TEXTE
90/2023

Abschlussbericht

Wasserwirtschaftliche Folgen des Braunkohleausstiegs in der Lausitz

von:

Dr. Wilfried Uhlmann, Dipl.-Hydrologe Kai Zimmermann
Institut für Wasser und Boden, Dresden

Dr. Michael Kaltofen
DHI WASY GmbH, Berlin

Dr. Christoph Gerstgraser, Franz Grosser
gerstgraser Ingenieurbüro für Renaturierung, Cottbus

Dipl.-Ing. Carsten Schützel
GMB GmbH, Senftenberg

Herausgeber:
Umweltbundesamt

Für Mensch & Umwelt

Umwelt Bundesamt

TEXTE 90/2023

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3720 24202 0
FB001159

Abschlussbericht

Wasserwirtschaftliche Folgen des Braunkohleausstiegs in der Lausitz

von

Dr. Wilfried Uhlmann, Dipl.-Hydrologe Kai Zimmermann
Institut für Wasser und Boden, Dresden

Dr. Michael Kaltofen
DHI WASY GmbH, Berlin

Dr. Christoph Gerstgraser, Franz Grosser
gerstgraser Ingenieurbüro für Renaturierung, Cottbus

Dipl.-Ing. Carsten Schützel
GMB GmbH, Senftenberg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

/umweltbundesamt.de
/umweltbundesamt

Durchführung der Studie:
Arbeitsgemeinschaft „Wasserwirtschaftliche Folgen des Kohleausstiegs in der Lausitz“
Knappenstraße 1
01968 Senftenberg

Abschlussdatum:
April 2023

Redaktion:
Fachgebiet II 2.6 - Maßnahmen des Bodenschutzes
Jörg Frauenstein

Publikationen als pdf:
http://www.umweltbundesamt.de/publikationen

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Juni 2023

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Wasserwirtschaftliche Folgen des Braunkohleausstiegs in der Lausitz

Gemäß dem Kohleausstiegsgesetz wird die Stromerzeugung aus Braunkohle und der zugehörige Bergbau im Lausitzer Revier bis spätestens zum Jahr 2038 auslaufen. Daraus resultieren ein starker Rückgang der vom Bergbau in die Spree eingeleiteten Wassermengen und ein entsprechender Rückgang der Wasserführung der Spree bis hin zum abschnittsweisen Trockenfallen der Spree. Die vorliegende Studie umreißt zunächst den Untersuchungsgegenstand, zeichnet die Historie der wasserwirtschaftlichen Bedingungen seit 1850 nach und beschreibt die Grundzüge ihrer Entwicklung bis 2100. In einer detaillierten Analyse der Veränderungen der Wassermenge und Wasserbeschaffenheit werden quantitative und qualitative Aussagen zu den Auswirkungen des Kohleausstiegs auf die Fließgewässer, die Leistungsfähigkeit der Talsperren und Speicher, das Grundwasser und die Bergbaufolgeseen abgeleitet. Der wasserwirtschaftliche und gesellschaftspolitische Rahmen, den es bei der Umsetzung und Ausgestaltung des Kohleausstieges zu beachten gilt, wird dargestellt. Ausgehend von den Ziel- und Nutzungskonflikten um das Wasser werden Wasserüberleitungen aus anderen Einzugsgebieten als der wesentliche und erfolgversprechende Beitrag zur Bewältigung der wasserwirtschaftlichen Folgen des Kohleausstieges herausgearbeitet, die von weiteren Maßnahmen zur Verringerung des Wasserbedarfs, zur Erhöhung des Wasserdargebots und der Optimierung der Wasserverfügbarkeit sowie von technischen Lösungen und einer länderübergreifenden Organisation und Kommunikation flankiert werden müssen.

Abstract: Water management consequences of the coal phase-out in Lusatia

According to the coal phase-out act, electricity generation from lignite and the associated lignite mining in Lusatia will be phased out by 2038 at the latest. This will result in a strong decrease of the water volumes discharged into the Spree by the mining industry and a corresponding decrease of the water flow of the Spree, up to the point of the Spree running dry in sections. This study first outlines the object of investigation, traces the history of water management conditions since 1850 and describes the main features of their development up to 2100. In a detailed analysis of the changes in water quantity and water quality, quantitative and qualitative statements are derived on the effects of the coal phase-out on flowing waters, the performance of dams and reservoirs, groundwater and postmining pit lakes. The water management and socio-political framework to be considered in the implementation and design of the coal phase-out is presented. Based on the conflicting goals and uses of water, water transfers from other catchment areas are identified as the essential and promising contribution to overcoming the water management consequences of the coal phase-out, which must be flanked by further measures to reduce water demand, increase water supply and optimize water availability, as well as by technical solutions and cross-federal states organization and communication.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis ... 13
Tabellenverzeichnis ... 17
Abkürzungsverzeichnis ... 20
Anhang ... 23
Zusammenfassung ... 24
Summary ... 26
1 Einleitung ... 28
2 Thesen ... 29
3 Veranlassung und Zielstellung ... 35
4 Untersuchungsgegenstand ... 37
4.1 Untersuchungsraum ... 37
4.1.1 Gliederung ... 37
4.1.2 Einzugsgebiet der Spree ... 37
4.1.3 Einzugsgebiet der Schwarzen Elster ... 39
4.1.4 Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße ... 40
4.1.5 Gewässerstruktur im Niederlausitzer Braunkohlenrevier ... 41
4.2 Betrachtungszeiträume ... 43
4.3 Geologie und Braunkohle ... 46
4.4 Wasser ... 48
4.5 Rechtsrahmen ... 54
4.5.1 Kohleausstiegsgesetz (KohleAusG) ... 54
4.5.2 Wasserrecht ... 54
4.5.3 Bergrecht ... 55
4.5.4 Naturschutzrecht ... 56
4.6 Untersuchungsrahmen ... 56
4.7 Datengrundlagen ... 57
5 Historische Entwicklung bis 2020 ... 59
5.1 Quellen- und Datenlage ... 59
5.2 Anfänge des Braunkohlenbergbaus (Phase 1: 1850 bis 1920) ... 60
5.2.1 Allgemeines ... 60
5.2.2 Bergbau ... 60
5.2.3 Wasserwirtschaft ... 61
5.2.3.1 Spree ... 61

5.2.3.2 Schwarze Elster 68
5.3 Übergang zum industriellen Braunkohlenbergbau (Phase 2: 1920 bis 1960) 69
5.3.1 Allgemeines 69
5.3.2 Bergbau 69
5.3.3 Wasserwirtschaft 70
5.3.3.1 Spree 70
5.3.3.2 Schwarze Elster 75
5.4 Extensiver Braunkohlenbergbau (Phase 3: 1960 bis 1990) 75
5.4.1 Allgemeines 75
5.4.2 Bergbau 76
5.4.3 Wasserwirtschaft 76
5.4.3.1 Spree 76
5.4.3.2 Schwarze Elster 78
5.5 Rückgang des Braunkohlenbergbaus (Phase 4: 1990-2020) 78
5.5.1 Allgemeines 78
5.5.2 Bergbau 79
5.5.3 Wasserwirtschaft 80
5.5.3.1 Spree 80
5.5.3.2 Schwarze Elster 82
5.5.3.3 Lausitzer Neiße 83
5.6 Vergleich der Abflussänderungen in den Betrachtungszeiträumen am Beispiel des Pegels Cottbus Sandower Brücke 83
5.7 Fazit 87
6 Entwicklung bis 2100 90
6.1 Gesetzliche Fixierung des Kohleausstiegs (Phase 5: 2020 bis 2040) 90
6.1.1 Allgemeines 90
6.1.2 Bergbau 90
6.1.3 Wasserwirtschaft 91
6.2 Wiedernutzbarmachung der LEAG-Tagebaue (Phase 6: 2040 bis 2070) 95
6.2.1 Allgemeines 95
6.2.2 Bergbau 95
6.2.3 Wasserwirtschaft 96
6.3 Nachbergbaulicher Wasserhaushalt (Phase 7: nach 2070) 97
6.3.1 Allgemeines 97
6.3.2 Bergbau 97

6.3.3 Wasserwirtschaft ... 98
6.4 Fazit ... 98
7 Wassermengen ... 100
7.1 Einleitung ... 100
7.2 WBalMo-Ländermodell ... 104
7.3 Bilanzkomponenten ... 105
7.3.1 Grundwasser ... 105
7.3.1.1 Grundwasserhebung und -einleitung in die Vorflut ... 105
7.3.1.2 Grundwasserabsenkung ... 106
7.3.1.3 Versickerung aus Fließgewässern ... 107
7.3.2 Bergbaufolgeseen ... 109
7.3.3 Natürliches Dargebot ... 112
7.3.4 Wassernutzungen ... 114
7.3.4.1 Planungsstand zum Wasserbedarf ... 114
7.3.4.2 Annahmen zum Wasserbedarf ... 116
7.3.5 Klimawandel ... 117
7.4 Auswirkungen auf die Fließgewässer ... 119
7.5 Leistungsfähigkeit der Talsperren und Speicher ... 124
7.6 Fazit ... 127
8 Wasserbeschaffenheit ... 129
8.1 Einleitung ... 129
8.2 Grundwasser ... 129
8.2.1 Pyritverwitterung ... 129
8.2.2 Stofflichkeit des Grundwassers ... 133
8.2.2.1 Relevante Komponenten ... 133
8.2.2.2 Bewertungskriterien ... 134
8.2.3 Aktueller Zustand ... 136
8.2.3.1 Einflussbereiche und aktuelle Grundwasserabsenkung ... 136
8.2.3.2 Sulfat ... 137
8.2.3.3 Eisen ... 139
8.2.3.4 Versauerungsdisposition ... 142
8.2.4 Folgen des Kohleausstiegs ... 143
8.3 Bergbaufolgeseen ... 145
8.3.1 Versauerung ... 145
8.3.2 Stofflichkeit ... 146

8.3.2.1 Relevante Komponenten ... 146
8.3.2.2 Hydrochemische Typisierung ... 147
8.3.2.3 Bewertungskriterien ... 149
8.3.3 Aktueller Zustand ... 150
8.3.3.1 Versauerungszustand ... 150
8.3.3.2 Sulfat ... 150
8.3.3.3 Weitere stoffliche Komponenten ... 151
8.3.3.4 Trophie ... 154
8.3.4 Folgen des Kohleausstiegs ... 154
8.4 Fließgewässer und Flussspeicher ... 157
8.4.1 Sulfatbelastung und Verockerung ... 157
8.4.2 Stofflichkeit ... 159
8.4.2.1 Relevante Komponenten ... 159
8.4.2.2 Bewertungskriterien ... 160
8.4.3 Aktueller Zustand ... 162
8.4.3.1 Gewässernetz ... 162
8.4.3.2 Sulfat ... 163
8.4.3.3 Eisen ... 169
8.4.4 Folgen des Kohleausstiegs ... 173
8.5 Fazit ... 179
9 Leitbildentwürfe und Eckpfeiler der Zukunft für die Lausitz ... 181
9.1 Zielstellung und Methodik ... 181
9.2 Daseinsvorsorge ... 182
9.2.1 Vorrangregeln der Gewässerbewirtschaftung ... 182
9.2.2 Wasserversorgung Metropolregion Berlin/Brandenburg ... 184
9.2.3 Hochwasserschutz ... 185
9.2.4 Raumordnung ... 186
9.2.5 Blaue Infrastruktur ... 186
9.3 Wirtschaft ... 187
9.3.1 Industrie ... 187
9.3.2 Tourismus ... 189
9.3.3 Landwirtschaft ... 189
9.3.4 Fisch- und Teichwirtschaft ... 189
9.3.5 Schifffahrt ... 190
9.4 Ökologie ... 190

9.4.1 Wasserrahmenrichtlinie ... 190
9.4.2 Natura 2000 ... 192
9.4.3 Weitere Schutzgebiete ... 193
9.5 Fazit ... 194
10 Potenzielle Konflikte ... 195
10.1 Konfliktanalyse ... 195
10.2 Potenzielle Konflikte der Daseinsvorsorge ... 195
10.2.1 Konfliktbereich Gewässerbewirtschaftung ... 196
10.2.2 Konfliktbereich Wasserversorgung Metropolregion Berlin/Brandenburg ... 196
10.2.3 Konfliktbereich Hochwasserschutz ... 197
10.2.4 Konfliktbereich Raumordnung ... 197
10.2.5 Konfliktbereich Blaue Infrastruktur ... 198
10.3 Konflikte der Wirtschaft ... 198
10.3.1 Konfliktbereich Industrie ... 198
10.3.2 Konfliktbereich Tourismus ... 199
10.3.3 Konfliktbereich Landwirtschaft ... 199
10.3.4 Konfliktbereich Fischerei ... 200
10.3.5 Konfliktbereich Schifffahrt ... 200
10.4 Konflikte der Ökologie ... 201
10.4.1 Konfliktbereich Wasserrahmenrichtlinie ... 201
10.4.2 Konfliktbereich Natura 2000 ... 202
10.4.3 Konfliktbereich Weitere Schutzgebiete ... 202
10.5 Fazit ... 202
11 Handlungsoptionen ... 204
11.1 Grundlagen ... 204
11.2 Verringerung des Wasserbedarfs ... 205
11.2.1 Grundlagen ... 205
11.2.2 Teichwirtschaften ... 205
11.2.3 Landwirtschaft ... 205
11.2.4 Industrie ... 206
11.2.5 Kommunale Wasserversorgung ... 206
11.2.6 Biosphärenreservat Spreewald ... 206
11.2.7 Stützung des Wasserhaushalts ... 207
11.2.8 Schleusen und Fischaufstiegsanlagen ... 207
11.2.9 Flutung und Nachsorge der Bergbaufolgeseen ... 208

11.2.10 Metropolregion Berlin-Brandenburg 208
11.2.11 Zusammenfassende Bewertung 209
11.3 Erhöhung des Wasserdargebots 209
11.3.1 Grundlagen 209
11.3.2 Wasserüberleitung aus der Elbe 211
11.3.3 Wasserüberleitungen aus der Lausitzer Neiße 215
11.3.4 Wasserüberleitung aus der Oder 218
11.3.5 Zusammenfassende Bewertung 221
11.4 Optimierung der Wasserverfügbarkeit 223
11.4.1 Grundlagen 223
11.4.2 Optimierung bestehender Speicherräume 223
11.4.3 Schaffung zusätzlicher Speicherräume 227
11.4.4 Verbundbewirtschaftung 231
11.4.5 Wasserrückhalt im Einzugsgebiet 232
11.4.6 Grundwasserbewirtschaftung 236
11.4.7 Zusammenfassende Bewertung 237
11.5 Technische Lösungen 238
11.5.1 Grundlagen 238
11.5.2 Wasserbauliche Maßnahmen 238
11.5.3 Trinkwasserversorgung 240
11.5.4 Abwehrmaßnahmen gegen diffuse Stoffeinträge 240
11.5.5 Verbesserung der zentralen Abwasserreinigung 241
11.5.6 Zusammenfassende Bewertung 241
11.6 Organisation und Kommunikation 242
11.6.1 Grundlagen 242
11.6.2 Monitoring 242
11.6.3 Qualifizierung von Prognosewerkzeugen 243
11.6.4 Länderübergreifende Bewirtschaftung 246
11.6.5 Evaluierung der Bewirtschaftungsziele nach EG-WRRL 248
11.6.6 Evaluierung der Erhaltungsziele der Natura 2000-Schutzgebiete 248
11.6.7 Zusammenfassende Bewertung 249
11.7 Zusammenfassende Bewertung der Handlungsoptionen 249
12 Quellenverzeichnis 252
A Dokumentation der Stakeholderbefragung 262
A.1 Grundlagen 262

A.2 Auswertung der Stakeholderbefragung 263
A.2.1 Methodik 263
A.2.2 Ergebnisse 263
A.3 Quellenverzeichnis 266

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prinzipschema der Forschungsaufgabe 35
Abbildung 2: Abfolge der Arbeitspakete 35
Abbildung 3: Übersicht des Untersuchungsraumes mit Ausweisung des Bergbaueinflusses 38
Abbildung 4: Symbollegende für den Netzstrukturplan der oberirdischen Gewässer im Lausitzer Braunkohlenrevier 41
Abbildung 5: Netzstrukturplan der oberirdischen Gewässer im Lausitzer Braunkohlenrevier (Planungsstand 07/2021) 42
Abbildung 6: Entwicklungsphasen des Braunkohlenbergbaus in der Lausitz 44
Abbildung 7: Verbreitung des 2. Lausitzer Flözhorizontes und der Braunkohlentagebaue im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 47
Abbildung 8: Schematische Darstellung der Braunkohlengewinnung in einem Tagebau im Lausitzer Revier mit Förderbrückenbetrieb 48
Abbildung 9: Räumliche Ausdehnung des historischen bergbaubedingten Grundwassersabsenkungstrichters (sogenannter „Lausitzer Löwe“) 49
Abbildung 10: Bilanz des Sümpfungswassers im Lausitzer Braunkohlenrevier in den Jahren von 1900 bis 2020 50
Abbildung 11: Mittlere Wassermengenbilanz des Gewinnungsbergbaus für den August 2018 im Einzugsgebiet der Spree im Vergleich zu den mittleren Durchflüssen am Eingang des Oberspreewaldes in Schmogrow im hydrologischen Jahr 2021 und dem hydrologischen Sommerhalbjahr 2020 50
Abbildung 12: Nachbergbauliche Seenlandschaft im Lausitzer Braunkohlenrevier einschließlich der geplanten Bergbaufolgeseen der LEAG 53
Abbildung 13: Abflussganglinie der Spree am Pegel Cottbus Sandower Brücke von 1893 bis 1920 61
Abbildung 14: Ausbaumaßnahmen an der Spree im Jahr 1910 65
Abbildung 15: Bewirtschaftungspläne für das brandenburgische Spreegebiet 67
Abbildung 16: Karte verschiedener historischer Kanalbaupläne 68
Abbildung 17: Abflussganglinie der Spree am Pegel Cottbus Sandower Brücke von 1920 bis 1960 70
Abbildung 18: Hochwasser in Cottbus von 1930 (Reichsluftbildaufnahme) 71
Abbildung 19: Historische Karte der Niederlausitz mit dem Spreewald von 1724 72
Abbildung 20: Historische Karte des Spreewaldes von 1929 73
Abbildung 21: Randdeich am Südpolder im Oberspreewald 73
Abbildung 22: Spree bei Dissen im Sommer 1937 (links) und Kleine Spree bei Burg-Kolonie im Sommer 1952 (rechts) 74
Abbildung 23: Abflussganglinie der Spree am Pegel Cottbus Sandower Brücke von 1960 bis 1990 77
Abbildung 24: Abflussganglinie der Spree am Pegel Cottbus Sandower Brücke von 1990 bis 2020 80
Abbildung 25: Ausgetrockneter Flusslauf der Schwarzen Elster im August 2018 an der Brücke B96 83

Abbildung 26: Abflussganglinie des Pegels Cottbus Sandower Brücke für die verschiedenen Betrachtungszeiträume 86
Abbildung 27: Vergleich der Durchflussganglinien an den Pegeln Cottbus Sandower Brücke und Lübben Zusammenfluss für die hydrologischen Jahre 2017 bis 2022 88
Abbildung 28: Füllstand der Bergbaufolgeseen der LMBV in der Lausitz zum Ende des Jahres 2021 92
Abbildung 29: Geplante Grundwasserhebung in den Lausitzer Tagebauen zwischen 2020 und 2075 93
Abbildung 30: Übersicht der zur Erfassung von Dargebot, Wassernutzung und Bilanz im Längsschnitt der Spree genutzten Bilanzprofile 102
Abbildung 31: Ganglinie der Tagesmittelwerte des Durchflusses der Lausitzer Neiße am Pegel Görlitz im Kalenderjahr 2000 und Summenkurve der Unterschreitungshäufigkeit der Tagesmittel des Durchflusses 103
Abbildung 32: Ganglinie der Jahresmittelwerte des Durchflusses der Lausitzer Neiße am Pegel Görlitz für den Zeitraum von 1917 bis 2021 und Summenkurve der Unterschreitungshäufigkeit der Jahresmittel des Durchflusses 103
Abbildung 33: Versickerung im Einzugsgebiet der Malxe, aktueller Zustand (oben) und Zustand 2070 (unten) 108
Abbildung 34: Vergleich der MNQ des Gesamtabflusses der Spree am Pegel Sophienwerder für drei ENSEMBLE-Datensätze für den Status Quo, der nahen und fernen Zukunft 118
Abbildung 35: Abfluss am Pegel Große Tränke unter dem Einfluss von Klima und Bergbauszenarien 118
Abbildung 36: Wasserwirtschaftliche Jahresbilanz im Längsschnitt der Spree für mittlere Verhältnisse in der Phase 5 121
Abbildung 37: Wasserwirtschaftliche Jahresbilanz im Längsschnitt der Spree für mittlere Verhältnisse in der Phase 7 121
Abbildung 38: Wasserwirtschaftliche Jahresbilanz im Längsschnitt der Spree für extrem trockene Verhältnisse (T = 50 a) in der Phase 5 122
Abbildung 39: Wasserwirtschaftliche Jahresbilanz im Längsschnitt der Spree für extrem trockene Verhältnisse (T = 50 a) in der Phase 7 122
Abbildung 40: Zusammenhang zwischen den wasserwirtschaftlichen Kompartimenten Grundwasser, Bergbaufolgeseen und Fließgewässer in der bergbaulichen Landschaft 129
Abbildung 41: Pyrit im Lausitzer Braunkohlenrevier 130
Abbildung 42: Pyritverwitterung in einem Braunkohlentagebau 130
Abbildung 43: Dichtwände im Lausitzer Braunkohlenrevier 131
Abbildung 44: Zustand von Niedermooren in der Niederlausitz nach dem Grundwasserwiederanstieg in der Folge jahrzehntelanger Grundwasserabsenkung durch den Braunkohlenbergbau 132
Abbildung 45: Geochemie und Hydrochemie der Pyritverwitterung 133
Abbildung 46: „Transformation“ der natürlichen Grundwasserbeschaffenheit durch die Pyritverwitterung in einem Braunkohlentagebau 134
Abbildung 47: Verbreitung der hydrogeochemischen Einheiten im Lausitzer Braunkohlenrevier 135

Abbildung 48: Räumliche Abgrenzung des Bergbaueinflusses 137
Abbildung 49: Räumliche Verteilung der Sulfatkonzentration im obersten Grundwasserleiter des Lausitzer Braunkohlenreviers im Jahr 2017 138
Abbildung 50: Eisenbelastung des jeweils oberen Grundwasserleiters im Lausitzer Braunkohlenrevier 139
Abbildung 51: Kennzeichnung der Grundwasserbeschaffenheit im Lausitzer Braunkohlenrevier in Abhängigkeit von der Entfernung zu den Tagebauen 140
Abbildung 52: Eisenbelastung des Grundwassers in der Spreewitzer Rinne im Jahr 2021 141
Abbildung 53: Hotspots der Eisenbelastung des Grundwassers am Nordhang des Lausitzer Grenzwalls 141
Abbildung 54: Versauerungspotential des jeweils oberen Grundwasserleiters im Lausitzer Braunkohlenrevier 142
Abbildung 55: Aktuelle Entwicklung der Tagebaue der LEAG im Kontext der bestehenden Sulfatbelastung des Grundwassers 143
Abbildung 56: Versauerung von Bergbaufolgeseen 145
Abbildung 57: Relevante Stoffeinträge und hydrogeochemische Prozesse in juvenilen Bergbaufolgeseen 146
Abbildung 58: Versauerungszustand der Lausitzer Bergbaufolgeseen im Jahr 2021 150
Abbildung 59: Sulfatkonzentration in den Lausitzer Bergbaufolgeseen im Jahr 2021 151
Abbildung 60: Sulfatkonzentration in den Bergbaufolgeseen im Niederlausitzer Revier 152
Abbildung 61: Eisenkonzentration in den Bergbaufolgeseen im Niederlausitzer Revier 153
Abbildung 62: Bergbaufolgeseen der LEAG nach Planungsstand 2022 154
Abbildung 63: Luftbild des Cottbuser Ostsees und des Hermannsdorfer Sees 155
Abbildung 64: Verockerung von Fließgewässern 158
Abbildung 65: Verockerung der Spree in Spreewitz vor Einmündung der Kleinen Spree 158
Abbildung 66: Herkunft relevanter Stoffbelastungen der Fließgewässer im Bergbaurevier 160
Abbildung 67: Relative Veränderung der Wechselwirkungen der Spree nach dem Kohleausstieg 163
Abbildung 68: Mittlere Sulfatbelastung der Fließgewässer im Untersuchungsraum in den hydrologischen Jahren 2010 bis 2017 und Grenzen des Bergbaueinflusses 164
Abbildung 69: Mittelwerte sowie 10. und 90. Perzentile der Sulfatkonzentration im Längsschnitt der Spree 165
Abbildung 70: Mittelwerte sowie 10. und 90. Perzentile der Sulfatkonzentration im Längsschnitt der Schwarzen Elster 166
Abbildung 71: Anteilige Herkunft der Sulfatbelastung der Spree im Südraum (Lieske bis Talsperre Spremberg), im Nordraum (Talsperre Spremberg bis Lübben) und im Gesamtraum 167
Abbildung 72: Entwicklung der jährlichen Sulfateinträge aus den Wasserbehandlungsanlagen der LE-B und dem mit Sümpfungswasser versorgten Kraftwerk Schwarze Pumpe der LE-K in die Spree im Südraum 168
Abbildung 73: Entwicklung der aus den Bergbaufolgeseen der LMBV in die Spree eingetragenen Sulfatfrachten 168
Abbildung 74: Mittlere Eisenbelastung der Fließgewässer im Untersuchungsraum in den hydrologischen Jahre 2010 bis 2017 und Grenzen des Bergbaueinflusses 170

Abbildung 75: Mittelwerte sowie 10. und 90. Perzentile der Eisenkonzentration im Längsschnitt der Spree 171
Abbildung 76: Anteile der Eisenquellen am Eiseneintrag in die Spree zwischen Lieske und Lübben 172
Abbildung 77: Mittelwerte sowie 10. und 90. Perzentile der Eisenkonzentration im Längsschnitt der Schwarzen Elster 173
Abbildung 78: Spree zwischen Sprey und Zerre mit dem Schwerpunkt des diffusen Stoffeintrags aus der Spreewitzer Rinne 174
Abbildung 79: Dauerlinien des Durchflusses in der Spree am Profil Zerre für die Szenarien A (schwarz) und C (rot) 176
Abbildung 80: Dauerlinien der Sulfatkonzentration in der Spree am Profil Zerre für die Szenarien A (schwarz) und C (rot) 176
Abbildung 81: Dauerlinien der Eisenkonzentration in der Spree am Profil Zerre für die Szenarien A (schwarz), B (blau) und C (rot) 177
Abbildung 82: Längsprofile der Eisenkonzentration in der Spree zwischen Sprey und Zerre als 10. Perzentil, Mittelwert und 90. Perzentil für die Szenarien A (oben), B (Mitte) und C (unten) im Vergleich 178
Abbildung 83: Längsprofile der mittleren Eisenkonzentration in der Spree zwischen Sprey und Zerre für die Szenarien A (schwarz), B (blau) und C (rot) im Vergleich 179
Abbildung 84: Entwicklung der Sulfatkonzentration in der Spree und im Trinkwasser des Wasserwerkes Briesen 185
Abbildung 85: Grundsätzliche Handlungsoptionen zur Bewältigung der wasserwirtschaftlichen Herausforderungen des Kohleausstiegs mit der Andeutung eines möglichen Lösungsraumes 204
Abbildung 86: Varianten der Elbewasserüberleitung 212
Abbildung 87: Verfügbare mittlere Überleitungsmenge am Querschnitt Grödel der Elbe bei einer hydraulischen Kapazität der Überleitung von 3 m^3/s für die klimatischen Bedingungen des Jahres 2045 bei einem 2K-Star-Klimaszenario 214
Abbildung 88: Trassenführung der Neißewasserüberleitung NÜL1 216
Abbildung 89: Mittelwerte der Wasserentnahmen aus der Lausitzer Neiße an der Pumpstation Steinbach 216
Abbildung 90: Summenkurven des Durchflusses der Lausitzer Neiße am Pegel Görlitz in den 20 hydrologischen Jahren 2002 bis 2021 für das hydrologische Gesamtjahr sowie die hydrologischen Sommer- und Winterhalbjahre mit dem Schwellenwert für die Nutzung der Neißewasserüberleitung 217
Abbildung 91: Systemskizze der Scheitelhaltung der Spree-Oder-Wasserstraße mit ihren für die Bewirtschaftung relevanten Gewässern und Anlagen 218
Abbildung 92: Übersicht des Gewässersystems östlich von Berlin mit der Spree-Oder-Wasserstraße und der Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals mit den relevanten Schleusen und Bilanzprofilen 219
Abbildung 93: Pump- und Schleusungswasser an den beiden Enden der Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals als Monatsmittel der Jahre 2005 bis 2009 220

Abbildung 94: Zur Aufhöhung der Spree benötigte Oderwassermenge für die Einhaltung eines Mindestdurchflusses von 8 m³/s am Pegel Große Tränke in den Zeiträumen 1995-2000 und 2005-2010 221
Abbildung 95: Lage potenzieller Einleitstellen für Wasserüberleitungen aus anderen Flussgebieten und Lage der wasserwirtschaftlichen Speicher im Flussgebiet der Spree 222
Abbildung 96: Theoretisch nutzbarer und aufgrund von Restriktionen derzeit tatsächlich nutzbarer Speicherraum im Einzugsgebiet der Spree 225
Abbildung 97: Lage des Schwielochsees im Gewässernetz der Spree 230
Abbildung A-1: Schema zum Ablauf der Stakeholderbefragung 263
Abbildung A-2: Anfragen und Rückmeldungen von Stakeholdern 264
Abbildung A-3: Aufschlüsselung der bereitgestellten Informationen nach Art und Aufgabenfeld der Stakeholder 265
Abbildung A-4: Aufschlüsselung der bereitgestellten Informationen nach Art und Themenrelevanz 266

