



Auswirkungen des Klimawandels auf den Grundwasserhaushalt und damit auf die Sicherung der Wasserversorgung im Landkreis Mittelsachsen unter Beachtung der Anforderungen bestimmter Not- und Krisensituationen

Datum: 22.11.2019

Version: Abschlussbericht

Erstellt durch:

Thüringer Institut für Nachhaltigkeit und
Klimaschutz GmbH

und

JENA-GEOS®-Ingenieurbüro GmbH



Im Auftrag von:

Sächsisches Landesamt für Umwelt,
Landwirtschaft und Geologie



Inhalt

1.	Einführung	- 5 -
2.	Aufnahme des Ist-Zustandes	- 8 -
2.1.	Betrachtungsgebiet Ostrau, Jahnaue	- 8 -
2.1.1.	Hydrogeologische Situation	- 8 -
2.1.2.	Grundwasserstand	- 13 -
2.1.3.	Vorfluter	- 15 -
2.1.4.	Grundwasserbeschaffenheit	- 16 -
2.1.5.	Boden	- 17 -
2.1.6.	Darstellung des Wasserbedarfs.....	- 19 -
2.1.7.	Darstellung oberflächlicher Speichermöglichkeiten	- 20 -
2.2.	Betrachtungsgebiet Rochlitz.....	- 22 -
2.2.1.	Hydrogeologische Situation	- 22 -
2.2.2.	Grundwasserstand	- 24 -
2.2.3.	Vorfluter	- 26 -
2.2.4.	Grundwasserbeschaffenheit	- 26 -
2.2.5.	Boden	- 28 -
2.2.6.	Darstellung des Wasserbedarfs.....	- 30 -
2.2.7.	Darstellung oberflächlicher Speichermöglichkeiten	- 31 -
3.	Wasserwirtschaftsszenarien	- 33 -
3.1.	Klimamodelle	- 33 -
3.2.	Grundwasserneubildung	- 36 -
3.3.	Betrachtungsgebiet Ostrau, Jahna-Aue.....	- 37 -
3.3.1.	Dargebots- und Versorgungsszenarien.....	- 37 -
3.3.2.	Ableitung von Krisenszenarien.....	- 38 -
3.4.	Betrachtungsgebiet Rochlitz.....	- 39 -
3.4.1.	Dargebots- und Versorgungsszenarien.....	- 39 -
3.4.2.	Ableitung von Krisenszenarien.....	- 41 -
3.5.	Rückkopplungseffekte	- 41 -
3.6.	Betroffene Handlungsfelder	- 41 -
3.6.1.	Landwirtschaft.....	- 45 -

3.6.2.	Wald- und Forstwirtschaft	- 46 -
3.6.3.	Fischerei.....	- 48 -
3.6.4.	Biologische Vielfalt	- 50 -
3.6.5.	Bauwesen	- 52 -
3.6.6.	Menschliche Gesundheit.....	- 54 -
3.6.7.	Verkehr und Verkehrsinfrastruktur.....	- 56 -
3.6.8.	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz.....	- 56 -
3.6.9.	Boden	- 58 -
3.6.10.	Tourismus	- 58 -
3.6.11.	Industrie und Gewerbe.....	- 60 -
3.6.12.	Energiewirtschaft.....	- 62 -
3.6.13.	Finanzwirtschaft	- 63 -
4.	Handlungsoptionen	- 63 -
4.1.	Kurzfristige Maßnahmen in Not- und Krisenzeiten.....	- 64 -
4.2.	Beschreibung verschiedener langfristiger Maßnahmen	- 66 -
4.2.1.	Maßnahme: Grundwassermehrung.....	- 66 -
4.2.2.	Maßnahme: Grundwasserqualität	- 68 -
4.2.3.	Maßnahme: Reduktion des Verbrauchs.....	- 71 -
4.2.4.	Maßnahme: Anreizsysteme	- 73 -
4.2.5.	Maßnahme: Diversifizierung	- 73 -
4.2.6.	Abschätzung der Eignung der aufgezeigten Maßnahmen	- 75 -
4.3.	Best-Practice-Beispiele	- 80 -
4.3.1.	Versickerungsprojekt Lüneburger Heide	- 80 -
4.3.2.	Grundwasseranreicherung Hessisches Ried	- 81 -
4.3.3.	Pflanzenkläranlagen	- 82 -
4.3.4.	Wassergut Canitz.....	- 82 -
4.3.5.	Verlustarmes Düngermanagement: NIR-Sensoren.....	- 83 -
4.3.6.	Düngungsminimierung durch regelmäßige Messungen: „Projekt Sellerie“ ..	- 84 -
4.3.7.	Wiederverwendung von Wasser: Projekt MULTI-ReUse	- 85 -
4.3.8.	Verbesserung der Bewässerung in der Landwirtschaft	- 86 -
4.3.9.	Maßnahmenförderungsprogramm des Freistaates Sachsen.....	- 88 -

4.3.10. Maßnahmenprogramm NRW	- 90 -
4.4. Empfehlungen von Maßnahmen	- 91 -
5. Zusammenfassung.....	- 92 -
Literatur.....	- 93 -

1. Einführung

Die extreme Witterung im Jahr 2018 hat einen Vorgeschmack darauf gegeben, was unter einem fortschreitenden Klimawandel zukünftig als „Normal“ angesehen werden muss. Das Niederschlagsdefizit vom Frühjahr bis zum Herbst 2018, einhergehend mit hohen Temperaturen und entsprechend hoher Verdunstung, führte zu bisher unbekanntem flächendeckenden Dürreverhältnissen in Deutschland. In einigen Regionen führten die daraus resultierenden Problemlagen der Grundwasserneubildung zu direkten Auswirkungen auf die Sicherheit der Trinkwasserversorgung und temporären Nutzungsbeschränkungen. Unabhängig von der Extremwitterung im Jahr 2018 wird laut projizierten klimatischen Änderungen für die Untersuchungsräume „Ostrau, Jahnaue“ und „Raum Rochlitz“ mit einem erheblichen Rückgang der Grundwasserneubildung gerechnet (siehe Abbildung 1). Zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit mit Trinkwasser, auch unter zukünftigen klimatischen Bedingungen, wurde in dieser Studie untersucht, wie sich die gegenwärtige Situation in den Untersuchungsgebieten darstellt, mit welcher Entwicklung der Grundwasserneubildung laut Modellen gerechnet wird und welche Maßnahmen zum Erhalt der Versorgungssicherheit auch unter Beachtung der Anforderungen bestimmter Not- und Krisensituationen geeignet sind.

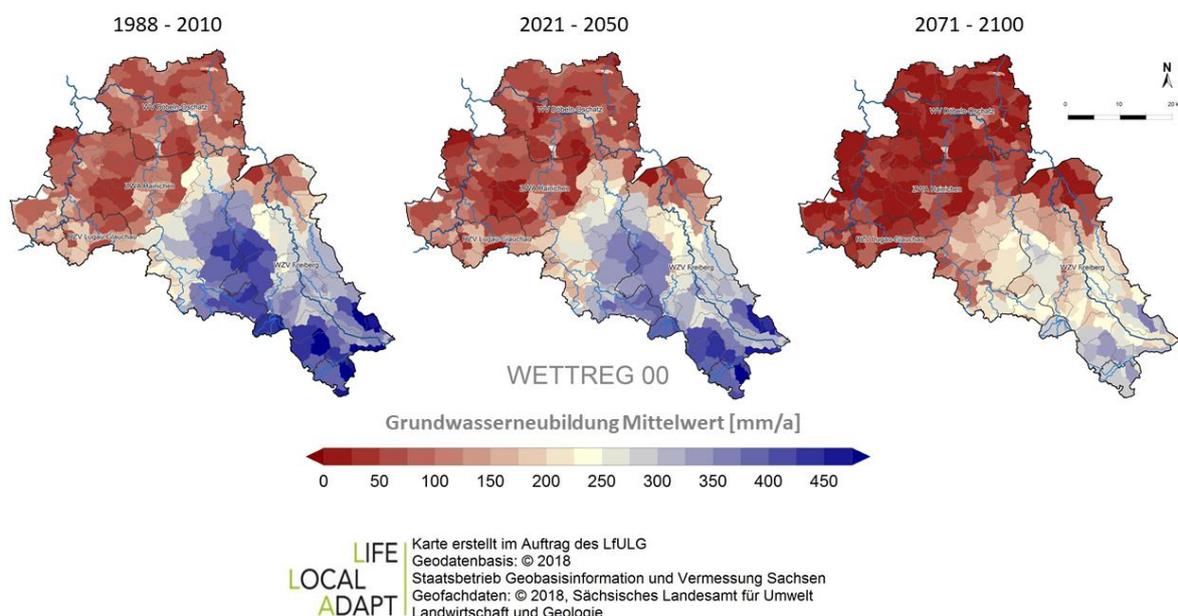


Abbildung 1: Aktuelle und projizierte Grundwasserneubildung in Mittelsachsen

Im Zuge der Bearbeitung hat sich die starke Nitratbelastung des geförderten Grundwassers in beiden Untersuchungsgebieten als Hindernis für eine langfristige Sicherung der Nutzung des lokalen Grundwasservorrates herausgestellt.

Auf der übergeordneten Landesebene wird derzeit an einer *Grundwasserkonzeption Sachsen 2030* in Fortschreibung der *Grundwasserkonzeption Sachsen 2020* (SMUL 2012) gearbeitet,

welche Problematiken, die in den beiden Untersuchungsbioten auftreten, aufgreift und Lösungsansätze des Freistaates Sachsen aufzeigen soll. Nach sachsen.de (2019) heißt es: „Die öffentliche Wasserversorgung ist in Sachsen eine kommunale Aufgabe der Daseinsvorsorge. Das Sächsische Wassergesetz sieht aber auch die Möglichkeit vor, dass entscheidende, elementare Planungsprozesse durch die Abstimmung und Festlegung von wasserwirtschaftlichen Grundsätzen und konkreten Zielen durch den Freistaat gesteuert werden können. Eine solche Grundsatzkonzeption wurde zuletzt im Jahr 2009 erstellt mit dem Planungshorizont bis 2020. Die Grundsatzkonzeption wird aktuell für den Zeitraum bis 2030 fortgeschrieben. Ziel ist es, gemeinsam mit Wasserversorgern, Gemeinden und Wasserbehörden die anstehenden Aufgaben zu sichten, zu bewerten und Handlungsschwerpunkte abzuleiten. Die Grundsatzkonzeption Wasserversorgung 2030 soll im Frühjahr 2020 vorliegen.“

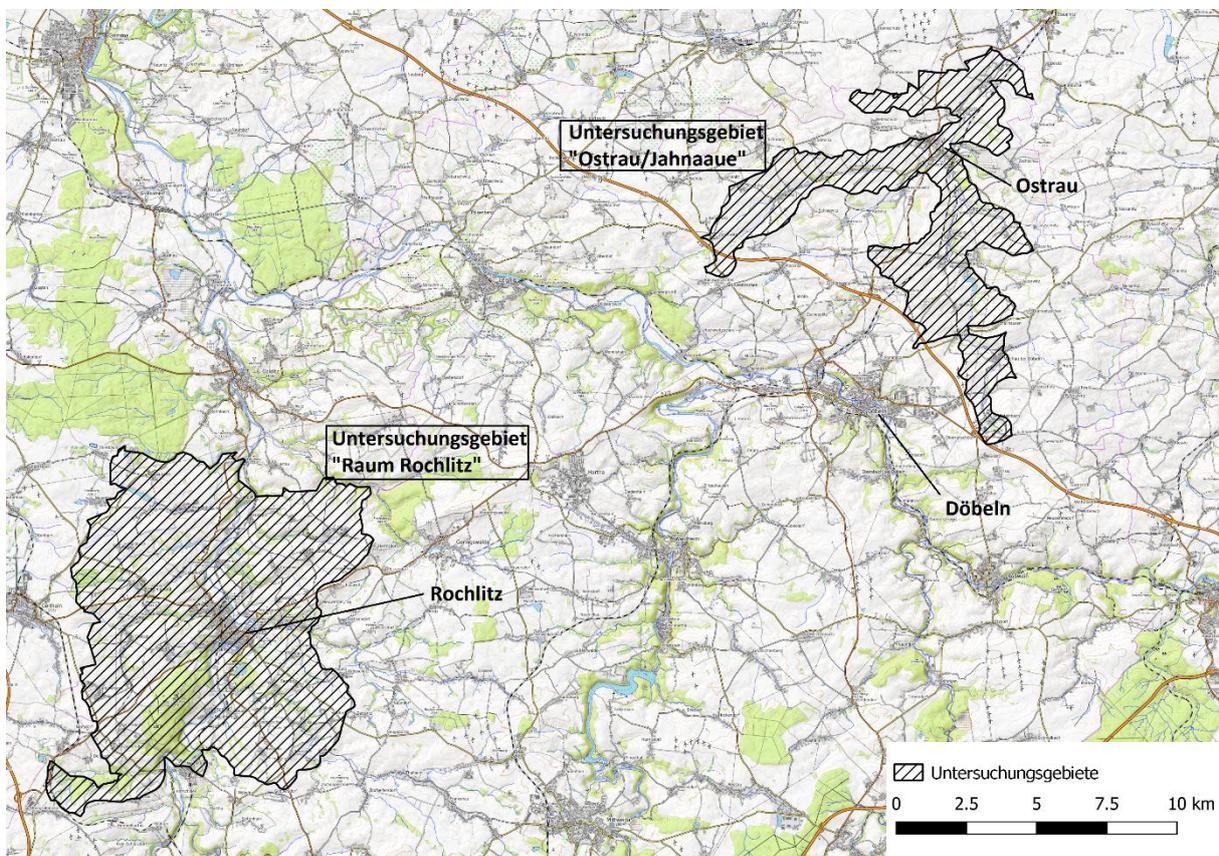


Abbildung 2: Übersicht über die beiden in dieser Studie betrachteten Untersuchungsgebiete

Diese Studie betrachtet zuerst den Ist-Zustand der Trinkwasserversorgung in den Untersuchungsgebieten „Ostrau, Jahnaue“ und „Raum Rochlitz“ (Abbildung 2), beleuchtet anschließend den Einfluss des Klimawandels auf das Grundwasserdargebot und zeigt schließlich Handlungsoptionen unterlegt mit Best-Practise-Beispielen auf.

Beide Untersuchungsgebiete befinden sich im Landkreis Mittelsachsen und umfassen mehrere Gemeinden (Abbildung 3). Das Untersuchungsgebiet Ostrau, Jahnaue gehört zum Wasserverband Döbeln-Oschatz, während das Untersuchungsgebiet Rochlitz vom

Zweckverband Kommunale Wasserver-/Abwasserentsorgung "Mittleres Erzgebirgsvorland"
 Eigenbetrieb Hainichen/Sachsen, im Folgenden kurz ZWA Mittleres Erzgebirgsvorland
 versorgt wird.

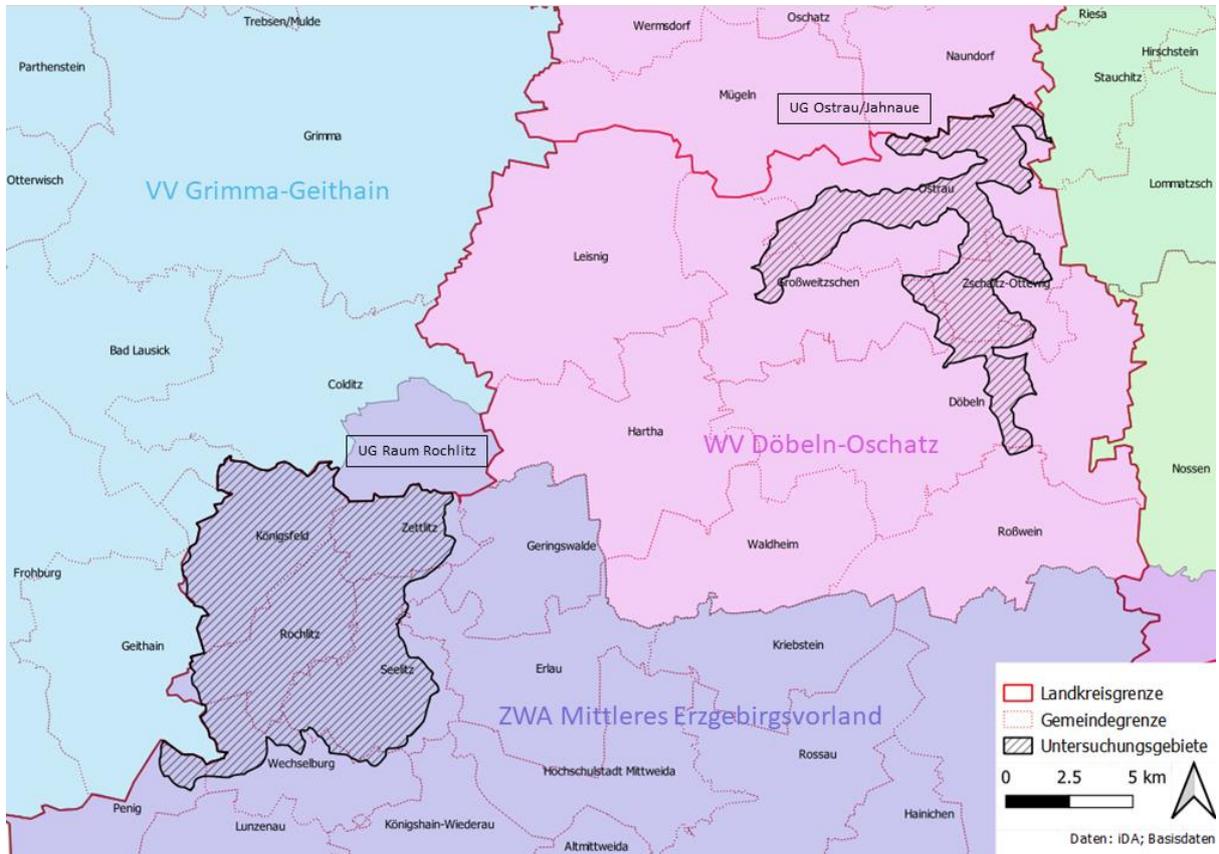


Abbildung 3: Lage der Untersuchungsgebiete mit Landkreis- und Gemeindegrenzen sowie den zugehörigen Wasserversorgern (farbige Markierung)

Alle relevanten Ergebnisse sind in Form von Steckbriefen zusammengefasst (Tabelle 1), um eine kompakte Diskussionsgrundlage zur Verfügung zu stellen:

Tabelle 1: Auflistung der Steckbriefe in diesem Bericht (Anhang)

Kategorie	Steckbrief
Steckbriefe zum Ist-Zustand	Untersuchungsgebiet Ostrau/Jahnaue
	Untersuchungsgebiet Raum Rochlitz
Steckbriefe zu Wasserwirtschaftsszenarien	Klimamodelle und Entwicklung der Grundwasserneubildung
	Projektionen zum Untersuchungsgebiet Ostrau/Jahnaue
Maßnahmensteckbriefe	Projektionen zum Untersuchungsgebiet Raum Rochlitz
	Grundwassermehrung
	Grundwasserqualität
	Reduktion des Verbrauchs
	Anreizsysteme
	Diversifizierung
	Notversorgung

2. Aufnahme des Ist-Zustandes

2.1. Betrachtungsgebiet Ostrau, Jahnaue

2.1.1. Hydrogeologische Situation

Der hydrogeologische Untergrund im Betrachtungsgebiet Ostrau besteht aus präquartären Festgesteins- und quartären Lockergesteinsgrundwasserleitern. Die Festgesteine werden dabei in 3 Teilbereiche untergliedert – das Nossen-Wilsdruffer Schiefergebirge im Südosten, die Mügelter Mulde im Norden und den Nordsächsischen Vulkanitkomplex (Abbildung 4).

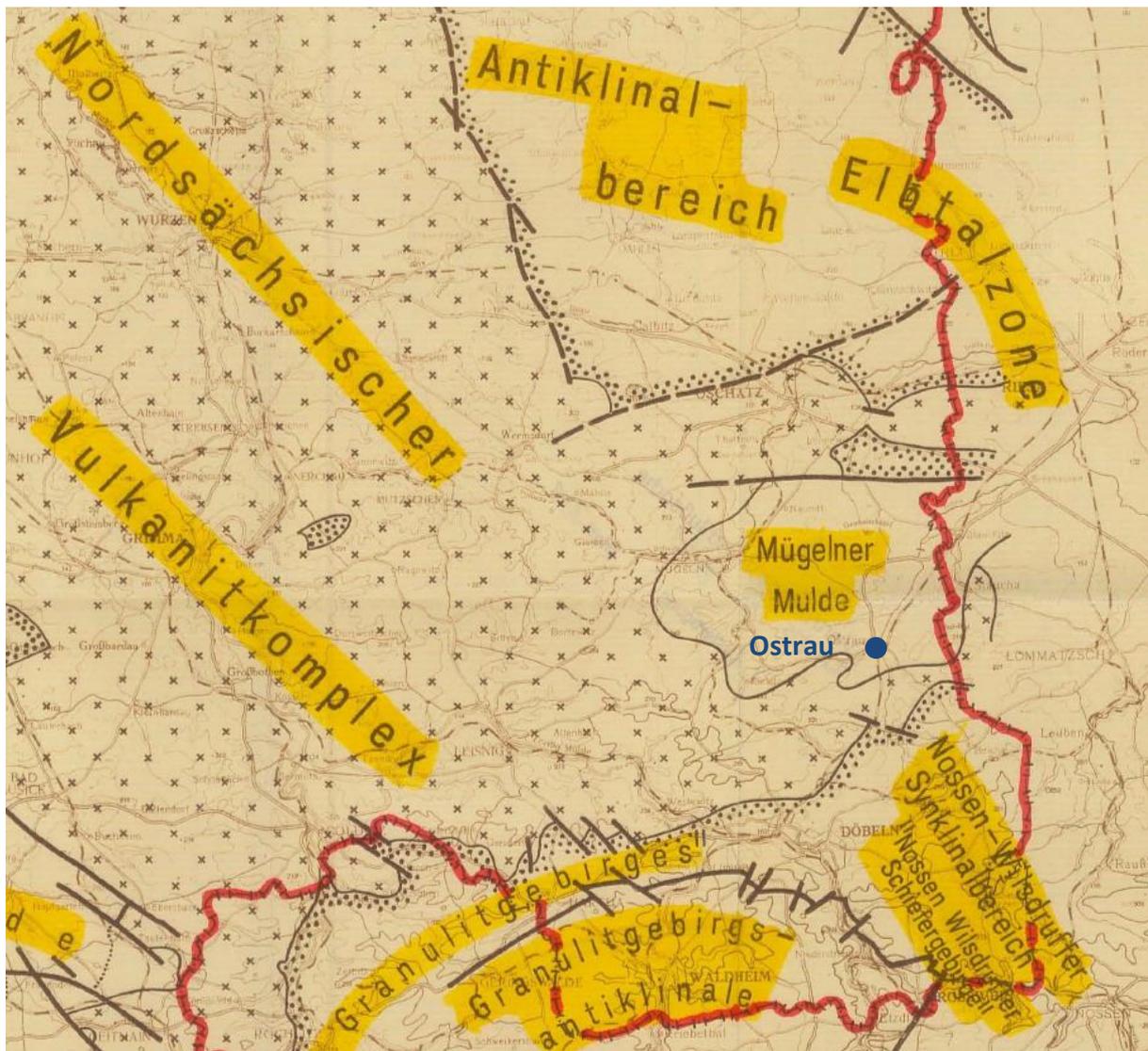


Abbildung 4: Übersichtskarte der regionalen, hydrogeologischen Einheiten der Festgesteinsprovinz. Quelle: VEB Hydrogeologie Nordhausen (1983)

Festgesteinsgrundwasserleiter

Die 3 Teilbereiche des Festgesteins unterscheiden sich im Alter und der Lithologie und damit auch in der hydrogeologischen Bedeutsamkeit deutlich voneinander (Abbildung 5).

Die Einheiten des Nossen-Wilsdruffer Schiefergebirges im südlichen bis südöstlichen Teil des Betrachtungsgebietes werden zeitlich in das Ordovizium bis Devon eingeordnet. Im Wesentlichen besteht dieses Teilgebiet aus Tonschiefern und Phylliten. Diese wenig klüftigen Gesteine zeichnen sich durch eine äußerst geringe Grundwasserführung aus und verwittern lehmig-tonig, was eine sehr geringe Grundwasserneubildung zur Folge hat. Der Teilbereich des Nossen-Wilsdruffer Schiefergebirges ist dadurch ohne relevante hydrogeologische Bedeutung.

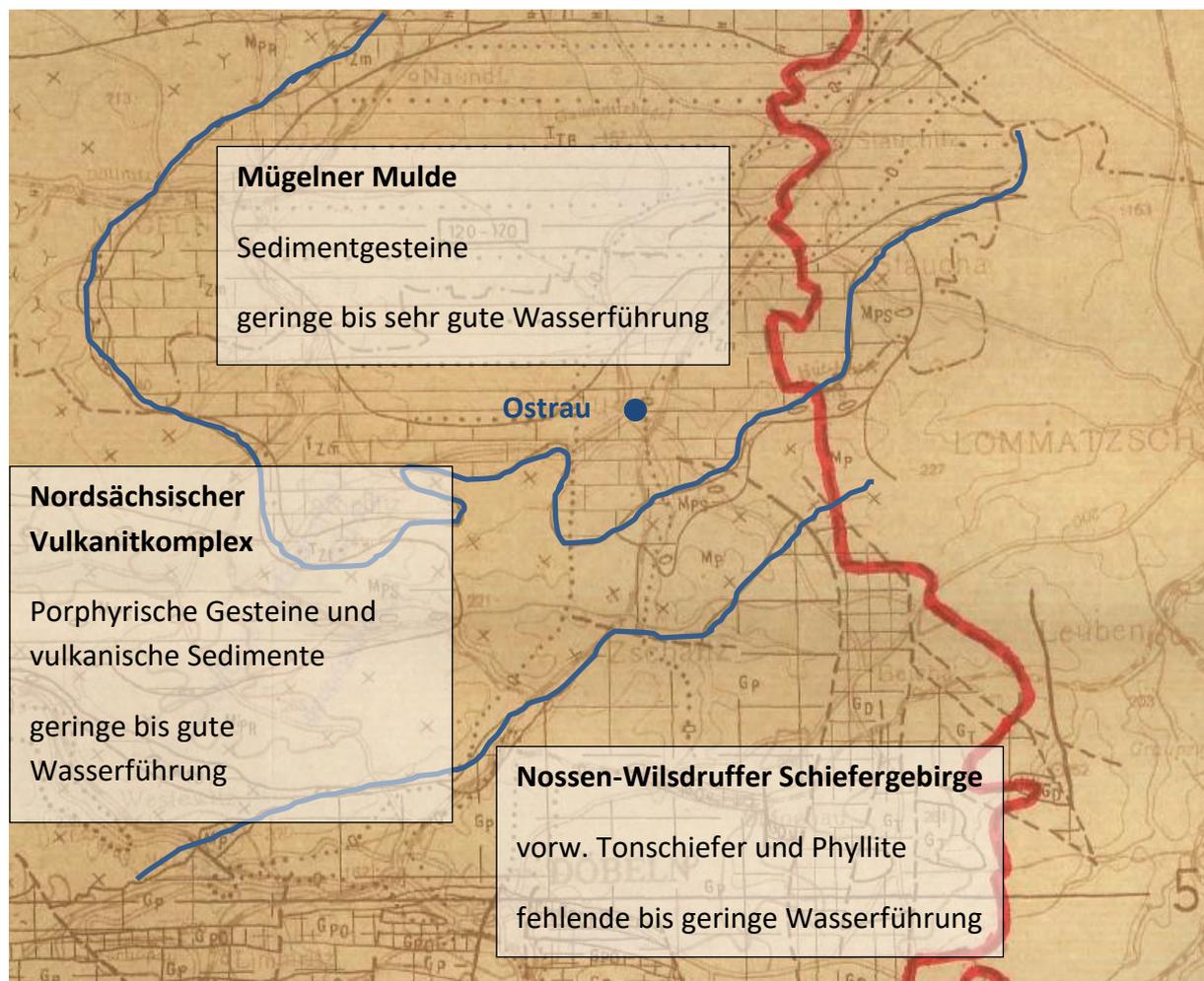


Abbildung 5: Hydrogeologische Karte des Festgesteins. Quelle: VEB Hydrogeologie Nordhausen (1983)

Die porphyrischen Molassegesteine des Nordsächsischen Vulkanitkomplexes sind zwischen den Sedimentgesteinen der Mügelter Mulde und den metamorphen Gesteinen des Nossen-Wilsdruffer Schiefergebirges sowie westlich davon verbreitet. Die im Rotliegend entstandenen Porphyridecken werden häufig von wechselhaften pyroklastischen und limnisch-fluviatilen Sedimenten getrennt. Im Betrachtungsgebiet ist der bis zu 400 m mächtige Rochlitzer Quarzporphyr dominant. Aufgrund der teils tiefgreifenden Verwitterung (Vergrusung) weisen die porphyrischen Molassegesteine eine geringe bis mäßige Wasserführung auf, wobei sich der Rochlitzer Quarzporphyr und seine dazugehörigen Sedimentfolgen durch eine erhöhte Wasserführung auszeichnen.

Den jüngsten Festgesteinskomplex bilden die sedimentären Füllungen der Mügelter Mulde aus dem Permomesozoikum. Diese Muldenstruktur wird im Westen, Süden und Osten vom Nordsächsischen Vulkanitkomplex und im Norden von der Lausitzer Überschiebung begrenzt. Im Wesentlichen wird die Mügelter Mulde durch Sedimentgesteine des Zechsteins, welche am Rand ausstreichen, und des Unteren Buntsandsteins im zentralen Teil geprägt. Die bis zu 50 m mächtigen Einheiten des Buntsandsteins bestehen aus einer Wechsellagerung von Sand-, Schluff- und Tonsteinen und besitzen eine bis zu 25 m mächtige sandig-konglomeratische Basis. Die Gesteine des Zechsteins sind bis zu 130 m mächtig. Sie werden durch Wechsellagerungen von Sand-, Schluff- und Tonsteinen, eingeschalteten Gips- und Anhydritlagen sowie mehrere 10er m mächtige Dolomitlagen geprägt. Hauptgrundwasserleiter der Mügelter Mulde sind die Einheiten des Buntsandsteins und der stark geklüftete Plattendolomit (etwa 23 bis 28 m Mächtigkeit) des Zechsteins.

Lockergesteinsgrundwasserleiter

Der tiefere quartäre Grundwasserleiter besteht aus pliozänen bis frühelsterglazialen Schottern des ehemaligen Laufes der Zschopau (Abbildung 6). Nachgewiesen sind diese erst nördlich von Ostrau, der Verlauf südlich wird vermutet. Die durch Bohraufschlüsse belegte Mächtigkeit beträgt dabei im nördlichen Verbreitungsgebiet mehr als 10 m.

Der wasserwirtschaftlich bedeutsamste Grundwasserleiter im Betrachtungsgebiet Ostrau sind die glazifluviatil abgelagerten Schotter des Saale-Glazials – GWL 1.5 und 1.2 (Abbildung 7). Die Saaleschotter sind im Betrachtungsgebiet zwischen 10 und 30 m mächtig. Zum Hangenden und Liegenden werden sie durch teils mehrere Meter mächtige Geschiebe- und Lösslehmablagerungen bzw. Auensedimente abgegrenzt, wobei in der rezenten Flussaue der Jahna Verbindung zur Vorflut bestehen können. Abbildung 8 zeigt einen schematischen geologischen Schnitt durch Döbeln.

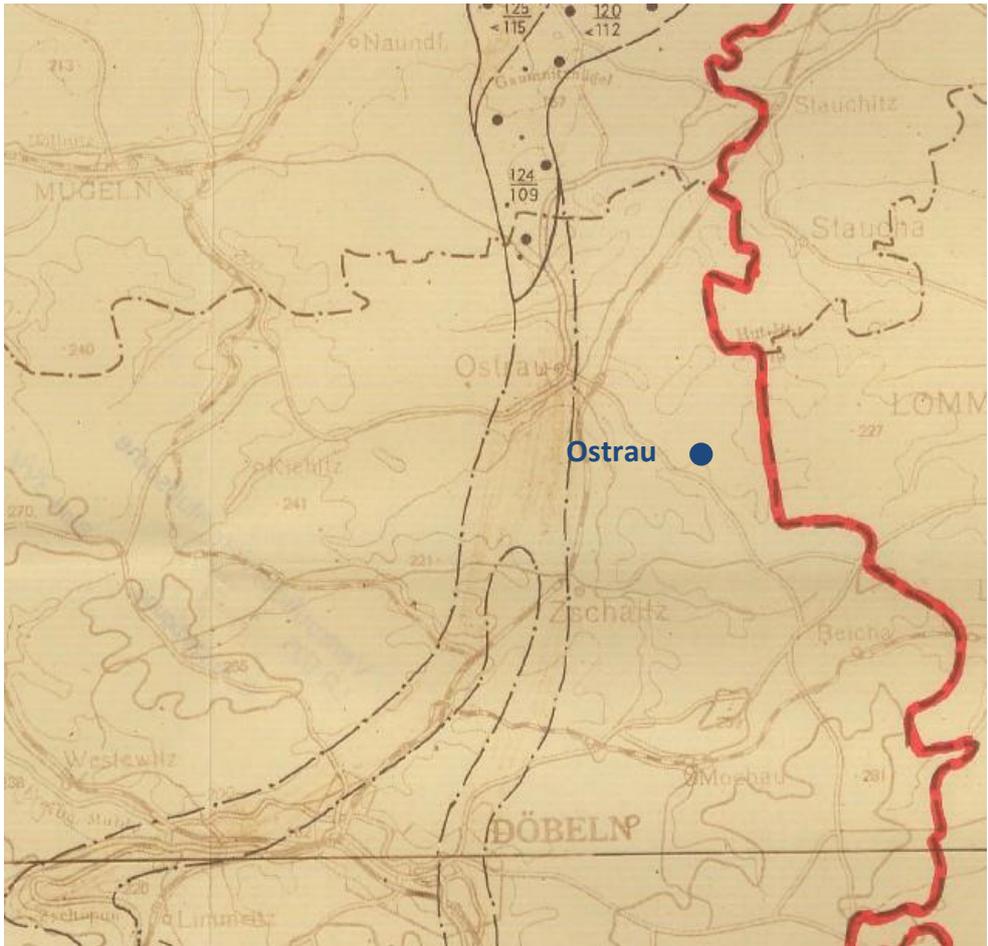


Abbildung 6: (Früh-)Elsterglaziale bis pliozäne Schotter (tiefere quartäre Grundwasserleiter) Quelle: VEB Hydrogeologie Nordhausen (1983)

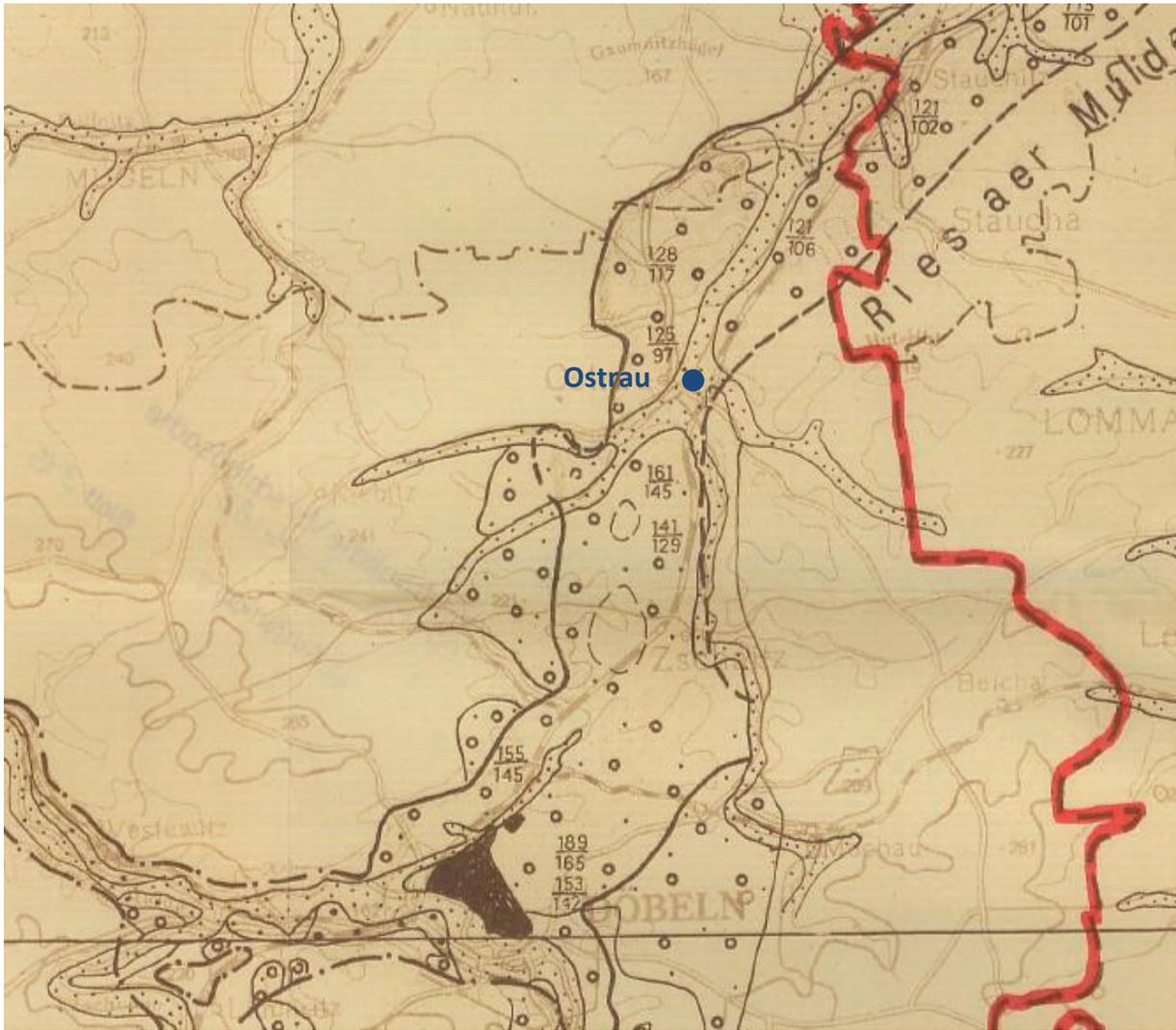


Abbildung 7: Holozäne Auensediment und Saale-Schotter (obere quartäre Grundwasserleiter). Quelle: VEB Hydrogeologie Nordhausen (1983)

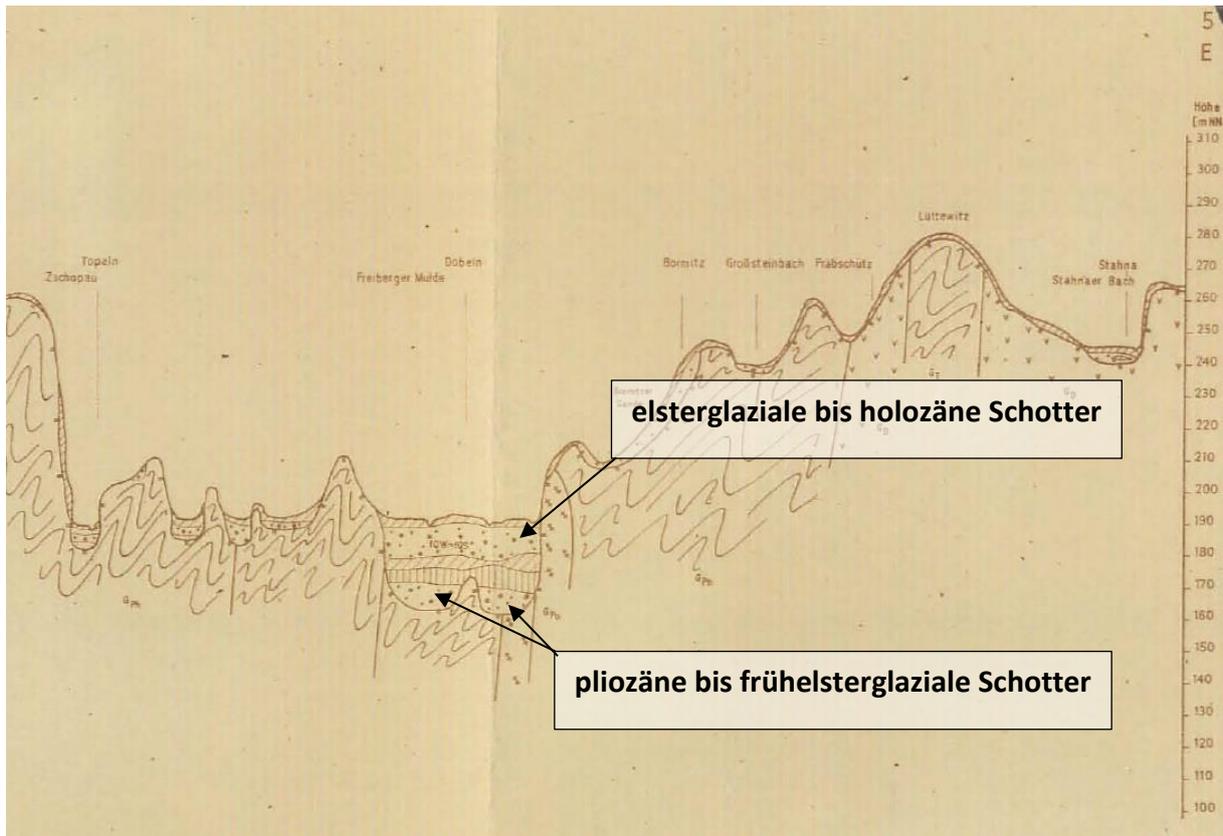


Abbildung 8: Schematischer geologischer Schnitt durch die Niederung der Freiberg Mulde bei Döbeln. Quelle: VEB Hydrogeologie Nordhausen (1983)

2.1.2. Grundwasserstand

Abbildung 9 zeigt den langjährigen Gang der Grundwasserstände an den Grundwassermessstellen Stauchitz (1919-2019) und Ostrau (1970-2019), welche beide im oberen Grundwasserleiter ausgebaut sind. Beide Grundwassermessstellen zeigen über den Zeitraum von 50 bzw. 100 Jahren Schwankungen im Bereich von lediglich 1,5 m. Dies weist auf einen stabilen, vorflutgesteuerten Grundwasserspiegel hin. Ein langjähriger Trend ist derzeit nicht ableitbar. Unter den bisherigen klimatischen Bedingungen können die Grundwasserstände auch über längere Feuchte- und Trockenperioden als stabil angesehen werden.

