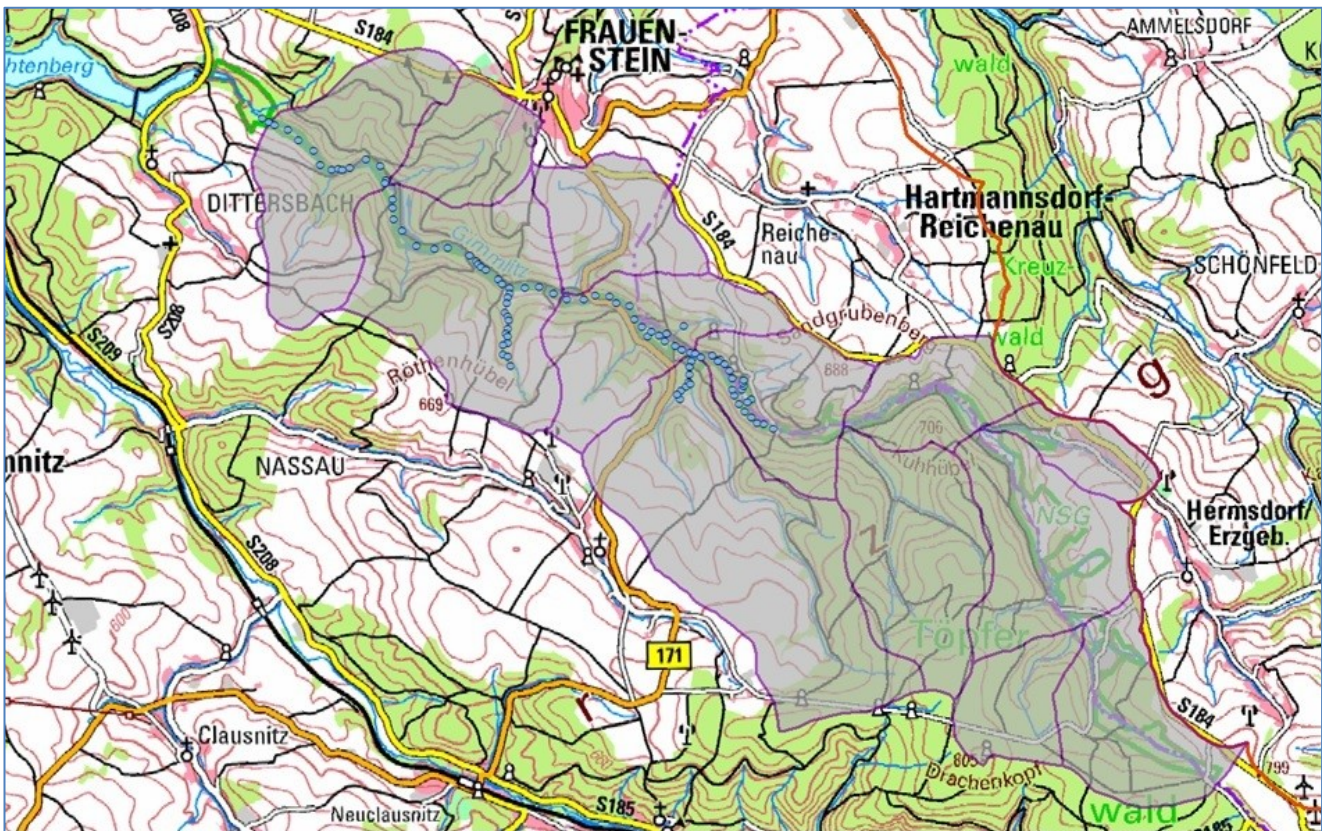


Abbildung 9: Ergebnis der Verschneidung vom Einzugsgebiet mit den Mulde-Teilgebieten aus der Wasserhaushaltsmodellierung (KLIWES)

Auf Basis dieser TG erfolgte die flächengewichtete Bestimmung der jährlichen Gebietsmittelwerte für die Wasserhaushaltskomponenten Niederschlag P, die reale Verdunstung ER sowie die Abflussbildungskomponenten Gesamtabfluss (R_{ges}), Sickerwasser (RG_{2+1}), schneller (RG_1) und langsamer (RG_2) grundwasserbürtiger Abfluss. Die Formulierung "jährlich" bezieht sich auf das Wasserhaushaltsjahr (November bis Oktober). Die Jahresmittelwerte für das EZG der Quelfassung Gimmlitztal sind in Tabelle 8 für den Ist-Zustand dargestellt. Dabei zeigt sich ein korrigierter Niederschlag P von etwas über 1.000 mm/a, wovon reichlich 40% verdunsten und knapp 60% den Gesamtabfluss bilden. Letzterer wird dabei zu ca. 70% aus grundwasserbürtigem Abfluss RG und zu ca. 30% aus oberflächlichen bzw. hypodermischen Abfluss gebildet. Der grundwasserbürtige Abfluss wiederum setzt sich in etwa aus den Anteilen 2/3 schneller Grundwasserabfluss und 1/3 langsamer GW-Abfluss zusammen. Die potenzielle Grundwasserneubildung entspricht dabei per Konvention dem langsamen Grundwasserabfluss, d.h. ca. 143 mm/a.

Ein Vergleich des flächengewichteten Gebietsmittels mit dem arithmetischen Mittel zeigt für das Einzugsgebiet der QF Gimmlitztal mit Abweichungen <5% keine signifikanten Unterschiede in den Wasserhaushaltskomponenten (Tabelle 8). Die Ursache liegt hier in den relativ homogenen (hydro-)geologischen Bedingungen des Einzugsgebietes, sodass eine Vereinfachung des Gebietsmittels möglich ist.

Die längjährigen Werte sind ein erster Anhaltspunkt für den aktuellen Wasserhaushalt im Gebiet. Für prozess- und trendbezogene Aussagen ist jedoch die Betrachtung der Wasserhaushaltsjahre bzw. -halbjahre auf Basis von Monatswerten, wie in Kap. 4.1.7 unerlässlich.

Tabelle 8: Langjährige Mittelwerte der Wasserhaushaltskomponenten, Ist-Zustand (1961 - 2010)

	korrigierter Niederschlag P [mm/a]	Reale Verdunstung ER [mm/a]	Schneller GW-Abfluss RG1 [mm/a]	Langsamer GW-Abfluss RG2 [mm/a]	RG: RG1 + RG2 [mm/a]	Schnelle Abflusskomponente RS [mm/a]	Gesamtabfluss [mm/a]
Ist-Zustand							
flächengewichtet	1.086	471	307	143	450	164	614
arithmetisch	1.087	471	301	150	450	165	615
Abweichung	0,1%	-0,1%	-2,1%	4,7%	0,2%	0,3%	0,2%

4.1.5 Vergleich der Wasserhaushaltsdaten mit Beobachtungsdaten

Für den Zeitraum 1992 bis 2019 lagen Niederschlagsdaten der dem Gimmlitztal nahegelegenen DWD-Wetterstation in Oberbobritzsch als Tagessummen in [mm] vor und wurden zu Jahressummen aggregiert. Weitere Niederschlagsstationen im Umfeld des Bearbeitungsgebietes sind Dorfchemnitz bei Seyda (Beobachtung 1946 bis 1990) bzw. Dorfchemnitz-Wolfgrund (ab 2015). Die Datenbasis dieser beiden Niederschlagsstationen war für einen durchgängigen Vergleich nicht ausreichend.

Ein Vergleich der Daten der Messstation Oberbobritzsch mit den Zeitreihen für den Ist-Zustand und dem Szenario WETTREG 66 aus der KLiWES-Modellierung zeigt einen etwas geringeren Niederschlag in Oberbobritzsch gegenüber den Modellergebnissen (Abbildung 10). Die Ursachen hierfür können in der Wahl der Messstation, aber auch der Klimaprojektion und/oder der Regionalisierung im Model liegen. Zum

Vergleich der Gebietsniederschläge lässt sich zukünftig mit dem GWN-Viewer ein gleicher Flächenbezug herstellen.

Die Ganglinien der Messreihe ("P Oberbobritzsch") und des modellierten Ist-Zustands ("P Ist") sind in ihren Verläufen dennoch ähnlich, Niederschlagsspitzen wie z.B. das Starkregenereignis im August 2002, werden vergleichbar abgebildet. Die Messreihe Oberbobritzsch zeigt ab dem Jahr 2014 eine Verringerung des Niederschlags, die auch in anderen Gebieten Sachsens ab 2014 beobachtet wurde (Mellentin, pers. Komm. 12/2020).

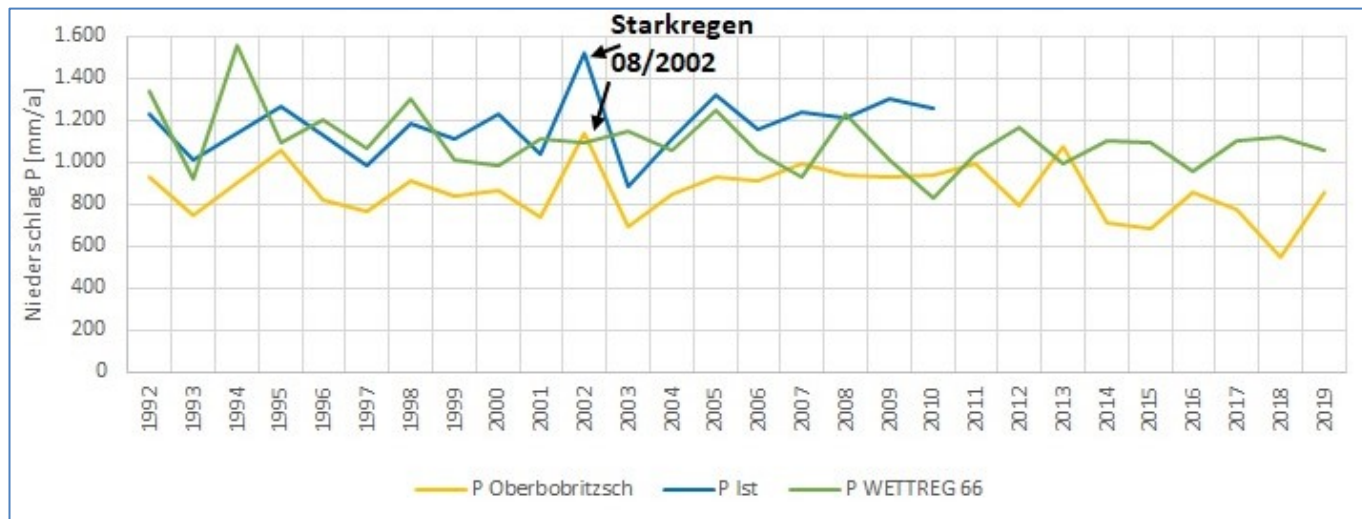


Abbildung 10: Vergleich von Niederschlagsdaten der Wetterstation Oberbobritzsch mit dem berechneten Niederschlag aus der Wasserhaushaltsmodellierung

Die Korrelation der gemessenen zu den berechneten Niederschlagswerten zeigt mit einem Bestimmtheitsmaß R^2 von 84% bzw. 88% eine gute Abhängigkeit an, siehe Abbildung 11. Die Darstellung belegt eine geringe Variabilität des Jahresniederschlags in der Projektion (untere Abbildung) und kann somit nur für Mittelwertbetrachtungen angewandt werden.

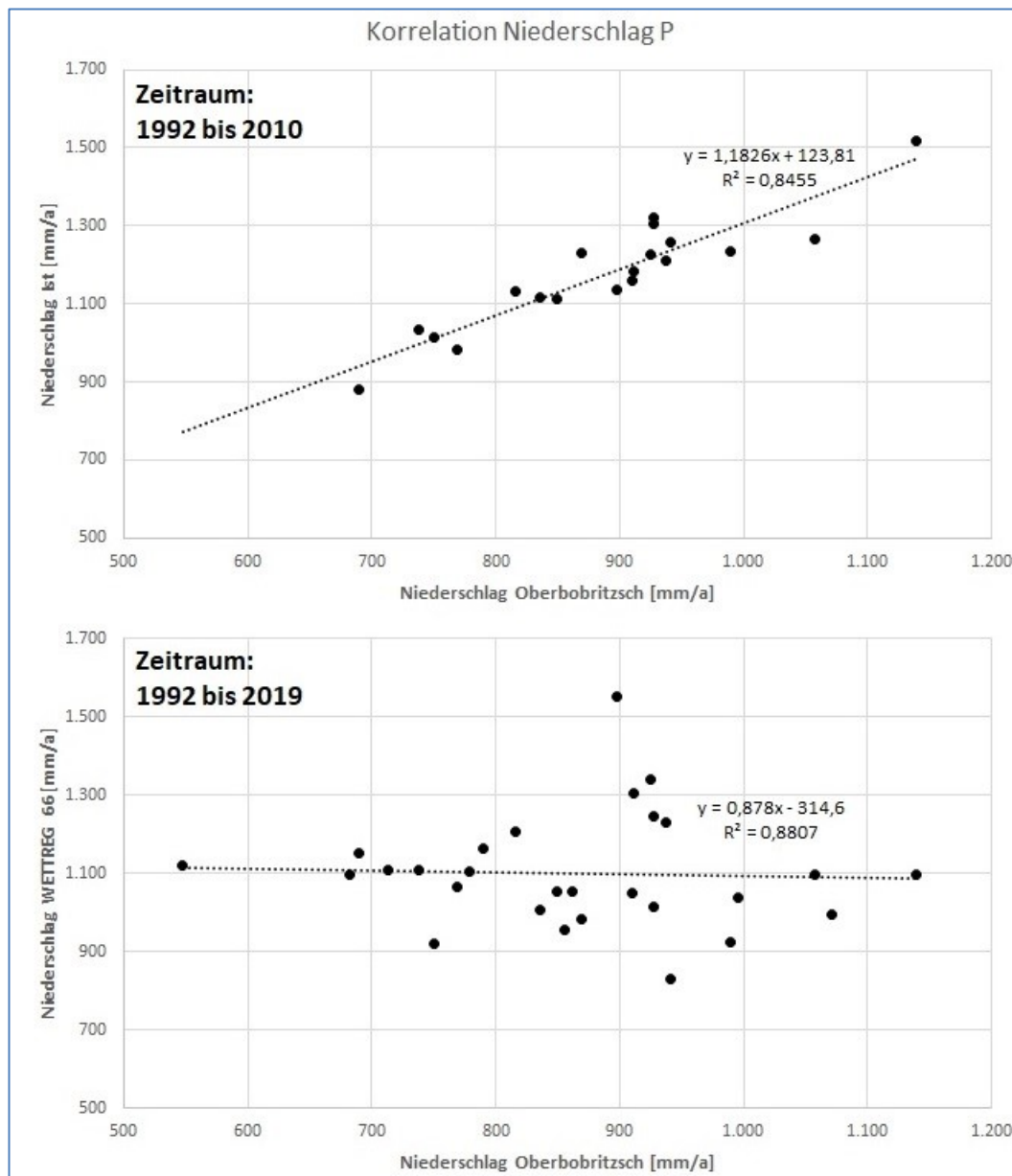


Abbildung 11: Korrelation des gemessenen Niederschlags in Oberbobritzsch mit dem berechneten Niederschlag (Ist-Zustand oben, Klimaszenario unten)

Weiterhin wurden die Durchflusswerte der Gimmlitz am Pegel Burkersdorf 3 herangezogen. Die Daten umfassen Tagesmittelwerte [m^3/s] der hydrologischen Jahre 1975 bis 2019. Für den Zeitraum 01.11.1979 bis 31.10.1991 sind keine Messdaten vorhanden. Die Durchflussdaten der Gimmlitz wurden mit dem berechneten schnellen Abfluss RS des Ist-Zustands und der Klimaprojektion WETTREG 66 aus der Wasserhaushaltsmodellierung verglichen (Herleitung von RS siehe Kapitel 1.3). Die drei Ganglinien zeigen eine ähnliche Größenordnung und Abflussspitzen werden vergleichbar abgebildet, siehe Abbildung 12. Beim gemessenen Durchfluss der Gimmlitz ("Q Pegel Burkersdorf 3") zeigt sich eine Verringerung der Durchflusswerte ab 2014. In diesem Zeitraum sind die projizierten Werte für RS größer als die am Pegel beobachteten Durchflüsse. Da die für die Modellierung verwendeten Antriebsdaten nur den Zeitraum bis 2010 erfassen, ist dieser Bruch nicht in den Modelldaten abgebildet. Diesem Umstand wird mit einer aktualisierten Modellierung unter Berücksichtigung von Daten bis 2020 Rechnung getragen.

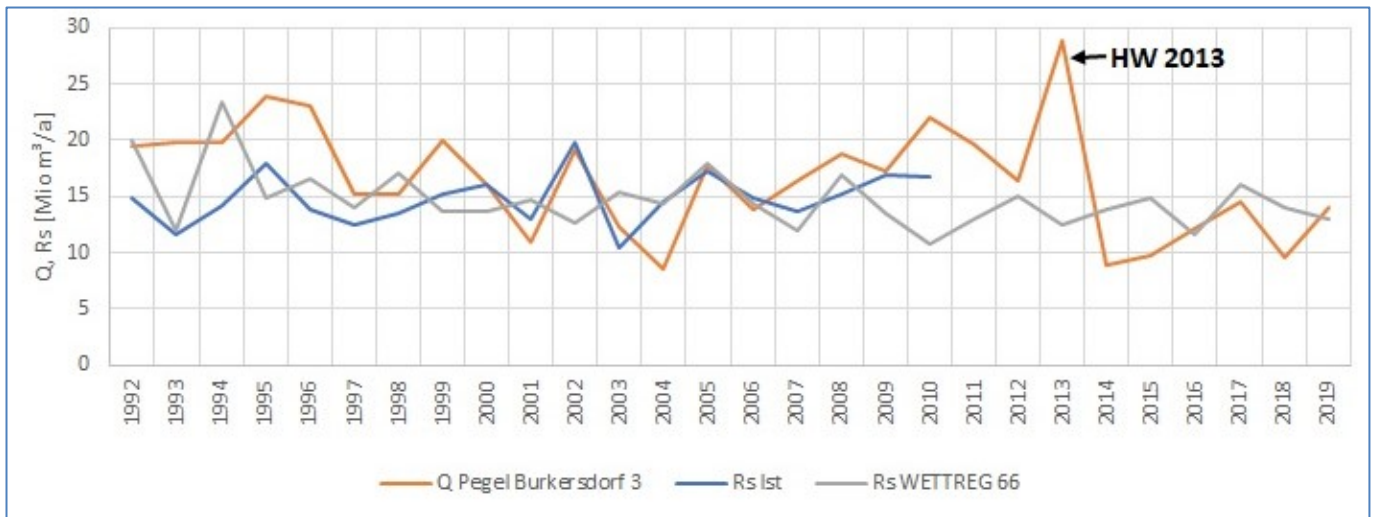


Abbildung 12: Vergleich von gemessenem Durchfluss Q und dem aus der WH-Modellierung berechneten schnellen Abfluss RS für den Ist-Zustand und das Klimaszenario WETTREG 66

Unter Ausschluss des Hochwasserereignisses im Jahr 2013, zeigt die Korrelation der berechneten Komponente RS zu den gemessenen Abflusswerten ein geringes Bestimmtheitsmaß R^2 an, d.h. ca. 18% (Ist-Zustand) bzw. 3% (Szenario WT 66), siehe Abbildung 13. Die Berücksichtigung des HW-Ereignisses führt zu einer noch geringeren Bestimmtheit.

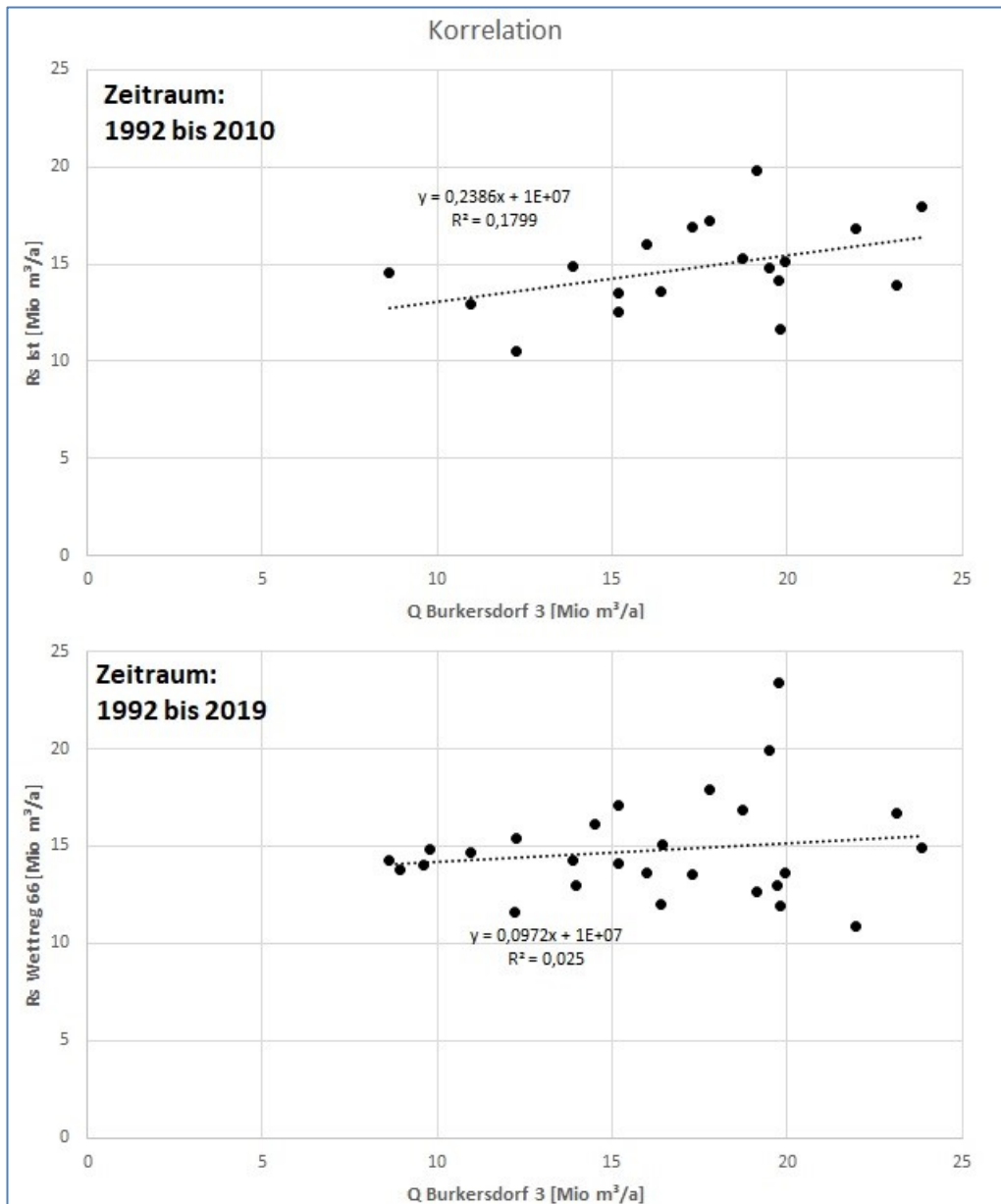


Abbildung 13: Korrelation des Durchflusses der Gimmlitz (Pegel Burkersdorf 3) mit der berechneten schnellen Abflusskomponente (Ist-Zustand oben, Klimaszenario unten)

4.1.6 Charakteristische Zeiträume

Für den Erzgebirgsraum sind historisch bedingt charakteristische Brüche in den Zeitreihen zu berücksichtigen. Dies betrifft zum einen die Wendezeit 1988/89. Zu dieser Zeit traten extensive, immissionsbedingte Waldschäden aufgrund der Schwefeleinträge aus den Braunkohlekraftwerken sowie dem Hausbrand auf. Die fehlende Vegetation führte in dieser Zeit zu einer erhöhten Abflussbildung in den betroffenen Gebieten aufgrund der geringeren Transpiration. Aufgrund der anschließenden Aufforstung lässt sich ab ca. 1996/97 wieder eine verringerte Abflussbildung erkennen, die durch die waldbedingt nun wieder höhere Transpiration verursacht wurde. Dies ist ein regionaler Zusatzeffekt, der die rein klimatische Wirkung sogar noch deutlich übertreffen kann. In gemessenen Beobachtungsdaten sind diese Effekte summarisch wiederzufinden.

Da die Datenreihe am Pegel Burkersdorf 3 im Zeitraum 1988/89 eine Lücke aufweist, lässt sich zu diesem Bruch keine eindeutige Aussage treffen, betrachtet man jedoch den Zeitraum 1996/97, ist ein schwacher Bruch erkennbar, siehe Abbildung 14. Insgesamt fällt dieser Bruch nicht so deutlich aus, wie in anderen Einzugsgebieten des Erzgebirges, ist jedoch als charakteristisch anzusehen (Mellentin, pers. Komm. 12/2020). Ein Abgleich der Bruchpunkte mit der Zeitreihe des Abflussbeiwertes Ψ_i für die Abflusskomponenten aus der Wasserhaushaltsmodellierung wird im nachfolgenden Kapitel diskutiert.

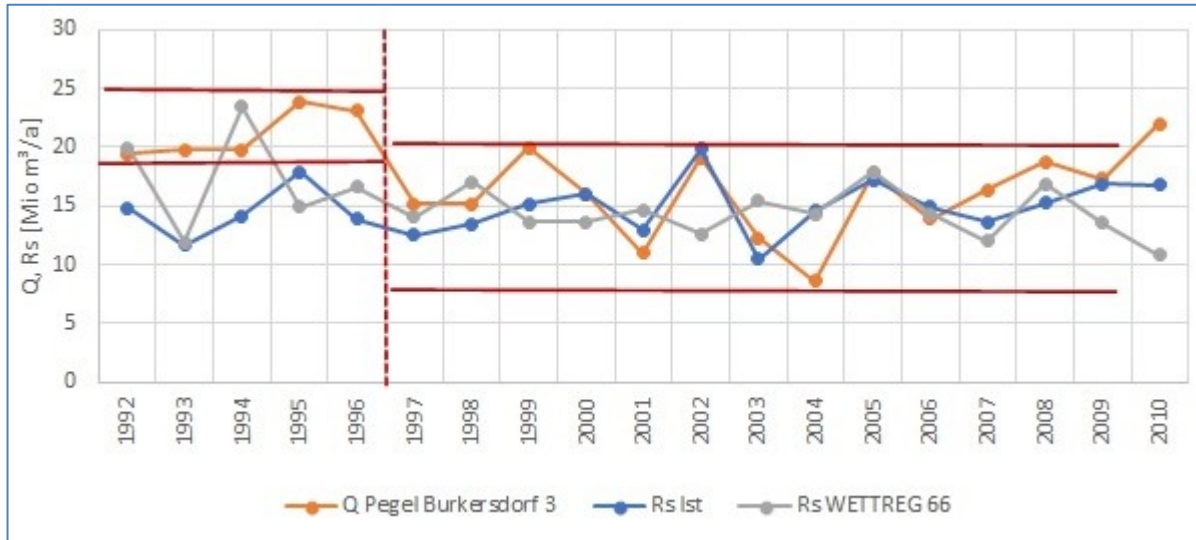


Abbildung 14: Darstellung des Bruchpunktes 1996/97 in der Durchflussganglinie der Gimmlitz am Pegel Burkersdorf 3

Der in den Beobachtungsdaten erkennbare Bruch um 2014 wird nachfolgend nicht berücksichtigt, da dieser sich erst in jüngster Beobachtungszeit befindet und nicht mit in die Datengrundlage der KLiWES-Wasserhaushaltsmodellierung eingegangen ist (Datengrundlage bis 2010). Die N-A-Beziehung in den sieben Jahren 2014 - 2020 gibt jedoch auf jeden Fall eine erste Orientierung des voranschreitend verminderten Abflussbildungsverhaltens bei dem wiederum erhöhten Niveau der Evapotranspiration. Treiber sind hier die Temperatur sowie die Gebietssensitivität.

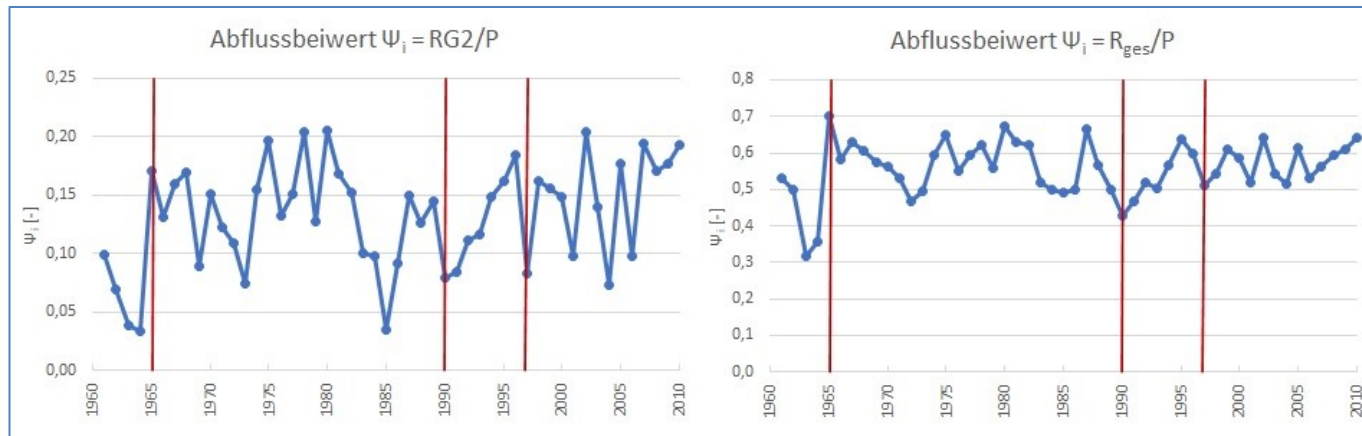
4.1.7 Zukünftig mögliches potenzielles Dargebot

Aus den Simulationsergebnissen der Wasserhaushaltsmodellierung wurden die Gebietsmittelwerte des Niederschlages P , des schnellen Grundwasserabflusses $RG1$, des langsamen Grundwasserabflusses $RG2$ und des Gesamtabflusses R_{ges} für (1) das Wasserhaushaltsjahr (November bis Oktober), (2) das Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) sowie (3) den Monat August berechnet. Die Berechnung erfolgte jeweils für den Ist-Zustand und das Klimaszenario WETTREG 66.