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Historische Phasen der Braunkohlenindustrie in der Lausitz 45
Tabelle 2: Übersicht der für die Bearbeitung genutzten Geodaten mit Angaben zu Datenstand und Datenquelle 58
Tabelle 3: Bedeutende Hochwasserereignisse in der Spree von 1413 bis 1938 62
Tabelle 4: Hauptabflusskennwerte in den verschiedenen Betrachtungszeiträumen am Pegel Cottbus Sandower Brücke 84
Tabelle 5: Stilllegungspfad der Lausitzer Kraftwerke (LEAG) 91
Tabelle 6: Übersicht über die Flutung der Tagebaurestlöcher der LEAG 93
Tabelle 7: Übersicht über die Flutung der Tagebaurestlöcher der LEAG (Fortsetzung) 94
Tabelle 8: Prognostizierte Flutungsdauer der Bergbaufolgeseen der LEAG für verschiedene hydrologische Verhältnisse und Nutzung der Neißewasserüberleitung 96
Tabelle 9: Aktuelle und künftige Volumina und Flächen der Bergbaufolgeseen in der Lausitz 98
Tabelle 10: Ausgewählte Bilanzprofile der Spree zur Erfassung von Dargebot, Wassernutzung und Bilanz im Längsschnitt 101
Tabelle 11: Übersicht der wasserwirtschaftlichen Elemente im WBalMo Ländermodell 104
Tabelle 12: Grubenwasserhebung im Flusseinzugsgebiet der Spree 106
Tabelle 13: Zeitliche Entwicklung der Flächen der Grundwasserabsenkungsgebiete 106
Tabelle 14: Zeitliche Entwicklung der nicht abflusswirksamen Gebiete 107
Tabelle 15: Zeitliche Entwicklung der Versickerungsmengen in der Spree 107
Tabelle 16: Überschlägige Schätzung des mittleren Dargebotsverlustes durch Umwandlung von Landflächen in Seeflächen 109
Tabelle 17: Bergbaufolgeseen im Verantwortungsbereich der LEAG 110
Tabelle 18: Vorläufige Flutungskennzahlen der LEAG-Bergbaubauseen 111

Tabelle 19: Nachsorge der Bergbaufolgeseen im Flusseinzugsgebiet der Spree vor dem Kohleausstieg (Phase 5), für den Zeitraum der Flutung der LEAG-Tagebaue (Phase 6) und für den nachbergbaulichen Wasserhaushalt (Phase 7) 112
Tabelle 20: Natürliches Dargebot und Ausleitung aus Bergbaufolgeseen im Flusseinzugsgebiet der Spree vor dem Kohleausstieg (Phase 5), während der Flutung der Bergbaufolgeseen (Phase 6) und für den nachbergbaulichen Wasserhaushalt (Phase 7) 113
Tabelle 21: Wassernutzungen für Kommune, Gewerbe und Landschaft im Flusseinzugsgebiet der Spree für den nachbergbaulichen Wasserhaushalt (Phase 7) 115
Tabelle 22: Annahmen zum zusätzlichen Wasserbedarf durch Ersatz von Grubenwasser und Neuansiedlungen 117
Tabelle 23: Übersicht zu klimabezogenen Prognosen zur Wasserbewirtschaftung in der Lausitz und verwendeter Klimadatensatz 117
Tabelle 24: Wasserwirtschaftliche Jahresbilanz im Längsschnitt der Spree für die Zeiträume vor dem Kohleausstieg (Phase 5), während der Flutung (Phase 6) und des nachbergbaulichen Wasserhaushaltes (Phase 7), ergänzt um ausgewählte Durchflüsse des Niedrigwasserjahres 2018 120
Tabelle 25: Änderung der Jahresmittelwerte der Durchflüsse des nachbergbaulichen Wasserhaushaltes im Vergleich zum Zeitraum vor dem Kohleausstieg 123
Tabelle 26: Betriebsräume der Talsperren und Speicher im oberen Spreegebiet 124
Tabelle 27: Ausgleichswasserbedarf und dafür erforderlicher Betriebsraum im nachbergbaulichen Wasserhaushalt (Phase 7) 125
Tabelle 28: Geplante Betriebsräume der Bergbaufolgeseen mit Speicherfunktion und geplanter Betriebsraum 125
Tabelle 29: Speicher im Einzugsgebiet der Spree und aktuelle Restriktionen 126
Tabelle 30: Erforderliche Gesamtzuleitung in das Spreegebiet zur Gewährleistung der vollständigen Verfügbarkeit des maximalen Betriebsraumes aller Speicher 126
Tabelle 31: Schwellenwerte zur Beurteilung des chemischen Zustandes des Grundwassers nach Anlage 2 der Grundwasserverordnung 135
Tabelle 32: Geogene Hintergrundwerte der dominierenden hydrogeochemischen Einheiten im Lausitzer Braunkohlenrevier für die relevanten bergbaubürtigen Kennwerte 136
Tabelle 33: Sulfatklassenmodell der Grundwasserbelastung in den Gebieten des Braunkohlenbergbaus 138
Tabelle 34: Kategorisierung der Versauerungsdisposition und des Versauerungspotentials des Grundwassers 142
Tabelle 35: Charakteristische Besiedlung von Bergbaufolgeseen in Abhängigkeit vom Versauerungsgrad 147
Tabelle 36: Hydrochemische Kriterien für die Ausleitung aus Bergbaufolgeseen in das öffentliche Gewässernetz 149
Tabelle 37: Hydrochemischer Zustand der Bergbaufolgeseen der LEAG 156
Tabelle 38: Vorläufige Prognosen des hydrochemischen Zustandes der Bergbaufolgeseen im Verantwortungsbereich der LEAG 157

Tabelle 39: Anforderungen an die allgemeinen physiko-chemischen Qualitätskomponenten (ACP) Eisen, Sulfat und pH-Wert für den guten ökologischen Zustand der Fließgewässertypen nach Oberflächengewässerverordnung 161
Tabelle 40: Überwachungswerte der Ausleitungen aus Wasserreinigungs- bzw. Wasserbehandlungsanlagen des Braunkohlenbergbaus in Fließgewässer..... 161
Tabelle 41: Statistische Kennwerte der Sulfatkonzentration in der Spree am Profil Zerre für die Szenarien A und C..... 176
Tabelle 42: Statistische Kennwerte der Eisenkonzentration in der Spree am Profil Zerre für die Szenarien A, B und C..... 177
Tabelle 43: Ausgewählte erforderliche Mindestabflüsse nach den Bewirtschaftungsgrundsätzen für die Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße 183
Tabelle 44: Anzahl der bergbaulich beeinflussten Fließgewässer-OWK in den Einzugsgebieten der Spree, Schwarzen Elster und Lausitzer Neiße 191
Tabelle 45: Durch den Bergbau beeinflusste Standgewässer in den Einzugsgebieten der Spree, Schwarzen Elster und Lausitzer Neiße..... 191
Tabelle 46: Anzahl der FFH-Gebiete an bergbaulich beeinflussten Fließgewässer-OWK im Untersuchungsraum 192
Tabelle 47: Schutzgebiete im Untersuchungsgebiet..... 193
Tabelle 48: Vergleich der Flusseinzugsgebiete an relevanten Pegeln der Entnahme bzw. Einleitung zur Bewertung einer Fernwasserüberleitung..... 210
Tabelle 49: Varianten der Elbewasserüberleitung..... 212
Tabelle 50: Ausgewählte Stammdaten und Hauptzahlen von Pegeln der Elbe..... 215
Tabelle 51: Vorschläge zur Optimierung der Speicheranbindung 226
Tabelle 52: Mögliche Speicher im oberen Flussgebiet der Schwarzen Elster..... 228
Tabelle 53: Morphometrische Eckdaten des künftigen Bergbaufolgesees im Tagebau Nochten 228
Tabelle 54: Morphometrische Eckdaten des Schwielochsees 230
Tabelle 55: Annahmen zur Berechnung des Speichervolumens von renaturierten Flussauen 233
Tabelle 56: Gesamte und renaturierbare Lauflängen der Spree und der berichtspflichtigen Nebenfließe im oberen, mittleren und unteren Einzugsgebiet 234
Tabelle 57: Theoretische Speichervolumen in den renaturierten Flussauen der Spree und ihrer berichtspflichtigen Nebenfließe 234
Tabelle 58: Bewertung der Wirkung des Niederschlagsrückhaltes von versiegelten Flächen im Einzugsgebiet der Spree zwischen Bautzen und Berlin..... 236

Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber
AG FGB	(länderübergreifende) Arbeitsgemeinschaft Flussgebietsbewirtschaftung
ARGE	Arbeitsgemeinschaft
ASG	Altstadtsanierungsgesellschaft mbH Spremberg
BB	Brandenburg
BBergG	Bundesberggesetz
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BFL	Bergbaufolgelandschaft
BFS	Bergbaufolgesee
BGR	Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, seit 2021 BMUV
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, vor 2021 BMU
BPB	Bundeszentrale für politische Bildung
BTU C	Brandenburgische Technische Universität Cottbus
BWB	Berliner Wasserbetriebe
DHM	Deutsches Historisches Museum
DWBV	Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband
EG-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
EZG	(Oberirdisches) Einzugsgebiet
EÜL	Elbeüberleitung
FAA	Fischaufstiegsanlagen
FFH	Fauna-Flora-Habitat
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
FWA	Frankfurter Wasser- und Abwassergesellschaft mbH
FZL	Flutungszentrale Lausitz, angesiedelt bei der LMBV
gIR	gerstgraser Ingenieurbüro für Renaturierung, Cottbus
GLOWA Elbe	Forschungsprojekt zur Untersuchung der Wirkung des globalen Wandels auf den Wasserkreislauf
GMB	GMB Gesellschaft für Montan- und Bautechnik GmbH, Senftenberg
GRMSteu	Operatives Steuermodell zur Kurzfristprognose der Wassermenge im Gebiet der Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße
GrwV	Grundwasserverordnung
GWBA, GWRA	Grubenwasserbehandlungsanlage, Grubenwasserreinigungsanlage
GWK	Grundwasserkörper nach EG-WRRL
HGM	Hydrogeologisches Großraummodell
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISP	Industriestandort Schwarze Pumpe
IWB	Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden
KohleAusG	Kohleausstiegsgesetz
KVBG	Kohleverstromungsbeendigungsgesetz

KW	Kraftwerk
LAUBAG	Lausitzer Braunkohle Aktiengesellschaft (1990 bis 2002)
LBGR	Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
LEAG	Dachmarke der Lausitz Energie Verwaltungs GmbH, der Lausitz Energie Bergbau AG (kurz LE-B) und der Lausitz Energie Kraftwerke AG (kurz LE-K) (seit 2016)
LE-B	Lausitz Energie Bergbau AG, Bergbausparte der Dachmarke LEAG
LE-K	Lausitz Energie Kraftwerke AG, Kraftwerksparte der Dachmarke LEAG
LfU	Landesamt für Umwelt Brandenburg, bis 2017 LUGV
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LMBB	Lausitz und Mitteldeutsche Bergbau Beratungsgesellschaft mbH
LMBV	Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH
LTV	Landestalsperrenverwaltung Sachsen
LUA	Landesumweltamt Brandenburg, seit 2009 LUGV
LUGV	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg, seit 2017 LfU
LUIS BB	Landwirtschafts- und Umweltinformationssystem Brandenburg
MDK	Mitteldeutsches Kernensemble
MLUK	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz Brandenburg, bis 2019 MLUL
MLUL	Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft Brandenburg, seit 2018 MLUK
MUGV	Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg, seit 2014 MLUL
MWAE	Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie Brandenburg, bis 2019 MWE
MWE	Ministerium für Wirtschaft und Energie Brandenburg, seit 2019 MWAE
NAM	Niederschlags-Abfluss-Modell
NHN	Normalhöhennull
NÜL	Neißeüberleitung: NÜL1 für die Neißeüberleitung bei Steinbach und NÜL2 für die Neißeüberleitung nördlich von Forst
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
OP	Oberpegel
OWK	Fließgewässer Oberflächenwasserkörper nach EG-WRRL
OÜL	Oderüberleitung
PBSM	Pflanzenbehandlungs- und -schutzmittel
PGE	Polnischer Betreiber des Tagebaus Turów
PIK	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
PS	Pumpstation
PV	Photovoltaik
RL	Restloch
SAG	Strategische Arbeitsgruppe
SB	Speicherbecken

SenUVK	Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin, seit 09/2021 SenUMVK
SenUMVK	Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucherschutz und Klima Berlin, bis 09/2021 SenUVK
SOW	Spree-Oder-Wasserstraße
SPA	Special Protection Area (Natura 2000 Vogelschutzgebiet)
StuBA	Steuerungs- und Budgetausschuss für die Braunkohlesanierung
SWAZ	Spremberger Wasser- und Abwasserzweckverband GmbH
TS	Talsperre
TU BAF	Technische Universität Bergakademie Freiberg
TUD	Technische Universität Dresden
UAG	Unterarbeitsgruppe
UHW	Untere-Havel-Wasserstraße
UP	Unterpegel
UWB	Untere Wasserbehörde
VEM	Vattenfall Europe Mining AG (2002 bis 2015)
WBalMo	*Water Balance Modeling* Programmsystem zur stochastischen Simulation des Wasserhaushaltes von Flussgebieten
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRE	Wasserrechtliche Erlaubnis
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WSBZ	Weniger strenge Bewirtschaftungsziele
WSS	Wasserspeichersystem
WW	Wasserwerk

Anhang

A. Dokumentation der Stakeholderabfrage ..... 7 Blatt

Hinweis: Weitere Dokumente, die während der Projektbearbeitung entstanden sind und auf die im Bericht mit Anhang (1…4) verwiesen wird, wurden nicht in diesen Bericht integriert. Sie sind öffentlich verfügbar unter:
https://umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasser-bewirtschaften/wassermanagement-kohleausstieg

(1) Wasserwirtschaftliches Großraummodell „WBalMo-Ländermodell“ - Wartung, Unterhaltung, Weiterentwicklung und Betrieb. ..... 82 Blatt
(2) Eingangsdaten und Ergebnisse von Simulationen des WBalMo-Ländermodells Spree-Schwarze Elster zum Wasserhaushalt ..... 50 Blatt
(3) Bericht zum 1. Fachgespräch am 27.09.2021 ..... 168 Blatt
(4) Bericht zum 2. Fachgespräch am 29.06.2022 ..... 67 Blatt

Zusammenfassung

Seit Beginn der industriellen Gewinnung, Veredlung und Verstromung von Braunkohle im Lausitzer Revier wurden innerhalb von 120 Jahren (1900-2020) in Summe ca. 8,4 Mrd. Tonnen Rohbraunkohle gefördert. Die Braunkohle diente vorrangig der Wärme- und Stromversorgung. Zur Freilegung der Braunkohle wurden in diesem Zeitraum ca. 58 Mrd. m^3 Grundwasser gefördert. Dieser Eingriff in den Wasserhaushalt hat in den Flussgebieten der Schwarzen Elster und der Spree deutliche Spuren hinterlassen. Dazu zählen ein aktuelles Grundwasserdefizit von ca. 4 Mrd. m^3 sowie der im Vergleich zum natürlichen Leistungsvermögen des Einzugsgebietes deutlich erhöhte Abfluss der Spree. Seit Jahrzehnten haben sich die Spreeanrainer einschließlich der Bundeshauptstadt Berlin und dem UNESCO-Biosphärenreservat Spreewald an den erhöhten Abfluss gewöhnt und darauf Versorgungskonzepte gegründet. Gegenwärtig beträgt der mittlere Anteil des Sümpfungswassers am Durchfluss der Spree bei Cottbus etwa 50 %. Er steigt in trockenen Sommermonaten auf ca. 75 %.

Gemäß dem Kohleausstiegsgesetz werden die drei Braunkohlekraftwerke Boxberg, Schwarze Pumpe und Jänschwalde sowie die vier dazugehörigen Tagebaue Reichwalde, Nochten, Welzow-Süd und Jänschwalde im Lausitzer Revier bis spätestens zum Jahr 2038 geschlossen. Daraus resultieren ein starker Rückgang der vom Bergbau in die Spree eingeleiteten Wassermengen und ein entsprechender Rückgang der Wasserführung der Spree. In zukünftigen Trockenperioden ist mit einem abschnittsweisen Trockenfallen der Spree zu rechnen. Der rückläufigen Wasserführung der Spree steht in den kommenden fünf Jahrzehnten ein zusätzlicher Wasserbedarf von ca. 6 Mrd. m^3 zur Auffüllung der verbleibenden bergbaulichen Hohlformen und des Grundwasserabsenkungstrichters gegenüber. Der künftige Wassermangel wird durch die Verdunstung von den großen Wasserflächen der bereits entstandenen (LMBV) und der noch entstehenden (LEAG) Bergbaufolgeseen von ca. 250 km^2 sowie durch die zu erwartenden Wirkungen des Klimawandels zusätzlich verstärkt.

Unter Nutzung der seit 1855 verfügbaren hydrologischen Daten, aktueller Abfragen der Wassernutzer, der aktuellen Entwicklungskonzepte der Bergbauunternehmen LMBV und LEAG sowie von Ergebnissen behördlich anerkannter wasserwirtschaftlicher Modelle wurden Wasserbilanzen für die Zukunft erstellt. Diese Prognosen sind für Grundsatzentscheidungen geeignet.

Die bergbauliche Grundwasserhebung und -ableitung in die Spree wird bis zum Kohleausstieg (2020 bis 2040) bereits zurückgehen, nach dem Kohleausstieg (2040 bis 2070) nochmals deutlich abnehmen und perspektivisch (nach 2070) ganz eingestellt. Die Wasserführung der Spree wird entsprechend zurückgehen und sich nachbergbaulich auf einem niedrigeren Niveau stabilisieren. Bei gleichbleibendem oder zunehmendem Wasserbedarf werden wasserwirtschaftliche Mangelsituationen zunehmen, insbesondere in anhaltenden Trockenperioden.

Im Zuge des energiewirtschaftlichen Transformationsprozesses werden die Ansprüche an das Spreewasser hinsichtlich Menge und Beschaffenheit steigen. Insbesondere durch den zu erwartenden Bevölkerungszuwachs in der Metropolregion Berlin-Brandenburg und durch neue Industrien muss mit einem Bedarfszuwachs gerechnet werden. Sowohl in der Phase der wasserhaushaltlichen Sanierung in der Lausitz bis etwa 2070 als auch danach wird eine große Diskrepanz zwischen dem Wasserdargebot der Spree und dem Wasserbedarf von Natur, Mensch und Industrie entstehen. In der Lausitz konkurrieren der Industriesektor mit den Schwerpunkten BASF Schwarzheide, Industriepark Schwarze Pumpe und Oberzentrum Cottbus sowie die geplanten industriellen Umnutzungen der Kraftwerksstandorte Boxberg und Jänschwalde miteinander und mit dem UNESCO-Biosphärenreservat Spreewald um das verfügbare Wasserdargebot. Eine Wasserstoffproduktion größeren Umfangs wird im Spreegebiet nicht möglich sein. Die Bundeshauptstadt Berlin im Unterlauf der Spree wird bei der Rohwasserbereitstellung für ihr größtes Trinkwasserwerk Friedrichshagen sowie bei der Verdünnung der in das Berliner

Gewässersystem eingeleiteten Abwasserströme von jährlich ca. 220 Mio. m^3 vor große Herausforderungen gestellt.

Der maßgebliche Konflikt zwischen dem Rückgang der Wasserverfügbarkeit in der Spree und dem Zuwachs des Wasserbedarfs im Einzugsgebiet kann durch die Umsetzung eines Bündels von Maßnahmen entschärft werden. Dieses Bündel beinhaltet den Wasserrückhalt in Talsperren und in den zu Speichern ausgebauten Bergbaufolgeseen in dargebotsreichen Perioden sowie die Wasserabgabe zur Niedrigwasseraufhöhung in dargebotsarmen Perioden.

Die derzeit nutzbaren Speicherkapazitäten im Spreegebiet von nominal 151 Mio. m^3 werden zum Ausgleich des künftigen Wasserdefizites nicht ausreichen, zumal diese durch geotechnische, ökologische und hydrochemische Restriktion bis auf Weiteres nur reichlich zur Hälfte tatsächlich nutzbar sind. Zur Stabilisierung des nachbergbaulichen Wasserhaushaltes und zur Gewährleistung der vielfältigen Nutzeransprüche im Spreegebiet ist eine Gesamtspeicherkapazität von mindestens 178 Mio. m^3 erforderlich. Diese muss durch die Aufhebung bestehender Speicherrestriktionen sowie durch den Neubau von Speichern, z. B. im Cottbuser Ostsee mit ca. 27 Mio. m^3, hergestellt werden.

Allein durch das natürliche Wasserdargebot der Spree kann eine Vollfüllung der Speicherräume zu Frühjahrsbeginn jedoch nicht gewährleistet werden. Dazu müssen jährlich mindestens 60 Mio. m^3 Wasser aus benachbarten Flussgebieten, vorzugsweise aus der Elbe, der Lausitzer Neiße und der Oder, in das Spreegebiet übergeleitet werden. Da die Wasserüberleitungen nur in Zeiten des Wasserüberschusses möglich sind, bilden sowohl der Speicherzubau und die Speicherertüchtigung als auch die vorgenannten Wasserüberleitungen ein untrennbares Maßnahmenbündel. Das maßgebliche Argument für den Speicherausbau und für die Wasserüberleitungen ist die Deckung des Wasserbedarfs der Metropolregion Berlin-Brandenburg und des UNESCO-Biosphärenreservates Spreewald weit über den Kohleausstieg hinaus.

Die Überwachung und Bewirtschaftung des komplexen wasserwirtschaftlichen Systems aus Überleitungen, Talsperren, Speichern und zahlreichen Nutzern bedarf einer länderübergreifenden Koordinierung unter Mitwirkung des Bundes. Die aktuell von den Bundesländern Berlin, Brandenburg und Sachsen gebildete Strategische Arbeitsgruppe kann dafür ein Anfang sein.

In Anbetracht langer Planungs- und Umsetzungszeiträume und der Tatsache, dass bereits in den Jahren bis zum Kohleausstieg mit spürbaren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt zu rechnen ist, müssen unabhängig von der konkreten Ausgestaltung des dargestellten Maßnahmenbündels rechtzeitig die notwendigen Grundsatzentscheidungen getroffen und die grundsätzliche Genehmigungsfähigkeit der vorgeschlagenen Lösungen geklärt werden. Die Lausitzer Neiße und die Oder können nur im Einvernehmen mit der Republik Polen genutzt werden. Eine Elbewasserüberleitung bedarf der Einbeziehung aller nationalen und internationalen Anrainer. Die wasserwirtschaftlichen Herausforderungen des Kohleausstiegs können nur in Zusammenarbeit zwischen dem Bund, den Ländern, den Bergbauunternehmen und den Wassernutzern zukunftssicher bewältigt werden.

Summary

Since the beginning of industrial lignite mining, refining, and conversion of lignite into electricity in the Lusatian mining area, a total of approx. 8.4 billion tons of raw lignite have been produced within 120 years (1900-2020). The lignite was primarily used for heat and power supply. Approximately 58 billion m^3 of groundwater was extracted during this period to expose the lignite. This interference in the water balance has left significant traces in the river basins of the Schwarze Elster and the Spree. These include a current groundwater deficit of about 4 billion m^3 and the significantly increased discharge of the Spree compared to the natural capacity of the catchment area. For decades, the Spree riparians, including the federal capital Berlin and the UNESCO biosphere reserve Spreewald, have become accustomed to the increased discharge and have based their supply concepts on it. At present, the average share of mine water in the flow of the Spree at Cottbus is about 50%. It rises to about 75% in dry summer months.

According to the Kohleausstiegsgesetz (coal phase-out act), the three lignite-fired power plants Boxberg, Schwarze Pumpe and Jänschwalde as well as the four opencast mines Reichwalde, Nochten, Welzow-Süd and Jänschwalde in the Lusatian mining area will be closed by 2038 at the latest. This will result in a sharp drop in the volume of mine water discharged into the Spree by the mining industry and a corresponding decline in the discharge of the Spree. In future dry periods, the Spree can be expected to run dry in sections. The declining water supply of the Spree will be offset by an additional water demand of about 6 billion m^3 over the next five decades to fill the remaining mining cavities and to rise the groundwater table. The future water shortage will be further aggravated by evaporation from the large water surfaces of the mining lakes already created (LMBV) and still to be created (LEAG) of approx. 250 km^2 as well as by the expected effects of climate change.

Water balances for the future were prepared using hydrological data available since 1855, current inquiries from water users, current development concepts of the mining companies LMBV and LEAG, and results of officially recognized water management models. These forecasts are suitable for fundamental decisions.

The mine water discharge into the Spree will already decrease until the coal phase-out (2020 to 2040), will again decrease significantly after the coal phase-out (2040 to 2070) and will perspectively (after 2070) cease completely. The discharge of the Spree will decrease accordingly and stabilize at a lower level in the more distant future. If water demand remains the same or increases, water shortages will increase, especially during prolonged dry periods.

During the transformation process, the demands on the Spree water will increase in terms of quantity and quality. In particular, the expected population growth in the Berlin-Brandenburg metropolitan region and new industries are expected to increase the water demand. In the phase of water balance rehabilitation in the Lusatian mining area until about 2070 and afterwards, a large discrepancy will arise between the water supply of the Spree and the water demand of nature, population, and industry. In Lusatia, the industrial sector with its focus on BASF Schwarzheide, the Schwarze Pumpe industrial park and the Oberzentrum Cottbus as well as the planned industrial conversions of the Boxberg and Jänschwalde power plant sites compete with each other and with the UNESCO biosphere reserve Spreewald for the available water supply. Large-scale hydrogen production will not be possible in the Spree region. The federal capital Berlin in the lower reaches of the Spree will face major challenges in the provision of raw water for its largest drinking water plant, Friedrichshagen, and in the dilution of approx. 220 million m^3 wastewater discharged annually into the Berlin water system.

The major conflict between the decrease in water availability in the Spree and the increase in water demand in the catchment area can be mitigated by implementing a bundle of measures.

This bundle includes water retention in reservoirs and in the pit lakes developed into reservoirs during periods of high water supply and the release of water during periods of low water supply.

The currently usable reservoir capacities in the Spree region of nominally 151 million m^3 will not be sufficient to compensate for the future water deficit, especially since geotechnical, ecological and hydrochemical restrictions mean that only about half of these capacities can actually be used for the time being. A total reservoir capacity of at least 178 million m^3 is required to stabilize the post-mining water balance and to guarantee the various user requirements in the Spree region. This must be achieved by lifting existing restrictions and by building new reservoirs, e. g. in the Cottbuser Ostsee with approx. 27 million m^3.

However, the natural water supply of the Spree catchment area alone cannot guarantee that the reservoirs will be fully filled at the beginning of spring. For this purpose, at least 60 million m^3 of water must be transferred annually from neighboring river basins, preferably from the Elbe, the Lausitzer Neiße and the Oder, into the Spree catchment area. Since the water transfers are only possible in times of water surplus, the construction and upgrading of the reservoirs as well as the water transfers form an inseparable bundle of measures. The main argument in favor of the reservoir expansion and the water transfers is to meet the water demands of the Berlin-Brandenburg metropolitan region and the Spreewald UNESCO biosphere reserve beyond the phase-out of coal.

The monitoring and management of the complex water management system consisting of transfers, reservoirs, pit lakes, and numerous users requires cross-state coordination with the participation of the federal government. The strategic working group currently formed by the federal states of Berlin, Brandenburg and Saxony can be a start in this direction.

In view of the long planning and implementation periods and the fact that noticeable effects on the water balance can already be expected in the years up to the coal phase-out, the necessary fundamental decisions must be made in a timely manner and the basic approvability of the proposed solutions must be clarified, irrespective of the specific design of the bundle of measures described. The Lausitzer Neiße and the Oder can only be used in agreement with the Republic of Poland. The use of the Elbe requires the involvement of all national and international riparians. The water management challenges of the coal phase-out can only be met in a future-proof manner through the cooperation of the federal government, the states, the mining companies and the water users.

1 Einleitung

Der Wasserhaushalt der Lausitz mit den drei Flusseinzugsgebieten der Spree, Schwarzen Elster und der Lausitzer Neiße ist seit mehr als 150 Jahren vom Braunkohlenbergbau beeinflusst. Daraus resultierte Ende 2020 ein regionales Grundwasserdefizit von ca. 4 Mrd. m^3, welches im Jahr 1990 noch bei 9 Mrd. m^3 lag. Die von der LEAG und der LMBV derzeit noch zu füllenden Hohlraumvolumina der ehemaligen Tagebaue betragen ca. 2 Mrd. m^3. Sie betrugen 1990 noch ca. 4 Mrd. m^3. Gesellschaft, Wirtschaft und Natur haben sich insbesondere im Spreegebiet auf den seit ca. 100 Jahren komfortablen Spreeabfluss eingestellt, der auch zu einer sukzessiven Anpassung von Ökosystemen und der überregionalen Wasserwirtschaft führte.

Zur Erreichung der bundespolitischen Klimaziele etablierte sich im Jahr 2018 eine aus allen gesellschaftlichen Schichten bestehende Kommission mit dem Prüfauftrag, einen kompromissfähigen Vorschlag zur Beendigung der Kohleverstromung in Deutschland zu finden. Im Ergebnis dieses Prüfauftrages wurden neben dem vorgeschlagenen Ausstiegsdatum 2038 von der Kommission auch die sozioökonomischen und umweltökologischen Folgen des Kohleausstiegs benannt. In diesem Zusammenhang ist die enge Verknüpfung und der notwendige Umbau von Braunkohlenbergbau und Wasserhaushalt in den Bergbauregionen eine zentrale Herausforderung.

Im Abschlussbericht der Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ wird explizit hervorgehoben und mit Blick auf die Spree konkret gefordert: „Es ist verbindlich zu regeln, dass bei einem vorfristigen Ausstieg aus der Braunkohleförderung das Wassermanagement insbesondere für die Spree abgesichert wird. Ein Trockenfallen der Spree muss, auch im Hinblick auf den Tourismus im Spreewald, unbedingt verhindert werden.“[1]

Angesichts der Tatsache, dass im Lausitzer Revier zwischen den Jahren 1900 und 2020 rund 8,4 Mrd. Tonnen Braunkohle gefördert und dabei 58 Mrd. m^3 Wasser bergbaubedingt bewegt werden mussten, stellt auch die Rehabilitierung des Wasserhaushalts eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung dar, deren Hauptakteure Bund, Länder und Bergbauunternehmen sind.