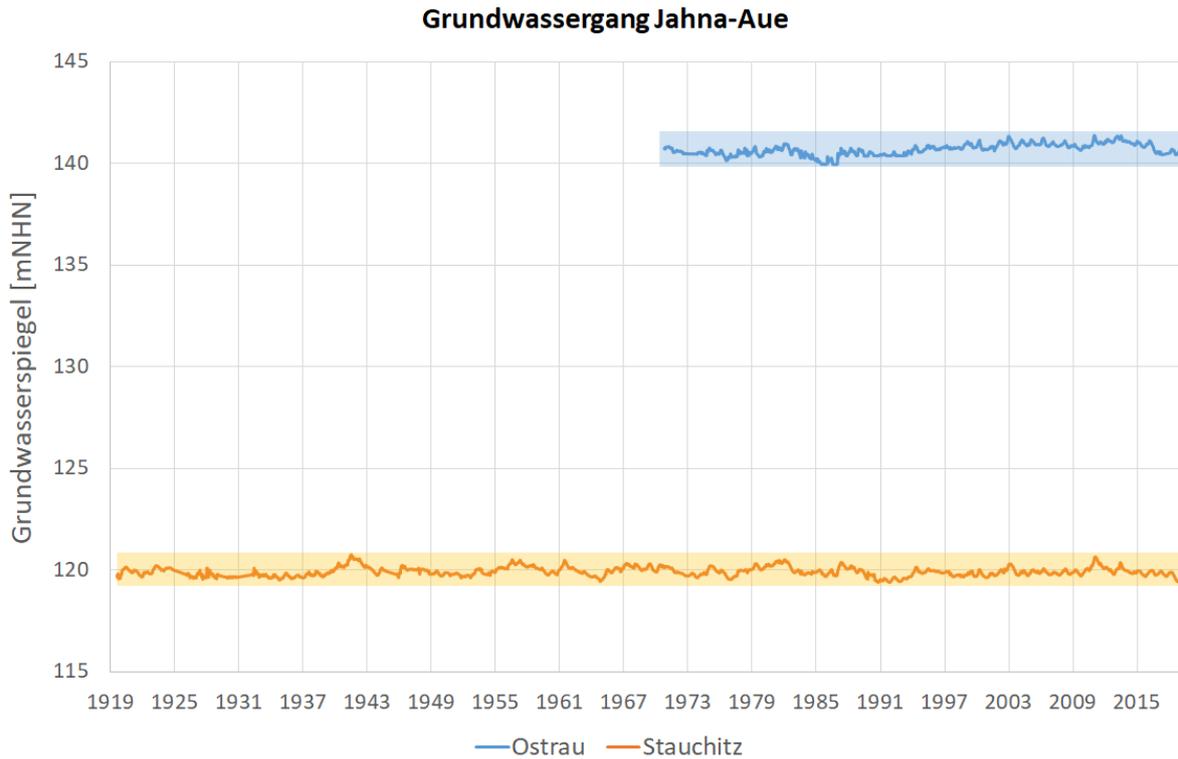


Abbildung 9: Langjähriger Gang der Grundwasserstände an den Grundwassermessstellen Stauchitz (1919-2019) und Ostrau (1970-2019). Daten: iDA 2019. Hinterlegt ist jeweils der Schwankungsbereich

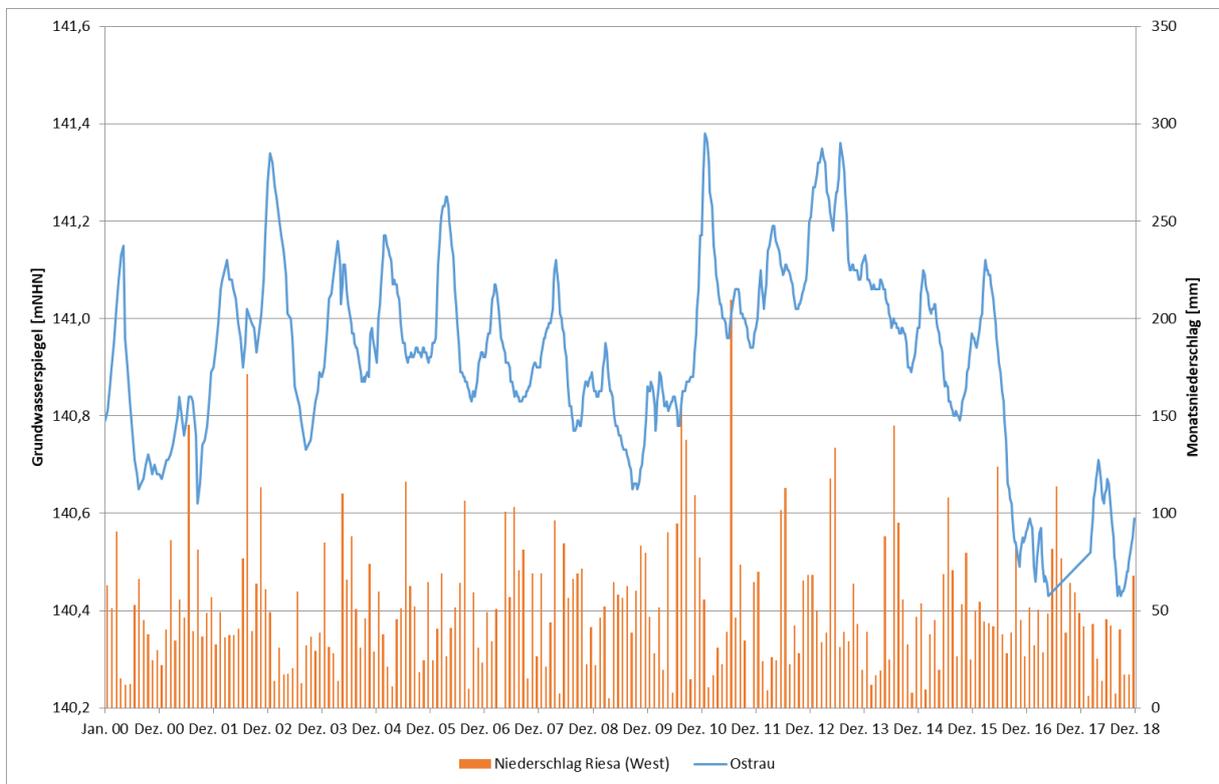


Abbildung 10: Vergleich der Grundwasserganglinie des Messpunktes Ostrau mit den Monatsniederschlägen der Station Riesa (West) von 2000 bis 2018

In Abbildung 10 sind der Grundwasserspiegel des Messpunktes Ostrau und der Monatsniederschlag der Messstation Riesa (West) von 2000 bis 2018 dargestellt. Erkennbar ist eine gute, direkte Korrelation zwischen Monaten bzw. Perioden mit hohen oder niedrigen Niederschlägen und dem entsprechenden Anstieg bzw. Abfall des Grundwasserspiegels. Die Reaktionszeit beträgt, je nach Sättigung des Bodens, Dauer und Höhe des Niederschlages wenige Stunden bis wenige Tage.

Abbildung 11 zeigt das Untersuchungsgebiet mit den Hydroisohypsen. Die Fließrichtung des Grundwassers ist dabei im Allgemeinen hin zum Vorfluter bzw. im Auenbereich des Vorfluters selbst parallel zu dessen Fließrichtung. Daraus ergibt sich die Hauptfließrichtung parallel zur Fließrichtung der Jahna, also Richtung Nord bis Nordnordost. Im Einzugsgebiet der Kleinen Jahna ist die Hauptfließrichtung Nordost bis Ost bis diese in die Jahna mündet.

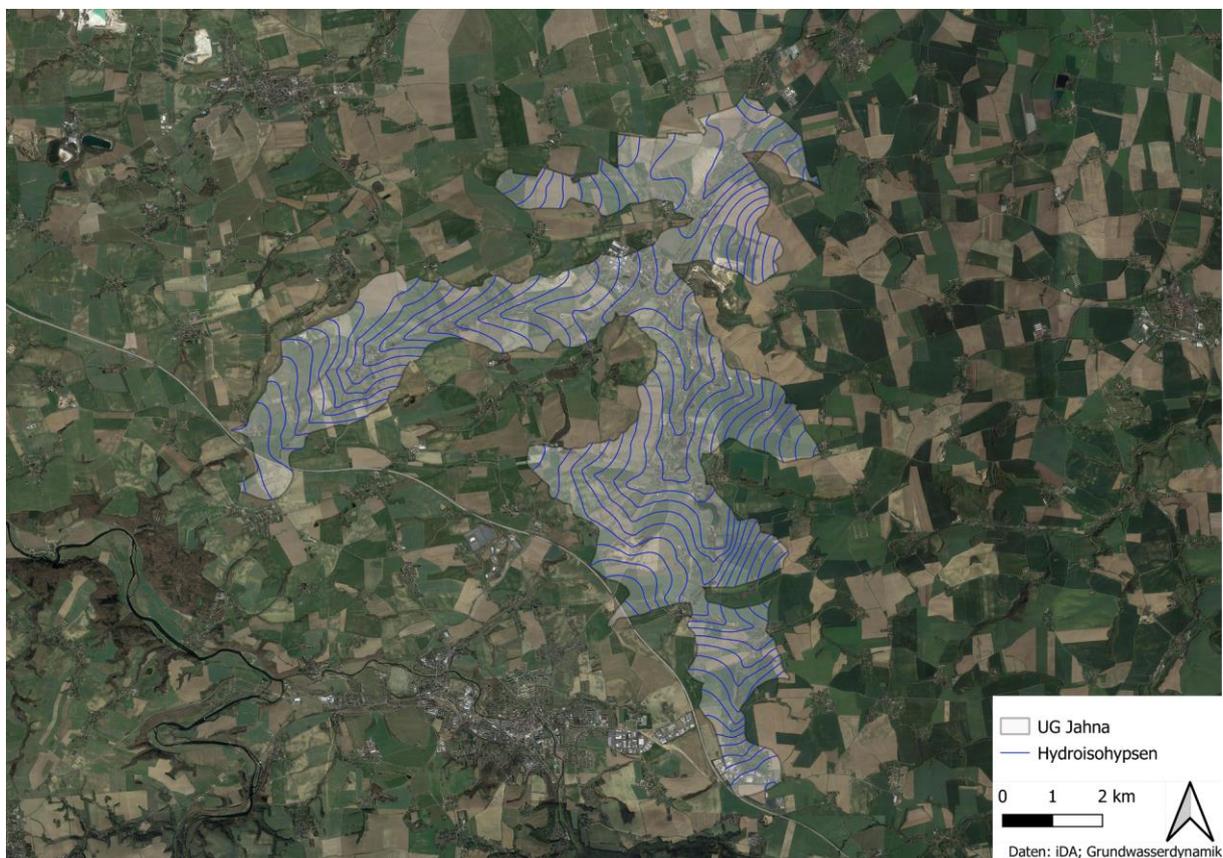


Abbildung 11: Hydroisohypsen des Untersuchungsgebietes

2.1.3. Vorfluter

Im Betrachtungsgebiet der Jahna-Aue ist die Jahna der Hauptvorfluter. Entsprechend der geringen Schwankungsbreiten der Grundwasserganglinien stehen der Hauptgrundwasserleiter der Jahna-Aue – die elsterzeitlichen bis holozänen Sande und Kiese – und der Hauptvorfluter in Kontakt zueinander (vorflutgesteuerter Grundwasserleiter). Da

es im Betrachtungsgebiet keine Wasserfassungen des Uferfiltrates, sondern des Grundwasserleiters gibt, ist dem Vorfluter keine größere Bedeutung bei der Wasserversorgung beizumessen. Auch wenn Vorfluter und Hauptgrundwasserleiter in direktem Kontakt zueinander stehen, ist von einer Speisung des Vorfluters durch den Grundwasserleiter auszugehen. Bei einer angenommenen Verringerung der Grundwasserneubildung ist somit auch eine Verringerung der Speisung des Vorfluters anzunehmen.

2.1.4. Grundwasserbeschaffenheit

Der Problemschwerpunkt der Grundwasserbeschaffenheit im Betrachtungsgebiet der Jahna-Aue ist die Nitratbelastung. Wie in Abbildung 12 dargestellt wird, zeigt das oberflächennahe Grundwasser oftmals bereits stark erhöhte Nitrat-Konzentrationen, welche den Grenzwert der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) von 50 mg/l zum Teil deutlich überschreiten. Diese flächenhafte Überhöhung der Nitratkonzentration schränkt die räumliche und mengenmäßige Nutzbarkeit des Hauptwasserleiters stark ein, weshalb bereits mehrere Fassungsanlagen aufgrund der Grundwasserbeschaffenheit außer Betrieb genommen werden mussten. Aus den Analysenreihen seit 1995 ist zudem ein kontinuierlicher Anstieg der Nitratkonzentration in den ausgewählten Grundwassermessstellen im Betrachtungsgebiet festzustellen. Eine direkte Korrelation mit dem Grundwasserstand kann dabei nicht abgeleitet werden.

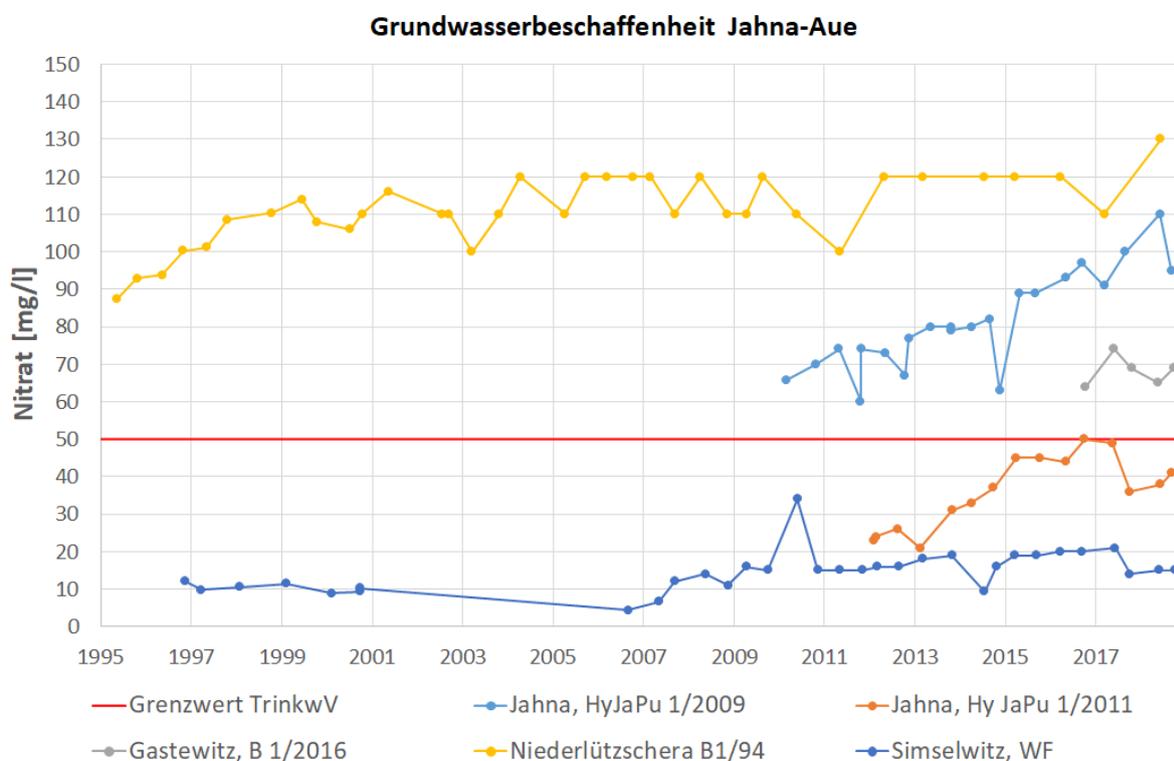


Abbildung 12: Nitrat-Konzentrationen in mg/l in ausgewählten Grundwassermessstellen im Raum Ostrau mit dem Nitrat-Grenzwert der TrinkwV und dem Grundwassergang der Messstelle Ostrau. Daten: iDA 2019

Wie Abbildung 13 zeigt, weist die Vorflut Jahna und deren Zufluss der Kleinen Jahna (Lage der Vorfluter siehe Abbildung 16) Nitratkonzentrationen (gelöst) von rund 30 mg/l auf, was aufgrund des vermeintlichen Verdünnungseffektes in Vorflutern bereits deutlich erhöht ist. Vereinzelt wurden auch hier Konzentrationen von über 50 mg/l nachgewiesen.

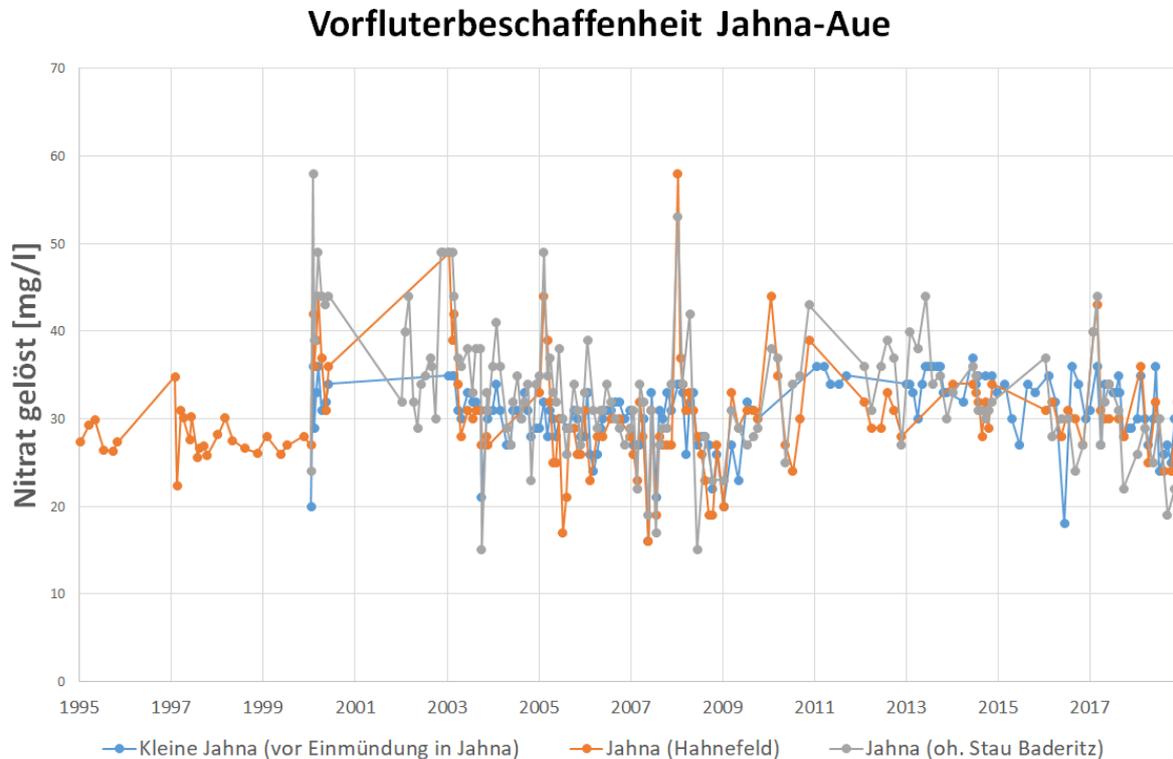
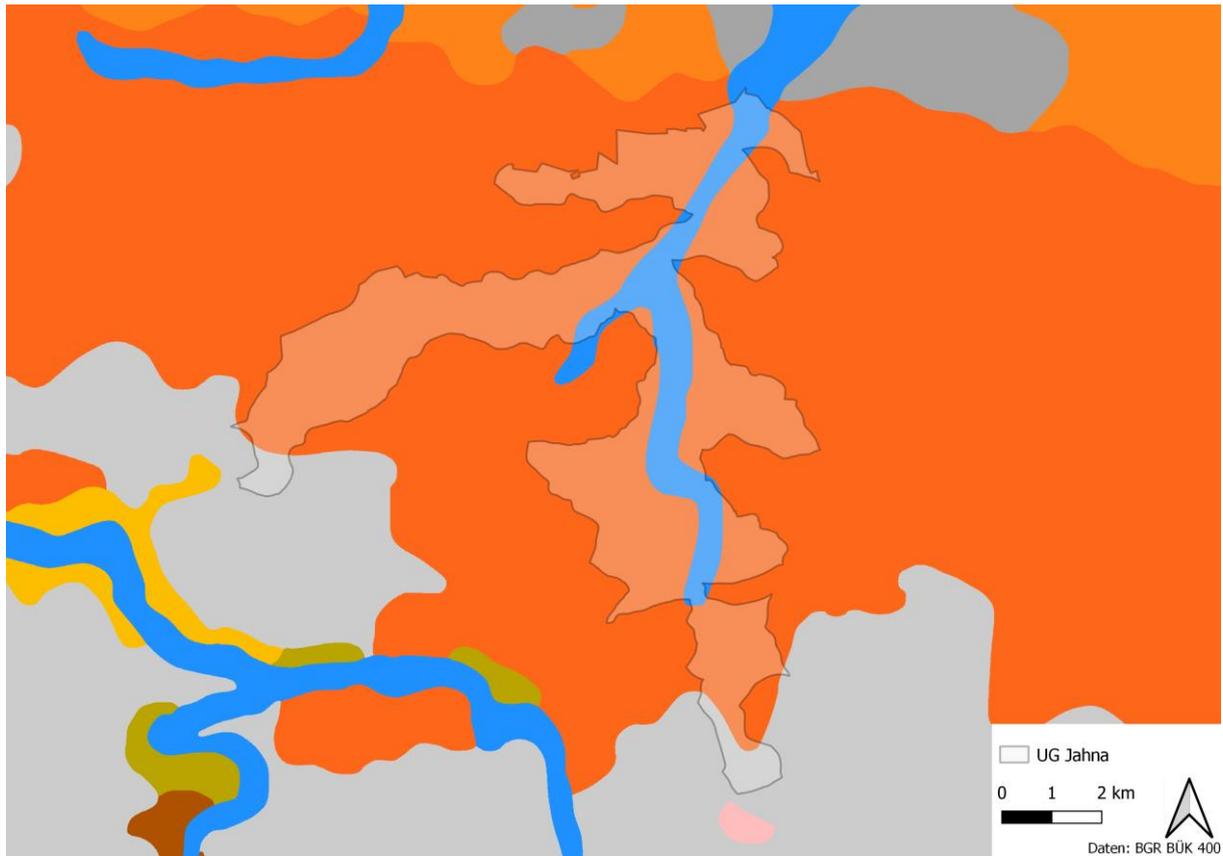


Abbildung 13 Nitrat-Konzentrationen (gelöst) in mg/l in ausgewählten Vorflutermesspunkten im Raum Ostrau. Daten: iDA 2019

2.1.5. Boden

Bei den Böden im Betrachtungsgebiet der Jahna-Aue (Abbildung 14) handelt es sich im Wesentlichen um Parabraunerden aus Lösslehm, in den südlichen und südwestlichen Randgebieten aus Pseudogleyen aus Lösslehm. Diese Böden, wie auch der darunterliegende Lösslehm, aus dem diese Böden gebildet werden, zeichnen sich durch eine sehr geringe Durchlässigkeit und damit ein hohes Rückhaltevermögen aus. Dies beeinflusst zum einen die Grundwasserneubildung (sehr gering), aber auch den Stofftransport (hoher Rückhalt und damit hohe Verweilzeiten, gerade im Hinblick auf die Nitratproblematik) in und aus dem Boden und dem Lösslehm.



Bodeneübersichtskarte 1:400.000

-  Braunerde, Ranker aus sandig-lehmiger Fließerde (Diabas, Basalt, Phonolith)
-  Braunerde aus sandig-lehmiger Fließerde (Gneis, Granulit, Granitporphyr, Granodiorit, Biotitgranit, Syenit)
-  Podsol-Braunerde aus sandig-lehmiger Fließerde (Tonschiefer, Phyllit, Glimmerschiefer, Grauwacke)
-  Braunerde-Podsol aus sandiger Fließerde (Granit, Quarzporphyr (Rhyolith), Quarzitschiefer)
-  Podsol, Braunerde-Podsol aus sandiger Fließerde aus Kreidesandstein
-  Pseudogley aus sandig-lehmiger Fließerde (Festgesteine)
-  Pseudogley aus periglazierem Tonschluff (Loesslehm, Rotliegendesedimente)
-  Pseudogley aus periglazierem Kiessandlehm (Rotliegendesedimente)
-  Tschernosem aus Loesslehm
-  Tschernosem aus Sandloess
-  Parabraunerde aus Loesslehm
-  Parabraunerde aus Sandloess
-  Pseudogley aus Loesslehm
-  Pseudogley aus Sandloess
-  Braunerde aus Geschiebedecksand
-  Braunerde-Podsol aus Auensand
-  Pseudogley aus Geschiebelehm
-  Gley aus Auensand
-  Vega, Auengley aus Auensand (-lehm, -ton)
-  Moore
-  Terrestrische Anthropogene Boeden aus Kippsand (-lehm, -schluff)

Abbildung 14: Bodenkarte (BÜK 400) für das Untersuchungsgebiet Ostrau/Jahnaue

2.1.6. Darstellung des Wasserbedarfs

Im Jahr 2018 wurden durch den Wasserverband Döbeln-Oschatz etwa 1,8 Millionen m³/a aus den 4 Wasserfassungen (WF) in der Jahna-Aue bei Ostrau – WF Jahna Aue I und II, WF Jahna Pulsitz und die WF Zschaitz Möbertitz – gefördert und als Trinkwasser bereitgestellt (siehe Tabelle 2 und Abbildung 15). Die Wasserfassungen Jahna-Aue I und II sind in den beiden quartären Grundwasserleitern ausgebaut, die anderen beiden Wasserfassungen im oberen quartären Grundwasserleiter.

Tabelle 2: Übersicht zu den Wasserfassungsanlagen des Wasserverbandes Döbeln-Oschatz in der Jahna-Aue

Brunnen	Rechtswert	Hochwert	Status	Förderung 2018 [m ³ /a]	Teufe [m]	Filterstrecke [m]
Wasserfassung Jahna Aue I						
Brunnen 1	371742	5674283	aktiv	128.081	26,55	5,9
Brunnen 2	371626	5674352	aktiv	66.528	33,65	8,1
Brunnen 3	371494	5674506	aktiv	198.296	41,00	8,5
Brunnen 4	371440	5674640	aktiv	135.039	36,45	8,6
Brunnen 5	371249	5674591	aktiv	363.151	39,55	12,8
Brunnen 6	371148	5674649	aktiv	154.012	33,85	7
Brunnen 7	371051	5674702	aktiv	234.904	34,05	10
Wasserfassung Jahna Aue II						
Brunnen 1	371861	5676704	außer Betrieb		36,00	7,7
Brunnen 2	372117	5676645	außer Betrieb	193	27,00	7,6
Brunnen 3	372341	5676596	aktiv	152.337	25,00	5,3
Brunnen 4	372661	5676562	außer Betrieb		35,50	3,9
Brunnen 5	372906	5676402	aktiv	126.790	19,50	4
Wasserfassung Jahna Pulsnitz						
Jahna Pulsitz TW	372798	5675788	aktiv	63.661	15,25	6,9
Wasserfassung Zschaitz Möbertitz						
Brunnen 1	371166	5669711	aktiv	175.556	23,70	5,6
Brunnen 2	371238	5669743	aktiv	32.202	19,00	4,6

Eine vereinfachte Berechnung im Grundwassereinzugsgebiet der Jahna-Aue ergibt bei einer gemittelten Grundwasserneubildung von 99 mm/a ein Grundwasserdargebot von etwa 4,8 Millionen m³/a.

Zu den derzeitigen klimatischen Bedingungen ist damit, auch bei einer überschlägigen Betrachtung, das Grundwasserdargebot in der Jahna-Aue gesichert und zu etwa 3/8 genutzt. Die Verteilung der Grundwasserneubildung auf die verschiedenen Grundwasserstockwerke, Entlastungen in die Vorfluter, die Grundwasserbeschaffenheit etc. sind dabei nicht berücksichtigt.



Abbildung 15: Wasserfassungsanlagen des Wasserverbandes Döbeln-Oschat in der Jahna-Aue

2.1.7. Darstellung oberflächlicher Speichermöglichkeiten

Im Betrachtungsgebiet und näherem Umkreis sind einige Möglichkeiten zur Speicherung von Wasser vorhanden. Die größte stellt hier der Stausee Baderitz mit knapp 11 ha Wasserfläche im südlichen Teil des Gebietes bei Lüttewitz dar. Ein weiteres größeres Wasserreservoir ist der Speicher Staucha mit knapp 11 ha Fläche östlich des Untersuchungsgebietes. Im gesamten Gebiet finden sich außerdem mehrere Hochwasser- und Regenrückhaltebecken (siehe Abbildung 16, Tabelle 3). Weitere kleinere Gewässer sind außerdem mit beispielsweise den Gallschützer und Mockritzer Teichen sowie einigen unbenannten Gewässern vorhanden.

Tabelle 3: Speicher im Gebiet der Jahna-Aue. Abkürzungen: SP: Speicher, TS: Talsperre, RHB: Rückhaltebecken.
Quelle: LTV 2019, LfUG 2002

Typ	Speicher	Nutzer/Betreiber (Stand 2002)	Gewässer	Einzugsgebiet	Gesamtstauraum	Davon Gewöhnlicher Hochwasser-rückhalteraum
SP	Staucha	Gemeinde Stauchitz	Stauchaer Bach	3,57 km ²	100.000 m ³	20.000 m ³
TS	Baderitz	Anglerverband Sachsen e.V.	Jahna	20,2 km ²	676.000 m ³	306.000 m ³
RHB	Baderitz/ Lüttewitz	Gemeinde Zschaitz-Ottewig	Schweimnitzer Bach	5,4 km ²	72.000 m ³	59.000 m ³

RHB	Kiebitz-Obersteina	Keine Information	Kleine Jahna	7,8 km ²	55.000 m ³	16.000 m ³
RHB	Mochau	Gemeinde Mochau	Jahna	5,8 km ²	58.000 m ³	47.000 m ³
RHB	Möbertitz	Keine Information	Binnengraben	2,62 km ²	40.000 m ³	17.000 m ³
RHB	Noschkowitz	Gemeinde Ostrau	Rittmitzer Bach	7,9 km ²	85.000 m ³	60.000 m ³
RHB	Zschochau	Gemeinde Ostrau	Birmenitzer Dorfbach	11 km ²	79.000 m ³	31.000 m ³
RHB	Schreibitz	Keine Information	Krebsbach	4,07 km ²	31.00 m ³	Keine Daten
RHB	Amselgrund	Stadt Döbeln	Amselgrundbach	3,04 km ²	96.000 m ³	Keine Daten
RHB	Großsteinbach	Keine Information	Jahna	Keine Informationen		

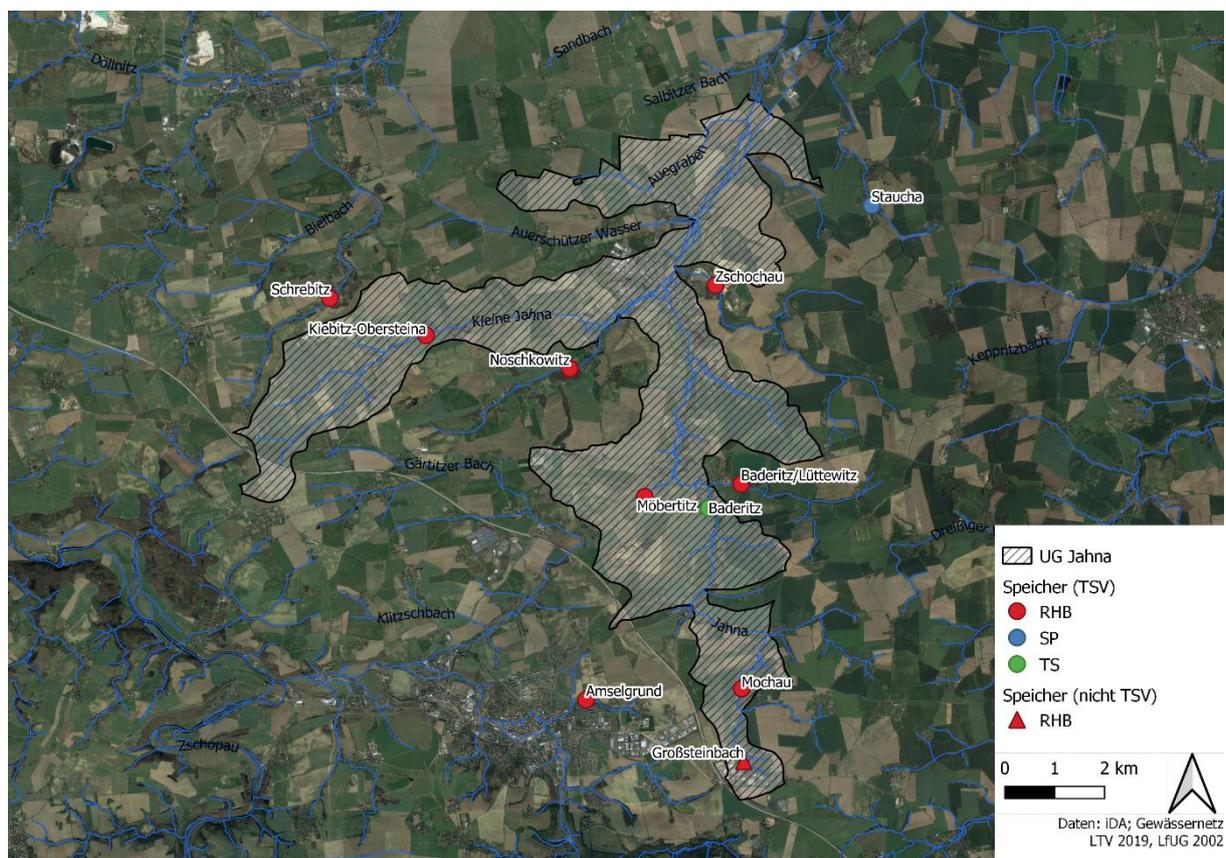


Abbildung 16: Wasserspeicher im Untersuchungsgebiet Ostrau/Jahnaue. Abkürzungen: RHB: Rückhaltebecken; SP: Speicher; TS: Talsperre Quelle: TSV 2019, LfUG 2002

2.2. Betrachtungsgebiet Rochlitz

2.2.1. Hydrogeologische Situation

Der Betrachtungsraum Rochlitz wird von den regionalgeologischen Einheiten der Nordwestsächsischen Senke im Westen, dem Granulit-Massiv im Südosten und dem dazwischen nordost-südwestlich verlaufenden Schiefergebirgsmantel geprägt (Abbildung 17 und Abbildung 18). Diese werden fast im gesamten Betrachtungsgebiet von quartären Lockersedimenten überlagert (GEOS & HYDRO-GEO-Consult 2007).