Die Zeitreihen des Abflussbeiwertes $\Psi_i = R_i/P$ wurden noch einmal bezüglich charakteristischer Zeiträume untersucht. Für den Ist-Zustand wurden auf Basis der Beiwerte $\Psi = RG2/P$ sowie $\Psi = R_{ges}/P$ drei Zeiträume definiert: 1965 - 1989, 1990 - 1996 und 1997 - 2010.

Für den Ist-Zustand wurden die Mittelwerte ausgewählter Wasserhaushaltsgrößen in Tabelle 9 dargestellt. Die Mittelwerte wurden entsprechend der charakteristischen Zeiträume für das gesamte Wasserhaushaltsjahr, das Sommerhalbjahr und den Monat August berechnet. Das Hochwasserjahr 2002 wurde als

Ausreißer aus dem Datensatz entfernt. Es zeigt sich, dass im Sommerhalbjahr ca. 50% des Jahresniederschlages fällt, während die Abflussbildung für RG2 nur ca. 30% der Jahressumme beträgt. Das lässt sich mit der Verdunstung (Spalte "Rest = ETR ± ds") erklären, da in dieser Zeit ca. 80% der Gesamtjahresmenge verdunsten.



Legende: rote Linien: Beginn des charakteristischen Zeitraumes

Abbildung 15: Zeitreihen der Abflussbeiwerte Ψ_i für den Ist-Zustand mit Abgrenzung der charakteristischen Zeiträume

Tabelle 9: Mittelwerte ausgewählter WH-Komponenten im Ist-Zustand, unterteilt in die charakteristischen Zeiträume sowie das Wasserhaushaltsjahr, das Winterhalbjahr, das Sommerhalbjahr und den Monat August.

	P	RG2	R _{ges}	Rest= ETR ± ds
Wasserhaushaltsjahr [mm/a]				
1965 - 1989	1.074	151	625	449
1990 - 1996	1.062	139	574	489
1997 - 2010	1.156	170	683	499
Winterhalbjahr [mm]				
1965 - 1989	517	104	432	86
1990 - 1996	500	101	402	98
1997 - 2010	572	129	503	69
Sommerhalbjahr [mm]				
1965 - 1989	557	47	194	363
1990 - 1996	562	38	172	391
1997 - 2010	588	43	180	430
Monat August [mm/mon]				
1965 - 1989	108	11	33	108
1990 - 1996	124	2	18	124
1997 - 2010	105	6	42	105

Tabelle 10: Mittelwerte ausgewählter WH-Komponenten für das Klimaszenario WT 66, unterteilt in die charakteristischen Zeiträume sowie Wasserhaushaltsjahr, Winterhalbjahr, Sommerhalbjahr und den Monat August

	P	RG2	R _{ges}	Rest= ETR ± ds
Wasserhaushaltsjahr [mm/a]				
2021 - 2050	1.010	102	506	504
2051 - 2070	978	79	441	537
2071 - 2100	893	55	360	533
Winterhalbjahr [mm]				
2021 - 2050	496	86	392	104
2051 - 2070	483	71	350	133
2071 - 2100	457	62	325	132
Sommerhalbjahr [mm]				
2021 - 2050	513	16	114	400
2051 - 2070	494	8	90	404
2071 - 2100	436	-7	35	401
Monat August [mm/mon]				
2021 - 2050	108	4	15	93
2051 - 2070	86	-1	4	82
2071 - 2100	78	-3	-1	78

Zur weiteren Darstellung des Abflussverhaltens wurden Streudiagramme (Scatterplots) für den Niederschlag (x-Achse) und jeweils die Abflusskomponenten (y-Achse) erstellt und die linearen Ausgleichsgeraden für die charakteristischen Zeiträume eingefügt, siehe Abbildung 16. Für den Ist-Zustand sind dabei die Scatterplots des langsamen Grundwasserabflusses RG2 (y-Achse) für das Wasserhaushaltsjahr (oben) und das Sommerhalbjahr (Mitte) und den Monat August (unten) dargestellt. Die Punktwolken zeigen jeweils die Spanne der Werte auf. Erkennbar ist auch, dass anhand der Ausgleichsgeraden, für beliebige Niederschlagswerte P (x-Achse) die potenzielle Grundwasserneubildung (Komponente RG2) grafisch ermittelt werden kann. In den Scatterplots ist jeweils das Vorgehen für die Mittelwerte des Zeitraumes 1965 - 1989 eingezeichnet (blaue Pfeile).

Das Klimaszenario WETTREG 66 zeigt für die Zukunft eine Abnahme der Niederschlagsmenge im Einzugsgebiet der Quelfassung Gimmlitztal. Auch bei Abnahme bleibt die Verteilung des Niederschlags über das Jahr ähnlich dem Ist-Zustand (ca. 50% im Sommerhalbjahr). Die Verdunstung nimmt zukünftig zu (Jahresmenge und auch Sommerhalbjahr), sodass eine Verminderung der Abflussmenge im Gebiet, v.a. im Sommer, erkennbar ist. Für den Zeitraum 2021 - 2050 beträgt die mittlere potenzielle Grundwasserneubildung (GWN, hier gleichgesetzt mit dem langsamen Grundwasserabfluss RG2) im Jahr ca. 102 mm/a und entspricht damit in etwa 60 - 70% der Grundwasserneubildung aus dem Zeitraum "Ist-Zustand". Die Prognose zeigt darüber hinaus eine weitere Abnahme der GWN in den darauffolgenden Zeiträumen (2071 - 2100 ca. 40% des Ist-Zustands).

Für das Sommerhalbjahr ergibt sich im Zeitraum 2021 - 2050 eine potenzielle GWN von ca. 16 mm und damit ca. 40% der Sommerhalbjahressumme des Ist-Zustands. Die Daten weisen darauf hin, dass das Sommerhalbjahr zukünftig deutlich trockener ausfallen wird. Die Monatssumme für den August, als den zu meist trockensten Monat, ist im Zeitraum 2021 - 2050 mit ca. 4 mm kaum verändert zum Ist-Zustand. Für die nachfolgenden Zeiträume bis 2100 sind dann negative Werte der GWN und damit zehrende Verhältnisse erkennbar. In Anbetracht der zukünftigen Jahressummen ist jedoch damit zu rechnen, dass auch weiterhin ein Ausgleich eventueller sommerlicher Defizite im Winterhalbjahr erfolgen wird.

Für die Ableitung eines konkreten Wertes des potenziellen Grundwasserdargebots für die Beantragung wird vorerst nur der Zeitraum 2021 bis 2050 betrachtet. Eine regelmäßige Überprüfung des berechneten Dargebots auf Basis aktualisierter Messreihen bzw. der Modellierung sollte mindestens aller 20 Jahre, bei Trinkwasserschutzzonen und lokal deutlich erkennbaren Veränderungen im Wasserhaushalt (klimatischer Trend) aller 10 Jahre, erfolgen. Unter Beachtung der o.g. Aspekte wird für das Einzugsgebiet der Quelfassung Gimmlitztal der Mittelwert von RG2 mit 102 mm/a für das potenzielle Grundwasserdargebot ermittelt.

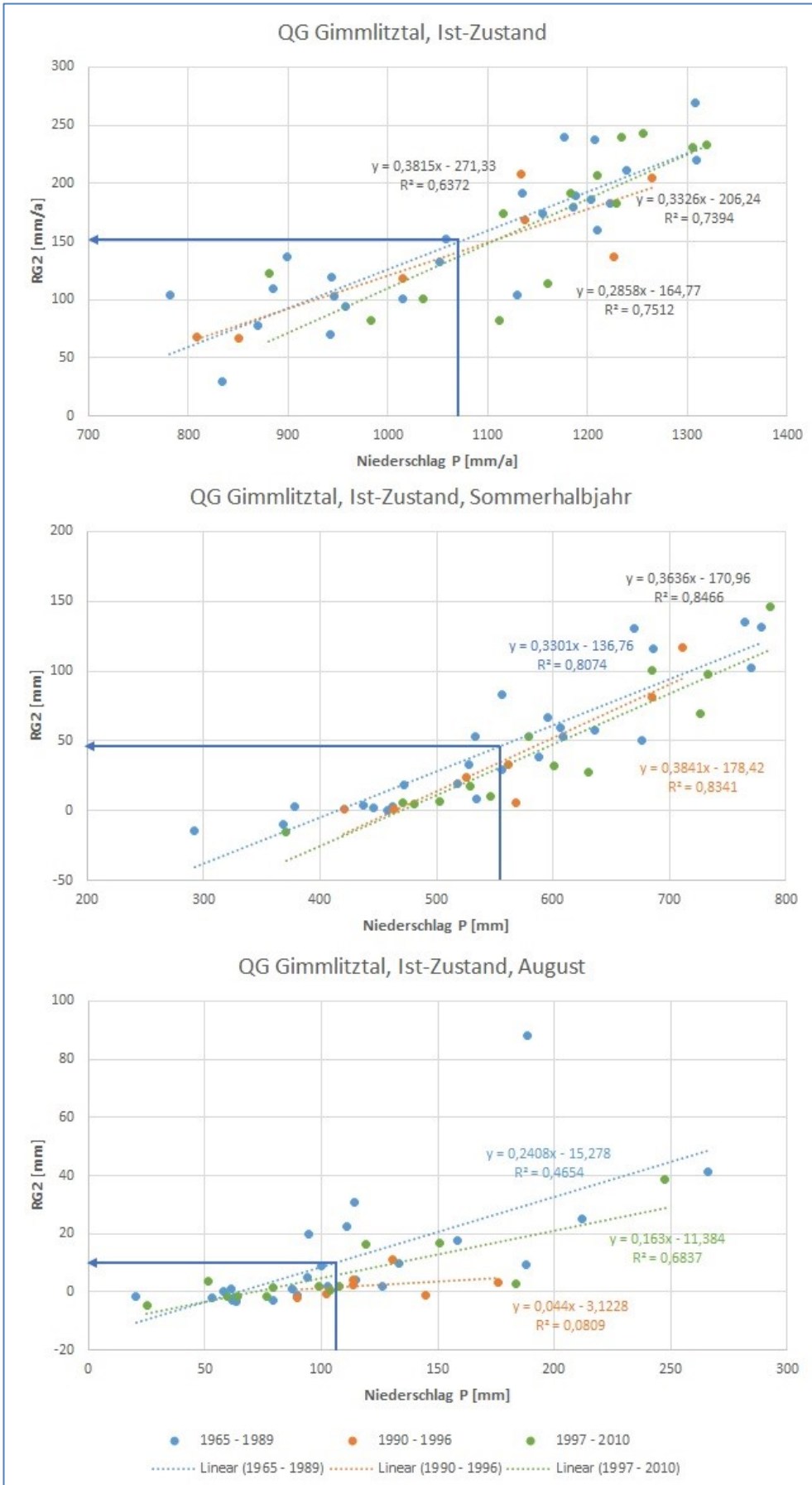


Abbildung 16: Scatterplots für Niederschlag (x-Achse) und langsamen Grundwasserabfluss RG2 (y-Achse), Ist-Zustand

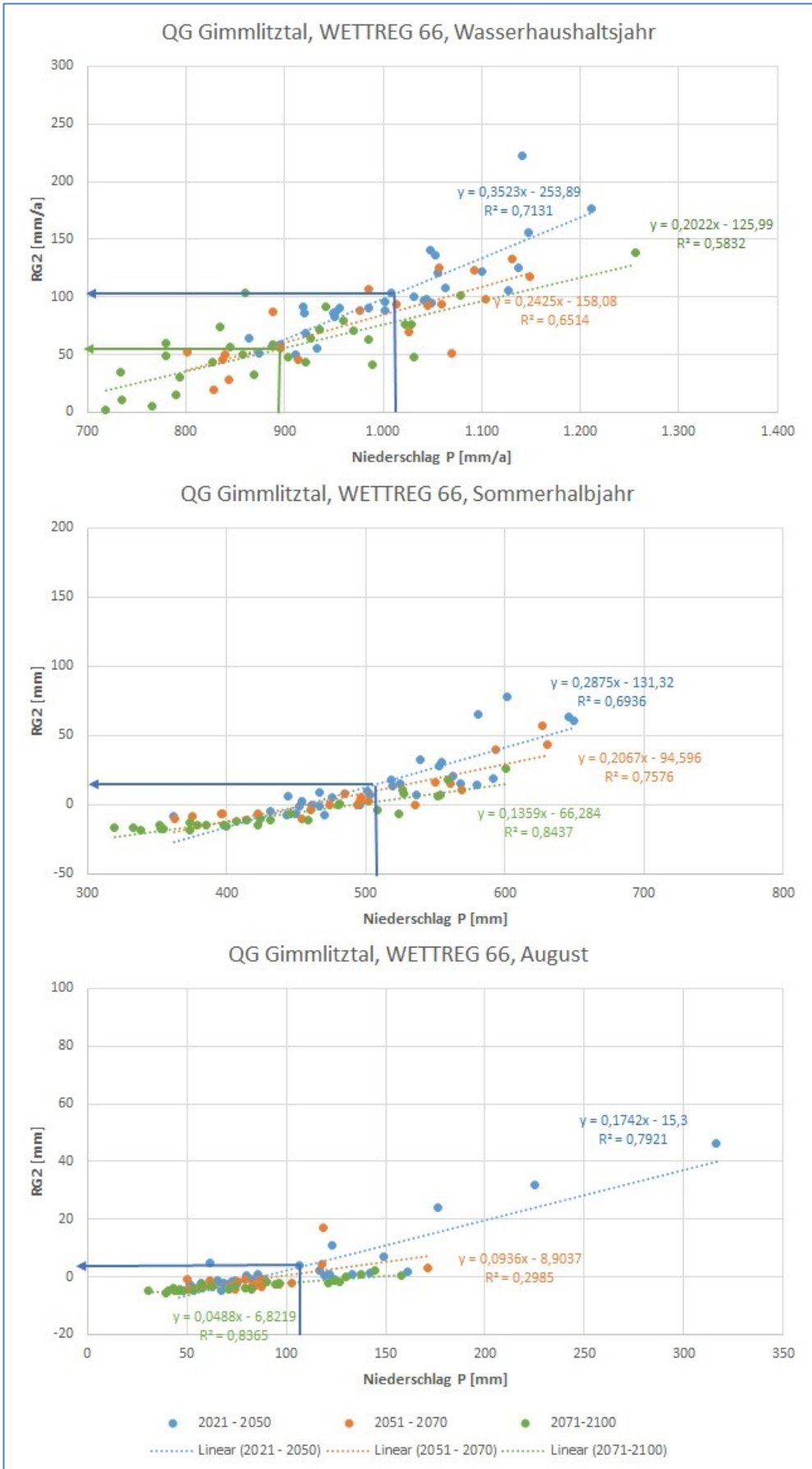


Abbildung 17: Scatterplots für Niederschlag (x-Achse) und langsamen Grundwasserabfluss RG2 (y-Achse), Klimaszenario WETTREG 66

Zur Untersuchung der Daten bezüglich Niederschlags- und Klimasensitivität wurden für beides, den Ist-Zustand und das WETTREG 66-Szenario, die Formeln der mittleren N-A-Beziehung für die einzelnen charakteristischen Zeiträume herangezogen und anhand einer festgelegten Spanne des jährlichen korrigierten Gebietsniederschlags das mittlere potenzielle Dargebot RG2 berechnet (Ist-Zustand: Abbildung 18; WETTREG 66: Abbildung 19). Die einzelnen Werte sind in den Abbildungen oben als Tabelle dargestellt, die N-A-Beziehung als Diagramm unten. Die Formeln der Trendgeraden, welche die mittleren N-A-Beziehungen beschreiben, sind in den vorangegangenen Scatterplots in Abbildung 16 und Abbildung 17 als Beschriftung ersichtlich.

Der Vergleich der Daten der Abbildung 18 mit denen der Abbildung 19 zeigt, wie weiter oben beschrieben, dass bei gleichen Niederschlägen die Grundwasserneubildung abnimmt.

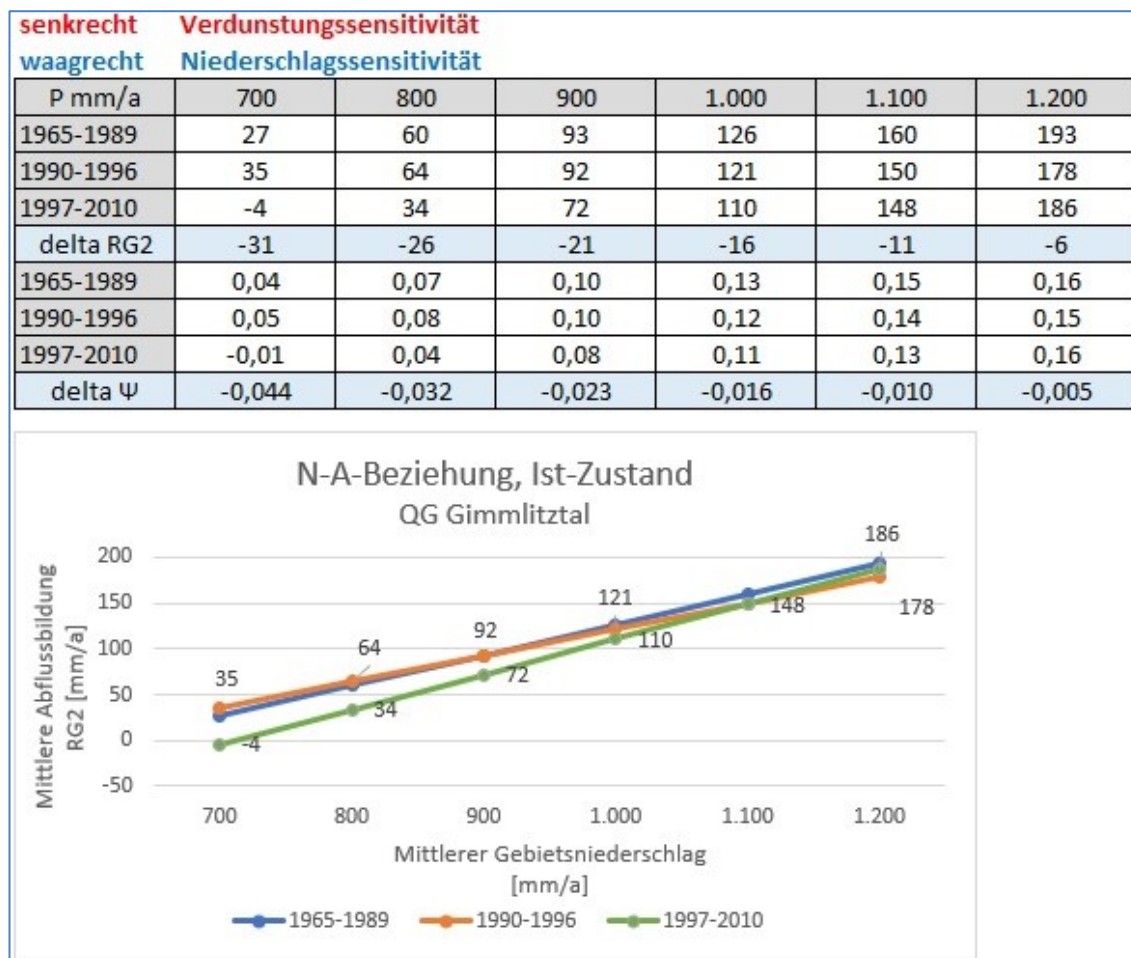


Abbildung 18: Tabelle und Diagramm der N-A-Beziehung, Ist-Zustand

senkrecht	Verdunstungssensitivität					
waagrecht	Niederschlagssensitivität					
P mm/a	700	800	900	1.000	1.100	1.200
2021 - 2050	-7	28	63	98	134	169
2051 - 2070	12	36	60	84	109	133
2071 - 2100	16	36	56	76	96	117
delta RG2	23	8	-7	-22	-37	-52
2021 - 2050	-0,01	0,03	0,07	0,10	0,12	0,14
2051 - 2070	0,02	0,04	0,07	0,08	0,10	0,11
2071 - 2100	0,02	0,04	0,06	0,08	0,09	0,10
delta Ψ	0,033	0,010	-0,008	-0,022	-0,034	-0,044

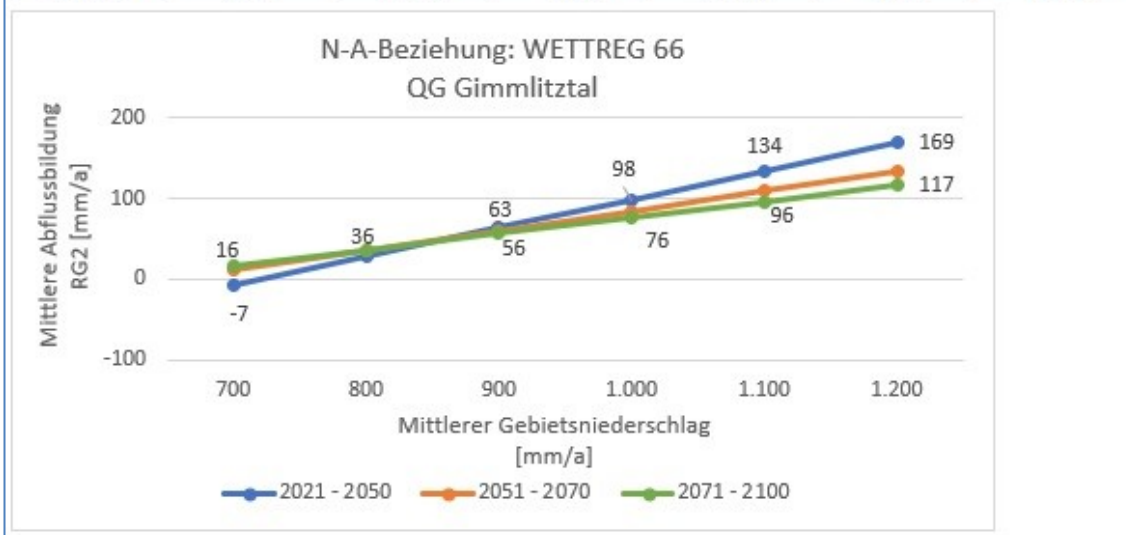


Abbildung 19: Tabelle und Diagramm der N-A-Beziehung, Klimaszenario WETTREG 66

Die Abschätzung des wasserwirtschaftlich genutzten Anteils am potenziellen Grundwasserdargebot des anhand oberirdischer Wasserscheiden ausgewiesenen Einzugsgebietes ist in Tabelle 11 dargestellt. Dabei erfolgte die Berechnung einmal gemäß der wasserrechtlich genehmigten Entnahmemengen für öffentliche und private Nutzungen (Spalte "WRE öff + priv ...") sowie für die tatsächliche Entnahme der öffentlichen Nutzer plus die WRE privater Nutzer (Spalte "Ist öff + WRE priv ..."), da bei letzterem die tatsächlichen Entnahmemengen nicht bekannt waren. Die Modellergebnisse für das Gimmlitztal zeigen zukünftig weiterhin einen Ausgleich der sommerlich teilweise zehrenden Grundwasserneubildungsverhältnisse über das Winterhalbjahr. Aus diesem Grund wurde zur Ausweisung des mittleren Gebietsniederschlages der Mittelwert des gesamten Wasserhaushaltsjahres herangezogen.

Die Ergebnisse für das Wasserhaushaltsjahr zeigen, dass die Nutzung gemäß wasserrechtlicher Genehmigung bei max. 11% des potenziellen Dargebots liegt, tatsächlich bei vermutlich < 6% (da nur ein Teil der, meist geringer ausfallenden, tatsächlichen Entnahmen bekannt ist). Bei Berücksichtigung des tendenziell trockeneren Sommerhalbjahres beträgt der genutzte Anteil am potenziellen Dargebot ca. 35% und weniger. Selbst in vergleichsweise trockenen Monaten wie dem August ist eine Übernutzung des Dargebots gemäß WRE nicht zu erwarten (24%, siehe Tabelle 11).

Tabelle 11: Übersicht des potenziellen GW-Dargebots im ausgewiesenen oberirdischen Einzugsgebiet QG Gimmlitztal im Zeitraum 2021 bis 2050 und Anteil der Grundwasserentnahmen am potenziellen Dargebot

	Potenzielles GW-Dargebot		Anteil Entnahmen	
	Summe [mm]	Q _{mittel} [m ³ /d]	WRE öff + priv = 904 m ³ /d	Ist öff + WRE priv = 526 m ³ /d
Wasserhaushaltsjahr	102	8.317	11%	6%
Winterhalbjahr	86	14.012	7%	4%
Sommerhalbjahr	16	2.609	35%	20%
August	4	3.840	24%	14%

Im Sinne der WRRL ist eine Betrachtung auf Grundwasserkörperebene notwendig. Das QG Gimmlitztal liegt im Bereich des GWK Obere Freiburger Mulde. Dieser ist im südlichen Mittelbereich Sachsens gelegen und besitzt eine Gesamtfläche von 528,5 km². Der Flächenanteil des Bearbeitungsgebietes beträgt dabei knapp 6% am GWK. Das langjährige Mittel der potentiellen Grundwasserneubildung für den GWK beträgt ca. 116,6 Tm³/d für den Ist-Zustand (1965 - 2010) und 79,4 Tm³/d für das Klimaszenario WT 66 (2021 - 2100). Die Berechnung basiert auf den im Wasserhaushaltsportal, Recherchesystem Säule B herunterladbaren langjährigen Mittelwerten. Demzufolge beträgt der Anteil des EZG Gimmlitztal am potenziellen Grundwasserdargebot des GWK ca. 10% (Ist-Zustand) bzw. ca. 11% (Klimaszenario WT 66, 2021 - 2050). Für den Prognosehorizont 2021 - 2050 beträgt die wasserwirtschaftliche Nutzung im QG Gimmlitztal somit < 1% des potenziellen Grundwasserdargebots im GWK Obere Freiburger Mulde. Von einer signifikanten Beeinflussung des aktuell guten mengenmäßigen Zustandes des GWK (BfG 2016) ist nicht auszugehen.

4.1.8 Naturschutzgebiete

Im Rahmen der Bearbeitung des Beispielstandortes QG Gimmlitztal wurden von der Naturschutzbehörde des LRA Mittelsachsen eine ausführliche Beschreibung der zu berücksichtigenden naturschutzfachlichen Kriterien bei der Beantragung einer Grundwasserentnahme übergeben. Diese werden im Folgenden kurz zusammengefasst.

Im Runderlass wird auf die Prüfung der Auswirkung der beantragten Grundwasserentnahme auf den Naturhaushalt verwiesen.

Basierend auf dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG vom 29. Juli 2013) definiert das Sächsische Naturschutzgesetz (SächsNatSchG vom 6. Juni 2013) Schutzgebietskategorien in Sachsen: Naturschutzgebiete (NSG), Landschaftsschutzgebiete (LSG), Naturdenkmale (ND) sowie Geschützte Landschaftsbestandteile (GLB)/Biotope. Darüber hinaus gibt es die europarechtlichen Schutzgebietskategorien FFH-Gebiete (nach europäischer Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie 92/43/EWG) und SPA-Gebiete (nach europäischer Vogelschutzrichtlinie 2009/147/EG "Special Protection Areas"). Das SächsNatSchG definiert weiterhin in §§8 - 11 Eingriffe nach Naturschutzrecht und gibt eine Eingriffsregelung vor, zu deren Einhaltung die Zulassungsbehörden sowie die beteiligten Naturschutzbehörden verpflichtet sind. Die "Handlungsempfehlung zur Bewertung und Bilanzierung von Eingriffen im Freistaat Sachsen" (SMUL 2003) unterstützt dabei die Einhaltung der rechtlichen Anforderungen.

Für Vorhaben mit Grundwasserentnahmen betrifft dies in erster Linie den möglichen Einfluss auf grundwasserabhängige Oberflächengewässer und Landökosysteme, die naturschutzrechtlich aufgenommen sind. Hier ist eine zwischen unterer Wasserbehörde und unterer Naturschutzbehörde übergreifende Prüfung naturschutzfachlicher Belange und Anforderungen bei der Beantragung erforderlich (Prüfung auf naturverträgliche Grundwasserentnahme). Bei der Beantragung ist die Vorhabensbeschreibung um naturschutzrechtliche Kriterien zu ergänzen. Dies beinhaltet die Beschreibung

- der Erkundungsmethoden,
- der Art der Entnahme und der Fördermenge,
- den notwendigen Baumaßnahmen zur Errichtung und Instandhaltung sowie
- die Auswirkungen der jeweils o.g. Punkte.

Dabei ist ein Untersuchungsraum zu berücksichtigen, der dem Wirkradius/ Wirkungsbereich der geplanten Wasserentnahme („Wirkpegel“) inklusive einer Pufferzone (erweiterter und enger Untersuchungsraum, anlagen-, bau-, betriebsbedingte Wirkungen) entspricht. Die Festlegung des engen und erweiterten Untersuchungsraumes erfolgt durch die untere Naturschutzbehörde auf der Grundlage eines eingereichten Vorschlags.

Die Ableitung zur Betroffenheit von wasserbeeinflussten Biotopen und Lebensraumtypen ist methodisch detailliert zu erläutern und nachvollziehbar darzustellen. Insbesondere ist die Ableitung zu prüfen, ob und wie durch die Grundwasserentnahme betroffene wasserbeeinflusste Biotope im Wirkungsbereich der Maßnahme (erheblich) beeinträchtigt werden. Hierbei kann gegebenenfalls eine Arterfassung notwendig sein (Festlegung des Umfangs und der Methodik durch die untere Naturschutzbehörde).

In Abhängigkeit der Fördermenge ist das Erfordernis einer Umweltverträglichkeitsprüfung zu prüfen und gegebenenfalls durchzuführen.