Die nachfolgenden Thesen, die dem Gesamtbericht vorangestellt werden, basieren auf den Ergebnissen und Analysen der im Rahmen des Forschungsvorhabens ausgewerteten Daten, Informationen und Konzepten Dritter und repräsentieren eine Zusammenschau des aktuell (Redaktionsschluss 31.12.2022) recherchierbaren Status Quo für die Lausitz. Dieser wurde durch die Auftragnehmer in der vorliegenden konzeptionellen Studie einer Bilanzierung, Analyse und Sensitivitätsbetrachtung unterzogen. Die im Ergebnis dieser Untersuchungen aufgestellten Thesen adressieren die aus gutachterlicher Sicht absehbaren Konfliktpotenziale und daraus resultierenden Handlungsoptionen. Sie bilden den daten- und faktenbasierten Input für die sich nun notwendigerweise anschließenden Diskussionen und Entscheidungen der zuständigen Fachbehörden und den politischen Entscheidungsgremien, um daraus zielführende und verhältnismäßige Maßnahmen ableiten zu können und deren unmittelbare Umsetzung zu organisieren.

Bei dem vorliegenden Bericht handelt es sich um eine Studie des beauftragten Konsortiums, die nicht im Einzelnen mit dem Bund und den Ländern abgestimmt wurde. Die Studie ist in den vergangenen zwei Jahren entstanden und stellt eine gutachterliche Perspektive des aktuellen Standes zum historischen und aktuellen Wasserhaushalt in der Lausitz einschließlich von Entwicklungsrisiken und Maßnahmenoptionen dar. Die darin aufgezeigten Handlungsstränge sollen weiterverfolgt und, wo notwendig, vertieft und weiterentwickelt werden.

[1] Aus dem Abschlussbericht Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ (2019, S. 72)

2 Thesen

1. Die Analyse historischer hydrologischer Daten vor dem Einfluss durch den Braunkohlenbergbau zeigt, dass die Spree in trockenen Sommern regelmäßig über weite Strecken fast vollständig austrocknete. Dies ergibt sich aus dem kleinen Einzugsgebiet der Spree, aus ihrer geografischen Lage unter starkem kontinentalem Einfluss und aus fehlenden natürlichen Staulagen für Niederschläge.
2. Mit Beginn des industriellen Braunkohlenbergbaus im Flussgebiet der Spree ab 1916 begann die Einleitung von Sümpfungswasser in die Spree, die ihren Höhepunkt in den 1980er Jahren mit max. 15 m^3/s erreichte. Noch heute stützt das eingeleitete Sümpfungswasser den Spreeabfluss erheblich und verhinderte so das streckenweise Trockenfallen der Spree selbst in den trockensten Sommermonaten (2003, 2006, 2018 ff.).
3. Die Lagunenlandschaft des Ober- und Unterspreewaldes stellt eine hydrologische Besonderheit im Gewässersystem der Spree dar. Die weit verzweigte Lagunenlandschaft mit Fließstrecken von über 1.000 km und mit einem geringen Geländegefälle von 1 bis 2 Promille kann in trockenen Sommern wie 2018-2020 und 2022 der Spree bis zu 8 m^3/s Wasser als Tagesspitzenwert bzw. bis 80 Mio. m^3 in der Sommerperiode entziehen. KELLER spricht bereits 1916 davon, dass die Spree unterhalb des Pegels Leibsch „neu geboren“ wird, was zumindest in trockenen Sommermonaten der Fall ist. Dies konnte in den trockenen Sommern 2018-2020 und 2022 beobachtet werden.
4. Die Spree ist ein berichtspflichtiger Oberflächenwasserkörper nach EG-WRRL und über weite Strecken auch als Natura-2000-Gebiet ausgewiesen. Diese Ausweisungen mit ihren Schutz- und Erhaltungszielen erfolgten zu einem Zeitpunkt, als der Spreeabfluss wegen der kontinuierlichen Einleitung von ca. 9 m^3/s Sümpfungswasser deutlich über der natürlichen Leistungsfähigkeit des Spreeeinzugsgebiets lag. Zur Vermeidung permanenter Konflikte mit den Zielen der EG-WRRL und der NATURA 2000 werden in Zukunft für viele Gewässerabschnitte Anpassungen der Schutz- und Erhaltungsziele notwendig sein.
5. Aktuell werden durch den aktiven Bergbau der LEAG netto rund 5,5 m^3/s Sümpfungswasser in die Spree eingeleitet. Im Mittellauf der Spree bildet das Sümpfungswasser einen abflusswirksamen Anteil im Jahresdurchschnitt von rund 50 % und in Niedrigwasserperioden sogar bis 75 %. In langanhaltenden Trockenperioden ist diese abflusserhöhende Wirkung wegen der hydrologischen Besonderheit des Ober- und Unterspreewaldes (These 3) im Spreeunterlauf ab dem Pegel Leibsch stark gedämpft und verringert.
6. Mit der Umsetzung des Kohleausstiegsgesetzes KohleAusG entwickelt sich die Einleitung von Sümpfungswasser kontinuierlich rückläufig bis hin zum Wert Null. Zeitparallel sind die Bergbaufolgeseen zu fluten und das Grundwasserdefizit auszugleichen. Für den aktiven Bergbau (LEAG) wird der kumulative Wasserbedarf zum Zeitpunkt des Kohleausstiegs (2038) voraussichtlich bei 5,1 Mrd. m^3 liegen, davon ca. 1,9 Mrd. m^3 für die Flutung der Bergbaufolgeseen und ca. 3,2 Mrd. m^3 zur Auffüllung der Porenräume in den entwässerten Sedimenten. Im Sanierungsbergbau (LMBV) besteht derzeit (Ende 2021) noch ein Defizit von rund 0,7 Mrd. m^3, das voraussichtlich im Jahr 2030 weitgehend ausgeglichen sein wird.
7. Den Betrachtungen zu den wasserwirtschaftlichen Folgen des Kohleausstiegs und zu den Lösungsmöglichkeiten lagen hydrologische Daten aus 150 Jahren, Abfragen von Stakeholdern sowie aktuelle Planungen und Entwicklungskonzepte der Bergbauunternehmen LMBV und LEAG zu Grunde. Weiterhin wurden Daten von langzeiterprobten und behördlich akzeptierten Modellen verwendet. Die Ergebnisse haben eine hohe Zuverlässigkeit hinsichtlich der Eintrittswahrscheinlichkeit.

8. Das Wasserdargebot und der Wasserbedarf im Spreegebiet entwickeln sich künftig gegenläufig. Haupttreiber beim Dargebot ist der Rückgang der Abflüsse bis auf die natürliche Leistungsfähigkeit der Einzugsgebiete. Das künftige nachbergbauliche Wasserdargebot wird durch die spezielle Landnutzung auf den ehemaligen Bergbauflächen und infolge der Wirkungen des Klimawandels sogar kleiner als in der vorbergbaulichen Zeit ausfallen. Der Wasserbedarf dagegen wird mindestens auf dem aktuellen Niveau verbleiben, infolge des geplanten Strukturwandels, der Etablierung von Wasserstofftechnologien und dem Bevölkerungszuwachs in der Metropolregion Berlin-Brandenburg mit hoher Wahrscheinlichkeit aber zunehmen.
9. Das künftige Wasserdargebot im Niederlausitzer Braunkohlenrevier wird durch die Gewässerverdunstung über den Bergbaufolgeseen mit einer Gesamtfläche von etwa 250 km^2 im langjährigen Mittel um ca. 1,3 m^3/s und durch verlorengegangene Landflächen um weitere ca. 0,7 m^3/s verringert. Davon entfallen ca. 65 % auf das Einzugsgebiet der Spree, ca. 30 % auf das Einzugsgebiet der Schwarzen Elster und der Rest auf das Einzugsgebiet der Neiße. In der Bewertung dieser bilanziellen Nachteile sind jedoch auch die Vorteile, wie Kühlungseffekte und die Vermeidung extremer Bodenaustrocknung, zu berücksichtigen.
10. Für die Simulation der Abflussverhältnisse in der Spree und Schwarzen Elster steht das Wasserbewirtschaftungsmodell WBalMo (**W**ater**Bal**ance**Mo**del) zur Verfügung, welches eine langjährige Entwicklung erfahren hat sowie mehrfach geprüft und verifiziert wurde. Das Modell WBalMo ist von den Bundesländern Berlin, Brandenburg und Sachsen fachlich akzeptiert, soll als sogenanntes Ländermodell WBalMo Spree-Schwarze Elster fortgeschrieben werden und ist Grundlage für alle maßgeblichen Aussagen zur Zukunft der Lausitzer Flüsse sowie für wasserwirtschaftliche Handlungsoptionen. Die Aktualität der zugrundeliegenden Daten und Prognosewerkzeuge muss kontinuierlich gesichert werden.
11. In der Phase der Auffüllung des bergbaubedingten Grundwasserdefizits einschließlich der Restseefüllung (ca. 2040-2070) sowie unter nachbergbaulichen Verhältnissen (ab 2070) wird in Niedrigwassersituationen die Spree in ihrem Mittellauf streckenweise und länger andauernd kaum noch nennenswert Wasser führen. Die WBalMo-Simulationen zeigen, dass ein Trockenfallen der Spree an manchen Stellen nicht auszuschließen ist, der Spreewald kaum noch durchströmt wird und alle Fließe in den höher gelegenen Randlagen temporär trockenfallen werden.
12. Bilanzberechnungen auf der Grundlage der Daten des WBalMo-Ländermodells für den nachbergbaulichen Wasserhaushalt (nach 2070) zeigen ein erhebliches Wasserdefizit im Vergleich zur heutigen Situation. Im sächsischen Teil der Spree (Pegel Spreewitz) ist mit einem jährlichen Defizit von ca. 3 m^3/s bzw. rund 95 Mio. m^3/a zu rechnen, das im brandenburgischen Teil der Spree (Pegel Große Tränke) auf ca. 4 m^3/s bzw. rund 126 Mio. m^3/a anwächst.
13. Gegenwärtig befinden sich im Einzugsgebiet der Spree die etablierten Talsperren Quitzdorf, Bautzen und Spremberg sowie der Speicher Lohsa I mit einem summarischen Betriebsraum von ca. 52 Mio. m^3. Dieser Speicherraum steht für den Ausgleich des zukünftigen zusätzlichen Defizits nicht zur Verfügung, da er in den jüngsten Niedrigwasserjahren bereits vollständig zum Ausgleich des Wassermangels in Anspruch genommen wurde. Obwohl dabei sogar Wasser aus den neu hergerichteten, speicherwirtschaftlich nutzbaren Bergbaufolgeseen Bärwalde und Dreiweibern/Lohsa II/ Burghammer eingesetzt wurde, wird für den Ausgleich künftiger Defizite von der vollständigen Verfügbarkeit ihres maximal verfügbaren Betriebsraums von ca. 99 Mio. m^3 ausgegangen.

14. Zur Schließung der künftigen Speicherlücke zwischen dem ermittelten Defizit von 126 Mio. m^3 am Pegel Große Tränke (These 12) und dem theoretisch verfügbaren Betriebsraum in den zu Speichern ausgebauten Bergbaufolgeseen von ca. 99 Mio. m^3 (These 13) bietet sich der Cottbuser Ostsee mit einem möglichen Speicherraum von ca. 27 Mio. m^3 an. Der Cottbuser Ostsee bleibt als Speicher bislang unberücksichtigt.

15. Unter Berücksichtigung aktueller und künftiger Wasserdefizite kann im Einzugsgebiet der Spree in der Summe der verfügbaren Speicherräume der Talsperren und der Bergbaufolgeseen unter Einbeziehung des Cottbuser Ostsees als Speicher ein Gesamtspeicherraum von 178 Mio. m^3 bereitgestellt werden. Nur bei Verfügbarkeit dieses Gesamtspeicherraumes besteht die Gewähr, dass sich im nachbergbaulichen Zustand die Mindestabflüsse in der Spree in Niedrigwasserperioden absichern lassen.

16. Eine kritische Bestandsaufnahme zeigt jedoch, dass von diesem notwendigen Gesamtspeicherraum von 178 Mio. m^3 derzeit nur reichlich die Hälfte (53 %) tatsächlich zur Verfügung steht. Auf mehreren Speichern, z. B. den Speichern Bärwalde, Lohsa II und Burghammer sowie der Talsperre Spremberg, liegen Restriktionen, die ihre Nutzung aktuell stark einschränken. Der Betriebsraum des Speichers Bärwalde wurde zu Zwecken des Hochwasserschutzes, der Betriebsraum des Speichers Lohsa II aus geotechnischen und genehmigungsrechtlichen Gründen, der Betriebsraum des Speichers Burghammer aus gütewirtschaftlichen Erwägungen und der Betriebsraum der Talsperre Spremberg zum Zwecke des Eisenrückhalts eingeschränkt. Diese Einschränkungen gelten temporär, bis die jeweiligen Ursachen der Restriktionen beseitigt sind. Die Maßnahmen zur Beseitigung der Ursachen stehen im Kontext der Bergbausanierung und müssen spätestens bis zum Kohleausstieg umgesetzt werden.

17. Das nutzbare Wasserdargebot im Ober- und Mittellauf der Spree reicht jedoch nicht zur vollständigen Füllung des Speicherraumes von 178 Mio. m^3 bis zum Beginn des hydrologischen Sommerhalbjahres aus. Die Simulationen mit WBalMo weisen zum Beginn der sommerlichen Bewirtschaftungsperiode für die Talsperren und für den Speicher Lohsa I einen sicheren Füllgrad von 100 % und für die anderen Speicher inklusive dem Cottbuser Ostsee einen Füllgrad von nur etwa 50 % aus. Damit lässt sich das Defizit zur Speicherfüllung auf ca. 50 bis 60 Mio. m^3 beziffern. Diese Situation trat bereits in den Niedrigwasserjahren 2018 bis 2020 und 2022 ein und dass bei nach wie vor bestehenden Einleitungen von Sümpfungswasser in Höhe von ca. 5,5 m^3/s (These 5).

18. Das gemäß These 17 bestehende Defizit zur vollständigen Speicherfüllung von 50 bis 60 Mio. m^3 kann durch eine überwiegend winterhalbjährliche Überleitung von 3 bis 4 m^3/s Zusatzwasser aus den benachbarten Flussgebieten der Elbe und der Lausitzer Neiße ausgeglichen werden.

19. Eine Elbewasserüberleitung (EÜL) zur Spree mit Einmündung oberhalb der Talsperre Bautzen käme für die Auffüllung der Talsperren Bautzen und Spremberg sowie sämtlicher Speicher im oberen Spreegebiet in Betracht. Darin besteht der entscheidende Vorteil der Tunnelvariante auf der kürzesten Entfernung von der Elbe zur Spree.

20. Eine Neißewasserüberleitung (NÜL1) mit einer Entnahmestelle bei Steinbach im Freistaat Sachsen mit Überleitung in den Schwarzen Schöps und die Spree besteht bereits. Die NÜL1 wird derzeit von der LMBV zweckgebunden zur Flutung und Nachsorge des Lausitzer Seenlandes benutzt. Bei einer Verstetigung der Nutzung der NÜL1 und der Herstellung einer Verbindung vom Schwarzen Schöps zur Spree oberhalb des Wehres Bärwalde kann die NÜL1 zur Auffüllung des Speichersystems Lohsa II im oberen Spreegebiet genutzt werden.

21. Eine weitere Neißewasserüberleitung (NÜL2) mit einer Entnahmestelle nördlich der Stadt Forst wurde mit dem WBalMo Neiße bilanziell geprüft und als realisierbar bewertet. Die NÜL2 kann bei zügiger Ausführung zur Flutung der Bergbaufolgeseen im Tagebau Jänschwalde genutzt werden. Perspektivisch kann mit der NÜL2 der Abfluss im Mittel- und Unterlauf der Spree und insbesondere im Spreewald stabilisiert werden.
22. Eine Oderwasserüberleitung (OÜL) kann nach Anpassung ihrer Zweckbestimmung über die existierende Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals von Eisenhüttenstadt zur Spree bei Kersdorf erfolgen. Mit dieser Überleitung kann ausschließlich der Abfluss im Unterlauf der Spree bis Berlin gestützt werden, was insbesondere die Müggelspree und den Müggelsee begünstigt.
23. Mit einem bereits historisch angedachten Nebenschluss der Spree zum Ober- und Unterspreewald, beginnend nach dem Maiberger Spreebogen, mit Einmündung in den Schwielochsee einschließlich des Ausbaus des Schwielochsees zu einem Speicher (9 Mio. m^3) können sommerliche Wasserklemmen am Pegel Große Tränke zusätzlich entspannt werden.
24. Unter Berücksichtigung der Umsetzungszeiträume und ihrer Lage im Gewässernetz sind die o. g. Überleitungen für die Flutungsphase (ca. 2040-2070) und für den nachbergbaulichen Wasserhaushalt (nach 2070) unterschiedlich wirksam. Die EÜL (These 19) kommt frühestens in einer fortgeschrittenen Flutungsphase zur Geltung. Die NÜL1 (These 20) ist unter Berücksichtigung ihrer spezifischen Zweckbestimmung derzeit bereits technisch nutzbar. Die NÜL2 (These 21) kann bei zügiger Umsetzung für die Flutung der Bergbaufolgeseen im Tagebau Jänschwalde verfügbar gemacht werden. Die OÜL (These 22) soll perspektivisch zu einer höheren Sicherheit der Wasserversorgung in der Metropolregion Berlin-Brandenburg beitragen. In jedem Fall sind alle Überleitungen zur dauerhaften Nutzung vorgesehen.
25. In den Thesen 12 bis 24 wurde ein realistischer Lösungsweg zur Verhinderung einer langanhaltenden Unterschreitung der ökologisch erforderlichen Mindestabflüsse in der Spree bis hin zur Gefahr eines abschnittweisen Trockenfallens hergeleitet. Alternativ könnten die Abflussdefizite in der Spree auch durch ein zeitgleiches Überleiten der Wassermengen aus benachbarten Flussgebieten der Spree kompensiert werden (just in time). Dies stellt jedoch keine Option dar, da die Einzugsgebiete der Spree und ihrer beiden benachbarten Flussgebiete ähnliche orographische Verhältnisse aufweisen. Alle drei Flussgebiete werden deshalb gleichzeitig von länger anhaltenden Trockenperioden betroffen sein und zur gleichen Zeit an Wassermangel leiden. Der hydrologisch einzig realistische Lösungsweg ist deshalb die Wasserüberleitung in abflussreichen Zeiten, deren Speicherung im Spreegebiet und eine bedarfsgerechte Wasserabgabe zur Niedrigwasseraufhöhung der Spree.
26. Die Metropolregion Berlin-Brandenburg befindet sich in einer besonderen wasserhaushaltlichen Situation. Deren Wasserversorgung hängt maßgeblich von der Wasserführung der Spree ab. Als Maß für eine gesicherte Wasserversorgung gilt ein Durchfluss von mindestens 8 m^3/s am Pegel Große Tränke. Der Spreezufluss zum Pegel Große Tränke wird insbesondere in den Sommermonaten von den hydrologischen Wirkungen des Spreewaldes (These 3) stark beeinflusst.
27. Das UNESCO-Biosphärenreservat Spreewald stellt einen markanten hydrologischen Einschnitt in die Durchflusskontinuität der Spree dar. Das führt zu dem Paradoxon, dass die vorhandenen und noch zu schaffenden Speichervolumina im Ober- und Mittellauf der Spree in langanhaltenden sommerlichen Trockenphasen den erforderlichen Mindestdurchfluss am Pegel Große Tränke hydrologisch nicht ausreichend stützen können (These 3). Eine Auflösung dieses Paradoxons können die Oderüberleitung (These 22) und der Nebenschluss der Spree zum Ober- und Unterspreewald (These 23) leisten.

28. In der ca. 150-jährigen Geschichte des Braunkohlenbergbaus in der Lausitz, davon 100 Jahre im Spreegebiet, wurden durch die bergbaubedingte Belüftung des Deckgebirges der Kohle und der entwässerten Grundwasserleiter außerhalb der Tagebaue erhebliche Mengen an den Verwitterungsprodukten des Pyrits: Eisen, Sulfat und Säuren, als Quellen einer stofflichen Belastung des Grundwassers freigesetzt. Diese Stoffe gelangen mit dem Grundwasserwiederanstieg in die Oberflächengewässer.

29. Für die flächendeckende Stoffbelastung des Grundwassers gibt es keine technisch verhältnismäßigen Behandlungsmöglichkeiten. Die Stoffbelastung wird sich in Zeiträumen von 100 und mehr Jahren durch natürliche Auswaschung verringern. Das Erreichen nachbergbaulich stofflich stabiler Verhältnisse dauert deutlich länger als der Ausgleich des Wasserhaushaltes. Bestehende und künftige Grundwassernutzungen, z. B. zur Trinkwassergewinnung, müssen ggf. substituiert oder objektkonkret geschützt werden.

30. Zur Vermeidung und Minderung der Stoffbelastung in den Oberflächengewässern sind praxiserprobte Verfahren verfügbar. Der Verockerung von Fließgewässern kann durch verschiedene Verfahren, z. B. durch Quellenbehandlung an Hotspots, durch technische und naturräumliche Flusswasserbehandlung u. a., begegnet werden. Die Versauerung der Bergbaufolgeseen kann durch die Zuführung von Flusswasser und/oder durch eine Inlake-Wasserbehandlung mit chemischen Neutralisationsmitteln beherrscht werden.

31. Mit einer zügigen Flutung der Bergbaufolgeseen und mit ihrer Einbindung in die Fließgewässerbewirtschaftung lässt sich die Stoffbelastung in den Bergbaufolgeseen effektiv verringern. Diese Gewässergütebewirtschaftung steht in Konkurrenz zum derzeit praktizierten Vorrang der Wassermengenbewirtschaftung.

32. Die derzeitige bergbaubedingte Sulfatbelastung entlang der Spree entwickelt sich durch den Wegfall der Sümpfungswassereinleitungen künftig deutlich rückläufig. Die Eisenbelastung aus diffusen Quellen wird mit dem Grundwasserwiederanstieg und den rückläufigen Durchflüssen jedoch zunehmen. Die Auswirkungen der Eisenbelastung beschränken sich auch künftig auf das Spreegebiet bis einschließlich zum Oberspreewald.

33. Die aktuelle Zeitplanung der LMBV zur Umsetzung der Maßnahmen zur Eisenabwehr kollidiert in Teilen mit den ambitionierten Zielen des Kohleausstiegs. Deshalb ist eine Beschleunigung der Umsetzung der von der LMBV geplanten Maßnahmen zur Eisenabwehr geboten. Des Weiteren ist zur vorausschauenden Planung von Abwehrmaßnahmen gegen künftige Stoffbelastungen der Fließgewässer aus den Gebieten des derzeit aktiven Bergbaus eine entsprechende Anpassung der für den Gewinnungsbergbau erteilten Wasserrechte erforderlich.

34. Zur Beherrschung der wasserhaushaltlichen Transformation in den vom Braunkohlenbergbau beeinflussten Flussgebieten stehen unter Beachtung künftig zu erwartender klimatischer Veränderungen fünf grundsätzliche Kategorien von Handlungsoptionen zur Verfügung:

    - Die Verringerung des Wasserbedarfs: Ziele und Maßnahmen zur Verringerung des Wasserbedarfs stehen bereits auf der Agenda des Bundes und der Bundesländer. Allein mit Maßnahmen zur Verringerung des Wasserbedarfs wird sich das künftig entstehende Wasserdefizit jedoch nicht ausgleichen lassen.

    - Die Erhöhung des Wasserdargebots: Für die wasserwirtschaftliche Transformation ist eine Erhöhung des Wasserdargebots zwingend notwendig. Zur Gewährleistung des Dargebots in der Spree und zur vollständigen Auffüllung der Speicher im Oberlauf der Spree werden Überleitungen aus benachbarten Flussgebieten in Höhe von 50 bis 60 Mio. m^3/a erforderlich sein.

- Eine Optimierung der Wasserverfügbarkeit: Dazu zählen der Ausbau des Cottbuser Ostsees und des Schwielochsees zu einem Speicher, die Aufhebung von Speicherrestriktionen und die Schaffung zusätzlicher Vernetzungen zwischen den Flussgebieten und damit zwischen den Speichern. Sie beinhalten weiterhin einer Überprüfung der derzeitigen Bewirtschaftungsregeln. Eine Benachteiligung der Flutung und Nachsorge von Bergbaufolgeseen in der Rangfolge schränkt deren Nutzbarkeit für die Wasserbewirtschaftung ein.
- Technische Lösungen des Gewässerausbaus und der Wasserbehandlung: Die vorrangigen Ziele sind die Verringerung von Versickerungsverlusten aus Fließgewässern, Anpassung der Abflussprofile an die zukünftigen Abflussmengen, die Abwehr diffuser Stoffeinträge in die Fließgewässer, die Verbesserung der Abwasserreinigung in industriellen und kommunalen Kläranlagen (4. Reinigungsstufe) sowie die Sicherung der Trinkwasserversorgung.
- Die Stärkung von Organisation und Kommunikation in der Wasserwirtschaft: Schwerpunkte sind der Ausbau der länderübergreifenden Kompetenz zur Entwicklung, zum Betrieb und zur Qualifizierung von Prognosewerkzeugen, eine länderübergreifende Flussgebietsbewirtschaftung und eine regelmäßige Evaluierung der wasserwirtschaftlichen Zielvorgaben. Dazu sind die erforderlichen strukturellen, materiellen und personellen Ressourcen zu entwickeln und bereitzustellen.

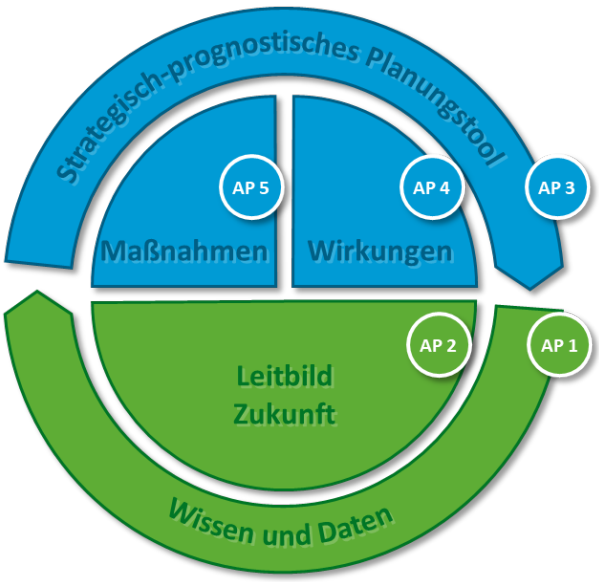
35. Die empfohlenen Handlungsoptionen in der These 34 stellen überwiegend keine selbstständigen Alternativen dar, zwischen denen beliebig gewählt werden kann. Je umfassender das Portfolio der Handlungsempfehlungen umgesetzt wird, desto sicherer lässt sich der nachbergbauliche Wasserhaushalt aufstellen und desto näher kann das Niederlausitzer Braunkohlenrevier im wasserwirtschaftlichen Transformationsprozess dem Ideal eines weitgehend ausgeglichenen Wasserhaushaltes angenähert werden.
36. Wegen der Langfristigkeit von Planungs- und Genehmigungsprozessen sind die Grundsatzentscheidungen zur Speicherertüchtigung, zum Speicherzubau und zu den Wasserüberleitungen kurzfristig zu treffen, damit ausreichend Zeit zur Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen vor dem Ende des Kohleausstiegs besteht.
37. Die Komplexität und Langfristigkeit der wasserwirtschaftlichen Aufgaben zur Gestaltung des Transformationsprozesses bedarf einer Koordinierung über Ländergrenzen hinweg. Hierzu sind geeignete Organisationsformen zu entwickeln und zeitnah umzusetzen. Die aktuell von den Bundesländern Berlin, Brandenburg und Sachsen gebildete Strategische Arbeitsgruppe kann dafür der Anfang sein.

3 Veranlassung und Zielstellung

Die für das Jahr 2038 gesetzlich fixierte Beendigung der Kohleverstromung und der Klimawandel bringen neue Herausforderungen für die Wasserwirtschaft im Lausitzer Braunkohlenrevier mit sich. Das gerade in Niedrigwasserzeiten maßgeblich vom Sümpfungswasser des Braunkohlebergbaus bestimmte Wasserdargebot der Spree wird eine grundsätzliche Neugestaltung erfahren müssen. Die im Zusammenhang mit dem Klimawandel seit Jahrzehnten beobachtete jahreszeitliche Umverteilung der Niederschläge und eine temperaturbedingt höhere Verdunstung im Sommer verringern nicht nur die natürliche Abflussbildung in kritischen Zeiten, sondern stellen auch verstärkte Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der vorhandenen wasserwirtschaftlichen Speichersysteme. Kommunen, Fischereiwirtschaften, Industrie und der wassergebundene Tourismus werden im Zuge der wirtschaftlichen Transformation durch den Kohleausstieg, verbunden mit der klimatischen Veränderung, auch Anpassungen hinsichtlich ihres Wasserbedarfs bzw. der Versorgungssicherheit hinnehmen müssen. Die Dimension und der Zeithorizont der skizzierten tiefgreifenden Veränderungen erfordern ein auf die wesentlichen Aspekte des gesellschaftlichen Lebens der Lausitz bis hin zur Metropolregion Berlin abgestimmtes strategisches Vorgehen.

Das Umweltbundesamt hat die vorliegende Studie zu den wasserwirtschaftlichen Folgen des Kohleausstiegs beauftragt. Die Aufgabenstellung der Studie beinhaltet fünf Arbeitspakete (Abbildung 1 und Abbildung 2).

Abbildung 1: Prinzipschema der Forschungsaufgabe



Bildquelle: Eigene Darstellung GMB

Abbildung 2: Abfolge der Arbeitspakete

Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Die inhaltliche Gliederung des Berichtes erfolgt differenzierter als nur durch die Aneinanderreihung der Arbeitspakete. Nachfolgend werden die Arbeitspakte und deren inhaltliche Bearbeitung in den jeweiligen Kapiteln dargestellt. Im Hinblick auf eine logische Gliederung des Berichtes ist die Bearbeitung einzelner Arbeitspakete auf mehrere Kapitel aufgeteilt.

Im **Arbeitspaket 1** (Bestandsaufnahme) sollen sämtliche relevanten Daten und Informationen zu den aktuellen und den zukünftigen geotechnischen, wassermengen- und wassergütewirtschaftlichen sowie ökologischen und naturschutzfachlichen Rahmenbedingungen im Untersuchungsraum recherchiert und aufbereitet werden. Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme sind in die **Kapitel 5 bis 8** eingeflossen. Im Ergebnis soll der aktuelle Zustand in den Flussgebieten Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße anschaulich beschrieben werden. Dabei sollen die gegenwärtigen Konfliktsituationen und Konfliktpotentiale hinsichtlich der Wassermenge und Wasserbeschaffenheit herausgearbeitet werden. In einer ersten Defizitanalyse sollen zudem relevante Informations- und Wissenslücken aufgezeigt werden.