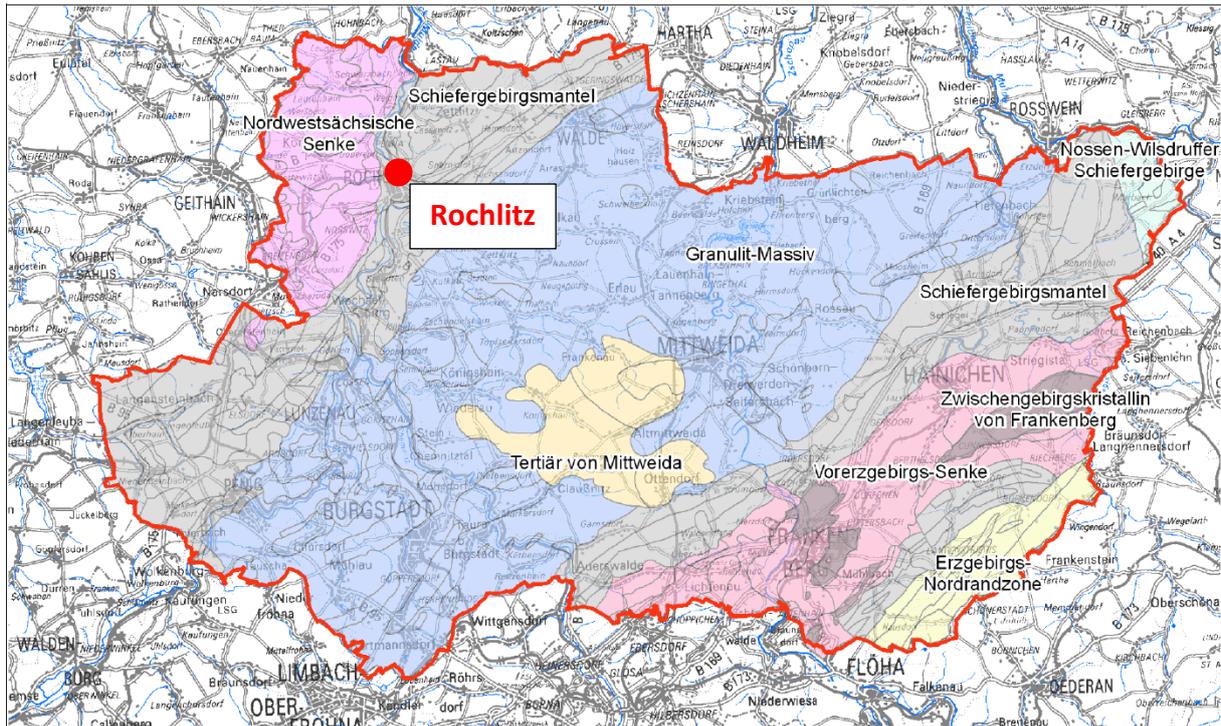


Abbildung 17: Regionalgeologische Gliederung des Landkreises Mittweida. Quelle: GEOS & HYDRO-GEO-Consult 2007

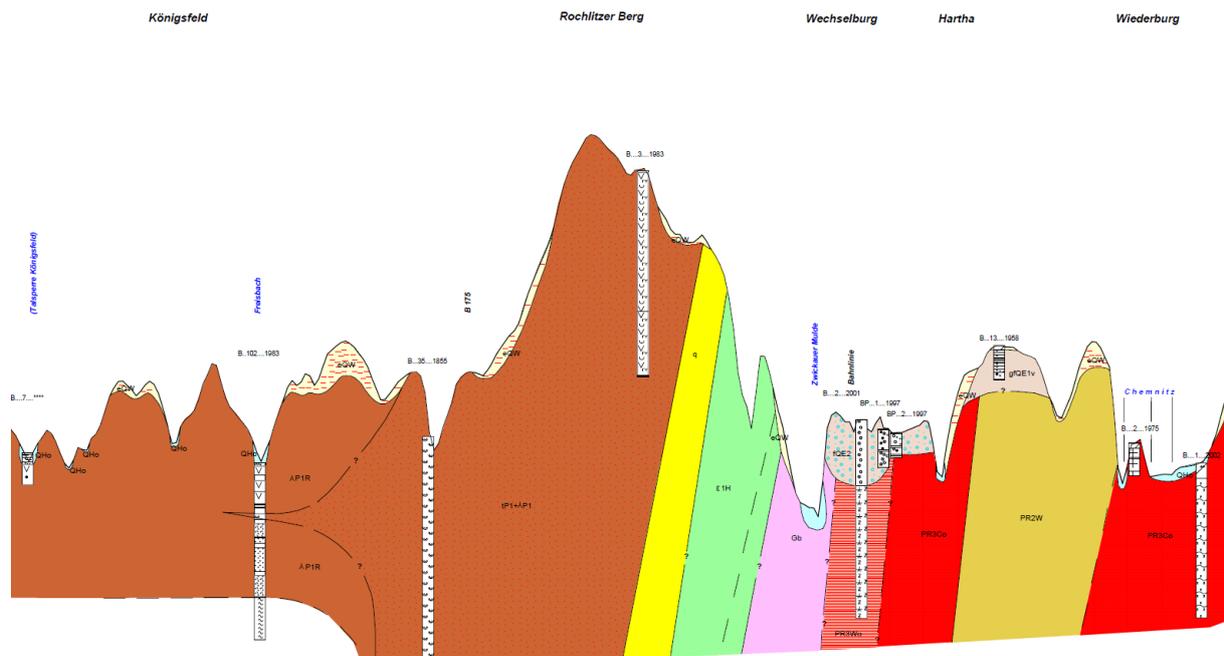


Abbildung 18: Geologischer N-S-Schnitt von Königsfeld bis Wiederburg mit den Einheiten der Nordwestsächsischen Senke (braun), des Granulit-Massives (gelb bis rot) und den quartären Überdeckungen (blassgelb, blassgrau). Quelle: GEOS & HYDRO-GEO-Consult 2007

Festgesteinsgrundwasserleiter

Das Granulit-Massiv und der dazugehörige Schiefergebirgsmantel setzen sich aus kristallinen (Granulit-Massiv) und metamorphen Gesteinen (Schiefergebirgsmantel) des Kambro-Ordovizium zusammen. Aus hydrogeologischer Sicht stellen diese Einheiten, welche im Wesentlichen durch Phyllite und Tonschiefer geprägt sind, Kluftgrundwasserleiter mit einer geringen bis sehr geringen Trennfugendurchlässigkeit dar.

Die Nordwestsächsische Senke – auch Nordsächsischer Vulkanitkomplex genannt – setzte sich, wie bereits unter 2.1 beschrieben, aus Porphyrdecken und zwischengeschalteten wechselhaft pyroklastischen und limnisch-fluviatilen Sedimenten des Rotliegenden zusammen. Im Betrachtungsgebiet ist der bis zu 400 m mächtige Rochlitzer Quarzporphyr dominant. Aufgrund der teils tiefgreifenden Verwitterung (Vergrusung) weisen die porphyrischen Molassegesteine eine geringe bis mäßige Wasserführung auf, wobei sich der Rochlitzer Quarzporphyr und seine dazugehörigen Sedimentfolgen durch eine erhöhte Wasserführung auszeichnen.

Lockergesteinsgrundwasserleiter

Die quartären Lockergesteine bestehen im Wesentlichen aus frühpleistozänen, weichsel- und elsterkaltzeitlichen fluviatilen bis glazifluviatilen Sedimenten (Grundwasserleiter) und Lössüberdeckungen bzw. Hanglehmen (Grundwasserstauer). Die frühpleistozänen Schotterterrassen werden dabei von elsterkaltzeitlichen Geschiebemergeln, Bändertonen und Schotterterrassen sowie weichselkaltzeitlichen Schotterterrassen überlagert.

Die jüngsten Lockergestein des Holozäns bilden hauptsächlich Auensediment (Sande, Kiese und Tone) sowie Hanglehme.

Die elster- bis weichselkaltzeitlichen Schotter und Sande sind aus hydrogeologischer Sicht als Porengrundwasserleiter mit guter bis mittlerer Durchlässigkeit einzustufen, die holozänen Sande weisen, aufgrund des höheren Feinkornanteils, meist eine etwas geringere Durchlässigkeit auf. Diese quartären Grundwasserleiter bilden im Raum Rochlitz die Hauptgrundwasserleiter und können bzw. werden in Form von Brunnenfassungen, Uferfiltratfassungen und Quellgebieten wasserwirtschaftlich genutzt.

2.2.2. Grundwasserstand

In Abbildung 19 sind die langjährigen Grundwasserstände ausgewählter GWM im Raum Rochlitz dargestellt. Alle Grundwassermessstellen weisen über lange Zeitreihen eine hohe Konstanz auf, allerdings schwanken die Grundwasserstände aller Messstellen im Raum Rochlitz, im Gegensatz zur Jahna-Aue, deutlich stärker mit einer Schwankungsbreite von bis zu 5 m.

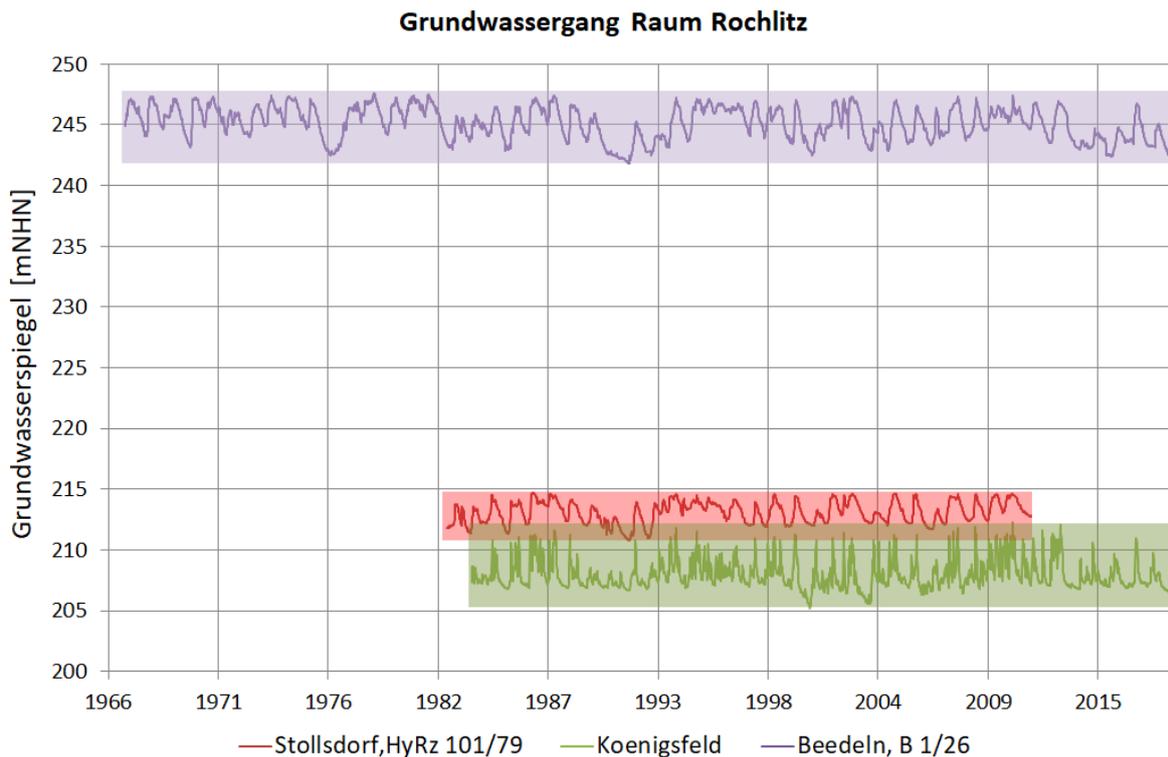


Abbildung 19: Langjähriger Gang der Grundwasserstände an ausgewählten Grundwassermessstellen. Daten: iDA 2019. Hinterlegt ist jeweils der Schwankungsbereich

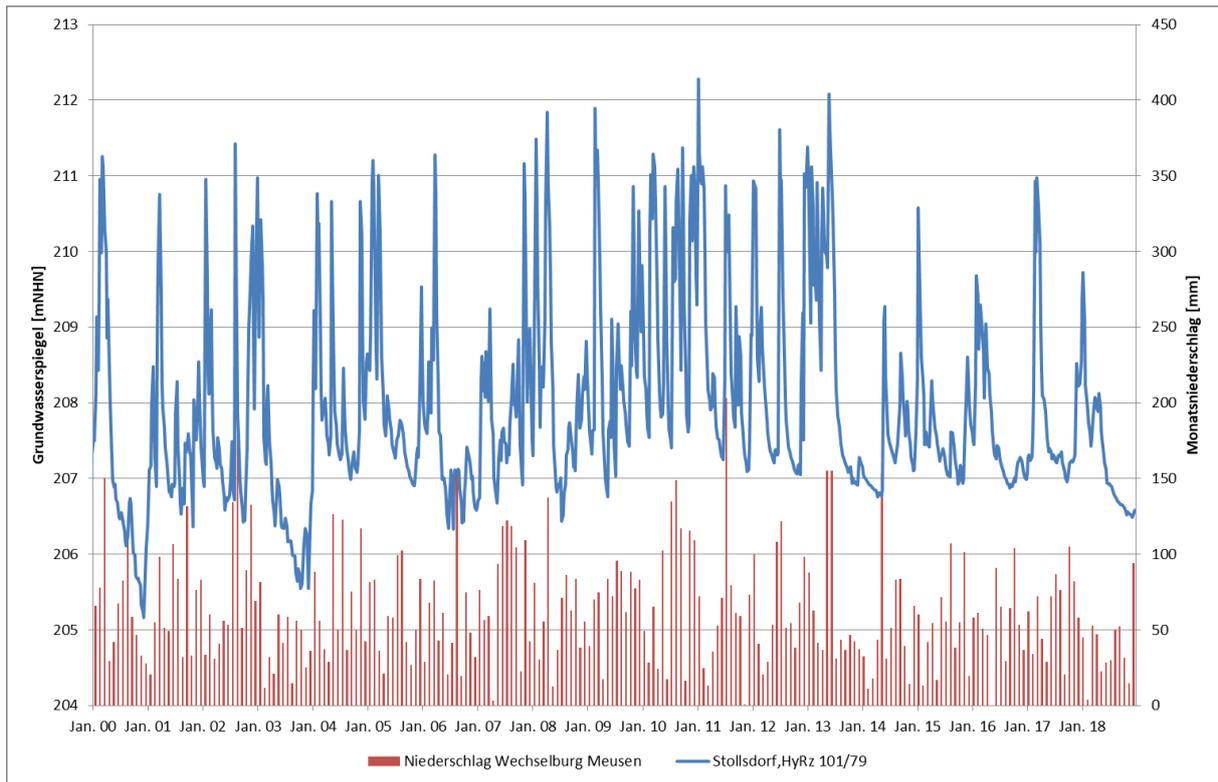


Abbildung 20: Vergleich der Grundwasserganglinie des Messpunktes Stolltdorf mit den Monatsniederschlägen der Station Wechselburg Meusen von 2000 bis 2018

In Abbildung 20 sind der Grundwasserspiegel des Messpunktes Stolltdorf und der Monatsniederschlag der Messstation Wechselburg Meusen von 2000 bis 2018 dargestellt. Erkennbar ist eine gute, direkte Korrelation zwischen Monaten bzw. Perioden mit hohen oder niedrigen Niederschlägen und dem entsprechenden Anstieg bzw. Abfall des Grundwasserspiegels. Die Reaktionszeit beträgt, je nach Sättigung des Bodens, Dauer und Höhe des Niederschlages wenige Stunden bis wenige Tage.

Abbildung 21 zeigt das Untersuchungsgebiet mit den Hydroisohypsen. Die Fließrichtung des Grundwassers ist dabei im Allgemeinen hin zum Vorfluter bzw. im Auenbereich des Vorfluters selbst parallel zu dessen Fließrichtung. Daraus ergibt sich die Hauptfließrichtung parallel zur Fließrichtung der Zwickauer Mulde, also Richtung Nord bis Nordnordost. Vor allem im Bereich des Rochlitzer Berges ist das Grundwassergefälle sehr steil, da dieses in diesem Gebiet vom Verlauf der quartären Einheiten und damit von der Oberflächenmorphologie abhängt.

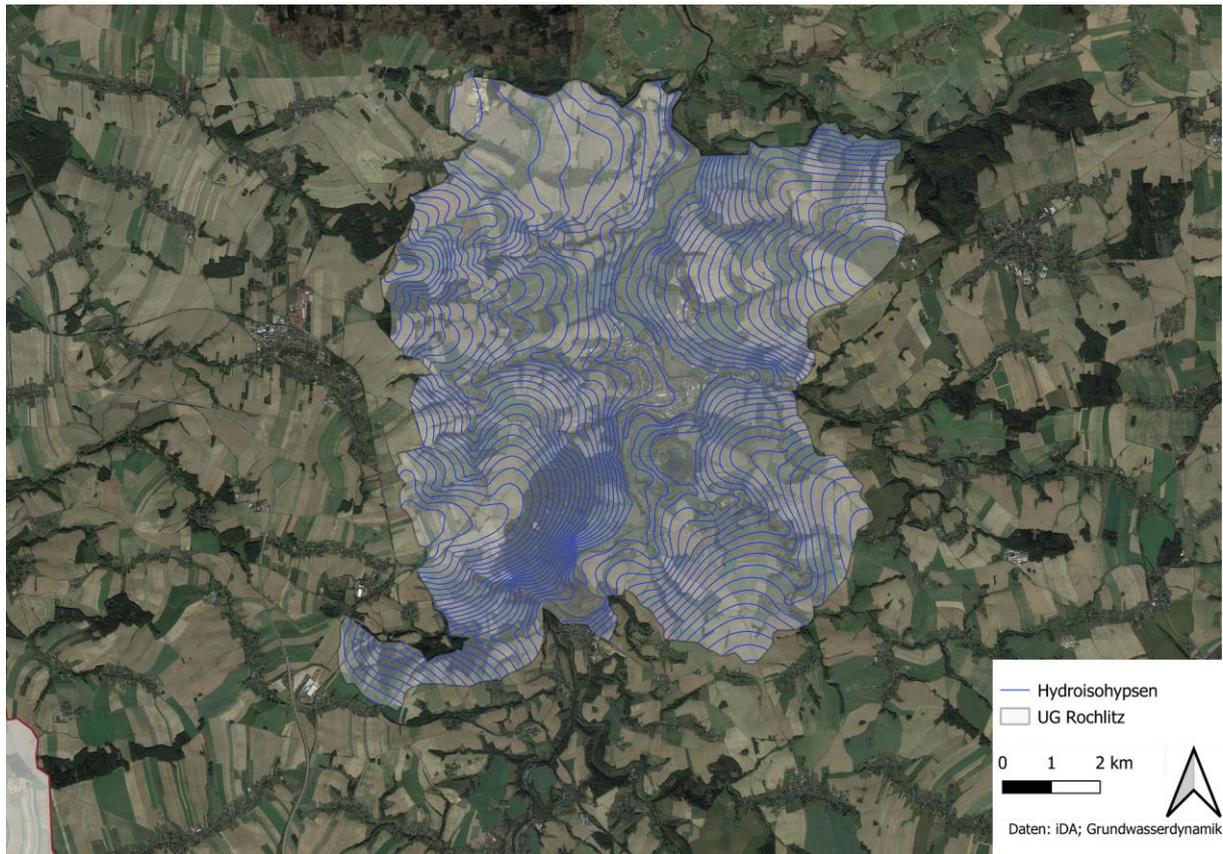


Abbildung 21: Hydroisohypsen des Untersuchungsgebietes

2.2.3. Vorfluter

Im Betrachtungsgebiet des Raumes Rochlitz ist die Zwickauer Mulde der Hauptvorfluter. Entsprechend der hohen Schwankungsbreiten der Grundwasserganglinien stehen der Hauptgrundwasserleiter und der Hauptvorfluter in keinem größeren Kontakt zueinander. Da es im Betrachtungsgebiet keine Wasserfassungen des Uferfiltrates, sondern des Grundwasserleiters bzw. Quelfassungen gibt, ist dem Vorfluter keine größere Bedeutung bei der Wasserversorgung beizumessen.

2.2.4. Grundwasserbeschaffenheit

Analog zum Betrachtungsgebiet der Jahna-Aue liegt das Augenmerk der Betrachtung der Grundwasserbeschaffenheit in der Nitrat-Konzentration. In Abbildung 22 sind die Nitratkonzentrationen zweier Quellgebiete (Lastau und Ceesewitz) seit 1999 sowie der GWM Stollsdorf (HyRz 101/79) exemplarisch für das Betrachtungsgebiet Rochlitz dargestellt. Die stark erhöhten Nitrat-Konzentrationen befinden sich im Bereich des Grenzwertes der TrinkwV (50 mg/l), überschreiten diesen jedoch teils deutlich. Im Quellgebiet Ceesewitz könnte eine leicht abnehmende Tendenz abgeleitet werden.

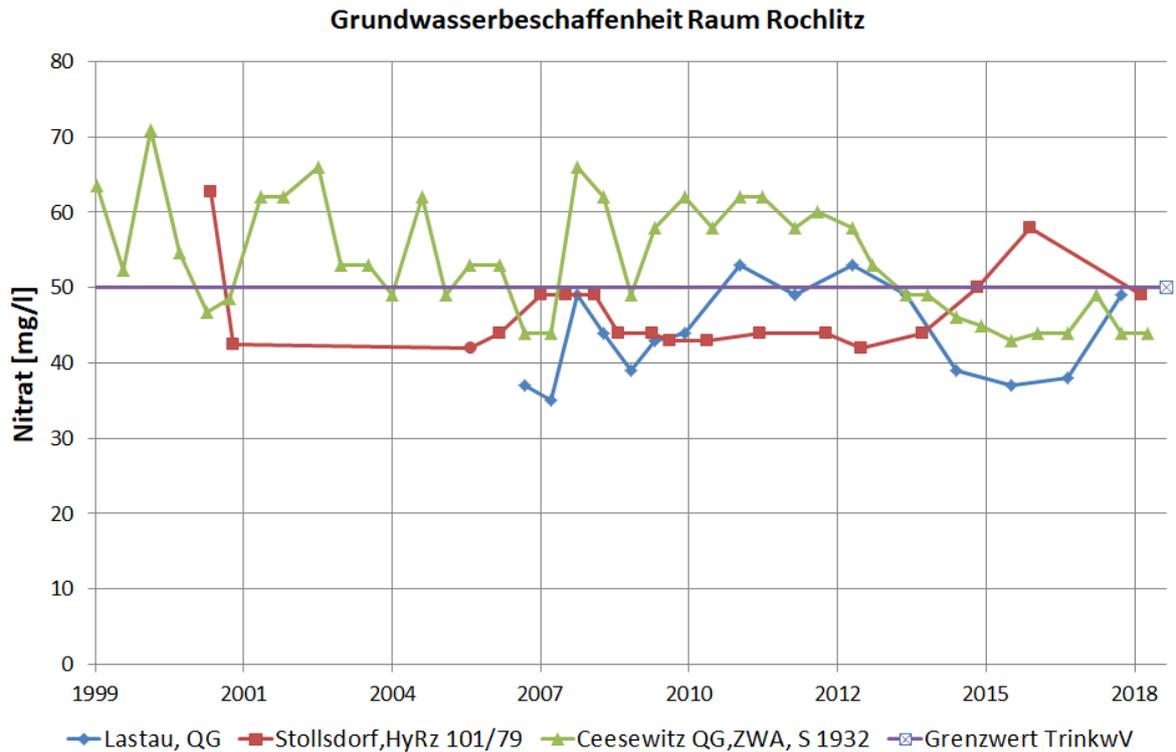


Abbildung 22: Nitrat-Konzentrationen in mg/l in ausgewählten Grundwassermessstellen im Raum Rochlitz mit dem Nitrat-Grenzwert der TrinkwV. Daten: iDA 2019

Abbildung 23 zeigt die Nitrat-Konzentrationen im Raum Rochlitz in der Hauptvorflut der Zwickauer Mulde sowie den beiden Zuläufen, der Chemnitz und des Eilsbaches (Lage der Vorfluter siehe Abbildung 26). Vor allem in der Chemnitz und der Zwickauer Mulde variiert die Nitrat-Konzentration zwischen 10 und 40 mg/l. Sowohl für die Chemnitz als auch für den Eilsbach sind leicht abnehmende Tendenzen der Nitrat-Konzentrationen zu verzeichnen.

Vorfluterbeschaffenheit Raum Rochlitz

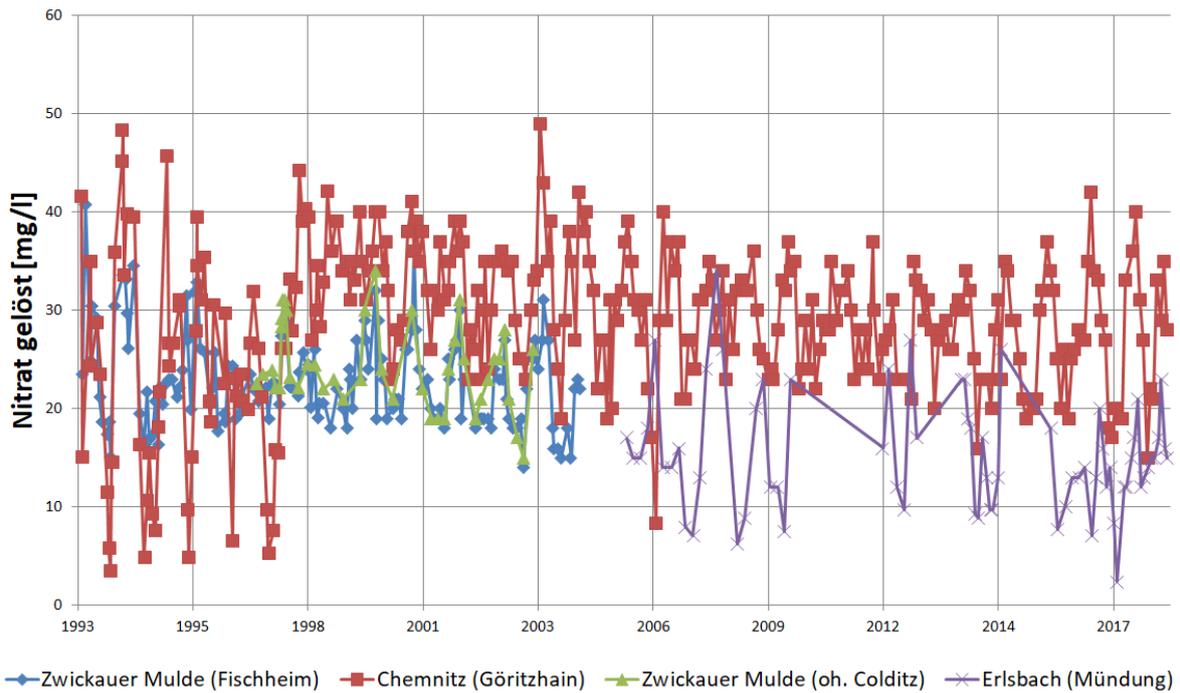
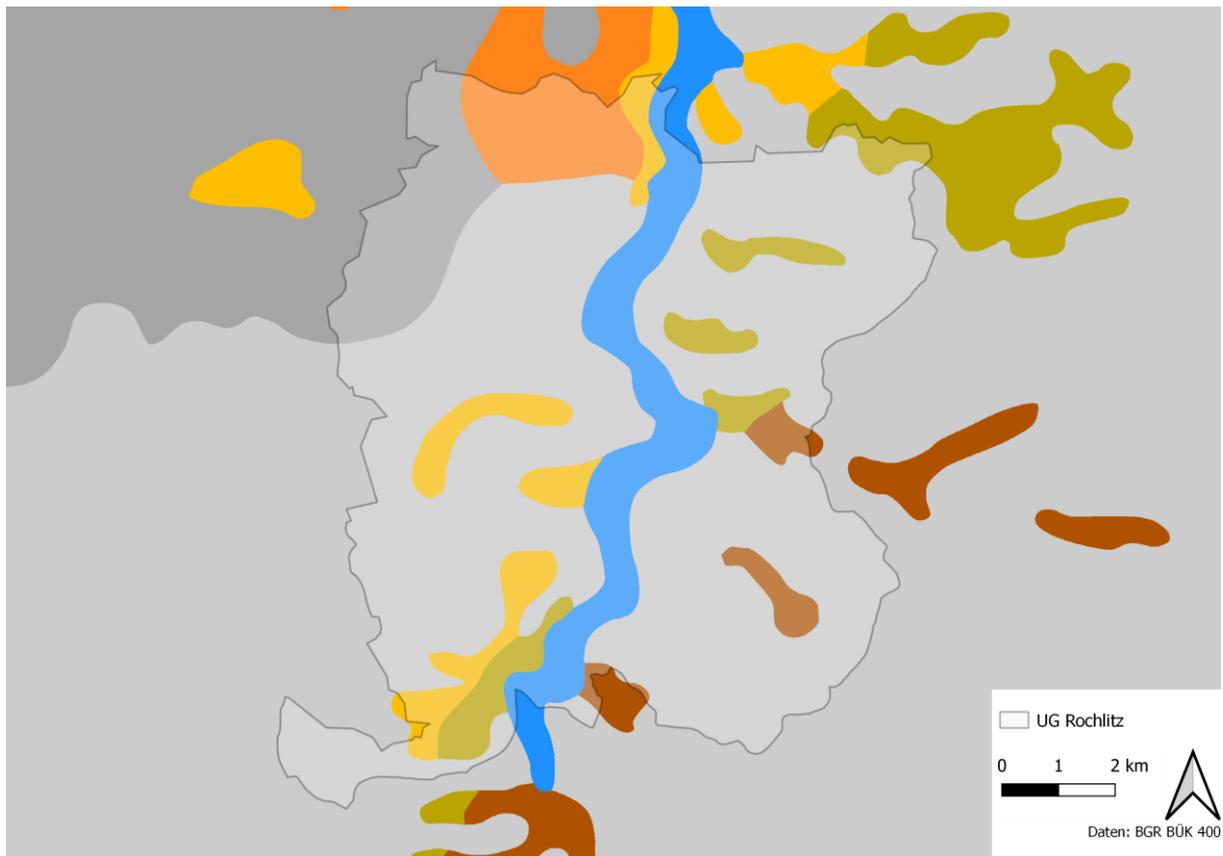


Abbildung 23: Nitrat-Konzentrationen (gelöst) in mg/l in ausgewählten Vorflutermesspunkten im Raum Rochlitz. Daten: iDA 2019

2.2.5. Boden

Bei den Böden im Betrachtungsgebiet Rochlitz (Abbildung 24) handelt es sich im Wesentlichen um Pseudogleye aus Lösslehm, vereinzelt auch Pseudogleye aus Sandlöss, Parabraunerden aus Lösslehm sowie Braunerde-Podsolen und Braunerden aus Fließersedren. Diese Böden, wie auch der darunterliegende Lösslehm/Sandlöss, aus dem diese Böden gebildet werden, zeichnen sich durch eine sehr geringe Durchlässigkeit und damit ein hohes Rückhaltevermögen aus. Dies beeinflusst zum einen die Grundwasserneubildung (sehr gering), aber auch den Stofftransport (hoher Rückhalt und damit hohe Verweilzeiten, gerade in Hinblick auf die Nitratproblematik) in und aus dem Boden und dem Lösslehm.



Bodeneübersichtskarte 1:400.000

-  Braunerde, Ranker aus sandig-lehmiger Fließerde (Diabas, Basalt, Phonolith)
-  Braunerde aus sandig-lehmiger Fließerde (Gneis, Granulit, Granitporphyr, Granodiorit, Biotitgranit, Syenit)
-  Podsol-Braunerde aus sandig-lehmiger Fließerde (Tonschiefer, Phyllit, Glimmerschiefer, Grauwacke)
-  Braunerde-Podsol aus sandiger Fließerde (Granit, Quarzporphyr (Rhyolith), Quarzitschiefer)
-  Podsol, Braunerde-Podsol aus sandiger Fließerde aus Kreidesandstein
-  Pseudogley aus sandig-lehmiger Fließerde (Festgesteine)
-  Pseudogley aus periglazierem Tonschluff (Loesslehm, Rotliegendesedimente)
-  Pseudogley aus periglazierem Kiessandlehm (Rotliegendesedimente)
-  Tschemosem aus Loesslehm
-  Tschemosem aus Sandloess
-  Parabraunerde aus Loesslehm
-  Parabraunerde aus Sandloess
-  Pseudogley aus Loesslehm
-  Pseudogley aus Sandloess
-  Braunerde aus Geschiebedecksand
-  Braunerde-Podsol aus Auensand
-  Pseudogley aus Geschiebelehm
-  Gley aus Auensand
-  Vega, Auengley aus Auensand (-lehm, -ton)
-  Moore
-  Terrestrische Anthropogene Boeden aus Kippsand (-lehm, -schluff)

Abbildung 24: Bodenkarte (BÜK 400) für das Untersuchungsgebiet

2.2.6. Darstellung des Wasserbedarfs

Im Jahr 2015 wurden durch den ZWA Mittleres Erzgebirgsvorland für Versorgungsgebiete Königsfeld, Rochlitz, Schwarzbach, Wechselburg, Weißbach, Corba, Mutzscheroda und Koltzschen, was in etwa dem Betrachtungsgebiet entspricht, rund 440.000 m³ Trinkwasser bereitgestellt (siehe Tabelle 4: Übersicht zu den Wasserfassungsanlagen des ZWA Mittleres Erzgebirgsvorland im Raum Rochlitz Abbildung 25).

Tabelle 4: Übersicht zu den Wasserfassungsanlagen des ZWA Mittleres Erzgebirgsvorland im Raum Rochlitz

Brunnen	Rechtswert	Hochwert	Status	Förderung 2015 [m ³ /d]
QG Grüne Aue	4557500	5662200	aktiv	22
TB Schwarzbach	4553477	5661849	aktiv	keine Angabe
QG Weißbach Königsfeld (3 Brunnen)	4551081	5660295	aktiv	24
QG SBr Köttwitzsch (Stollsdorf)	4551050	5658000	aktiv	330
QG Ceesewitz Zettlitz	4558140	5659400	aktiv	70
QG Rochlitzer Berg	4554300	5654680	aktiv	keine Angabe
QG Sörnzig Steudten	4554425	5654150	aktiv	80
QG Mutzscheroda	4551550	5652925	stillgelegt	105

Eine vereinfachte Berechnung im Grundwassereinzugsgebiet des Raumes Rochlitz ergibt bei einer gemittelten Grundwasserneubildung von 94,7 mm/a ein Grundwasserdargebot von etwa 11,2 Millionen m³/a.

Zu den derzeitigen klimatischen Bedingungen ist damit, auch bei einer überschlägigen Betrachtung, das Grundwasserdargebot im Raum Rochlitz gesichert und zu etwa 1/25 genutzt. Die Verteilung der Grundwasserneubildung auf die verschiedenen Grundwasserstockwerke, Entlastungen in die Vorfluter, die Grundwasserbeschaffenheit etc. sind dabei nicht berücksichtigt.

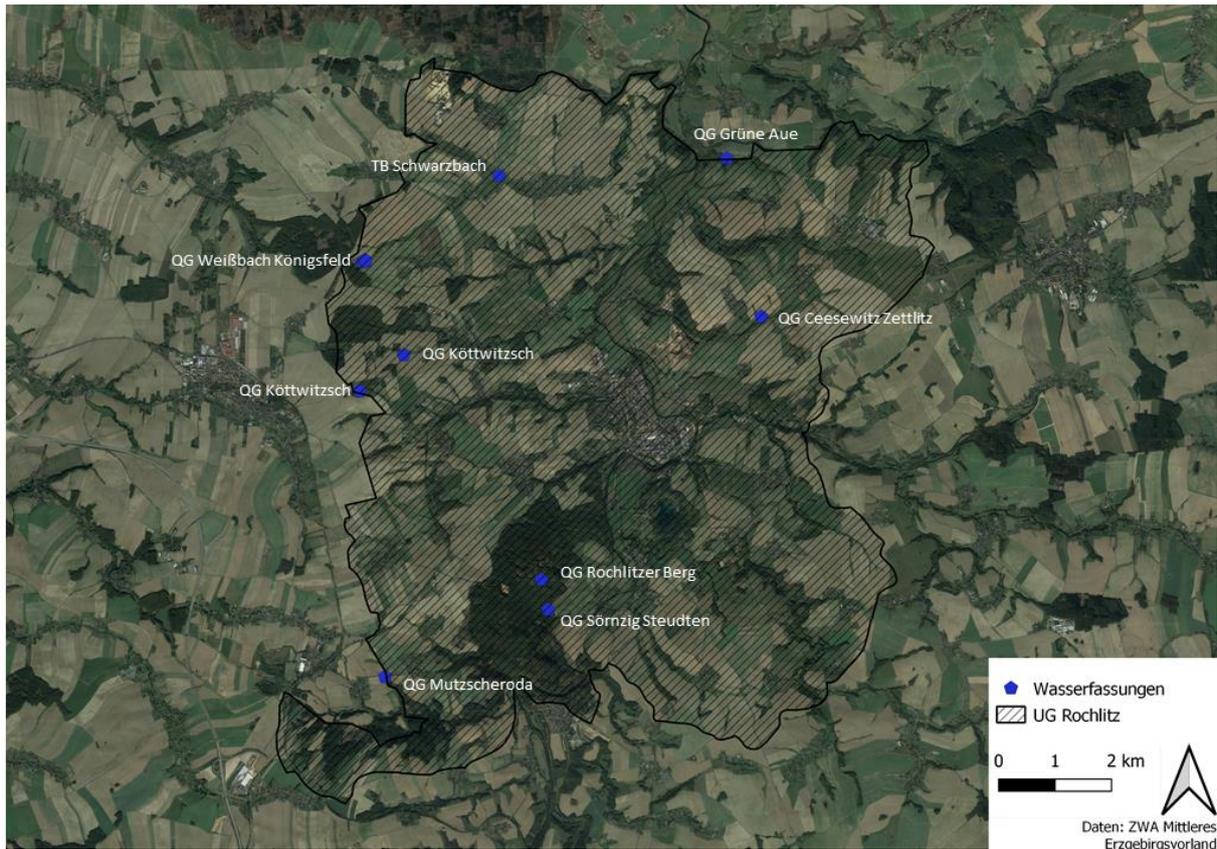


Abbildung 25: Wasserfassungsanlagen des ZWA Mittleres Erzgebirgsvorland im Raum Rochlitz

2.2.7. Darstellung oberflächlicher Speichermöglichkeiten

In und um den Betrachtungsraum Rochlitz finden sich wenige Talsperren und Speicher. Im Nordwesten des Untersuchungsgebietes liegt die Talsperre Königsfeld (8,5 ha) und der Speicher Schwarzbach (10,5 ha). Ein weiteres Gewässer findet sich mit der Sandgrube Biesern, welche als Bade- und Anglerteich genutzt wird. Eine Besonderheit stellt außerdem die Talsperre Möseln dar. Aufgrund eines Defektes an der Staumauer (<https://www.fisch-hitparade.de/gewaesser/talsperre-bei-moeseln> 2019) ist diese derzeit komplett trockengelegt. Demnach bietet sich hier die Möglichkeit bei erhöhtem Rückhaltebedarf in Zukunft die Reparatur der Anlage zu überprüfen und diese wieder in Betrieb zu nehmen. Auch hier kommen dazu noch weitere kleine Wasserflächen wie das Zettlitzer Bruchloch oder die Teiche bei Königsfeld. Rückhaltebecken sind im Gebiet nicht bekannt (TSV 2019, LfUG 2002).