Für nationalrechtliche Schutzgebiete nach § 32 ff BNatSchG ist die Betroffenheit durch Einhaltung (a) des jeweiligen Schutzzweckes, (b) der jeweiligen Verbote und (c) der jeweiligen Erlaubnisse / zulässigen Handlungen / Befreiung zu beachten und zu prüfen.

Für europarechtliche Schutzgebiete ist die Betroffenheit durch (a) Einhaltung der jeweiligen Erhaltungsziele, (b) Einhaltung des Projektbegriffs, (c) das Vorlegen einer FFH-Vorprüfung und (d) das Vorlegen einer FFH-Verträglichkeitsprüfung in Abhängigkeit des Prüfergebnisses von (c) zu beachten und zu prüfen.

Prüfen des Biotopschutzes (§ 30 (2) BNatSchG): für alle im Wirkungsbereich/ Wirkradius gelegenen wasserbeeinflussten Biotope ist eine aktuelle selektive Biotopkartierung unter Erfassung einer floristischen Liste und des Deckungsgrades (keine Vegetationsaufnahme) sowie Fotodokumentation auf Grundlage der aktuellen Kartieranleitung nach Bruder et al. (2010) durchzuführen.

4.2 Einzugsgebiet mit Erkundung aber ohne Dargebotsnachweis – Wasserfassung Tauscha

4.2.1 Allgemeine Beschreibung

Für die Wasserfassung Tauscha wurde 2018 von der G.E.O.S Ingenieurgesellschaft GmbH im Auftrag der Wasserversorgung Riesa/ Großenhain GmbH ein Hydrogeologisches Gutachten zur Neubemessung des 2006 festgesetzten Wasserschutzgebietes erstellt (G.E.O.S, 2018). Die Überarbeitung des Wasserschutzgebietes ist erforderlich, da 2017 der Brunnen 2 neu errichtet wurde, um die Wasserversorgung bei ggf. eintretenden Störungen, Ausfall oder notwendigen Sanierungsmaßnahmen für den seit 1992 betriebenen Brunnen 1 sicherzustellen. Da der wechselseitige Betrieb der Brunnen vorgesehen ist, bleiben die ehemals genehmigten Entnahmemengen unverändert. Die für den Brunnen 1 vorliegende wasserrechtliche Erlaubnis in Höhe von $Q_{365} = 300 \text{ m}^3/\text{d}$ und $Q_{\text{max}} = 500 \text{ m}^3/\text{d}$ sowie $Q_a = 109.500 \text{ m}^3/\text{a}$ wurde 2018 vom LRA Bautzen für beide Brunnen aktualisiert.

Die Wasserfassung Tauscha befindet sich in der Westlausitz (Nordostsachsen) zwischen Radeburg und Königsbrück. Die Brunnenstandorte liegen innerhalb des großflächigen Waldgebietes der Laußnitzer Heide, südöstlich des Ortsteils Tauscha der Gemeinde Thiendorf.

Den genutzten Grundwasserleiter (GWL) bilden die pleistozänen Schmelzwassersande und -kiese elster- bis saalekaltzeitlichen Alters, die dem Grundgebirge (Grauwacke) bzw. dessen Zersatzzone unmittelbar aufliegen oder von diesem durch eine geringmächtige bindige Schicht getrennt sind. Er wird im Südosten durch eine Festgesteinsauftragung der Grauwacke hydraulisch begrenzt. Faziell ist der GWL relativ homogen aufgebaut, er besteht weitestgehend aus Mittel- bis Grobsanden und Feinkiesen. Die Mächtigkeit der grundwasserführenden Schichten beträgt ca. 20 - 25 m. Die Brunnen sind in den elsterkaltzeitlichen Sedimenten im Rinnenzentrum ausgebaut. Für das Umfeld und den Anstrombereich der Brunnen sind hohe hydraulische Durchlässigkeiten sicher belegt ($k_f > 2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$). An beiden Brunnenstandorten wurde ein sehr gutes Liefervermögen im Leistungs- bzw. Demonstrativpumpversuch nachgewiesen (bis zu $50 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Standort möglich).

4.2.2 Erkundungsstand

Der Erkenntnisstand ist aufgrund des vorhandenen Aufschlussbestandes sowie der vorhandenen geologischen Kartendarstellungen recht gut (siehe Abbildung 20). Herauszustellen ist, dass der gute Erkundungsstand im Wesentlichen auf den Erkundungsarbeiten Mitte der 60er und Anfang der 70er Jahre basiert. Neuere Bohrerergebnisse untersetzen und bestätigen die Kenntnisse zu den Lagerungsverhältnissen und dem nutzbaren Grundwasserleiter im Betrachtungsgebiet.

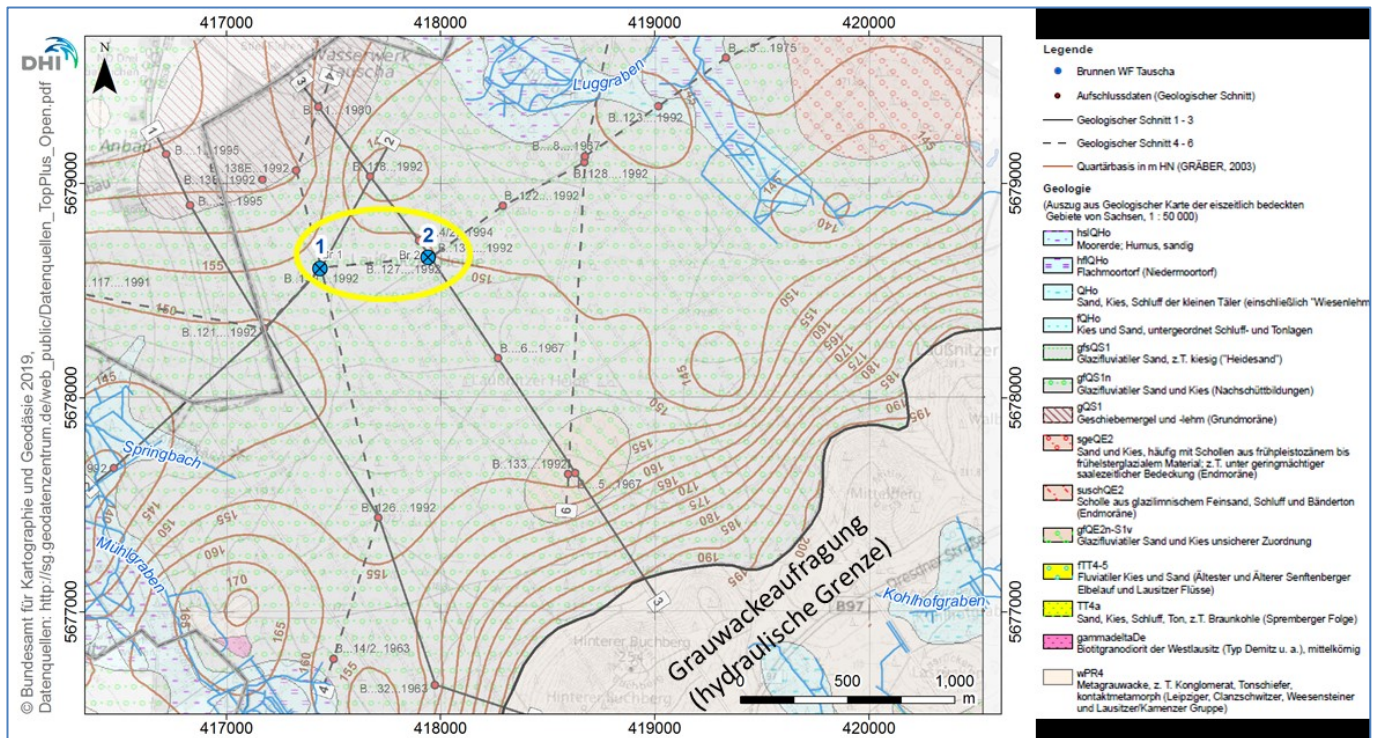


Abbildung 20: Karte der Quartärbasis (Kartengrundlage G.E.O.S, 2018, Anhang A01_1_Geologie).

Die Bohr- und Ausbauarbeiten am Brunnen 2 sowie die anschließend durchgeführten Testarbeiten (geophysikalische Untersuchungen, Kurz- und Leistungspumpversuch (LPV)) wurden umfassend dokumentiert und bewertet. Gegen Ende des LPV wurden Wasserproben für die Untersuchung der nach TrinkwV relevanten Stoffe und physikalisch-chemischen Parameter entnommen. Zudem wurde an beiden Brunnen die Probenahme zur Tritiumaktivität zur Bestimmung der Verweilzeit durchgeführt. Am 16.05.2018 wurde eine Stichtagsmessung in den recherchierten sowie messbaren Grundwassermessstellen durchgeführt und ein Grundwassergleichenplan erstellt (Abbildung 21). Insbesondere im äußersten Süden und Südosten der Wasserfassung sind keine Grundwassermessstellen vorhanden. Da aber die Einzugsgebietsgrenze aufgrund des kartierten Ausstrichbereichs der Pleistozänsedimente geologisch begründbar ist, wurden keine neuen Grundwassermessstellen errichtet.

Das auf der Basis des Grundwassergleichenplans ermittelte unterirdische Einzugsgebiet hat eine Größe von rund 2,1 km². Es wurde unabhängig vom Dargebot sowie der aus der Fördermenge und GWL-Charakteristik abgeschätzten Entnahmebreite für beide Brunnen zusammen gezeichnet (siehe Abbildung 21, das EZG aus dem Gutachten G.E.O.S, 2018 ist mit roter Linie dargestellt). Anschließend wurde geprüft, ob für diese Einzugsgebietsfläche das nutzbare Dargebot ausreichend groß ist.

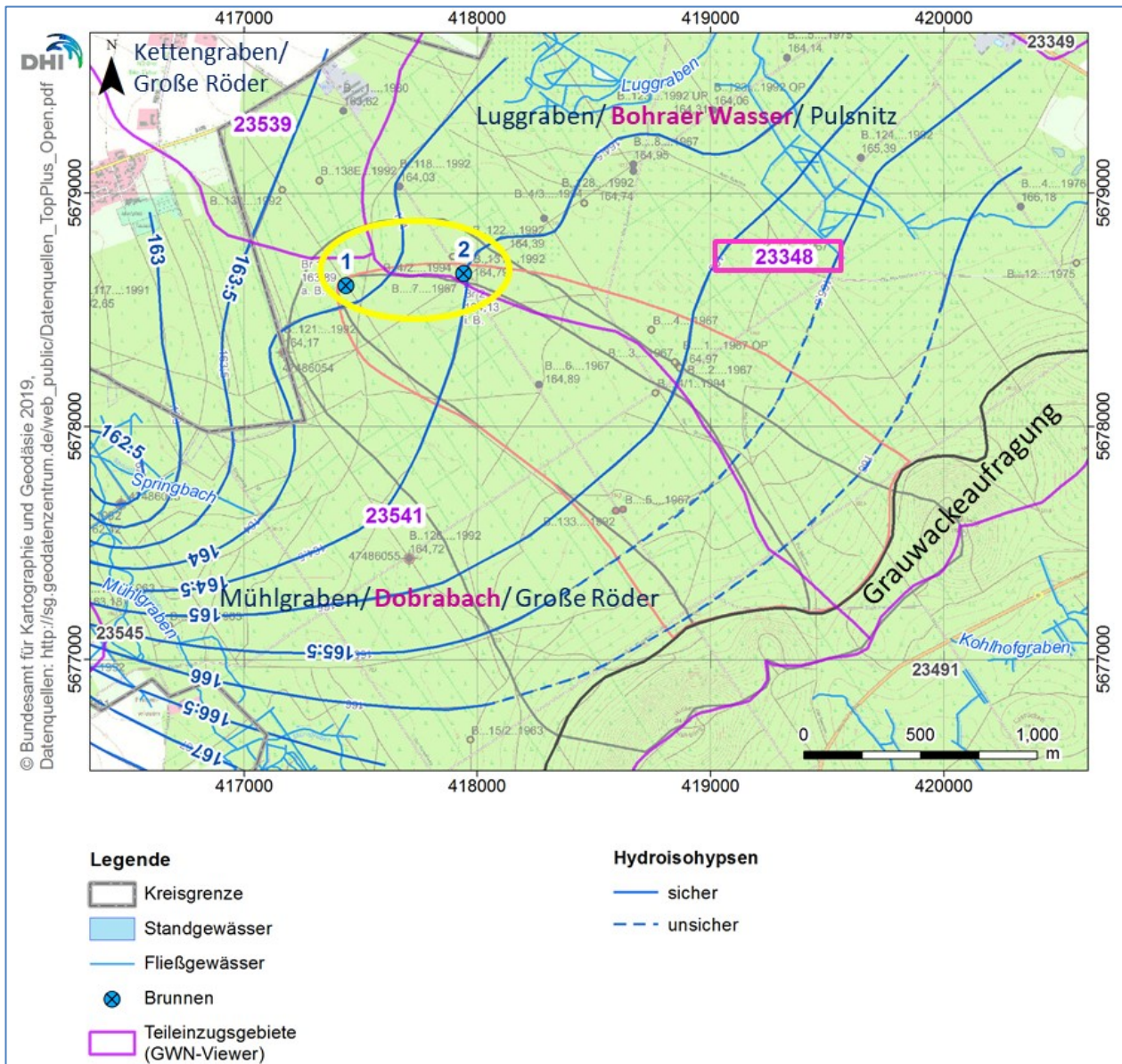


Abbildung 21: Übersichtskarte zum Untersuchungsgebiet der Wasserfassung Tauscha mit oberirdischen Teileinzugsgebieten und Grundwassergleichenplan der Stichtagsmessung vom 16.05.2018 (Kartengrundlage G.E.O.S, 2018, Anhang A05_1_Isohypsenplan).

Aus Abbildung 21 ist ersichtlich, dass sich die Wasserfassung Tauscha an der Wasserscheide zwischen drei oberirdischen Teileinzugsgebieten (TG) befindet. Aus dem Wasserhaushaltsportal bzw. GWN-Viewer des LfULG wurden von G.E.O.S die Wasserhaushaltsdaten für die drei Einzugsgebiete für den Zeitraum 1961 - 2010 ermittelt. In Tabelle 12 ist erkennbar, dass sich die Grundwasserneubildungsraten (GWN) in den im Zustrom befindlichen Teileinzugsgebieten stark unterscheiden: Im TG Bohraer Wasser wird eine GWN von 143 mm/a ausgewiesen, im TG Dobrabach ist die GWN mit 86 mm/a deutlich geringer (die ArcEGMO-Daten sind hier relevant). Da die Wasserhaushaltsgrößen über das gesamte betrachtete Gewässereinzugsgebiet gemittelt werden, verweist G.E.O.S darauf, dass die geologischen Verhältnisse und Nutzungsstrukturen bei der Bewertung der Einzugsgebiete zu berücksichtigen sind: Der oberste Teil des TG Dobrabach südlich der Brunnen Tauscha weist im Wesentlichen dieselben geologischen Verhältnisse

(mächtige elster- bis saalekaltzeitliche, glazifluviatile Sedimente) und Nutzungsstruktur (Nadelforst) wie das östlich benachbarte TG Bohraer Wasser auf. Der übrige, untere TG-Abschnitt unterscheidet sich jedoch mit geringmächtigeren rolligen Ablagerungen bzw. flacherer Festgesteinsoberkante und mehr Offenland deutlich davon und bedingt so die niedrigere Grundwasserneubildung von 86 mm/a. Daher wird die höhere Grundwasserneubildung des TG Bohraer Wasser, in dem die geologischen und Vegetationsverhältnisse zudem gleichförmiger sind, für das Einzugsgebiet der Wasserfassung Tauscha verwendet.

Tabelle 12: Wasserhaushaltsgrößen der zu betrachtenden Einzugsgebiete in mm/a (aus G.E.O.S, 1998, Tabelle 5).

GWKZ	538234		538481		5384841	
	Bohraer Wasser: Quelle - Mdg. Pulsnitz		Dobrabach: Quelle - Auslauf Speicher Radeburg II		Kettenbach: Quelle - obh. Mdg. Kaltenbach	
Fläche	20,7 km ²		28,6 km ²		19,2 km ²	
Modell	DIFGA	ArcEGMO	DIFGA	ArcEGMO	DIFGA	ArcEGMO
P _{korrr}	741	793	722	751	713	746
ETR	556	604	617	653	608	581
RD bzw. RS	22	46	22	11	13	37
RG1	120	80	55	34	70	47
RG2	43	64	28	52	22	80
GWN	163	143	83	86	92	128

Erklärung: P_{korrr} - korrigierter Niederschlag, ETR - reale Evapotranspiration, RD - Direktabfluss (DIFGA), RS - schnelle Abflusskomponente (ArcEGMO), RG1 - schneller Grundwasserzufluss, RG2 - langsamer Grundwasserzufluss, GWN = RG1 + RG2 – Grundwasserneubildung

Mit der Grundwasserneubildung von 143 mm/a wurde bezogen auf die gezeichnete Einzugsgebietsfläche der zwei Brunnen ein nutzbares Dargebot von 856 m³/d berechnet.

Da aber laut Definition die Einzugsgebietsfläche als Ergebnis des potenziellen Dargebots und der Entnahmemenge zu ermitteln ist und die Ausweisung aufgrund der Wechselfahrweise für jeden Brunnen separat durchzuführen ist, wird eine Überarbeitung des Dargebotsnachweises und der Einzugsgebietsermittlung empfohlen. Zudem ist auch das zukünftig projizierte potenzielle Dargebot anhand der WETTREG 66 Berechnung abzuleiten und die daraus resultierende Einzugsgebietsfläche darzustellen und zu bewerten.

4.2.3 Überarbeitung des Dargebotsnachweises und der Einzugsgebietsermittlung

Ermittlung des zugehörigen Teileinzugsgebietes

Der von G.E.O.S beschriebenen Argumentation zur Verwendung der Wasserhaushaltsdaten des TG 23348 (Bohraer Wasser) aufgrund der ähnlichen geologischen Verhältnisse und Nutzungsstrukturen wird gefolgt. Eine Verschneidung der TG-Flächenanteile für das Grundwassereinzugsgebiet der Brunnen Tauscha wird als nicht zielführend betrachtet, zumal der ermittelte Zustrombereich überwiegend im TG 23348 liegt (siehe auch Abbildung 25).

Abschätzung des potenziellen Dargebots

Für die Abschätzung des potenziellen Dargebots wurden die Wasserhaushaltsdaten aus dem Wasserhaushaltsportal des LfULG für das TG 23348 (Bohraer Wasser) heruntergeladen. Zur genaueren Untersuchung der Wasserhaushaltskomponenten und ihrer klimatischen Trends wurden für den Ist-Zustand (1961 bis 2010) und das Klimaszenario WETTREG 66 (Betrachtung 2021 bis 2010) jeweils die Monatswerte zu Jahressummen (Wasserhaushaltsjahr November bis Oktober) aggregiert. Die Visualisierung der

Daten-Spannweiten ist anhand der Scatterplots in Abbildung 22 dargestellt. Die Mittelwerte der Daten innerhalb der charakteristischen Zeiträume sind für relevante Wasserhaushaltskomponenten in Tabelle 13 (Ist-Zustand) und Tabelle 14 (WETTREG 66) dargestellt.

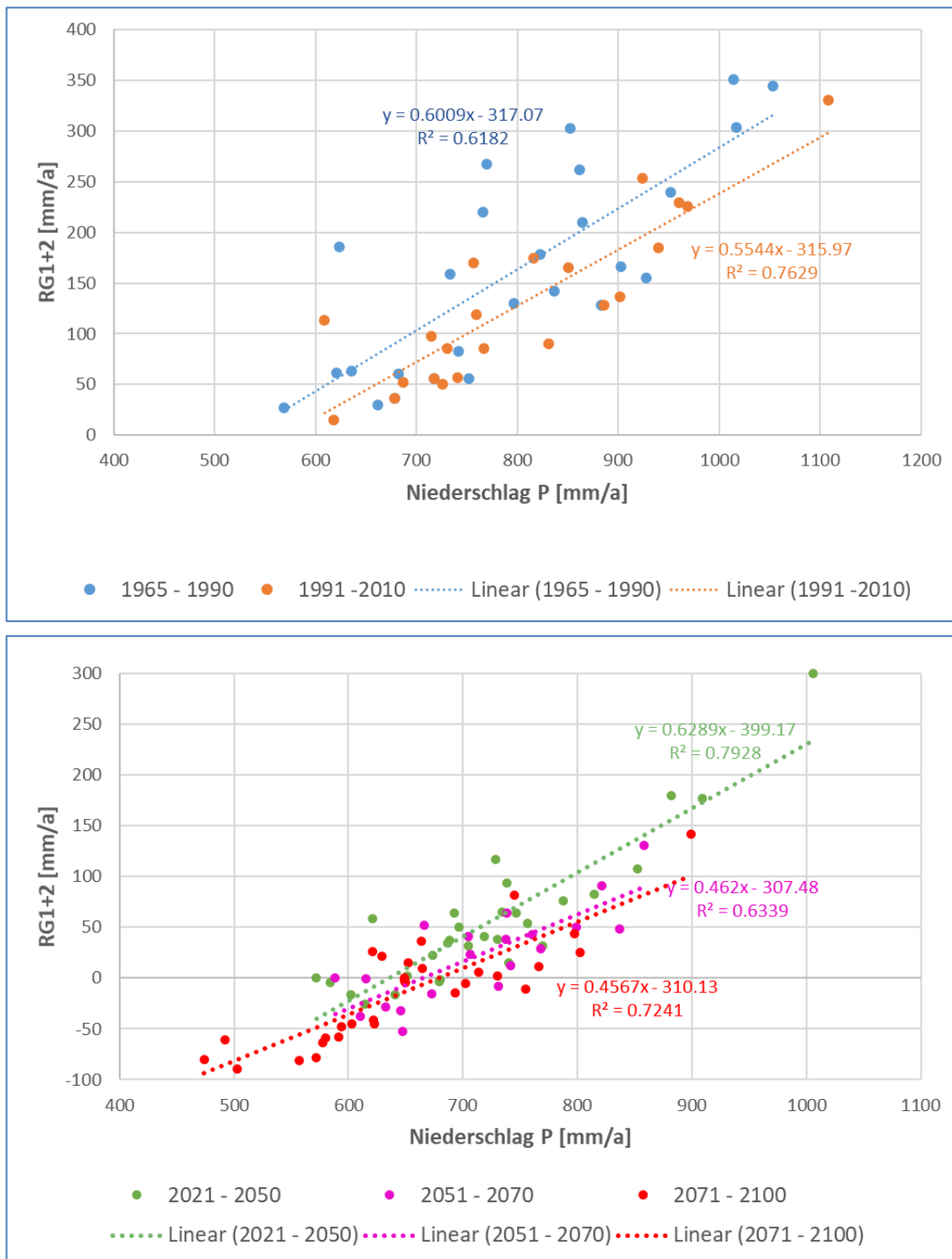


Abbildung 22: Scatterplots für Niederschlag (x-Achse) und RG1+RG2 (y-Achse), Ist-Zustand (oben) und Szenario WT 66 (unten).

Tabelle 13: Mittelwerte ausgewählter WH-Komponenten für die charakteristischen Zeiträume, Ist-Zustand.

	P	RG1+2	R_{ges}	Rest = ETR ± ds	Abflussbeiwert (RG1+2)/P
	TG 23348 (Bohraer Wasser) [mm/a]				
1965 - 1990	797	162	210	588	0,19
1991 - 2010	815	138	184	631	0,16

Tabelle 14: Mittelwerte ausgewählter WH-Komponenten für die charakteristischen Zeiträume, Szenario WT 66.

	P	RG1+2	R_{ges}	Rest = ETR ± ds	Abflussbeiwert (RG1+2)/P
	TG 23348 (Bohraer Wasser) [mm/a]				
2021 - 2050	723	56	91	633	0,07
2051 - 2070	714	22	54	660	0,03
2071 - 2100	652	-12	16	637	- 0,03

Das Klimaszenario WETTREG 66 zeigt für die Zukunft eine Abnahme der Niederschlagsmengen und die Zunahme der Verdunstungsraten. Das potenzielle Dargebot (RG1+2) liegt im Ist-Zustand 1991 - 2010 bei 138 mm/a, für die nahe Zukunft 2021 - 2050 wird ein Rückgang um ca. 60% auf 56 mm/a prognostiziert. Abbildung 23 veranschaulicht den deutlichen Rückgang anhand der Gegenüberstellung der abgeleiteten Niederschlags-Abfluss-Beziehungen. Die ab 2051 ausgewiesenen, sehr niedrigen bzw. negativen Grundwasserneubildungsmengen sind jedoch unplausibel und aktuell so nicht verwendbar. Die Klimaprognosen berechnen zu hohe Verdunstungsraten, weil modelltechnisch der Grundwasserspeicher nicht leerlaufen kann (es gibt keine Begrenzung im zu Grunde liegende Wasserhaushaltsmodell ArcEGMO). Das verdeutlichen auch die sehr geringen und sogar negativen Abflussbeiwerte. Eine Überarbeitung des Modellansatzes und der Berechnungen ist derzeit in Bearbeitung (KLiWES 2.0).

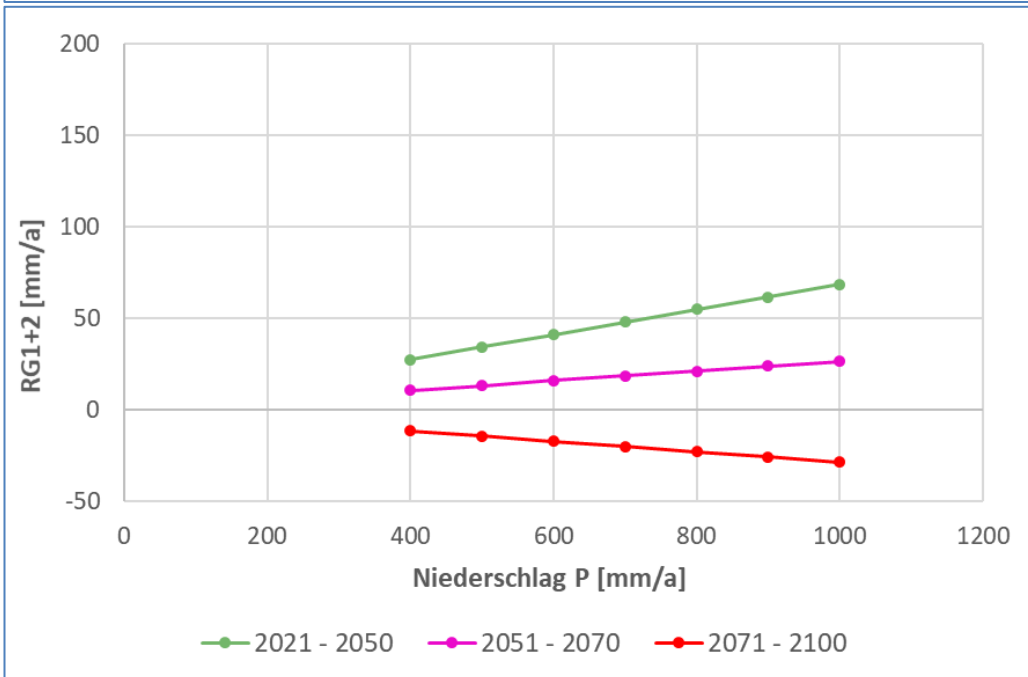
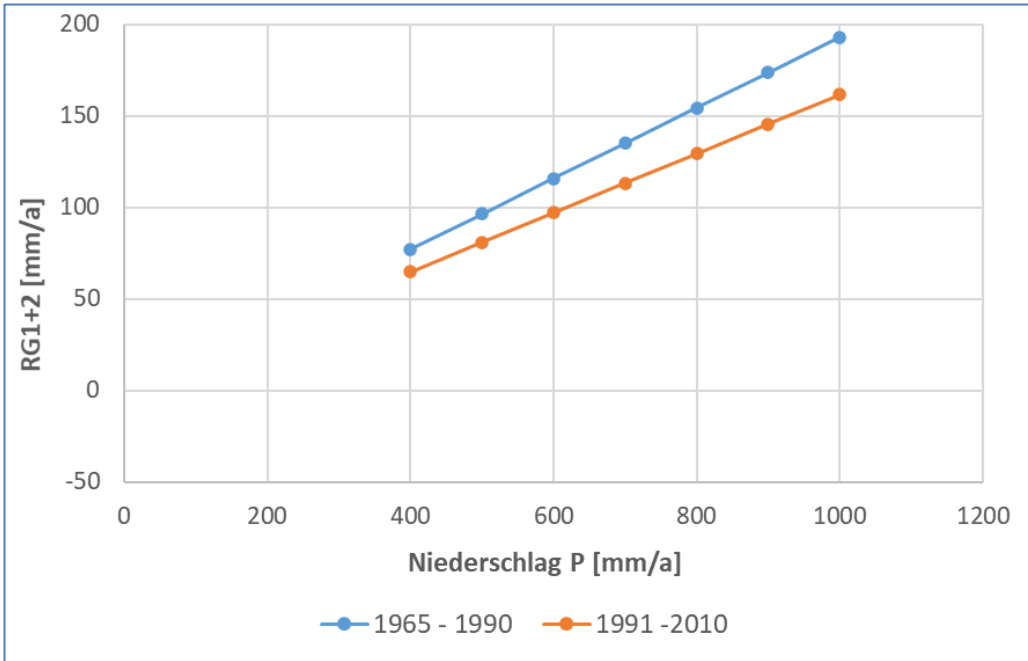


Abbildung 23: Abgeleitete Niederschlags-Abfluss-Beziehungen für RG1+2, Ist-Zustand (oben) und Szenario WT 66 (unten).

Ermittlung der Brunneneinzugsgebiete

Da kein gleichzeitiger Betrieb der Brunnen vorgesehen ist, erfolgt die Ermittlung des Einzugsgebietes für jeden Brunnen separat.