Im **Arbeitspaket 2** (Leitbilder und Eckpfeiler Zukunft) sollen die regionalen und überregionalen wasserwirtschaftlichen, sozioökonomischen und ökologischen Zielfunktionen des Transformationsprozesses in der Lausitz betrachtet werden. Das Arbeitspaket 2 ist im **Kapitel 9** dargestellt. Im Ergebnis sollen die verschiedenen regionalen und überregionalen Leitbildentwürfe mit den wesentlichen wasserwirtschaftlichen Eckpfeilern für die ökonomische und ökologische Entwicklung nach dem Braunkohleausstieg für die Flussgebiete Spree, Schwarze Elster, Lausitzer Neiße und die möglichen Zielkonflikte dargestellt werden.

Im **Arbeitspaket 3** (Modelltechnische Infrastruktur) soll der Zustand des Ländermodells WBalMo Spree-Schwarze Elster sowie dessen Modellrandbedingungen analysiert werden. Das Arbeitspaket 3 ist im **Anhang (1)** fachspezifisch beschrieben. Dabei stehen einerseits das WBalMo-Ländermodell und andererseits die WBalMo-Software auf dem Prüfstand. Aus der Analyse sollen Vorschläge für die Weiterentwicklung des Ländermodells zur Berücksichtigung der Auswirkungen des Kohleausstiegs und des Klimawandels abgeleitet werden. Weiterhin soll ein Konzept zur Sicherung der langfristigen Entwicklung und Anwendung des WBalMo-Ländermodells erarbeitet werden.

Im **Arbeitspaket 4** (Bilanzierungen und Auswirkungen) soll das nachbergbauliche Wasserdargebot dem prognostizierten Wasserbedarf im Untersuchungsgebiet gegenübergestellt werden. Das Arbeitspaket 4 wird in den **Kapiteln 7 und 8** sowie im **Anhang (2)** bearbeitet. Die Auswertung soll zeitlich gestaffelt auf der Grundlage der Ergebnisse der Arbeitspakete 1 und 2 und unter Berücksichtigung der Mengen- und Volumengerüste der bergbaulichen Planungen zum Braunkohleausstiegspfad sowie des Klimawandels erfolgen. Dabei sollen die möglichen Konfliktpotentiale und Entwicklungschancen aufgezeigt werden.

Im abschließenden **Arbeitspaket 5** (Handlungserfordernisse und Managementoptionen) sollen die wasserwirtschaftlichen Risiken des mit dem Braunkohleausstieg verbundenen Transformationsprozesses dargestellt und bewertet werden. Das Arbeitspaket 5 wird in den **Kapiteln 10 und 11** bearbeitet. Die zu erwartenden Veränderungen der Bewirtschaftung gegenüber der aktuellen Situation und ihre zeitliche Abfolge sollen aufgezeigt werden. Abschließend sollen zeitlich gestaffelte Handlungserfordernisse, Steuermechanismen und Managementoptionen für die wasserwirtschaftliche Gestaltung des Transformationsprozesses abgeleitet werden.

4 Untersuchungsgegenstand

4.1 Untersuchungsraum

4.1.1 Gliederung

Das Niederlausitzer Braunkohlenrevier erstreckt sich über die hydrologischen Einzugsgebiete der Schwarzen Elster, der Lausitzer Neiße und der Spree (Abbildung 3). Die Einzugsgebiete sind von der 150-jährigen Bergbautätigkeit im Niederlausitzer Braunkohlenrevier geprägt. Die derzeit noch aktiven Braunkohletagebaue Reichwalde, Nochten, Welzow-Süd und Jänschwalde der LEAG liegen überwiegend im Einzugsgebiet der Spree. Der Kohleausstieg wird sich daher im Wesentlichen auf das Einzugsgebiet der Spree auswirken.

Die Flusseinzugsgebiete der Spree, der Schwarzen Elster und der Lausitzer Neiße werden in den Kapiteln 4.1.2 bis 4.1.4 charakterisiert. Auf die wesentlichen wasserwirtschaftlichen Aspekte des Lausitzer Braunkohlenreviers wird gebietsübergreifend im Kapitel 4.1.5 eingegangen.

4.1.2 Einzugsgebiet der Spree

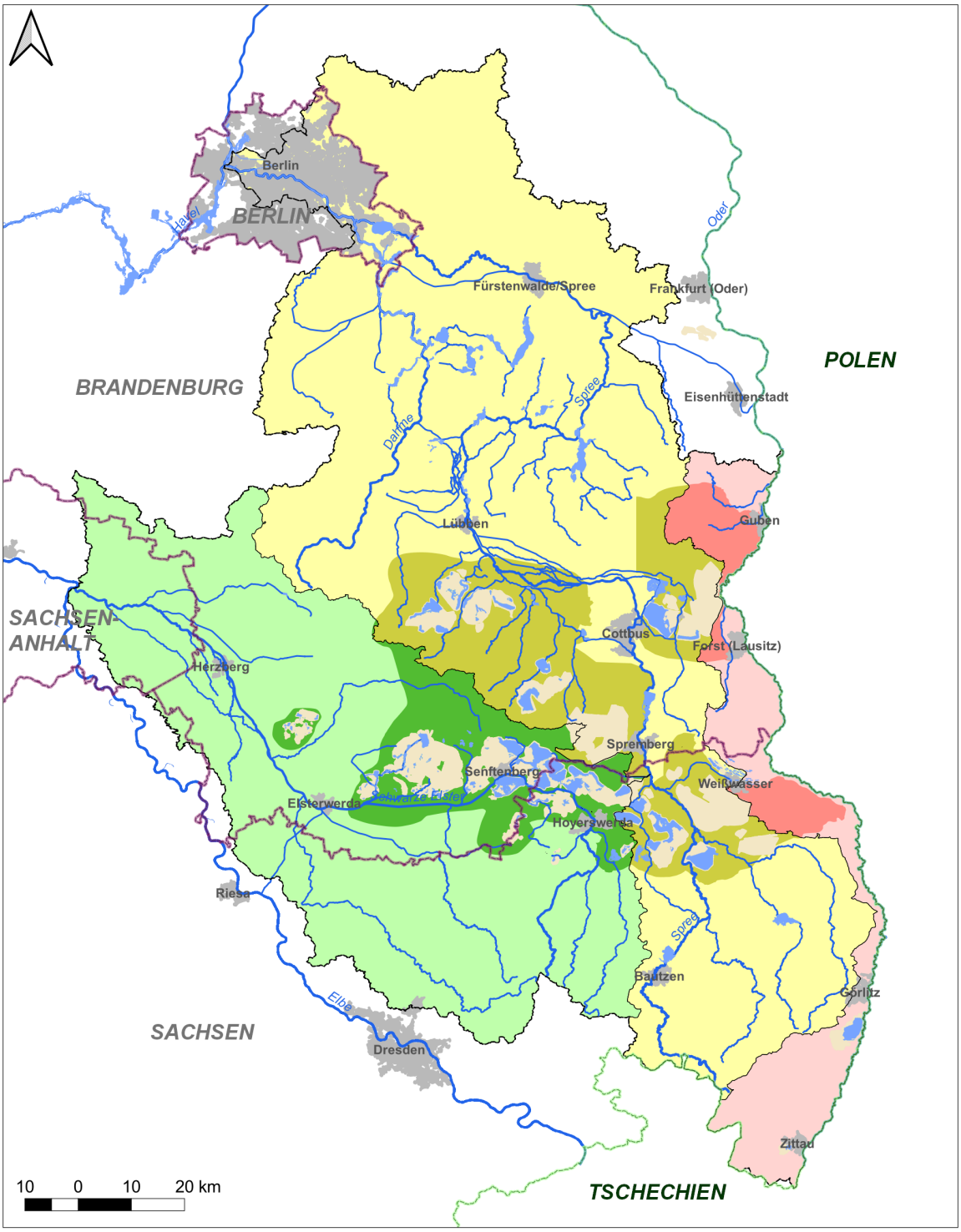
Die Spree entspringt im Oberlausitzer Bergland aus drei Quellen bei Neugersdorf, Ebersbach und Walddorf und mündet nach ca. 382 km und einem Höhenunterschied von ca. 400 Meter in Berlin-Spandau in die Havel. Sie durchquert die Bundesländer Sachsen, Brandenburg und Berlin. Von der etwa 10.100 km^2 großen Fläche des Gesamteinzugsgebietes entfallen rund 2.025 km^2 auf das sächsische Gebiet, etwa 7.155 km^2 auf das brandenburgische Territorium und mit 920 km^2 ein relativ kleiner Anteil auf die Bundeshauptstadt. Ein kleiner Teil des Oberlaufes liegt zudem auf dem Gebiet der Tschechischen Republik. Das Einzugsgebiet der Spree wird für die nachfolgenden Betrachtungen in drei Teileinzugsgebiete gegliedert. Das obere Einzugsgebiet reicht von der Quelle bis zur Talsperre Spremberg. Das mittlere Einzugsgebiet erstreckt sich zwischen der Talsperre Spremberg und dem Pegel Leibsch und schließt den Ober- und Unterspreewald ein. Das untere Einzugsgebiet der Spree reicht von Leibsch bis zur Einmündung in die Havel in Berlin (Abbildung 3).

Die Spree durchquert in Sachsen auf ihrem vorwiegend nach Norden gerichteten Fließweg zunächst das Oberlausitzer Bergland und das Oberlausitzer Gefilde. Ihr Oberlauf trägt hier den Charakter eines Mittelgebirgsflusses. Ab der Talsperre Bautzen tritt die Spree in das Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet ein und legt von dort an den Hauptteil ihrer Fließstrecke als Tieflandfluss zurück. Auf Höhe von Lieske beginnt das Niederlausitzer Braunkohlenrevier mit zahlreichen Bergbaufolgeseen (Bärwalder See, Wasserspeichersystem Lohsa II, Scheibe-See) sowie den Gewinnungstagebauen Nochten und Reichwalde (Abbildung 3). Zu den bedeutenden Nebenflüssen der Spree in Sachsen zählen linksseitig die Kleine Spree und rechtsseitig das Löbauer Wasser sowie der Schwarze Schöps, in dessen Einzugsgebiet die Talsperre Quitzdorf liegt. Kurz vor der Landesgrenze Sachsen/Brandenburg kann mit der Pumpstation Spreewitz Spreewasser in das Einzugsgebiet der Schwarzen Elster übergeleitet werden.

Kurz nach der Landesgrenze zu Brandenburg bei Spremberg durchbricht die Spree den Lausitzer Grenzwall. Große Teile des Einzugsgebietes zwischen der Talsperre Spremberg und dem Oberspreewald bei Schmogrow sind durch die Naturräume der Cottbusser Sandplatte und Schwemmsandfächer (Lausitzer Becken und Heideland) geprägt. Nördlich von Cottbus schwenkt die Spree, dem Glogau-Baruther Urstromtal- bzw. der Malxe-Spree-Niederung folgend, nach Westen in Richtung Spreewald. Das Einzugsgebiet im Umfeld der Stadt Cottbus ist durch die Gewinnungstagebaue Welzow-Süd und Jänschwalde sowie den ehemaligen Tagebau Cottbus-Nord, teilgeflutete Bergbaufolgeseen (Cottbuser Ostsee, Klinger See) und einer Vielzahl von Teichwirtschaften gekennzeichnet (Abbildung 3).

Abbildung 3: Übersicht des Untersuchungsraumes mit Ausweisung des Bergbaueinflusses

Geodatenquellen siehe Tabelle 2
Abgrenzung des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020)



Untersuchungsraum
- Grenze des Untersuchungsraums
- Einzugsgebiet Spree
- Einzugsgebiet Schwarze Elster
- Einzugsgebiet Lausitzer Neiße

Bergbau
- Bergbauflächen
- Bergbaueinfluss Spree
- Bergbaueinfluss Schwarze Elster
- Bergbaueinfluss Lausitzer Neiße

Topografie
- Siedlungen
- Grenze Bundesländer
- Staatsgrenze

Gewässernetz
- Standgewässer
- Fließgewässer

Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Zwischen Schmogrow und Leibsch liegt das UNESCO-Biosphärenreservat Spreewald (Ober- und Unterspreewald), ein Binnendelta mit minimalem Gefälle, bestehend aus Wiesen, Äckern und Wald sowie einem Geflecht natürlicher Fließe und künstlicher Kanäle sowie einer Vielzahl von Stauhaltungen und Schleusen. Die linksseitigen Zuflüsse zur Spree, wie das Greifenhainer Fließ, die Dobra, die Wudritz und die Berste, führen bergbaubeeinflusstes Wasser aus den südlich vom Oberspreewald gelegenen Gebieten des Sanierungsbergbaus zur Spree. Rechtsseitig tritt das Große Fließ in den Spreewald ein (Abbildung 3).

Am Ausgang des Spreewaldes in Leibsch wird über den Dahme-Umflut-Kanal Spreewasser in das Einzugsgebiet der Dahme abgeschlagen. Der nordostwärts gerichtete Spreeverlauf zwischen dem Neuendorfer See und dem Schwielochsee wird als Krumme Spree bezeichnet. Hier münden zahlreiche Zuflüsse aus dem südlichen Naturraum der Leuthener Sandplatte, aus der Lieberoser Heide und aus dem Schlaubegebiet in die Spree. Nach der Passage des Schwielochsees fließt die Spree in nördliche Richtung und tritt nördlich von Beeskow in das Berliner Urstromtal (Berlin-Fürstenwalder Spreetalniederung) ein. Bei Kersdorf mündet die Spree in die Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals ein. Zwischen den Wehren Kersdorf und Große Tränke verläuft die Spree in westliche Richtung als Oder-Spree-Kanal und ist Teil der Spree-Oder-Wasserstraße. Am Wehr Große Tränke zweigt der Oder-Spree-Kanal in südwestliche Richtung ab, während die Spree ab hier als Müggelspree in nordwestliche Richtung nach Berlin fließt. Dabei durchfließt sie bei Erkner den Dämeritzsee und im Weiteren den Großen Müggelsee. Nahezu das gesamte Einzugsgebiet nördlich der Einmündung der Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals bei Kersdorf und der Einmündung der Spree in die Havel befindet sich in der naturräumlichen Einheit der Ostbrandenburgischen Platte. In diesem Abschnitt münden rechtsseitig die Löcknitz, der Rüdersdorfer Kalkgraben und die Panke in die Spree ein.

In Berlin-Köpenick mündet die Dahme in die Spree. Die Dahme ist vor der Einmündung bereits über den Oder-Spree-Kanal und den Gosener Kanal mit der Spree verbunden. Mit einem Einzugsgebiet von ca. 2.100 km² ist die Dahme der größte Nebenwasserlauf der Spree. In deren Einzugsgebiet befindet sich eine Vielzahl eiszeitlich entstandener Seen, wie der Scharmützelsee, der Große Selchower See und der Wolziger See. Markant ist die Aufweitung des Dahmeflusslaufes zu einer Seenkette zwischen Prieros und der Mündung in die Spree, die sogenannte Dahme-Wasserstraße. Über den Dahme-Umflut-Kanal wird die Dahme mit Spreewasser gestützt.

Das als Schifffahrtsweg ausgebaute Berliner Kanal- und Schleusensystem der Spree ist durch Begradigungen, Ausbauten, Sohl- und Uferbefestigungen sowie Vertiefungen erheblich verändert. Im Stadtgebiet von Berlin zweigen zahlreiche Kanäle von der Spree ab bzw. münden in diese ein. Die Schleuse Mühlendamm in Berlin-Mitte, die Schleuse Kleinmachnow in Teltow sowie die Havel-Schleuse in Spandau sorgen dafür, dass alle Schifffahrtsstraßen und auch kleine Nebengewässer Berlins rückgestaut sind.

Der Verlauf und die Wasserführung der Spree wurden in den letzten Jahrhunderten durch den Bergbau, die Schifffahrt, die Errichtung von Siedlungs- und Gewerbegebieten sowie durch die Landschaft und den Tourismus erheblich verändert.

4.1.3 Einzugsgebiet der Schwarzen Elster

Die Schwarze Elster entspringt südlich der sächsischen Ortschaft Kindisch am Hochstein im Oberlausitzer Berg- und Hügelland auf einer Höhe von etwa +317 m NHN. Nach Überwindung eines Höhenunterschiedes von 242 Meter mündet die Schwarze Elster südlich der Stadt Elster im Landkreis Wittenberg (Sachsen-Anhalt) in die Elbe. Der Flusslauf hat eine Länge von 179 km und durchquert auf seinem Verlauf die Bundesländer Sachsen, Brandenburg und Sachsen-Anhalt. Die gesamte Einzugsgebietsfläche beträgt rund 5.700 km², wobei auf Sachsen ca. 2.300 km², auf Brandenburg ca. 2.900 km²und auf Sachsen-Anhalt reichlich 500 km² entfallen.

Auf sächsischem Territorium nehmen die Naturraumeinheiten Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet und Königsbrück-Ruhlander Heiden den flächenmäßig größten Anteil ein. Der in Sachsen überwiegend nach Norden gerichtete Flusslauf trägt bis Kamenz den Charakter eines Mittelgebirgsbaches und geht dort an die Kategorie sand- und lehmgeprägter sowie kiesgeprägter Tieflandfluss über. Südlich von Hoyerswerda tritt die Schwarze Elster in das Niederlausitzer Braunkohlenrevier ein (Abbildung 3). Bis zur Landesgrenze Sachsen/Brandenburg bei Tätzschwitz münden linksseitig das Schwosdorfer Wasser, der Rocknitzgraben, der Vincenzgraben und der Westrandgraben sowie rechtsseitig die Jauer, das Klosterwasser und das Hoyerswerdaer Schwarzwasser in die Schwarze Elster ein. Im Einzugsgebiet des Hoyerswerdaer Schwarzwassers südlich von Hoyerswerda liegt der Speicher Knappenrode, ein ehemaliges Tagebaurestloch. Ab der Einmündung des Hoyerswerdaer Schwarzwassers ist das Gewässerbett der Schwarze Elster stark ausgebaut und reguliert.

Die Fließstrecke der Schwarzen Elster durch das Land Brandenburg beträgt rund 88 km und verläuft von der Landesgrenze zu Sachsen (bei Tätzschwitz) bis Elsterwerda in westliche Richtung und passiert dabei die Gebiete des Sanierungsbergbaus der LMBV u. a. mit dem Lausitzer Seenland. Auf der Fließstrecke bis Elsterwerda münden linksseitig der Schleichgraben, das Ruhlander Schwarzwasser, die Pulsnitz sowie mehrere Binnengräben in die Schwarze Elster ein. Bei Elsterwerda zweigt linksseitig der Floßkanal in Richtung Süden ab, um bei Grödel in die Elbe zu münden. Die rechtsseitigen Zuflüsse Rainitza, Pößnitz und Hammergraben entwässern die Gebiete des Sanierungsbergbaus der LMBV. Südlich von Senftenberg liegt im Nebenschluss der Schwarzen Elster der Speicher Niemtsch, ein ehemaliges Tagebaurestloch (Abbildung 3).

Ab Elsterwerda bis zur Einmündung in die Elbe fließt die Schwarze Elster in nordwestliche Richtung und passiert dabei die Städte Bad Liebenwerda, Herzberg und Jessen. Nördlich von Bad Liebenwerda verlässt die Schwarze Elster das Niederlausitzer Braunkohlenrevier. Auf der Fließstrecke bis zur Einmündung in die Elbe münden linksseitig die Größe Röder, die Kleine Röder und der Neugraben, rechtseitig die Kleine Elster, die Riecke, die Kremnitz und das Schweinitzer Fließ sowie beidseitig eine Vielzahl von Binnengräben in die Schwarze Elster (Abbildung 3). Ab der Landesgrenze Brandenburg/Sachsen-Anhalt besitzt die Schwarze Elster wieder einen annähernd naturnahen Charakter.

In den letzten zwei Jahrhunderten wurde nahezu der gesamte Flusslauf der Schwarze Elster für die landwirtschaftliche Melioration, den Hochwasserschutz und im Zusammenhang mit dem Braunkohlenbergbau verlegt, begradigt, reguliert und eingedeicht.

4.1.4 Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße

Die Lausitzer Neiße entspringt im Isergebirge im Norden der Tschechischen Republik auf einer Höhe von +774 m NHN. Die Lausitzer Neiße ist von der Quelle bis zur Mündung in die Oder südlich Eisenhüttenstadt ca. 252 km lang und hat ein Einzugsgebiet von etwa 1.402 km^2. Rund 33 % des Einzugsgebietes der Lausitzer Neiße liegen auf dem Territorium der Bundesrepublik Deutschland, ca. 16 % auf dem Territorium der Tschechischen Republik und ca. 51 % auf dem Territorium der Republik Polen. Die Lausitzer Neiße erreicht bei Hartau im Lausitzer Gebirge (Östliche Oberlausitz) die deutsche Grenze und verläuft ab da entlang der deutsch-polnischen Grenzen in nördliche Richtung. Nördlich von Görlitz verlässt die Lausitzer Neiße die Oberlausitz und tritt in das Gebiet der Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft ein. Auf ihrem weiteren Verlauf bis zur Mündung werden die Muskauer Heide, der Niederlausitzer Grenzwall sowie das Lausitzer Becken- und Heideland und das Ostbrandenburgische Heide- und Seegebiet durchflossen bzw. tangiert (Abbildung 3).

Bis zur Einmündung in die Oder passiert die Lausitzer Neiße den ehemaligen Tagebau Olbersdorf mit dem jetzigen Olbersdorfer See bei Zittau, den ehemaligen Tagebau Berzdorf und den

jetzigen Berzdorfer See bei Görlitz, den aktiven polnischen Tagebau Turów (PGE) sowie die aktiven Braunkohlentagebaue Nochten bei Weißwasser und Jänschwalde bei Forst (beide LEAG). An der Pumpstation Steinbach wird Neißewasser in das Einzugsgebiet der Spree übergeleitet.

Bedeutende Zuflüsse zur Lausitzer Neiße sind auf polnischer Seite die Miedzianka, die Witka, die Skroda, die Wodra und die Lubsza. Auf deutscher Seite fließen der Lausitzer Neiße die Mandau, die Pließnitz und die Legnitzka in Sachsen sowie der Malxe-Neiße-Kanal und das Schwarze Fließ in Brandenburg zu.

4.1.5 Gewässerstruktur im Niederlausitzer Braunkohlenrevier

Der Bergbau im Niederlausitzer Braunkohlenrevier hat sowohl die Gewässerstruktur als auch den Wasserhaushalt in den Einzugsgebieten der Spree, der Schwarzen Elster und der Lausitzer Neiße nachhaltig überprägt (Abbildung 5).

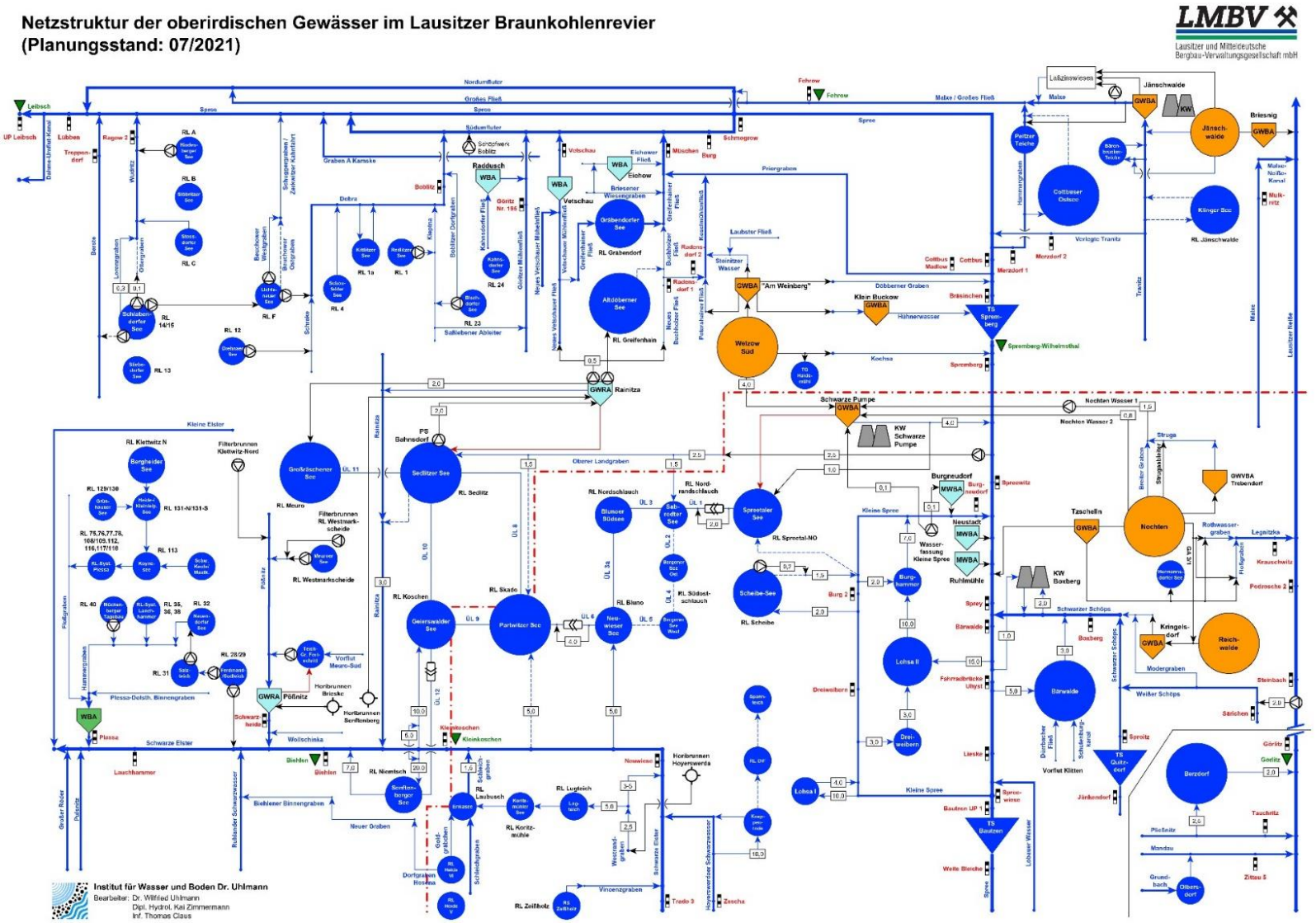
Zur Ableitung der im Braunkohlenbergbau anfallenden Sümpfungswassermengen wurden zahlreiche natürliche Fließgewässer zu Grubenwasserableitern umgewidmet. Natürliche Vorfluter, darunter die Fließgewässer 1. Ordnung Spree und Schwarze Elster sowie zahlreiche Fließgewässer 2. Ordnung, wurden zu diesem Zweck für höhere Durchflussmengen ausgebaut. Weiterhin wurden Fließgewässer um Tagebaue umverlegt oder ersatzlos überbaggert. Zur Sicherung der Wasserversorgung der Kraftwerke wurden in den 1960er und 1970er Jahren die Talsperren Bautzen, Quitzdorf und Spremberg errichtet (Kapitel 4.4).

Abbildung 4: Symbollegende für den Netzstrukturplan der oberirdischen Gewässer im Lausitzer Braunkohlenrevier

Netzstrukturplan siehe Abbildung 5

Bildquelle: LMBV

Abbildung 5: Netzstrukturplan der oberirdischen Gewässer im Lausitzer Braunkohlenrevier (Planungsstand 07/2021)



Bildquelle: LMBV

Im Ergebnis des Sanierungsbergbaus der LMBV entstanden zahlreiche Bergbaufolgeseen. Nach dem Kohleausstieg werden in den Tagebauen der LEAG weitere Bergbaufolgeseen entstehen. Für die Flutung wurden die Bergbaufolgeseen mit Rohrleitungen oder Zuleitern an die Fließgewässer angebunden. Die Flusseinzugsgebiete der Spree, der Schwarzen Elster und der Lausitzer Neiße wurden vernetzt, um ausreichend Wasser für die Flutung der Bergbaufolgeseen heranzuführen. Die Bilanzüberschüsse der gefluteten Bergbaufolgeseen müssen in die Fließgewässer ausgeleitet werden. Zur touristischen Nutzung wurden die Bergbaufolgeseen der Erweiterten Restlochkette durch schiffbare Kanäle und teilweise Schleusen miteinander verbunden. Einige Bergbaufolgeseen, wie z. B. der Bärwalder See und das Speichersystem Lohsa II, wurden als wasserwirtschaftliche Speicher ausgebaut und mit entsprechend dimensionierten Zulauf- und Ablaufbauwerken ausgestattet.

Zur Sicherung der Infrastruktur vor dem wieder ansteigenden Grundwasser müssen lokale Grundwasserhaltungen, wie z. B. in Hoyerswerda und in Senftenberg, dauerhaft betrieben werden. Das gefasste Grundwasser wird nach einer Wasserbehandlung in die Vorfluter oder in Bergbaufolgeseen eingeleitet. Zur Abwehr bergbaubedingter Stoffeinträge in die Hauptvorfluter wird stofflich belastetes Grund- oder Oberflächenwasser gefasst, behandelt und in die Vorflut abgeschlagen.

Das Gewässernetz im Lausitzer Braunkohlenrevier stellt sich als anthropogen hochgradig verändert dar und bedarf gegenwärtig und noch mehr in der Zukunft eines abgestimmten Managements zur Verwaltung der begrenzten Wasserressourcen (Kapitel 11.4.4 und 11.6.4).

4.2 Betrachtungszeiträume

Ein wesentlicher Schritt zur Betrachtung der wasserwirtschaftlichen Folgen des Braunkohlenausstiegs in der Lausitz ist ein zeitlicher Blick zurück, um die Abflussverhältnisse vor dem Beginn des Bergbaus zu beurteilen. Daraus lässt sich abschätzen, welches natürliche hydrologische Potential das Einzugsgebiet aufweist.