Tabelle 5: Speicher im Betrachtungsgebiet Rochlitz. Abkürzungen: SP: Speicher, TS: Talsperre. Quelle: LfUG 2002

Typ	Speicher	Nutzer/ Betreiber (Stand 2002)	Gewässer	Einzugsgebiet	Gesamtstauraum	Davon Gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum
SP	Schwarzbach	privat	Schwarzbach	8,6 km ²	260.000 m ³	Keine Daten
TS	Königsfeld	Anglerverband Sachsen e.V.	Weißbach	4,16 km ²	540.000 m ³	Keine Daten
TS	Möseln	Colditzer Sportfischerverein e.V.	Schwarzbach	21,2 km ²	150.000 m ³	30.000 m ³

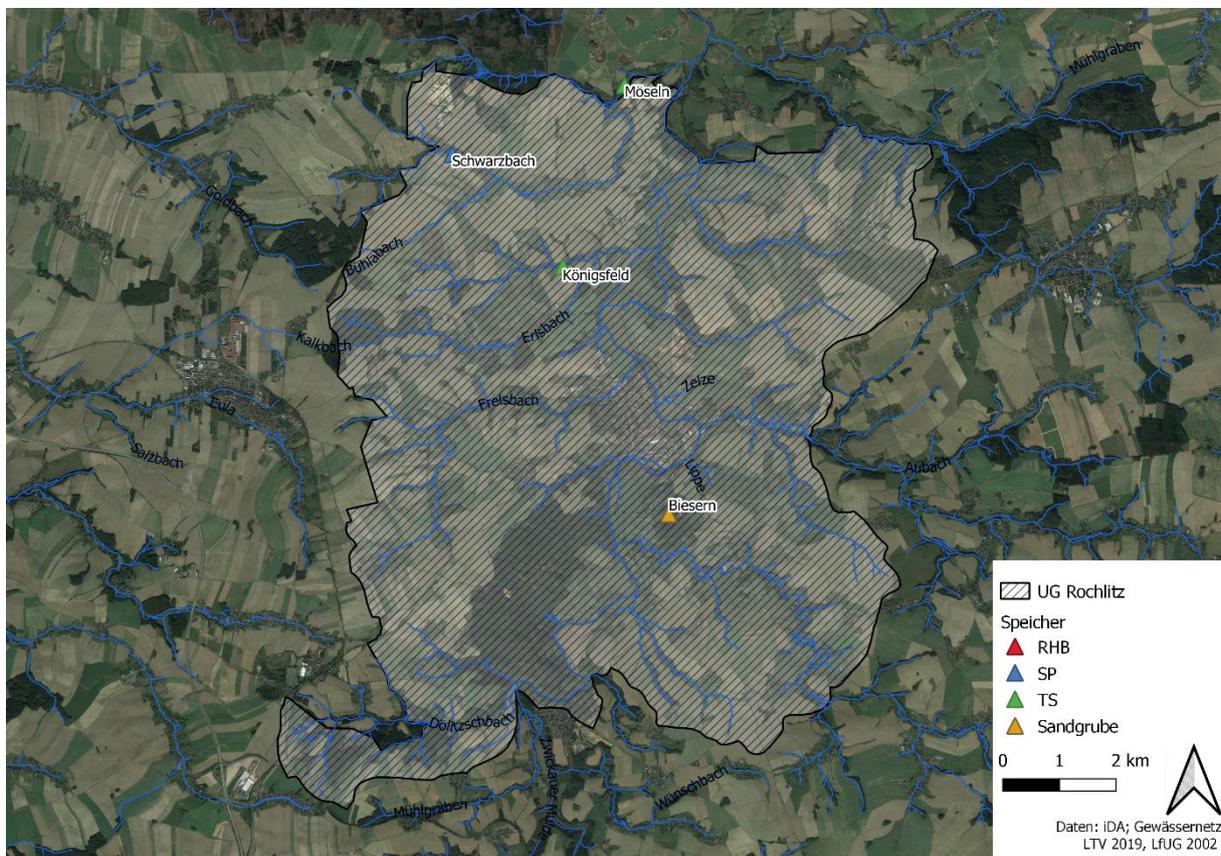


Abbildung 26: Wasserspeicher im Untersuchungsgebiet Raum Rochlitz

3. Wasserwirtschaftsszenarien

3.1. Klimamodelle

Zur einheitlichen Betrachtung des Ist-Zustandes und der Projektion der zukünftigen Entwicklung der Grundwasserneubildung (GWN) wurden Daten des Projektes KliWES verwendet. Die Quantifizierung möglicher Veränderungen des Wasserhaushalts in sächsischen Einzugsgebieten unter dem Einfluss eines zu erwartenden Klimawandels, war das Ziel des KliWES-Projektes. Die Berechnung der Grundwasserneubildung (Ist-Zustand und Szenarien) in KliWES beruht dem hydrologischen Einzugsgebietsmodell ArcEGMO (siehe Abbildung 27). Auf Grundlage der für den Wasserhaushalt relevanten Eingangsgrößen und einer aufwendigen Kalibrierung der Modellergebnisse an Messdaten konnte für Sachsen eine realitätsnahe Abbildung des Wasserhaushaltes vorgenommen werden.



Abbildung 27: Eingangsdaten des Wasserhaushaltsmodells ArcEGMO für die Wasserhaushaltsberechnung in KliWES Quelle: Schwarze et al. (2014)

Für das heutige Klima (Ist-Zustand) wurde als klimatischer Input das Klima-Regionalmodell WEREX verwendet, welches auf Stationsmessdaten basiert. Für die mögliche zukünftige Entwicklung des Klimas wurden durch das LfULG drei Modellläufe vorab ausgewählt und für das Projekt bereitgestellt. Die drei verwendeten Klimarealisierungen basieren auf dem SRES-Emissionsszenario A1B (Globalmodell ECHAM5, regionales Klimamodell WEREX V, vgl. Abbildung 28) und stehen repräsentativ für eine mittlere, trockene und feuchte Entwicklung des Klimas. Sie weisen eine deutliche Temperaturzunahme von durchschnittlich 3,5 °C und

eine durchschnittliche Abnahme des Jahresniederschlags von ca. 13 % für den Zeitraum 2071 bis 2100 gegenüber den Messwerten der Referenzperiode von 1961–1990 auf.

Datensatz	Klimainput			Landnutzungsinput	
	SRES-Szenario	Globalmodell	Regionalmodell		
Ist-Zustand	-	-	WETTREG2010	Ist-Zustand	
Realisierung WETTREG 00	A1B	ECHAM5	WETTREG2010	1	Ist-Zustand
Realisierung WETTREG 66	A1B	ECHAM5	WETTREG2010	1	Ist-Zustand
Realisierung WETTREG 99	A1B	ECHAM5	WETTREG2010	1	Ist-Zustand
Realisierung WETTREG 00	A1B	ECHAM5	WETTREG2010	1	Szenario Versiegelung
Realisierung WETTREG 00	A1B	ECHAM5	WETTREG2010	1	Szenario Waldumbau
Realisierung WETTREG 00	A1B	ECHAM5	WETTREG2010	1	Szenario Flächenverbrauch
Realisierung WEREX 00	A1B	ECHAM5	WEREX V	1	Ist-Zustand
Realisierung WEREX 11	A1B	ECHAM5	CLM und WEREX V	1	Ist-Zustand
Realisierung WEREX 22	E1	ECHAM5	WEREX V	1	Ist-Zustand
Realisierung WEREX 33	A1B	ECHAM5	WEREX V	2	Ist-Zustand
Realisierung WEREX 44	A1B	ECHAM5	CLM und WEREX V	2	Ist-Zustand
Realisierung WEREX 55	A1B	ECHAM5	WEREX V	3	Ist-Zustand
Realisierung WEREX 66	A1B	ECHAM5	RACMO und WEREX V	3	Ist-Zustand
Realisierung WEREX 77	E1	ECHAM5	REMO und WEREX V	3	Ist-Zustand
Realisierung WEREX 88	E1	HadCM3C	WEREX V	1	Ist-Zustand
Realisierung WEREX 99	A1B	HadCM3C	WEREX V	1	Ist-Zustand

Abbildung 28: ausgewählte Modellläufe der Wasserhaushaltsmodellierung in KliWES. Quelle: Schwarze et al. (2016)

Temperaturabhängige Niederschlag-Abflussbeziehung Ostrau

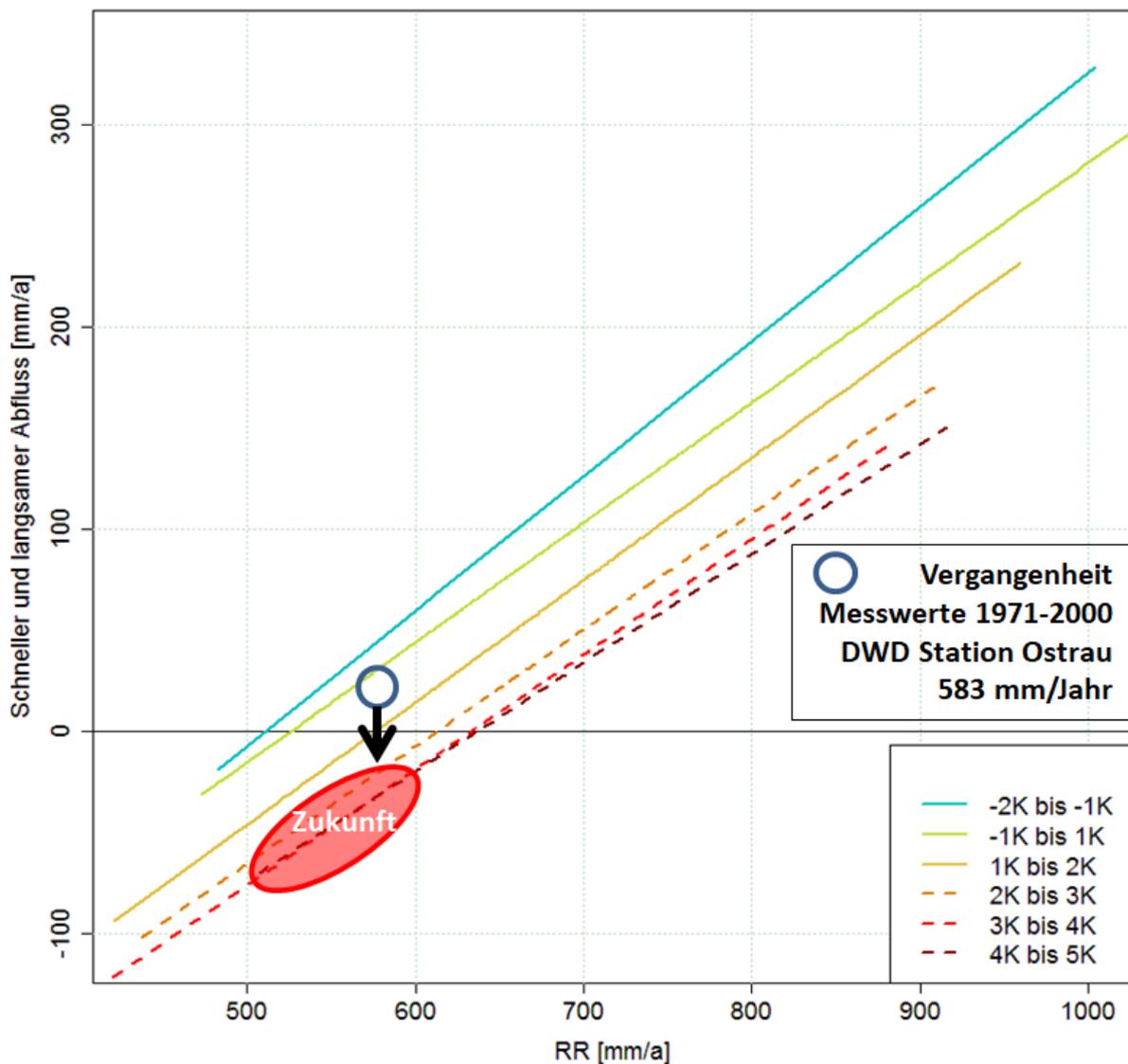


Abbildung 29: Schlüsselkurve für die Gemeinde Ostrau (Jahnaue) für den schnellen und langsamen Abfluss (entspricht Grundwasserneubildung) für den Referenzzeitraum 1961 bis 1990 (Daten: KliWES-Projekt); ergänzt durch die Angabe (blauer Kreis) der jährlichen Niederschlagssumme an der DWD Station Ostrau (Mittel 1971 bis 2010) und einer möglichen zukünftigen Verschiebung (rotes Oval)

Exemplarisch wurde für das Gemeindegebiet von Ostrau (repräsentativ für die Jahna-Aue) die Schlüsselkurve der schnellen und langsamen Abflusskomponente des Grundwasserabflusses aus Daten des KliWES-Projektes ermittelt (Abbildung 29). Unabhängig von konkreten Ausprägungen des Klimawandels (z. B. den Modellläufen von WEREX V) kann mit Hilfe dieser Darstellung je nach zukünftiger Niederschlags- und Temperaturentwicklung bestimmt werden, wie hoch der Grundwasserabfluss für das konkrete Gebiet ausfällt.

Messwerte des Deutschen Wetterdienstes (DWD) an der Niederschlagsmessstation Ostrau von 1971-2000 ergeben 516 mm/Jahr. Aus der Schlüsselkurve für das Gemeindegebiet von Ostrau kann folgendes geschlossen werden:

Unter Annahme gleichbleibender Niederschlagssummen verstärkt sich bei einer erwarteten Temperaturerhöhung von 2 bis 4 Kelvin das Defizit im Grundwasserabfluss und es bedarf einer Niederschlagsenerhöhung von ca. 100 mm/Jahr, um die erhöhte Verdunstung bei einer erwarteten Temperaturerhöhung von 2 bis 4 Kelvin bis zum Ende des Jahrhunderts auszugleichen.

Gerade die Vorhersage zukünftiger Niederschlagsentwicklungen (Jahressumme, Verteilung der Niederschläge in den Jahreszeiten) ist mit großen Unsicherheiten behaftet. Um Aussagen für die zukünftige Entwicklung der Grundwasserneubildung für die Untersuchungsgebiete treffen zu können, wurden für das Konzept die auch in anderen Studien des LFULG verwendeten drei Modellläufe des regionalen Klimamodells WEREX als klimatischer Input festgelegt.

Es wurde dargelegt, auf welcher Datengrundlage die Werte der zukünftigen projizierten Grundwasserneubildung beruhen. Es kann festgestellt werden, dass sich die vorgegebenen Modellläufe des regionalen Klimamodells WEREX 00, 66 und 99 in ihrer Charakteristik als „trocken“, „normal“ und „feucht“ unterscheiden, allerdings ein gemeinsamer signifikanter Trend zum deutlichen Rückgang der zukünftigen Grundwasserneubildung berechnet wird. Ursächlich für die geringen Unterschiede zwischen dem „feuchten“ und „trockenen“ Szenario liegt in der gemeinsamen Annahme einer deutlichen Temperaturerhöhung einhergehend mit ganzjährig erhöhter Verdunstung, unabhängig in welche Richtung die zukünftige Niederschlagsentwicklung geht.

3.2. Grundwasserneubildung

Bei der Betrachtung der Grundwasserneubildung und des Grundwasserdargebotes wurde ein vereinfachter Ansatz zur Berechnung gewählt. Dabei wurden die Grundwasserneubildungsraten, welche vom LfULG zur Verfügung gestellt wurden, über die jeweiligen Flächenanteile gemittelt. Bei der Betrachtung der Grundwasserneubildung und der sich daraus ergebenden Dargebote wurden nicht berücksichtigt:

- die Verteilung der Grundwasserneubildung auf die verschiedenen Grundwasserleiterstockwerke,
- Entlastungen der Grundwasserleiter in die Vorfluter und
- Nutzungseinschränkungen durch hydrochemische Belastungen.

Da es sich bei den Daten zur Grundwasserneubildung um Ergebnisse aus klimatischen Modellrechnungen handelt ist dieser vereinfachte Ansatz praktikabel. Zu beachten ist dabei, dass damit das tatsächlich nutzbare Grundwasserdargebot der Untersuchungsgebiete geringer ausfallen könnte, in Anbetracht der verschiedenen Modellrechnungen und -ergebnisse jedoch zumindest im Rahmen der realistischen Größenordnung liegt.

3.3. Betrachtungsgebiet Ostrau, Jahna-Aue

3.3.1. Dargebots- und Versorgungsszenarien aus Klimaprojektionen

Aus den drei ausgewählten Klimaprojektionen 00, 66 und 99 wurde die Grundwasserneubildung für das Betrachtungsgebiet Jahna-Aue für die Betrachtungszeiträume 2021 bis 2050 und 2071 bis 2100 abgeleitet. Abbildung 30 stellt den Verlauf der Grundwasserneubildung über die Betrachtungszeiträume für die drei Klimaprojektionen im Betrachtungsgebiet der Jahna-Aue sowie den Ist-Zustand für die Zeiträume 1961 bis 1987 und 1988 bis 2010 dar.

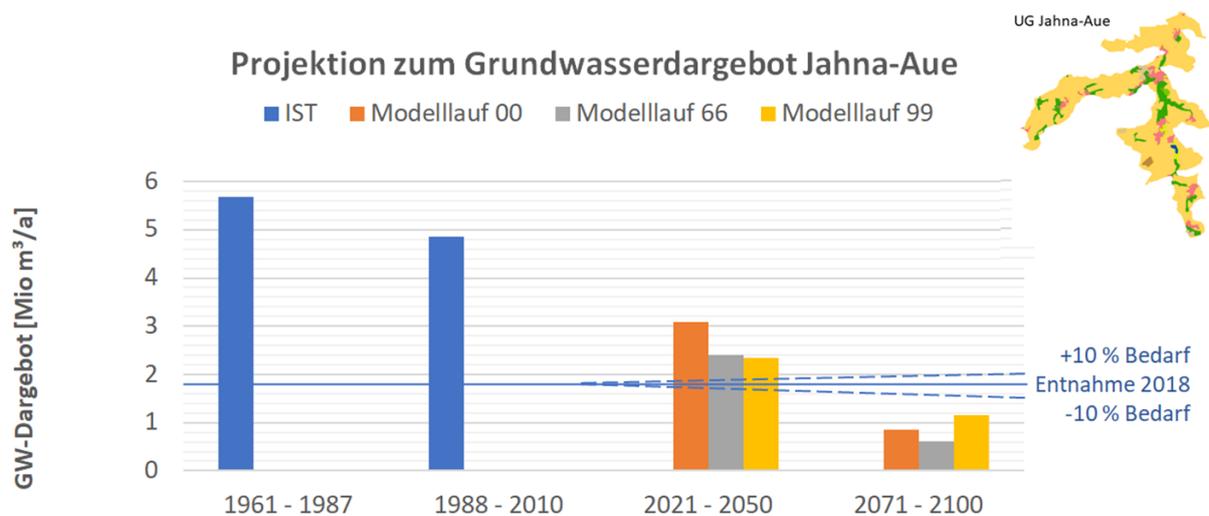


Abbildung 30: Entwicklungen der gemittelten Grundwasserdargebote auf Basis der Klimaprojektionen (00, 66 und 99) für das Betrachtungsgebiet Jahna-Aue

Aus den Entwicklungen zur Grundwasserneubildung der Wasserhaushaltsmodellierungen auf Grundlage der Klimaprojektionen lässt sich ableiten, dass 2021 bis 2050 noch etwa 50 % bis 60 % und 2071 bis 2100 rund 15 % bis 25 % der Grundwasserneubildungsrate von 1981 bis 2010 vorhanden sein könnten.

In Tabelle 6 werden die über die Gesamtfläche gemittelten GWN und das sich daraus ergebende Grundwasserdargebot der drei Klimaprojektionen dargestellt. Zudem wird diesem die Jahresfördermenge der Wasserfassungen der Jahna-Aue von 2018 mit 1,8 Millionen m³ gegenübergestellt (siehe 2.1.6). Zusätzlich werden zwei Verbrauchsszenarien für eine lineare Steigerung/Senkung des Bedarfs bis Ende des 21. Jahrhunderts um +10 % bzw. -10% berechnet (ausgehend von den Wert für 2018 mit 1,8 Millionen m³), um die Bandbreite der zukünftigen Wasserbedarfsentwicklung darzustellen. Unter der Annahme einer gleichbleibenden Entnahme über den gesamten Betrachtungszeitraum von rund 1,8 Millionen m³ Grundwasser je Jahr kann diese durch die Grundwasserneubildung in allen drei betrachteten Klimaprojekten im Zeitraum 2021 bis 2050 im Einzugsgebiet der Jahna-Aue abgedeckt werden.

Tabelle 6: Grundwasserneubildung und -dargebot aus den Klimaprojektionen mit Vergleich zu vergangenen Zeiträumen (GWN) und der Jahresförderung (Grundwasserdargebot) im Betrachtungsgebiet der Jahna-Aue

Klimaprojektion							
Ist		00		66		99	
1961 - 1987	1988 - 2010	2021 - 2050	2071 - 2100	2021 - 2050	2071 - 2100	2021 - 2050	2071 - 2100
Grundwasserneubildung							
mm/a	mm/a	mm/a	mm/a	mm/a	mm/a	mm/a	mm/a
115,8	99,0	62,7	17,2	48,8	12,6	47,8	23,4
Vergleich zu 1981-2010		63%	17%	49%	13%	48%	24%
Grundwasserdargebot							
m³/a	m³/a	m³/a	m³/a	m³/a	m³/a	m³/a	m³/a
5.684.425	4.861.436	3.079.179	844.139	2.395.095	619.799	2.346.650	1.148.367
Bedarf (2018)	266%	168%	46%	131%	34%	128%	63%
Szenario+10% Bedarf	266%	166%	43%	129%	31%	126%	58%
Szenario-10% Bedarf	266%	177%	52%	137%	38%	135%	70%

Im langfristigen Betrachtungszeitraum von 2071 bis 2100 kann die Fördermenge von 1,8 Millionen m³ Grundwasser perspektivisch mit den bestehenden Fassungsanlagen und dem daraus resultierenden Grundwassereinzugsgebiet, je nach Klimaprojektion, nur noch zu 34 % bis 63 % abgedeckt werden (Tabelle 6)

Unter der Annahme einer linearen 10%-Steigerung des Wasserbedarfs von 1,8 Millionen m³ Grundwasser im Jahr 2018 auf 1,86 Millionen m³ Grundwasser im Mittel der Klimaperiode 2021-2050 und 1,98 Millionen m³ Grundwasser im Mittel der Klimaperiode 2071-2100, geht der Deckungsgrad um 2 bis 5 % zurück (Tabelle 6).

Unter der Annahme einer linearen 10%-Senkung des Wasserbedarfs von 1,8 Millionen m³ Grundwasser im Jahr 2018 auf 1,74 Millionen m³ Grundwasser im Mittel der Klimaperiode 2021-2050 und 1,64 Millionen m³ Grundwasser im Mittel der Klimaperiode 2071-2100, steigt der Deckungsgrad um 4 bis 9 % (Tabelle 6).

Die Verteilung der Grundwasserneubildung auf die verschiedenen Grundwasserstockwerke, Entlastungen in die Vorfluter, die Grundwasserbeschaffenheit etc. sind bei dem vereinfachten Ansatz nicht berücksichtigt.

3.3.2. Ableitung von Krisenszenarien

Aus den Dargebotsszenarien der Klimaprojektionen des vorangegangenen Kapitels ergeben sich im Hinblick auf den Zeitraum 2071 bis 2100 allein für das Dargebot bereits erste Krisenszenarien. Unter der Annahme, dass die angenommenen klimatischen Bedingungen eintreten, ist im Einzugsgebiet der Jahna-Aue davon auszugehen, dass die vorhandenen Wasserfassungen nicht ausreichen, um die notwendige Trinkwassermenge aus dem Grundwasser bereitzustellen zu können. Hinzu kommt die Entwicklung der Nitratproblematik

(2.1.4), welche das nutzbare Grundwasserdargebot, unter Beachtung des Grenzwertes von 50 mg/l Nitrat der TrinkwV, bereits aktuell erheblich einschränkt und sich in Bezug auf die Klimaprojektionen und die sich daraus ergebende, geringere Grundwasserneubildung erheblich verschärfen könnte. Im Extremfall wäre eine Inbetriebnahme bereits stillgelegter Wasserfassungen, trotz zu hoher Nitratkonzentrationen, notwendig, welche dann einer teuren Trinkwasseraufbereitung bedürfen.

3.4. Betrachtungsgebiet Rochlitz

3.4.1. Dargebots- und Versorgungsszenarien aus Klimaprojektionen

Aus den drei ausgewählten Klimaprojektionen 00, 66 und 99 wurde die Grundwasserneubildung für das Betrachtungsgebiet Rochlitz für die Betrachtungszeiträume 2021 bis 2050 und 2071 bis 2100 abgeleitet. Abbildung 31 stellt den Verlauf der Grundwasserneubildung über die Betrachtungszeiträume für die drei Klimaprojektionen im Betrachtungsgebiet Rochlitz sowie den Ist-Zustand für die Zeiträume 1961 bis 1987 und 1988 bis 2010 dar.

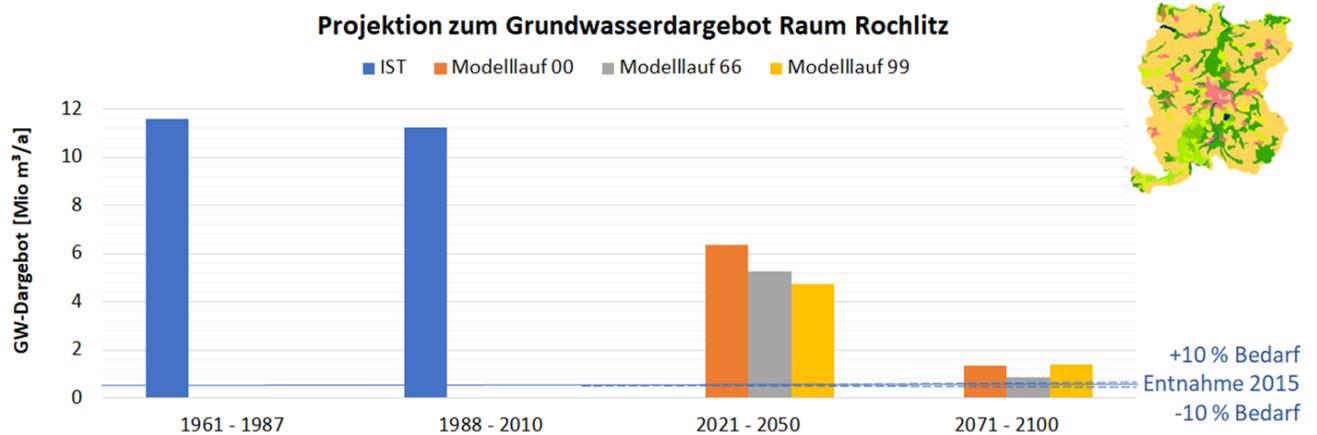


Abbildung 31: Entwicklungen des gemittelten Grundwasserdargebotes auf Basis der Klimaprojektionen (00, 66 und 99) für das Betrachtungsgebiet Rochlitz

Aus den Entwicklungen zur Grundwasserneubildung der Wasserhaushaltsmodellierungen auf Grundlage der Klimaprojektionen lässt sich ableiten, dass 2021 bis 2050 noch etwa 40 % bis 60 % und 2071 bis 2100 rund 10 % der Grundwasserneubildungsrate von 1988 bis 2010 vorhanden sein könnten.

Tabelle 7: Grundwasserneubildung und -dargebot aus den Klimaprojektionen mit Vergleich zu vergangenen Zeiträumen (GWN) und der Jahresförderung (Grundwasserdargebot) im Betrachtungsgebiet Rochlitz

Klimaprojektion							
Ist		00		66		99	
1961 - 1987	1988 - 2010	2021 - 2050	2071 - 2100	2021 - 2050	2071 - 2100	2021 - 2050	2071 - 2100
Grundwasserneubildung							
mm/a	mm/a	mm/a	mm/a	mm/a	mm/a	mm/a	mm/a
97,5	94,7	53,7	11,3	44,2	7,4	40,0	11,7
Vergleich zu 1988-2010		57%	12%	47%	8%	42%	12%
Grundwasserdargebot							
m³/a	m³/a	m³/a	m³/a	m³/a	m³/a	m³/a	m³/a
11.573.540	11.239.124	6.370.593	1.347.613	5.243.785	872.863	4.746.034	1.389.529
Bedarf (2015)	2553%	1447%	306%	1191%	198%	1078%	316%
Bedarf +10% Szenario	2553%	1389%	276%	1143%	179%	1035%	285%
Bedarf -10% Szenario	2553%	1496%	337%	1231%	218%	1114%	347%

In Tabelle 7 werden die über die Gesamtfläche gemittelten GWN und das sich daraus ergebende Grundwasserdargebot der drei Klimaprojektionen dargestellt. Zudem wird diesem der Jahresbedarf an Trinkwasser im Raum Rochlitz von 2015 mit 440.000 m³ gegenübergestellt (siehe 2.2.6). Zusätzlich werden zwei Verbrauchsszenarien für eine lineare Steigerung/Senkung des Bedarfs bis Ende des 21. Jahrhunderts um +10 % bzw. -10% berechnet (ausgehend von den Wert für 2015 mit 440.000 m³), um die Bandbreite der zukünftigen Wasserbedarfsentwicklung darzustellen.

Unter der Annahme einer gleichbleibenden Entnahme über den gesamten Betrachtungszeitraum von rund 440.000 m³ Grundwasser je Jahr kann diese durch die Grundwasserneubildung in allen drei betrachteten Klimaprojekten im Zeitraum 2021 bis 2050 im Einzugsgebiet Rochlitz abgedeckt werden. Auch im langfristigen Betrachtungszeitraum von 2071 bis 2100 kann die benötigte Grundwassermenge von 440.000 m³ perspektivisch aus dem Einzugsgebiet Rochlitz abgedeckt werden. Je nach Klimaprojektion ergibt sich aus den Annahmen eine Überdeckung des Bedarfs zwischen 198 % und 316 % (Tabelle 7).

Unter der Annahme einer linearen 10%-Steigerung des Wasserbedarfs von 440.000 m³ Grundwasser im Jahr 2015 auf 459.000 m³ Grundwasser im Mittel der Klimaperiode 2021-2050 und 488.000 m³ Grundwasser im Mittel der Klimaperiode 2071-2100, geht der Deckungsgrad um 20 bis 50 % zurück (Tabelle 7).

Unter der Annahme einer linearen 10%-Senkung des Wasserbedarfs von 440.000 m³ Grundwasser im Jahr 2015 auf 426.000 m³ Grundwasser im Mittel der Klimaperiode 2021-2050 und 400.000 m³ Grundwasser im Mittel der Klimaperiode 2071-2100, steigt der Deckungsgrad um 20 bis 40 % (Tabelle 7).

Die Verteilung der Grundwasserneubildung auf die verschiedenen Grundwasserstockwerke, Entlastungen in die Vorfluter, die Grundwasserbeschaffenheit etc. sind dabei nicht berücksichtigt.

3.4.2. Ableitung von Krisenszenarien

Im Gegensatz zur Jahna-Aue ist im Betrachtungsgebiet Rochlitz aus den Klimaprojektionen trotz deutlich sinkender Grundwasserneubildung aus Sicht der reinen Mengenbilanz kein Krisenszenario abzuleiten. Jedoch ist auch hier die bestehende und zukünftig wohl verstärkte Nitratproblematik zu beachten.

3.5. Rückkopplungseffekte

Bei den vorangegangenen Betrachtungen der Wasserwirtschaftsszenarien wurde stets der aktuelle Bedarf des Jahres 2018/2015 als Bemessungsgrundlage genutzt. Beachtet wurde hierbei jedoch noch nicht, dass es bei Eintreten der projizierten Klimaszenarien zu sogenannten Rückkopplungseffekten kommen kann. So kann es bei anhaltenden Trocken- und Hitzeperioden zu einem erhöhten Wasserbedarf in verschiedenen Bereichen (Landwirtschaft, Haushalte, private Gärten, Industrie) kommen, welcher zu einer erhöhten Nutzung bzw. Übernutzung des lokalen Dargebots führt. Die durch anhaltenden Niederschlagsmangel gestressten Böden und Ökosysteme werden dadurch noch weiter belastet, wodurch das Dargebot zusätzlich künstlich verringert wird.

3.6. Betroffene Handlungsfelder

Die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS, DAS 2008) betrachtet die Auswirkungen der projizierten Veränderungen in Deutschland, zeigt daraus resultierende Folgen und Risiken auf, und diskutiert Handlungsbedarfe sowie mögliche Anpassungsmaßnahmen. Dabei werden 13 Handlungsfelder (und 2 Querschnittsthemen) betrachtet, welche im Folgenden kurz dargestellt und deren jeweilige Relevanz im Sinne der hier gegenständlichen Grundwasserentwicklung bzw. -problematik sowie in Bezug auf die räumlichen Gegebenheiten in den Untersuchungsgebieten betrachtet werden sollen.

In den Kapiteln der dazugehörigen Handlungsfelder befinden sich die Abbildungen (Karten) zur Hinterlegung der jeweiligen Relevanz in den Untersuchungsgebieten.

Tabelle 8: Auflistung von Handlungsfeldern nach Deutscher Anpassungsstrategie und deren Bezug zum Grundwasser (DAS 2008); daraus folgend Priorisierung der Handlungsfelder (++ hohe Priorität; + mittlere Priorität, 0 geringe Priorität, - keine Priorität)

Handlungsfelder nach DAS	GW-Bezug		Relevanz im Betrachtungsgebiet Ostrau	Relevanz im Betrachtungsgebiet Rochlitz	Priorisierung
	↕	↔			
Landwirtschaft	↕	bei aktuell und insb. zukünftig Anbau von Kulturpflanzen mit Bewässerungsbedarf	Sehr große Relevanz durch hohen Flächenanteil; derzeit keine Bewässerung in den Gebieten (nach Auskunft durch Sächsischen Bauernverband der Kreise Oschatz und Döbeln, 2.10.2019; siehe Abbildung 32), aber möglicherweise Erhöhung durch Trockenheit		++
	↔	Grundwasserneubildung unter Offenland; Einfluss auf Qualität durch Nährstoffeinträge			
Forstwirtschaft	↕	Wasserbedarf des Waldes wird bei bodennahem GW (<10 m) teilweise aus dem GW gespeist	Sehr geringe Relevanz durch niedrigen Flächenanteil (1%)	mittlerer Flächenanteil (ca. 13%), Großteil der Waldgebiete jedoch über Zonen mit GW-Flurabständen > 10 m: keine GW-Anbindung, siehe Abbildung 33	0
	↔	Grundwasserneubildung unter Wald; Schadstoffbelastung des GW unter Nadelwald höher (BUND 2006); Versiegelung oder Bodenverdichtung unter Waldwegen sorgt für stärker verunreinigtes GW (BUND 2006)			
Fischerei	↕	Beeinflussung grundwasserabhängiger Oberflächengewässer	Keine Fischereibetriebe, Wenige Angelgewässer für privates Angeln im Gebiet, dadurch geringe Relevanz (Abbildung 34)		-
	↔	Einträge ins GW			
Biologische Vielfalt	↕	Beeinflussung grundwasserabhängiger Landökosysteme (Bruchwälder, Auenwälder, Feuchtgrünland); Diversität im Grundwasserökosystem, besonders gefährdet durch Absenkungen/Einträge	Nahezu flächendeckende Landwirtschaftlicher Nutzung (80% der Fläche) mit geringer Relevanz für biologische Vielfalt (außer Agrodiversität); Schutzgebiete: Dolomitgebiet	Großflächige landwirtschaftliche Nutzung (60% der Fläche) mit geringer Relevanz für biologische Vielfalt (außer Agrodiversität); Schutzgebiete: Mittleres Zwickauer Muldetal; Erlbach- und	++

	↙	Diversität hat Einfluss auf GW-Qualität, z.B. durch denitrifizierende Bakterien	Ostrau und Jahnatal (Abbildung 35)	Aubachtal bei Rochlitz (Abbildung 36)	
Bauwesen	↗	Absinken oder Ansteigen des GW können die Stabilität von Fundamenten und Bauwerken stören	Hauptsächlich relevant in größeren Siedlungen, hier Ostrau, siehe Abbildung 37	Hauptsächlich relevant in größeren Siedlungen, hier Rochlitz, siehe Abbildung 38	+
	↙	Flächenversiegelung mindert die GW-Neubildung			
Menschliche Gesundheit	↗	Wasserversorgung der Bevölkerung bei Versorgung aus lokalen Quellen GW-Güte (Ausbreitung von Krankheitserregern durch höhere Temperaturen (Menberg et al. 2014)) Stadtgrün als Beitrag zu menschl. Gesundheit	Sehr hoher Anschlussgrad an Wasserversorgung (100%, siehe Abbildung 39), daher kein Risiko von Versorgungsausfällen bei lokaler Versorgung; kein Anschlussbedarf	Hoher Anschlussgrad an Wasserversorgung (93%, siehe Abbildung 39), daher geringes Risiko von Versorgungsausfällen bei lokaler Versorgung; Gemeinden mit erhöhtem Anschlussbedarf (Anzahl nicht angeschlossener EW): Seelitz (450); Zettlitz (144); Wechselburg (111)	+
	↙	Eintrag von Arzneimitteln und Medikamentenrückständen ins Grundwasser			
Verkehr und Verkehrsinfrastruktur	↗	Absinken oder Ansteigen des GW können die Stabilität stören	Mittlere bis hohe Dichte an Verkehrsinfrastruktur (Autobahn: 1 km; Bundesstraße: 4 km)	Mittlere bis hohe Dichte an Verkehrsinfrastruktur (Bundesstraße: 29 km)	+
	↙	Flächenversiegelung durch Straßen vermindert lokale GWN-Rate; Abgase und Schadstoffe werden durch Auswaschung in der Luft mit Niederschlägen ins Grundwasser eingebracht; Direkter Verschmutzungseintrag von Straßen (Abrieb, Öle, Reinigungsmittel, Streusalz ...)			
Wasserhaushalt/ Wasserwirtschaft/ Meeresschutz	↗	Wasserversorgung in Dtl. hauptsächlich GW-basiert Minderung GW-Qualität erhöht Kosten	Regionale Versorgung durch lokale Wasserfassungen mit großer Fördermenge in der	Lokale Versorgung durch Quelfassungen; regionale Versorgung größtenteils durch	++

		Aufbereitung Oberflächenwasser durch Quellgebiete und zuströmendes GW beeinflusst	Jahna-Aue, dadurch große Relevanz	Fernwasser (80%), dadurch mittlere Relevanz	
	↙	Niederschläge wirken sich auf GW-Neubildung aus Wasserentnahme wirkt sich auf GW-Stände aus			
Boden	↗	Bodenfeuchte und damit Bodenökosystem, Bodeneigenschaften vom GW beeinflusst	Nur in den Auebereichen Böden direkt vom Grundwasser beeinflusst. Sonst Böden mit sehr geringer Durchlässigkeit und hohen Rückhaltevermögen. Sehr geringe Grundwasserneubildung aber hoher Rückhalt an Stoffen.		0
	↙	Bei Veränderungen der GW-Flurabstände (besonders Verringerung) Stoffeinträge aus Altlasten im Boden			
Tourismus	↗	Wasserbedarf im Tourismusbereich u.U. erhöht (Hotelanlagen, Wellnessangebote)	Kein stark frequentiertes Tourismusgebiet, dadurch Mehrbedarf an Wasser durch Tourismus sehr gering		-
Industrie und Gewerbe	↗	Abhängigkeit von Wasserverfügbarkeit als Ressource und Kühlmittel	Keine Papierindustrie, Chemische Industrie, Textilindustrie (als besonders wasserabhängige Industrien); generell wenig größere Industriestandorte in den Untersuchungsgebieten (siehe Abbildung 40)		-
	↙	Stoffeinträge im Fall von Havarien (z.B. nach Extremereignissen)			
Energiewirtschaft	↙	Braunkohleabbau: Grundwasserabsenkung, Veränderungen der GW-Beschaffenheit; Schadstoffeintrag bei Ansteigen der GW- Spiegels nach Schließung des Tagebaus	Braunkohleabbau in Sachsen in Lausitzer und Mitteldeutschem Braunkohlerevier (siehe Abbildung 41), im Gebiet nicht relevant; keine Kraftwerke im Gebiet	Braunkohleabbau in Sachsen in Lausitzer und Mitteldeutschem Braunkohlerevier (siehe Abbildung 41), im Gebiet nicht relevant; Wasserkraftanlage Rochlitz	-
	↗	Thermische Kraftwerke: Kühlwasserbedarf, Temperaturschwankungen im Wasser problematisch Wasserkraftwerke: Ressourcenverfügbarkeit			
Finanzwirtschaft	↗	Keine direkte Abhängigkeit, langfristig über Wirtschaftssituation, Versicherungszahlungen	Aufgrund der geringen Relevanz für das Grundwasser erfolgt hier keine detaillierte Betrachtung		-
	↙	Förderung von Maßnahmen			

3.6.1. Landwirtschaft

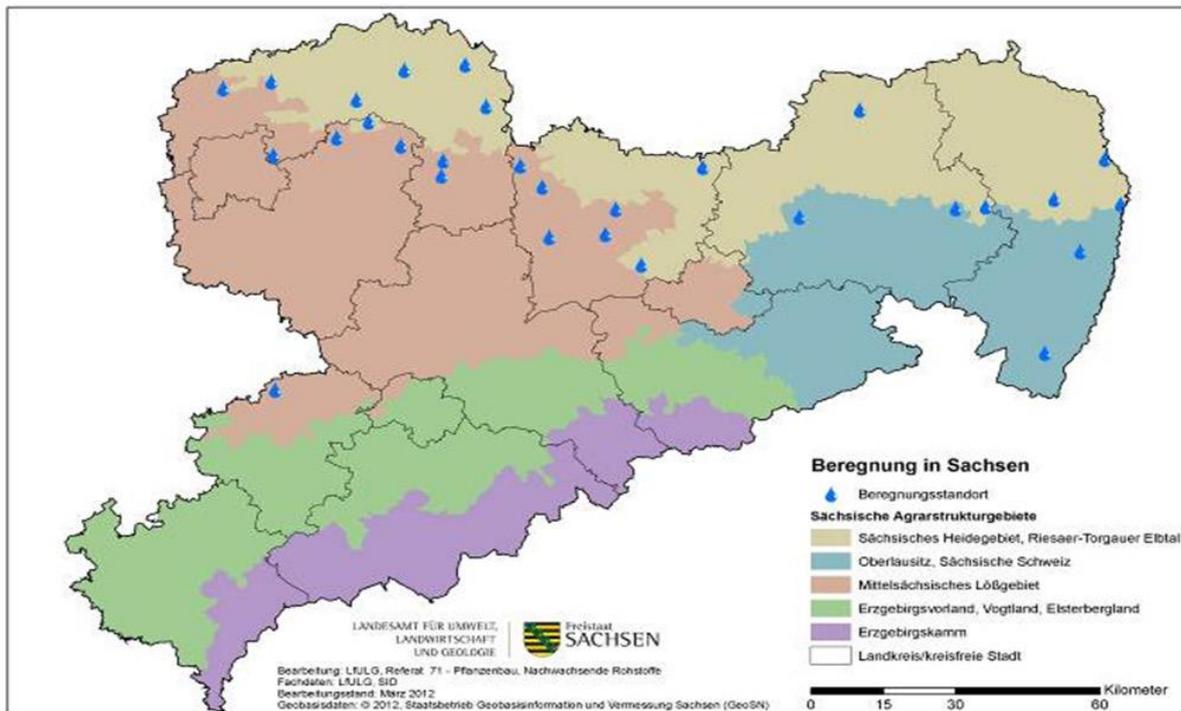


Abbildung 32: Bewässerung in Sachsen. Quelle: Jäkel (2013)

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft sind zahlreich; von Schäden durch Extremereignisse bis hin zu Produktionseinbußen bei der Tierhaltung und können hier nicht einzeln im Detail betrachtet werden. In Bezug auf das Grundwasser ist jedoch vor allem der Einfluss des erhöhten Bewässerungsbedarfs durch stärkere sowie langanhaltendere Hitze- und Trockenphasen relevant. Entscheidend ist außerdem der Einfluss der Landwirtschaft selbst auf das Grundwasser durch Stoffeinträge, die die Grundwasserqualität erheblich verändern.