In Tabelle 15 ist die Berechnung der Einzugsgebietsflächen anhand der genehmigten mittleren Entnahmemenge Q_{365} und der abgeleiteten Dargebotsmengen im Ist-Zustand sowie für die nahe Zukunft 2021 -2050 dargestellt. Die Einzugsgebietsfläche vergrößert sich von 0,79 km² auf 1,95 km².

Tabelle 15: Berechnung der Fläche der Grundwassereinzugsgebiete im Ist-Zustand und für 2021 - 2050.

Parameter	Einheit	Ist-Zustand 1991 - 2010	WETTREG 66 2021 - 2050
potenzielles Dargebot RG1+2	mm/a	138	56
	l/s/km ²	4,38	1,78
genehmigte mittlere Entnahme Q_{365}	m ³ /d	300	300
	l/s	3,47	3,47
Fläche des Brunneneinzugsgebiets	km ²	0,79	1,95

Mit den berechneten Einzugsgebietsflächen kann anhand des Grundwassergleichenplans aus der Stichtagsmessung sowie unter Berücksichtigung der Grauwacke-Aufragung als hydraulische Begrenzung im Südosten die Ausdehnung der Grundwassereinzugsgebiete im Ist-Zustand und für den Zustand 2021 - 2050 je Brunnen ermittelt werden. Abbildung 24 zeigt die in der Zukunft zu berücksichtigenden Ausdehnungen der Brunneneinzugsgebiete aufgrund des deutlich verringerten für die Zukunft projizierten potenziellen Dargebotes. Als Besonderheit ist hier zu berücksichtigen, dass die beiden Brunnen nicht gleichzeitig und auch nicht zeitlich direkt hintereinander betrieben werden. Dadurch begründet sich die Überschneidung der dargestellten Einzugsgebiete beider Brunnen (bei Parallel-/Staffelbetrieb wäre eine Überschneidung geohydraulisch nicht möglich).

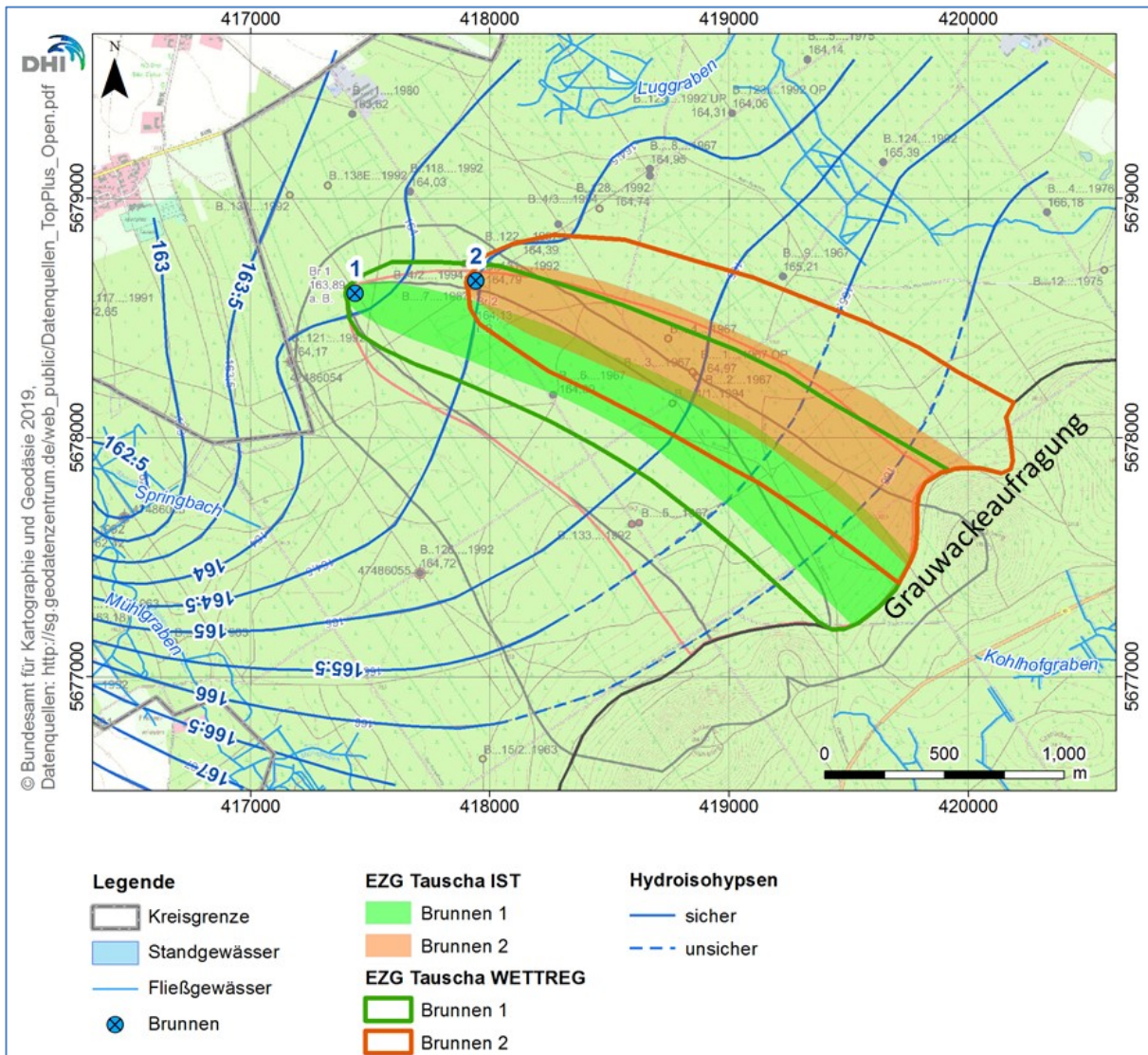


Abbildung 24: Ermittlung der Ausdehnung der Grundwassereinzugsgebiete im Ist-Zustand und 2021 -2050 (Kartengrundlage G.E.O.S, 2018, Anhang A05_1_Isohypsenplan).

Die ausgewiesenen Einzugsgebietsflächen wurden insbesondere hinsichtlich der Betroffenheit von

- Gewässern und deren Einzugsgebieten,
- grundwasserabhängigen Landökosystemen,
- anderen Grundwasserentnahmen,
- Altlasten

geprüft. Durch die ermittelten Grundwassereinzugsgebiete der Brunnen 1 und 2 der Wasserfassung Tauscha liegen keine Gefährdungen oder Betroffenheit vor (siehe auch Abbildung 25). Es sind keine weiteren Untersuchungen durchzuführen.

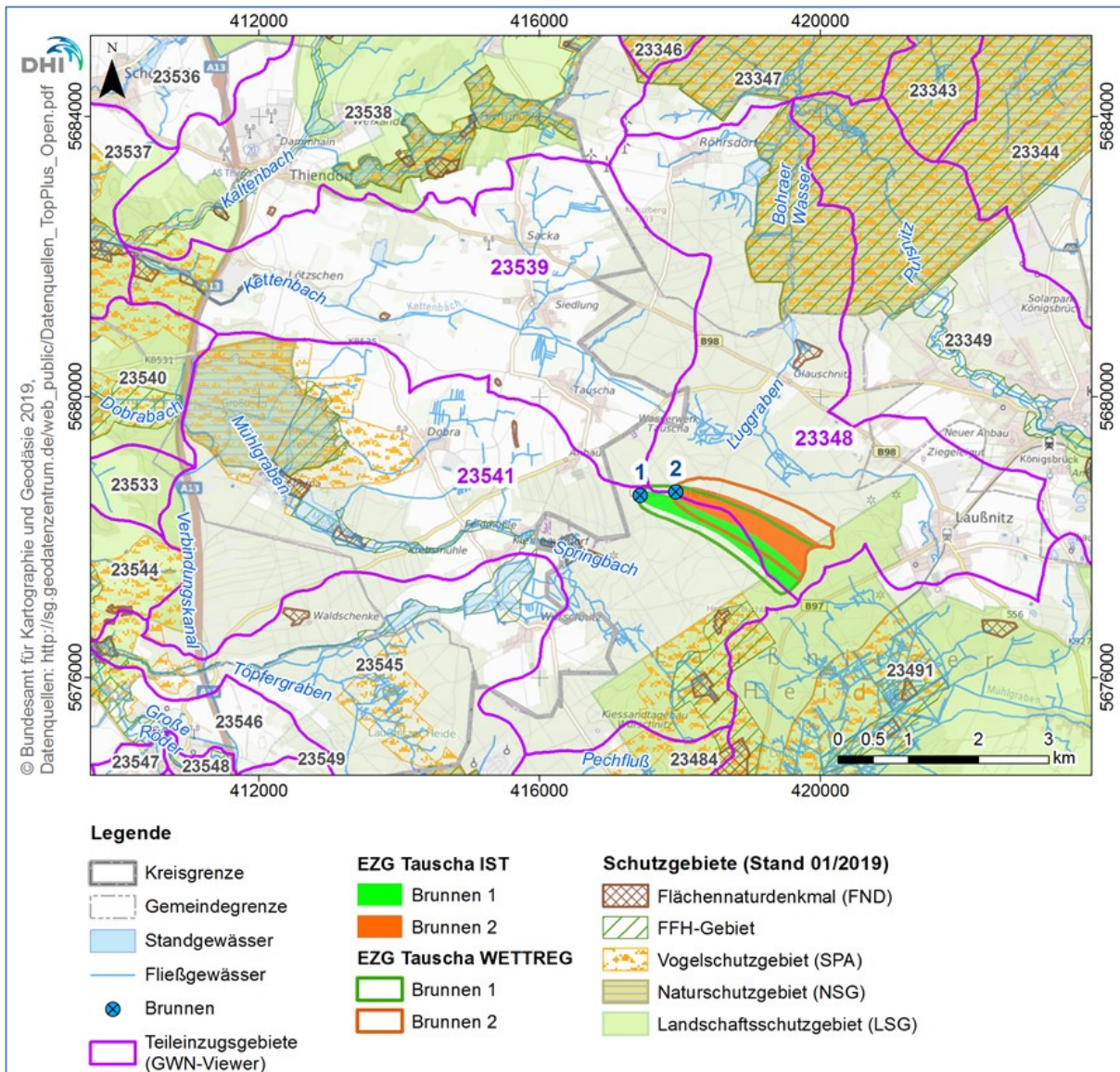


Abbildung 25: Darstellung zur Prüfung der Brunneneinzugsgebiete der Wasserfassung Tauscha hinsichtlich der Gefährdung von Gewässern und Schutzgebieten.

4.3 Grundwassereinzugsgebiet - Jahnaue II

4.3.1 Allgemeine Beschreibung, Übernahme des Modells

Für die Wasserfassung Jahnaue II wurden die Modelldaten des MODFLOW-Modells und der Ergebnisbericht zur "Kopplung der Modelle REPRO - ArcEGMO-PSCN mit MODFLOW/MT3D-FL zur Simulation der Stickstoffausbreitung und -frachten in der ungesättigten und gesättigten Zone, Phase 4" übergeben (IHU, 2017).

Die Wasserfassungen Jahnaue I und II sowie Pulsitz haben eine gemeinsame Tirnkwasserschutzzone (siehe Abbildung 26). Die Entnahmemengen gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis von 1998 bzw. 1999 sind in Tabelle 16 enthalten.

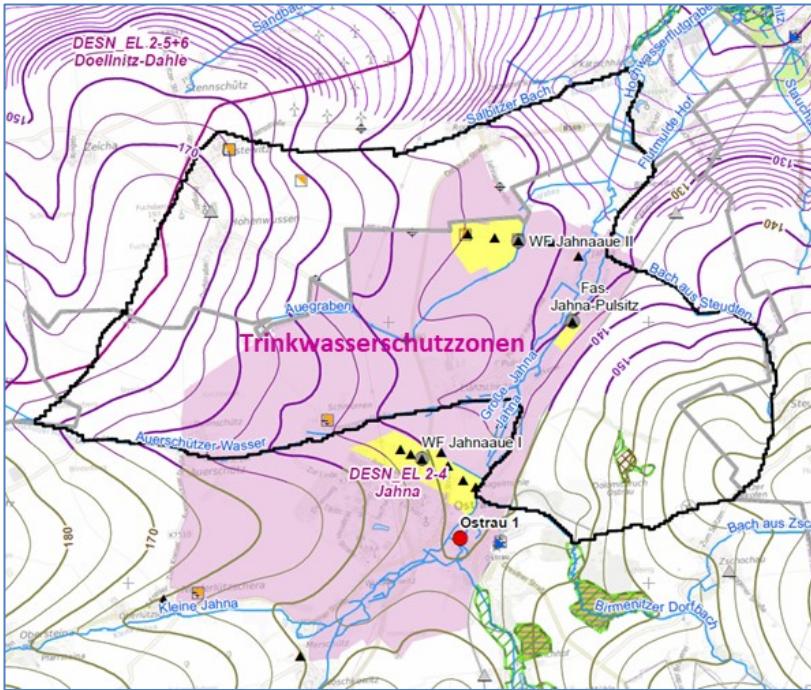


Abbildung 26: Übersichtskarte zu den vorhandenen Wasserfassungen und Trinkwasserschutz-zonen, dem Modellgebiet Jahnaue II (schwarze Umrandung) sowie dem Grundwassergleichenplan und den Grundwasserkörpern (Quelle: iDA-Portal).

Tabelle 16: Entnahmemengen gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis.

	Q_{mittel} [m^3/d]	Q_{max} [m^3/d]	Q_{mittel} [m^3/a]
Fassung Jahnaue I	5.500	8.000	
Fassung Jahnaue II	2.500	3.000	912.500
Brunnen 1	360	432	
Brunnen 2	710	852	
Brunnen 3	710	852	
Brunnen 4	360	432	
Brunnen 5	360	432	
Fassung Jahna-Pulsitz	300	360	109.500
Summe Modellgebiet (Jahnaue II und Pulsitz)			1.022.000

Das übergebene Grundwassermodell umfasst nur den nördlichen Bereich mit den fünf Brunnen der Wasserfassung Jahnaue II sowie der WF Pulsitz. Die Zielstellung der Modellierung in IHU (2017) war vor allem die Transportberechnung von Stickstoff. Das Modell wurde nicht für die Einzugsgebietsberechnung konzipiert.

Das Modell hat vier Modellschichten, die die Sedimente der Elster- und Weichsel-Kaltzeit sowie holozäne Sedimente entlang der Fließgewässer umfassen. Die Quartärmächtigkeit schwankt stark zwischen 7 und 48 m, wobei die größten Mächtigkeiten im Bereich der zwei subglazialen Erosionsrinnen auftreten. Der Hauptvorfluter ist die Jahna, welcher mehrere Nebengewässer zufließen. Die Modelldaten zu den Schicht-

unterkanten, hydraulischen Durchlässigkeiten und zur Lage der Flussrandbedingungen wurden in die Software FEFLOW bei Beibehaltung der Vierecksdiskretisierung übernommen. Aufgrund des gekoppelten Modellansatzes in IHU (2017) wurden keine Grundwasserneubildungsdaten und Wasserspiegel in den Gewässern übergeben. Mit den getroffenen Annahmen wurde das Grundwasserströmungsmodell anhand der vorliegenden Stichtagsmessung von 2014 plausibilisiert. Es erfolgte auftragsgemäß keine Nachkalibrierung. Abbildung 27 und Abbildung 28 zeigen exemplarisch die Topografie des Modellgebiets bzw. die hydraulische Durchlässigkeit in der Modellschicht 3 (aus IHU, 2017).

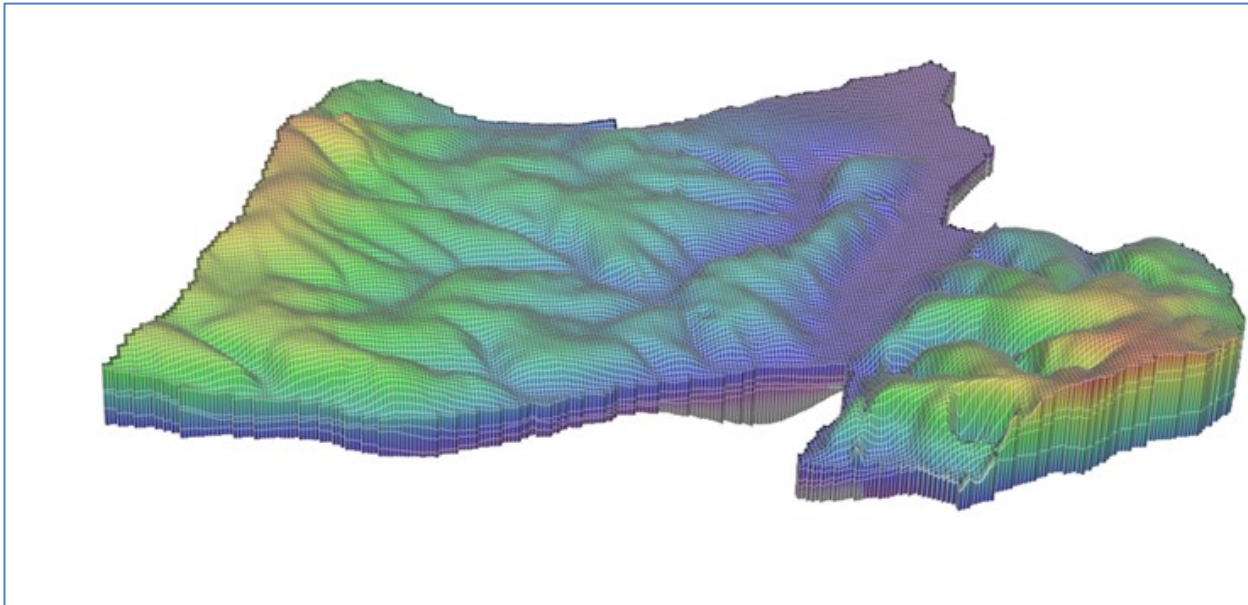


Abbildung 27: Topografie des Modellgebiets

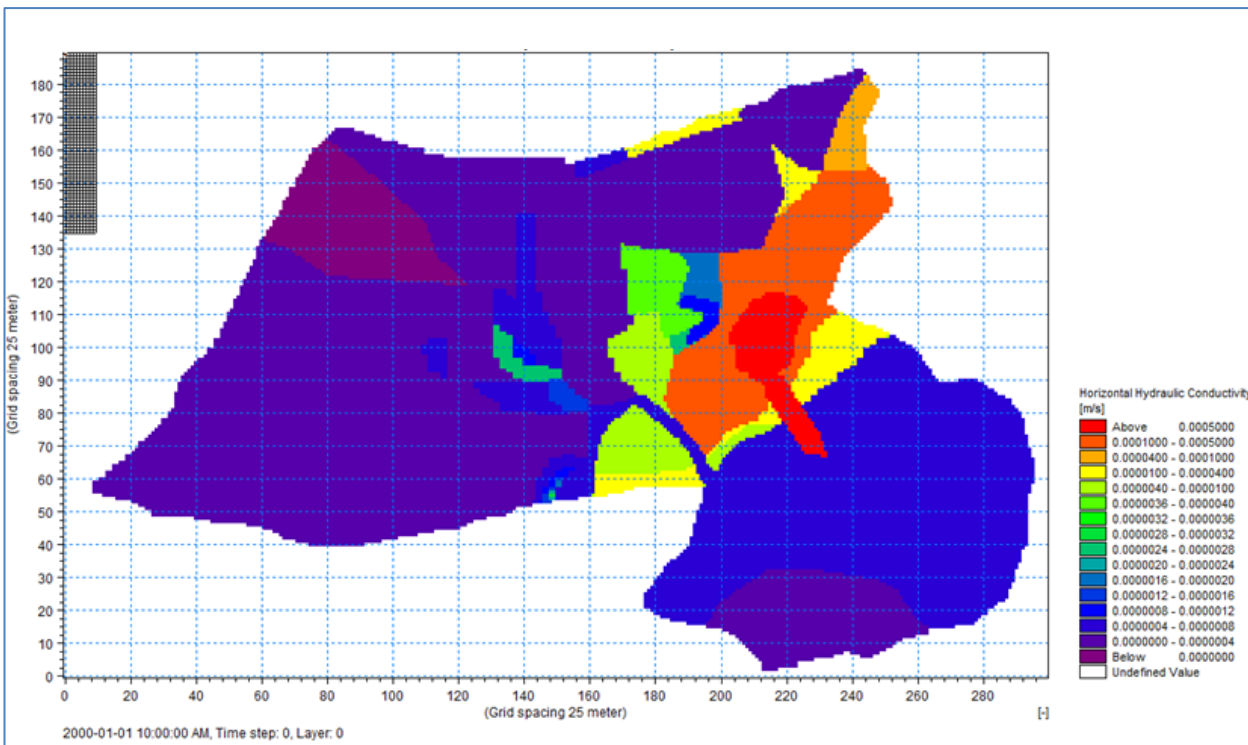


Abbildung 28: Hydraulische Durchlässigkeit in der Modellschicht 3 (aus IHU, 2017)

4.3.2 Abschätzung des potenziellen Dargebots

Für die Abschätzung des potenziellen Dargebots wurden die Wasserhaushaltsdaten aus dem Wasserhaushaltsportal des LfULG für die das Modellgebiet betreffenden Teileinzugsgebiete heruntergeladen. Die Tabelle 17 enthält das Ergebnis der Verschneidung des Modellgebiets mit den Teileinzugsgebieten. Zur genaueren Untersuchung der Wasserhaushaltskomponenten und ihrer klimatischen Trends wurden für den Ist-Zustand (1961 bis 2010) und das Klimaszenario WETTREG 66 (Betrachtung 2021 bis 2010) jeweils die Monatswerte zu Jahressummen (Wasserhaushaltsjahr November bis Oktober) aggregiert. Die Visualisierung der Daten-Spannweiten ist anhand der Scatterplots in Abbildung 29 dargestellt. Die Mittelwerte der Daten innerhalb der charakteristischen Zeiträume sind für relevante Wasserhaushaltskomponenten in Tabelle 18 (Ist-Zustand) und Tabelle 19 (WETTREG 66) dargestellt.

Tabelle 17: Ergebnis der Verschneidung des Modellgebiets mit den Teileinzugsgebieten aus dem Wasserhaushaltsportal.

TEZG ID	TEZG Name	Fläche TEZG [km ²]	Fläche im Modellgebiet [km ²]	Anteil [%]
28519	Auerschützer Wasser: Quelle - Mdg. Jahna	7.536	2.15	12%
28515	Salbitzer Bach: Quelle - Mdg. Jahna	5.035	2.30	13%
28523	Bach aus Zschochau: Quelle - Mdg. Birmenitzer Dorfbach	3.576	0.03	0%
28038	Sandbach: Quelle - Auslauf Mühlteich Zöschau	14.906	0.00	0%
28507	Mühlgraben Hof: Abzweig Jahna - Mdg. Jahna-Umflut	1.442	0.00	0%
28521	Birnenitzer Dorfbach: RHB Zschochau (Damm) - Mdg. Jahna	0.817	0.38	2%
28518	Jahna: uth. Mdg. Auerschützer Wasser - obh. Mdg. Bach aus Steudten	2.175	2.18	12%
28517	Bach aus Steudten: Quelle - Mdg. Jahna	2.932	1.71	10%
28053	Döllnitz: uth. Mdg. Grauschwitzbach - obh. Mdg. Beyerbach	13.686	0.11	1%
28516	Jahna: uth. Mdg. Bach aus Steudten - obh. Mdg. Salbitzer Bach	8.259	7.18	40%
28520	Jahna: uth. Mdg. Birnenitzer Dorfbach - obh. Mdg. Auerschützer Wasser	2.29	1.72	10%
			17.76	

Das Klimaszenario WETTREG 66 zeigt für die Zukunft eine Abnahme der Niederschlagsmengen und die Zunahme der Verdunstungsraten. Das potenzielle Dargebot (RG1+2) liegt im Ist-Zustand 1991 - 2010 bei 93 mm/a bezogen auf das Modellgebiet, für die nahe Zukunft 2021 - 2050 wird ein Rückgang um ca. 60% auf 35 mm/a prognostiziert.

Tabelle 18: Mittelwerte ausgewählter WH-Komponenten für die charakteristischen Zeiträume, Ist-Zustand.

	P	RG1+2	R _{ges}	Rest = ETR ± ds	Abflussbeiwert (RG1+2)/P
	Modellgebiet Jahnaaue II [mm/a]				
1965 - 1990	697	115	135	563	0,16
1991 - 2010	712	93	112	600	0,13

Tabelle 19: Mittelwerte ausgewählter WH-Komponenten für die charakteristischen Zeiträume, Szenario WT 66.

	P	RG1+2	R _{ges}	Rest = ETR ± ds	Abflussbeiwert (RG1+2)/P
	Modellgebiet Jahnaaue II [mm/a]				
2021 - 2050	649	35	45	604	0,05
2051 - 2070	632	7	14	617	0,01
2071 - 2100	588	-9	-2	590	-0,02

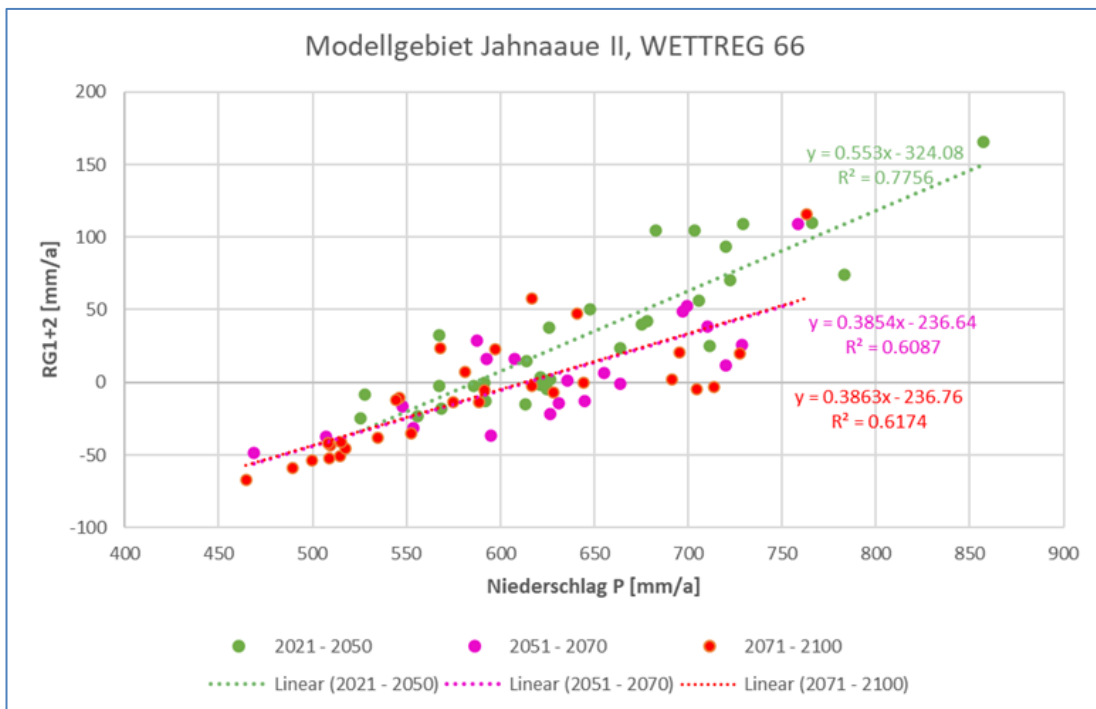
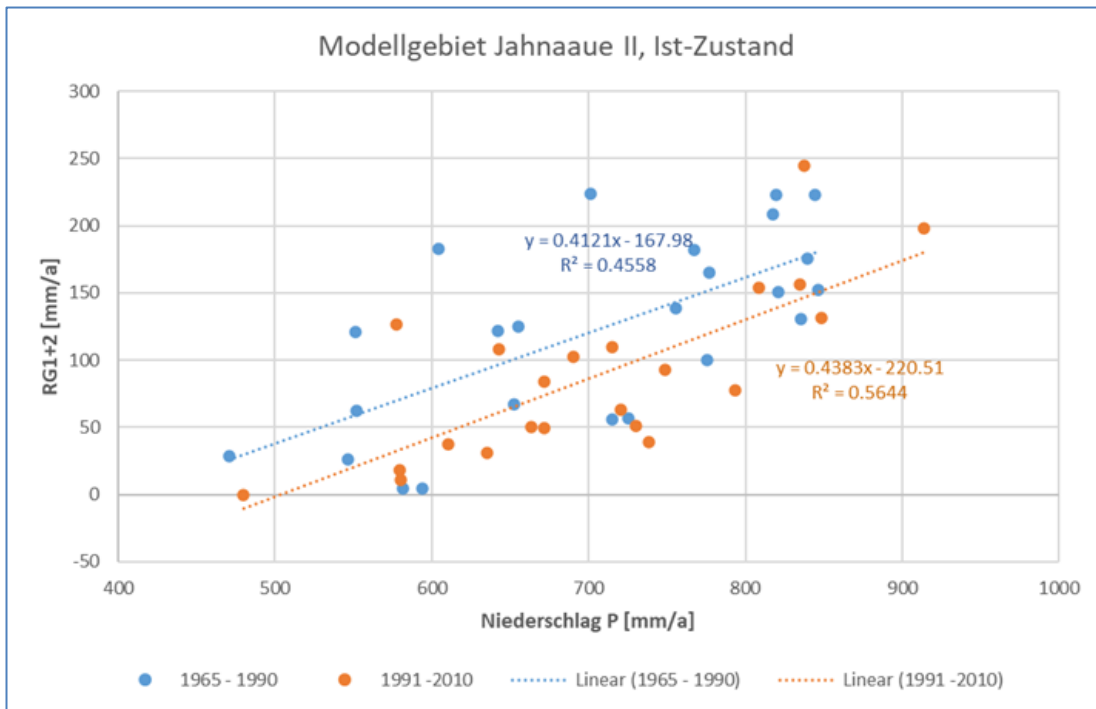


Abbildung 29: Scatterplots für Niederschlag (x-Achse) und RG1+RG2 (y-Achse), Ist-Zustand (oben) und Szenario WT 66 (unten).