Der erste nachweisliche Braunkohlenfund und dessen Abbau in der Lausitz datiert aus dem Jahr 1789 in der Nähe von Lauchhammer im Flussgebiet der Schwarzen Elster. Dabei handelte es sich um lokale und geländenah anstehende Braunkohlenvorkommen, die aufgrund der geologischen Gegebenheiten gut zugängig und auszubeuten waren. Die gewerbliche bzw. industrielle Braunkohlengewinnung in der Lausitz begann bereits Mitte des 19. Jahrhunderts mit dem Abbau überwiegend des 1. Lausitzer Flözhorizontes, vorrangig auf den Hochflächen. Der systematische und großdimensionierte Abbau des 2. Flözhorizontes, nun auch in den Urstromtälern, begann Anfang des 20. Jahrhunderts bei Senftenberg, ebenfalls im Flussgebiet der Schwarzen Elster. Durch Investoren aus Berlin wurde im Jahr 1916 mit dem Aufschluss des ersten Tagebaues (Brigitta, später in Spreetal umbenannt) im Flussgebiet der Spree, unmittelbar südlich des heutigen Industrieparks Schwarze Pumpe, begonnen.

Jubiläumsschriften früherer Bergbauunternehmen, Jahrbücher, wissenschaftliche Veröffentlichungen sowie Bergamtsakten geben Einblicke in die Bergbauhistorie der Lausitz. Verbunden mit einer Vielzahl von Daten und Informationen geben die Unterlagen auch zu wasserwirtschaftlichen Belangen Aufschluss. Die erste wissenschaftlich fundierte Abhandlung über die Hydrologie von Spree und Schwarzer Elster kann dem „Landbuch der Mark Brandenburg und des Markgrafenthums Nieder-Lausitz in der Mitte des 19. Jahrhunderts“, Band II von Dr. Heinrich Berghaus, herausgegeben vom preußischen Staatsminister und Oberpräsidenten Flottwell im Jahr 1855, entnommen werden. Berghaus bewertet darin Abflussmessreihen der Jahre 1830 bis 1850 und setzt sich auch mit noch früheren Aufzeichnungen und Daten auseinander, Berghaus (1855).

Das Vorliegen dieser ersten wissenschaftlich fundierten Darstellung von Hydrologie und Hydrographie in den beiden Flussgebieten Schwarze Elster und Spree und der Beginn des systematischen Kohleabbaus in der Lausitz datieren beide um die Mitte des 19. Jahrhunderts. Dies war Anlass, den Beginn des Betrachtungszeitraumes auf das Jahr 1850 zu legen. Kann doch davon ausgegangen werden, dass zu diesem Zeitpunkt der Kohleabbau noch keinen mess- und spürbaren Eingriff in den Wasserhaushalt vorgenommen hatte und die Ausführungen von Berghaus deshalb weitgehend die natürlichen Verhältnisse in Hydrologie und Hydrographie widerspiegeln.

Ende der 1950iger Jahre verlagerte sich der Schwerpunkt der Braunkohleförderung allmählich aus dem Flussgebiet der Schwarzen Elster in das Flussgebiet der Spree mit Auswirkungen auch auf das Flussgebiet der Lausitzer Neiße.

Die Braunkohlengewinnung und -verstromung sollen laut Kohleausstiegsgesetz spätestens im Jahr 2038 enden. Die Wiedernutzbarmachung der Landschaft, die Herstellung und die Flutung der Bergbaufolgeseen sowie der Grundwasserwiederanstieg werden anschließend einige Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Mit einem ausgeglichenen nachbergbaulichen Wasserhaushalt wird um das Jahr 2100 gerechnet. Zu diesem Zeitpunkt hat die Lausitz schließlich eine etwa 250-jährige Historie des Braunkohlenbergbaus und der Überwindung ihrer Folgen hinter sich. Dieser 250-jährige Betrachtungszeitraum lässt sich hinsichtlich der Bedeutung und des Umfanges der Braunkohlengewinnung sowie hinsichtlich seines Einflusses auf den Gebietswasserhaushalt zeitlich in sieben markante Entwicklungsphasen gliedern (Abbildung 6). Charakteristische politische, industrielle und gesellschaftliche Entwicklungen für die Etappen werden in der Tabelle 1 aufgezeigt.

Abbildung 6: Entwicklungsphasen des Braunkohlenbergbaus in der Lausitz

Bildquelle: Eigene Darstellung ARGE

An diesem langen Zeitraum lässt sich die Komplexität der Aufgabe ermessen. Ein Blick in die Vergangenheit ist daher unumgänglich. Für viele Menschen inner- und außerhalb der Lausitz sind das heutige Landschaftsbild und hier insbesondere die Flusslandschaften etwas Normales. Dabei sind die Flusslandschaften der Schwarzen Elster und Spree mit ihren vielen Nebenflüssen vielfach Resultat von bergbaubedingten Verlegungen und deren Wasserführung bergbaudominiert. Sie widerspiegeln nicht mehr die natürliche Leistungsfähigkeit der Einzugsgebiete.

Zur Ableitung vorbergbaulicher Verhältnisse und zum besseren Verständnis des aktuellen Zustandes können daher umfangreiche Beschreibungen der historischen Entwicklung in den Bereichen Bergbau und Wasserwirtschaft dem Kapitel 5 entnommen werden.

Tabelle 1: Historische Phasen der Braunkohlenindustrie in der Lausitz

Phase	Zeit-raum	Bezeichnung der Entwicklungsetappe	Erläuterung und besondere Merkmale
1	1850 - 1920	Anfänge des Braunkohlenbergbaus	Moderate Entwicklung des Braunkohlenbergbaus. Erste Anfänge des Abbaus oberflächennaher Braunkohlenvorkommen in Plessa, im Muskauer Faltenbogen und auf den Hochflächen bei Welzow und Meuro. Bau zahlreicher Brikettfabriken. Starkes Bevölkerungswachstum in Berlin. Gründerzeit, Elektrifizierung und Kriegswirtschaft.
2	1920 - 1960	Übergang zum industriellen Braunkohlenbergbau	Beginn des industriellen Bergbaus und Bildung von Aktiengesellschaften. Bau weiterer Brikettfabriken, erster Großkraftwerke und Anlagen zur Kohlevergasung. Zerstörung zu Ende des 2. Weltkrieges, Reparationsleistungen und Wiederaufbau.
3	1960 - 1990	Extensiver Braunkohlenbergbau. Kumulierende Wiederherstellungsdefizite	Extensiver Braunkohlenbergbau in den Einzugsgebieten der Spree und Schwarzen Elster (max. 200 Mio. t/a). Bau von Großkraftwerken mit Kraftwerksblöcken bis 500 MW. Umsetzung der Industriepolitik der DDR zur Herstellung der Rohstoff- und Energieautarkie durch Industrieneuansiedlungen, wie z. B. Schwarze Pumpe und Lauchhammer sowie Entstehung von Bergarbeiterstädten, z. B Hoyerswerda und Weißwasser. Wirkungen der verfehlten Energiepolitik zwischen 1965 und 1970. Bau der Talsperren Bautzen, Quitzdorf und Spremberg zur Deckung des Wasserbedarfs der Kraftwerke. Komfortables Wasserdargebot in der Spree und in der Schwarzen Elster durch Einleitung von Sümpfungswasser aus den Braunkohletagebauen.
4	1990 - 2020	Rückgang des Braunkohlenbergbaus. Hochzeit des Sanierungsbergbaus	Politische Wende = wirtschaftliche Wende. Anpassung der Braunkohlengewinnung an die Marktwirtschaft. 1994 Privatisierung von fünf Tagebauen als zukunftsfähiger Gewinnungsbergbau (LAUBAG → Vattenfall → LEAG) und Privatisierung aller Kraftwerksstandorte (VEAG → Vattenfall → LEAG) sowie Sozialisierung des Sanierungsbergbaus mit 13 Tagebauen auf der Grundlage des Einigungsvertrages DDR/BRD (LMBV). Verringerung der Braunkohlenförderung auf ca. 25 % (70 bis 90 Mio. t/a) gegenüber 1989. Schwerpunktverlagerung des Braunkohlenbergbaus in das Spreegebiet. Ertüchtigung und Teilneubau von Kraftwerken mit höheren Wirkungsgraden und verbesserter Umwelttechnik. Ertüchtigung der Grubenwasserreinigungsanlagen. Herstellung der Flutungsbereitschaft und Flutung der LMBV-Tagebaue. Großräumiger Grundwasserwiederanstieg im Sanierungsbergbau. Abgestimmte Wasserbewirtschaftung zwischen den Ländern, dem Gewinnungs- und dem Sanierungsbergbau. Wasserüberleitung aus der Neiße zur Restlochkette. Neue Herausforderungen im Sanierungsbergbau: Instabilität von Innenkippen, Versauerung von Restseen, Sulfatbelastung der Spree und Verockerung von Fließgewässern.

Phase	Zeit-raum	Bezeichnung der Entwicklungsetappe	Erläuterung und besondere Merkmale
5	2020 - 2040	Gesetzliche Fixierung des Kohleausstiegs. Auslaufen des Braun-kohlenbergbaus der LEAG. Nachsorge im Sanierungsbergbau der LMBV	Beendigung der Flutungsaufgaben und Fortführung der Nachsorge und Speicherbewirtschaftung im LMBV- Bereich. Weitgehender Abschluss des Grundwasserwiederanstiegs im Sanierungsbergbau. Flutung des Cottbuser Ostsees und der Resträume im Tagebau Jänschwalde (LEAG). Auslaufen der Tagebaue Welzow-Süd, Nochten und Reichwalde. Beginnender Grundwasserwiederanstieg im Gewinnungsbergbau.
6	2040 - 2070	Flutung der LEAG-Restseen	Starker Rückgang der Sümpfungswassereinleitungen bis zur vollständigen Einstellung. Flutung der LEAG-Tagebaue. Schwerpunkte sind die sächsischen Tagebaue Nochten und Reichwalde. Fortführung der Nachsorge für die Bergbaufolgeseen der LMBV. Einbeziehung von Bergbaufolgeseen der LMBV als Speicher in die Flussgebietsbewirtschaftung.
7	2070 - 2100	Nachbergbaulicher Wasserhaushalt	Einstellung weitgehend ausgeglichener, vom Bergbau unab-hängiger wasserwirtschaftlicher Verhältnisse in den Fluss-einzugsgebieten. Witterungsabhängiges Wasserdargebot im Kontext des Klima-wandels und der vorliegenden Nutzungen. Flussgebietsbewirtschaftung unter Einbeziehung neuer Speicherräume und ggf. neuer Wasserüberleitungen.

4.3 Geologie und Braunkohle

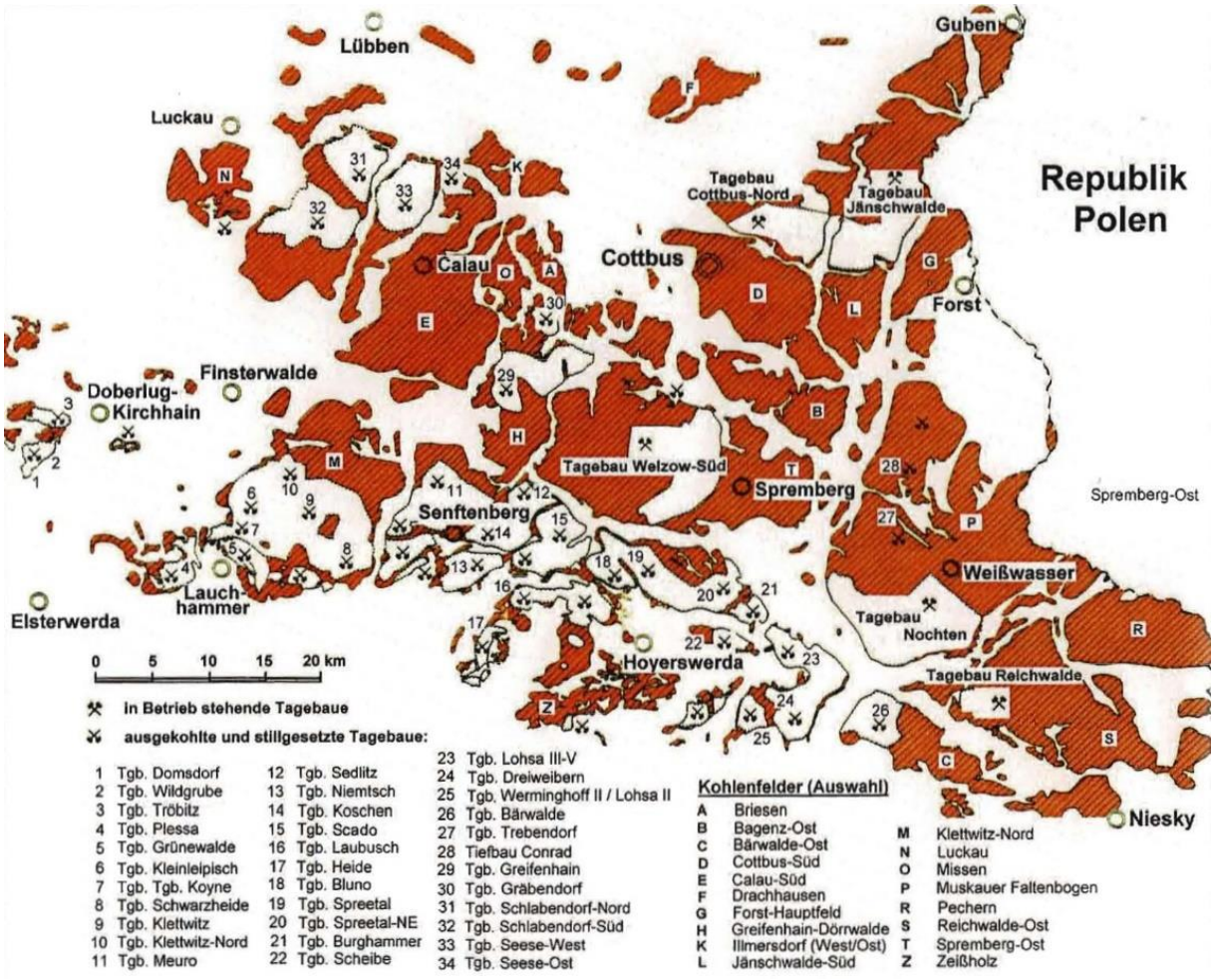
Die Geologie des Lausitzer Braunkohlenreviers ist durch mächtige tertiäre Ablagerungen, welche von quartären Ablagerungen überdeckt und von tiefen quartären Rinnen durchschnitten werden, gekennzeichnet. Die bis zu 250 Meter mächtigen tertiären und quartären Sedimente lagern über einer nach Norden abtauchenden prätertiären Festgesteinsoberfläche. Die tertiären Ablagerungen bildeten sich infolge mehrerer Wechsel mariner Trans- und Regressionen, paralischer Vermoorungen und terrestrischer Schüttungen. Die vier Braunkohlenflöze der Lausitz bildeten sich durch Vermoorung. Die tertiären Schichten zeigen sowohl endogene als auch exogene Lagerungsstörungen, welche u. a. zu einer Aufschuppung der tertiären Schichten bis nahe der Erdoberfläche führten. Im Quartär entstand infolge der glazialen Wirkungen des Inlandeises eine flachwellige Moränen- und Beckenlandschaft mit Endmoränenzügen und Ost-West-verlaufenden Urstromtälern. Die heutigen Flussauen der Spree, der Schwarzen Elster und der Neiße entstanden unter Nutzung postglazialer Reliefformen im Holozän.

Im Lausitzer Braunkohlenrevier sind vier markante tertiäre Braunkohlenflöze ausgebildet. Zur Exploration gelangten in der Anfangszeit des Braunkohlenbergbaus bevorzugt der 1. und in der Hochzeit des industriellen Braunkohlenbergbaus im 20. und 21. Jahrhundert überwiegend der 2. Lausitzer Flözhorizont. Der 2. Lausitzer Flözhorizont liegt in einer Tiefe zwischen 30 bis 100 Meter und hat in den abbauwürdigen Kohlefeldern eine mittlere Mächtigkeit zwischen 8 und 12 Meter (Abbildung 7).

Die Gewinnung der Braunkohle erfolgt seit den 1920er Jahren überwiegend in Tagebauen. Die Besonderheit der Lausitz im Vergleich zu anderen Braunkohlenrevieren in Deutschland ist eine flachwellige horizontale Ausbildung der Lagerstätten. Dadurch ist eine effiziente Abraum-gewinnung im Förderbrückenbetrieb möglich (Abbildung 8). Das Deckgebirge wird auf kurzem Weg wieder im Tagebau verkippt.

Abbildung 7: Verbreitung des 2. Lausitzer Flözhorizontes und der Braunkohlentagebaue im Niederlausitzer Braunkohlenrevier

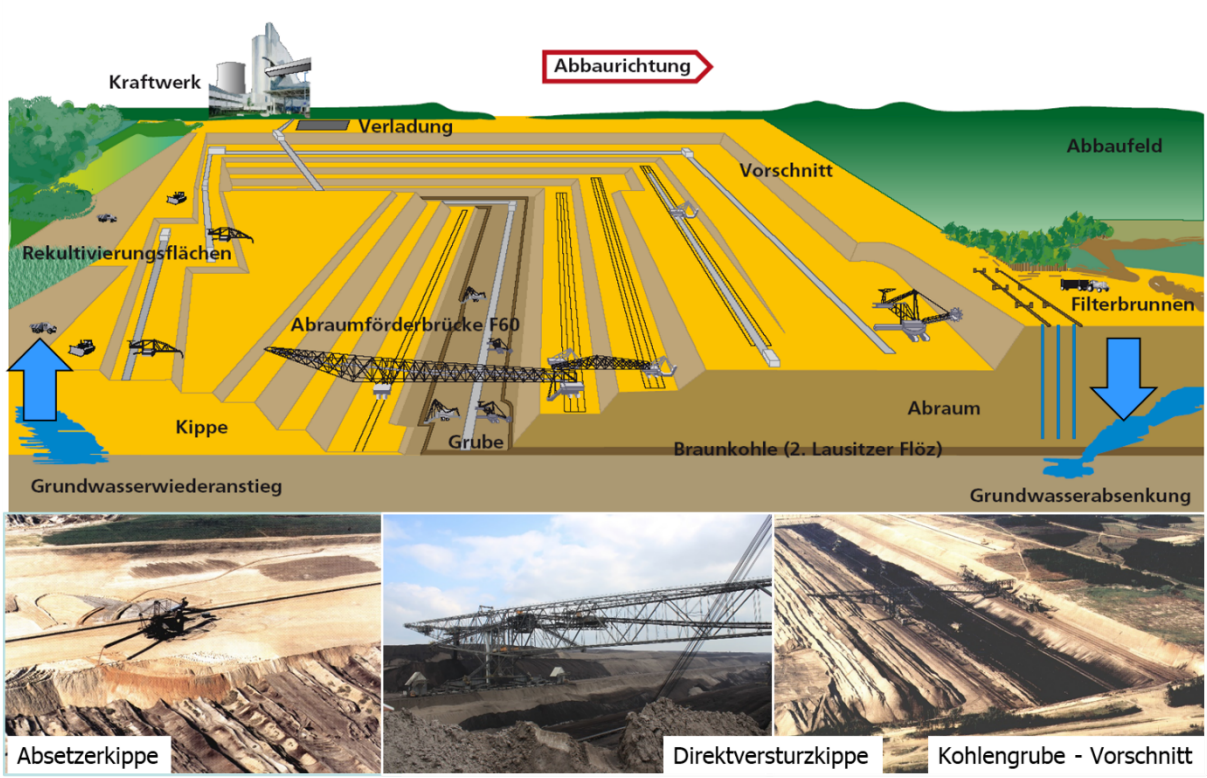
Abbaustand der Braunkohlentagebaue Mitte der 1990er Jahre



Bildquelle: Vulpius (2015)

Die Braunkohle hat wesentlich zur industriellen Entwicklung der Lausitz beigetragen. Aus geeigneten Braunkohlesorten wurden Braunkohlekoks für die metallurgische Industrie und Stadtgas hergestellt. Heute dient die Braunkohle überwiegend zur Stromerzeugung in Kraftwerken. Den Höhepunkt erreichte die Braunkohlenförderung in der Lausitz im Jahr 1988 mit rund 200 Mio. Tonnen Rohbraunkohle. Zur Erzeugung einer Megawattstunde Strom wird im Durchschnitt eine Tonne Rohbraunkohle benötigt. Die installierte Kraftwerksleistung der für die öffentliche Stromversorgung vorhandenen Braunkohlenkraftwerke betrug 1990 in der Niederlausitz einschließlich des mit Lausitzer Braunkohle versorgten Kraftwerks Brieskow-Finkenherd rd. 10 GW zzgl. weiterer rd. 1,7 GW braunkohlebasierter Kraftwerksleistung in der Oberlausitz. Daneben gab es bis Anfang der 1990iger Jahre in der Lausitz mehrere Industriekraftwerke auf Braunkohlenbasis, die Prozessdampf und Elektroenergie für den Eigenbedarf produzierten und nur einen geringen Teil in das öffentliche Netz einspeisten, Kahl (2009). Ende 2020 waren in der Lausitz rd. 7,2 GW Kraftwerksleistung installiert. Davon befanden sich seit 2018 bzw. seit 2019 gestaffelt insgesamt 1 GW in der so genannten Sicherheitsbereitschaft. Wegen der Gasmangellage wurde in 2022 das Ersatzkraftwerkebereithaltungsgesetz (EKBG) verabschiedet, wonach die Bereitstellungskapazität von 1 GW bis 31.03.2024 nicht stillgelegt werden darf. Die Blöcke E und F (2 x 500 MW) des KW Jänschwalde wurden zum 01.10.2022 wieder in Betrieb genommen und sind seither Bestandteil des normalen Kraftwerkeportfolios.

Abbildung 8: Schematische Darstellung der Braunkohlengewinnung in einem Tagebau im Lausitzer Revier mit Förderbrückenbetrieb



Bildquelle: LEAG

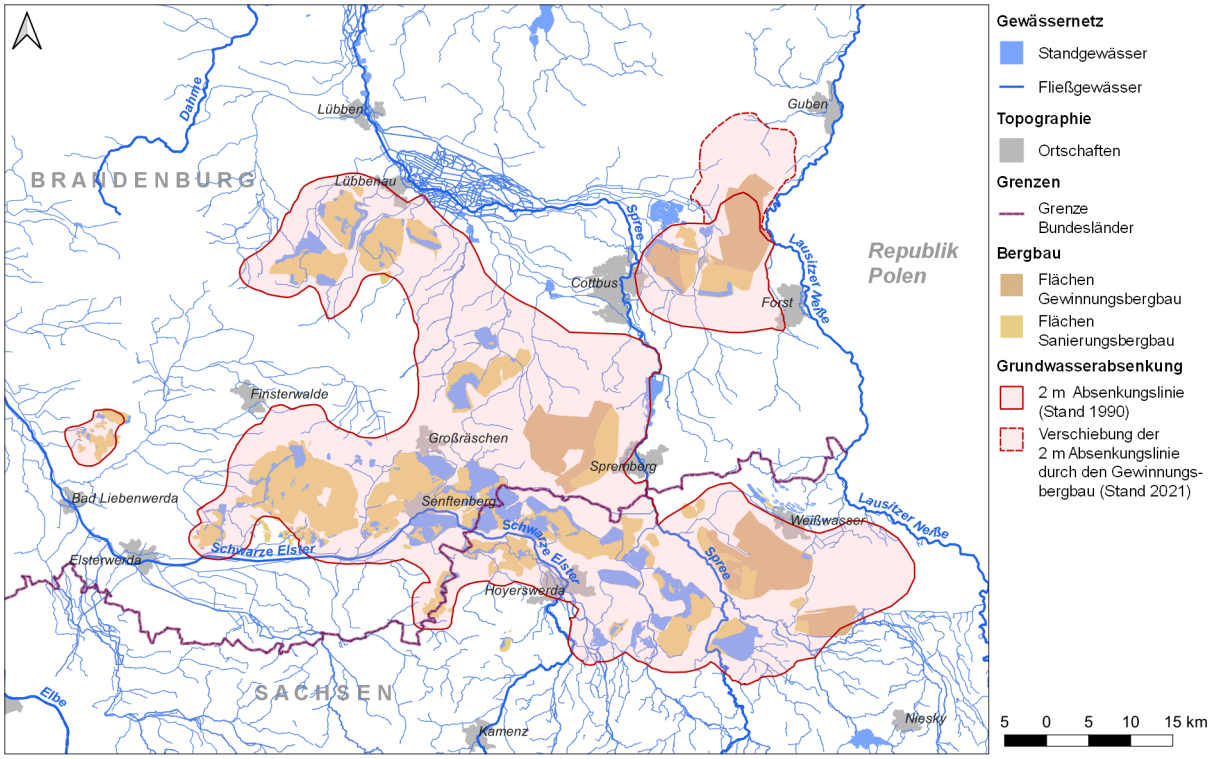
4.4 Wasser

Die tertiären Braunkohlenflöze werden im Liegenden und Hangenden von überwiegend feinkörnigen tertiären Grundwasserleitern begleitet. Die Kohlenfelder sind von pleistozänen Rinnen umgeben, die das mosaikähnliche Muster der Braunkohlenlagerstätten im Lausitzer Revier prägen (Abbildung 7). Die pleistozänen Rinnen enthalten neben Geschiebemergeln grobkörnige und gut durchlässige Grundwasserleiter. Die Gewinnung von Braunkohle im Tagebau erfordert betriebsnotwendig eine Entwässerung (Abbildung 8). Für den gefahrlosen Betrieb eines Tagebaus müssen das gesamte Deckgebirge und das Kohlenflöz trockengehalten und die Liegendgrundwasserleiter druckentspannt werden. Die Sümpfung der Tagebaue erfolgt seit Mitte der 1960er Jahre überwiegend durch Vertikalfilterbrunnen. Zuvor waren Strecken- und Schachtentwässerung üblich. Zur Gewinnung von einer Tonne Rohbraunkohle mussten in den einzelnen Tagebauen der Lausitz zwischen 4 und 10 m^3 und im Durchschnitt rund 6 m^3 Sümpfungswasser gehoben werden.

Infolge der Sümpfung bilden sich im Umfeld der Braunkohletagebaue großräumige **Grundwasserabsenkungstrichter**, sofern die Grundwasserabsenkung in ihrer Ausdehnung nicht durch natürliche Barrieren, wie geologische Störungen, oder durch technische Maßnahmen, wie Dichtwände, begrenzt wird. Durch den extensiven, raumgreifenden Braunkohlenbergbau der DDR in den 1970er und 1980er Jahren verschmolzen die Absenkungstrichter der einzelnen Tagebaue in der Lausitz schließlich zu einem einheitlichen Grundwasserabsenkungstrichter. Dieser Absenkungstrichter wurde aufgrund einer fernen Ähnlichkeit als „Lausitzer Löwe“ bezeichnet (Abbildung 9). Mit dem „Lausitzer Löwen“ war eine bergbaulich verursachte Grundwasserabsenkung größer 2 Meter umrissen. Der „Lausitzer Löwe“ nahm im Jahr 1990 eine Fläche von ca. 2.100 km^2 ein. Allein das Grundwasserdefizit im Lausitzer Braunkohlenrevier wurde zum Jahr 1990 mit ca. 9 Mrd. m^3 zzgl. 4 Mrd. m^3 an Restseevolumen geschätzt.

Abbildung 9: Räumliche Ausdehnung des historischen bergbaubedingten Grundwasserabsenkungstrichters (sogenannter „Lausitzer Löwe“)

Geodatenquellen siehe Tabelle 2
Historische Grundwasserabsenkung nach IWB & gIR (2020)

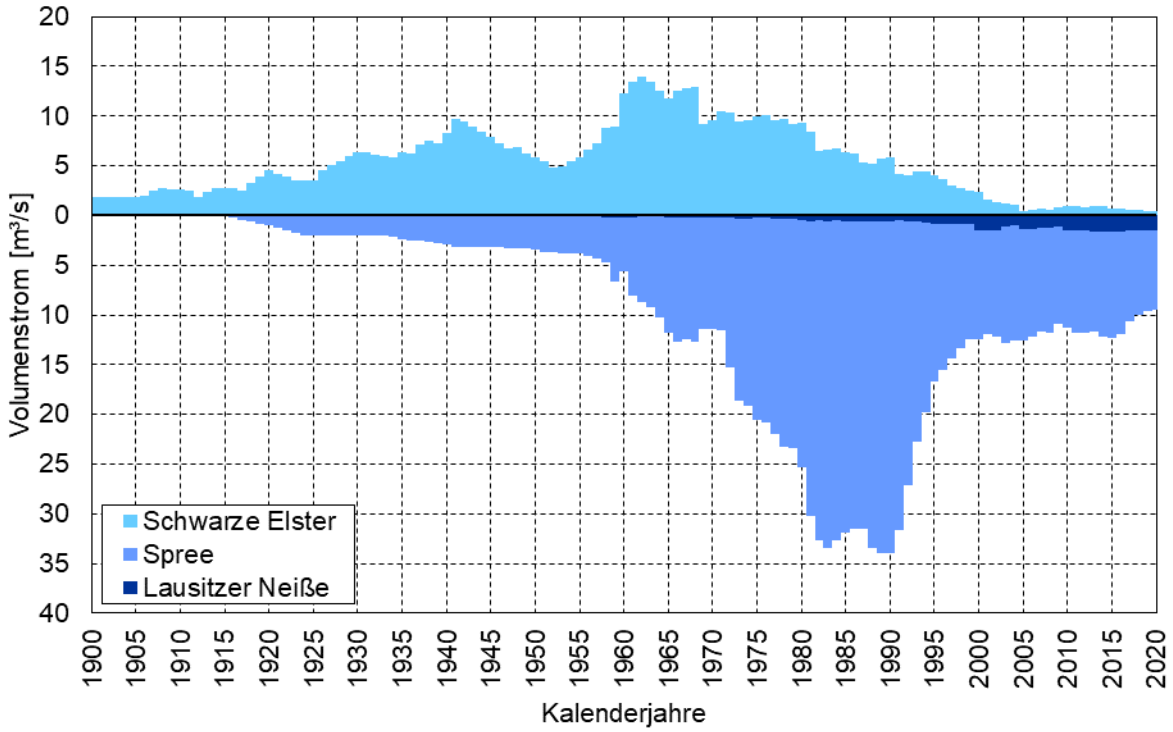


Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Aufgrund der ergiebigen tertiären und pleistozänen Grundwasserleiter der Begleitsedimente im Lausitzer Braunkohlenrevier fallen große Mengen **Sümpfungswasser** an. Das Sümpfungswasser wurde abzüglich der Verluste (Kraftwerke) und Nutzungen in die Vorflut eingeleitet (Abbildung 11). Die Vorflut wurde zu diesem Zweck ausgebaut. Die Bilanz des im Lausitzer Braunkohlenrevier in die Vorfluter eingeleiteten Sümpfungswassers in den zurückliegenden 120 Jahren von 1900 bis 2020 ist in Abbildung 10 dargestellt. Die Abbildung 10 spiegelt neben der revierspezifischen Entwicklung des Braunkohlenbergbaus in der Lausitz zugleich markante geopolitische und wirtschaftliche Zäsuren wider.