Synergien/Konflikte zu anderen Handlungsfeldern und zu Maßnahmen des Grundwasserschutzes:

Nutzungskonflikt mit allen GW-abhängigen Handlungsfeldern: Im Falle großer Trockenheit, einem Rückgang des Grundwasserdargebotes und damit der möglichen Entstehung von Versorgungsengpässen kann es zu Konflikten bezüglich der Verteilung von verfügbaren Wasserressourcen kommen.

Die Bewässerung von Agrarflächen aus ressourcenschonenden Quellen (inklusive der Beschaffung bzw. Sammlung des nötigen Wassers in Rückhaltebecken und Speichern) kann zur Erhöhung der Grundwasserneubildung beitragen, da nicht immer das gesamte Wasser von den Pflanzen aufgenommen wird. Die Grundwasserneubildungsrate ist unter Agrarflächen deutlich höher als z.B. unter Wald (siehe Kapitel 4.2.1). Voraussetzung hierfür ist jedoch eine Ackerbewirtschaftung ohne Drainagen, bei der das Wasser in tiefere

Bodenschichten versickern kann. Bei höherer Bodenfeuchte ist außerdem die Aufnahmefähigkeit der Pflanzen für Düngemittel höher, sodass hier der Nitratreintrag in den Boden verringert wird.

Biologische Vielfalt: Beim Einsatz bzw. der Entwicklung angepasster Pflanzensorten, bspw. mit höherer Trocken- und Hitzeresistenz, können Konflikte mit der Erhaltung der vorherrschenden (Agro-) Biodiversität entstehen. Durch das Einbringen neuer (invasiver) Arten können neben den eigentlichen Agrarflächen durch Ausbreitung auch umliegende Biotope betroffen sein. Andererseits kann durch die Erweiterung des Anbauspektrums eine Auflockerung der Fruchtfolgen und damit potentiell eine positive Wirkung auf die Agrobiodiversität erzielt werden.

Relevante Akteure:

Landwirte und -verbände, Wasserversorger, Abteilung Umwelt, Forst und Landwirtschaft des LK Mittelsachsen

3.6.2. Wald- und Forstwirtschaft

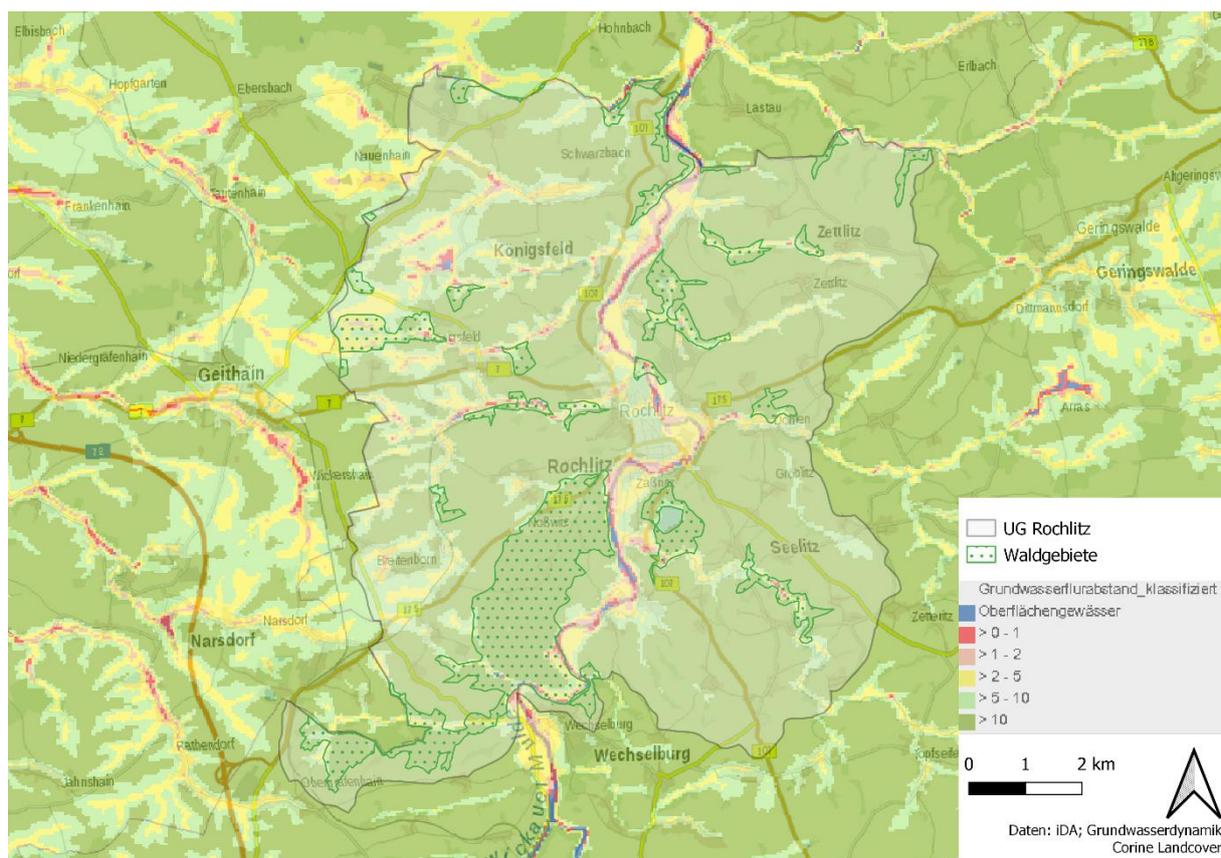


Abbildung 33: Waldgebiete im Untersuchungsgebiet Rochlitz sowie Grundwasserflurabstände.

Ebenso wie andere Ökosysteme werden die Waldgebiete vor allem durch anhaltenden Trocken- und Hitzestress vom Klimawandel beeinflusst. Auch der Rückgang der Grundwasserneubildung wirkt hier verstärkend. Vor allem solche gestressten Wälder sind anfällig für Folgeschäden wie erhöhtem Schädlingsbefall oder Anfälligkeit gegenüber Sturmschäden.

Synergien/Konflikte zu anderen Handlungsfeldern und zu Maßnahmen des Grundwasserschutzes:

Die Auswahl passender Baumarten bei einem möglichen Waldumbau birgt ein gewisses Konfliktpotential zwischen Grundwasserschutzmaßnahmen, Biodiversitäts- und Naturschutzgesichtspunkten und der Robustheit gegenüber anderen Klimawandelauswirkungen wie Schädlingsresistenz oder Stabilität bei Stürmen. So werden beispielweise vielerorts Baumarten mit hoher Robustheit gegenüber Trockenperioden, Schädlingen oder extremen Witterungsereignissen eingesetzt, die jedoch eine relativ geringe Grundwasserneubildungsrate aufweisen (siehe Kapitel 4.2.1), und durch ihre teilweise invasive Ausbreitung naturschutzfachliche Bedenken hervorrufen. Eine Strategie, die einen guten Kompromiss zwischen den verschiedenen Konfliktfeldern bietet, ist der langfristige Umbau von Reinbeständen zu (naturnahen) Laub- und Mischbeständen. Dies wiederum kann im Konflikt zu forstwirtschaftlichen Interessen (Ertrag) stehen.

Relevante Akteure:

Forstwirte, Waldbesitzer, Wasserversorger, Abteilung Umwelt, Forst und Landwirtschaft des LK Mittelsachsen

3.6.3. Fischerei

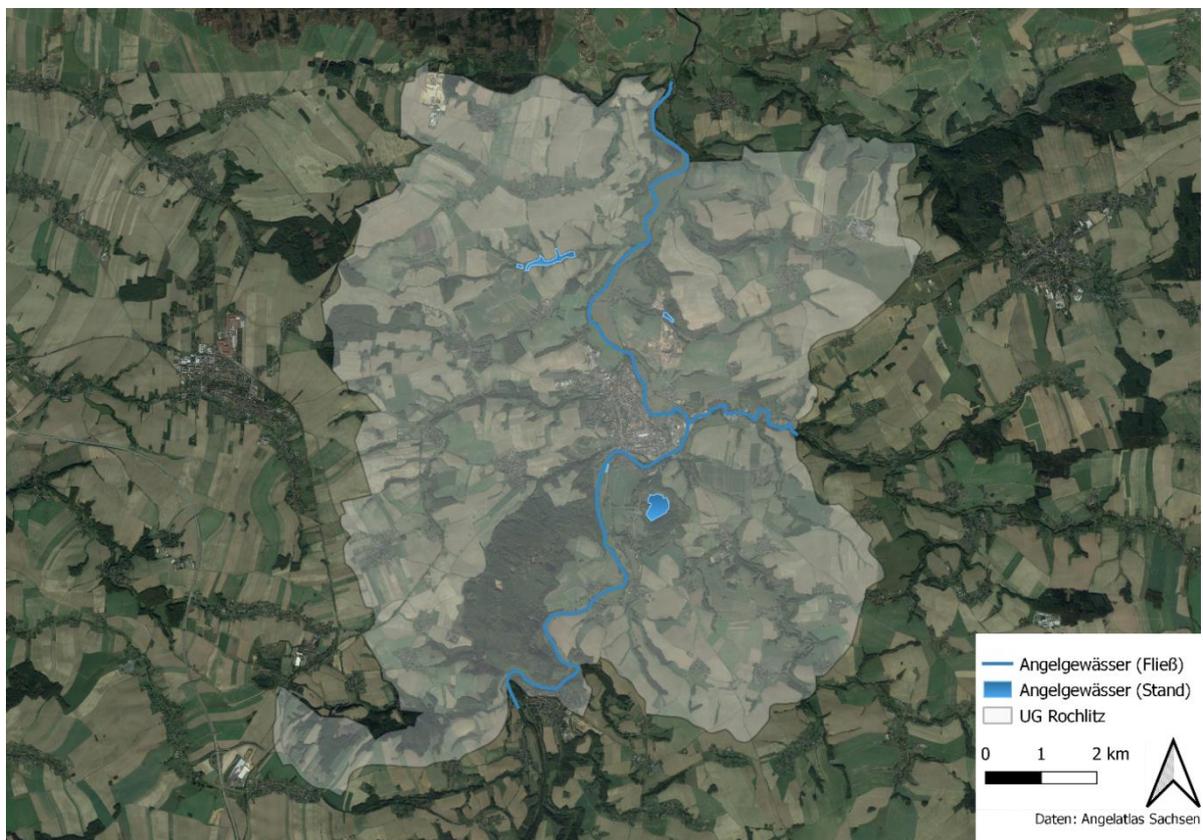
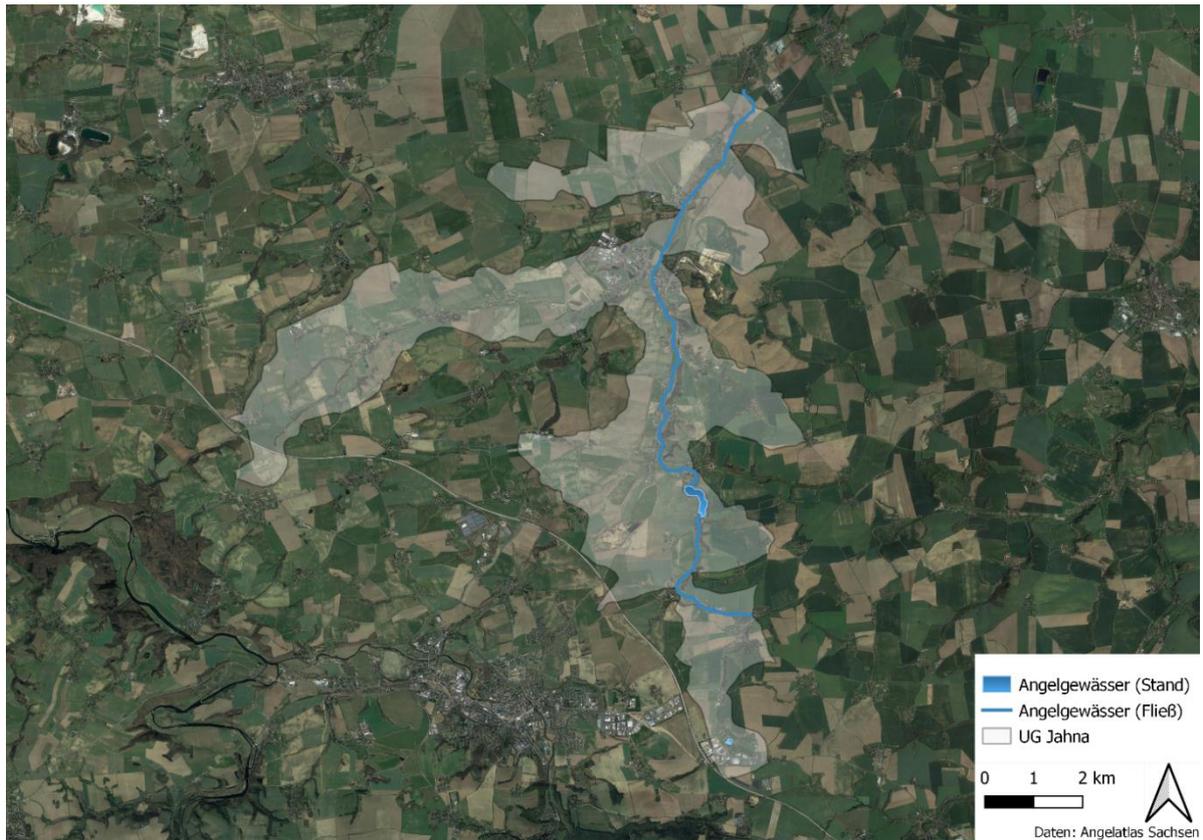


Abbildung 34: Karten der Angelgewässer in den beiden Untersuchungsgebieten. Oben: Ostrau/ Jahnaue; Unten: Raum Rochlitz

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Binnenfischerei sind derzeit noch nur wenig abschätzbar. Das Grundwasser kann hier vor allem durch seinen Einfluss auf naheliegende Oberflächengewässer ein Faktor für z.B. die Gewässergüte sein.

Synergien/Konflikte zu anderen Handlungsfeldern und zu Maßnahmen des Grundwasserschutzes:

Durch den Einsatz nachhaltiger Aquakulturen bzw. heimischer Fischfauna können sowohl Konflikte als auch Synergien mit den Zielen des Schutzes der biologischen Vielfalt entstehen.

Relevante Akteure:

Untere Wasserbehörde (Referat Wasserbau, Gewässer- und Hochwasserschutz des LK Mittelsachsen), Angelvereine

3.6.4. Biologische Vielfalt

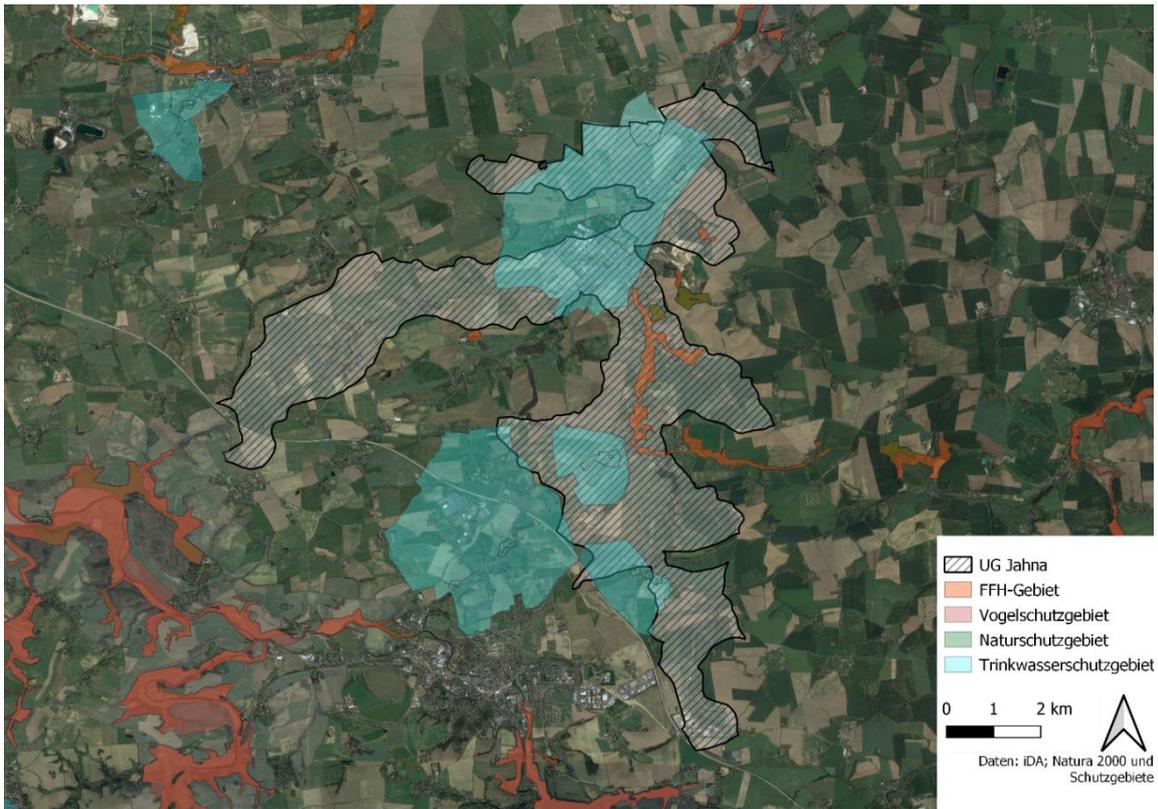


Abbildung 35: Schutzgebiete im Untersuchungsgebiet Ostrau/ Jahnaue

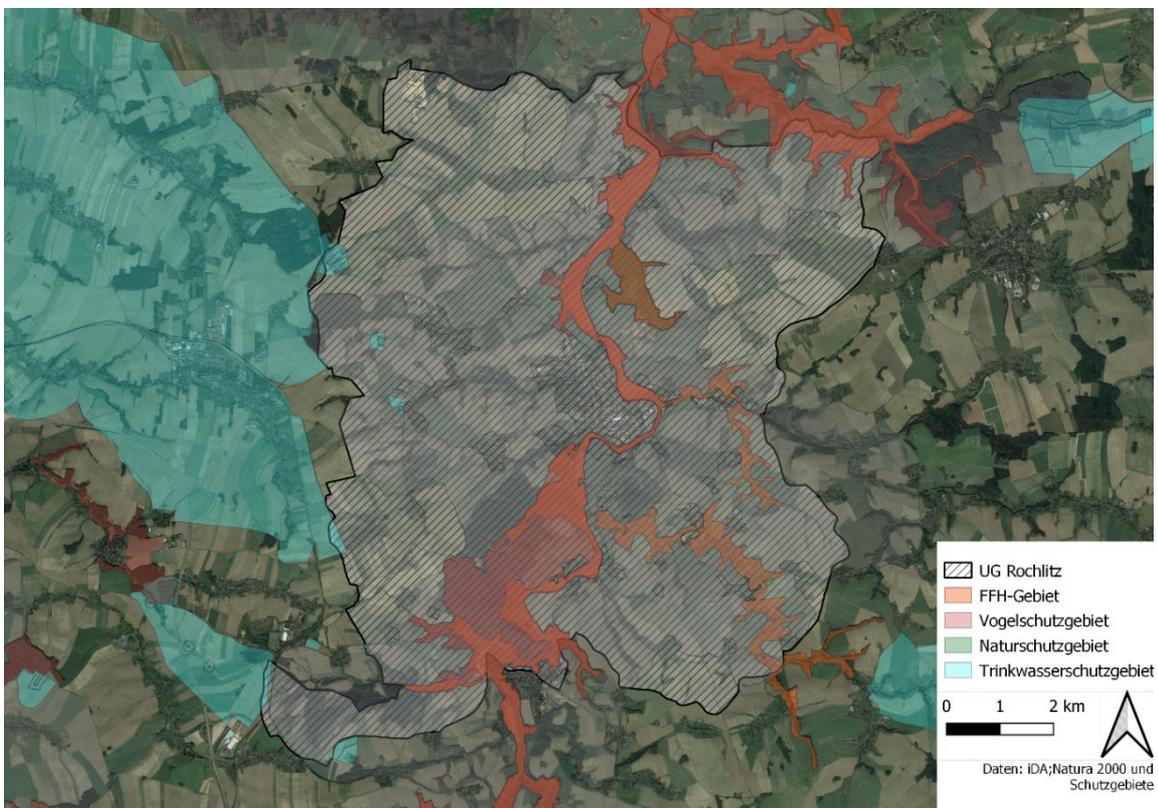


Abbildung 36: Schutzgebiete im Untersuchungsgebiet Raum Rochlitz

Ein Rückgang und/oder die Umstrukturierung biologischer Vielfalt durch die Veränderungen des Klimawandels sind z.T. heute schon zu beobachten. Dabei kommt es sowohl zum Aussterben von Arten oder Artengruppen, als auch zur Veränderung der Zusammensetzung von Gemeinschaften. Besonders gefährdet sind hier Gebirgs- und Küstenregionen, Gewässer, Feuchtgebiete und kleinräumige Sonderstandorte. Durch den hohen Flächenanteil landwirtschaftlicher Nutzflächen ist in den beiden Betrachtungsgebieten vor allem die Agrobiodiversität relevant, welche vor allem bei Umstellung der landwirtschaftlichen Nutzformen oder Anbaustrategien (siehe Kapitel 3.6.1) zu berücksichtigen wäre.

Synergien/Konflikte zu anderen Handlungsfeldern und zu Maßnahmen des Grundwasserschutzes:

Konflikte können vor allem durch Raumnutzung entstehen. Bauliche Maßnahmen wie Schutzdämme oder Auffangbecken benötigen Platz, welcher unter Umständen mit Verlust oder zumindest Umstrukturierung von Biotopen verbunden ist. Bei entsprechender Planung können solche Strukturen, beispielsweise naturnahe Speicher oder Rückhaltebecken, aber auch als zusätzliches Biotop dienen und damit neuen Artengemeinschaften Platz bieten.

Bestrebungen, die beispielweise im Sinne des Grundwasserschutzes den Eintrag von Schad- und Nährstoffen in den Boden minimieren, nützen gleichzeitig der Erhaltung von Lebensräumen.

Relevante Akteure:

Abteilung Umwelt, Forst und Landwirtschaft des LK Mittelsachsen, Landwirte und -verbände, Umweltverbände

3.6.5. Bauwesen

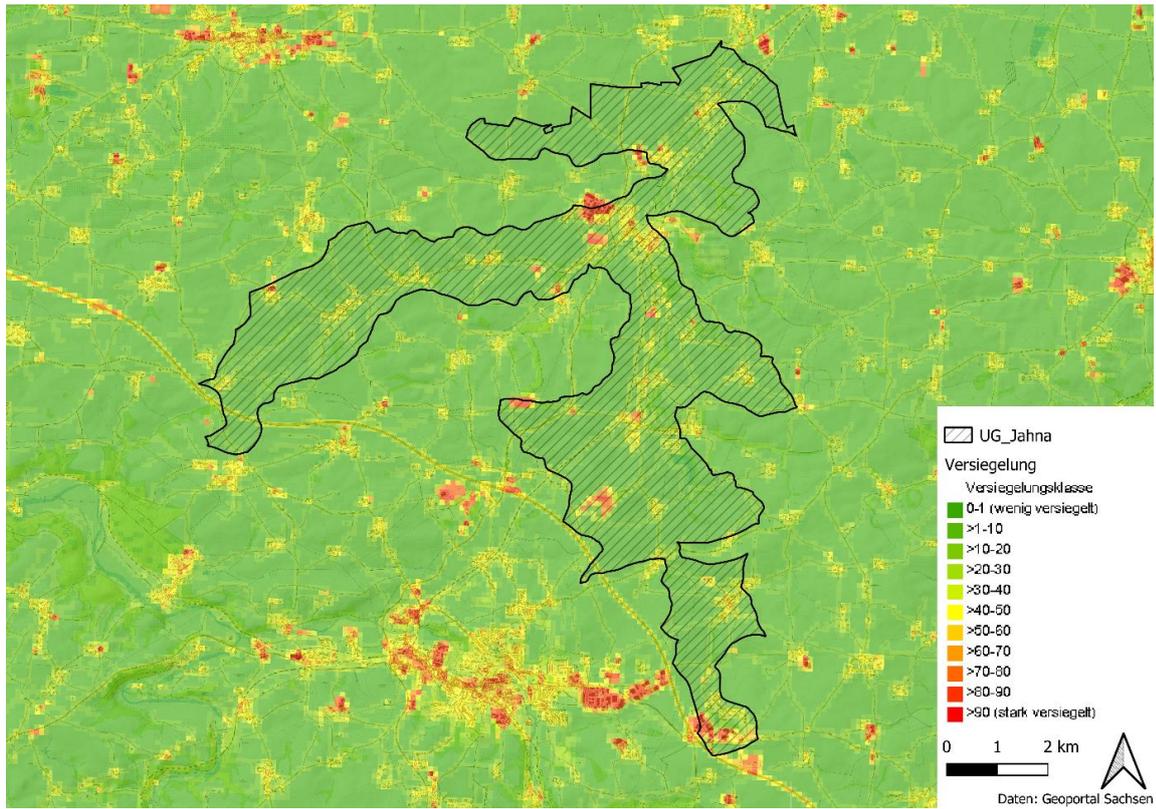


Abbildung 37: Versiegelungsgrad im Untersuchungsgebiet Ostrau/Jahnaue

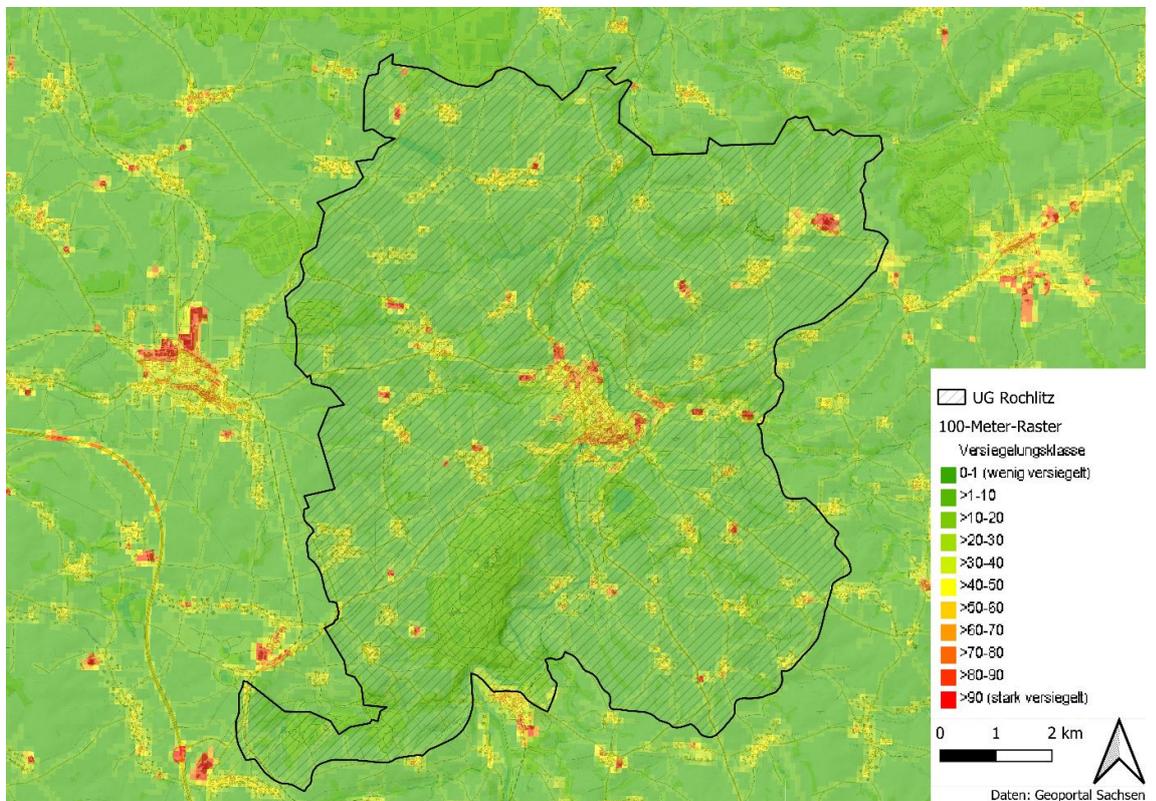


Abbildung 38: Versiegelungsgrad im Untersuchungsgebiet Raum Rochlitz

Langanhaltende Hitzewellen, zunehmender Starkregen und stärkere Stürme können Gefahren für Gebäude, Bauwerke und Infrastruktur (z.B. Kanalisation) darstellen, dazu kommen momentan noch nicht abschätzbare Folgen von bspw. höherer Feuchtigkeit im Winter. Damit ergeben sich voraussichtlich Handlungsanforderungen für das Bauwesen. Dabei kommen vor allem in dicht bebauten Gebieten die Effekte des Stadtklimas zum Tragen. Es werden hauptsächlich Anpassungen an größere und langanhaltende Hitze vonnöten sein, wie Isolierungen, Verschattungen und (klimafreundliche) Klimaanlage. Auch die Auswahl der Baumaterialien muss sich durch eine höhere Belastbarkeit an die Veränderungen anpassen. Bei baulichen Maßnahmen muss außerdem noch stärker auf die lokalen Gegebenheiten geachtet werden, so können beispielsweise klimawandelbedingte Absenkungen des Grundwassers die Stabilität von Gebäudefundamenten beeinträchtigen.

Synergien/Konflikte zu anderen Handlungsfeldern und zu Maßnahmen des Grundwasserschutzes:

Menschl. Gesundheit: siehe oben.

Relevante Akteure:

Bauämter der Kommunen

3.6.6. Menschliche Gesundheit

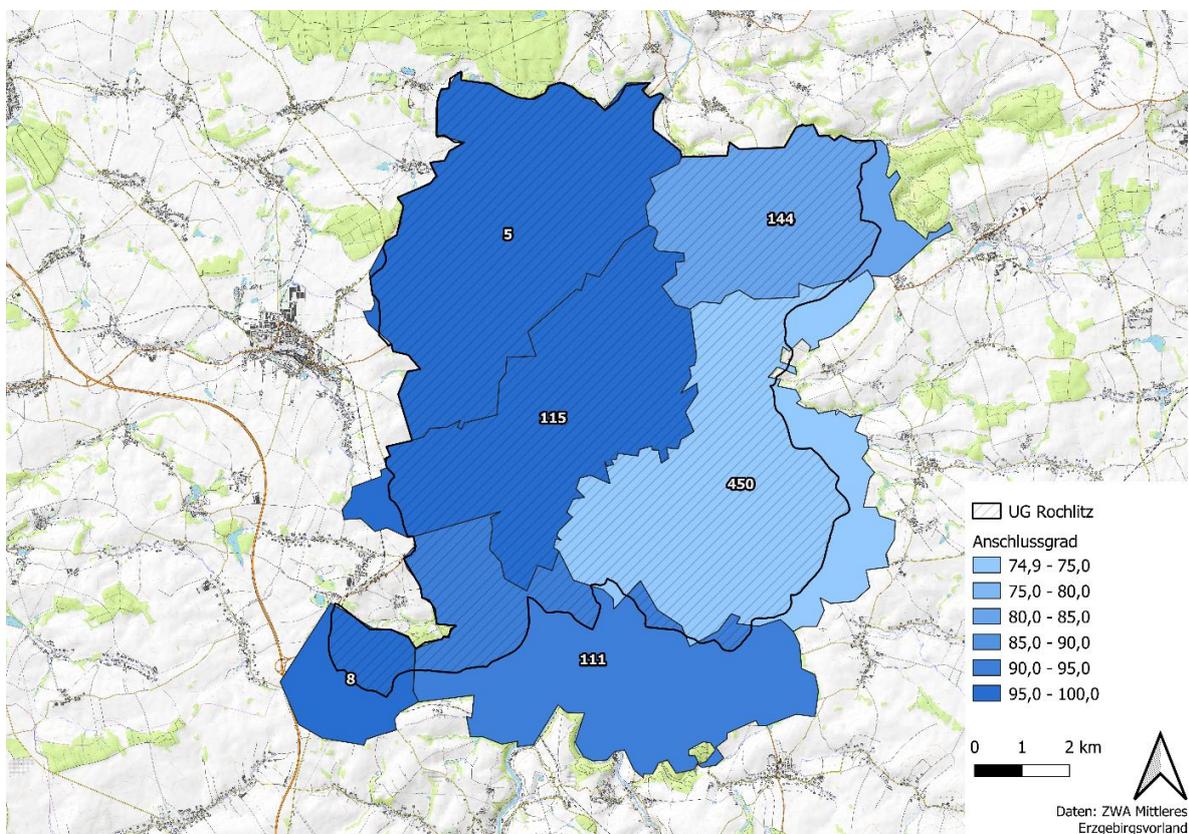
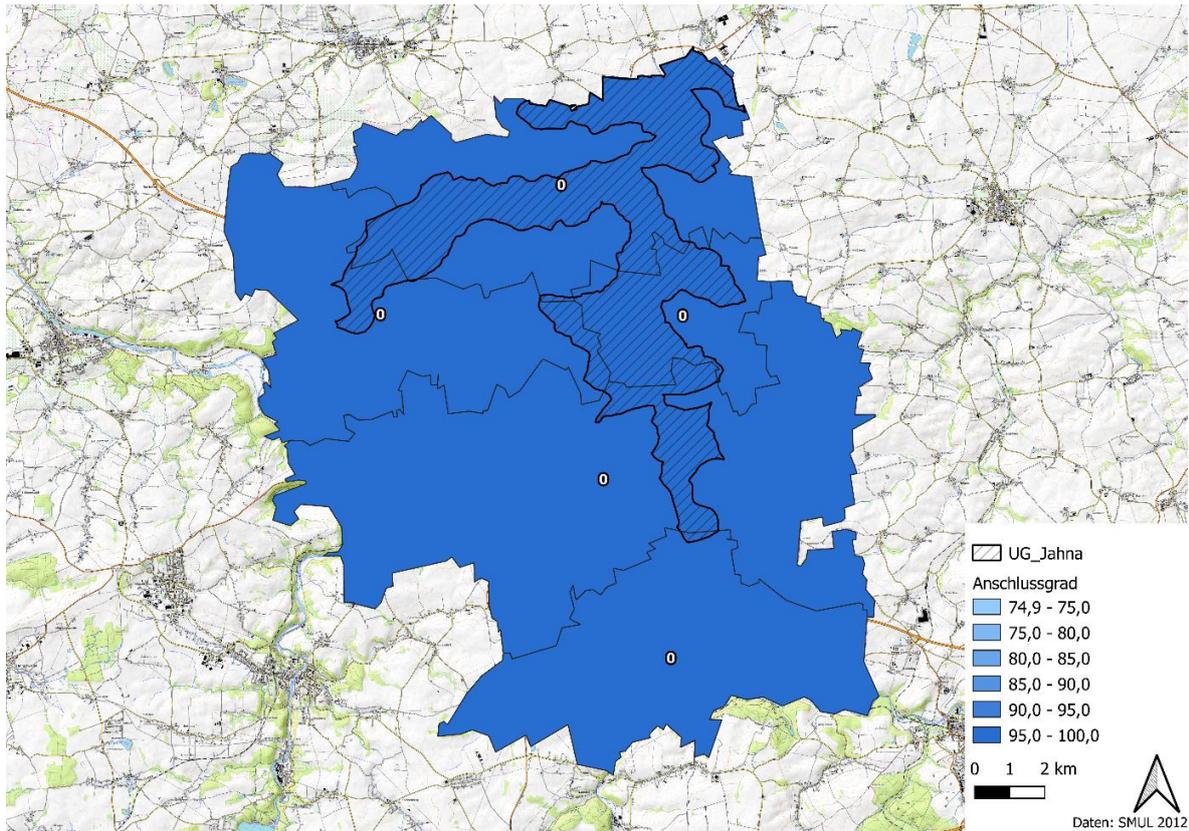


Abbildung 39: Anschlussgrad an die Wasserversorgung im Untersuchungsgebiet Ostra/Jahnaue (oben) und Rochlitz (unten) nach Gemeinden, angegeben ist außerdem die Zahl der nicht angeschlossenen Einwohner pro Gemeinde

Die Folgen des Klimawandels sind auch bereits im Handlungsfeld der menschlichen Gesundheit spürbar. Besonders im Bereich der Wasserwirtschaft besteht die Gefahr einer vermehrten Ausbreitung von Krankheitserregern, vor allem aufgrund des erhöhten Temperaturniveaus des Wassers. Inwiefern dies auch auf das Grundwasser zutrifft ist noch nicht ausreichend erforscht, es ist jedoch nachgewiesen, dass auch das Grundwasser den allgemeinen Temperaturveränderung mit einem gewissen zeitlichen Versatz folgt, und somit wäre eine Ausbreitung neuer Keime durchaus denkbar (Menberg et al. 2013). Neben der Ausbreitung von Erregern im Grundwasser selbst ist noch nicht erforscht, inwiefern Verunreinigungen oberflächlicher Gewässer, die im Kontakt mit dem Grundwasser stehen, dieses beeinflussen können. Beispielsweise könnten die bei Cyanobakterien-Blüten im Oberflächenwasser entstehenden Giftstoffe möglicherweise ins Grundwasser übergehen.