Abbildung 30 veranschaulicht den deutlichen Rückgang anhand der Gegenüberstellung der abgeleiteten Niederschlags-Abfluss-Beziehungen. Die ab 2051 ausgewiesenen, sehr niedrigen bzw. negativen Grundwasserneubildungsmengen sind jedoch unplausibel und aktuell so nicht verwendbar. Eine Überarbeitung der zu Grunde liegenden Modellansätze und Berechnungen ist derzeit in Bearbeitung (KLiWES 2.0).

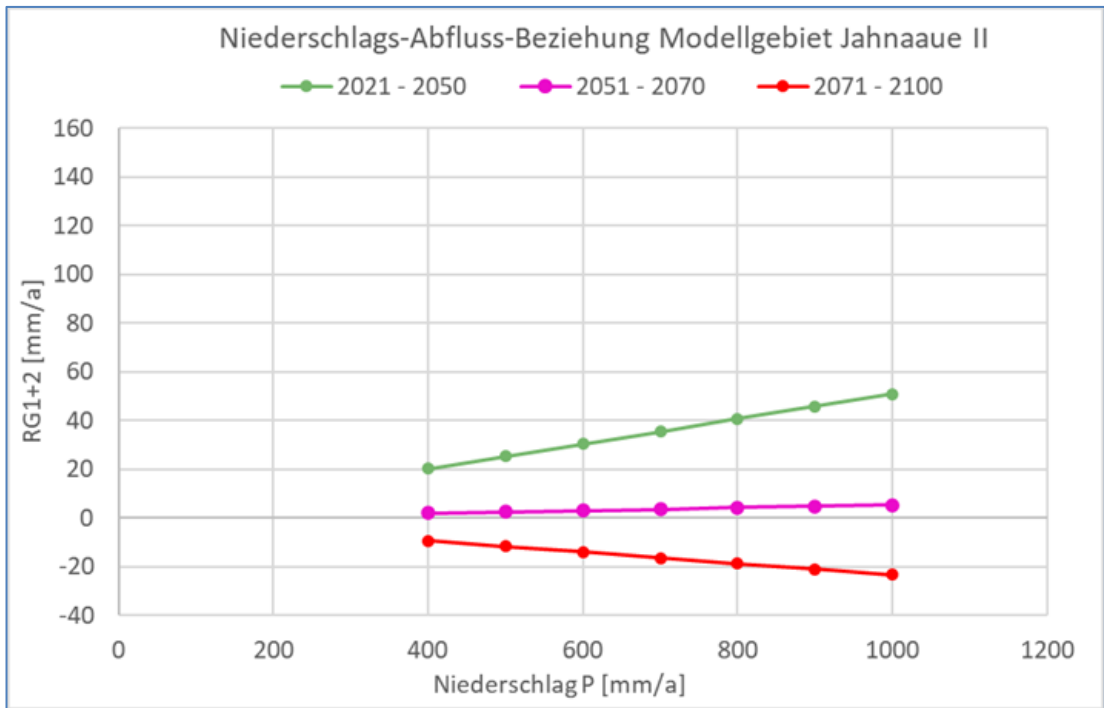
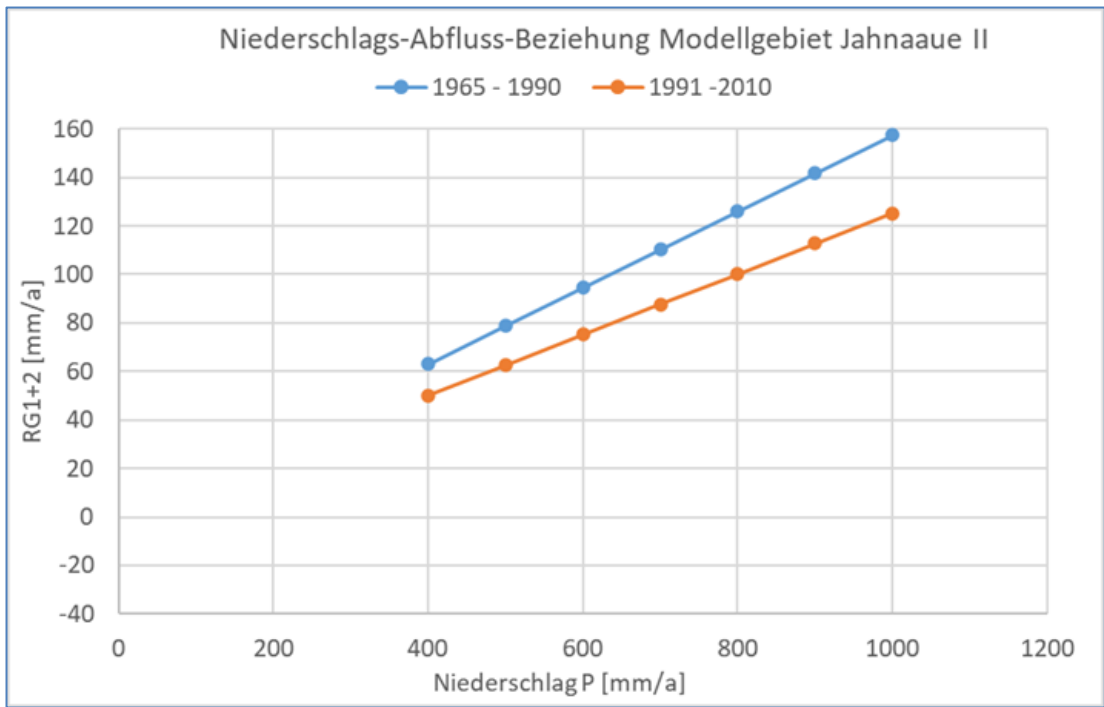


Abbildung 30: Abgeleitete Niederschlags-Abfluss-Beziehungen für RG1+2, Ist Zustand (oben) und Szenario WT 66 (unten).

Für die exemplarische Prüfung der Auswirkungen des verringerten Dargebots aufgrund des Klimawandels wurden im Grundwassermodell die in Abbildung 31 dargestellten Grundwasserneubildungsmengen im Ist-Zustand und für den Zustand 2021 - 2050 auf Basis der Teileinzugsgebiete aus dem Wasserhaus-haltsportal verwendet.

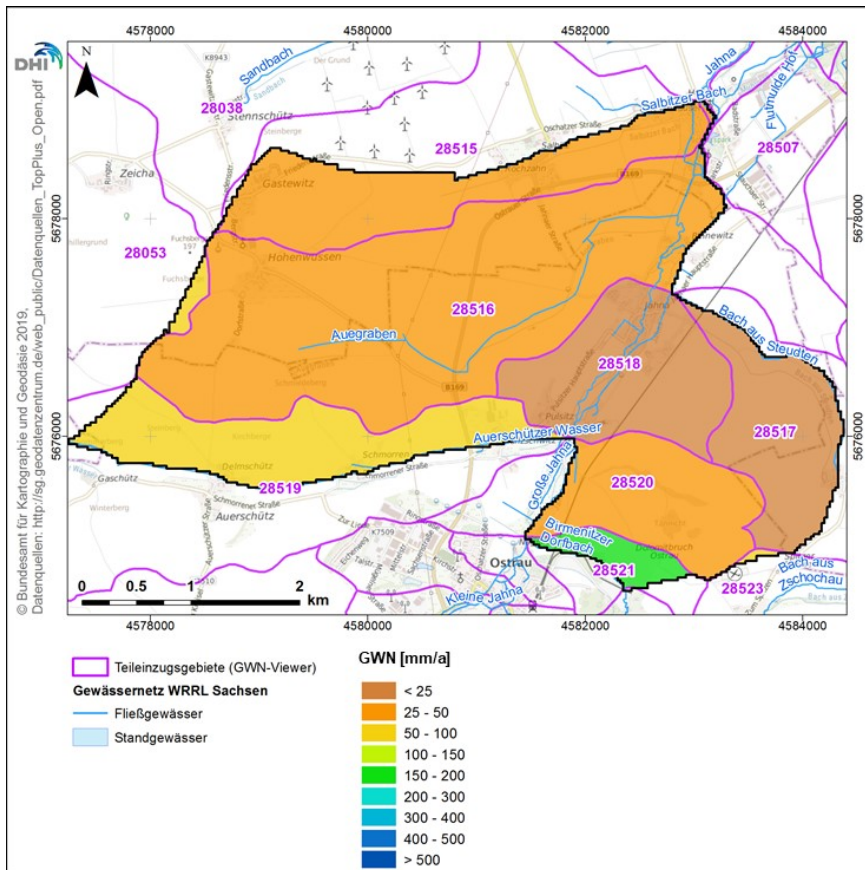
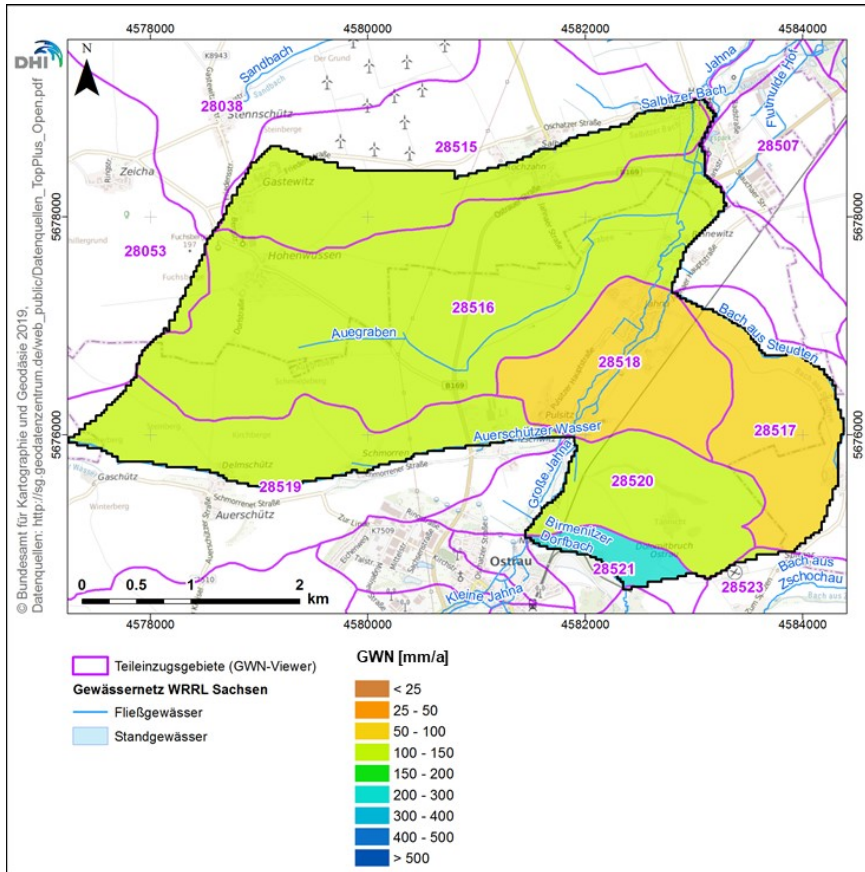


Abbildung 31: Verteilung der Grundwasserneubildung im Modellgebiet im Ist-Zustand (oben) und Szenario WT 66 2021 - 2050 (unten).

4.3.3 Modellrechnungen

Die wasserrechtlich genehmigten mittleren Entnahmemengen wurden dem Brunnen Pulsitz sowie den fünf Brunnen der Wasserfassung Jahnaue II entsprechend des Verteilungsschlüssels aus Tabelle 16 zugewiesen. In Summe werden im Modellgebiet 1.022.000 m³/a Grundwasser für die Trinkwasserversorgung entnommen.

Es wurde jeweils die stationäre Berechnung mit der Grundwasserneubildung im Ist-Zustand und für den Zustand 2021 - 2050 durchgeführt. Die Ermittlung des Grundwassereinzugsgebiets erfolgte jeweils durch Bilanzierung der Zu- und Abflüsse auf Grundlage der Rückwärtsbahnlinien und der Hydroisohypsen (siehe Abbildung 32 und Abbildung 33). In Tabelle 20 und Tabelle 21 sind die Ergebnisse der Bilanzierung des Einzugsgebiets für den Ist-Zustand bzw. den prognostischen Zustand 2021 - 2050 dargestellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich das Einzugsgebiet der Wasserfassungen aufgrund der projizierten deutlich geringeren Grundwasserneubildung erheblich vergrößert und an die Modellgrenzen stößt. In der prognostischen Berechnung erfolgt im Modell zudem eine deutliche Zunahme des Dargebots aus den Gewässern. Dies erscheint unplausibel, da sich in den Klimaprognosen nicht nur die Grundwasserneubildung sondern auch die Abflüsse in den Gewässern deutlich verringern bzw. kleinere Gewässer wie z.B. der Auegraben vermutlich trockenfallen werden. Zudem ist die anzunehmende Überlagerungswirkung mit der Wasserfassung Jahnaue I nicht im Modell berücksichtigt, wo sich aufgrund des Klimawandels ebenfalls deutlich das Dargebot aus Grundwasserneubildung und Gewässerinfiltration verringern wird. Die als südliche Abgrenzung gewählte Flussrandbedingung entlang des Auerschützer Wassers wird vermutlich von beiden Wasserfassungen als Dargebot durch Infiltration beansprucht.

Tabelle 20: Bilanzierung des Einzugsgebiets der Wasserfassung Jahnaue II im Ist-Zustand

	Zufluss [m ³ /a]	Abfluss [m ³ /a]
Gewässer	291.670	119.490
Brunnen		1.022.000
Grundwasserneubildung	849.820	
Summe	1.141.490	1.141.490

Tabelle 21: Bilanzierung des Einzugsgebiets der Wasserfassung Jahnaue II für den Zustand 2021-- 2050

	Zufluss [m ³ /a]	Abfluss [m ³ /a]
Gewässer	700.340	93.120
Brunnen		1.022.000
Grundwasserneubildung	414.780	
Summe	1.115.120	1.115.120

Zusammenfassend wird festgestellt, dass

- das Modell mit seinen Abgrenzungen nicht zur zukünftigen Dargebotsprüfung geeignet ist (oft beobachteter methodischer Fehler, dass die Abgrenzung anhand des aktuellen Einzugsgebiets auf Grundlage des Grundwassergleichensplans erfolgt und somit keine Berechnung eines vergrößerten Einzugsgebiets aufgrund projizierter deutlich verringerter zukünftiger Dargebotsmengen möglich ist),
- die Berücksichtigung der Überlagerung mit den Entnahmen der Wasserfassung Jahnaue I fehlt,
- die reale Verfügbarkeit der Gewässerinfiltration als Teil des Dargebots zu prüfen ist (z.B. durch Messungen) und die Abbildung im Modell mit entsprechenden Modellansätzen zu berücksichtigen ist.

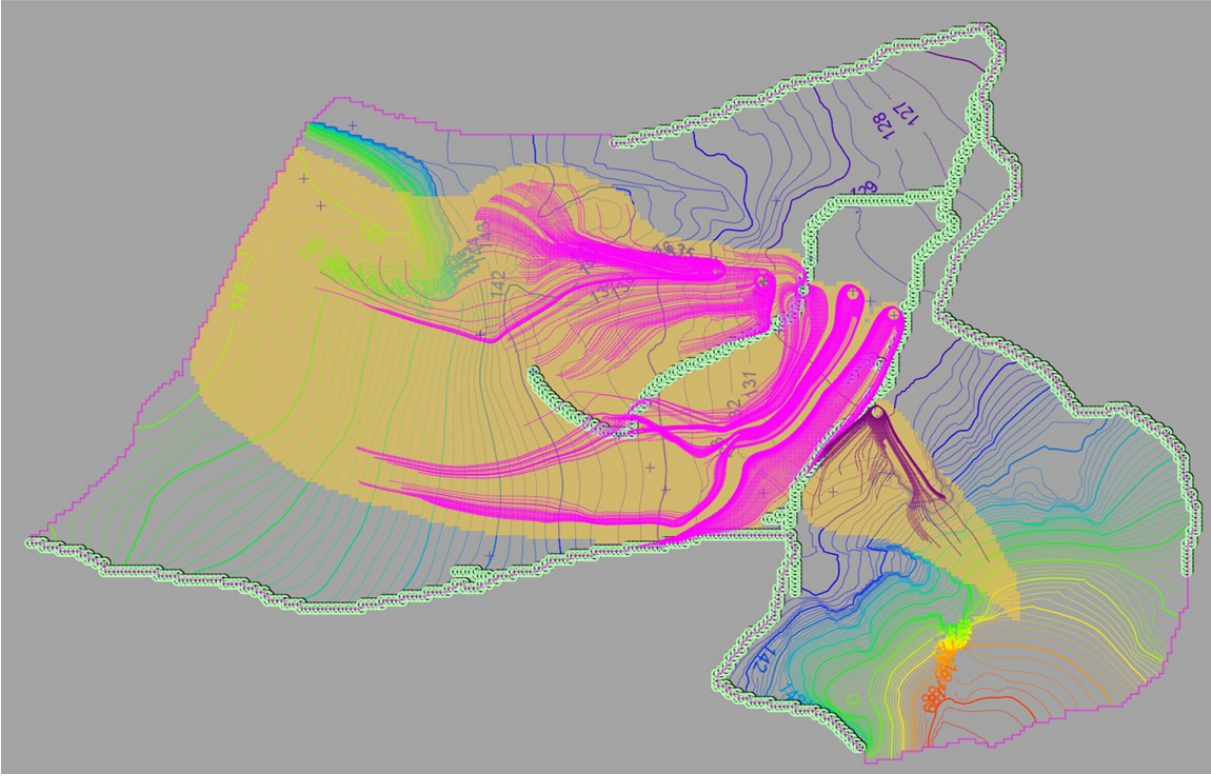


Abbildung 32: Ermittlung des Grundwassereinzugsgebiets im Ist-Zustand.

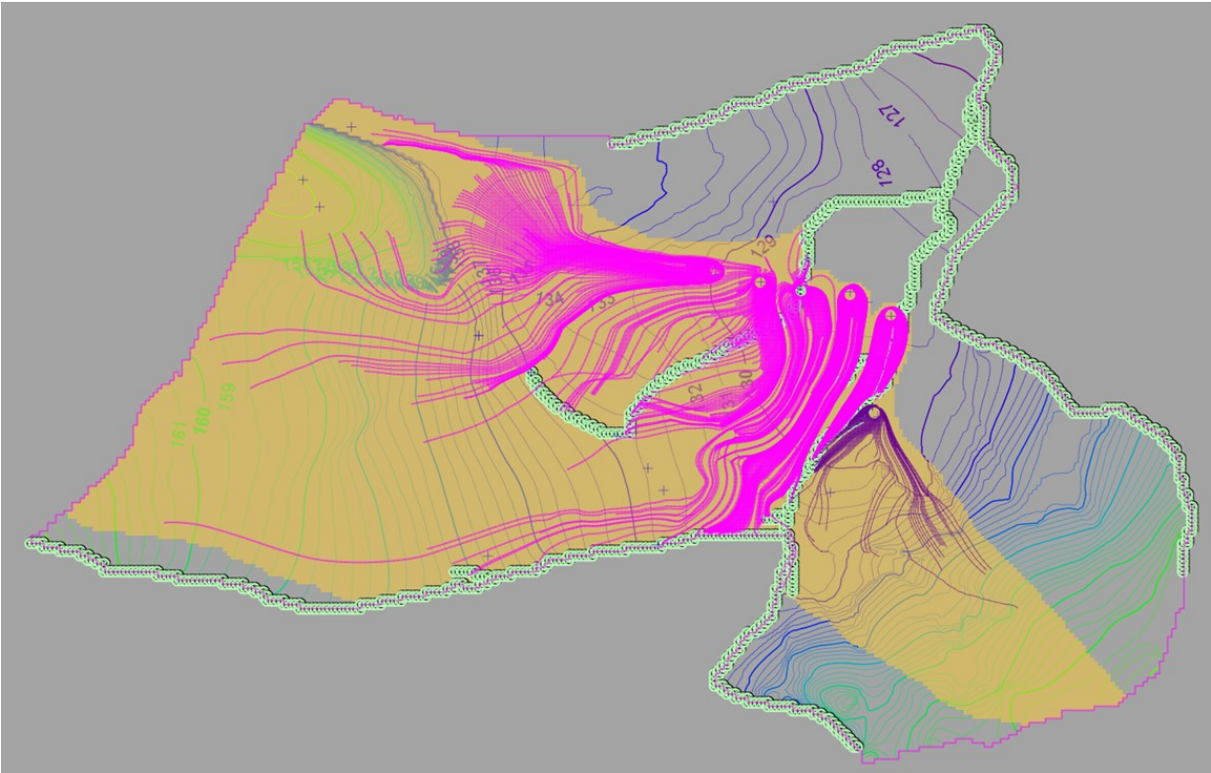


Abbildung 33: Ermittlung des Grundwassereinzugsgebiets für den Zustand 2021 - 2050.

4.4 Grundwasser-Uferfiltrat-Einzugsgebiet - Torgau-Ost

4.4.1 Allgemeine Beschreibung

Die Wasserfassungen Torgau-Ost, betrieben durch die FWV Elbaue-Ostharz GmbH, fördern Rohwasser aus den Grundwasservorkommen der Elbaue sowie Uferfiltrat der Elbe südöstlich von Torgau. Insgesamt werden aktuell ca. 80.000 m³/d Rohwasser aus insgesamt 97 Brunnen mit bis zu 50 m Tiefe entnommen und in den Wasserwerken Torgau-Ost und Mockritz aufbereitet (FWV Elbaue-Ostharz GmbH 2021).

Das Untersuchungsgebiet liegt im Landkreis Nordsachsen und gliedert sich entsprechend der landschaftlichen Einordnung grob in zwei Teile: die Elbniederung im Norden bzw. Osten und die Dahleener Heide im Süden bis Westen. Hauptgewässer ist die Elbe. Ihr fließen bei Mehderitzsch mehrere kleine Bäche bzw. Gräben zu, die das südliche Modellgebiet entwässern und ihr Quellgebiet überwiegend im nordöstlichen Randbereich der Dahleener Heide haben. Das westliche bis nordwestliche Modellgebiet entwässert oberirdisch über den Flößengraben, der bei Pflückuff in den Ellergraben und weiter über den Schwarzen Graben bei Torgau in die Elbe mündet.

Gemäß HGN (1967) ist die allgemeine hydrogeologische Situation durch eine Dreiteilung des Einzugsgebietes gekennzeichnet: (1) die Dahleener Heide als Stauchendmoräne, (2) Muldeschotterzone und (3) der Schotterbereich des Elbtals. Das Gebiet flacht von Süd/Südwest (Dahleener Heide) nach Ost bzw. Nord (Elbe) hin ab, wodurch auch die Hauptgrundwasserfließrichtung zur Elbe hin gerichtet ist. Der Grundwasserleiterkomplex besteht aus Schichten von pleistozänen Schmelzwassersanden sowie Elbe- und Muldeschottern (HGN 1967). Das Schutzpotential der Grundwasserüberdeckung wird dabei im gesamten Gebiet mit mittel bis ungünstig eingeschätzt (LfULG 2020). Im Liegenden ist der Bitterfelder Deckton (wirkend als Grundwasserstauer) im Untersuchungsgebiet weit verbreitet.

Das Bearbeitungsgebiet Torgau-Ost liegt im Bereich zweier Grundwasserkörper: dem GWK Schwarzer Graben (DE_GB_DESN_EL 2-1) links der Elbe und dem GWK Koßdorfer Landgraben (DE_GB_DESN_EL 2-2) rechts der Elbe, siehe Abbildung 38. Der GWK Schwarzer Graben besitzt eine Fläche von rund 464 km² und liegt vollständig auf sächsischem Gebiet, während der GWK Koßdorfer Landgraben (Gesamtfläche ca. 219 km²) in Sachsen sowie teilweise in Brandenburg liegt, siehe Abbildung 38. Der mengenmäßige Zustand beider Grundwasserkörper ist gut (BfG 2016b, BfG 2016c).

Zur Berechnung der Grundwasserverhältnisse im Einzugsgebiet der Wasserfassungen wurde 2009 ein mehrschichtiges hydrodynamisches Grundwasserströmungsmodell mit GMS/MODFLOW2000 aufgebaut (Fugro-HGN 2009). Wesentliche Datengrundlagen bildeten dabei die im Rahmen früherer Vorhaben erarbeiteten hydrogeologischen und hydraulischen Kennwerte (HGN 1967, 1976) sowie geologische Daten der im Einzugsgebiet gelegenen Brunnen, Grundwassermessstellen, Beschaffenheitsmessstellen und Erkundungsbohrungen, welche im Grundwassermonitoring des WW Torgau-Ost (HGN 2005) enthalten sind.

4.4.2 Modell- und Einzugsgebiet

Das Modellgebiet wurde von HGN wie folgt abgegrenzt:

- Sowohl der nördliche als auch der südliche Modellrand wird von einer Randstromlinie gebildet. Dies bedeutet, dass über diesen Modellrand keine Grundwasserströmung stattfindet.
- Der östliche Modellrand orientiert sich an der Grundwassergleiche von 82 m NN. Begründet wird die Wahl der Randbedingung mit dem geringen Erkundungsgrad des östlichen Elbeinzugsgebiets. Die Grundwassergleiche von 82 m NN wurde der HK 50 entnommen.
- Der westliche Modellrand wird als River-Randbedingung angesetzt. Begründet wird dieser mit dem Vorhandensein einer Grundwasserscheide, welche durch die Gewässer Flößengraben, Teichsystem "Beckwitzer Teiche", Rohrgarben, und Großer Teich sowie Südumfluter "markiert" wird. Die Basis für die Randbedingungsansätze bilden die beobachteten und abgeschätzten Abflussmengen in den Gewässern zur Befahrung im Januar 2009.

Mit den gewählten Modellrandbedingungen kann, nach Aussage des Ergebnisberichtes HGN 2009, nicht das gesamte Einzugsgebiet der WF Torgau-Ost abgebildet werden. Gemäß Kapitel 3.1 erfolgt die Ausweisung des Einzugsgebietes bei komplexen geologischen und hydraulischen Verhältnissen modelltechnisch. Hierfür werden Partikel um die Entnahmebrunnen im Modell positioniert und rückwärts die Bahnlinien berechnet. Die Umhüllende der einzelnen Bahnlinien repräsentiert das Brunneneinzugsgebiet. Abbildung 34 zeigt das Berechnungsergebnis bei mittlerer Entnahme. Im Norden und Süden wird das Brunneneinzugsgebiet vom Modell abgebildet. Im Osten ist das Einzugsgebiet an der Grundwassergleiche 82 m NN abgeschnitten. Im Westen enden die Bahnlinien im Flößengraben und den anschließenden Gewässern. Das Ergebnis im Westen trifft nur unter der Annahme zu, dass diese Gewässer immer so viel Wasser führen, dass eine entsprechende Exfiltrationsleistung möglich ist. Sobald die Gräben, so wie in den letzten Jahren (2018 f.) beobachtet, trockenfallen, stellen sie keine Einzugsgebietsgrenze mehr dar. Dann würde sich das Einzugsgebiet der WF-Torgau-Ost weiter nach Westen verlagern.

Über die in Kapitel 3.1 benannte Beziehung der Entnahmemenge, der Grundwasserneubildung und der Einzugsgebietsgröße wurde das Gesamteinzugsgebiet überschlägig für die mittleren Entnahmebedingungen berechnet. Der im Osten am Modellrand abgeschnittene Teil des Einzugsgebietes wurde extrapoliert und in Abbildung 35 dargestellt. Die Grundlage hierfür bildeten die Grundwasserzuströmmungen über den Modellrandabschnitt sowie die im Modell angesetzten Grundwasserneubildungsraten für diesen Bereich von ca. 113 mm/a. Das dargestellte Brunneneinzugsgebiet stellt eine exemplarische Grobabschätzung dar. Für eine genauere Abbildung müsste das Modellgebiet erweitert werden. Vorhandene Grundwasserscheiden innerhalb des extrapolierten Einzugsgebietes wurden nicht berücksichtigt.