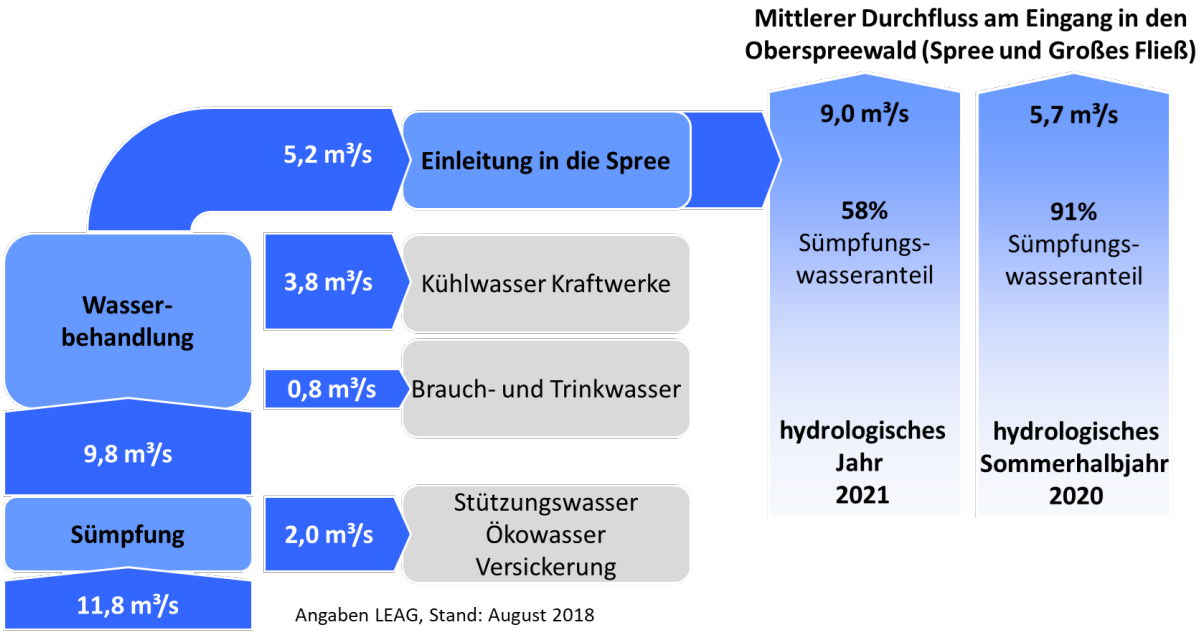
In Fließgewässer, die durch die Grundwasserabsenkung trockenfielen, wurde Sümpfungswasser als **Stützungswasser,** umgangssprachlich als Ökowasser bezeichnet, eingeleitet (Abbildung 11). In der jüngeren Zeit wird dazu behandeltes und auch geeignetes unbehandeltes Sümpfungswasser verwendet. Beispiele sind der Floß- und Rothwassergraben östlich vom Tagebau Nochten, das Steinitzer Wasser nördlich vom Tagebau Welzow-Süd und die Laßzinswiesen westlich vom Tagebau Jänschwalde.

Abbildung 10: Bilanz des Sümpfungswassers im Lausitzer Braunkohlenrevier in den Jahren von 1900 bis 2020



Bildquelle: WCL e.V.

Abbildung 11: Mittlere Wassermengenbilanz des Gewinnungsbergbaus für den August 2018 im Einzugsgebiet der Spree im Vergleich zu den mittleren Durchflüssen der Spree und des Großen Fließes am Eingang des Oberspreewaldes in Schmogrow im hydrologischen Jahr 2021 und dem hydrologischen Sommerhalbjahr 2020



Bildquelle: WCL e.V.

Zur sicheren **Versorgung der Braunkohlenkraftwerke** mit Kühlwasser war die so genannte „fließende Welle“ von Spree und Schwarzer Elster dennoch nicht ausreichend ergiebig. Deshalb bestand von Anfang an die Option, die Kraftwerke mit Sümpfungswasser aus benachbarten Tagebauen zu versorgen (Abbildung 11), was für den Standort Schwarze Pumpe und Jänschwalde vollständig zum Tragen kam. Zur Stabilisierung der Wasserversorgung für die Kraftwerke, insbesondere für die Standorte Boxberg, Vetschau und Lübbenau, wurden die Talsperren Spremberg und Bautzen an der Spree (Inbetriebnahme 1965 bzw. 1977) sowie die Talsperre Quitzdorf am Schwarzen Schöps (Inbetriebnahme 1974) gebaut. Damit wurden in Summe nutzbare Betriebsstauräume für die Wasserversorgung der Kraftwerke, für die Niedrigwasseraufhöhung und für den Hochwasserrückhalt im Umfang von 52 Mio. m^3 geschaffen (Kapitel 7.5). Zur Kühlung eines Kraftwerkes mit 1.000 MW Leistung werden im Volllastbetrieb im Mittel knapp 2.000 m^3 pro Stunde bzw. reichlich 0,5 m^3/s Kühlwasser gebraucht. Davon gehen rund 75 % als Wasserdampf über die Kühltürme in die Atmosphäre.

Im Einzugsgebiet der **Schwarzen Elster** ist die frühe Entwicklung des Braunkohlenbergbaus und ihr Ausklingen zum Millennium 2000 mit Zäsuren durch Weltkriege, globale Wirtschaftskrisen und Paradigmenwechseln in der Energiepolitik überlagert. Die Entwicklung des Braunkohlenbergbaus im Einzugsgebiet der **Spree** hatte erst in den 1960er Jahren an Fahrt aufgenommen und eine gehörige Dynamik entwickelt (Kapitel 5.4). Er erreichte in den 1980er Jahren seinen Höhepunkt und war von der ersten Zäsur des Kohleausstiegs nach der politischen Wende 1990 besonders stark betroffen. Der Braunkohlenbergbau im Einzugsgebiet der **Lausitzer Neiße** blieb wasserwirtschaftlich eher marginal.

Die **Ableitung** des überschüssigen Sümpfungswassers **in die Vorflut** hatte Wirkung auf die Durchflussverhältnisse der Fließgewässer (Abbildung 11). Die für die Schwarze Elster und Spree ungewöhnlich großen Volumenströme erhöhten insbesondere die Mittel- und Niedrigwasserdurchflüsse. Sie stabilisierten den Durchfluss, wovon zahlreiche Gewässernutzer, insbesondere z. B. der Spreewald, über Jahrzehnte profitierten. Dabei trat auch eine Gewöhnung an das komfortable Wasserdargebot ein.

Zur Ableitung des Sümpfungswassers aus den Tagebauen wurden zahlreiche Fließgewässer zu sogenannten **Grubenwasserableitern** umgewidmet und die Gewässerprofile entsprechend der erforderlichen hydraulischen Leistungsfähigkeit ausgebaut. Das betraf selbst Fließgewässer 1. Ordnung, wie die Spree, den Weißen Schöps und die Kleine Spree. Da die Fließgewässer vom Grundwasserabsenkungstrichter erfasst waren, wurden sie zur Vermeidung von Versickerungsverlusten streckenweise abgedichtet. Dazu wurden entweder Folie oder Beton verwendet. Die betroffenen Gewässerprofile sind für die Ansprüche des nachbergbaulichen Wasserhaushaltes überdimensioniert.

An anderen Stellen wurden **Fließgewässer** für Tagebaue abschnittsweise **verlegt**, so zum Beispiel die Spree um die Tagebaue Bärwalde und Nochten, der Weiße Schöps um den Tagebau Reichwalde, die Kleine Spree um die Tagebaue Scheibe und Burghammer, die Schwarze Elster um die Tagebaue Bluno, Koschen und Niemtsch, die Malxe wurde abgetrennt und zur Neiße verlegt, die Tranitz um den Tagebau Cottbus-Nord und weitere. Die Fließgewässer verlaufen in den Verlegungsabschnitten außerhalb ihres natürlichen Talweges.

Der weltweite Erz- und Kohlebergbau im Allgemeinen und der Braunkohlenbergbau in der Lausitz im Besonderen sind von den Folgen der **Pyritverwitterung** betroffen. Kohlen und tertiäre Nebengesteine, aber auch ausgewählte pleistozäne Sedimente enthalten Pyrit (FeS_2). Gelangen die pyrithaltigen Sedimente mit Sauerstoff der Atmosphäre in Kontakt, was bei der Freilegung, bei der Baggerung und beim Versturz auf Halden und Kippe sowie bei der Grundwasserabsenkung im Braunkohlenbergbau zwangsläufig erfolgt, verwittert der Pyrit (Kapitel 8.2.1).

Im Vorfeld und an den Rändern der Tagebaue wurde zunächst juveniles Grundwasser gehoben, das aufgrund seiner günstigen Wasserbeschaffenheit zu Trinkwasser, zu Kühlwasser für die Kraftwerke sowie zu Brauchwasser aufbereitet werden konnte. Mit dem Fortschritt der Tagebaue und dem Wachstum der Kippen trat zunehmend Sümpfungswasser mit einer ungünstigen Wasserbeschaffenheit infolge der Pyritverwitterung zu Tage, das einer Behandlung unterzogen werden musste. Die **Grubenwasserbehandlung** diente in erster Linie dazu, Säuren aus der Pyritverwitterung zu neutralisieren und Eisen abzuscheiden. Eine Abscheidung von Sulfat erfolgt nicht.

Die Behandlung des Sümpfungswassers war früher unbefriedigend. Klagen über Schäden durch Sümpfungswasser, insbesondere in der Fischwirtschaft, sind schon seit den 1920er Jahren bekannt. Die erste **Grubenwasserreinigungsanlage** (GWRA) im industriellen Maßstab mit einer Verfahrenstechnik zur Neutralisation, Flockung und Eisenabtrennung wurde erst Mitte der 1960er Jahre in Schwarze Pumpe für die Tagebaue Spreetal, Nochten und Welzow-Süd gebaut. Darauf folgten die Grubenwasserbehandlungsanlagen Pößnitz (Tagebaue Klettwitz und Meuro), Sprey (Tagebaue Lohsa und Nochten), Boxberg (Tagebau Bärwalde), Rainitza (Tagebaue Sedlitz und Meuro), Jänschwalde (Tagebaue Cottbus-Nord und Jänschwalde) und Kringelsdorf (Tagebaue Nochten und Reichwalde). In anderen Tagebauen wurden passive Absetzräume zur Grubenwasserbehandlung genutzt, wie die GWRA Schmiegelmühle für den Tagebau Greifenhain, die GWRA Wüstenhain für den Tagebau Gräbendorf, die GWRA Vetschau für die Tagebaue Seese-Ost und -West, das Restloch A für den Tagebau Schlabendorf-Nord und weitere.

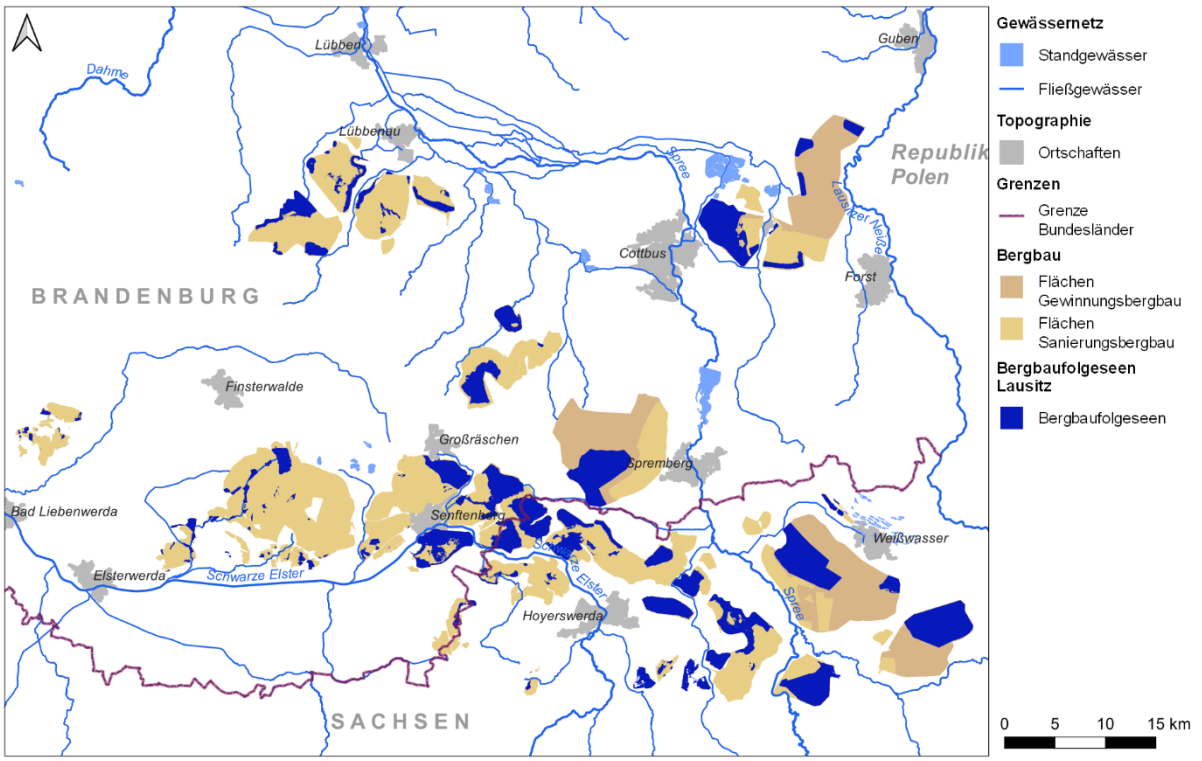
Die Reinigungsleistung der frühen Grubenwasserbehandlungsanlagen genügte häufig selbst nicht den damaligen, weniger strengen gesetzlichen Anforderungen. Die bergbautypische Belastung der Gewässer mit Säuren und Eisen war häufig von beträchtlichen Verschmutzungen durch Industrieabwässer vor allem aus der Braunkohleveredlung überlagert. Die Sulfatbelastung wurde nicht als Problem wahrgenommen. Die Ansprüche und der technische Standard der Grubenwasserbehandlung hatten sich nach 1990 grundlegend verändert. Sie mündeten in die Ertüchtigung bestehender und in den Bau neuer Grubenwasserbehandlungsanlagen (GWBA). Zu den Anlagen neuer Bauart zählen zum Beispiel die GWBA Tzschelln (Tagebau Nochten) und die GWBA „Am Weinberg“ (Tagebau Welzow-Süd), die speziell nur zur Behandlung von versauerungsdisponiertem und eisenreichem Kippenwasser errichtet wurden.

Mit der Auflassung der Tagebaue und der Einstellung der Sümpfung kommt es zum **Grundwasserwiederanstieg**. Der Grundwassertrichter füllt sich durch Grundwasserneubildung und den Zufluss aus den Randbereichen. Da ein Tagebau die Landschaft „durchfährt“, verschiebt sich der Grundwasserabsenkungstrichter während des Tagebaubetriebs entsprechend räumlich. Die größte Ausdehnung erreicht der Grundwasserabsenkungstrichter in der Regel in der Endstellung des Tagebaus.

Da durch die Entnahme der Braunkohle zwischen 1900 und 2020 in der Niederlausitz 8,4 Mrd. t gefördert wurden, verbleiben unweigerlich irreversible Massendefizite. Zur vollständigen Kompensation dieses Defizits stehen die erforderlichen Massen nicht zur Verfügung. Deshalb verbleiben in der Endkontur der Tagebaue sogenannte Restlöcher. Aufgrund des enormen Massendefizits besteht zur Herstellung von **Bergbaufolgeseen** in den Restlöchern der Braunkohlentagebaue keine ernstzunehmende Alternative. Nach aktuellem Planungsstand werden im Lausitzer Braunkohlenrevier (LMBV und LEAG) Bergbaufolgeseen mit einer Fläche von ca. 250 km^2 und mit einem kumulativen Wasservolumen von rund 4 Mrd. m^3 entstehen (Abbildung 12).

Abbildung 12: Nachbergbauliche Seenlandschaft im Lausitzer Braunkohlenrevier einschließlich der geplanten Bergbaufolgeseen der LEAG

Geodatenquellen siehe Tabelle 2



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Ohne weiteres Zutun würden sich die verbleibenden Hohlformen der Tagebaue durch **Eigenaufgang mit Grundwasser** füllen. Diese Entwicklung ist aus mehreren Gründen unerwünscht. Erstens dauert der natürliche Grundwasseranstieg sehr lange. Zweitens birgt der sehr langsam verlaufende Wasserspiegelanstieg in den Bergbaufolgeseen geotechnische Risiken durch Unterspülung der bereits hergestellten Böschungen bis hin zu größeren Rutschungen. Und drittens, führt der Grundwasseranstieg meist zur Entstehung saurer Bergbaufolgeseen (Kapitel 8.3.1). Neben einer enormen Verzögerung ist eine künftige Nutzung dieser Seen dadurch grundsätzlich in Frage gestellt. Die drohenden Nachteile können durch eine sogenannte **Fremdflutung** abgewendet oder deutlich gemindert werden. Zur Fremdflutung kann Sümpfungswasser aus benachbarten Tagebauen oder Flusswasser verwendet werden.

Das von der Pyritverwitterung beeinflusste Grundwasser sowohl in den Kippen der Tagebaue als auch im Grundwasserabsenkungstrichter enthält meist hohe Konzentrationen an zweiwertigem Eisen. Beim Austritt dieses Grundwassers an der Oberfläche und im Kontakt mit Sauerstoff wird das zweiwertige zu dreiwertigem Eisen oxidiert. Die Reaktion des dreiwertigen Eisens mit Wasser (Hydrolyse) führt zur **Versauerung** (Kapitel 8.3.1). Saure Bergbaufolgeseen sind ein weltweites Phänomen und auch im Lausitzer Braunkohlenrevier seit weit über 100 Jahren bekannt.

Ein weiteres Phänomen im Zusammenhang mit dem fortgeschrittenen **Grundwasserwiederanstieg** ist die flächenhafte **Verockerung** von Fließgewässern infolge diffuser Stoffeinträge aus dem Grundwasserabsenkungstrichter (Kapitel 8.4.1). Die Verockerung wurde erst mit dem Anschluss des Grundwassers an die Fließgewässer, schlichtweg auf dem letzten Meter des Grundwasserwiederanstiegs, sichtbar. Erste Anzeichen dafür gab es bereits nach dem Jahr 2000, zunächst nur lokal und an kleinen Fließgewässern (Schrake). Befördert durch eine ungewöhn-

liche niederschlagsreiche Witterung in den Jahren 2010/2011 und einen beschleunigten Grundwasserwiederanstieg trat das Phänomen der Verockerung schließlich flächenhaft auf, so zum Beispiel im Bereich der Spreewitzer Rinne, welche die Spree und Kleine Spree gleichermaßen betraf.

4.5 Rechtsrahmen

Die wasserwirtschaftliche Sanierung des Braunkohlenbergbaus berührt mehrere Rechtsbereiche. Nachfolgend werden wesentliche rechtliche Rahmenbedingungen für die Handlungsfelder Bergbau, Wasser und Umwelt kurz erläutert.

4.5.1 Kohleausstiegsgesetz (KohleAusG)

Das „Gesetz zur Reduzierung und zur Beendigung der Kohleverstromung“ und zur Änderung weiterer Gesetze“, auch „Kohleausstiegsgesetz“ KohleAusG (2020) genannt, ist am 3. Juli 2020 verabschiedet und am 19.12.2022 zuletzt geändert worden, BGBl (2022). Mit dem Gesetz wird das Ziel verfolgt, die Kohleverstromung in Deutschland planbar und wirtschaftlich vernünftig zu beenden und den Umbau der Energieversorgung auf nachhaltige Energien voranzutreiben. Damit ist gesetzlich festgelegt, dass spätestens im Jahr 2038 die letzten Kohlenkraftwerke in Deutschland keine Kohle mehr verfeuern dürfen, UBA (2021a). Damit geht die Stilllegung der noch aktiven Tagebaue zur Kohlegewinnung einher. Für die Tagebaue in der Lausitz endet die Kohleförderung schrittweise von 2023 bis 2038 (vgl. Kapitel 6.1.1).

4.5.2 Wasserrecht

Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Die „Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik“ bzw. kurz „Wasserrahmenrichtline“ (zuletzt geändert am 31.10.2014) verfolgt das Ziel, den rechtlichen Rahmen für die Wasserpolitik der Europäischen Union (EU) zu vereinheitlichen und bezweckt, deren entsprechende Politik stärker auf eine nachhaltige und umweltverträgliche Wassernutzung auszurichten, UBA (2016b). Die EG-WRRL wurde zuletzt am 31.10.2014 geändert, EG-WRRL (2000). Ihr vordringliches Qualitätsziel ist der „gute Zustand“ für alle Oberflächenwasserkörper und für das Grundwasser. Dieses Ziel soll auf der Grundlage von Bestandsaufnahmen und Überwachungen mit Hilfe von Maßnahmenprogrammen und Bewirtschaftungsplänen innerhalb von drei Bewirtschaftungszyklen bis 2027 erreicht werden.

Die Umsetzungsbestimmungen der WRRL sind in nationalen Gesetzen wie im Wasserhaushaltsgesetz WHG (2009), in der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) und in der Grundwasserverordnung (GrwV) verankert.

Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

Das Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz) (zuletzt geändert am 18.08.2021) wurde bereits 1957 verabschiedet und im Zuge der Umsetzung der WRRL in nationales Recht 2009 novelliert, WHG (2009). Das Wasserhaushaltsgesetz bildet damit den Kern des nationalen Gewässerschutzes und hat zum Zweck, durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut zu schützen (§ 1 WHG). Das Ziel des WHG ist es, die rechtlichen Voraussetzungen für eine geordnete Bewirtschaftung des ober- und unterirdischen Wassers nach Menge und Beschaffenheit zu schaffen sowie die menschlichen Einwirkungen auf Gewässer zu steuern.

Für die Bewirtschaftung oberirdischer Gewässer gilt dementsprechend eine Verschlechterung ihres ökologischen und chemischen Zustandes zu vermeiden oder diesen zu erhalten bzw. zu erreichen (§ 27 WHG). Gleiches gilt für das ökologische Potenzial und den chemischen Zustand von künstlich oder erheblich verändert eingestuften Gewässern (§ 28 WHG) sowie für den mengenmäßigen und chemischen Zustand des Grundwassers (§ 47 WHG).

Oberflächengewässerverordnung (OGewV)

Die Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (zuletzt geändert am 09.12.2020) „dient dem Schutz der Oberflächengewässer und der wirtschaftlichen Analyse der Nutzungen ihres Wassers“ (§ 1 OGewV), OGewV (2016). Die Verordnung regelt bundeseinheitlich die detaillierten Aspekte des Schutzes der Oberflächengewässer und enthält Vorschriften zur Kategorisierung, Typisierung und Abgrenzung von Oberflächenwasserkörpern entsprechend den Anforderungen der WRRL. Die OGewV definiert Anforderungen an die Analytik sowie die Bestandsaufnahmen und formuliert die Maßgaben an den chemischen und ökologischen Zustand bzw. Potenzial nach den EU-Vorgaben zu Umweltqualitätsnormen.

Grundwasserverordnung (GrwV)

Die Grundwasserverordnung vom 9. November 2010 (zuletzt geändert am 04.05.2017) setzt die europäische Grundwasserrichtlinie (GWRL) in nationales Recht um, um insgesamt ein einheitliches Grundwasserschutzniveau in ganz Deutschland zu gewährleisten, GrwV (2017). Die Verordnung stellt Kriterien für die Beschreibung, Beurteilung, Einstufung und Überwachung des Grundwasserzustands auf und zielt auf die Ermittlung und Umkehrung signifikanter und anhaltender steigender Trends von Schadstoffkonzentrationen in Grundwasserkörpern ab. Ferner wird der Bedarf an Maßnahmen zum Schutz des chemischen Zustands sowie an wirtschaftlichen Analysen zur Abschätzung der Grundwassernutzung geregelt.

4.5.3 Bergrecht

Die zentrale Rechtsnorm des Bergrechts in Deutschland ist das Bundesberggesetz (BBergG) (zuletzt geändert am 04.06.2021), welches die Aufsuchung und Gewinnung von Rohstoffen sowie die Schließung der Abbaustätten seit 1980 regelt, BBergG (1980). Dafür sind entsprechende Betriebspläne von dem Betreiber aufzustellen, die einer behördlichen Zulassung bedürfen. Der Zweck des Gesetzes ist vor allem die sichere Versorgung des Marktes mit Rohstoffen über ein effizientes Konzessions- und Genehmigungsverfahren zu fördern. Den Zulassungen für die Aufsuchung und Gewinnung von Bodenschätzen und für die Schließung von Bergbaubetrieben gehen umfangreiche Planungs-, Beteiligungs- und Genehmigungsprozesse voraus. Im Falle von Braunkohlentagebauen geht den bergrechtlichen Genehmigungen in aller Regel ein Raumordnungsverfahren voraus. In dessen Ergebnis entsteht ein rechtsverbindlicher Braunkohlenplan, der für ein durch exakte Koordinaten abgegrenztes Gebiet dem Braunkohlenabbau die vorrangige Nutzung einräumt und Festlegungen über die Grundzüge der Wiedernutzbarmachung trifft. Insbesondere spielt dabei die künftige Land-Wasser-Verteilung sowie die einzelnen Landnutzungsformen eine wichtige Rolle.

Für die zum Zeitpunkt 1990/1991 stillgelegten Tagebaue der Lausitz wurde raumordnerisch der Terminus „Sanierungsplan“ für Brandenburg und „Rahmensanierungsplan“ für Sachsen eingeführt. Unterhalb der Raumordnung setzen gemäß Bundesberggesetz der Rahmenbetriebsplan mit nachgeordneten Hauptbetriebsplänen und Sonderbetriebsplänen sowie Abschlussbetriebsplänen an. Vorliegend spielen im Zusammenhang mit dem bevorstehenden Auslaufen der Tagebaue die Abschlussbetriebspläne die größte Rolle. Eine Besonderheit, geregelt im § 19 Wasserhaushaltgesetz, besagt, dass, wenn ein bergrechtlicher Betriebsplan eine Gewässerbenutzung vorsieht, in diesen Fällen die Bergbehörde die wasserrechtliche Genehmigung im

Einvernehmen mit der jeweils zuständigen Wasserbehörde erteilt. Mithin agiert die Bergbehörde somit als Sonderwasserbehörde. Der Gewässerausbau, beispielsweise die Wandlung von Tagebaurestlöchern zu Bergbaufolgeseen, unterliegt der Planfeststellung und hinsichtlich der Behördenzuständigkeit gibt es länderspezifische Regelungen. Während in Brandenburg weiterhin die Bergbehörde auch die Planfeststellungsbehörde ist, wird im Freistaat Sachsen diese Aufgabe von der Landesdirektion, unterstellt dem Innenministerium, wahrgenommen.

4.5.4 Naturschutzrecht

Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie)

Die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie („Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen“) (zuletzt geändert am 13.05.2013), kurz FFH-Richtlinie oder Habitatrichtlinie, ist eine Naturschutz-Richtlinie der Europäischen Union und Teil des Schutzgebietsnetzwerkes Natura 2000, EG-FFH-RL (1992).

Das Ziel der Richtlinie ist der Schutz und die Sicherung wildlebender Arten, deren Lebensräume und die europaweite Vernetzung dieser Lebensräume. Die Vernetzung dient der Förderung natürlicher Ausbreitungs- und Wiederbesiedlungsprozesse sowie der (Wieder-) Herstellung, Entwicklung und Bewahrung ökologischer Wechselbeziehungen.

Special-Protection-Area-Richtlinie (SPA-Richtlinie)

Die europäische Vogelschutzrichtlinie EG-SPA-RL (2009) ist 1979 in Kraft getreten (zuletzt geändert am 25.06.2019) und verfolgt den Zweck, den beobachteten Rückgang der europäischen Vogelbestände aufzuhalten und insbesondere die Zugvögel besser zu schützen. Die Vogelschutzgebiete werden als Besondere Schutzgebiete (BSG) bzw. Special Protection Areas (SPA) bezeichnet und werden nach EU-weit einheitlichen Standards von den Bundesländern ausgewählt und unter Schutz gestellt. Wie die FFH-Richtlinie ist auch die SPA-Richtlinie ein Bestandteil des Schutznetzwerkes Natura 2000.

Zum Schutz der BSG sind die Mitgliedstaaten verantwortlich, die nötigen Erhaltungs- oder Wiederherstellungsmaßnahmen zu treffen, die Lebensräume der Vogelarten sowohl innerhalb als auch außerhalb der Schutzgebiete zu pflegen und zu gestalten, zerstörte Lebensstätten wiederherzustellen oder neu zu schaffen.

Das übergeordnete Ziel der beiden Richtlinien ist die Erhaltung oder Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustands für alle Lebensraumtypen und alle Arten von gemeinschaftlichem Interesse, welches mithilfe von konkreten Maßnahmen in Management-, Pflege- und Entwicklungsplänen erreicht werden soll. Des Weiteren besteht für die Natura 2000-Gebiete nach § 33 BNatSchG ein Verschlechterungsverbot, das die Arten und Lebensräume vor erheblichen Beeinträchtigungen schützt.

4.6 Untersuchungsrahmen

Die zur Bearbeitung des Projektes erforderlichen Daten und Informationen wurden im Rahmen einer **Stakeholderabfrage** erhoben. Als Stakeholder wurden Ministerien, Behörden, Kommunen, Verbände, Wasserversorger und Unternehmen einbezogen. Die von den Stakeholdern bereitgestellten Informationen umfassten Daten, Gutachten, Präsentationen, Stellungnahmen und Positionspapiere. Die Stakeholderabfrage und die Aufbereitung der übergebenen Informationen sind im **Anhang A** dokumentiert.