Für die Wasserversorgung sind außerdem gesundheitliche Risiken in Zeiten anhaltender Hitze und Trockenheit relevant, da es hier zu einer Zunahme von Herz-Kreislaufkrankungen, Atemwegsproblemen, Stoffwechselstörungen, bis hin zu Organversagen usw. kommen kann, welche durch eine erhöhte Flüssigkeitsaufnahme gemindert werden können.

Durch Extremereignisse, wie zum Beispiel Überflutungen, kommt es auch immer wieder zur Verletzung von Menschen, oder zu einer Abtrennung von der Versorgung mit überlebenswichtigen Gütern wie Wasser, Lebensmitteln und Energie.

Synergien/Konflikte zu anderen Handlungsfeldern und zu Maßnahmen des Grundwasserschutzes:

Bauwesen: Im Rahmen der Stadtplanung kann durch geeignete Architektur und andere Strukturen dazu beigetragen werden, Hitzestress in Städten zu vermeiden. Eine Maßnahme hierzu ist unter anderem die Reduzierung von Versiegelung, welche zu einer geringeren Hitzebelastung führt. Gleichzeitig trägt dies auch zu einer erhöhten Grundwasserneubildung bei, womit eine Grundwasseranreicherung (Kapitel 4.2.1) unterstützt wird.

Vorsorgemaßnahmen im Bauwesen können außerdem die Auswirkungen von Extremereignissen reduzieren. Hier kann eine Synergie zwischen Gesundheit und Grundwasserschutz bestehen: Wenn durch geeignete bauliche Maßnahmen (beispielsweise Auffangbecken) das Risiko für Überflutungen und damit gesundheitliche Schäden der ansässigen Menschen vermindert wird, kann gleichzeitig aus entsprechenden Becken eine Anreicherung des Grundwassers (siehe Kapitel 4.2.1) erfolgen.

Nutzungskonflikt mit allen GW-abhängigen Handlungsfeldern: Im Falle großer Trockenheit, dem resultierenden Rückgang des Grundwasserdargebotes und der damit möglichen Versorgungsengpässe kann es zu Konflikten bezüglich der Verteilung von verfügbaren Wasserressourcen kommen. Beispielsweise könnte die Bewässerung in der Landwirtschaft aufgrund der Priorisierung der Versorgung der Bevölkerung nicht mehr aufrechterhalten werden.

Relevante Akteure:

Wasserversorger (ZWA Döbeln-Oschatz, ZWA Mittleres Erzgebirgsvorland), Gesundheitsamt des LK Mittelsachsen, Referat Brandschutz, Rettungsdienst und Katastrophenschutz des LK Mittelsachsen

3.6.7. Verkehr und Verkehrsinfrastruktur

Verkehr und die Verkehrsinfrastruktur werden durch viele (Extrem-) Wetterlagen wie Stürme, Überschwemmungen, Glätte usw. beeinflusst. Dabei spielt das Grundwasser selbst jedoch eine sehr untergeordnete Rolle: Wie bereits im Bauwesen (Kapitel 3.6.5) beschrieben, kann es lokal durch Grundwasserabsenkungen – oder Hebungen – zur Destabilisierung von Baustrukturen kommen. Auch anderweitige Witterungsbedingte Schäden werden nach DAS als nur bedingt relevant eingeschätzt, da durch die Verwendung entsprechender Baumaterialien in vielen Fällen gut vorgesorgt werden kann. Ähnliches gilt für die Schieneninfrastruktur, hier ist zusätzlich die Sicherheit der Signalübertragung in den Leitungen zu beachten. Binnen- und Seeschifffahrt sowie Flugverkehr sind für das Gebiet Mittelsachsen nicht relevant. Für das Grundwasser von Bedeutung ist jedoch der Einfluss der Verkehrsinfrastruktur auf Qualität und Neubildungsrate. So kommt es an Straßen zu erhöhten Stoffeinträgen wie zum Beispiel Streusalz, Reifenabrieb, oder Kontamination bei Unfällen durch Öl und andere Gefahrstoffe. Die Versiegelung durch den Straßenbau mindert außerdem die zur Verfügung stehende Versickerungsfläche.

Synergien/Konflikte zu anderen Handlungsfeldern und zu Maßnahmen des Grundwasserschutzes:

Ein verminderter Versiegelungsgrad, welcher sich positiv auf die Grundwasserneubildung auswirkt, hat gleichzeitig positive Effekte auf andere Bereiche wie die Biodiversität, den Boden und letztendlich durch die Erhöhung des Dargebotes auf die Wasserwirtschaft. Auch das durch einen geringeren Versiegelungsgrad reduzierte Risiko von Schäden durch zum Beispiel Überschwemmungen hat positive Folgen für menschliche Gesundheit, Bauwesen, letztendlich Finanzwirtschaft und in Einzelfällen potenziell auf alle anderen Handlungsfelder (Beispielsweise Schäden in der Landwirtschaft durch Überschwemmungen). Daher sollte, wo möglich, der Versiegelungsgrad reduziert werden.

Relevante Akteure:

Bauämter der Kommunen, Abteilung Verkehr und Bauen des LK Mittelsachsen

3.6.8. Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz

Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt umfassen in diesem Bereich ein breites Spektrum von Extremereignissen wie Hochwasser und Dürren, Veränderungen der Grundwasserstände oder Veränderungen in der Wasserqualität. In Bezug auf das Grundwasser werden folgende Klimafolgen erwartet:

- eine Zunahme von Sturm- und Starkniederschlagsereignissen führt zu verstärkter Erosion, was zu einem erhöhten Eintrag von Schadstoffen und Düngemitteln in Grund- und Oberflächenwasser führen kann
- aufgrund der Versorgung aus dem Grundwasser werden in Deutschland keine grundsätzlichen Probleme der Trinkwasserversorgung erwartet. Hierbei können lokale Ausnahmen, wie im Untersuchungsgebiet, jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Daraus, und aus nicht-Grundwasser-bezogenen weiteren Folgen, ergeben sich bereits Handlungsanforderungen. So muss beispielsweise die Infrastruktur der Wasserversorgung angepasst werden, „um etwa Überflutungen von Mischkanalisationen bei Starkregenereignissen, Versorgungsengpässe in Trockenzeiten und der Verkeimung durch zu geringen Rohrdurchfluss oder zu hohe Leitungstemperaturen“ (DAS 2008, S. 22) entgegen zu wirken. Ein Aspekt ist hier auch der Umgang mit Niederschlagswasser, welches nachhaltig abgeleitet werden soll.

In dieses Handlungsfeld fallen außerdem Talsperren, Speicher und Rückhaltebecken. Diese können bei multifunktionaler Nutzung eine Vielzahl von Funktionen im Hochwasserschutz, der Wasserversorgung, Abflussregulierung, Grundwasseranreicherung u.v.m. erfüllen.

Trotz der grundsätzlich nicht erwarteten Probleme in der Grundwasserversorgung werden auch nach DAS 2008 durch regionale Trockenphasen Nutzungskonflikte erwartet. Daher wird der Einsatz von Verbesserungen der effizienten Wassernutzung, wie die Verwendung von Grauwasser oder Wassersparende Maßnahmen, empfohlen.

Auf Küsten- und Meeresschutz soll hier aufgrund der Irrelevanz für die Betrachtungsgebiete nicht weiter eingegangen werden.

Synergien/Konflikte zu anderen Handlungsfeldern und zu Maßnahmen des Grundwasserschutzes:

Bauwesen: Gezielte Baumaßnahmen, aber auch die Entsiegelung von Flächen, können neben anderen Effekten zum Hochwasser- und Überschwemmungsschutz beitragen. Damit kann, wie oben bereits beschrieben, auch zum Grundwasserschutz im Sinne einer Erhöhung der Grundwasseranreicherung beigetragen werden.

Nutzungskonflikt mit allen GW-abhängigen Handlungsfeldern: Im Falle großer Trockenheit, einem Rückgang des Grundwasserdargebotes und damit der möglichen Entstehung von Versorgungsengpässen kann es zu Konflikten bezüglich der Verteilung von zur Verfügung stehenden Wasserressourcen kommen.

Relevante Akteure:

Untere Wasserbehörde (Referat Wasserbau, Gewässer- und Hochwasserschutz des LK Mittelsachsen), Wasserversorger (ZWA Döbeln-Oschatz, ZWA Mittleres Erzgebirgsvorland), Abteilung Umwelt, Forst und Landwirtschaft des LK Mittelsachsen

3.6.9. Boden

Die Entwicklung von Böden, Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen ist durch die Veränderungen in Wasser- und Nährstoffkreisläufen und den Bodenbildungsprozessen/ Erosionsprozessen von Klimaänderungen abhängig. Veränderungen im System Boden haben direkte qualitative und quantitative Auswirkungen auf den Wasserkreislauf und damit auch auf das Grundwasser.

Synergien/Konflikte zu anderen Handlungsfeldern und zu Maßnahmen des Grundwasserschutzes:

Maßnahmen anderer Sektoren wie Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Naturschutz und Raumplanung erfüllen oft gleichzeitig Funktionen des Bodenschutzes, oder können in solcher Art und Weise geplant werden. Ein Beispiel hierfür ist der bereits unter 3.6.7 beschriebene Erosionsschutz.

Relevante Akteure:

Landwirte und -verbände, Forstwirte, Bauämter der Kommunen, Wasserversorger, Abteilung Umwelt, Forst und Landwirtschaft des LK Mittelsachsen, Abteilung Integrierte Ländliche Entwicklung und Geoinformation des LK Mittelsachsen

3.6.10. Tourismus

Im Allgemeinen kommt es zu Verschiebungen im Tourismusbereich durch den Klimawandel, es wird davon ausgegangen, dass es in Deutschland eher zu einer Zunahme durch eine Verlängerung der Sommersaison kommt. Für das Grundwasser gibt es in diesem Feld keine direkte Relevanz, abgesehen von den bereits beschriebenen Zusammenhängen, die auch den Tourismus einschließen. So besteht die Trinkwasserversorgungsproblematik einschließlich der möglichen Engpässe natürlich ebenso wie für die einheimische Bevölkerung auch für angereiste Touristen. In bedeutenden Tourismusregionen kann es hierdurch während der Tourismussaison zu erheblichem Versorgungsmehraufwand kommen.

Synergien/Konflikte zu anderen Handlungsfeldern und zu Maßnahmen des Grundwasserschutzes:

Eine erfolgreiche Tourismusindustrie wirkt sich positiv auf die Wirtschaftslage der Region aus.

Nutzungskonflikt mit allen GW-abhängigen Handlungsfeldern: Im Falle großer Trockenheit, einem Rückgang des Grundwasserdargebotes und damit der möglichen Entstehung von Versorgungsengpässen kann es zu Konflikten bezüglich der Verteilung von Wasserressourcen kommen.

Relevante Akteure:

Wasserversorger (ZWA Döbeln-Oschatz, ZWA Mittleres Erzgebirgsvorland),
Tourismusunternehmen

3.6.11. Industrie und Gewerbe

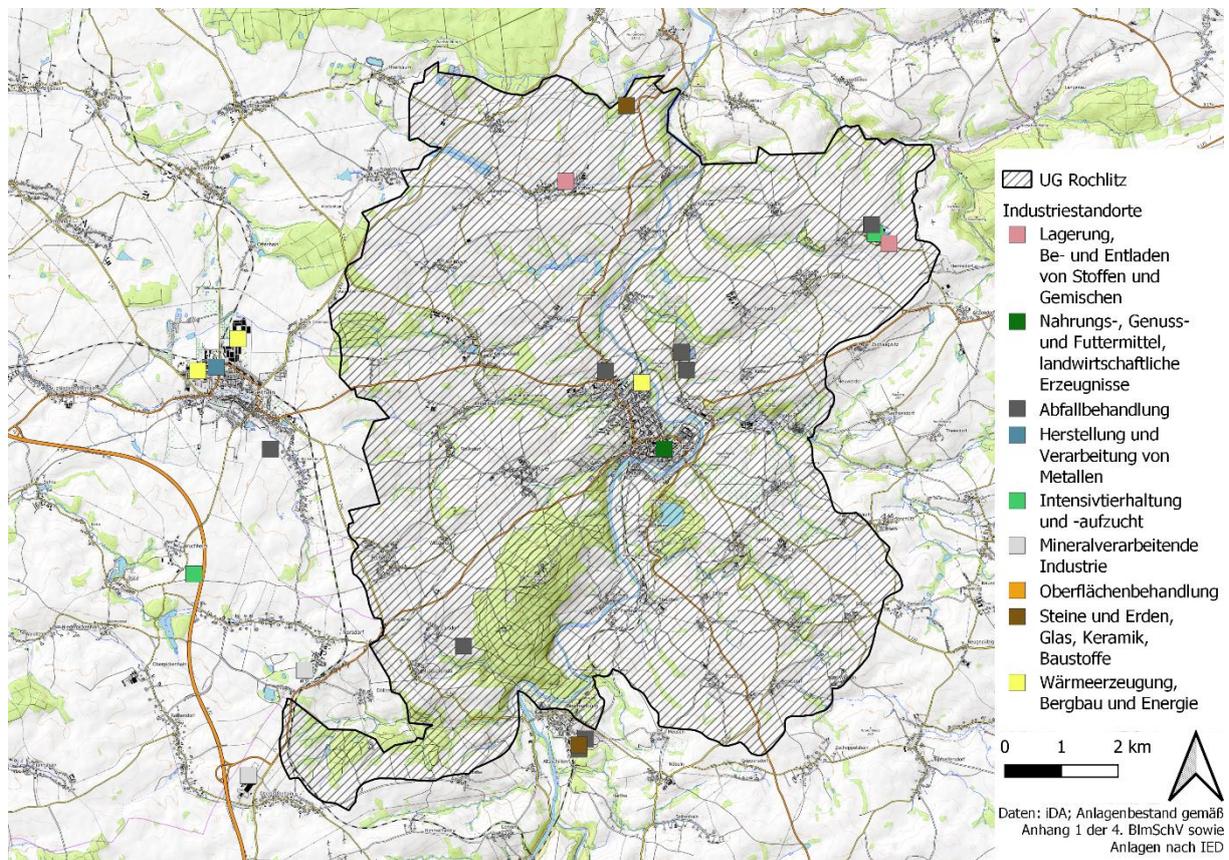
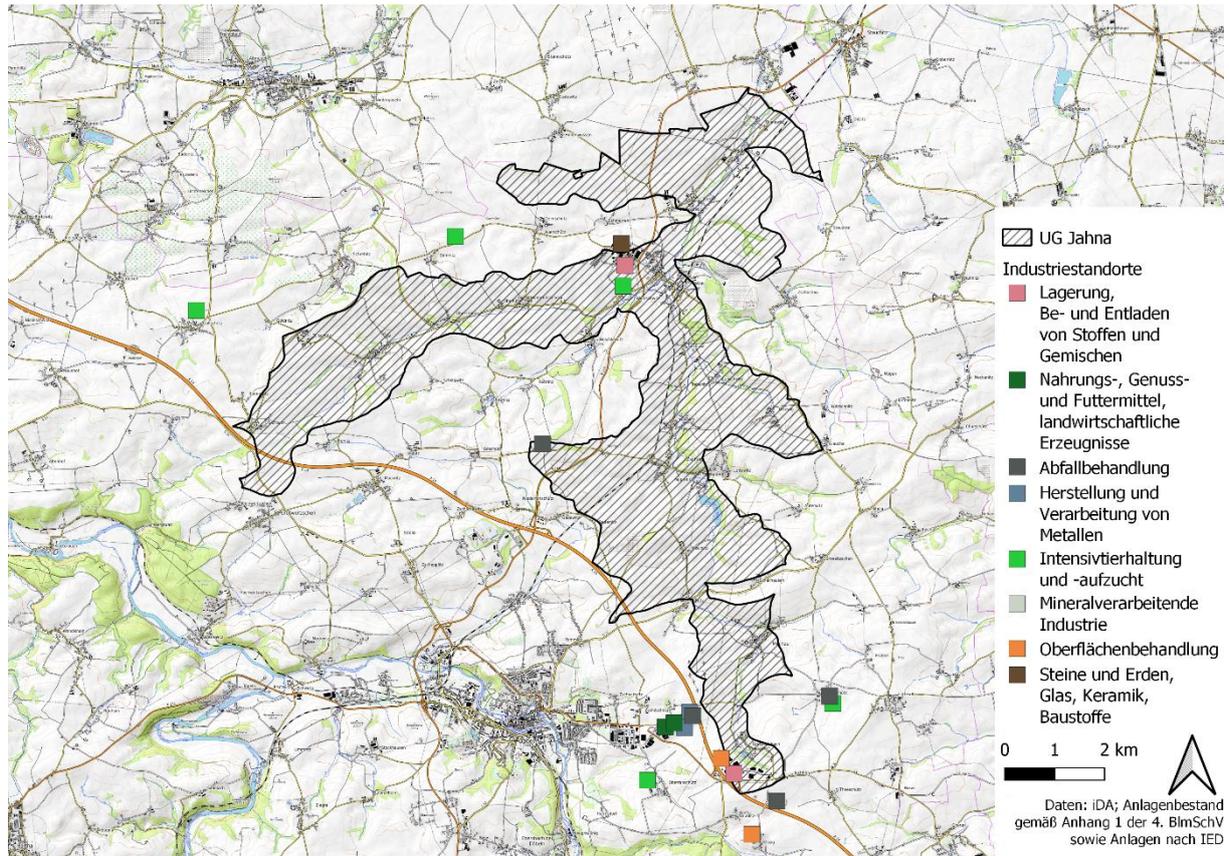


Abbildung 40: Industriestandorte in den Untersuchungsgebieten, Oben: Ostrau/ Jahnaue. Unten: Rochlitz.

Als wasserintensiv gelten vor allem die Chemie-, Papier- und Textilindustrie. Es liegen hier bereits zahlreiche Maßnahmen vor, mit denen Betriebe ihren Wasserbedarf als Ressource oder in Kühlkreisläufen reduzieren bzw. effizienter gestalten können, wie innerbetriebliches Wassermanagement und Kreislaufwasserbehandlung mit Wertstoffrückgewinnung. Wie bereits unter „Bauwesen“ beschrieben, können auch Betriebe von Extremwetterereignissen betroffen sein, beispielweise durch infrastrukturelle Schäden, aber auch Betriebsunterbrechungen. Eine zu beachtende Folge ist hier die Möglichkeit von Havarien infolge solcher Schäden, bei denen Gefahrstoffe ins Grundwasser eintreten können. Entsprechende Sicherheitsvorkehrungen sind daher besonders in solchen Betrieben, die mit potenziell umweltgefährdenden Stoffen arbeiten, von großer Wichtigkeit. Betriebsausfälle durch Schäden, aber auch durch Ressourcenmangel (zum Beispiel in der Wasserversorgung), können erhebliche finanzielle Konsequenzen nach sich ziehen.

Synergien/Konflikte zu anderen Handlungsfeldern und zu Maßnahmen des Grundwasserschutzes:

Auch in diesem Bereich greifen die bereits beschriebenen Maßnahmen zum Schutz vor Extremereignissen wie Überschwemmungen.

Nutzungskonflikt mit allen GW-abhängigen Handlungsfeldern: Im Falle großer Trockenheit, einem Rückgang des Grundwasserdargebotes und damit der möglichen Entstehung von Versorgungsengpässen kann es zu Konflikten bezüglich der Verteilung von Wasserressourcen kommen.

Relevante Akteure:

Unternehmen, IHK, Wasserversorger (ZWA Döbeln-Oschatz, ZWA Mittleres Erzgebirgsvorland), Referat Brandschutz, Rettungsdienst und Katastrophenschutz des LK Mittelsachsen

3.6.12. Energiewirtschaft

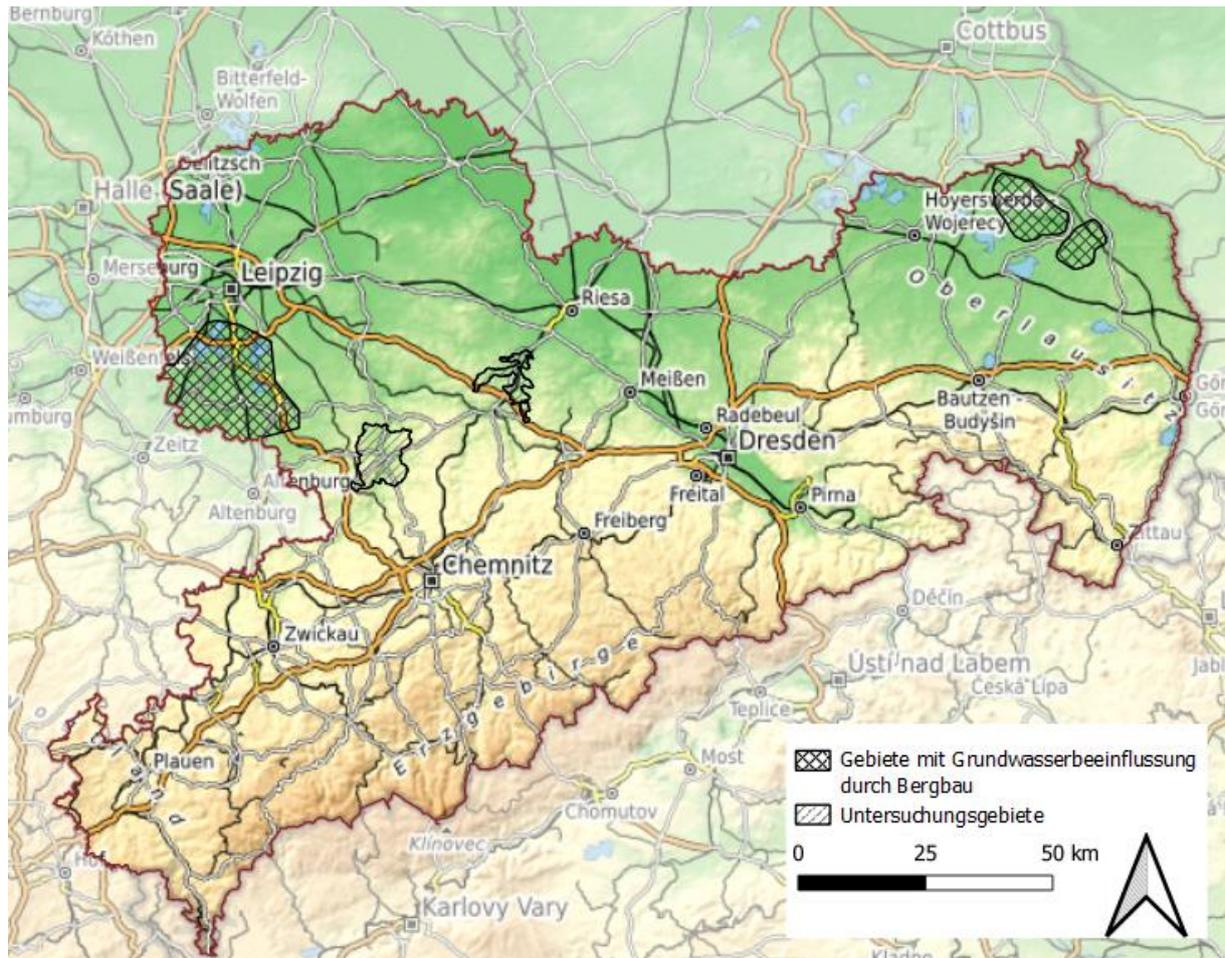


Abbildung 41: Gebiete in Sachsen, in denen sich der Bergbau auf das Grundwasser auswirkt

Neben Schäden durch Extremereignisse, die die Infrastruktur der Energiewirtschaft ebenso treffen können wie andere Bereiche, wirkt sich der Klimawandel in diesem Bereich vor allem durch eine Verschiebung des Bedarfs von Heiz- hin zu Kühlenergie aus. Damit steigt auch der Bedarf an entsprechendem Kühlwasser, welches heute noch in den meisten Fällen aus Grund- oder Oberflächenwasser gezogen wird. Neben der Problematik ansteigender Temperaturen vor allem in Letztgenanntem wirken sich hier bei anhaltender Trockenheit vor allem quantitative Veränderungen und das damit verbundene Absinken des Grundwasserspiegels aus. Auch das nach der Kühlung wieder ins Gewässer abgeleitete Wasser hat unter den veränderten Bedingungen unter Umständen höhere Temperaturen und beeinflusst damit das Wasserökosystem.

Eine weitere Auswirkung des Klimawandels und der damit verbundenen Wasserknappheit zeigte sich bereits 2015 im Wasserkraftwerk an der Rochlitzer Schlossmühle, wo aufgrund des niedrigen Wasserpegels die Stromproduktion zeitweise eingestellt wurde (Scharf 2015). Analog zu wasserabhängigen Industrien ist entsprechend auch die Energiewirtschaft an wasserabhängigen Standorten bei ansteigender Trockenheit ein Risikobereich. Größere Ausfälle würden hier weitreichende Konsequenzen haben.

Synergien/Konflikte zu anderen Handlungsfeldern und zu Maßnahmen des Grundwasserschutzes:

Nutzungskonflikt mit allen GW-abhängigen Handlungsfeldern: Im Falle großer Trockenheit, einem Rückgang des Grundwasserdargebotes und damit der möglichen Entstehung von Versorgungsgpässen kann es zu Konflikten bezüglich der Verteilung von Wasserressourcen kommen. Durch den erhöhten Energiebedarf unter Annahme größerer Hitzebelastung im Sommer, entsteht in der Energiewirtschaft ein erhöhter Kühlungsbedarf, der diesen Konflikt noch weiter verstärkt. Bei der Verwendung von Grundwasser als Kühlmedium wird in das Ökosystem Grundwasser eingegriffen. Dies hat unter Umständen gravierende Einflüsse auf die Biodiversität im Grundwasser, aber auch auf davon abhängige Ökosysteme.

In Bergbaugebieten wird durch die künstliche Absenkung des Grundwassers massiv in das System eingegriffen, dadurch kommt es zu Veränderungen des Grundwasserhaushaltes und damit zu Konflikten mit der Grundwasserversorgung.

Relevante Akteure:

Energieversorger, Wasserversorger

3.6.13. Finanzwirtschaft

Im Allgemeinen ist die Finanzwirtschaft vor allem durch die Zunahmen von Versicherungsschäden durch Schäden infolge von Extremwetterlagen vom Klimawandel betroffen. Auch die Planungssicherheit von langfristigen Investitionen nimmt durch die angenommene Häufung von schwer prognostizierbaren Extremereignissen ab. Langfristig können sich finanzielle Einbußen durch z. B. Ernteauffälle auf die Wirtschaft und damit auch auf die Finanzen auswirken. Ein unmittelbarer Zusammenhang mit der Verfügbarkeit von Grundwasser besteht jedoch nicht.

Synergien/Konflikte zu anderen Handlungsfeldern und zu Maßnahmen des Grundwasserschutzes:

Die Reduktion der Auswirkungen von Extremereignissen, wie bereits oben (beispielsweise unter Bauwesen) beschrieben, tragen direkt zur Verminderung der beschriebenen Auswirkungen auf die Finanzwirtschaft durch geringeren wirtschaftlichen und finanziellen Schaden bei. Wie bereits beschrieben, können solche Maßnahmen ebenfalls positive Effekte auf das Grundwasser, zum Beispiel durch Anreicherung mit aufgefangenem Wasser, bewirken.

Relevante Akteure:

Unternehmen, Versicherungsunternehmen

4. Handlungsoptionen

4.1. Kurzfristige Maßnahmen in Not- und Krisenzeiten

Nach DVGW-Hinweis W 1002 „Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Organisation und Management im Krisenfall“ (2008) unterliegt die Einstufung einer Krise dem Wasserversorger. Gemäß § 16 TrinkwV 2001 sind die Wasserversorgungsunternehmen verpflichtet, einen Maßnahmenplan aufzustellen, der die örtlichen Gegebenheiten der Wasserversorgung berücksichtigt. Dieser Maßnahmenplan muss Angaben darüber enthalten:

1. wie in Fällen, in denen die Wasserversorgung sofort zu unterbrechen ist, die Umstellung auf eine andere Wasserversorgung zu erfolgen hat und
2. welche Stellen im Falle einer festgestellten Abweichung zu informieren sind und wer zur Übermittlung dieser Information verpflichtet ist.

Im Folgenden sollen Optionen und Maßnahmen, die im Krisenfall die Bereitstellung von (Trink-) Wasser sichern, exemplarisch aufgezeigt werden (Abbildung 42). Diese können in die Aufstellung der o. g. Maßnahmenpläne einfließen.

Zu Not- und Krisensituationen kann es aufgrund verschiedener Ursachen kommen:

1) Kurzzeitige Erhöhung der Nachfrage

Zu einer kurzfristigen Erhöhung der Nachfrage kann es kommen, wenn beispielsweise durch Phasen anhaltender Trockenheit ein erhöhter Bedarf an Wasser entsteht. In Dürrephasen benötigen Landwirte mehr – oder überhaupt – Beregnung ihrer Flächen, auch Privatpersonen wässern verstärkt Gärten, bei Hitze entsteht in industriellen Betrieben erhöhter Kühlbedarf. Durch diese und andere Faktoren kommt es zu Bedarfspeaks, die kurzfristig zu einem starken Anstieg der notwendigen Versorgungsmengen über die verfügbaren Ressourcen hinausführen können.

2) Kurzzeitiger Abfall der Wasserqualität

Durch technische Defekte zum Beispiel in Aufbereitungsanlagen, aber auch durch kurzfristigen Wegfall von zur Verschneidung genutzten Versorgungsquellen, kann die notwendige Wasserqualität im Versorgungsgebiet nicht garantiert werden.

3) Ausfall einzelner Versorgungsquellen

Neben der oben beschriebenen Verringerung der Wasserqualität durch ausfallende Verschneidung, führt der Ausfall von einzelnen Versorgungsquellen auch zur Verringerung der verfügbaren Wassermenge, welche über andere Ressourcen ausgeglichen werden muss.

Krisensituationen	Kurzzeitige Erhöhung der Nachfrage	Kurzzeitiger Abfall der Wasserqualität	Ausfall einzelner Versorgungsquellen
Langfristige Maßnahmen	Aufbau von Netz- und Versorgungsverbänden		
	Abschluss von Notfallpartnerschaften		
	Aufstellung eines Notlagenbewältigungsplanes/ Notwasserversorgungsplanes		
	Vorhalten einer ausreichenden Desinfektionskapazität		
	Vorbereitung und Bereitstellung, Wartung der Notversorgung		
Notversorgungsmaßnahmen	Trinkwassertransportfahrzeuge (Tankwagen, Wasserwagen)		
	Mobile Ausrüstung des Wassertransports (Schnellkupplungsleitungen, Wechselbehälter)		
	Mobile Trinkwasseraufbereitungsanlagen		
	Verbundsysteme der Wasserversorgungsunternehmen		
	Notbrunnen		
	Priorisierung der Verbrauchsstellen		

Abbildung 42: Lang- und kurzfristige Maßnahmen zur Reaktion auf Not- und Krisensituationen

Die langfristigen Maßnahmen zur Vorbeugung von Versorgungsengpässen in Not- und Krisenzeiten umfassen neben der Erstellung eines klaren und detaillierten Planes zur Versorgung bei Ausfällen den Aufbau von Netzverbänden und Notfallpartnerschaften, um im Krisenfall auf andere Versorgungsquellen umsteigen zu können. Außerdem muss frühzeitig dafür gesorgt werden, dass die Notversorgungsmaßnahmen (leitungsgebunden und mobil) sowie entsprechende Desinfektionskapazität in ausreichendem Maße verfügbar und einsatzbereit sind (siehe Abbildung 42).

Im ZWA Mittleres Erzgebirgsvorland existiert bereits ein detaillierter Maßnahmenplan für Not- und Krisensituationen. Hier werden Ausfallszenarien, zum Beispiel der Ausfall einzelner Versorgungsquellen, aber auch größere Krisensituationen, wie der Ausfall sämtlicher Fernwassersysteme betrachtet. Für jedes Szenario werden betroffene Versorgungsgebiete einzeln aufgeschlüsselt und Maßnahmen zur Ersatzversorgung für jedes Gebiet aufgezeigt. Dabei werden die Versorgungsmaßnahmen unterteilt in leitungsgebundene Ersatzversorgung aus eigenen Dargeboten, aus externen Quellen und in die Notversorgung. Dabei sollte die Notversorgung stets die letzte Maßnahme darstellen, wenn leitungsgebundene Versorgung nicht möglich ist. Dabei kommen der Einsatz von Wasserwagen sowie die Bereitstellung abgepackten Trinkwassers in Flaschen und Kanistern zum Tragen.

Grundsätzlich gilt besonders in Not- und Krisenzeiten laut Sächsischem Wassergesetz (SächsWG) § 42 Abs. 1 Satz 1:

„Die Träger der öffentlichen Wasserversorgung haben unter Berücksichtigung der demografischen und klimatischen Entwicklungen sowie unter Beachtung des wirtschaftlichen Betriebs der Wasserversorgungsanlagen die Wasserversorgung mit Trinkwasser einschließlich der Versorgung in Not- und Krisensituationen langfristig sicherzustellen. Die Versorgungssicherheit ist insbesondere in den Zentren von Siedlung und Wirtschaft durch Systemverbünde verschiedener Rohwasserquellen herzustellen und zu sichern. Die Träger der öffentlichen Wasserversorgung sollen nach den Grundsätzen der Verhältnismäßigkeit solche Rohwässer verwenden, die mit einfachen und naturnahen Verfahren zu Trinkwasser aufbereitet werden können.“

sowie der Grundsatz laut Sächsischem Wassergesetz (SächsWG) § 39 Abs. 2 Satz 2

„Bei Grundwasserentnahmen genießt die öffentliche Wasserversorgung Vorrang vor allen anderen Nutzungen des Grundwassers.“

4.2. Beschreibung verschiedener langfristiger Maßnahmen

4.2.1. Maßnahme: Grundwassermehrung

Unter den beschriebenen projizierten Entwicklungen des Klimas in den nächsten Jahrzehnten ist damit zu rechnen, dass die Grundwasserneubildung in beiden Untersuchungsgebieten stark rückläufig sein wird (siehe Kapitel 3). Im Betrachtungsgebiet der Jahna-Aue ist nach den angewendeten Klimamodellen bereits zur Mitte dieses Jahrhunderts mit einer nichtausreichenden Deckung des Bedarfs (unter Annahme einer gleichbleibenden Entnahme) zu rechnen. Doch auch im Untersuchungsgebiet Rochlitz, wo durch die geringe Ausnutzung des Dargebots derzeit eine reichliche Pufferung der Entnahmemenge vorliegt, wird gegen Ende des Jahrhunderts mit Engpässen zu rechnen sein. Die erste Option, solchen Engpässen entgegenzuwirken, stellt eine Anreicherung des Grundwasserkörpers dar. Diese Maßnahme gliedert sich in zwei Handlungsabschnitte: zum einen müssen Methoden betrachtet werden, um Wasser sinnvoll dem Grundwasserkörper zuzuführen, zum anderen müssen Überlegungen getroffen werden, woher dieses Wasser stammen soll. Beides soll im Folgenden betrachtet werden.

Nach UGB II 2008 ist es vorgesehen, Niederschlagswasser ortsnah zu versickern, zu verrieseln oder direkt (ohne Vermischung mit Schmutzwasser) in ein Gewässer abzuleiten (§ 47 (2)).

Zuführung von Wasser in den Grundwasserkörper

Bei der Versickerung oder Verrieselung von (Regen-)Wasser wird der natürliche Prozess der Grundwasserbildung (Infiltration und Versickerung, siehe Kapitel 3.1) nachgeahmt. Dabei muss beachtet werden, dass der Boden für die Versickerung geeignet ist, damit das versickerte Wasser auch im Grundwasser ankommt. Hinweise zu Planung und Bau solcher

Anlagen werden im DWA-Arbeitsblatt-A 138 beschrieben. Nach DWA-Arbeitsblatt-A 138 werden außerdem verschiedene Arten der Versickerung, wie Flächenversickerung, Muldenversickerung, Schachtversickerung und weitere erläutert.

Eine weitere Möglichkeit zur Erhöhung des Grundwasserdargebots stellt der Waldumbau dar. In PÖHLER 2013 wird beschrieben, wie sich unterschiedliche Waldbauarten auf die Grundwasserneubildung auswirken können. So konnten deutlich erhöhte Grundwasserneubildungsraten in Wäldern mit Buchen- und Eichenbeständen gegenüber Wäldern mit Buchen und Douglasien oder reinen Kiefernwäldern beobachtet werden, besonders unter sich verändernden klimatischen Bedingungen (wärmer, feuchter).

Ein Ausbau der Waldflächen im Sinne einer Flächenvergrößerung ist dagegen aus Sicht der Grundwassermehrung nicht als sinnvoll anzusehen, da die Grundwasserneubildungsrate unter Offenland höher ist als in jeder Form von Wald. Damit sind auch Agrarflächen für die Grundwasserneubildung als relativ günstig einzuschätzen. Eine Bewässerung von Ackerland kann damit, neben der möglichen Ertragssteigerung, auch aus Sicht der Grundwassermehrung durchaus sinnvoll sein. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass das zur Bewässerung genutzte Wasser aus ressourcenschonenden Quellen stammt, also beispielsweise aus Regenretentionsbecken, und nicht andernorts dem Grundwasser entnommen wird, und dass eine effiziente Bewässerungstechnik (beispielsweise Tröpfchenberegnung) verwendet wird, bei der nur wenig Wasser durch Verdunstung verloren geht.

Best-Practice-Beispiele zur Maßnahme werden unter Kapitel 4.3.1 und 4.3.2 beschrieben.

Beschaffung des zuzuführenden Wassers

Verschiedene Quellen sind für die Versickerung von Wasser prinzipiell denkbar: So könnten gereinigte Abwässer der Kommunen, Wasser aus Kühlkreisläufen, Wasser aus Vorflutern oder aufgefangenes Regenwasser verwendet werden. Für die beiden erstgenannten bestehen deutliche Bedenken bezüglich der Wasserqualität, da die Reinigungs- und Filterverfahren nicht ausreichen, um beispielsweise Medikamentenrückstände sowie andere Schadstoffbelastungen aus dem Wasser zu entfernen. Wasser zur Versickerung aus Vorflutern zu entnehmen stellt sich prinzipiell als unbedenklich dar, ist jedoch technisch aufwändig und setzt einen entsprechend großen Vorfluter voraus. Als gängigste und flexibel in sehr unterschiedlichen Maßstäben anwendbare Variante bleibt damit die Versickerung von zuvor gespeichertem Regenwasser.