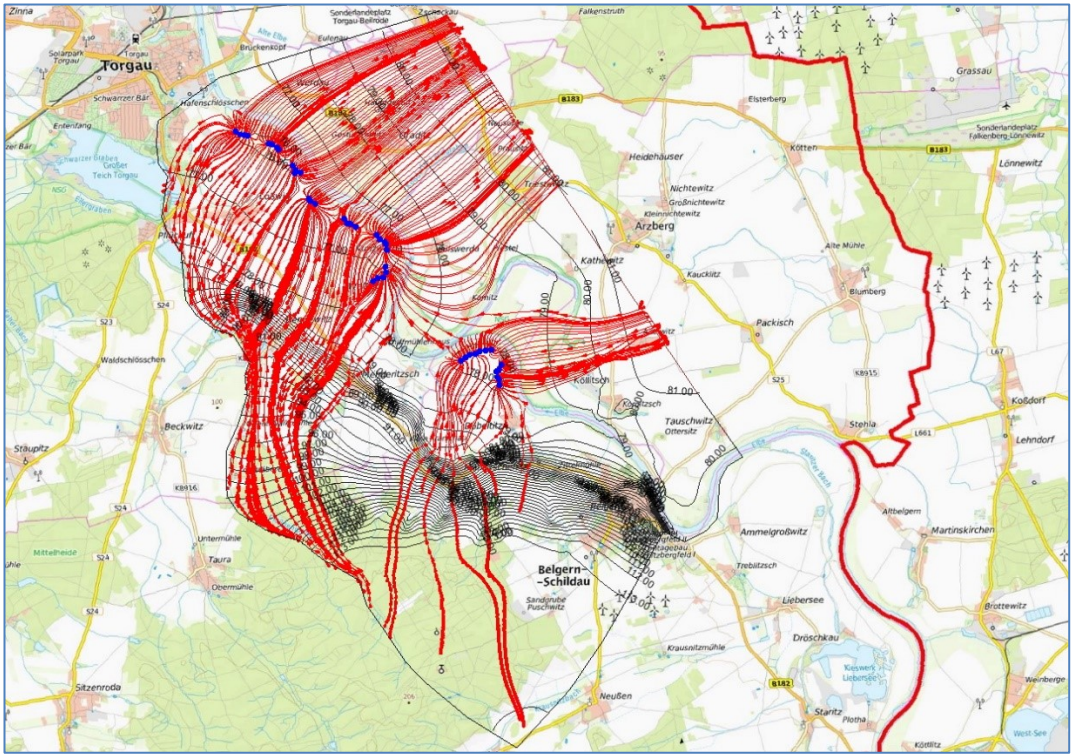


Abbildung 34: Bahnlinien (rot) bei mittlerer Entnahme aus den WW-Brunnen (blau)

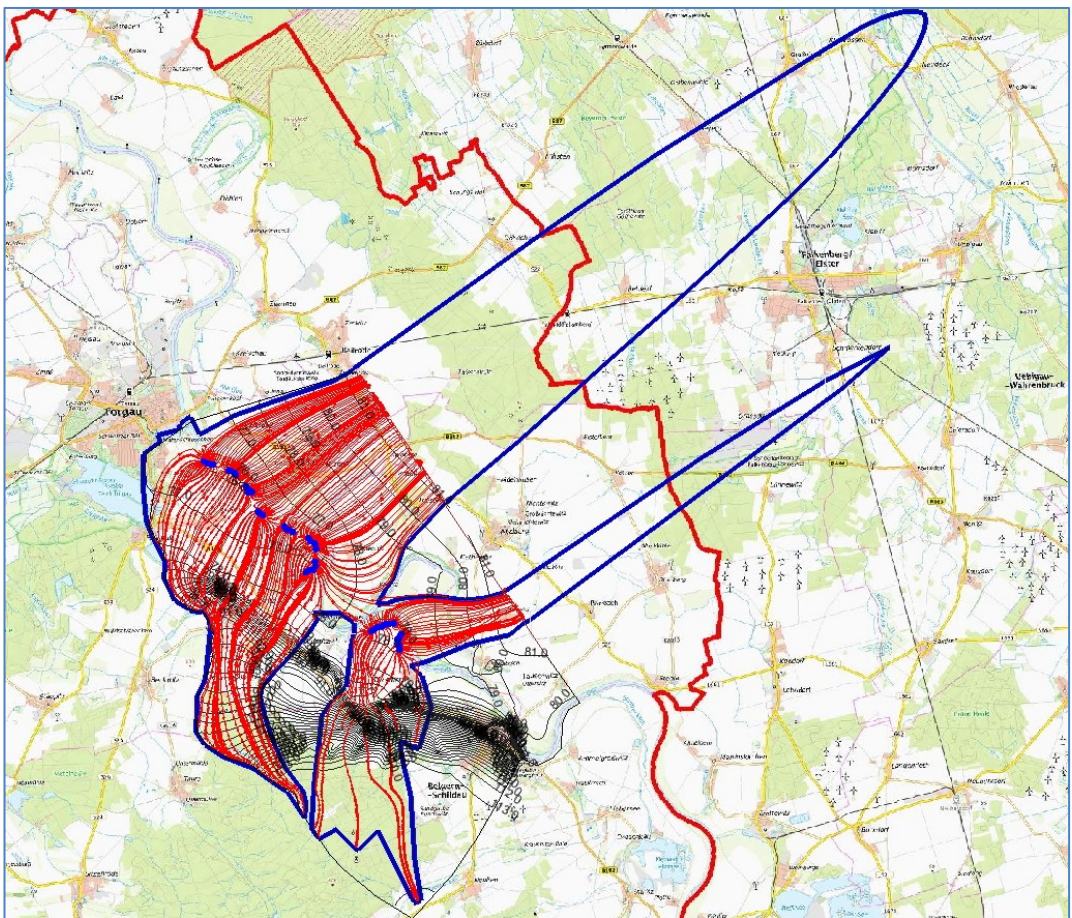


Abbildung 35: nach Osten extrapoliertes Brunneneinzugsgebiet der WF (blaue Linie, keine Berücksichtigung von Grundwasserscheiden)

Abbildung 36 zeigt die resultierenden Bahnlinien bei maximaler Entnahme. Im Vergleich zur mittleren Entnahme fällt auf, dass sich an der Form und Größe des Einzugsgebietes innerhalb des Modellgebietes kaum Änderungen ergeben. Der erhöhte Durchfluss kann nur anhand der "verdichteten" Bahnlinien erkannt werden.

Die Potentialdifferenz der beiden hydraulischen Zustände sind in Abbildung 37 dargestellt. Es wird deutlich, dass die maximale Grundwasserentnahme im Bereich der Brunnen zu den größten Absenkungsbeträgen führt. Im Bereich des Ost-Randes sind die Auswirkungen der erhöhten Grundwasserentnahme nicht nachweisbar. Dies liegt zum einen an der Elbe als hydraulische Randbedingung, aber auch am definierten Festpotential von 82 m NN.

Im Westen wird das hydraulische Potential vom Flößengraben "festgehalten". Auch hier sind keine über den Flößengraben hinausgehenden Auswirkungen erkennbar. Nur im Bereich des Großen Teiches sind Grundwasserabsenkungsbeträge von über 0,40 m erkennbar.

Gemäß DVGW W 107 muss das Aussagegebiet soweit vom Modellrand entfernt sein, dass sich durch die zu untersuchenden Brunnen keine Auswirkungen auf diesen ergeben. Diese Vorgabe wird vom aktuellen Modell (Stand 2009) nicht eingehalten. Des Weiteren ist die Wahl der Fließgewässerrandbedingung bzw. der Grundwassergleiche von 82 m NN als Modellrand vor dem Hintergrund der aktuellen und zukünftig möglichen hydrologischen Situation zu prüfen.

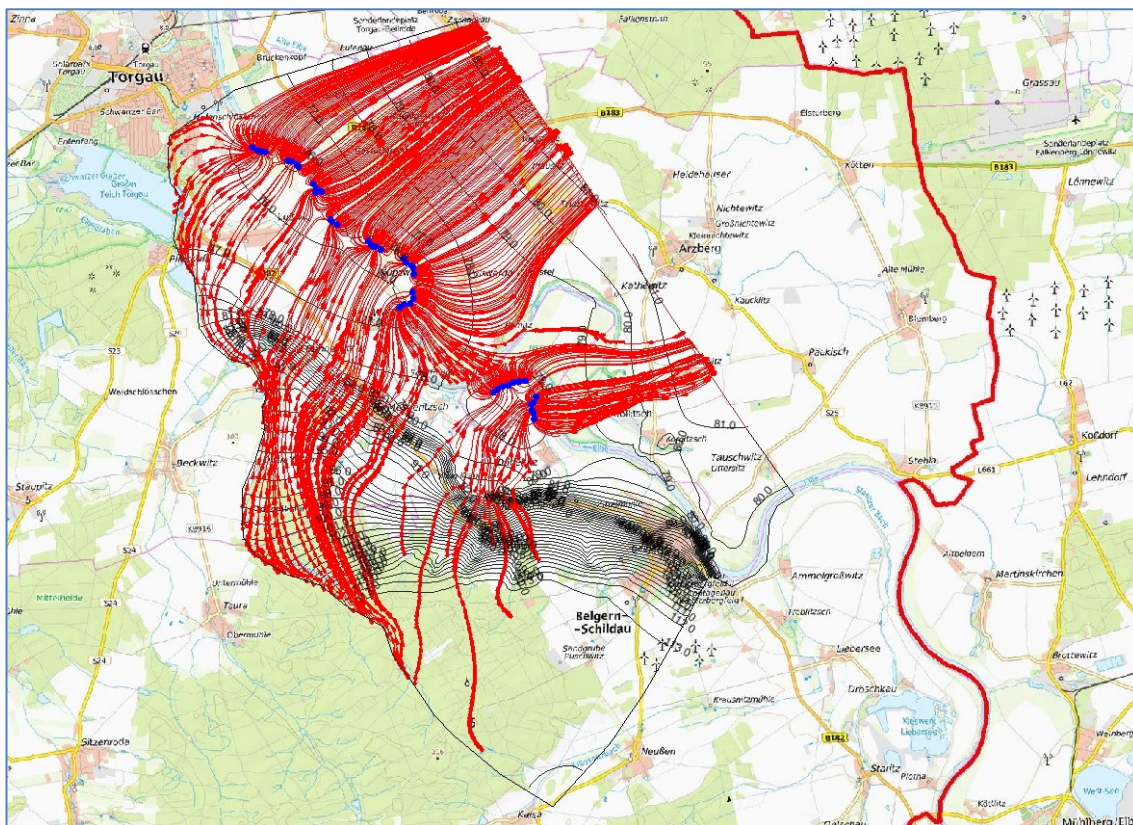


Abbildung 36: Bahnlinien (rot) bei maximaler Entnahme aus den WW-Brunnen (blau)

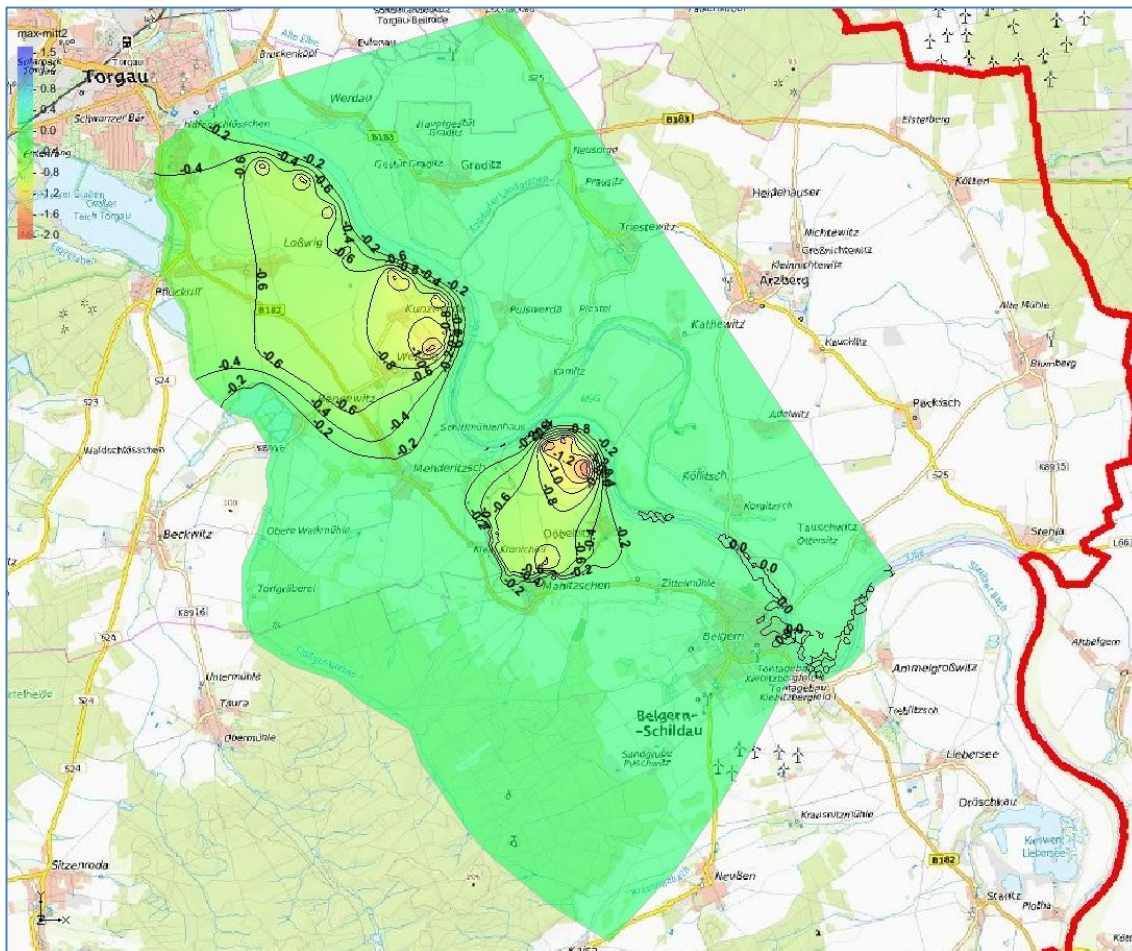


Abbildung 37: Potentialdifferenz zwischen maximaler und mittlerer Entnahme

4.4.3 Entnahmen im Untersuchungsgebiet

Auf Basis der behördlichen Erfassung der Ist-Entnahmemengen von 2014 sowie des Datenauszeuges aus der Anwendung FISWrV mit Stand vom Dezember 2019 wurden die Mengen der Grundwasserentnahmen für die öffentliche Trinkwassergewinnung und die privaten Entnahmen a) im Modellgebiet und b) im Gebiet der betreffenden Grundwasserkörper GWK Schwarzer Graben (DESN_EL 2-1) und GWK Koßdorfer Landgraben (DESN_EL 2-2) recherchiert. Die Lage der Grundwasserentnahmen ist in Abbildung 38 ersichtlich. Die Brunnengalerien des WW Torgau-Ost wurden dabei zu einzelnen Punkten zusammengefasst und liegen im Modellgebiet (schwarzer Rahmen) linksseitig entlang der Elbe. Im Modellgebiet entnimmt noch ein weiterer Betreiber Grundwasser zur öffentlichen Trinkwasserversorgung (ZV TW-Versorgung u. Abwasserbeseitigung Torgau-Westelbien, Brunnen westlich von Mehderitzsch bzw. westlich von Belgern-Schildau), was im vorliegenden Modell bisher nicht berücksichtigt wird.

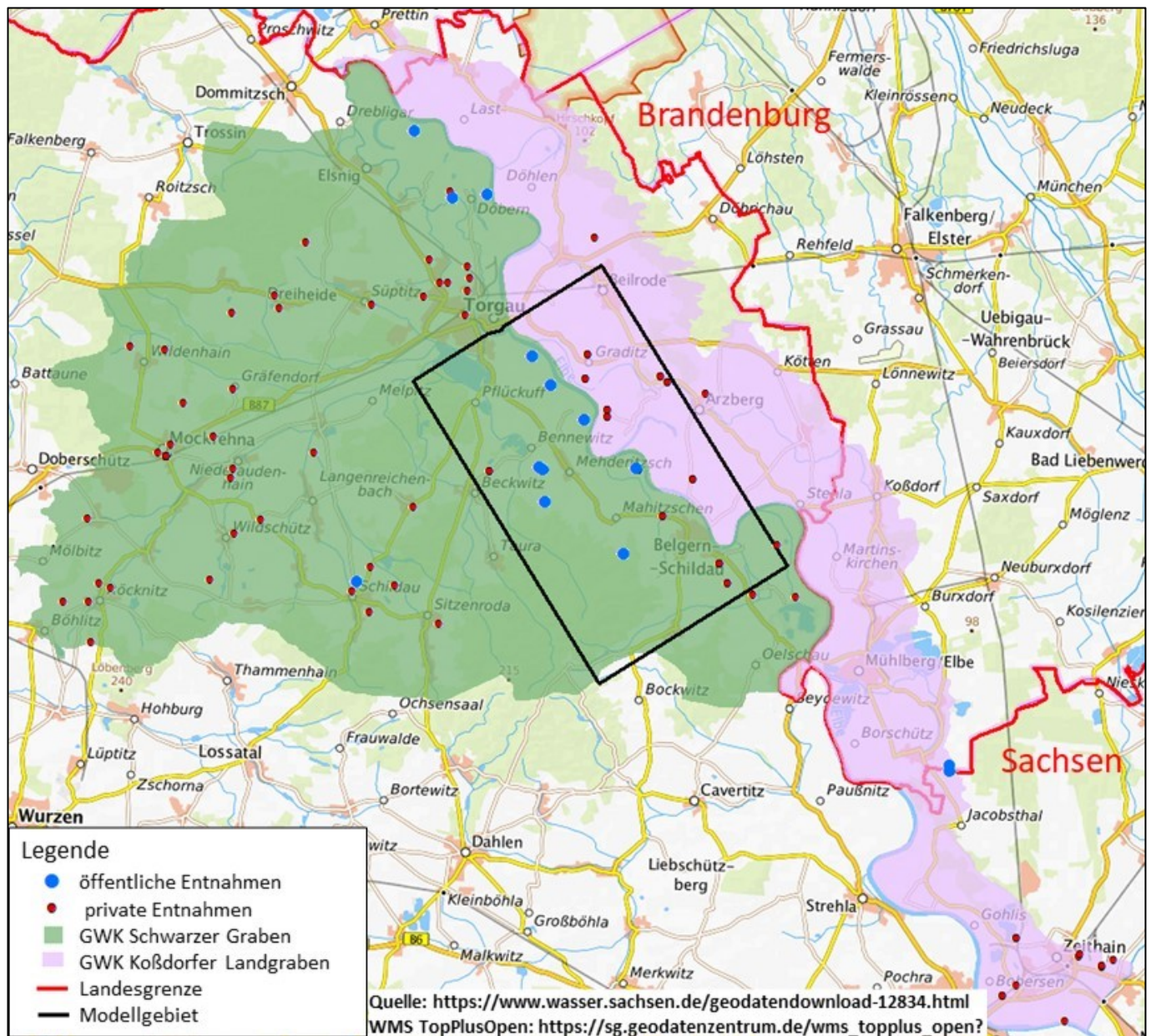


Abbildung 38: Grundwasserentnahmen im Bereich der GWK Schwarzer Graben und Koßdorfer Landgraben

Die Mengen der Grundwasserentnahmen sind in Tabelle 22 aufgeführt. Zur übersichtlicheren Darstellung wurden die Entnahmemengen der Betreiber jeweils für die Kategorien Modellgebiet, GWK Schwarzer Graben und GWK Koßdorfer Landgraben aufsummiert. Nicht für alle Betreiber standen wasserrechtliche Bescheidwerte zur Verfügung, daher wurden zur Berechnung die tatsächlichen mittleren Entnahmemengen verwendet. Es zeigt sich, dass dem GWK Schwarzer Graben insgesamt, d.h. Summe der öffentlichen und privaten GW-Entnahmen, rund 131.313 m³/d bzw. 47,9 Mio. m³/a entnommen werden. Bezogen auf die Fläche des GWK Schwarzer Graben entspräche das einer Entnahme von im Mittel ca. 103 mm/a. Dem GWK Koßdorfer Landgraben werden im Mittel 27.620 m³/d bzw. 10,1 Mio. m³/a entnommen, was, umgerechnet auf die Fläche des GWK, einer Entnahme von in etwa 46 mm/a entspricht.

Tabelle 22: Mengen der Grundwasserentnahme im Modellgebiet sowie im GWK unterteilt in öffentliche und private Entnahmen

		Modellgebiet		GWK Schwarzer Graben	GWK Koßdorfer Landgraben
		FWV Elbaue-Ostharz	ZV Torgau-Westelbien	2 Betreiber (s. Modellgebiet)	WV Riesa/Großenhain
Öffentliche Entnahmen	WRE Q_{mittel} [m ³ /d]	124.500			
	WRE Q_{max} [m ³ /d]	150.000	1.691		
	tatsächliches Q_{mittel} [m ³ /d]	60.480	716	85.169	13.001
Private Entnahmen	WRE Q_{mittel} [m ³ /d] *	8 Betreiber (12 Entnahmen)		42 Betreiber (53 Entnahmen)	16 Betreiber (23 Entnahmen)
	WRE Q_{max} [m ³ /d] *				
	tatsächliches Q_{mittel} [m ³ /d]	783,6		46.144	14.619

*Angaben zu den Wasserrechtlichen Erlaubnissen nicht für alle Betreiber vorhanden, daher ist die Summe nicht aufgeführt

4.4.4 Schutzgebiete

Die im Bereich des Beispielstandorts Torgau-Ost gelegenen Natur- und Wasserschutzgebiete sind in Abbildung 39 dargestellt. Eine Bestandsanalyse mit Detailinformationen zu den Schutzgebieten wurde auch durch die Große Kreisstadt Torgau veröffentlicht (Stadt Torgau 2010). Im Rahmen des länderübergreifenden EU-Schutzgebietssystems "Natura 2000" existieren FFH-Gebiete für das Elbtal zwischen Mühlberg und Greudnitz, für den Großen Teich Torgau und benachbarte Teiche sowie die Teiche um Neumühle. Zudem gibt es ein SPA-Gebiet im Bereich der Elbaue und Teichgebiete bei Torgau. Weiterhin sind ein Naturschutzgebiet (NSG Großer Teich Torgau) und drei Landschaftsschutzgebiete (LSG Dahleener Heide, Dübener Heide und Elbaue Torgau) ausgewiesen. Zahlreiche Naturdenkmale (ND) und besonders geschützte Biotop sind im Gebiet vorhanden.

Entsprechend den erarbeiteten Hochwasserschutzkonzeptionen wurden nach § 72 SächsWG Überschwemmungsgebiete für die Elbe und den Schwarzen Garben / Weinske mit dem Schutzziel HQ 100 festgelegt.

Im Modellgebiet befinden sich vier Trinkwasserschutzgebiete für Grundwasser / Uferfiltrat, welche alle linksseitig der Elbe gelegen sind: (1) "WW Torgau-Ost" entlang der Elbe, (2) "WW Mehderitzsch" westlich von Mehderitzsch, (3) "QF Mehderitzsch" südwestlich von Mehderitzsch und (4) "QF Mahitzschen" südlich von Mahitzschen.

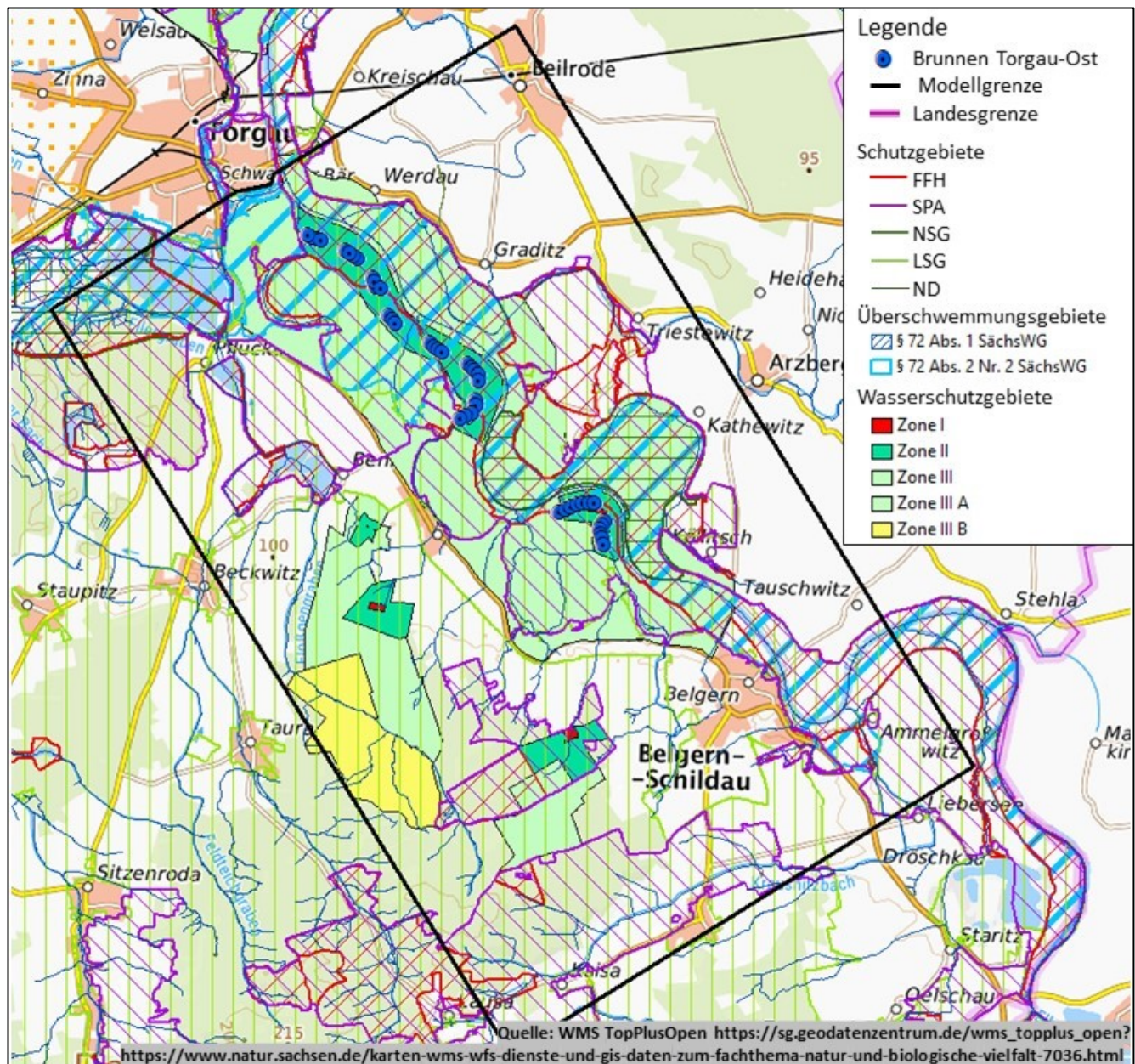


Abbildung 39: Sächsische Schutzgebiete im Bereich des Beispielstandorts Torgau-Ost

4.4.5 Ermittlung der flächenbezogenen Wasserhaushaltsgrößen

Das Modellgebiet Torgau-Ost wurde mit den Teilgebieten der KLiWES-Wasserhaushaltsberechnungen aus dem Elbe-Einzugsgebiet verschnitten, siehe Abbildung 40. Der Elbeschlauch wird erst im Rahmen der neuen KLiWES-Modellierung 2021 berücksichtigt. Die Modellergebnisse dazu werden vermutlich ab Sommer 2021 zur Verfügung stehen. Um die momentan noch fehlende Gebietsinformation im Bereich des Elbeschlauches plausibel zu ersetzen, wurden die dem Elbeschlauch angrenzenden KLiWES-Teilgebiete nach den Kriterien:

- Landnutzung,
- Bodenart,
- Hydrogeologische Deckschichten sowie
- Durchlässigkeit des Grundwasserleiters (k_f -Wert) untersucht.

Im Ergebnis zeigten sich weitestgehend ähnliche Gebietseigenschaften zwischen dem Elbeschlauch und dem Teilgebiet Koßdorfer Landgraben uh. Mündung Nichtewitzer Graben bis Mündung in die Elbe. Dominiierende Eigenschaften sind hier Ackerflächen auf Auenböden, Deckschichten holozänen Alters und eine starke Durchlässigkeit des Grundwasserleiters mit $k_f > 1 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-3}$ m/s. Die zugehörigen Karten sind der Anlage A1 zu entnehmen. Für das südliche bis westliche Modellgebiet wurde das TG Zittelbach als charakteristisch ausgewählt. Daher werden diese beiden Teilgebiete im nächsten Kapitel bezüglich ihrer Wasserhaushaltskomponenten ausgewertet.

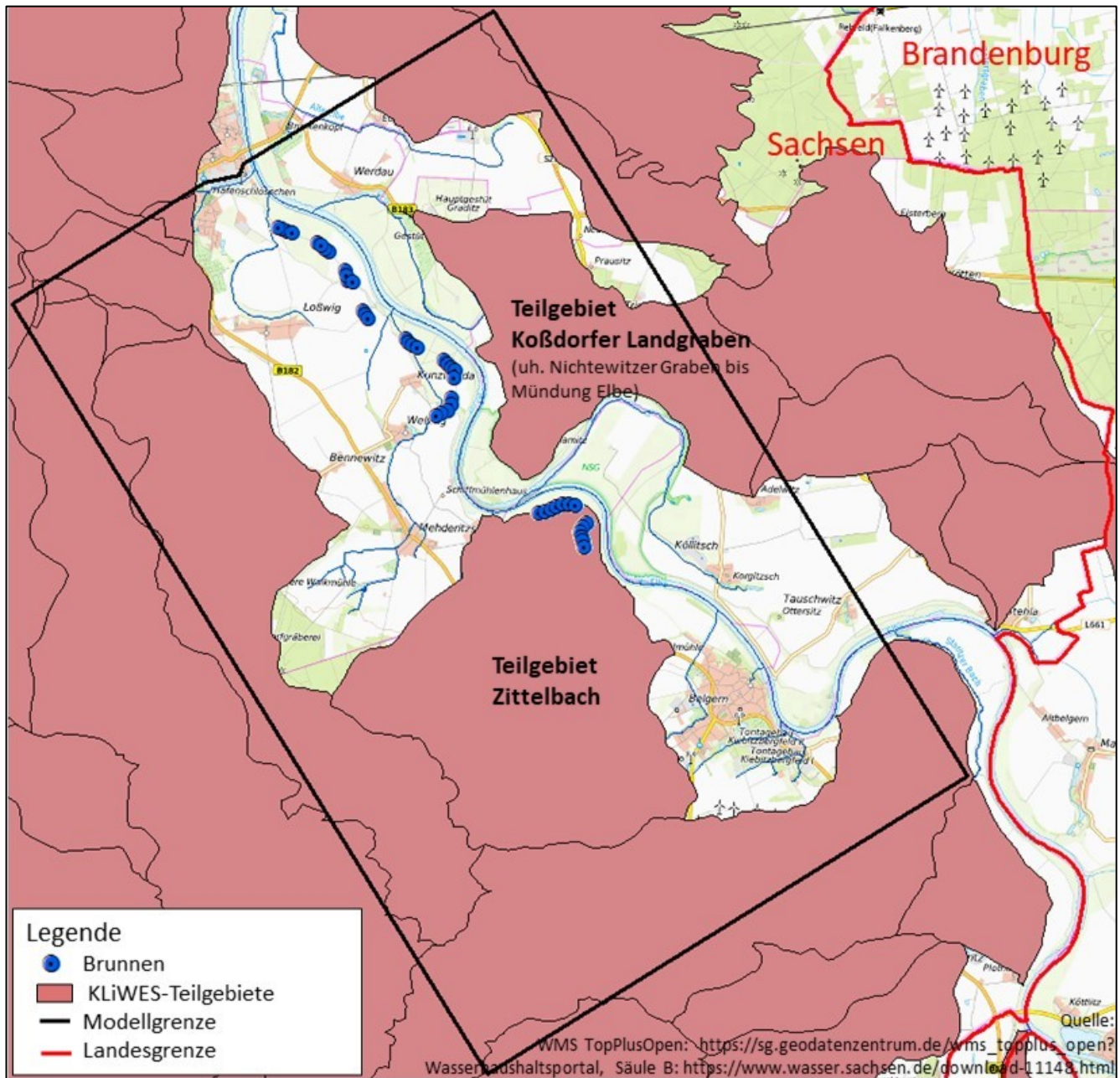


Abbildung 40: Modellgebiet Torgau-Ost und Elbe-Teilgebiete aus der Wasserhaushaltsmodellierung (KLiWES)

4.4.6 Abschätzung des zukünftig möglichen potenziellen Dargebots

Zur genaueren Untersuchung der Wasserhaushaltskomponenten und ihrer klimatischen Trends wurden für den Ist-Zustand (1961 bis 2010) und das Klimaszenario WETTREG 66 (Betrachtung 2021 bis 2100) jeweils die Monatswerte zu Jahressummen (Wasserhaushaltsjahr November bis Oktober) aggregiert. Die Visualisierung der Daten-Spannweiten ist anhand der Scatterplots für TG Zittelbach links und für TG Koßdorfer Landgraben rechts in Abbildung 41 dargestellt. Die Mittelwerte der Daten innerhalb der charakteristischen Zeiträume sind für relevante Wasserhaushaltskomponenten in Tabelle 23 dargestellt (TG Zittelbach links, TG Koßdorfer Landgraben rechts). Die Jahressumme des Niederschlags P ist in beiden Gebieten mit ca. 670 mm/a vergleichbar. Die Jahressumme der Wasserhaushaltskomponente RG1 + RG2 (entspricht der potenziellen Grundwasserneubildung im Lockergesteinsbereich) beträgt im TG Zittelbach ca. 2/3 der Jahressumme im TG Koßdorfer Landgraben. Die Ursache hierfür ist die geringere reale Verdunstung (Spalte "Rest = ETR ± ds").