Zur Vorstellung von Zwischenergebnissen und zum Austausch mit den Stakeholdern wurden während der Projektlaufzeit **Fachgespräche** durchgeführt. Die Ergebnisse der Fachgespräche,

insbesondere die in den Diskussionen mit den Stakeholdern gewonnenen Erkenntnisse, fanden Eingang in die Projektbearbeitung.

Das **1. Fachgespräch** mit dem Thema „Wasserbedarfe zwischen Anspruch und Realität“ fand am 27. September 2021 als hybride Veranstaltung in den Räumlichkeiten der BTU Cottbus-Senftenberg statt. Das Fachgespräch fokussierte sich inhaltlich auf die mit dem Kohleausstieg entstehenden wasserwirtschaftlichen Herausforderungen und den sich abzeichnenden Konflikten mit den im Rahmen des Projektes zu fokussierenden Leitbildern und Zielvorstellungen. Das 1. Fachgespräch ist im **Anhang** (3) dokumentiert.

Das **2. Fachgespräch** mit dem Thema „Prognosen, Konfliktpotential und Handlungsoptionen“ wurde am 29. Juni 2022 als Präsenzveranstaltung in den Räumlichkeiten der BTU Cottbus-Senftenberg in Senftenberg durchgeführt. Die interessierte Öffentlichkeit konnte die Veranstaltung per Livestream verfolgen. Der Fokus des 2. Fachgespräches lag auf der Vorstellung und Diskussion möglicher Handlungsoptionen für die sich aus dem Kohleausstieg ergebenden wasserwirtschaftlichen Konfliktpotentiale. Die Durchführung und die Auswertung des 2. Fachgespräches sind im **Anhang (4)** dokumentiert.

Das Projekt im Allgemeinen und die relevanten Bearbeitungsstände im Besonderen wurden von den Mitgliedern der ARGE und/oder Vertretern des Umweltbundesamtes auf verschiedenen **Fachtagungen**, z. B. zum 72. Berg- und Hüttenmännischer Tag in Freiberg und zu den Dresdner Grundwassertagen 2021 präsentiert und diskutiert.

Für die Kommunikation des Projektes in der Öffentlichkeit wurde von der ARGE eine **Internetpräsenz** eingerichtet: www.Kohleausstieg-Lausitz.de. Auf der Internetpräsenz finden sich Informationen zum Projekt und seinen Bearbeitungsinhalten, zu den Mitgliedern der ARGE, zum aktuellen Bearbeitungstand sowie zu projektbezogenen Veranstaltungen.

Im September 2022 fand im UBA in Dessau ein zusätzliches Treffen mit diversen NGO statt.

4.7 Datengrundlagen

Die Bearbeitung des Projektes basiert auf von der ARGE recherchierten sowie von den Stakeholdern bereitgestellten Unterlagen, siehe Kapitel 4.6. Zur inhaltlichen Untersetzung sowie zur Illustration von Aussagen wurden zudem verschiedene Daten, z. B. zur Wassermenge oder der Wasserbeschaffenheit der Fachbehörden der Länder sowie der Bergbauunternehmen, ausgewertet. Die Herkunft der genutzten Daten wurde im jeweiligen Kontext kenntlich gemacht.

Zur Veranschaulichung räumlicher Zusammenhänge wurden in der vorliegenden Bearbeitung Kartendarstellungen auf Grundlage der in Tabelle 2 aufgeführten Geodaten der Bundesländer, des Bundes sowie der Bergbauunternehmen erzeugt. Für einige Darstellungen wurden zudem aggregierte Geodaten aus anderen Untersuchungen genutzt. Die Herkunft der verwendeten Geodaten wurde im jeweiligen Kontext kenntlich gemacht.

Tabelle 2: Übersicht der für die Bearbeitung genutzten Geodaten mit Angaben zu Datenstand und Datenquelle

Inhalt	Datenbezug	Datensatz	Datenstand	Datenquelle und Quellennachweis
Fließgewässer-netz	Brandenburg	gewnet25_a.shp Version 4.2	Juni 2021	LfU Brandenburg über luis-bb.brandenburg.de/
Fließgewässer-netz	Freistaat Sachsen	FLIESSGEWAESSER _SN_ARBEITSTAND.shp	Juni 2021	LfULG Sachsen über www.umwelt.sachsen.de
Fließgewässer-netz	Deutschland	GEW01_F.shp GEW01_L.shp	Juni 2021	DLM250 des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie © GeoBasis-DE / BKG (2021)
Standgewässer	Brandenburg	Seen25.shp Version 4.2	Juni 2021	LfU Brandenburg über luis-bb.brandenburg.de/
Standgewässer	Freistaat Sachsen	STANDGEWAESSER _SN_ARBEITSTAND.shp	Juni 2021	LfULG Sachsen über www.umwelt.sachsen.de
Oberirdische Einzugsgebiete	Brandenburg		Juni 2021	LfU Brandenburg über luis-bb.brandenburg.de/
Oberirdische Einzugsgebiete	Freistaat Sachsen	TEIL_EZG _ARBEITSSTAND.shp	Juni 2021	LfULG Sachsen über www.umwelt.sachsen.de
Bergbau-folgeseen	LMBV	Wasser.shp	Juni 2022	https://geodatenportal-lmbv.hub.arcgis.com
Bergbau-folgeseen	LEAG	SHP-Dateien für die einzelnen Bergbau-folgeseen	November 2022	Bearbeiter
Bergbau-flächen	LMBV	Landinanspruch-nahme.shp	Juni 2022	https://geodatenportal-lmbv.hub.arcgis.com
Bergbau-flächen	LEAG	SHP-Dateien für die derzeitigen und finalen Kippenkonturen der Tagebaue	November 2022	Bearbeiter
Bundeswasser-straßen	Deutschland	verknet.shp	Juni 2021	Wasserstraßen- und Schiffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) über www.gdws.wsv.bund.de
Siedlungs-flächen	Deutschland	SIE01_F.shp	Juni 2021	DLM250 des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie © GeoBasis-DE / BKG (2021)
Administrative Grenzen	Deutschland	GEB01_L.shp	Juni 2021	DLM250 des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie © GeoBasis-DE / BKG (2021)

5 Historische Entwicklung bis 2020

5.1 Quellen- und Datenlage

Das Wissen und Datenmaterial vom Beginn des Braunkohlenbergbaus in der Lausitz bis in die heutige Zeit hinein stellt einen in quantitativer und qualitativer Hinsicht sehr unterschiedlichen Datenpool über einen Zeithorizont von fast 200 Jahren dar. Insbesondere Bergamtsakten in den jeweils zuständigen Bergämtern, wissenschaftliche Veröffentlichungen, Jahrbücher und Jubiläumsschriften sowie meist im Ehrenamt erstellte Chroniken bilden wesentliche Grundlagen für die historische Darstellung. Durchgängige Langzeitstatistiken zu wesentlichen Aspekten und Wirkungen des Bergbaus auf Gesellschaft, Landschaft und Wasserhaushalt existieren nur für die Kohleförderung und für die Sümpfungsmengen (Eigenstatistik der Bergbauunternehmen) sowie für die Abflüsse an den behördlichen Pegeln. Mit diesen Daten und der Anwendung von langjährig erprobten und verifizierten Berechnungsverfahren ist es möglich, mit hinreichender Genauigkeit die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse der Vergangenheit und der Zukunft abzubilden. Dabei kommt es nicht auf einen hohen Detaillierungsgrad, sondern auf einen möglichst hohen Aggregationsgrad für die entscheidungserheblichen Sachverhalte an.

Die historischen wasserwirtschaftlichen Quellenangaben beziehen sich zumeist auf Extremereignisse wie Hoch- und Niedrigwässer. Der Grund dafür ist, dass diese zu allen Zeiten eine existenzielle Bedrohung für den Menschen darstellten. Informationen über wasserhaushaltliche Fragen lassen sich oft nur indirekt ableiten, z. B. aus Angaben über wasserbauliche Maßnahmen oder die Landnutzung bzw. die Landnutzungsveränderungen, Rolland und Arnold (2002).

Der Fokus der Betrachtung liegt auf dem Flussgebiet der Spree. Dieses ist aktuell den direkten Einflüssen des aktiven Bergbaus (Sümpfungswassereinleitungen etc.) ausgesetzt und damit unmittelbar von den Auswirkungen des Kohleausstiegs betroffen. Das Abflussverhalten der Spree wird anhand von Tageswerten (LfU-Daten) für den Pegel Cottbus Sandower Brücke beschrieben, für den die längste Messreihe im Untersuchungsgebiet vorliegt. Für diesen Pegel reichen die Daten, bis auf kurze Unterbrechung in den Jahren 1944/45, 1952 und 1957/58, durchgehend bis in das Jahr 1893 zurück. Demnach können anhand des Pegels vorbergbauliche sowie vom Bergbau überprägte Abflussverhältnisse dargestellt und miteinander verglichen werden. Das Flussgebiet der Schwarzen Elster ist nur noch marginal vom aktiven Braunkohlenbergbau betroffen. Für dieses werden die wichtigsten Entwicklungen in den Phasen aufgezeigt. Das Einzugsgebiet der Neiße wird bei der Darstellung aktueller Entwicklungen in der Phase 4 (1990 bis 2020) berücksichtigt.

Ein wesentlicher Aspekt für die Betrachtung der historischen Abflussverhältnisse der Spree und der Lausitzer Flüsse ist die Herausstellung der natürlichen Leistungsfähigkeit der Fließgewässer gemäß ihrer jeweiligen Einzugsgebietsgrößen unter den für Ostdeutschland typischen Klima- und Witterungsbedingungen. Dies ist deshalb erforderlich, weil die Spree durch die Einleitung von Sümpfungswasser seit Jahrzehnten ein meist unnatürliches Abflussverhalten aufweist. Es ist gekennzeichnet durch deutlich höhere Niedrig- und Mittelwasserabflüsse gegenüber dem natürlichen Leistungsvermögen des Einzugsgebietes sowie einer geringen Varianz der Abflüsse. Demzufolge können die gegenwärtigen Abflussverhältnisse, besonders im Bereich von Niedrig- und Mittelwasser, nicht zum Maßstab für ein natürliches sowie nachbergbauliches Abflussregime im Einzugsgebiet der Spree genommen werden.

5.2 Anfänge des Braunkohlenbergbaus (Phase 1: 1850 bis 1920)

5.2.1 Allgemeines

Der Beginn dieses Zeitabschnitts war durch viele Kriege geprägt. Der Sieg Preußens über Frankreich im Preußisch-Französischen Krieg (1870/71) führte zur Gründung des Deutschen Kaiserreiches. Zu dieser Zeit war die Industrialisierung in Europa in vollem Gange. Das junge Kaiserreich erfuhr zunächst einen rasanten Wirtschaftsaufschwung. Dieser wurde während der sog. „Gründerkrise“ 1873 kurzzeitig gebremst. Zwischen 1871 und 1914 konnte die industrielle Produktion des Kaiserreiches jedoch versechsfacht werden. Dies ging mit einem steigenden Energiebedarf einher, welcher durch Stein- und Braunkohle gedeckt wurde, DHM (2014a).

Berlin, als eines der expandierenden industriellen Zentren, erfuhr einen sprunghaften Bevölkerungsanstieg, während es in den ländlichen Regionen zunehmend zu Abwanderungen kam. Einhergehend damit stieg der Wasserbedarf in den industriellen Zentren, was den Ausbau der Trink- und Brauchwasserversorgung sowie der Abwasserentsorgung forderte, Armenat (2012). Folglich war der steigende Elektroenergiebedarf von Berlin für Industrielle und Bankiers Anlass, in der Lausitz in Tagebaue und Stromerzeugung zu investieren, Ilse Bergbau AG (1938).

Der Erste Weltkrieg (1914 bis 1918) führte zur Umstellung auf eine Kriegswirtschaft. Nach Beendigung des Ersten Weltkriegs (1918) und mit der Gründung der Weimarer Republik fiel die industrielle Produktion rapide auf den Stand von 1888 zurück, DHM (2014b). Dennoch ging die Niederlausitzer Kraftwerke AG im Jahr 1917 mit 10 MW aus dem Kraftwerk Trattendorf mit dem Liefertagebau Brigitta (später als Spreetal bezeichnet) ans Netz. Mit dem weiteren Ausbau wurde im Jahr 1921 die erste 110-kV-Leitung nach Berlin in Betrieb genommen.

5.2.2 Bergbau

Der erste nachweisliche Braunkohlenfund mit anschließender Gewinnung wird dem Jahr 1789 zugeordnet und lag nördlich der heutigen Stadt Lauchhammer. Es handelte sich hierbei um den Abbau des oberflächennah anstehenden 1. Lausitzer Braunkohlenflözes. Folglich setzte einige Jahrzehnte später die Braunkohlengewinnung überall dort ein, wo entweder auf tertiären Hochflächen das 1. Lausitzer Braunkohlenflöz unter einer geringen Erdbedeckung noch vorhanden war (also nicht von der Wirkung des Inlandeises erodiert wurde) oder durch glazigene Vorgänge in Verbindung mit Permafrost das 2. Lausitzer Braunkohlenflöz aufgeschuppt wurde, sodass das Flöz quasi senkrecht stand. Durch erosive Vorgänge wurde dieses dann freigelegt, wodurch die verwitterte Kohle teilweise direkt sichtbar wurde, VE-M (2010). Bereits um 1815 wurde mit dem Schachtabteufen für die Grube Costebrau, nördlich der Stadt Lauchhammer, begonnen. In der Folgezeit kam es an vielen Stellen zum Abbau der oberflächennah anstehenden Braunkohle durch Grundeigentümer (vor allem Rittergutsbesitzer). Im Zeitraum von 1815 bis 1884 wurden 83 Gruben angemeldet und betrieben.

Ab 1890 gründeten sich Aktiengesellschaften, die größere Tief- und Tagebaue aufschlossen, Der Heimatwanderer (1929). Mit der Kohlegewinnung wurde den Hochflächen kleinteilig Schichtwasser entzogen und über meist vorhandene natürliche Gräben den Urstromtälern und damit den Vorflutern zugeleitet. Lokale staunässebedingte Feuchtgebiete fielen somit trocken und bis dahin natürlich vorhandene Quellaustritte an den Hängen der Hochflächen versiegten, weil häufig die das Schichtwasser haltenden wasserstauenden Schichten durchbrochen wurden.

Zu Anfang des 20. Jahrhunderts stieg der Energie und Brennstoffbedarf stark an und mit dem Jahr 1906 setzte auch der Abbau des in den Urstromtälern liegenden 2. Lausitzer Braunkohlenflöz ein. Die Ilse Bergbau AG begann mit der Entwässerung für den Tagebau Marga, westlich von Senftenberg gelegen. In der Folgezeit begannen auch andere Aktiengesellschaften mit Entwässerungsarbeiten im Lausitzer Urstromtal zwischen Senftenberg und Hoyerswerda. Bis 1920

entstanden so die Tagebaue Marga, Erika, Ilse-Ost und Werminghoff 1, alle gelegen im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster sowie der Tagebau Brigitta im Einzugsgebiet der Spree, Keilhack (1934).

Die Sümpfungswassereinleitung aller Gruben in die Schwarze Elster betrug im Jahr 1912 bereits 115,5 m^3/min (ca. 1,9 m^3/s) und stieg bis 1920 stetig an, von Gordon (1912). Die Folgen dieser Grundwasserentnahmen waren die Ausbildung eines großflächigen Grundwasserabsenkungstrichters, das Versiegen aller Hausbrunnen zur Versorgung der Bevölkerung, die Errichtung einer zentralen Trinkwasserversorgung und eine deutliche Erhöhung des Wasserabflusses in der Schwarzen Elster, Smreker (1909), Keilhack (1934) und Armenat (2012). Im Zeitraum von 1850 bis 1920 war der Mittellauf der Schwarzen Elster bis zum Unterlauf bereits deutlich bergbaulich geprägt, während das Spreegebiet vom Bergbau noch weitgehend unbeeinflusst blieb.

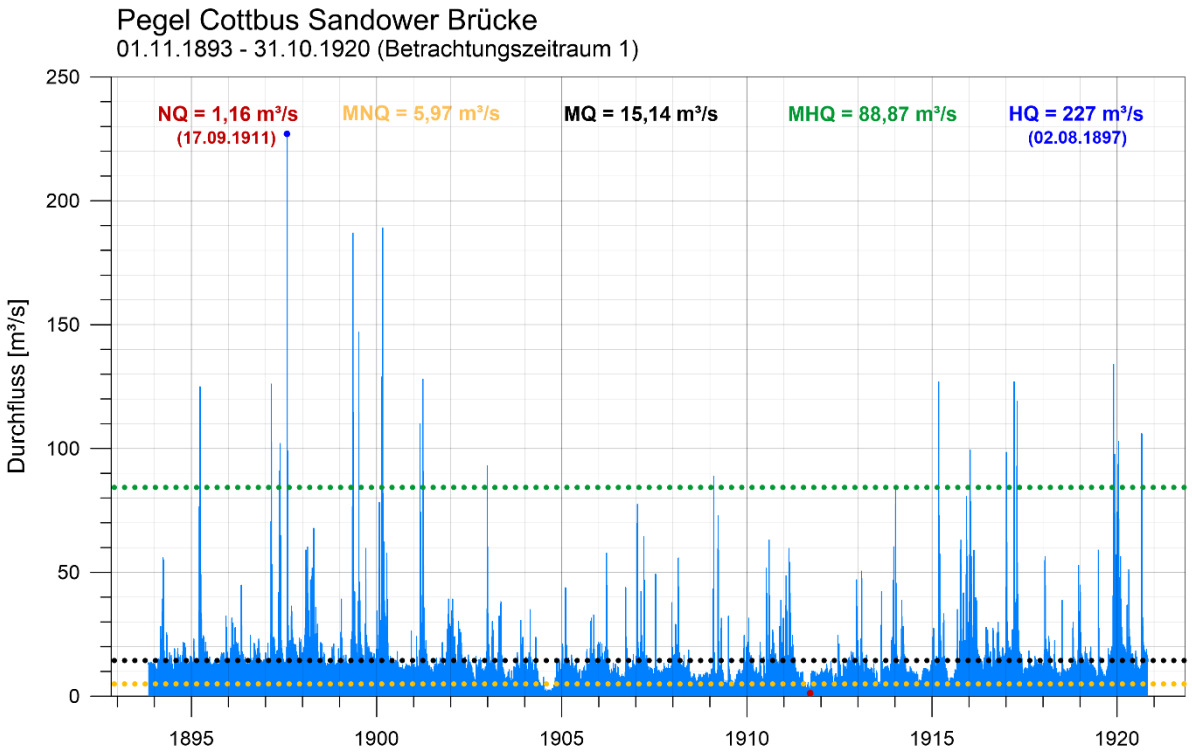
5.2.3 Wasserwirtschaft

5.2.3.1 Spree

Charakteristisch für die Abflussverhältnisse der Spree am Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren ausgeprägte Phasen des Wassermangels sowie des Wasserüberschusses. Diese Extreme traten meist entlang des gesamten Flusslaufes gleichzeitig auf, da die Spree zum großen Teil im Flachland verläuft. Einem relativ starken Gefälle von 0,5 % im Lausitzer Bergland steht im Unterlauf ein sehr schwaches Gefälle gegenüber (zwischen Fehrow und Lübben ca. 0,01 %). Die Abbildung 13 zeigt die Abflussganglinie für die Spree am Pegel Cottbus Sandower Brücke von 1893 bis 1920 sowie wesentliche hydrologische Kenngrößen.

Abbildung 13: Abflussganglinie der Spree am Pegel Cottbus Sandower Brücke von 1893 bis 1920

Datenquelle: LfU Brandenburg



Bildquelle: Eigene Darstellung gIR

Trotz langanhaltender Niedrigwasserphasen in den Jahren 1904 und 1911 mit Niedrigwasserabflüssen von bis zu 1,16 m^3/s fallen die mittleren hydrologischen Kennzahlen des Zeitabschnittes für MQ (15,1 m^3/s) und vor allem MHQ (88,9 m^3/s) hoch aus. Der Grund dafür liegt in dem Auftreten mehrere starker Hochwässer innerhalb der Betrachtungsperiode mit Abflüssen von über 100 m^3/s. Von diesen Hochwässern wird im Zusammenhang mit deren schädlichen Folgen in mehreren historischen Schriften berichtet. Nach Sievers (1937) vergingen häufig fünf, manchmal auch zehn und mehr Jahre, ehe ein nennenswertes Hochwasser eintrat, welches dann aber besonders gefährlich war, da die Grabenräumung und Deichunterhaltung in mehrjährigen Trockenzeiten häufig vernachlässigt wurden. Die Hochwässer im Spreegebiet verursachten erhebliche Schäden, meist weniger durch ihre Höhe und Kraft als durch ihre Dauer. Das geringe Gefälle im Flachland führte zu großflächigen Überschwemmungen. Die Seen und seenartigen Erweiterungen an der Spree sowie die vielen Verzweigungen im Spreewald verflachten die Hochwasserwelle, sodass diese teilweise drei Monate für die Strecke von Spremberg bis Spandau brauchte, Watolla (1943). Häufig wurden dabei Ernten vernichtet, wodurch immer wieder Hungersnöte auftraten. Die Tabelle 3 zeigt die bedeutendsten Hochwässer in der Spree vom 14. Jahrhundert bis 1938.

Tabelle 3: Bedeutende Hochwasserereignisse in der Spree von 1413 bis 1938

20. Jhd.	1938	Spreewald (Jan. & Aug.-HW)
	1930	Extremhochwasser
	1927	Extremhochwasser
	1926	Extremhochwasser
	1898 - 1935	Spreewald (124 HW)
19. Jahrhundert	1897	Cottbus, Spreewald (Katastrophen-HW)
	1890	Spreewald (HW alle 2 Jahre)
	1883	Spreewald (starke Hochflut)
	1854 - 1857	Spreewald (HW – Abfluss fast durchgängig über MW)
	1850	Spreewald (Sommer-HW)
	1807	Spreewald (HW)
	1804	Spreewald (HW)
18. Jahrhundert	1798	Beeskow (HW)
	1795	Beeskow, Fürstenwalde (März-HW)
	1785	Spreewald (verheerendes HW), Cottbus, Lübben, Spremberg, Beeskow (April-HW)
	1784	Spree (Feb.-HW)
	1783	Bautzen, Lübbenau (Dez.-HW)
	1780	Beeskow (HW)
	1775	Bautzen, Berlin (Feb.-HW)
	1772	Lübbenau (HW)
	1771	Cottbus, Peitz, Beeskow (Sommer-HW)
	1744	Beeskow (HW)
	1736	Oberlausitz, Spreewald, Beeskow (schweres Sommer-HW)

	1734	Oberlausitz (HW)
	1732	Bautzen (HW)
	1731	Beeskow, Fürstenwalde (Frühjahrs-HW)
	1723	Lausitz (HW)
	1718	Lausitz (HW)
	1703	Spremberg, Cottbus (HW)
	1696	Spreewald (2 Sommer-HW)
	1694	Spreewald (Frühjahrs-HW)
	1692	Spreewald (Sommer-HW)
	1675	Spreewald (Sommer-HW)
	1674	Spreewald (Sommer-HW)
	1670	Oberlausitz (HW)
	1666	Bautzen, Lausitz (HW)
	1612	Spremberg (Sommer-HW)
	1609	Spremberg (großes Sommer-HW)
	1602	Spremberg (HW)
17. Jahrhundert	1601	Beeskow (HW)
	1595	Bautzen, Cottbus, Beeskow (verheerendes Frühjahrs-HW)
	1594	Spremberg (HW)
	1583	Cottbus (Frühjahrs-HW)
	1581	Cottbus (HW)
	1573	Beeskow (Frühjahrs-HW)
	1571	Beeskow (HW)
	1565	Beeskow (HW)
	1552	Bautzen (verheerendes Sommer-HW)
	1551	Beeskow (HW)
	1526	Bautzen (HW)
	1524	Beeskow (HW)
16. Jahrhundert	1515	Cottbus (Sommer-HW)
	1496	Bautzen, Cottbus (schweres Sommer-HW)
	1446	Beeskow (HW)
	1434	Bautzen, Berlin (HW)
	1432	Bautzen, Görlitz (Sommer-HW)
15. Jhd.	1413	Bautzen (schweres Sommer-HW)

Quelle: angepasst nach Rolland und Arnold (2002)

Besonders hervorzuheben sind die Hochwässer in den Jahren 1854 bis 1857 und 1897. Von Februar 1854 bis Mai 1857 stand das Wasser die gesamte Zeit mit nur kurzen Unterbrechungen über Mittelwasser. Beim Sommerhochwasser im Juli 1897 stieg das Wasser in der Neiße und in der Spree so hoch, dass die Wasserscheide zwischen den beiden Flussgebieten vorübergehend ihre Bedeutung verlor. Mit dem Ereignis gehen insgesamt 90 Dammbrüche entlang der Spree einher, Watolla (1943). Am Pegel Cottbus wurde am 02.08.1897 ein Abfluss von 227 m^3/s gemessen.

Neben den großen Hochwasserereignissen führte auch die zunehmende Schifffahrt zu verstärkten Bestrebungen, die Spree zu regulieren und auszubauen. Mit dem Beginn des 19. Jahrhunderts wurden die ersten Maßnahmen zur Abflussregulierung durchgeführt, welche jedoch keiner einheitlichen Richtlinie unterlagen und häufig ohne Rücksicht auf die Allgemeinheit erfolgten. Zu diesen Maßnahmen gehörten die Beseitigung von Uferabbrüchen, Uferbefestigungen, Entsandungen, Bau von Stauanlagen und Eindeichungen, vor allem im Ober- und Mittellauf der Spree (Abbildung 14). Dazu zählen beispielsweise die Begradigung der Spree zwischen Spremberg und Cottbus sowie zwischen Dissen und Werben in den 1870er Jahren und die Beseitigung der starken Krümmungen des Flusslaufes bei Bärwalde und Nelkenberg um 1880.

Die ersten Ausbaumaßnahmen im Spreewald gehen bis in das 17. Jahrhundert zurück. Im Interesse der Landwirtschaft wurden damals schon Staue errichtet, Fließe zugeschüttet, begradigt und neue Fließe angelegt, um die wasserwirtschaftlichen und landwirtschaftlichen Bedingungen zu verbessern. Dabei wurden die neuen Kanäle so gebaut, dass sie zur Begrenzung und ausreichenden Entwässerungen von Parzellen dienten.

Der erste größere Kanal „Neue Spree“ ist 1772 angelegt worden. Mit der Zeit verbreiterte sich dieser immer weiter, entzog der alten Spree allmählich das Wasser und wurde so zur Hauptspree. Mitte des 19. Jahrhunderts erfolgte die Kanalisierung im Lübbener und Lübbenauer Spreewald.

Die einheitliche Regulierung der Abflüsse und der Bewirtschaftung erfolgte durch das Gesetz zur Bildung von Wassergenossenschaften von 1879 und durch das preußische Wassergesetz von 1913. Zur Vermeidung von wiederkehrenden, schweren Hochwasserschäden wurde 1904 zudem das „Gesetz zum Schutze gegen Hochwassergefahren in der Provinz Brandenburg“ erlassen. Auf dieser Grundlage wurden umfangreiche Regelungen an der Spree in den Jahren 1906 bis 1912 ausgeführt: Bau neuer Deiche, Anlegung von Überlaufstrecken, Profilierung des Flussbettes in den Hauptvorflutern auf 12 m Breite, Begradigungen, Erosionsschutz, Ausbaggerung, Beseitigung von Bäumen und Sträuchern, Bau von Stauwehren und Schleusen.

Dieses Gesetz stellte ebenfalls die Grundlage für den sogenannten ersten Ausbau des Spreewaldes dar, der vor allem das Überschwemmungsgebiet Lübben-Lübbenau betraf. Dazu wurden zunächst die Hauptfließe entsandet, teilweise begradigt, brüchige Ufer befestigt und Stauwehre gebaut. Die Maßnahmen hatten zum Ziel, einerseits ein mittleres Sommerhochwasser mit 30 m^3/s schadlos abzuleiten, andererseits bei sommerlichem Niedrigwasser einen für die Landnutzung günstigen Grundwasserstand einzuhalten. Des Weiteren erfolgte von 1908 bis 1912 der Bau des Vorflut-Kanals in Lübben, des Lübbener Umflutkanals und des Dahme-Umflutkanals, um die Hochwässer aus dem Gebiet restlos abzuführen und einen Teil in das benachbarte Dahme-Gebiet abzuleiten, Watolla (1943).

Abbildung 14: Ausbaumaßnahmen an der Spree im Jahr 1910

Bildquelle: LfU Brandenburg

Neben den Hochwasserereignissen ist das niederschlagsarme Flussgebiet der Spree geprägt von Niedrigwässern. Sievers (1937) schrieb in seinen *„Untersuchungen über den Wasserhaushalt der Spree und seine Bewirtschaftung“*, dass 70 Prozent des Spree-Einzugsgebietes weniger als 500 mm Niederschlag pro Jahr aufweisen und schlussfolgerte daraus, *„dass die Spree wasserarm ist, denn es fehlt das Gebirgsgebiet, welches den Regenmangel des Flachlandes ausgleichen kann.“*

Durch die sehr geringe Wasserspeicherkapazität der sandigen Böden der Region ist der Ertrag sehr stark vom Grundwasserstand abhängig, der wiederrum in den gut durchlässigen Böden in den Niederungen vom Wasserstand in den Gewässern gesteuert wird. Den Niedrigwässern der Spree gingen demzufolge langanhaltende Trockenperioden voraus und hatten demnach oft schlimme Hungersnöte zur Folge. Rolland und Arnold (2002) beschreiben sogenannte Hungersteine, welche große, in Flüssen oder Seen liegende und festsitzende Steine waren, bei deren Sichtbarwerden die Bevölkerung wusste, dass bald Hunger bevorstehen werde.

Niedrigwasserperioden von teils mehrjähriger Dauer kamen somit bereits vor der Intensivierung der Braunkohleförderung vor, Pusch et. al. (2002). Eine dieser Perioden trat von 1902 bis 1915 auf (vgl. Abbildung 13). Der niedrigste je gemessene Abfluss in der Spree am Pegel Cottbus-Sandow betrug 1,16 m^3/s am 17.09.1911. Besonders extrem war das Jahr 1904 mit einer über fünf Monate anhaltenden Trockenheit. Verglichen mit dem durchschnittlichen Niedrigabfluss MNQ von 5,97 m^3/s in den Jahren von 1883 bis 1920, war der mittlere Niedrigabfluss in dieser Niedrigwasserperiode deutlich geringer bei 2,95 m^3/s. Dabei sind die abflussarmen Jahre nicht immer auch besonders trockene Jahre gewesen. Beispielsweise wurde für das Jahr 1915 die zweitgrößte Niederschlagshöhe in der Zeit von 1901 bis 1931 gemessen. Der Grund für die geringen Abflüsse lag darin, dass das Gebiet in den vorangegangenen Jahren ausgetrocknet und dadurch sehr wasseraufnahmefähig war, Sievers (1937).