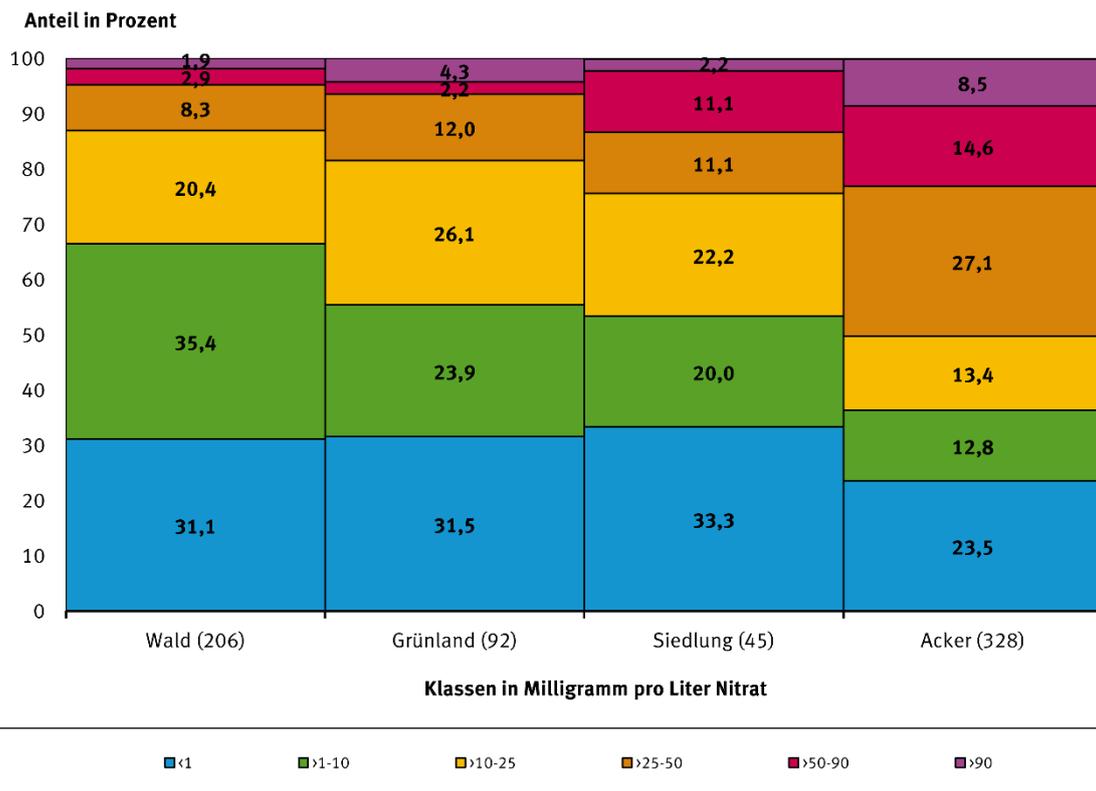
Regenwasserrückhaltebecken werden bereits seit vielen Jahren erfolgreich an einer Vielzahl von Orten eingesetzt. Besonders im urbanen Raum können sie den durch übermäßige Versiegelung verursachten Verlusten von Regenwasser für den Wasserkreislauf entgegenwirken, wenn das gesammelte Wasser entsprechend an geeigneten Stellen eingesetzt wird. Ein Beispiel hierfür ist das Berliner Olympiastadion, bei dem auf der gesamten Dachfläche Regenwasser aufgefangen, in einer 1.700.000 l fassenden Zisterne

gesammelt und zur Bewässerung der zahlreichen Grünflächen des Stadions verwendet wird. Dabei verbinden solche Rückhaltebecken mehrere positive Wirkungen: neben der Speicherung von Wasser für die spätere Verwendung (Versickerung, s. o. oder direkte Nutzung, zum Beispiel in Kühlkreisläufen oder s. Beispiel ‚Olympiastadion‘) dienen sie auch der Vermeidung lokaler Überschwemmungen und der Entlastung der Kanalisation, da sie große und plötzlich auftretende Wassermengen auffangen können.

4.2.2. Maßnahme: Grundwasserqualität

Wie in den Kapiteln 2.1.4 bzw. 2.2.4 beschrieben, sind beide Untersuchungsgebiete von einer deutlichen Verminderung der Trinkwasserqualität durch erhöhte Nitratbelastung betroffen. Die Nitratbelastung in Boden bzw. Grundwasser ist in Deutschland deutlich von der Landnutzungsform abhängig (siehe Abbildung 43): Rund 50 % der Messstellen unter Acker wiesen Nitratbelastungen von über 25 mg/l auf, während dies bei Wald und Grünland lediglich etwa 13 % bzw. 18 % waren. Dies ist in den meisten Fällen auf erhöhte Stickstoffeinträge aus der Düngung zurückzuführen (Umweltbundesamt 2019).

Verteilung der Nitratgehalte (2010) unter verschiedenen Landnutzungen



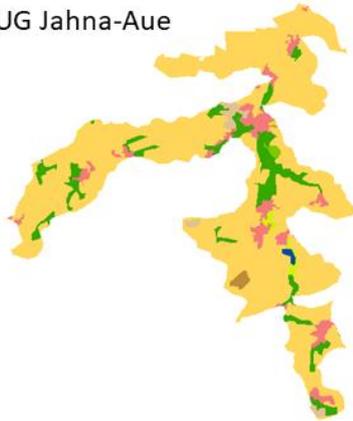
Quelle: Umweltbundesamt 2013 nach Angaben der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

Abbildung 43: Verteilung der Nitratbelastung unter verschiedenen Landnutzungsformen. Quelle: Umweltbundesamt 2019

Betrachtet man die Landnutzungsformen in den beiden Untersuchungsgebieten, wird schnell ersichtlich, worauf die starke Nitratbelastung zurückzuführen ist: In beiden Gebieten

überwiegt mit 80 % bzw. 60 % deutlich die ackerbauliche Nutzung (Abbildung 44). In Mittelsachsen wird auf lediglich 5% der Landwirtschaftsfläche (2018, siehe Abbildung 45) ökologisch gewirtschaftet, so dass davon auszugehen ist, dass die in den Untersuchungsgebieten angegebenen Flächen im Wesentlichen konventionell bewirtschaftet werden.

UG Jahna-Aue



UG Rochlitz

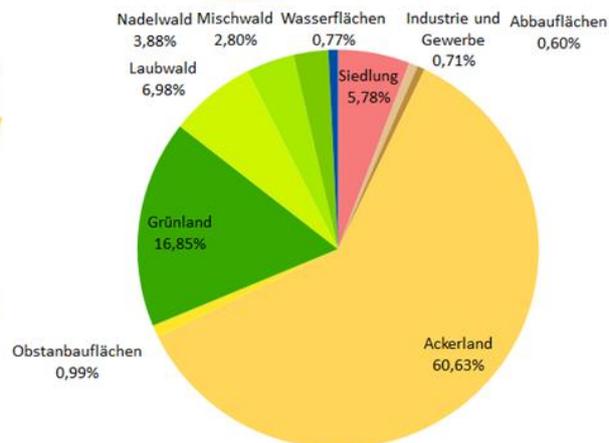
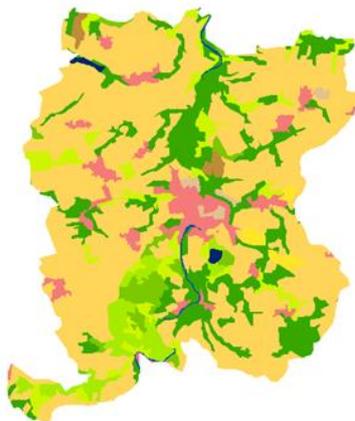


Abbildung 44: Landnutzung in den Untersuchungsgebieten (Daten: CORINE Land Cover)

Das aus belasteten Fassungen entnommene Wasser kann derzeit mit weniger belastetem Wasser verschnitten werden, so dass Trinkwasser in ausreichender Qualität (unterhalb des Grenzwertes von 50 mg Nitrat pro Liter Wasser) zur Verfügung gestellt werden kann. Es ist jedoch davon auszugehen, dass bei einer Fortsetzung der momentanen Nutzungsformen die Belastung zunimmt und somit in Zukunft auch durch Verschneidung nicht oder nur unter großem Aufwand (zum Beispiel durch kostenintensive Aufbereitung) die Trinkwasserqualität aufrechterhalten werden kann. Dieses Problem wird durch die projizierten Veränderungen des Klimas weiterhin verstärkt: Bei geringerer Grundwasserneubildung nimmt die Verdünnung im Boden zusätzlich ab, so dass es zur weiteren Erhöhung der Schadstoffkonzentration kommt. Zusätzlich kann der Eintrag von Nitrat durch Düngung durch den Klimawandel verstärkt werden: Bei Trockenheit geht fester Dünger kaum in Lösung und ist damit für die Pflanzen nicht verfügbar und verbleibt länger im Boden, durch Starkregenereignissen kommt es zu Abschwemmungen.

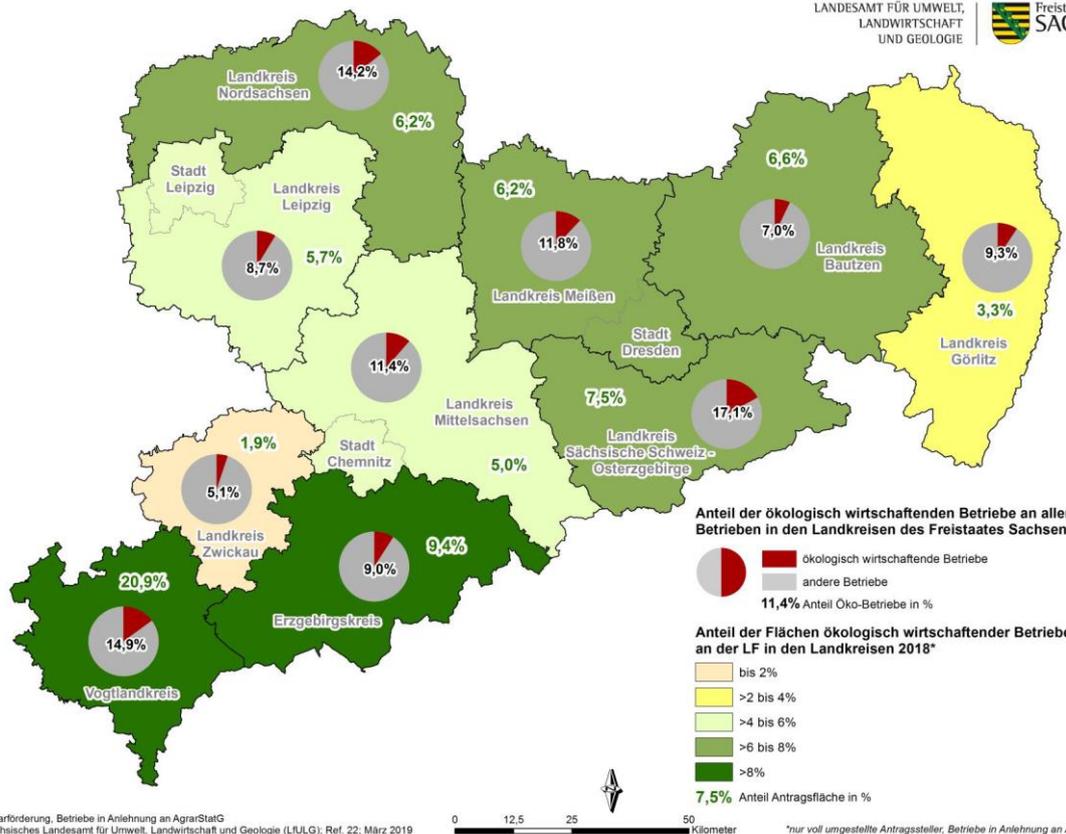


Abbildung 45: Ökologischer Landbau in Sachsen 2018

Die Verringerung der Nitratbelastung in Boden und Grundwasser kann nur über einen langen Zeitraum (mindestens 30 Jahre) erfolgen, da der Abbau von Nitrat im Boden nur langsam erfolgt. Daher ist es von großer Bedeutung, jetzt mit Maßnahmen zu beginnen.

Ein flächendeckendes Entfernen von Nitrat aus Boden und Grundwasser ist technisch kaum möglich. Lokal und in besonderen Einzelfällen kann die Reduktion des Nitratgehaltes in Wasser durch den Einsatz von Pflanzenkläranlagen denkbar sein (siehe Kapitel 4.3.3), zum Beispiel vor der Einleitung belasteter Wässer in den Boden. Im Wesentlichen liegt der Angriffspunkt dieser Maßnahme jedoch in der Reduzierung von Nitratreinträgen in den Boden, also vor allem einer Umstellung der landwirtschaftlichen Nutzform.

Dazu gibt es verschiedene Methoden, von denen besonders der Einsatz moderner Düngetechnik Erfolg verspricht. So kann beispielsweise beim Einsatz von Kunstdünger mithilfe von Sensorsteuerung die ausgebrachte Menge minimiert werden (dw.de). Auch für den Einsatz von Gülle als Düngemittel werden solche Techniken entwickelt (siehe Kapitel 4.3.5). Mit diesen Methoden soll verhindert werden, dass mehr Nährstoffe ausgebracht werden, als die Pflanzen verarbeiten können. Durch regelmäßige Messungen an den Pflanzen (siehe Kapitel 4.3.6) kann gesichert werden, dass trotz geringerer Nährstoffmenge eine ausreichende Versorgung der Pflanzen erfolgt und somit keine Ertragseinbußen durch die verringerte Düngung zu befürchten sind. Auch eine geeignete Bodenbearbeitung kann

zur effizienteren Düngung beitragen (Kapitel 4.3.5 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Moderne Verfahrenstechniken wie die Injektionsdüngung sorgen außerdem dafür, dass der Dünger gezielt an die Pflanze angebracht wird und nicht ungenutzt im Boden versickert. Dies kann ebenfalls durch die Einbringung von Untersaaten erreicht oder unterstützt werden, die überflüssigen, von der Hauptpflanze nicht verwendeten Stickstoff aufnehmen und damit ebenfalls verhindern, dass er ins Grundwasser übergeht.

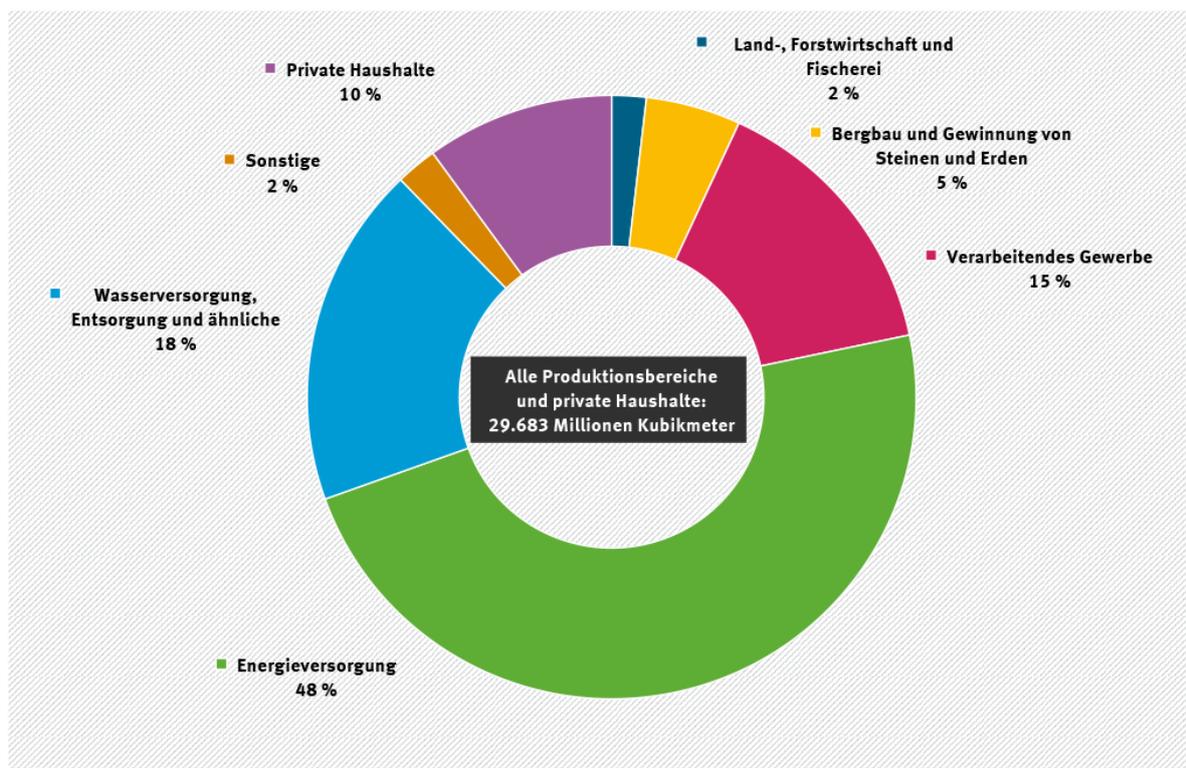
Die Methoden, Nitrateinbringung ins Grundwasser durch Veränderungen der landwirtschaftlichen Strukturen und Methoden zu minimieren sind also zahlreich und können hier nicht alle im Einzelnen benannt werden. Sie sollten außerdem gezielt nach den regionalen und lokalen Bedingungen ausgewählt und angewendet werden. Es ist jedoch wichtig zu bemerken, dass eine Umstellung der Düngungstechnik für die Landwirte kostenintensiv und trotz der Einsparungen oft nicht wirtschaftlich ist. Hier ist somit politische Förderung und Unterstützung dringend erforderlich, um im ausreichenden Maßstab Veränderungen zu erreichen (siehe 4.2.4).

Durch eine Verbesserung der Nitratwerte in Boden und Grundwasser ist ein Erhalt von durch Schließung bedrohten Wasserentnahmestellen möglich. Dadurch kann auf eine höhere Wassermenge zugegriffen werden, was den Druck durch Wasserknappheit deutlich verringert. Bei stärkerer Senkung der Nitratbelastung ist auch eine Wiedereröffnung bereits geschlossener Stellen denkbar, wodurch weitere Wasserreserven verfügbar würden.

4.2.3. Maßnahme: Reduktion des Verbrauchs

Bei allen Bemühungen, das Grundwasserdargebot zu Erhöhen oder durch Verbesserung der Qualität auf eine größere Anzahl an Fassungen zurückgreifen zu können, ist es durch die drastischen zu erwartenden Veränderungen nicht zu vermeiden, auch Potentiale zur Reduzierung des Wasserverbrauchs zu nutzen. Dabei können einzelne Bereiche abhängig von ihrem Ressourcenverbrauch zur Verbesserung beitragen (Abbildung 46).

Wassereinsatz der Produktionsbereiche und der privaten Haushalte 2013



Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltnutzung und Wirtschaft - Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Teil 4 - Rohstoffe-Wasser-Abfall, Ausgabe 2016, Tab. 6.2; Wiesbaden 2017

Abbildung 46: Vergleich verschiedener Wasserverbraucher

Den Hauptanteil an der Wassernutzung in Deutschland machen das Verarbeitende Gewerbe und die Energieversorgung aus. In diesen Bereichen besteht zudem ein großes Einsparpotential durch zum Beispiel Wiederverwendung von Wasser in Kühlkreisläufen und Prozessketten. Dabei muss im Einzelfall überprüft werden, an welcher Stelle im betrieblichen Ablauf die Wiederverwendung von Wasser sinnvoll ist und welche Anforderungen an die Qualität des Wassers zu stellen sind. Mit der Wiederverwendung von Wasser wird sich intensiv im Projekt „MULTI-ReUse“ beschäftigt, welches in Kapitel 4.3.7 betrachtet wird.

Im Gegensatz zur weltweiten Rolle der Landwirtschaft wird in Deutschland nur ein sehr kleiner Teil des Wassers von landwirtschaftlichen Betrieben verwendet (siehe Abbildung 46). Dies ist jedoch stark an die derzeitigen klimatischen Bedingungen gekoppelt. Wie der Sommer 2018 gezeigt hat, können klimatische Veränderungen den Wasserverbrauch in der Landwirtschaft drastisch ändern. Durch die Umsetzung entsprechender Maßnahmen sollte hier von Anfang an darauf geachtet werden, dass auch bei erhöhtem Bewässerungsbedarf zur Vermeidung von Ernteaufällen sparsam und effizient bewässert wird. Dazu stehen verschiedene Methoden in der Landwirtschaft zur Verfügung, wie beispielsweise der Anbau von sparsameren oder hitzeresistenten Pflanzen(sorten), die Wiederverwendung von Wasser in Kreisläufen (siehe oben) oder moderne Techniken zur sparsamen Bewässerung der Felder (siehe Kapitel 4.3.8).

Wie bereits beschrieben, kann eine entsprechend effiziente und ressourcenschonende Bewässerung in der Landwirtschaft der Grundwasserneubildung sogar zuträglich sein. Dazu kommt hier, dass in trockenen Böden Dünger schlechter in Lösung geht und damit durch eine Bewässerung auch der Effizienz von Pflanzen bei der Aufnahme des Düngers erhöht wird, und damit weniger ungenutzte Nährstoffe im Boden verbleiben und in das Grundwasser gelangen.

Auch Privathaushalte machen in Deutschland einen nicht zu vernachlässigenden Teil des Wasserverbrauchs aus (Abbildung 46). Hier können Privatpersonen dazu beitragen, effizienter mit der Ressource umzugehen, indem sie verschiedene Maßnahmen zum Wassersparen anwenden, wie beispielsweise vom Umweltbundesamt beschrieben wird (Umweltbundesamt 2019b).

Eine weitere Methode zur sparsamen Bewässerung in Privathaushalten, Gärten sowie (kleineren) Betrieben besteht in der Verwendung von aufgefangenem Regenwasser. Jedoch sind solche Anlagen momentan sehr kostenintensiv und decken sich erst nach 20 Jahren wirtschaftlich. Ein Problem besteht außerdem in der Versorgung bei anhaltender Trockenheit. Hier müssen auch Haushalte mit Regenwasseranlagen wieder aus dem öffentlichen Netz einspeisen, welches dann zusätzlich zu der durch die Trockenheit erhöhten Belastung eine weitere kaum kalkulierbare Zusatzbelastung erhält.

4.2.4. Maßnahme: Anreizsysteme

Ein Großteil der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Maßnahmen sind mit großem Kostenaufwand verbunden, der für Privathaushalte, aber auch (landwirtschaftliche) Betriebe nicht zu stemmen ist, und der sich auch oft nicht oder erst nach langer Zeit wirtschaftlich deckt. Daher steht es im Interesse der Politik, Anreize zu schaffen, durch die die Umsetzung von Maßnahmen verstärkt oder beschleunigt wird. Auch der Freistaat Sachsen bietet hier bereits umfangreiche Maßnahmen im Bereich Forschung, Förderung und Wissenstransfer an, so wurden in den Jahren 2010 bis 2018 329 Investitionsvorhaben zur Reduzierung des Nitratreintrages in den Boden mit insgesamt 28 Mio. € unterstützt (medienservice sachsen 2019, siehe Kapitel 4.3.9). Die in den Jahren 2012-2015 bereits erfolgten Maßnahmen zur Verbesserung der Nitratsituation, die durch das Land Sachsen gefördert und initiiert wurden, sind im Nitratbericht 2016 zusammengefasst (Keppner et al. 2017).

4.2.5. Maßnahme: Diversifizierung

Um eine ausreichende Wasserversorgung sicher zu stellen, ist es sinnvoll, die Entnahmen nicht auf ein Versorgungssystem zu beschränken. Ein Netz von verschiedenen Trinkwasserversorgern kann durch Redundanzen dazu beitragen, dass im Falle eines Ausfalls oder einer Störung auf Alternativen zurückgegriffen werden kann. Dabei kommen zum Beispiel lokale Grundwasservorräte, oberflächliche Speicher (nur Brauchwasser oder Versickerung, siehe Kapitel 2.1.7, 2.2.7), Tiefbrunnen, Verbundsysteme mit verschiedenen regionalen Anbietern und Fernwasserversorgung zum Tragen.

Erweiterung des Netzes an Wasserfassungen

Durch eine Vermehrung der Anzahl an Wasserfassungen kann nicht nur eine größere Menge an zur Verfügung stehendem Wasser geschaffen werden, auch eine Risikostreuung beim Ausfall einzelner Fassungen wird damit erreicht. Werden einzelne Fassungen nicht dauerhaft genutzt, aber durch entsprechende Wartung in Bereitschaft gehalten, können diese in Not- und Krisenzeiten als schnelle Maßnahme dienen.

Um die Anzahl der Wasserfassungen in beiden Gebieten zu erhöhen, stehen drei Optionen zur Verfügung:

- Inbetriebnahme stillgelegter Wasserfassungen
- Erweiterung bestehender Wasserfassungen
- Errichtung neuer Wasserfassungen

Am Beispiel der nicht mehr an die öffentliche Wasserversorgung angebundenen Trinkwasserfassungsanlage Tiefenbach (Striegistal) sollen die Möglichkeiten der Nachnutzung (Wiederinbetriebnahme) aufgezeigt werden:

Die inaktive Trinkwasserfassungsanlage Tiefenbach befindet sich östlich von Böhringen und gehört zur Gemeinde Striegistal. Sie fällt in den Verantwortungsbereich der ZWA Mittleres Erzgebirgsvorland.

Basierend auf den Informationen der ZWA Mittleres Erzgebirgsvorland (persönliche Mitteilung Herr Lange vom ZWA Mittleres Erzgebirgsvorland, Oktober 2019), wurde die Trinkwasserfassungsanlage Tiefenbach stillgelegt, da die Menge und Qualität des Wassers für die Versorgung der Ortslage nicht mehr genügte. Die Qualität des Trinkwassers hängt maßgeblich von dem Erhalt von Schutzzonen ab. Eine Reihe weiterer Trinkwasserfassungsanlagen in Mittelsachsen wurden auch stillgelegt. Aktuell werden 75% des Trinkwassers über das Verbundsystem Fernwassersüdsachsen aus Fernwasser zugeführt und nur 25% stammen aus lokalen Wasserfassungen. Dieses Nutzungsverhältnis war vor der politischen Wende 1990 umgekehrt.

Prinzipiell ist eine Nachnutzung der Trinkwasserfassungsanlage Tiefenbach für Krisenzeiten möglich. Allerdings gibt es verschiedene Hürden zu überwinden:

- a) **Naturschutzrechtliche Hürden:** Das Einzugsgebiet der Quelle muss geschützt werden. Im Moment entspricht das Rohwasser nicht mehr den Anforderungen der Trinkwasserverordnung, sodass wieder ein Trinkwasserschutzgebiet durch die Untere Wasserbehörde eingerichtet werden muss um die Wasserqualität zu sichern.
- b) **Finanzielle Hürden:** Im Moment verursachen Notwasserversorgungsanlagen hohe Kosten ohne Einnahmen für die ZWA zu generieren. Diese Wasserentnahmeabgaben sind eine Belastung für die ZWA und sollten daher dringend entfallen.

c) Technische Hürden: Als ersten Schritt braucht es eine konkrete fachliche und wirtschaftliche Bewertung der Anlage. Um die Anlage für den Krisenfall vorzubereiten benötigt die ZWA eine Finanzierung über den Freistaat Sachsen. Dann können technische Systeme zur Einspeisung hergestellt werden.

Versorgung mit Fernwasser

Eine Diversifizierung unter Einschluss von Fernwasser ist grundlegend sinnvoll und schafft gerade für die Nitratproblematik eine Lösung zur Reduzierung der Nitratgehalte des Trinkwassers, durch Mischung des belasteten lokalen Dargebots mit unbelastetem Talsperrenwasser. Für Wasserverbände bzw. einzelne Versorgungsgebiete die noch nicht an das Fernwassernetz angebunden sind, ist dieses mit einer hohen Investition verbunden.

Wird zu einem hohen Grad auf Fernwasser zurückgegriffen und die Nutzung des lokalen Dargebots aus diverseren Gründen weiter reduziert, besteht in Not- und Krisensituationen die Gefahr von Bereitstellungsengpässen in der Fernwasserversorgung. Große Siedlungsräume wie Dresden, Leipzig und Chemnitz stehen in Situationen mit Einschränkungen des Fernwasserangebotes bzw. bei erhöhtem Wasserbedarf in erheblicher Konkurrenz zu anderen Versorgungsgebieten.

4.2.6. Abschätzung der Eignung der aufgezeigten Maßnahmen

In Tabellenform wird für jedes Untersuchungsgebiet eine Abschätzung zur lokalen Eignung der Maßnahmen gegeben, welche nach folgenden Kriterien erfolgt ist:

- Wasserrechtliche Umsetzbarkeit
- Eignung der Oberflächengewässer
- Eignung der Grundwasserkörper
- Aufwand zur Anpassung der Infrastruktur
- Interessenskonflikte
- Generelle Eignung
- No-Regret-Maßnahme

Tabelle 9: Maßnahmeneignung Ostrau/Jahnaue

Gebiet: Ostrau, Jahnaue	Waldumbau	Versickerung von gereinigten Abwässern/ Wasser aus Kühlkreisläufen	Versickerung von Wasser aus Vorflutern	Versickerung von Regenwasser aus Retentionsbecken	Minimierung des Nitratreintrag durch die Landwirtschaft	Sparsame Bewässerung in der Landwirtschaft	Wasser sparen in der Industrie	Wasser sparen in Privathaushalten	Anschluss Fernwasserversorgung	Erschließung lokaler Grundwasservorkommen	Erhöhung Vernetzungsgrad in Versorgungsnetzen
Wasserrechtliche Umsetzbarkeit	unbedenklich	Reinigung und damit Zulassung schwierig (Wasserqualität/TrinkwV)	schwierig	möglich	unbedenklich	unbedenklich	unbedenklich	unbedenklich	möglich	Genehmigungen erforderlich, Ausweisung Schutzgebiete	unbedenklich
Eignung der Oberflächengewässer	irrelevant	irrelevant	Vorflut Jahna hat zu geringen Abfluss	irrelevant	irrelevant	irrelevant	irrelevant	irrelevant	Prüfung im Einzelfall notwendig	nur bei Uferfiltratentnahme	irrelevant
Eignung der Grundwasserkörper	positiver Einfluss auf GW-Neubildung	geeignet	geeignet	geeignet	irrelevant	irrelevant	irrelevant	irrelevant	irrelevant	Abhängig vom Dargebot und Hydrochemie	irrelevant
Aufwand zur Anpassung der Infrastruktur	gering	hoher Investitionsbedarf	hoher Investitionsbedarf	hoher Investitionsbedarf	je nach Maßnahme	hoher Investitionsbedarf	je nach Maßnahme	je nach Maßnahme	hoher Investitionsbedarf	hoher Investitionsbedarf/ Erkundungsaufwand	hoher Investitionsbedarf
Interessenskonflikte	Forstwirtschaft	Wasserversorgung/ Lanwirtschaft	Gewässerökologie	eventuell Abwasserverbände	Wirtschaftlichkeit	Wirtschaftlichkeit	Wirtschaftlichkeit	Wasser- und Abwasserversorgung	Priorisierung in Krisenzeiten	Konkurrierende GW-Entnahmen	Wirtschaftlichkeit

		schaft									
Generelle Eignung	gering, da wenig Waldflächen vorliegen (1%)	schlechte Versickerungseigenschaften der Deckschichten	schlechte Versickerungseigenschaften der Deckschichten	schlechte Versickerungseigenschaften der Deckschichten	sehr hoch	noch nicht relevant im UG	nicht relevant im UG	nur in dicht besiedelten Gebieten	gegeben	Abhängig vom Dargebot und Hydrochemie	gegeben
No-Regret-Maßnahme	ja	nein	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja

Tabelle 10: Maßnahmeneignung Rochlitz

Gebiet: Rochlitz	Waldumbau	Versickerung von gereinigten Abwässern/ Wasser aus Kühlkreisläufen	Versickerung von Wasser aus Vorflutern	Minimierung des Nitratreintrages durch die Landwirtschaft	Sparsame Bewässerung in der Landwirtschaft	Wassersparen in der Industrie	Wasser sparen in Privathaushalten	Anschluss Fernwasserversorgung	Erschließung lokaler Grundwasservorkommen	Erhöhung Vernetzungsgrad in Versorgungsnetzen
Wasserrechtliche Umsetzbarkeit	unbedenklich	Reinigung und damit Zulassung schwierig (Wasserqualität/TrinkwV)	schwierig	möglich	unbedenklich	unbedenklich	unbedenklich	unbedenklich	möglich	Genehmigungen erforderlich, Ausweisung Schutzgebiete
Eignung der Oberflächengewässer	irrelevant	irrelevant	Vorflut Zwickauer Mulde hat zu geringen Abfluss	irrelevant	irrelevant	irrelevant	irrelevant	irrelevant	Prüfung im Einzelfall notwendig	nur bei Uferfiltratentnahme
Eignung der Grundwasserkörper	positiver Einfluss auf GW-Neubildung	geeignet	geeignet	geeignet	irrelevant	irrelevant	irrelevant	irrelevant	irrelevant	Abhängig vom Dargebot und Hydrochemie
Aufwand zur Anpassung der Infrastruktur	gering	hoher Investitionsbedarf	hoher Investitionsbedarf	hoher Investitionsbedarf	je nach Maßnahme	hoher Investitionsbedarf	je nach Maßnahme	je nach Maßnahme	hoher Investitionsbedarf	hoher Investitionsbedarf/Erkundungsaufwand
Interessenskonflikte	unbedenklich	Wasserversorgung/Landwirtschaft	Gewässerökologie	eventuell Abwasserverbände	Wirtschaftlichkeit	Wirtschaftlichkeit	Wirtschaftlichkeit	Wasser- und Abwasserversorgung	Priorisierung in Krisenzeiten	konkurrierende GW-Entnahmen

Generelle Eignung	Waldflächen nur etwa 13%, davon ca. 2/3 bereits Laub- oder Mischwald	schlechte Versickerungseigenschaften der Deckschichten	schlechte Versickerungseigenschaften der Deckschichten	schlechte Versickerungseigenschaften der Deckschichten	sehr hoch	noch nicht relevant im UG	nicht relevant im UG	nur in dicht besiedelten Gebieten	gegeben	Abhängig vom Dargebot und Hydrochemie
No-Regret-Maßnahme	ja	nein	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja

4.3. Best-Practice-Beispiele

4.3.1. Versickerungsprojekt Lüneburger Heide



Abbildung 47: Aufbau (links) und Beispielansichten (rechts) der Versickerungsanlage. Quelle: Schulz 2014

Das Beispielgebiet in der östlichen Lüneburger Heide war in den letzten Jahren von ausgeprägten Frühjahrstrockenheiten betroffen, die zu einem erhöhten Beregnungswasserbedarf geführt haben. Die Grundwasserförderung im Gebiet ist jedoch begrenzt durch den Schutzbedarf der grundwasserabhängigen Biotope. Daher wurde ein Pilotprojekt (Schulz 2014) ins Leben gerufen, bei dem auf einer privaten Waldfläche von 37 ha Wasser über Schläuche im Boden versickert und so dem Grundwasserkörper zugeführt wird. Dazu wird gereinigtes Abwasser aus der Kommune verwendet, welches bisher über den Vorfluter direkt in die Nordsee abgeleitet wurde. Zur Versickerung verlegte man mit Düsen bestückte tritt- und witterungsbeständige Schläuche, die einen Wasseraustritt von 25l pro Düse und Stunde ermöglichen. Somit werden pro Jahr bis zu 370.000 m³ Wasser im Gebiet ausgebracht. Abzüglich einer geschätzten Verdunstung von 17 % sowie eines „Puffers“ von 15 %, welcher der langfristigen Wasseranreicherung im Biotop dienen soll, können so gesteigerte Entnahmemengen von Wasser zum Beispiel für landwirtschaftliche Nutzung genehmigt werden. Die Kosten dieser Methode belaufen sich auf etwa 30.000 € für Initial- sowie laufender Betriebskosten von 0,10 €/m³ versickernden Wassers. In diesem Projekt werden die Kosten von den anliegenden Forst- und Landwirtschaftsbetrieben

getragen, welche jedoch einen Ausgleich durch Steigerung der Wasserentnahmeerlaubnis erhalten.

4.3.2. Grundwasseranreicherung Hessisches Ried

Im Hessischen Ried wird seit 1996 durch ein großangelegtes Bewässerungskonzept die Versorgung der Region sichergestellt (Manger 2018). Dabei wird aufbereitetes Rheinwasser durch Infiltration an mehreren Standorten dem Grundwasserkörper zugeführt. Durch diese Maßnahme konnte erreicht werden, dass über einen langjährigen Zeitraum und trotz schwankender klimatischer Bedingungen ein stabiler Grundwasserstand und damit sichere Versorgungszustände erreicht wurde (Abbildung 48).



Abbildung 48: Rückgang der Grundwasserstände bis 1976 und ab 1996 infiltrationsbedingte Aufspiegelung in das Bewirtschaftungsband des Grundwasserbewirtschaftungsplans. Quelle: Manger 2018

Diese Maßnahme wird durch die besonderen Bedingungen im Hessischen Ried ermöglicht und ist in Ermangelung entsprechender Vorfluter in dieser Form sicher nicht in den Untersuchungsgebieten umsetzbar, es zeigt jedoch zum einen, dass durch Infiltrations- und Versickerungsprojekte langfristig stabile Grundwasseranreicherung erreicht werden kann, zum anderen wie ein großangelegtes Gesamtkonzept für die Verbesserung der Versorgungssituation sorgt.

4.3.3. Pflanzenkläranlagen

Dieses Projekt ist Teil des Maßnahmenprogramms NRW (Landwirtschaftskammer NRW 2018). Das Versuchszentrum Gartenbau in Straelen untersucht in Kooperation mit der WRRL Nährstoffverluste, Einträge von Nährstoffen und Pflanzenschutzwirkstoffen ins Grundwasser, sowie Optionen zur Aufbereitung der belasteten Wässer auf Topfpflanzenstellflächen. Dabei wird unter anderem die Effizienz zweier Pflanzenkläranlagen beobachtet. Dabei erreichte eine der Anlagen nahezu über den gesamten Zeitraum eine Nitrat-Abbauleistung von 100 %, die zweite Anlage baute zwischen 60 und 90 % des Nitrats ab (Abbildung 49). Das bedeutet eine Reduzierung von 10-40 mg/l Nitrat auf 2-15 mg/l. Neben Nitrat wird auch die Abbauleistung von Pflanzenschutzmitteln betrachtet. Im Jahr 2018 soll außerdem die Wirkung bei stärker belastetem Wasser (>50 mg/l) untersucht werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen stehen noch aus.