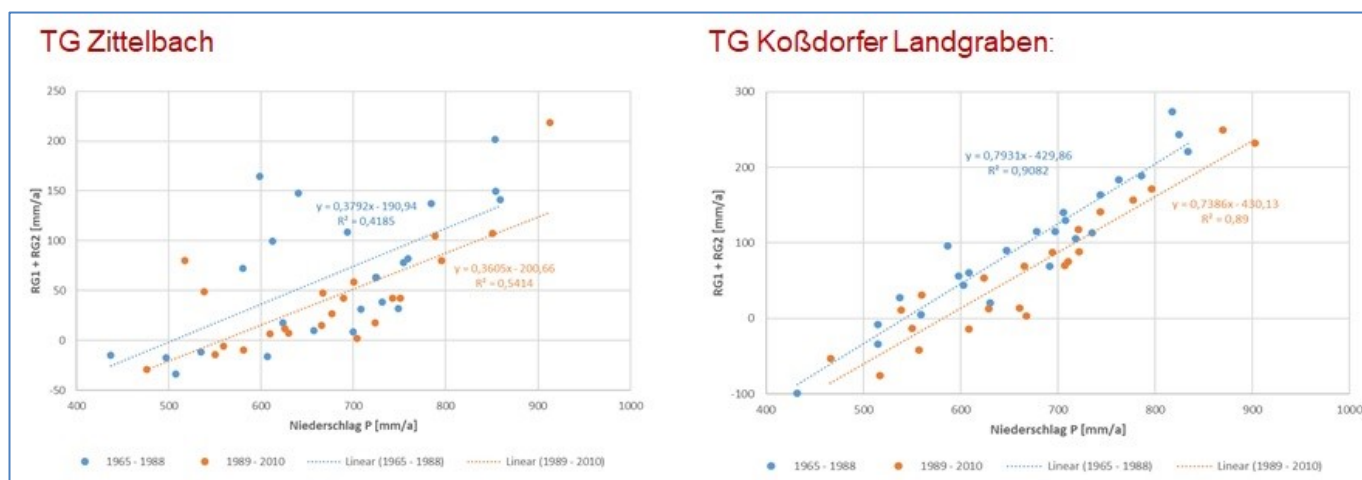


Abbildung 41: Scatterplots für Niederschlag (x-Achse) und RG1+RG2 (y-Achse), Ist-Zustand

Tabelle 23: Mittelwerte ausgewählter WH-Komponenten für die charakteristischen Zeiträume, Ist-Zustand

	P	RG1+RG2	R _{ges}	Rest = ETR ± ds	P	RG1+RG2	R _{ges}	Rest = ETR ± ds
	TG Zittelbach [mm/a]				TG Koßdorfer Landgraben [mm/a]			
1965 - 1988	675	65	75	600	664	97	183	481
1989 - 2010	671	41	50	621	668	63	148	520

Das Klimaszenario WETTREG 66 zeigt für die Zukunft eine Abnahme der Niederschlagsmenge in beiden Teilgebieten, siehe Tabelle 24. Die Jahressumme des Niederschlags P ist für dieses Szenario demnach auch zukünftig ähnlich. Im TG Koßdorfer Landgraben erfolgt eine Zunahme der realen Verdunstung ETR (Ursache vermutl. Regionalisierung im Modell). Im Zeitraum 2021 bis 2050 ergeben sich für das TG Koßdorfer Landgraben bei gleichen Niederschlagswerten (x-Achse) eine größere Spanne (Differenz) der potenziellen GWN (y-Achse, ca. -200 bis 130 mm/a) als beim TG Zittelbach (- 60...80mm/a), siehe Abbildung 42. Die Ursache ist hier im Bodentyp (Auenboden vs. Braunerde bei Zittelbach) sowie im kf-Wert (höher im Bereich TG Koßdorfer Landgraben) zu vermuten. Die Mittelwerte der potenziellen Grundwasserneubildung zeigen sich jedoch mit ≈ 0 mm/a vergleichbar, siehe Tabelle 24.

Tabelle 24: Mittelwerte ausgewählter WH-Komponenten für die charakteristischen Zeiträume, Szenario WT 66

	P	RG1+RG2	R _{ges}	Rest = ETR ± ds	P	RG1+RG2	R _{ges}	Rest = ETR ± ds
	TG Zittelbach [mm/a]				TG Koßdorfer Landgraben [mm/a]			
2021 - 2050	610	-1	4	606	609	1	68	541
2051 - 2070	595	-23	-19	614	592	-49	12	579
2071 - 2100	551	-28	-25	575	547	-113	-54	601

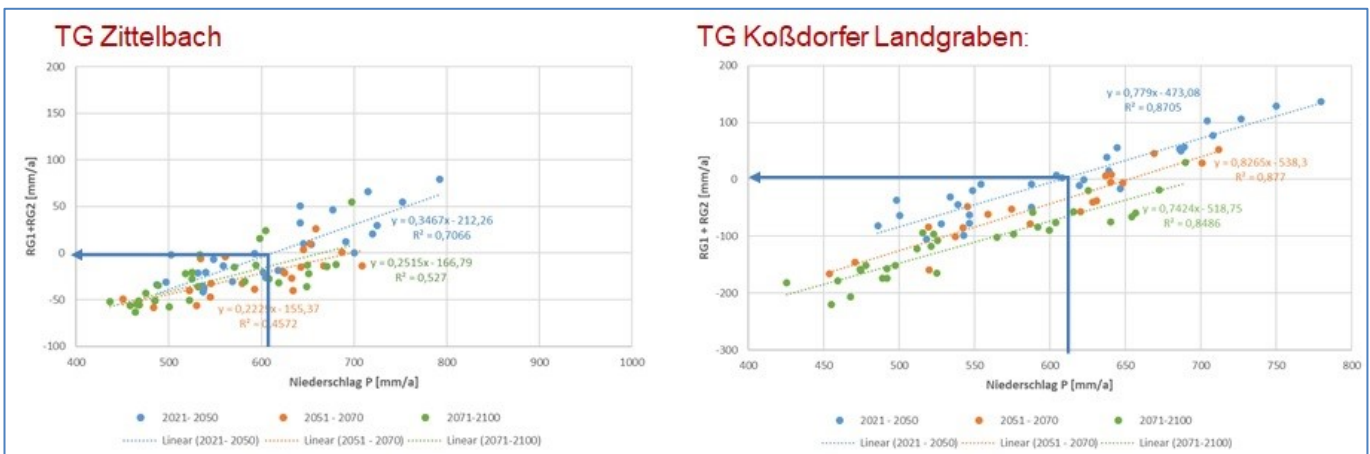


Abbildung 42: Scatterplots für Niederschlag (x-Achse) und RG1+RG2 (y-Achse), Szenario WT 66

Um die konkreten Auswirkungen dieser reduzierten Grundwasserneubildung im Umfeld der Wasserfassung Torgau-Ost ausweisen zu können, bedarf es Variantenberechnungen mit dem Grundwasserströmungsmodell. Wie in Kapitel 4.4.2 erläutert, ist die aktuelle Modellgebietsgröße hierfür nicht ausreichend. Die Wahl der Modellgebietsgrenzen muss sich zukünftig an festen hydraulischen Rändern orientieren, welche auch unter ungünstigen hydrologischen Bedingungen noch ihre Gültigkeit in Bezug auf das Einzugsgebiet besitzen. Das Aussagegebiet muss ausreichend weit von den Modellrändern entfernt sein. Des Weiteren müssen die konkreten Daten der Klimaprojektion für den Elbschlauch vorliegen. Erst dann können die Auswirkungen der reduzierten Grundwasserneubildung im Kontext der Grundwasserentnahmen adäquat ausgewiesen und bewertet werden. Die schon heute vorliegenden Daten der Klimaprojektion deuten darauf hin, dass der Uferfiltratanteil im Förderwasser Torgau-Ost perspektivisch weiter an Bedeutung gewinnen wird.

4.4.7 Bezug zum Grundwasserkörper

Für die Wasserhaushaltskomponenten (langjähriges Mittel) aller KLiWES-Teilgebiete, die im Bereich des GWK Schwarzer Graben lagen, wurde das flächengewichtete Gebietsmittel berechnet. Die Überlappung der Teilgebiete mit dem GWK ist in Abbildung 43 zu sehen. Zusätzlich wurde der linksseitige Teil des Elbeschlauches (grün in Abbildung 43) mit berücksichtigt. Für diesen wurden die Werte der Wasserhaushaltskomponenten aus dem Teilgebiet Koßdorfer Landgraben und Nichtewitzer Graben angesetzt. Die langjährigen Mittel für den GWK Schwarzer Graben sind anhand Tabelle 25 dargestellt. Es zeigt sich ein relativ hoher Anteil der Verdunstung am Gebietsniederschlag (in etwa 87% für den Ist-Zustand, 92% für Klimaszenario WT 66) und dementsprechend ein relativ kleiner Gesamtabfluss im Gebiet. Über die Hälfte

des Gesamtabflusses trägt dabei zur potenziellen Grundwasserneubildung (RG1 + RG2) bei. Diese beträgt in etwa 53 mm/a (Ist, 1965 - 2010) bzw. zukünftig 27 mm/a (WT 66, 2021 - 2100). Es ist zu beachten, dass für das langjährige Mittel des Klimaszenarios WETTREG 66 der Zeitraum bis 2100 betrachtet wird. Im Zeitraum 2021 bis 2050 wird die Grundwasserneubildung etwas höher liegen, jedoch unter dem Wert für den Ist-Zustand.

Tabelle 25: Langjährige Mittelwerte der Wasserhaushaltskomponenten für den GWK Schwarzer Graben (Ist-Zustand, 1965 - 2010 und Klimaszenario WT 66, 2021 - 2100)

	korrigierter Niederschlag P [mm/a]	Reale Verdunstung ER [mm/a]	Schneller GW-Abfluss RG1 [mm/a]	Langsamer GW-Abfluss RG2 [mm/a]	Grundwasserneubildung RG1 + RG2 [mm/a]	Schnelle Abflusskomponente RS [mm/a]	Gesamtabfluss [mm/a]
GWK Schwarzer Graben							
Ist-Zustand (1965 - 2010)	664	579	21	32	53	31	84
WETTREG 66 (2021 - 2100)	635	584	16	11	27	25	52
Abweichung WT 66 / Ist	-4%	+1%	-22%	-65%	-48%	-21%	-38%

Würde die jährliche Summe der Grundwasserentnahmen für den GWK mit einem Wert von ca. 47,9 Mio m³/a bzw. 103 mm/a herangezogen, wäre eine deutliche Überbeanspruchung des Grundwasserdargebots erkennbar. Es gilt hier jedoch zu beachten, dass ein Großteil des für das WW Torgau-Ost entnommenen Grundwassers aus Uferfiltrat der Elbe besteht. Diese konnte aufgrund der Komplexität des Elbesystems in den bisherigen KLIWES-Wasserhaushaltsbetrachtungen nicht mitberücksichtigt werden. Unter Hinzunahme der Durchflusswerte am Elbe-Pegel Torgau zeigt sich, dass die Elbe mit derzeitigen Kennwerten den Bedarf des Wasserwerkes problemlos abdecken kann (Tabelle 26). Quantitative Aussagen zur Entwicklung des Elbeabflussregimes unter Beachtung klimatischer Trends lassen sich ohne Modellanwendung nicht treffen.

Tabelle 26: Gegenüberstellung der Grundwasserentnahmen WW Torgau-Ost – Durchfluss der Elbe

	Elbe, Pegel Torgau Q [m ³ /s]	Elbe, Pegel Torgau Q [m ³ /d]	Q _{mittel} WW Torgau-Ost = 60.480 m ³ /d (gem. FUGRO-HGN 2009)
MNQ	117	10.108.800	0,6%
MQ	336	29.030.400	0,2%

Große Teile des GWK Koßdorfer Landgraben bestehen aus Bereichen des Elbeschlauches, siehe Abbildung 43, sodass auf eine Berechnung der Gebietsmittel für die Wasserhaushaltskomponenten auf GWK-Ebene verzichtet wurde. Das Vorgehen wäre hier jedoch analog zum GWK Schwarzer Graben wie oben beschrieben.

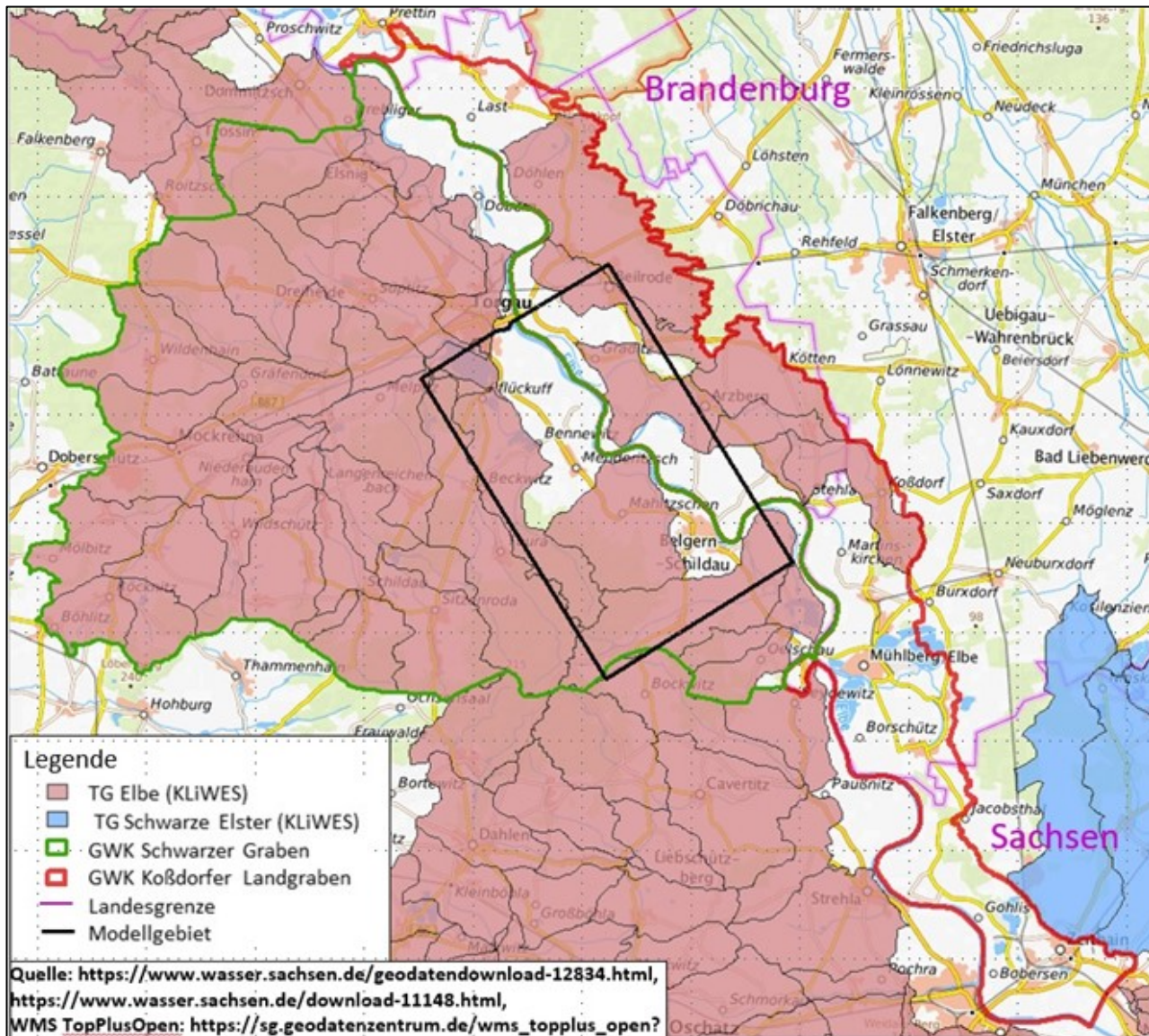


Abbildung 43: Überlappung der GWK mit den Teilgebieten der KLiWES-Modellierung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass

- das Modell mit seinen Abgrenzungen aktuell nicht zur Prüfung des zukünftig möglichen Dargebots beziehungsweise zur Nachweisführung geeignet ist,
- die Modellgrenzen auf der Basis aktueller Daten und unter Berücksichtigung der für die Zukunft projizierten hydrologischen Entwicklung zu prüfen und anzupassen sind,
- die reale Verfügbarkeit der Gewässerinfiltration als Teil des Dargebots zu prüfen ist (z.B. durch Messungen) und die Abbildung im Modell mit entsprechenden Modellansätzen zu berücksichtigen ist (westlicher Modellrand),
- die Berücksichtigung der aktuellen Entnahmen Dritter im Modell fehlt,
- mögliche Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf Schutzgebiete im Einzugsgebiet in FUGRO-HGN (2009) nicht dargestellt sind,
- die Daten der Klimaprojektion für den Elbschlauch für Auswirkungsbetrachtungen noch nicht vorliegen.

Literaturverzeichnis

INTERNATIONAL:

GWRL (2006): Grundwasserrichtlinie (Richtlinie 2006/118/EG)

LÓPEZ MORENO, J.I., WINTERSCHIED, A. (2004): Herausforderungen an die Bewirtschaftung von Wasserressourcen unter globalen Änderungen – Fallbeispiel Yesa Talsperre, Wasser und Abfall 7-8, Juni 2004

WRRL (2000): Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, Richtlinie 2000/60/EG)

NATIONAL:

DVGW (1997): Technische Regeln – Arbeitsblatt W 111, Planung, Durchführung und Auswertung von Pumpversuchen bei der Wassererschließung, Bonn, März 1997

DVGW (2003) Technische Regeln – Arbeitsblatt W 108, Messnetze zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Wassergewinnungsgebieten, Bonn, Dezember 2003

DVGW (2006a): Technische Regel – Arbeitsblatt W 127, Quellwassergewinnungsanlagen – Planung, Bau, Betrieb, Sanierung und Rückbau, Bonn, März 2006

DVGW (2006b): Technische Regel – Arbeitsblatt W 101, Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser, Bonn, Juni 2006

DVGW (2007): Technische Regel – Arbeitsblatt W 126, Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur künstlichen Grundwasseranreicherung für die Trinkwassergewinnung, Bonn, September 2007

DVGW (2008a): Technische Regel – Arbeitsblatt W 115, Bohrungen bei Erkundung, Beobachtung und Gewinnung von Grundwasser, Bonn, Juli 2008

DVGW (2008b): Technische Regel – Arbeitsblatt W 150, Beweissicherung für Grundwasserentnahmen der Wasserversorgung, Bonn, Oktober 2008

DVGW (2008c): Technische Regel - Arbeitsblatt W 410, Wasserbedarf - Kennwerte und Einflussgrößen, Bonn, Dezember 2008

DVGW (2016): Technische Regel – Arbeitsblatt W 107 (A), Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten, Bonn, Februar 2016

DVWK (1982a): Ermittlung des nutzbaren Grundwasserdargebots, 1. Teilband, Schriften 58/1, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Bonn 1982, ISBN 3-490-05897-6

DVWK (1982b): Ermittlung des nutzbaren Grundwasserdargebots, 2. Teilband, Schriften 58/2, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Bonn 1982, ISBN 3-490-05897-6

DWA (2019): DWA-M 590 - Grundsätze und Richtwerte zur Beurteilung von Anträgen zur Entnahme von Wasser für die Bewässerung - Juni 2019; Stand: korrigierte Fassung Oktober 2019

FH-DGG (1999): Fachsektion Hydrogeologie in der Deutschen Geologischen Gesellschaft (Hrsg.). Hydrogeologische Modelle - Ein Leitfaden für Auftraggeber, Ingenieurbüros und Fachbehörden. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft (Heft 10), Hannover, 1999

FH-DGG (2002): Fachsektion Hydrogeologie in der Deutschen Geologischen Gesellschaft (Hrsg.). Hydrogeologische Modelle – Ein Leitfaden mit Fallbeispielen. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft (Heft 24), Hannover, 2002

FH-DGG (2010): Fachsektion Hydrogeologie in der Deutschen Geologischen Gesellschaft (Hrsg.). Hydrogeologische Modelle - Bedeutung des Hydrogeologischen a priori – Wissens. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft (Heft 70), Hannover, 2010

GRWV (2017): Verordnung zum Schutz des Grundwassers vom 09.11.2010, zuletzt geändert am 04.05.2017

LAWA (1982): Grundwasser Richtlinien für Beobachtung und Auswertung Teil 1 – Grundwasserstand (Grundwasserrichtlinie 1/82), Essen, 1982, ISBN 3-88754-005-0

- LAWA (1993) Grundwasser Richtlinien für Beobachtung und Auswertung Teil 3 – Grundwasserbeschaffenheit (Grundwasserrichtlinie 3/93), Essen, 1993, ISBN 3-88754-023-9
- LAWA (2013): Arbeitshilfe zum Ausgangszustandsbericht für Boden und Grundwasser, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) in Zusammenarbeit mit der Bund-/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Fassung vom 07.08.2013 mit redaktionellen Korrekturen Stand 15.04.2015
- LAWA (2017): Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft – Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und strategische Handlungsfelder, Berlin, 07.12.2017, https://www.lawa.de/documents/lawa_auswirkungen_des_klimawandels_auf_die_wasserwirtschaft_1552292350.pdf
- LAWA (2019): Aktualisierung und Anpassung der LAWA-Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasser-rahmenrichtlinie, Teil 3, Kapitel II.1.2 - Grundwasser, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, beschlossen auf der 158. LAWA-Vollversammlung, Jena, 18./19.09.2019
- SIMON, M. (2009): Die Landwirtschaftliche Bewässerung in Ostdeutschland seit 1949 – Eine historische Analyse vor dem Hintergrund des Klimawandels, PIK Report No. 114, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V., Potsdam, September 2009
- BUNDESLÄNDER:
- BAYERN:
- BLW (1995): Leitlinien für die Ermittlung der Einzugsgebiete von Grundwassererschließungen, Materialien Nr. 52, München, Dezember 1995
- BLW (1996a): Leitlinien Wasserschutzgebiete für die öffentliche Wasserversorgung, Materialien Nr. 55, München, April 1996
- BLW (1996b): Die Ermittlung der Grundwassereinzugsgebiete von Trinkwassererschließungen, ausgewählte Fallbeispiele, Materialien Nr. 58, München, Juli 1996
- LFU (2000): Ermittlung der Einzugsgebiete von Grundwassererschließungen, Merkblatt Nr. 1.2/1, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, 23.02.2000, https://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil1_grundwasserwirtschaft/doc/nr_121.pdf
- Regierung von Unterfranken (2010): Wasserversorgungsbilanz Unterfranken 2025, Teil I Bericht, Juli 2010.
- BRANDENBURG:
- LUGV (2011): Hydrogeologische Gutachten zur Neufestsetzung von Wasserschutzgebieten im Land Brandenburg, Hinweise zur Erstellung, Landesamt für Umwelt und Verbraucherschutz, Mai 2011
- MEINERT, N. (2010): Wasserwirtschaftliche Bilanzierung, Auszug aus Löffler, Meinert „Ausgewählte Forschungs- und Erkundungsergebnisse auf dem Gebiet der Hydrogeologie in der DDR“ in „Geschichte der Geowissenschaften der DDR – Teil II“, Schriftenreihe für Geowissenschaften Heft 18/2010
- MLUL (2018): Wasserschutzgebiete im Land Brandenburg, Fortsetzung und Vollzug – Ein Leitfaden des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg, Potsdam, 31.08.2018 https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Leitfaden_Wasserschutzgebiete_2018.pdf
- HESSEN:
- HMUKLV (2019): Leitbild für ein Integriertes Wasserressourcen-Management Rhein-Main, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden, 08.02.2019, https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/leitbild_fuer_ein_integriertes_wasserressourcen-management_rhein-main.pdf

MECKLENBURG-VORPOMMERN:

- LUNG (2011a): Bewertung der Grundwasserressourcen in Mecklenburg-Vorpommern, Methodischer Ansatz, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow, April 2011, https://www.wrri-mv.de/doku/hintergrund/2011_erfassung_grundwasserressourcen.zip
- LUNG (2011b): Erfassung der Grundwasserressourcen Mecklenburg-Vorpommerns, 3. Etappe: Landesweite Bearbeitung – Ausweisung und Klassifizierung der potentiell nutzbaren Ressourcen, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow, Dezember 2011
- LUNG (2012a): Karte Grundwasserressourcen Mecklenburg-Vorpommern 1:250.000, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow, Mai 2012
- LUNG (2012b): Mengenmäßige Bilanzierung der Grundwasserkörper nach WRRL auf Grundlage der im LUNG vorhandenen Daten zu den Grundwasservorräten Reg. Nr. 30.42/12, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow, 11.09.2012
- LUNG (2014): Erläuterung zur Karte Grundwasserressourcen Mecklenburg-Vorpommern vom Mai 2012, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow, Januar 2014
- RPV (2018): Grundwassernutzung im Klimawandel – Ansätze zu einer nachhaltigen Sicherung der regionalen Wasserversorgung, Regionaler Planungsverband Vorpommern, Greifswald, Dezember 2018

NIEDERSACHSEN:

- LBEG (2009): Leitfaden für hydrogeologische und bodenkundliche Fachgutachten bei Wasserrechtsverfahren in Niedersachsen, GeoBerichte 15, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen, Hannover, 17.09.2009, <http://www.lbeg.niedersachsen.de/download/1303>
- LBEG (2010a): Fachliche Grundlagen zur Abgrenzung und Bemessung von Wasserschutzgebieten in Lockergesteinen, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen, Hannover, 26.08.2010, <https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/51154>
- LBEG (2010b): Hydrogeologische und bodenkundliche Anforderungen an Anträge zur Festsetzung von Wasserschutzgebieten für Grundwasser, Geofakten 2, Boden, Wasser, 3. Auflage, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen, Hannover 19.08.2010, <https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/1121>
- LBEG (2014): Verfahrensweise zur Abschätzung des nutzbaren Dargebots von Grundwasserkörpern und seine Aufteilung auf die Teilkörper der unteren Wasserbehörden, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen, Hannover, 25.11.2014, https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/78608/Verfahrensweise_zur_Abschaetzung_des_Nutzbaren_Dargebots_von_Grundwasserkoerpern_und_seine_Aufteilung_auf_die_Teilkoerper_der_unteren_Wasserbehoerden.pdf
- LWK NIEDERSACHSEN (2012): AQUARIUS – Dem Wasser kluge Wege ebnen! Bezirksstelle Uelzen, Fachgruppe 2, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Uelzen, 2012, <https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/6/nav/203/article/12396.html>
- MU NIEDERSACHSEN (2015): Mengenmäßige Bewirtschaftung des Grundwassers – Runderlass des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz vom 29.5.2015 – 23-62011/010, <http://www.nds-voris.de/jportal/?quelle=jlink&query=VVND-282000-MU-20150529-SF&psml=bsvorisprod.psml&max=true>
- WASSERVERBANDSTAG (2013): Trinkwasser. Natürlich. Von hier. 1. Auflage, Wasserverbandstag e.V. Bremen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Januar 2013

SACHSEN:

- BFG (2016A): WASSERKÖRPERSTECKBRIEF GRUNDWASSERKÖRPER OBERE FREIBERGER MULDE, BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE, https://geoportal.bafg.de/birt_viewer/frameset?report=GW_WKSB.rptdesign&navigationbar=false¶m_wasserkoerper=DE_GB_DESN_FM%201, zuletzt aufgerufen am 15.02.2021
- BFG (2016B): WASSERKÖRPERSTECKBRIEF GRUNDWASSERKÖRPER SCHWARZER GRABEN, BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE, https://geoportal.bafg.de/birt_viewer/frameset?report=GW_WKSB.rptdesign&navigationbar=false¶m_wasserkoerper=DE_GB_DESN_EL%202-1, zuletzt aufgerufen am 15.02.2021
- BFG (2016C): WASSERKÖRPERSTECKBRIEF GRUNDWASSERKÖRPER KOßDORFER LANDGRABEN, BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE, https://geoportal.bafg.de/birt_viewer/frameset?report=GW_WKSB.rptdesign&navigationbar=false¶m_wasserkoerper=DE_GB_DESN_EL%202-2, zuletzt aufgerufen am 15.02.2021
- Börke (2020): Grundsatzkonzeption Wasserversorgung 2030, AG 1 Wasserdarangebote, Vortrag 08.01.2020, https://www.gkz-ev.de/files/gkz/daten/pdf/B%C3%B6rke_Grundsatzkonzeption%20Wasserversorgung%202030%20Sachsen-komprimiert.pdf, zuletzt aufgerufen am 10.05.2021
- BRUDER, W., UHLEMANN, S., GAHSCHKE, J. (2010): KARTIERANLEITUNG AKTUALISIERUNG DER BIOTOPKARTIERUNG IN SACHSEN, SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWET, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, DRESDEN, 15.08.2010, <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/13765/documents/15976>
- G.E.O.S (1998): Übersichtsbegutachtung des Grundwasserdarangebots und dessen Nutzung im Zittauer Gebirge unter Berücksichtigung der Grundwassernutzungen auf tschechischem Gebiet, G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 28.04.1998
- G.E.O.S (2018): HYDROGEOLOGISCHES GUTACHTEN ZUR BEMESSUNG DES WASSERSCHUTZGEBIETES FÜR DIE WASSERFASSUNG TAUSCHA, LANDKREIS BAUTZEN, G.E.O.S INGENIEURGESELLSCHAFT MBH, FREIBERG, 22.06.2018
- FUGRO-HGN (2009): Endbericht zum Aufbau eines Grundwasserströmungsmodells für die Wasserfassungen des WW Torgau-Ost, FUGRO-HGN GmbH, Torgau, 29.05.2009
- HATTENHAUER, LORENTZ (1967): Ergebnisbericht Hydrogeologische Vorerkundung Torgau-Ost 1966/67, VEB Hydrogeologie Nordhausen, Nordhausen, 5.10.1967
- HENKE, J., KURTH, U. (1979): Hydrogeologie – Grundwasservorratsermittlung, VEB Hydrogeologie, Nordhausen, 30.04.1978
- HGN (1967): ERGEBNISBERICHT ÜBER DIE HYDROGEOLOGISCHEN VORERKUNDUNGSARBEITEN 1966/67 IM OBJEKT TORGAU-OST 145178, UNVERÖFFENTLICHT, HGN HYDROGEOLOGIE, NIEDERLASSUNG TORGAU, 25.09.1967
- HGN (1976): HYDROGEOLOGISCHER ERGEBNISBERICHT ZUR DETAILERKUNDUNG TORGAU-OST 1974/76, UNVERÖFFENTLICHT, HGN HYDROGEOLOGIE, NIEDERLASSUNG TORGAU, 31.03.1976
- HGN (1992): Hydrogeologisches Gutachten, Nachmodellierung Torgau-Ost 1992, Hydrogeologie GmbH Nordhausen, Niederlassung Torgau, 25.09.1992
- HGN (1996a): Entwurf Hydrogeologischer Bericht Grundwasserdarangebotsprognose für den Regierungsbezirk Leipzig, Band 1: Textteil, Anlage 1 und 7 bis 11, HGN Hydrogeologie, Niederlassung Torgau (federführend), 26.01.1996
- HGN (1996b): Entwurf Hydrogeologischer Bericht Grundwasserdarangebotsprognose für den Regierungsbezirk Leipzig, Band 2: Anlage 2 bis 6, HGN Hydrogeologie, Niederlassung Torgau (federführend), 26.01.1996

- HGN (1996c): Abschlussbericht Grundwasserdargebotsprognose für den Regierungsbezirk Leipzig 1996, Band 1: Textteil, Anlage 1 und 7 bis 11 (Tabellen), HGN Hydrogeologie, Niederlassung Torgau (federführend), 31.05.1996
- HGN (1996d): Abschlussbericht Grundwasserdargebotsprognose für den Regierungsbezirk Leipzig 1996, Band 2: Anlagen 1 bis 3 (Karten), HGN Hydrogeologie, Niederlassung Torgau (federführend), 31.05.1996
- HGN (1996e): Abschlussbericht Grundwasserdargebotsprognose für den Regierungsbezirk Leipzig 1996, Band 3: Anlagen 4 bis 6 (Karten), HGN Hydrogeologie, Niederlassung Torgau (federführend), 31.05.1996
- HGN (2005): ERARBEITUNG EINER METHODISCHEN KONZEPTION ZUR KÜNFTIGEN BEWIRTSCHAFTUNG DER FASSUNGSANLAGEN DES WASSERWERKES TORGAU-OST (GRUNDWASSERMONITORINGSYSTEM), UNVERÖFFENTLICHT, HGN HYDROGEOLOGIE, NIEDERLASSUNG TORGAU, 21.12.2005
- IHU (2017): ERGEBNISBERICHT ZUR KOPPLUNG DER MODELLE REPRO - ARCEGMO-PSCN MIT MODFLOW/MT3D-FL ZUR SIMULATION DER STICKSTOFFAUSBREITUNG UND -FRACHTEN IN DER UNGESÄTTIGTEN UND GESÄTTIGTEN ZONE, PHASE 4, IHU GESELLSCHAFT FÜR INGENIEUR-, HYDRO- UND UMWELTGEOLOGIE MBH, NORDHAUSEN, 20.03.2017
- KRAFT, SEELIGER (1964): Ergebnisbericht über hydrogeologische Untersuchungsarbeiten im Objekt Grundwasser Jahna-Aue 1961 – 63, VEB Geologische Erkundung Süd, Freiberg (Sachsen), 20.07.1964
- KRAFT, W., SCHRÄBER, D. (1982): Grundwasserspendenschlüssel und ihre Anwendung bei der Ermittlung des Grundwasserdargebotes in Festgestein-Grundwasserleitern, Zeitschrift für Angewandte Geologie Band 28, April 1982, Heft 4
- LFULG (2008): Fachkonzept zur Berechnung des Wasserhaushalts für den Fest- und Lockergesteinsbereich in Sachsen mit dem Schwerpunkt Grundwasserhaushalt („Grundwasserhaushalt Sachsen) - Bericht, Dresden, April 2008
- LFULG (2009): Klimawandel und Landwirtschaft – Fachliche Grundlage für die Strategie zur Anpassung der sächsischen Landwirtschaft an den Klimawandel, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, Februar 2009, <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/11581>
- LFULG (2011): Grundwasser – Altlasten – Boden aktuell, Schriftenreihe, Heft 45/2011, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 2011
- LFULG (2014a): Klimawandel und Wasserhaushalt in Sachsen, Schriftenreihe, Heft 32/2014, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 31.07.2014, <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23236/>
- LFULG (2014b): Erdwärmesonden – Informationsbroschüre zur Nutzung oberflächennaher Geothermie, 5. Auflage, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 2014, <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/11868>
- LFULG (2016): Wasserhaushalt im Wandel von Klima und Landnutzung, Schriftenreihe, Heft 8/2016, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 11.04.2016, <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/26146>
- LFULG (2017): Ergebnisbericht Kopplung der Modelle REPRO – ArcEGMO-PSCN mit MODFLOW/MT3D-FL zur Simulation der Stickstoffausbreitung und -frachten in der ungesättigten und gesättigten Zone – Phase 4, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 20.03.2017
- LFULG (2018): Karte Freistaat Sachsen – Gewinnungsanlagen der öffentlichen Wasserversorgung, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Abteilung 4, Referat 43, Bearbeitungsstand 11/2008, https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/download/GA_2018.pdf

- LFULG (2020A): HYDROGEOLOGISCHE SPEZIALKARTE 1:50.000 (HYK 50) - KARTE DER SCHUTZFUNKTION DER GRUNDWASSERÜBERDECKUNG, STAND 01/2020,
<https://www.geologie.sachsen.de/hydrogeologische-karten-27074.html?cp=%7B%22accordion-content-27110%22%3A%7B%22%22%3Atrue%7D%2C%22previousOpen%22%3A%7B%22group%22%3A%22accordion-content-27110%22%2C%22idx%22%3A2%7D%7D>
- LFULG (2020b): Protokoll zur Beratung der AG 1 der Grundsatzkonzeption Wasserversorgung 2030 – „Bilanzierung und Prognose“, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 16.12.2019
- LRA MITTELSACHEN (2015): VERORDNUNG DES LANDRATSAMTES MITTELSACHSEN ZUR FESTSETZUNG DES NATURSCHUTZGEBIETES "GIMMLITZTAL", LANDRASTAMT MITTELSACHEN, FREIBERG, 20.03.2015
- NESTLER, W., GRISCHEK, T., ANDRUSCH, T. (1993): Untersuchungen zur Kolmationszone der Elbe im Fassungsgebiet des Wasserwerkes Torgau-Ost, BMFT-Forschungsprojekt 02 WT 9162/0, Zwischenbericht 1993, Teilbericht 2, Technische Universität Dresden, Institut für Grundwasserwirtschaft, Dresden, 1993
- NOBST, W., SZYMCZAK, P. (1993): Hydrogeologisches Gutachten – Trinkwasserschutzzone für die Fassung Jahna-Aue II und Überarbeitung vorhandener Schutzzone der Fassung Jahna-Aue I, G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH, Freiberg, 18.03.1993
- NOBST, W., SZYMCZAK, P. (1996): Nachtrag zum Hydrogeologischen Gutachten Trinkwasserschutzzone für die Fassung Jahna-Aue II und Überarbeitung vorhandener Schutzzone der Fassung Jahna-Aue I vom 18.03.1993, G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH, Freiberg, 10.04.1996
- PABST (2019): Die Erarbeitung der Grundsatzkonzeption Wasserversorgung 2030 des Freistaates Sachsen – Daseinsvorsorge unter dem Einfluss der Wandelfaktoren, Vortrag bei der BWK-Fachtagung „Daseinsvorsorge!“, Magdeburg, 23.10.2019, http://www.bwk-lsa.de/download/3_Joerg_Pabst_Grundsatzkonzeption_Wasserversorgung_2030.pdf
- SMUL (1996): Runderlass zur Anwendung von § 43 Abs. 6 SächsWG – Gutachten zur Grundwasserbenutzung
- SMUL (2003): HANDLUNGSEMPFEHLUNG ZUR BEWERTUNG UND BILANZIERUNG VON EINGRIFFEN IM FREISTAAT SACHSEN, SÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (SMUL), DRESDEN, JULI 2003, [HTTPS://WWW.NATUR.SACHSEN.DE/EINGRIFFSREGELUNG-HANDLUNGSEMPFEHLUNG-8109.HTML](https://www.natur.sachsen.de/eingriffsregelung-handlungsempfehlung-8109.html)
- SMUL (2012): Grundsatzkonzeption 2020 für die öffentliche Wasserversorgung im Freistaat Sachsen, 1. Auflage, Dresden, 29.10.2012, <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/16614>
- SMUL (2018): Trinkwasserschutzgebiete – Empfehlungen zur Erarbeitung von Fachgutachten zur Bemessung und Ausweisung von Trinkwasserschutzgebieten für Grundwasser und Oberflächenwasser sowie von Heilquellenschutzgebieten, Sächsisches Ministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL), 2. Auflage, Dresden, Februar 2018
- STADT TORGAU (2010): INTEGRIERTES STADTENTWICKLUNGSKONZEPT (INSEK) GROßE KREISSTADT TORGAU, FACHKONZEPT UMWELT, ERARBEITET DURCH DIESTEG, 05.10.2010, http://www.torgau.eu/pdf/insek2010/4_5_umwelt.pdf, ZULETZT AUFGERUFEN AM 24.02.2021
- FWV ELBAUE-OSTHARZ GMBH (2021): WOHER STAMMT DAS ROHWASSER?, <https://www.fwv-torgau.de/trinkwasser/quellen.html>, zuletzt aufgerufen am 16.02.2021
- WÄHNER, M. (2012): HYDROGEOLOGISCHES GUTACHTEN ZUR AUSWEISUNG DES WASSERSCHUTZGEBIETES "GIMMLITZTAL KREIS MITTELSACHSEN KREIS SÄCHSISCHE SCHWEIZ/OSTERZGEBIRGE, FREIBERG, 30.11.2012

SCHLESWIG-HOLSTEIN:

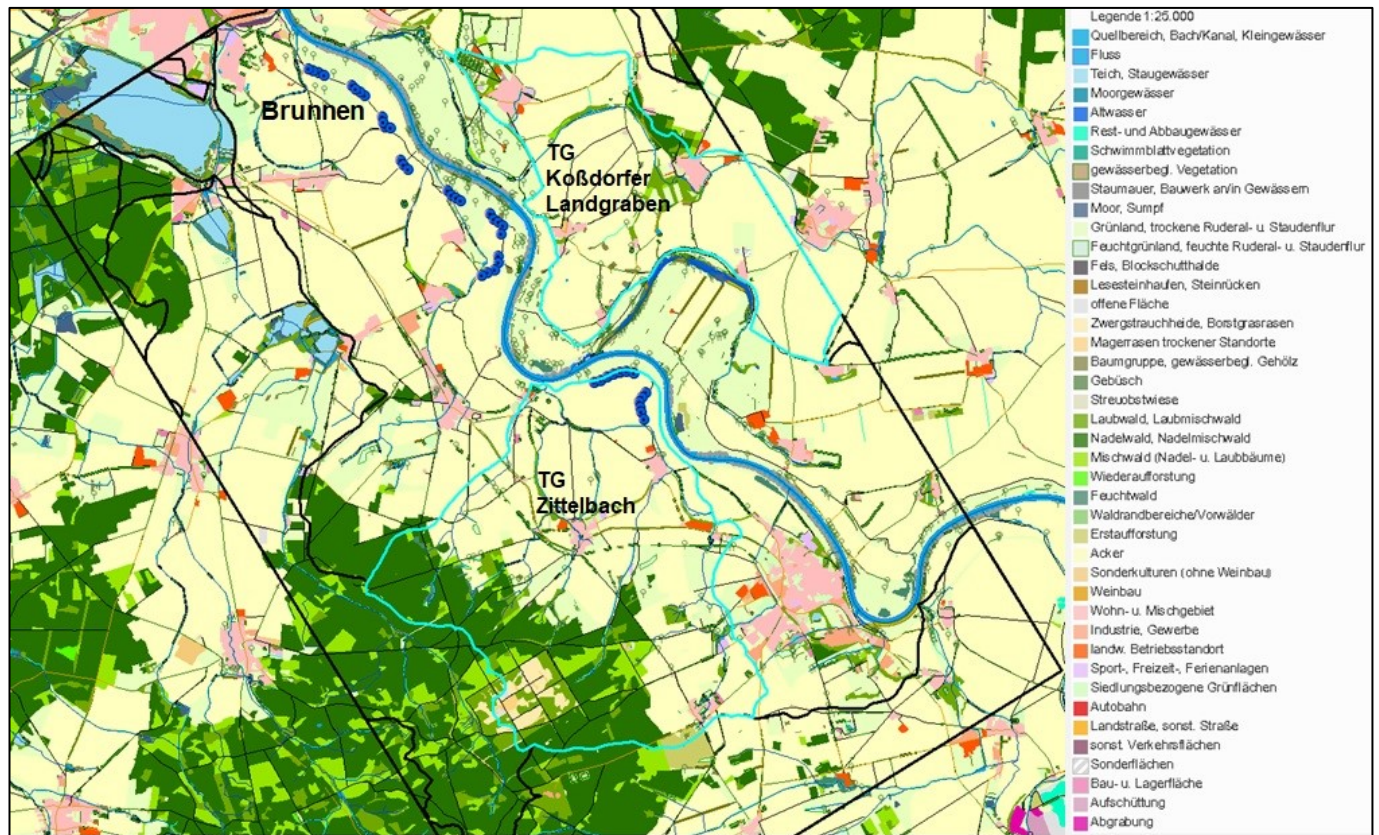
OTTO, R. (2001): Untersuchungsprogramm zur Ermittlung des nutzbaren Grundwasserdargebotes im schleswig-holsteinischen Nachbarraum zu Hamburg, Südwest-Holstein, Fachlicher Abschlussbericht zur Abschätzung der Grundwasserneubildungsrate im wasserwirtschaftlichen Planungsraum Südwest-Holstein, Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Kiel, September 2001, [https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/G/grundwasser/Downloads/Suedwest/Bericht_LWH.pdf? blob=publicationFile&v=1](https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/G/grundwasser/Downloads/Suedwest/Bericht_LWH.pdf?blob=publicationFile&v=1)

LLUR (2002): NUTZBARES GRUNDWASSERDARGEBOT IN SÜDWEST-HOLSTEIN, LANDESAMT FÜR NATUR UND UMWELT DES LANDES SCHLESWIG-HOLSTEIN, FLINTBEK, SEPTEMBER 2002, ISBN 3-923339-79-8

Anhang

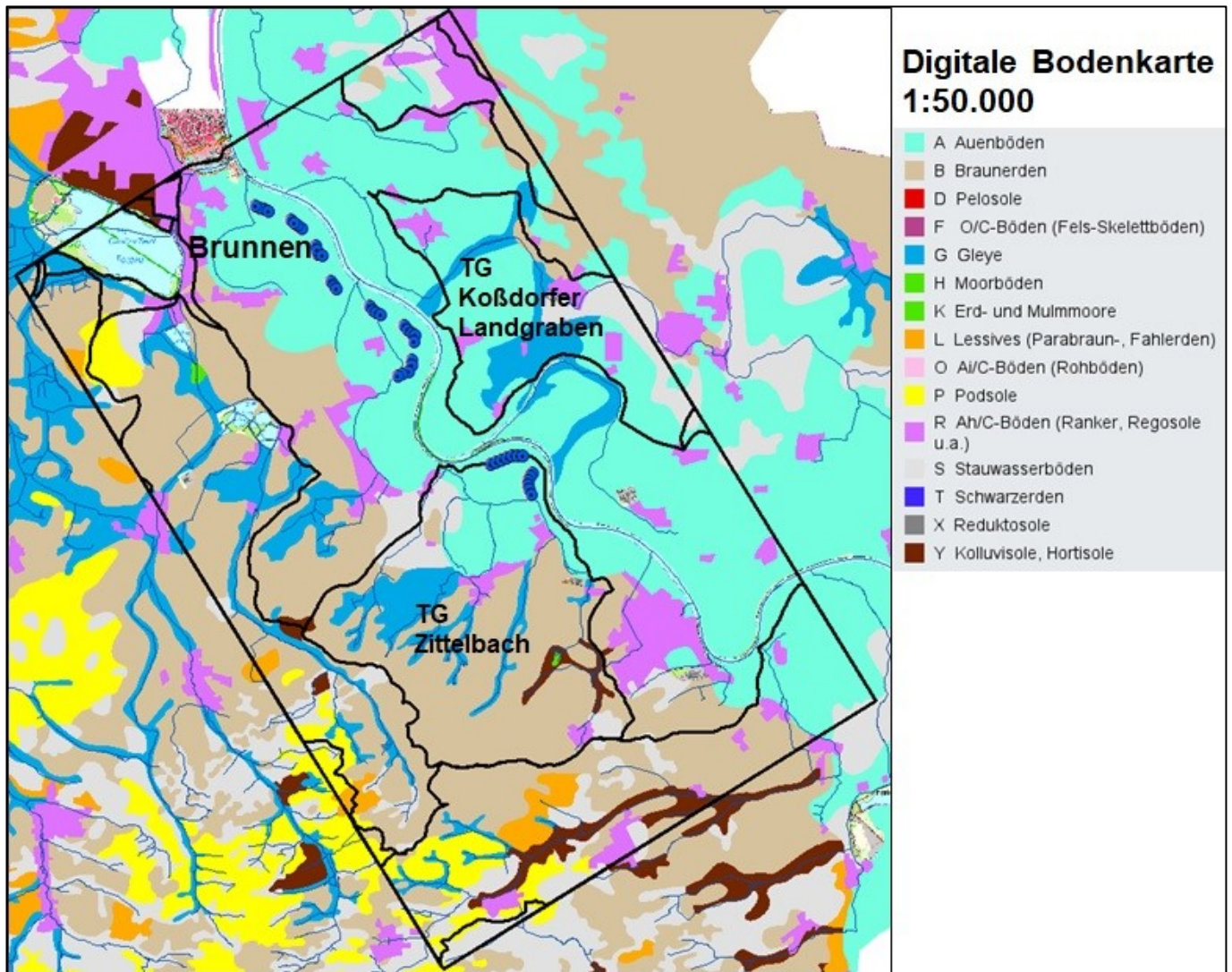
Anhang 1 Gebietseigenschaften Torgau-Ost

Anhang 1.1 Landnutzung



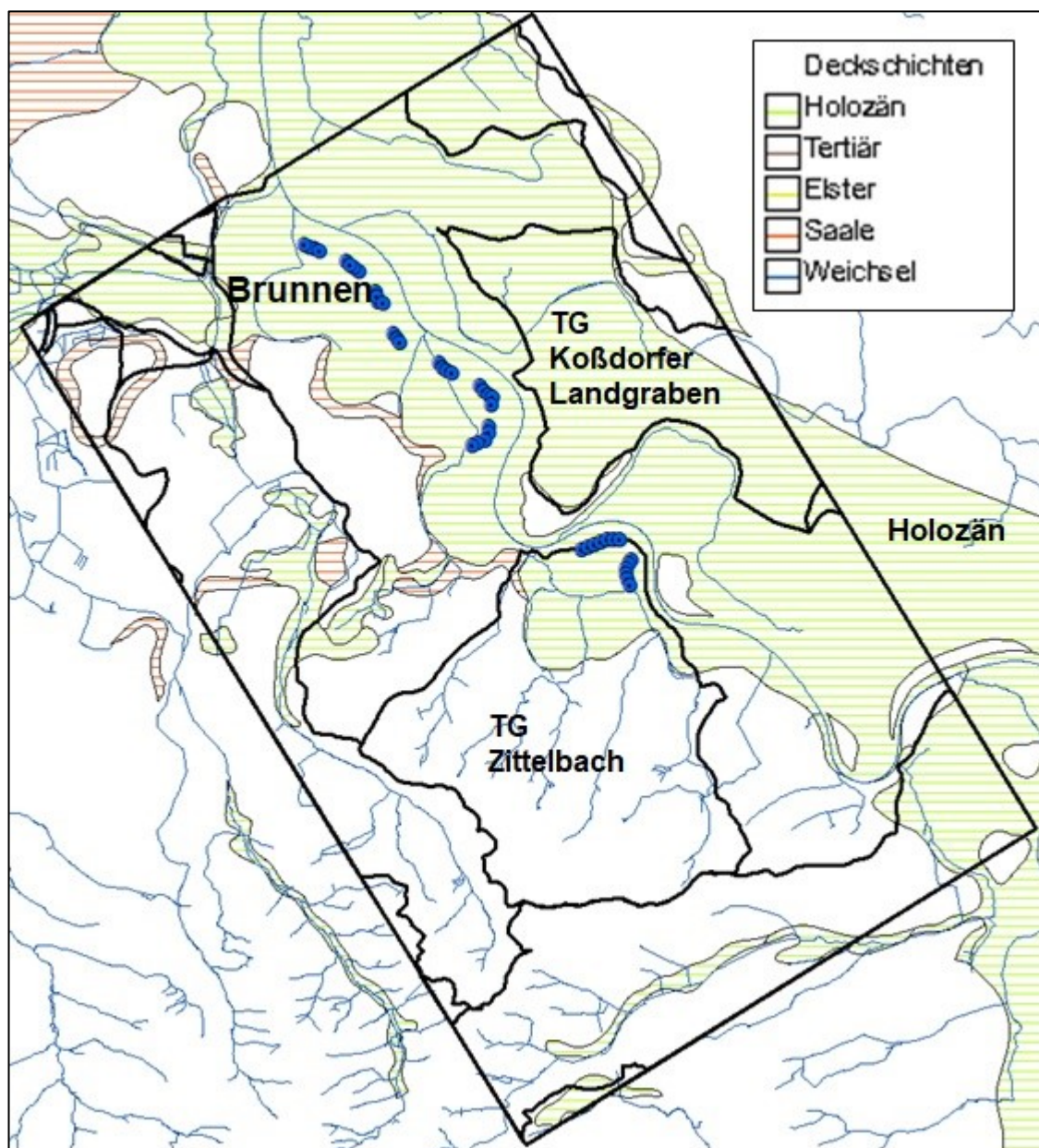
Quelle: <https://geoportal.umwelt.sachsen.de/arcgis/rest/services/natur/btlnk/MapServer>

Anhang 1.2 Bodentyp



Quelle: <https://geoportal.umwelt.sachsen.de/arcgis/services/boden/bk50/MapServer/WMS/Server?>

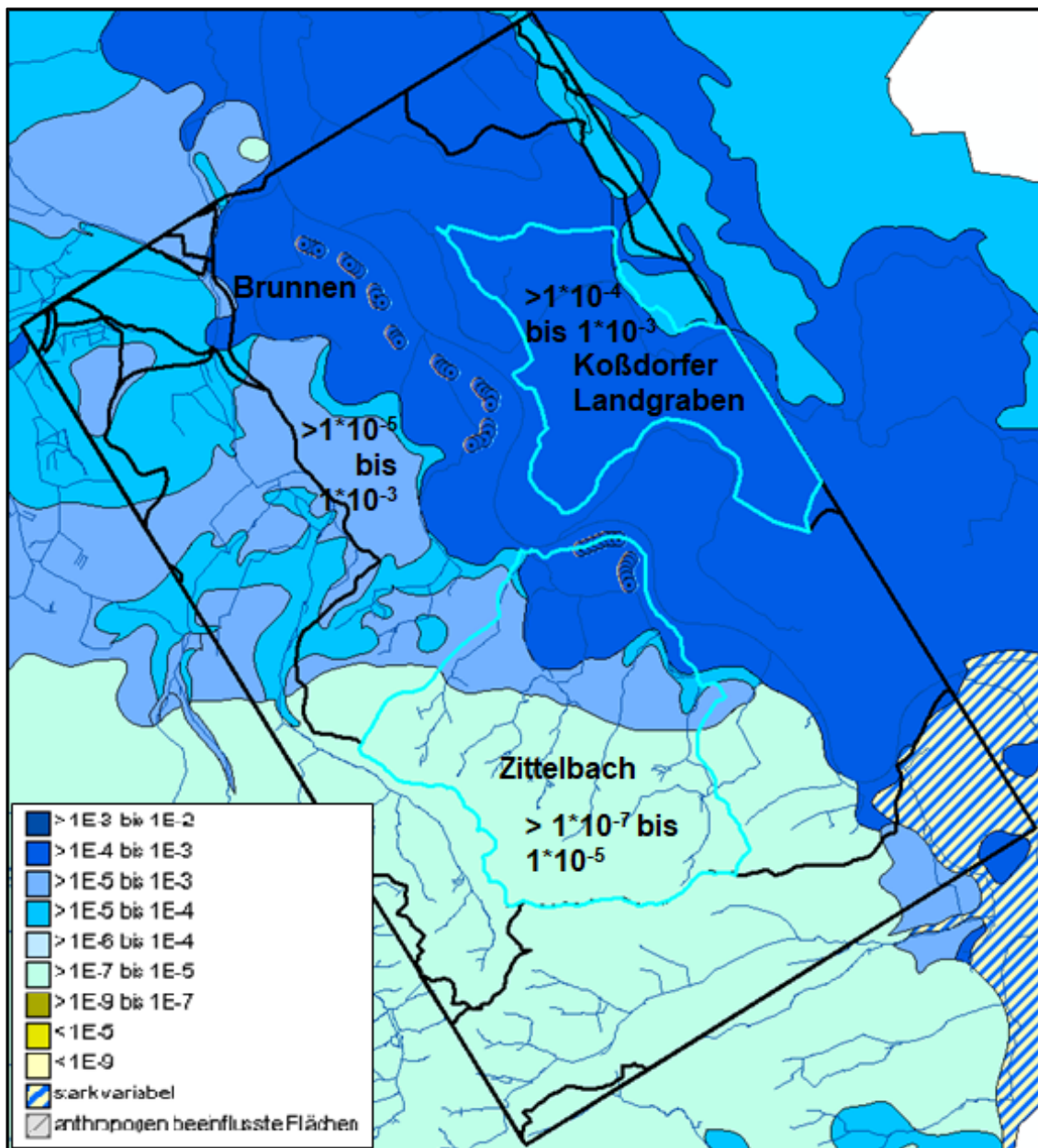
Anhang 1.3 Hydrogeologische Deckschichten



Quelle: <https://geoportal.umwelt.sachsen.de/arcgis/services/geologie/huek/MapServer/WMS/Server?>

Hydrogeologische Übersichtskarte (HÜK 200)

Anhang 1.4 Durchlässigkeit des Grundwasserleiters



Quelle: <https://geoportal.umwelt.sachsen.de/arcgis/services/geologie/huek/MapServer/WMServer?>

Hydrogeologische Übersichtskarte (HÜK 200)

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
(LfULG)

Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden

Telefon: + 49 351 2612-0

Telefax: + 49 351 2612-1099

E- Mail: lfulg@smul.sachsen.de

www.lfulg.sachsen.de

Autoren:

Matthias Beyer, BGD ECOSAX GmbH

Anna-Maria Ertel, BGD ECOSAX GmbH

Tiergartenstraße 48, 01219 Dresden

Katja Eulitz, DHI WASY

Philipp Huttner, DHI WASY

Volmerstraße 8, 12489 Berlin

Redaktion:

Anita Kenner

Abteilung 4/Referat 43 Siedlungswasserwirtschaft, Grundwasser

Zur Wetterwarte 11

01109 Dresden-Klotzsche

Telefon: + 49 351 8928-4302

Telefax: + 49 351 8928-4099

E-Mail: anita.kenner@smul.sachsen.de

Fotos:

Titelseite: Anita Kenner, Wasserwerk Naundorf im Landkreis

Sächsische Schweiz-Osterzgebirge

Redaktionsschluss:

18.08.2021

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

*Täglich für
ein gutes Leben.*

www.lfulg.sachsen.de