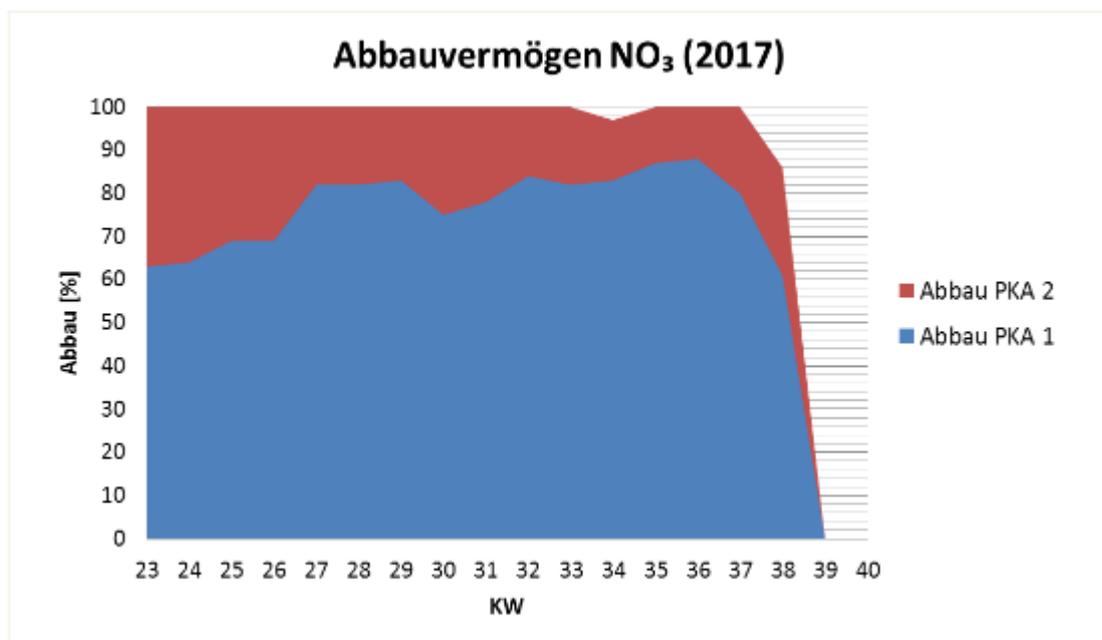


Abbildung 49: Abbauvermögen zweier getesteter Pflanzenkläranlagen (PKA)

Pflanzenkläranlagen stellen damit eine vielversprechende Methode dar, um mit Nitrat verunreinigtes Grundwasser zu bearbeiten, beispielsweise vor einer Versickerung oder anderweitiger Verwendung. In welchem Maßstab solche Anlagen angewendet werden können, müssen weitere Versuche zeigen.

4.3.4. Wassergut Canitz

Seit 1990 wird bei Leipzig ökologischer Landbau mit dem Ziel betrieben, die Qualität des Grundwassers, besonders in Bezug auf Nitratbelastung, zu erhalten bzw. zu verbessern (Wagner 2017). Alle landwirtschaftlich genutzten Flächen liegen innerhalb von Trinkwasserschutzzonen.

Als Bioland-zertifiziertes Unternehmen wird sich dabei an die Bioland-Richtlinien gehalten (Bioland 2019). Hier wird unter anderem eine ressourcenschonende Wassernutzung mit Beobachtung der Auswirkungen von Wasserentnahmen gefordert, inklusive der Nutzung von Regenwasser, wo möglich. Bei der Düngung soll, wenn möglich, ausschließlich auf betriebseigenen Dünger zurückgegriffen werden. Der Einsatz von chemisch synthetischen stickstoffdüngemitteln sowie organischem Dünger aus konventioneller Tierhaltung ist verboten. Ebenso ist die erlaubte Menge des ausgebrachten Düngers reguliert. Auch die Pflanzung von Fruchtfolgen wird definiert.

Durch diese Maßnahme ist es gelungen, innerhalb von wenigen Jahrzehnten den Nitratspiegel im Wasser merklich zu senken (siehe Abbildung 50).

Jahresmittelwerte, Rohmischwasser

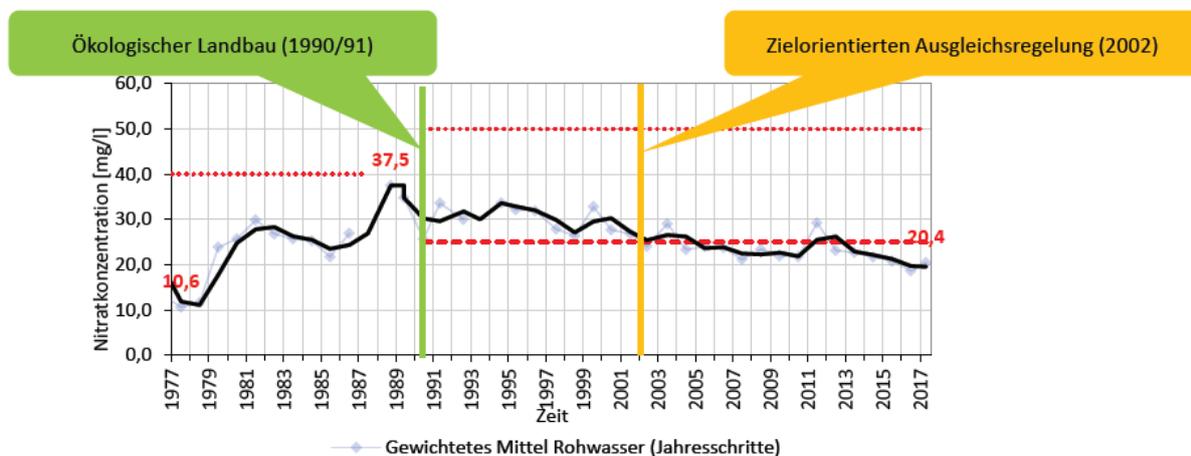


Abbildung 50: Entwicklung der Nitratwerte unter ökologischem Landbau. Quelle: Wagner 2017

4.3.5. Verlustarmes Düngermanagement: NIR-Sensoren

Dieses Projekt ist Teil des Maßnahmenprogramms NRW (Landwirtschaftskammer NRW 2018) zur Ausbringung von Gülle mithilfe eines in der Düse eingebrachten NIR-Sensors. Vor der Düngung wird digital berechnet, welchen Nährstoffbedarf die Pflanzen haben (gemessen anhand Pflanzenart, Fläche und Nährstoffbedarf). Ein NIR-Sensor misst vor dem Ausbringen im Schlauch den Nährstoffgehalt in der Gülle, da die Dichte/Nährstoffgehalt innerhalb des Güllefasses sehr inhomogen ist. Nährstoffreiche Gülle wird dann sparsamer ausgebracht, nährstoffarme Gülle kann in größerer Menge ausgespritzt werden.

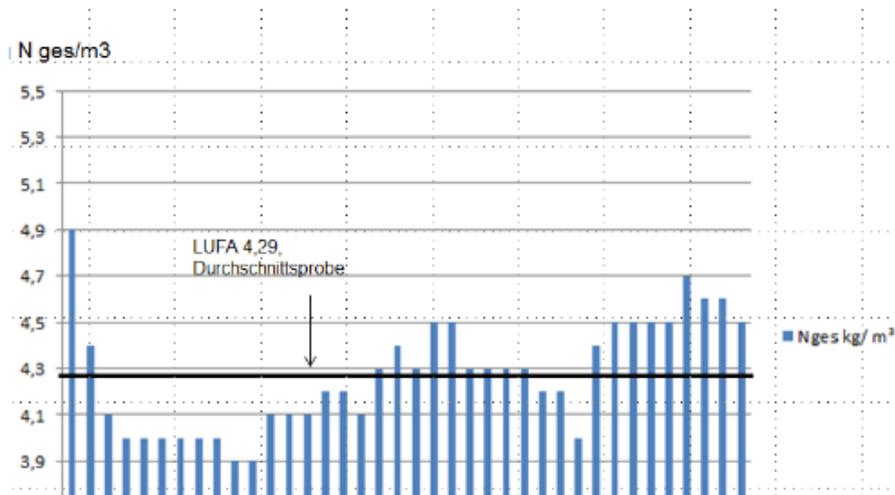


Abbildung 51: Verteilung von Nährstoffen in Gülle. Quelle: <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/wasserschutz/pdf/wrrl-jahresbericht-2017.pdf>

Durch diese Maßnahme kann gezielter die Menge an ausgebrachten Düngemitteln kontrolliert werden, um so eine unnötige Überdüngung zu vermeiden.

4.3.6. Düngungsminimierung durch regelmäßige Messungen: „Projekt Sellerie“

Dieses Projekt ist Teil des Maßnahmenprogramm NRW (Landwirtschaftskammer NRW 2018). Mithilfe von Messungen im Boden wurde vor und während des Sellerie-Anbaus der Nährstoffgehalt des Bodens überwacht. Dadurch konnte die Düngungsmenge an den tatsächlichen Bedarf angepasst werden, im Falle eines Betriebes konnte sogar auf die sonst erhebliche Startdüngung verzichtet werden. „Bei einer engen Begleitung und einer regelmäßigen Kontrolle des Stickstoff-Bodenvorrats durch Nmin-Proben während der Kultur wird das Sicherheitsdenken der Anbauer reduziert. Trotz geringer Nmin-Gehalte im Boden und dem Risiko von N-Mangel wurde sich oft gegen eine sofortige Stickstoff-Düngung entschieden und das nachfolgende Nmin-Ergebnis abgewartet, um so die Mineralisierung des Bodens einzubeziehen. In vielen Fällen war das Mineralisierungspotential ausreichend und es konnte auf eine zusätzliche Stickstoffgabe verzichtet werden.“

Ebenso wie die Vermeidung von Überdüngung kann auch sparsamer Einsatz von Wasserressourcen durch regelmäßige Bodenmessungen unterstützt werden (siehe Abbildung 52, Schimmelpfennig et al. (2017)).



Abbildung 52: Verschiedene Verfahren, um den Beregnungszeitpunkt und die Beregnungsmenge zu ermitteln.
Quelle: Schimmelpfennig et al. (2017)

4.3.7. Wiederverwendung von Wasser: Projekt MULTI-ReUse

Im Multi-ReUse-Verfahren werden Anwendungen für die Wieder- und Wiederverwendung von Wasser gesucht. Das Ziel dabei ist, konventionell gereinigtes kommunales Abwasser anhand modularer Prozessketten in verschiedenen Sektoren wieder einsetzen zu können. Dabei steht vor allem die Qualität des Wassers im Mittelpunkt, da die Anforderungen bei den jeweiligen Projektsektoren unterschiedlich sind.

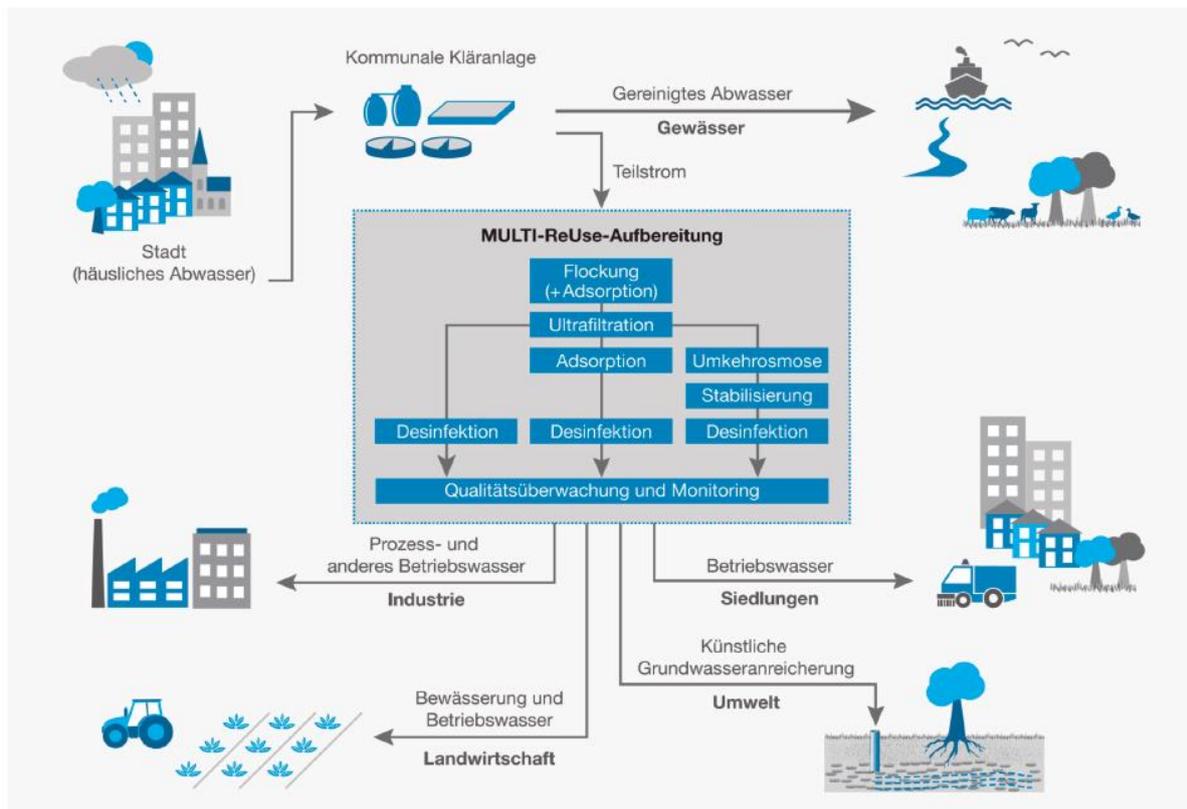


Abbildung 53: Projektidee des MULTI-ReUse Verfahrens. Quelle: „Factsheet – Modulare Kombination von Technologien zur Wasserwiederverwendung“, <https://water-multi-reuse.org/ergebnisse>

Im Rahmen dieses Projektes wird eine Pilotanlage in Niedersachsen betrieben, wo bisher große Mengen an Trinkwasser als Betriebswasser eingesetzt werden. In der Pilotanlage wird Betriebswasser aus dem klassischen Kläranlagenablauf anstelle einer Ableitung in den Fluss aufbereitet und in verschiedenen Qualitäten für die Wiederverwendung bereitgestellt. Hier sollen vor allem Verfahren und Methoden getestet werden, mit denen die Aufbereitung des Wassers in den unterschiedlichen Qualitäten effizient und kostengünstig erfolgen kann. Ergebnisse werden hier Ende 2019 erwartet.

Weitere Informationen: <https://water-multi-reuse.org/>

4.3.8. Verbesserung der Bewässerung in der Landwirtschaft

Am Thünen-Institut (Johann Heinrich von Thünen-Institut; Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei) wird unter anderem an Methoden und Verfahren zum Bewässerungsmanagement in der Landwirtschaft geforscht. Payer (2018) stellt einen Vergleich verschiedener moderner Bewässerungsmethoden zusammen (Tabelle 11). Demnach ist beispielweise eine Mikrobewässerung, wie z. B. Tropfbewässerung, zwar mit höheren Installationskosten verbunden, erreicht jedoch auch eine sehr hohe Wassereffizienz. Oberflächenbewässerung (Teichbewässerung, Furchenbewässerung, Überflutung) dagegen weist nur eine geringe Wassereffizienz auf.

Tabelle 11: Vergleich der Kosten verschiedener Bewässerungsverfahren. Quelle: Payer (2018)

	Oberflächenbewässerung	Künstliche Beregnung	Mikrobewässerung
Installationskosten in US\$ (1996)	400 - 700	600 - 1200	700 – 1500
Arbeitsaufwand	Hoch bis niedrig (je nach System)	Mittel bis niedrig	Niedrig
Wassereffizienz	40 – 50%	60 – 70%	80 – 90%
Geeignete Böden	Fast ebenes Land, nicht zu sandig oder steinig	Ebenes bis mittel ansteigendes Land, nicht zu lehmig	Steiles bis flaches Land, jede Bodenstruktur, einschließlich steiniger oder kiesiger Böden

Mobile Beregnungssysteme stellen derzeit die in Deutschland am häufigsten verwendete Methode dar (Schimmelpfennig et al. 2017). Ein Hauptproblem ist hier das Verdriften des Wassers bei Wind, was zu enormen Wasserverlusten führt. Durch Einsatz moderner Technik wie Düsenwagen und digitale Erweiterungen (GPS-Steuerung, Fernwartung von Druck u.ä.) kann diese Methode optimiert und energieeffizienter gestaltet werden.

Eine gute Bewässerungsmethode stellt die Tropfbewässerung dar, da sie sehr effizient ist (s.o.), eine exakte Wasserverteilung ermöglicht und durch geringen Betriebsdruck zusätzlich den Energieaufwand minimiert (Schimmelpfennig et al. 2017). Für eine sinnvolle und flächendeckende Anwendung in der Landwirtschaft ist hier jedoch noch Forschung und Weiterentwicklung notwendig.

Daher forscht das Thünen-Institut sowie angeschlossene Partnerinstitute beispielsweise an der (Weiter-) Entwicklung von mobilen Tropfbewässerungssystemen (Abbildung 54).

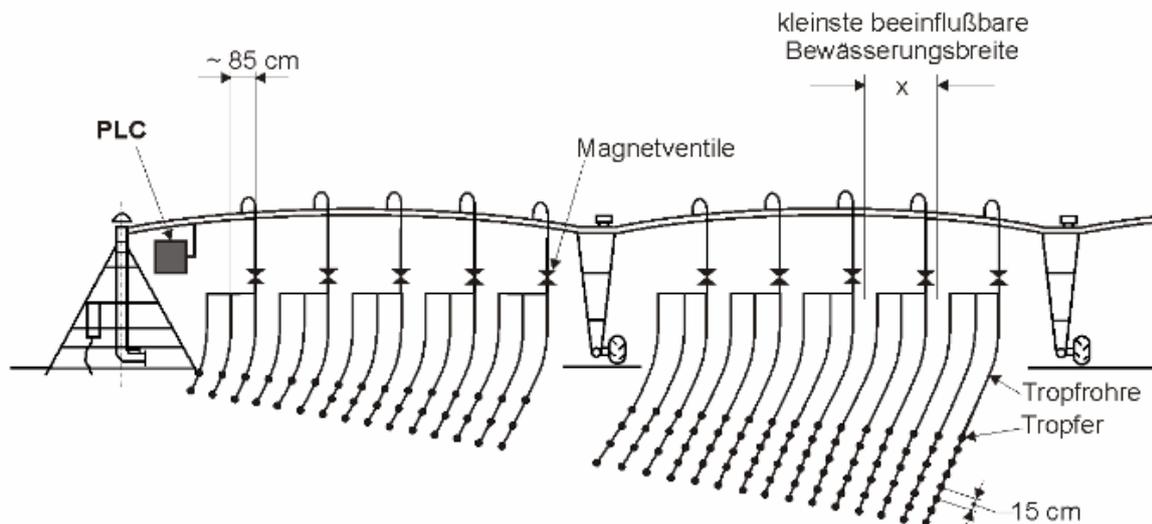


Abbildung 54: Beispiel für ein mobiles Tropfbewässerungssystem. Quelle: Sourell 2006

Eine mobile Tropfbewässerung bringt demnach folgende Vorteile gegenüber beispielsweise der Kreisberegnung:

- Hohe Wassereffizienz ca. 95 %
- Betriebsdruck gesenkt auf 50-100 kPa
- Keine Wasserverluste durch Wind
- Einfache Installation
- Auswahl geeigneter Tropfer, 15 cm, 10 l/h
- Energieeinsparung bis zu 50%
- Wassereinsparung bis zu 10-20%
- Höhere Verfahrenskosten 67 €/ha*

Weitere untersuchte Methoden umfassen beispielsweise die (unterirdische) Tropfrohrverlegung. Diese Methode ist besonders durch die Einsparung des jährlichen Arbeitsaufwandes bei Verlegung und Ausbau der Leitungen sehr effizient, da die unterirdisch verlegten Rohrsysteme über 10 Jahre erhalten bleiben.

4.3.9. Maßnahmenförderungsprogramm des Freistaates Sachsen

Speziell für die Landwirtschaft wird eine Reihe von Maßnahmen gefördert, die sowohl der Verminderung des Nitratreintrages, den sparsamen Verbrauch von Wasser, aber auch andere Anpassungsziele wie einer Ausfallvermeidung durch hohe Sortenvarianz unterstützen. Diese Maßnahmen umfassen unter anderem den Anbau von Zwischensaat, Errichtung von Tropfbewässerungsanlagen, Maschinen für die Injektionsdüngung, aber auch Vorhaben des Wissenstransfers und Pilotprojekte (siehe Abbildung 55).

Neben der Förderung ist aber auch die Unterstützung von Forschungsvorhaben wie den Dauerversuchsflächen in Baruth und Forchheim und Demonstrationsvorhaben zur Wissens- und Erfahrungsvermittlung ein wichtiger Bestandteil des Maßnahmenplanes (SMUL 2015).

Maßnahme	Wirkung
Flächenbezogene Maßnahmen nach Richtlinie Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (RL AUK/2015)	
Anwendung der Streifen- und Direktsaat,	Minderung Oberflächenabfluss, Bodenerosion, Verbesserung Wasserverfügbarkeit für Pflanzen
Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten	Humusbildung, Minderung Oberflächenabfluss, Bodenerosion, Nitratauswaschung,
umweltschonende Produktionsverfahren des Ackerfutter- und Leguminosenbaus	Humusbildung, Minderung Oberflächenabfluss, Bodenerosion, Anbaumöglichkeit tiefwurzelnder trockenoleranter Arten (z. B. Luzerne)
Anlage von Grünstreifen, Brache- und Blühflächen	Minderung von Oberflächenabfluss, Bodenerosion u. a. durch gezielte Begrünung erosionsgefährdeter Abflussbahnen
Investive Maßnahmen nach Richtlinie Landwirtschaft, Innovation, Wissenstransfer (RL LIW/2014)	
Maschinen und Geräte zur Injektion und Direkteinbringung von Flüssigdüngung auf Acker- und Grünland	Verbesserung der Düngewirkung und damit Nährstoffeffizienz von Gülle, Gärreste etc. auch unter Trockenbedingungen durch verlustarme Einbringung in den Boden (Injektion, Unterfuß- und Unterflurdüngung)
Errichtung von Tropfbewässerungsanlagen in Wein-, Obst- und Hopfenanlagen inkl. baulicher Investitionen zur Bereitstellung von Bewässerungswasser (Brunnen, Speicher, Leitungen etc.)	Ertrags- und Qualitätssicherung unter Trockenbedingungen, Verbesserung der N-Effizienz und Minderung von Nitratausträgen
ressourcenschonende Beregnungs-/Bewässerungsanlagen inkl. baulicher Investitionen zur Bereitstellung von Bewässerungswasser (Brunnen, Speicher, Leitungen etc.) beim Anbau von Feldgemüse, Kartoffeln sowie Heil- und Gewürzpflanzen, auch in Fruchtfolgen mit einer od. mehrerer dieser Kulturen	Ertrags- und Qualitätssicherung unter Trockenbedingungen, Verbesserung der N-Effizienz und Minderung von Nitratausträgen
Errichtung von Schutzvorrichtungen in Weinbau- und Baumobstanlagen (neue und bestehende) wie z. B. von Hagelschutznetzen	Hagelschutz
Investitionen in Gebäude und Anlagen einschließlich Technik der Innenwirtschaft der Nutztierhaltung	Förderung von Tierhaltungsanlagen mit angepassten Techniken/ Ausrüstungselementen gegen Hitze- und Staubbelastungen der Tiere wie Be-/Entlüftungstechnik, Klimatisierung, Wärme- und Staubschutzvorrichtungen etc.
innovative Spezialtechnik (fachliches Gutachten erforderlich)	Förderung innovativer Techniken, die zur Klimafolgenanpassung beitragen
Förderung nach Richtlinie Natürliches Erbe (RL NE/2014)	
Förderung von Biotopgestaltungsmaßnahmen, insbesondere die Anlage und Sanierung von Gehölzen des Offenlandes (Hecken, Feldgehölze)	Schutz vor Oberflächenabfluss und Wassererosion; Minderung der Windgeschwindigkeit, der Winderosion und der Verdunstung
Wissenstransfer nach Richtlinie Landwirtschaft, Innovation, Wissenstransfer (RL LIW/2014)	
Vorhaben des Wissenstransfers wie Workshops, Feldtage, Exkursionen u. a. zur Verbesserung der Wasserwirtschaft, der Anpassungsfähigkeit der Landbewirtschaftung an klimatische Veränderungen, zur Verhinderung von Bodenerosion und Verbesserung der Bodenbewirtschaftung	Vermittlung fachlicher Inhalte/Ergebnisse und praktische Erfahrungen zu den Anpassungsmaßnahmen
Europäische Innovationspartnerschaft „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit (EIP)“	
Es wird gefördert: a) die Einrichtung und Tätigkeit von operationellen Gruppen aus Interessengruppen der Forschung/Technologie und der Land-/Ernährungs-/Forstwirtschaft zur Durchführung innovativer Projekte b) die Umsetzung innovativer Lösungen durch Pilotprojekte	Förderung innovativer Lösungen zur Anpassung an den Klimawandel durch Zusammenarbeit von Landwirten mit Forschungs-/ Technologieeinrichtungen
Verordnung (EU) 1308/2013	
Auf der Grundlage dieser Verordnung werden EU-Zuschüsse für Tropfbewässerungsanlagen sowie Ernteversicherungen (Frost, Hagel) im Wein- und Gartenbau gewährt. Diese Fördermöglichkeiten werden im Freistaat Sachsen angeboten.	

Abbildung 55: Förderungen der Freistaates Sachsen für eine nachhaltige Landwirtschaft (Quelle: SMUL 2015)

4.3.10. Maßnahmenprogramm NRW

Bei umfassenden Untersuchungen zum Zustand der Oberflächengewässer und des Grundwassers der nordrheinwestfälischen Anteile von Rhein, Weser, Ems und Maas im Jahr 2013 wurden Abweichungen vom guten Zustand (nach Richtlinien der OGewV 2010 und GrwV 2010) in der Mehrzahl der Oberflächengewässer sowie etwa der Hälfte der Grundwasserkörper festgestellt. Infolgedessen wurde ein Maßnahmenprogramm gestaltet, welches Wege zur Lösung der bestehenden Probleme aufzeigt und einfordert (MKULNV NRW 2015). Für einen zeitlichen Rahmen zur Umsetzung der Maßnahmen wird eine 3-Jahres-Frist nach Eintreten des Maßnahmenplanes (Dezember 2015) angestrebt, die allerdings aufgrund organisatorischer Schwierigkeiten nicht immer einhaltbar ist und somit in bestimmten Fällen auch verlängert werden kann. Die Maßnahmen umfassen dabei die Minderung von Stoffausträgen in Grund- und Oberflächengewässer aus diffusen- und Punktquellen, außerdem Maßnahmen zur Entwicklung ökologischer Gewässer, sowie Maßnahmen zur Minderung der Folgen von Wasserentnahmen und -einleitungen sowie der Belastung des Wassers. Auch Sonderfälle und Situationen, die längere Voruntersuchungen benötigen, werden einbezogen.

Mit diesem Programm wird die Herangehensweise des Landes Nordrhein-Westfalen an die verschiedenen Wasserbewirtschaftungsfragen definiert.

Anhand des Landwirtschaftlichen Kreisverband Olpe kann beispielhaft gezeigt werden, wie solche Maßnahmen dann konkret in ein Förderprogramm umgesetzt werden können. Hier werden konkrete Zuschüsse und Fördersummen aufgezeigt, die beispielsweise die Düngemittelausbringungsreduzierung unterstützen.

Bodenproben / Düngung

- Kostenlose Erstellung eines EDV-Düngeplanes auf Grundlage von Bodenuntersuchungsergebnissen.
- Kostenzuschuss von 3,30 € je Bodenprobe bei einem gegenüber den gesetzlichen Vorgaben auf 3 bis 4 Jahre verkürzten Beprobungszeitraum.
- Übernahme der Kosten für den Probenehmer.
- Kostenzuschuss von 50 % bei der Nährstoffuntersuchung von Wirtschaftsdüngern.

Düngeverordnung

- Kostenlose Erstellung des Nährstoffvergleiches inkl. Erklärung und Beratung.

Viehtränken

- Stellung einer Weidepumpe bei der Verpflichtung, Bachzugänge für die Tiere unzugänglich abzuzäunen.
- Zuschuss von 51 € bei der Errichtung einer Wannentränke anstatt des Bachzuganges.

Pflanzenschutz

- Die Umrüstung vorhandener Pflanzenschutzspritzen mit abdriftreduzierenden Düsen wird mit 30 % des Düsenpreises gefördert.

Güllelagerraum

- Investitionen in Gülle-, Jauche- und Mistlagerraum für eine Lagerdauer von 9 Monaten werden mit 10 % des Landeszuschusses zusätzlich gefördert.
- Förderung des Landes maximal 12000 €.

Gülleausbringung

- Landwirte, die vorrangig in Wasserschutzgebieten ihre Gülle auf Grünland und Ackerland mit Schleppschuhverteilern bzw. mit Schleppschlauchverteilern ausbringen lassen, erhalten nach Vorlage der entsprechenden Rechnung einen Kostenzuschuss von 0,80 € je m³ Gülle
- Die Ausbringung kann sowohl im überbetrieblichen Maschineneinsatz als auch durch Lohnunternehmer erfolgen

Abbildung 56: Beispielhafte Auflistung von konkreten Förderungen der Kooperation Landwirtschaft-Wasserwirtschaft im Kreis Olpe. Quelle: landwirtschaftskammer.de 2019

4.4. Empfehlungen von Maßnahmen

Anhand der Untersuchungen des Ist-Zustandes (Kapitel 2) und der daraus resultierenden Einschätzung, dass die Grundwasserversorgung vor allem durch die hohe Nitratbelastung und erst zweitrangig durch den Grundwasservorrat an sich problematisch wird, empfehlen wir zur kurz- bzw. mittelfristigen Inangriffnahme besonders Maßnahmen zur Verbesserung der Grundwasserqualität. Dabei soll besonders darauf hingewiesen werden, dass zwar eine enge Zusammenarbeit mit der Landwirtschaft notwendig ist, diese jedoch nicht als Träger der Lösungen in alleinige Verantwortung genommen werden kann. Es ist vor allem die Aufgabe der Politik den geeigneten gesetzlichen Rahmen zu schaffen, damit besonders in Trinkwasserschutzgebieten ein konsequenter Trinkwasserschutz betrieben und tatsächlich umgesetzt werden kann. Daneben muss die Politik und die Verwaltung Motivation, Förderung und Unterstützung für die Landwirte bieten, um zu einer zügigen Verbesserung der Situation beizutragen.

Weiterhin ist dringend die Erstellung eines Not- und Krisenbewältigungsplanes der Grundwasserversorgung für den gesamten Landkreis Mittelsachsen empfohlen. Dieser soll nach Auskunft der zuständigen Mitarbeiter in Kürze angegangen werden.

Mittel- bis langfristig ist außerdem eine Diversifizierung der Versorgungsquellen durch die Aufstellung von Verbundsystemen und die Nutzung verschiedener Speichermöglichkeiten angeraten. Diese sollten neben der Fernwasserversorgung auch lokale Speicher, Tiefbrunnen und regionale Versorgungsverbänden einbeziehen.

5. Zusammenfassung

Im Projekt-Abschlussworkshop am 4. Juli 2019 in Döbeln wurde übereinstimmend dem Grundwasserschutz höchste Priorität zur Sicherung der Trinkwasserversorgung, vor allem unter dem Einfluss des Klimawandels in der Jahnaue und dem Raum Rochlitz eingeräumt. Nur durch eine nachhaltige landwirtschaftliche Nutzung, insbesondere in den Trinkwasserschutzgebieten, kann sichergestellt werden, dass nicht durch steigende Nitratgehalte das lokale Grundwasserdargebot unnutzbar wird. Nur mit der Landwirtschaft als Partner kann dieses gelingen.

Im erheblichen Maße wird für beide Untersuchungsgebiete mit einem zukünftigen Rückgang der Grundwasserneubildung gerechnet. Treiber dieser als belastbar geltenden Annahme ist in erster Linie die fortschreitende Temperaturerhöhung, mit der Folge einer gesteigerten Verdunstung. Beide Untersuchungsgebiete unterscheiden sich in der Ausnutzung des lokalen Grundwasserdargebotes. Während für die Jahnaue bis zum Ende des 21. Jahrhunderts mit einer deutlichen Unterdeckung des Wasserbedarfs aus lokalen Grundwasservorkommen zu rechnen ist, kann für den Raum Rochlitz mit einer noch ausreichenden Deckung des Wasserbedarfs aus lokalen Grundwasservorkommen auch zum Ende des 21. Jahrhunderts gerechnet werden. Über den Anschluss an die sächsische Fernwasserversorgung ist der Raum Rochlitz auch besser gegen Schwankungen des lokalen Grundwasserdargebotes gewappnet und somit weniger vulnerebel gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels auf den lokalen Grundwasserhaushalt. Für die Jahnaue besteht ein höherer Handlungsbedarf in der Diversifizierung der Wasserversorgung, um auch langfristig abgesichert zu sein.

Die Wasserwirtschaft steht dabei in einem besonderen Spannungsfeld um die Wasserversorgung wirtschaftlich aufrecht zu erhalten und muss heute langfristige Investitionsentscheidungen treffen, die teilweise mit großen Unsicherheiten verbunden sind. Aspekte wie die demographische Entwicklung und Änderungen der Gesetzgebung sowie der Förderkulisse sind nur einige weitere Abwägungsgründe, die gerade die Wasserverbände vor zukünftige Herausforderungen stellen.

Für die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit mit Trinkwasser unter dem Klimawandel soll diese Studie wichtige Hinweise geben und aufzeigen mit welcher zukünftigen Entwicklung in der Jahnaue und im Raum Rochlitz gerechnet werden muss. Inwiefern andere genannte Aspekte den projizierten signifikanten Rückgang der Grundwasserneubildung überlagern, kann hier nicht abschließend beantwortet werden.

Literatur

Agrarbericht 2018: Agrarbericht 2018, Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, 1. Auflage, 01.06.2018

Baumgarten, C. 2014: *Wassersparen in Privathaushalten: sinnvoll, ausgereizt, übertrieben?: Fakten, Hintergründe, Empfehlungen.*

DAS 2008 – Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Langfassung, vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf Zugriff: 03.04.2019

DWA-Arbeitsblatt-A 138 *Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser* der [Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall](#) e. V. (DWA) festgelegt. ([ISBN 3-937758-66-6](#) Stand April 2005)

dw.de: <https://www.dw.com/de/g%C3%BClle-landwirtschaft-massentierhaltungtrinkwasser-gift-agrobusiness-fleisch-nitrit-agrarwendeit/a-39728603>. Zugriff: 03.07.2019

GEOS & HYDRO-GEO-Consult 2007: G.E.O.S Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH & HYDRO-GEO-Consult GmbH. Hydrogeologisches Übersichtsgutachten Landkreis Mittweida.

iDA 2019: iDA-Portal (interdisziplinäre Daten und Auswertungen), Freistaat Sachsen, Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/ida/>, Zugriff 26.06.2019

Jäkel, K. 2013: Aktuelle Situation der Feldbewässerung in Sachsen. Ergebnisse einer Betriebsbefragung in sächsischen Landwirtschaftsbetrieben. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen (LFULG), Abteilung Pflanzliche Erzeugung. 10.09.2013

Keppner, L., Grimm, F., & Fischer, D. (Eds.). (2017): Nitratbericht 2016: Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit sowie für Ernährung und Landwirtschaft.

Landwirtschaftskammer NRW (2018): Jahresbericht 2017-Umsetzung des Beratungskonzepts Wasserrahmenrichtlinie, <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/wasserschutz/pdf/wrrl-jahresbericht-2017.pdf>, Zugriff 03.07.2019

Landwirtschaftskammer.de 2019: <https://www.landwirtschaftskammer.de/hochsauerland/olpe-wasserkooperation/massnahmen.htm>; Zugriff 03.07.2019

LTV 2019: Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen, Stauanlagen im Überblick: <https://www.smul.sachsen.de/lty/16984.htm>

LfUG 2002: Stauanlagenverzeichnis 2002: Talsperren, Wasserspeicher und Hochwasserrückhaltebecken im Freistaat Sachsen. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Abteilung Wasser, Abfall. Referat 31 – Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung, Wasserbau

Manger, V. 2018: Integriertes Wasser-Ressourcen-Management im Hessischen Ried. Wasser und Abfall 11/2018; www.wasserundabfall.de

medienservice sachsen 2019:

<https://www.medienservice.sachsen.de/medien/news/224641>, Zugriff 03.07.2019

Menberg, K. 2013: Die Hitze der Städte heizt auch das Grundwasser auf, Klima und Umwelt News 1/2013. Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV NRW) 2015: Maßnahmenprogramm 2016-2021 für die nordrhein-westfälischen Anteile von Rhein, Weser, Ems und Maas

Payer, M. 2018: Entwicklungsländerstudien / hrsg. von Margarete Payer. -- Teil I: Grundgegebenheiten. -- Kapitel 2: Klima, Wetter, Wasser / zusammengestellt von Alois Payer. -- Fassung 2018-10-09. -- URL: <http://www.payer.de/entwicklung/entw02.htm>

Pöhler, H., Schultze, B., Wendel, S., Scherzer, J. & Rust, S. (2013): Auswirkungen von Klimawandel und Waldbaustrategie auf das Grundwasserdargebot im Privatwald der niedersächsischen Ostheide, Studie im Rahmen des Projektes KLIMZUG-NORD, www.lwk-niedersachsen.de, Webcode 01025158.

sachsen.de 2019: <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/6596.htm>, Zugriff: 22.07.2019

Scharf, A. 2015: Dürre: Kraftwerk in Mittweida stellt Stromproduktion ein, Freie Presse, 11.08.2015, S. 9, Mittweidaer Zeitung.

Schimmelpfennig, S., Anter, J., Heidecke, C., Lange, S., Röttcher, K., Bittner, F., 2017: Thünen Working Paper 85. Bewässerung in der Landwirtschaft. Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg

Schulz, E. 2014: Strategien zur Grundwasseranreicherung, Landwirtschaft im Klimawandel: Wege zur Anpassung – Forschungsergebnisse zu Anpassungsstrategien der Landwirtschaft in der Metropolregion Hamburg an den Klimawandel, Teil 5, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Uelzen.

Schwarze, R., Röhm, P., Hauffe, C., Baldy, A., Winkler, P., Dröge, W., Wagner, M., 2014: Klimawandel und Wasserhaushalt in Sachsen. Schriftenreihe. Heft 32/2014. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Schwarze, R., Gurova, A., Röhm, P., Hauffe, C., Baldy, A., Winkler, P., Müller, R., Dröge, W., Wagner, M., Kuhn, K., Friese, H., Lünich, K. 2016: Wasserhaushalt im Wandel von Klima und Landnutzung. Schriftenreihe. Heft 08/2016. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

SMUL 2012: Grundsatzkonzeption 2020 - Für die öffentliche Wasserversorgung im Freistaat Sachsen. Herausgeber: Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL)

SMUL 2015: Klimawandel in Sachsen – wir passen uns an!. Herausgeber: Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL), Dresden

Sourell 2006: Moderne Techniken der landwirtschaftlichen Bewässerung – wasser- und energiesparend. Vortrag. Wasser Berlin 2006.

https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn047251.pdf

UGB II 2008: Umweltgesetzbuch Zweites Buch – Wasserwirtschaft. Gesetzentwurf der Bundesregierung. Stand 20.05.2008. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Umweltbundesamt 2019:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/naehr-schadstoffe#textpart-1>. Zugriff: 03.07.2019

VEB Hydrogeologie Nordhausen 1983: Grundwasservorratsprognose Bezirk Leipzig.

Wagner 2017: Wasserschutzgerechter ökologischer Landbau – Möglichkeiten und Strategien zur Minimierung von Nährstoffausträgen als „Lebensversicherung“ für die Rohwassergüte; Vortrag; Fachtagung Trinkwasser und Landwirtschaft; Leipzig, 16.Okt 2017