Einen wesentlichen Einfluss auf die Wasserstände der Spree zwischen Cottbus und dem Spreewald hat zudem der Hammergraben. Dieser wurde bereits 1556 zur Wasserversorgung des Peitzer Hüttenwerks sowie der Peitzer Fischteiche errichtet und wird durch den Abschlag am Großen Spreewehr in Cottbus mit Spreewasser beschickt. Östlich von Fehrow fließt der Hammergraben mit der Malxe zusammen in den Spreewald. In normalen Sommern wurde fast

das gesamte in Cottbus ankommende Spreewasser über den Hammergraben nach Peitz zum Hüttenwerk und den Teichen geleitet. Zwischen Cottbus und dem Oberspreewald war die Spree deshalb häufig nur ein kleiner Bach. Rolland und Arnold (2002) ermittelten eine Reduzierung der Abflüsse in diesem Bereich um 50 % bis 70 %. Auf den verminderten Abfluss wies bereits Berghaus (1855) hin:

„Von Cottbus bis in die Gegend von Werben ist die Möglichkeit der Fahrt selbst mit den kleinsten Kähnen ganz abgeschnitten, weil die Spree an dieser Stelle zu seichen ist, indem bei gewöhnlichem Sommerwasser der gesamte Zufluss der Spree von Cottbus aus durch den rechts abgehenden Hammerstrom nach der Mauster Mühle und dem Peitzer Hüttenwerk abgeleitet wird."

Der unterhalb dieses Abschnittes gelegene Spreewald ist ebenfalls von großer Bedeutung für die Abflüsse in der Spree, da dieser ein wesentlicher „Wasserverbraucher" ist. Keller (1916) stellte bereits fest, dass in heißen und trockenen Jahren ca. vier Fünftel des Niedrigwasserabflusses im Spreewald verdunsten oder zurückgehalten werden. Daraus leitet sich auch die Aussage ab, dass die Spree in solchen Witterungsperioden unterhalb von Leibsch infolge zufließenden Grundwassers *neu geboren wird*. (Anmerkung: Dieses Fazit wurde insbesondere in den Jahren 2018 bis 2020 nachweislich beobachtet und damit bestätigt). In Trockenperioden kann die Verdunstung im Spreewald auf bis zu 8 m^3/s ansteigen, Kaden et. al. (2002).

Für die aufstrebende Reichshauptstadt Berlin waren die Abflussverhältnisse der Spree wesentlich für das Wachstum der Hauptstadt. Mit diesem gingen ein steigender Trink- und Brauchwasserbedarf sowie große Verluste durch Verdunstung infolge der Abwasserbeseitigung auf Rieselfeldern einher.

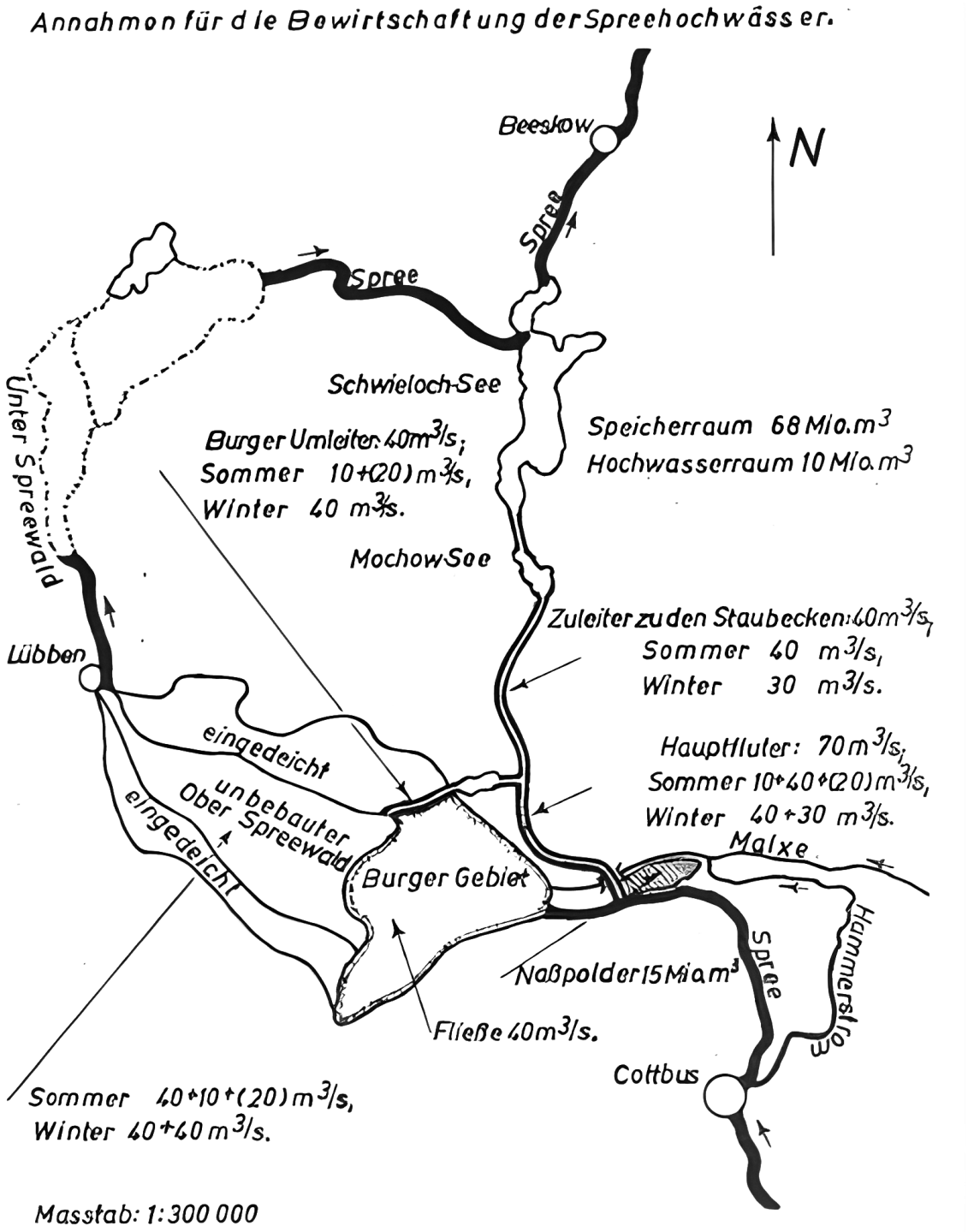
Die Niedrigwasserperioden in den Sommermonaten 1904 und 1911 – damals als „Wasserklemme" bezeichnet – und die damit verbundene unzureichende Spülung der Wasserläufe veranlasste Keller (1916), die Ursachen für die geringe Spreewasserführung zu untersuchen. Keller legte unter der Annahme, dass in sehr trockenen Monaten der Abfluss nahezu ausschließlich aus dem Grundwasserzufluss resultiert, eine durchschnittliche Wasserspende von 1,5 $L/(s \cdot km^2)$ als „Schadensgrenze" fest, für welche eine Wasserentnahme sich besonders nachteilig auf den Wasserhaushalt auswirkt. Für die Berliner Spree mit einem Einzugsgebiet von ca. 10.000 km^2 ergibt sich daraus ein Mindestabfluss von 15 m^3/s. Mit der Unterschreitung dieser Grenze sollten nach Keller (1916) alle mit *„Verlust verbundenen Entnahmen von Fluss- und Grundwasser unterbleiben"*. Dieser Mindestabfluss wurde jedoch auf der Grundlage eines noch nicht „geschädigten" Grundwasserkörpers getroffen. Somit hätte der Grundwasserzufluss zum Vorfluter einen notwendigen Mindestabfluss sicherstellen können.

Sievers (1937) erläutert jedoch bereits 20 Jahre nach den Untersuchungen von Keller (1916), dass das Grundwasser in Berlin bereits soweit abgesenkt wurde, sodass eine vorübergehende Einschränkung der Entnahme von Grundwasser keinen Einfluss mehr auf die Wasserführung der Spree habe. Nichtsdestotrotz wurde 1937 dieser festgelegte Mindestabfluss der Berliner Spree beibehalten.

Bereits 1916 beschreibt Keller, 1937 Sievers sowie auch 1943 Watolla, neben der Notwendigkeit eines besseren Hochwasserschutzes für den Spreewaldes die Auffüllung des Niedrigwassers der Berliner Spree als wichtige Aufgabe. Der Ausbau von Stauräumen im oberen Spreegebiet sowie der Ausbau von geeigneten Seen aus Seenketten der Spree zu Stauseen werden für diesen Zweck genannt. Schon damals war bekannt, dass es ohne Wasserspeicher oberhalb von Berlin ein quantitatives und vor allem qualitatives Problem geben wird. Seit 1821 existieren Planunterlagen, nach denen ein Kanal nördlich von Cottbus, hinter dem Maiberger Spreebogen, nordwärts zum Schwielochsee gezogen werden sollte, um Hochwässer noch oberhalb des Spreewaldes abzuleiten und diese im Schwielochsee zu speichern, um so u. a. die Wasserversorgung der Metropolregion Berlin zu sichern, Watolla (1943) sowie Rolland und Arnold (2002). Sievers

(1937) konkretisierte diese Pläne 1937 mit dem Ausbau des Schwielochsees zu einem Speicher mit einem Volumen von 68 Mio. m^3 (Abbildung 15). Sievers sah den großen Vorteil dieses Speichers in seiner Lage unterhalb bzw. parallel zum Spreewald, indem dadurch die Wasserverluste des Spreewaldes die Wirkung des Speichers nicht beeinflussen. In den darauffolgenden Jahrzehnten wurde diesen Plänen nicht mehr nachgegangen, da sich durch die großen Mengen des eingeleiteten Sümpfungswassers in die Spree eine andere Lösung für dieses wasserwirtschaftliche Problem auftat.

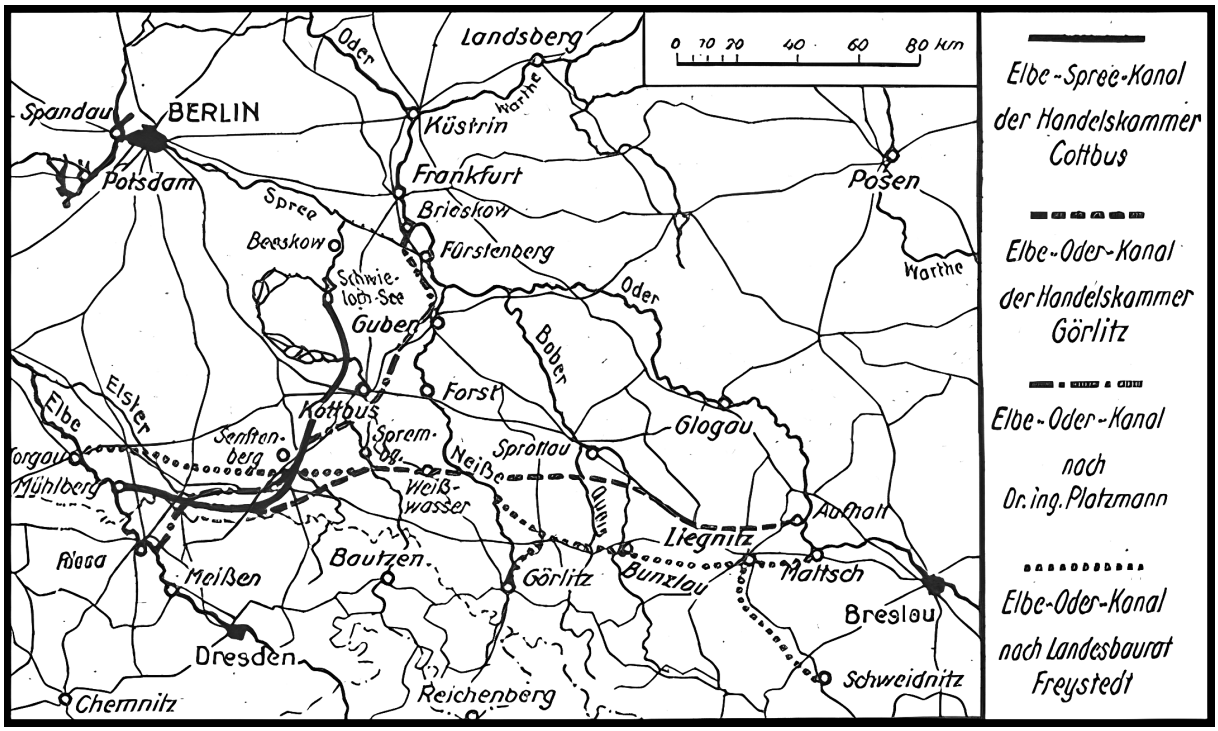
Abbildung 15: Bewirtschaftungspläne für das brandenburgische Spreegebiet



Bildquelle: Sievers (1937)

Als weitere zusätzliche Wasserquellen für das Spreegebiet während Niedrigwasserperioden und für die Verbesserung der Handelsrouten wurden seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts Pläne verschiedener Kanäle erstellt, die jedoch nicht umgesetzt wurden (Abbildung 16). Darüber hinaus wurde von 1886 bis 1890 mit 12,6 Millionen Reichsmark der heutige Oder-Spree-Kanal gebaut und zwischen 1895 und 1910 nochmals ausgebaut.

Abbildung 16: Karte verschiedener historischer Kanalbaupläne



Bildquelle: Rolland und Arnold (2002)

5.2.3.2 Schwarze Elster

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts war das Flussgebiet der Schwarzen Elster noch dünn besiedelt. Die Region war durch Kiefernwälder sowie landwirtschaftlich genutzte, jedoch nährstoffarme Flächen geprägt. Mit Beginn der Industrialisierung und der Intensivierung der Landwirtschaft wurden vor 1850 zunächst nur vereinzelte, kleinere Maßnahmen an dem Fluss durchgeführt. Dies änderte sich mit dem Gesetz über die Regulierung der Schwarzen Elster von 1850. Es kam zu ersten großen Regulierungsmaßnahmen im Mittellauf, welche hauptsächlich Grabenziehungen und Trockenlegungen umfassten. Diese dienten vor allem der landwirtschaftlichen Urbarmachung, aber auch dem Wegenetzausbau. Die Maßnahmen hatten eine bedeutende Veränderung der Artenzusammensetzung der Wälder, Weide, Sümpfe und Gewässer im Flussgebiet der Schwarzen Elster zur Folge. Maßnahmen für den Hochwasserschutz wurden erst zwischen 1911 und 1921 intensiv ergriffen, als Reaktion auf das schwere Hochwasser von 1907, Armenat (2012).

Mitte des 19. Jahrhunderts stieg die Bedeutung der Braunkohle als Heizmittel. Im Jahr 1856 wurde der erste Tagebau, Heide/Zeißholz, an der Schwarzen Elster erschlossen, LMBV (2013). Gleichzeitig stieg die Verunreinigung des Flusses auch mit der Industrialisierung und der Kriegswirtschaft im frühen 20. Jahrhundert rapide an. Aufgrund des Bevölkerungswachstums in der Region nahm die Bedeutung der Schwarzen Elster als Trink- und Brauchwasserquelle sowie für die Binnenschifffahrt zu und die Entsorgung von Schmutzwasser spielte eine wichtige Rolle, Armenat (2012).

5.3 Übergang zum industriellen Braunkohlenbergbau (Phase 2: 1920 bis 1960)

5.3.1 Allgemeines

Ab 1920 herrschte Hochkonjunktur in der nach dem Ersten Weltkrieg gegründeten Weimarer Republik. Dies zeigte sich auch im Anstieg des aus Kohle erzeugten Energieanteils auf 60 %. Vor 1920 lag er aufgrund des geringen Heizwertes der Kohle, der schlechten Transportfähigkeit sowie der fehlenden Heiz- und Übertragungstechniken noch auf einem sehr niedrigen Niveau. Damit einher ging auch der Einsatz des ersten Schaufelradbaggers im Jahr 1923 sowie der ersten Förderbrücke im Jahr 1925. Dies markiert gleichzeitig den Beginn der industriellen Braunkohleförderung, Steinhuber (2005).

Das schnelle Wirtschaftswachstum fand 1923 mit dem Währungszusammenbruch ein jähes Ende. Der 1924 aufgestellte Dawes-Plan brachte erneuten wirtschaftlichen Aufschwung, welcher jedoch durch die Weltwirtschaftskrise 1929/30 überschattet wurde und die junge Weimarer Republik schwer traf. Durch die schlechte wirtschaftliche Lage gewann die 1920 gegründete NSDAP stetig an Einfluss, Beck (2009).

Nach der Machtergreifung der Nationalsozialisten Mitte der 1930er Jahre kam es zur konjunkturellen Wende. Durch die Kriegsbestrebungen und die damit einhergehende Aufrüstung des Dritten Reiches war ein wirtschaftlicher Aufschwung v. a. in den Zweigen der Erdölproduktion sowie der Rohstahl- und Eisenherstellung zu verzeichnen. Dadurch stieg auch der Strombedarf rapide an. 1939 erreichte Berlin seinen wirtschaftlichen Höhepunkt. In der Lausitz dominierten vor dem Zweiten Weltkrieg die Textil- und Kohleindustrie, BPB (2020b).

Zwischen 1920 und 1944 verdoppelte sich die Braunkohlenförderung von 29,1 auf 59,8 Mio. t. Mit der Kapitulation des Dritten Reiches im Jahr 1945 wurden viele Kraftwerksanlagen entweder zerstört oder demontiert. Durch den fehlenden Strom konnten die Pumpen zur Sümpfung der Braunkohlegruben nicht mehr betrieben werden, wodurch viele Gruben mit Wasser vollliefen. Daraufhin sank die Braunkohlenförderung 1945 um mehr als die Hälfte auf 24,7 Mio. t. Erst im Jahr 1955 konnte das Niveau des Jahres 1944 wieder erreicht werden. Vorausgegangen waren eine Verfügung der Deutschen Wirtschaftskommission (DWK) zur Gründung des VEB Projektierungs- und Konstruktionsbüros „Kohle“ Berlin (PKB) am 01. Juli 1949 und die nunmehr systematische Erkundung weiterer Braunkohlenvorräte in der Lausitz.

Ein weiterer Meilenstein war die Festlegung zum Aufbau des europaweit größten Braunkohleveredlungswerkes Schwarze Pumpe (23. Juni 1955). Mit dieser Entscheidung war der Beginn der Schwerpunktverlagerung der Braunkohlengewinnung aus dem Flussgebiet der Schwarzen Elster in das Flussgebiet der Spree verbunden. Bereits im Jahr 1966 wurde die Braunkohlenförderung im gesamten Lausitzer Braunkohlenrevier bis auf 83,6 Mio. t gesteigert.

5.3.2 Bergbau

Mit der stetigen Steigerung der Braunkohlengewinnung und Verarbeitung stiegen auch die Grubenwasserhebung und die Einleitungen in die Schwarze Elster und Spree weiter an. Für das Jahr 1926 gibt der Niederlausitzer Bergbauverein e.V. für das Gebiet der Schwarzen Elster eine Menge von ca. 4,5 m^3/s an. Einer der Folgen dieser Einleitung war neben der Erhöhung und Verstetigung des Mittelwasserabflusses der Schwarzen Elster auch ein negativer Einfluss auf deren Wasserqualität. Die Überlagerung negativer Einflüsse durch Bergbau, Textil- und Papierindustrie führte im Jahr 1928 zu einem Sondergesetz zur Reinhaltung der Schwarzen Elster, Armenat (2012).

Im Spreegebiet betrugen die Grundwasserhebung und Einleitung in den 1920er Jahren etwa 1 m^3/s durch den Tagebau Brigitta. Bis 1944 kamen zwei weitere Tagebaue hinzu, 1934 Werminghoff II/Silbersee und 1935 Greifenhain. Der Tagebau Brigitta lief im Jahr 1945 kriegsbedingt voll. Die sich im Tagebau angesammelten fast 20 Mio. m^3 Wasser wurden mit Beginn das Jahres 1946 abgepumpt und in die Spree eingeleitet, wodurch es zur Eisenbelastung bis nach Cottbus und zu den Peitzer Teichen kam, Wasserwirtschaftsamt Cottbus (1946). In diesem Zeitraum schwankte die Wassereinleitung im Gebiet der Schwarzen Elster zwischen 5 und 7 m^3/s und im Spreegebiet zwischen 3,5 und 3,8 m^3/s.

Der Zeitraum bis 1960 war durch den Baubeginn der Spreewald-Kraftwerke Lübbenau und Vetschau mit dem Aufschluss der zugehörigen Tagebaue Schlabendorf-Nord und Seese-West gekennzeichnet. Des Weiteren begannen die ersten Entwässerungsarbeiten für die Tagebaue Burghammer, Welzow-Süd und Nochten als Liefertagebaue für den im Bau befindlichen Kohleveredlungsbetrieb Schwarze Pumpe. Im Jahr 1959 betrugen die gehobenen Grubenwassermengen im Gebiet der Schwarzen Elster 8,9 m^3/s und in dem der Spree 4 m^3/s. Für alle genannten Neuaufschlüsse wurden von vornherein Grubenwasserabsetzbecken und auch Behandlungsanlagen geplant, gebaut und in Betrieb genommen.

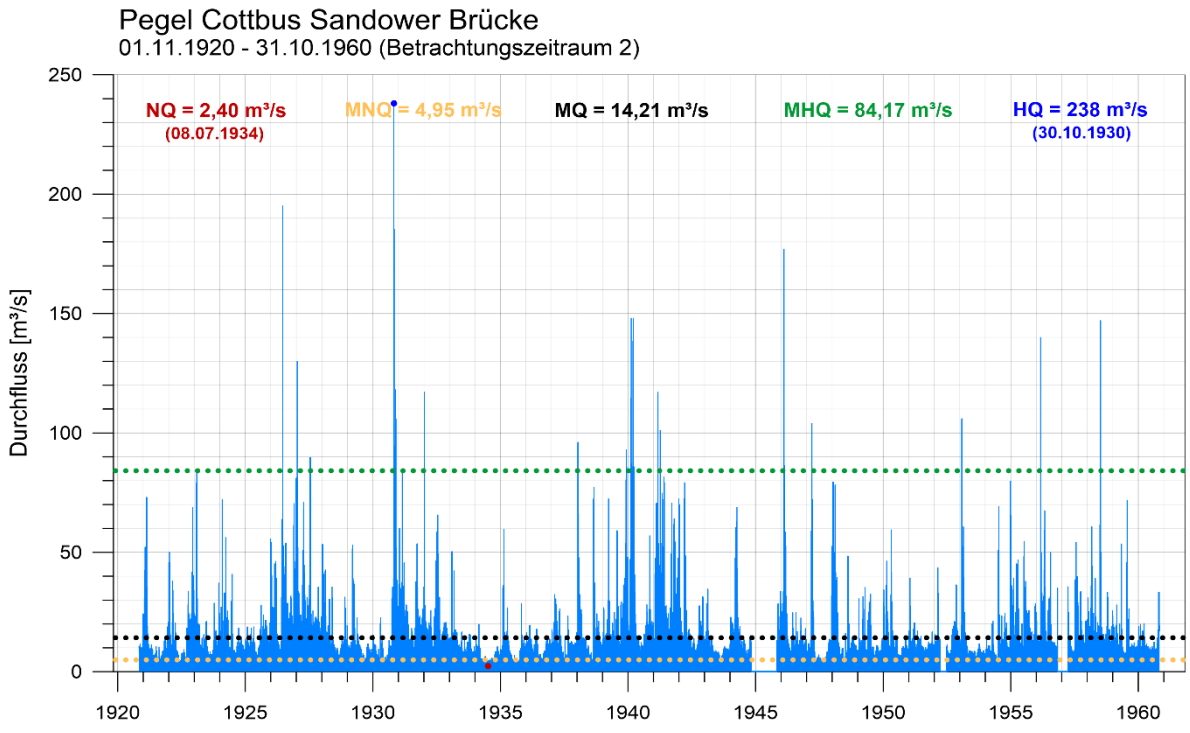
5.3.3 Wasserwirtschaft

5.3.3.1 Spree

Der Zeitabschnitt von 1920 bis 1960 ist ebenfalls von Phasen mit Wassermangel und Wasserüberschuss geprägt. Die Abbildung 17 zeigt die Abflussganglinie der Spree am Pegel Cottbus Sandower Brücke während der Phase 2 von 1920 bis 1960 sowie wesentliche hydrologische Kenngrößen.

Abbildung 17: Abflussganglinie der Spree am Pegel Cottbus Sandower Brücke von 1920 bis 1960

Datenquelle: LfU Brandenburg



Bildquelle: Eigene Darstellung gIR

Die mittleren hydrologischen Kennzahlen gleichen in etwa denen von Phase 1 (Abbildung 13). Im Jahr 1934 lag der geringste Niedrigwasserabfluss bei 2,4 m^3/s. Die mittleren hydrologischen Kennzahlen des Zeitabschnittes fielen für MQ (14,2 m^3/s) und MHQ (84,2 m^3/s) hoch aus. Der Grund dafür liegt in dem Auftreten mehrere starker Hochwässer innerhalb der Betrachtungsperiode mit Abflüssen von über 100 m^3/s. Das höchste Hochwasser trat im Jahr 1930 mit 238 m^3/s auf.

Trotz der umfangreichen Ausbaumaßnahmen der Spree kam es in den 1920er und 1930er Jahren zu weiteren, teilweise extremen Hochwässern. Die Gründe dafür waren zum einen die zu hohe Sohllage der Fließe und zum anderen die Wirtschaftskrise, wodurch die Pflege der Fließe und Staue nur mangelhaft durchgeführt wurde, Watolla (1943).

Besonders große Schäden verursachten die Hochwässer 1926/27 und 1930. Bei dem Hochwasser von 1926 war der Spreewald in seiner gesamten Ausdehnung überschwemmt. Das Hochwasser 1930 führte zu Überschwemmungen mit riesigen Ausmaßen, sodass der Spreedamm zwischen Spremberg und Kantdorf gesprengt wurde, um den Wassermassen einen Abfluss zu verschaffen, Watolla (1943). Am 30.10.1930 wurde der größte, jemals am Pegel Cottbus gemessene Abfluss von 238 m^3/s aufgezeichnet. Die Abbildung 18 zeigt das Gelände des heutigen Stadions der Freundschaft bei Hochwasser im Jahr 1930.

Nach Aufzeichnungen des Kreisbauamtes Cottbus wurden von 1896 bis 1933 insgesamt 124 Hochwässer und nur fünf normale Ernten im Spreewald registriert.

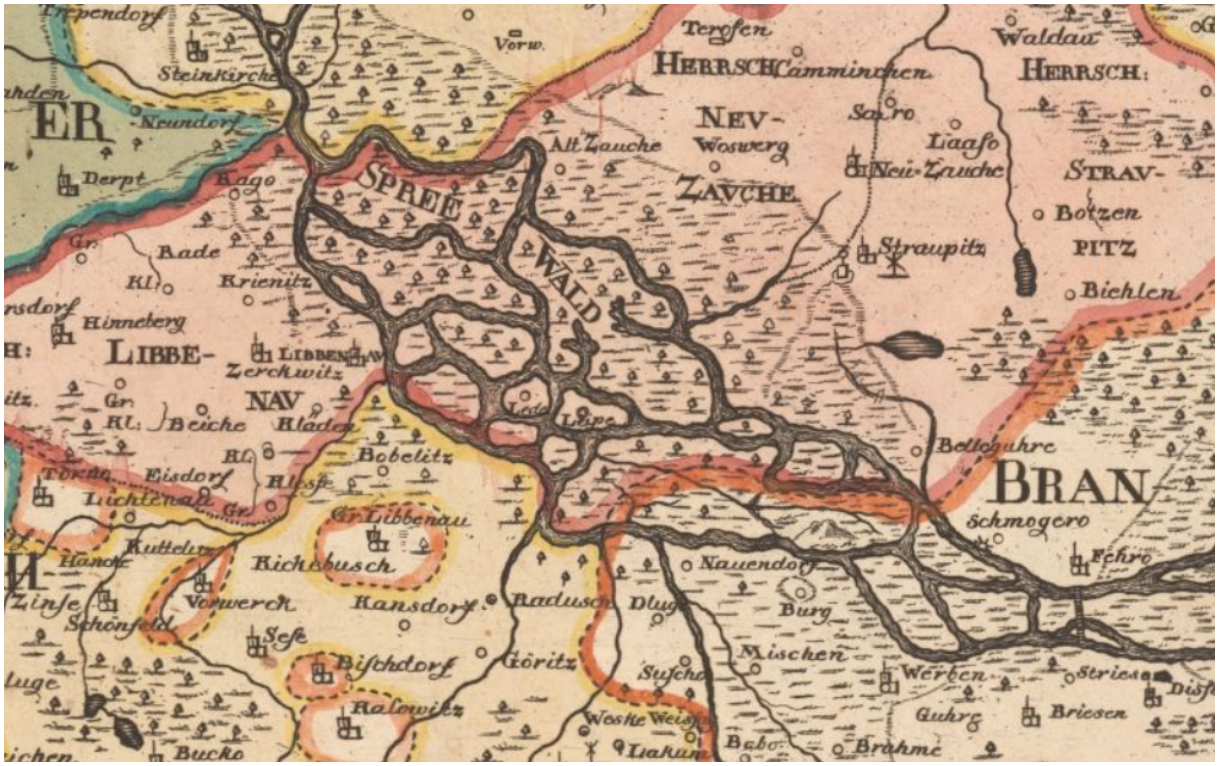
Abbildung 18: Hochwasser in Cottbus von 1930 (Reichsluftbildaufnahme)

Bildquelle: Rolland und Arnold (2002)

Die extremen Hochwässer 1926/27 führten zu einem verstärkten Ausbau der Spree. 1926 wurde im Rahmen eines sich über ganz Sachsen erstreckenden Notstandsprogrammes die umfassende Regelung der Hauptvorfluter beschlossen, darunter die Spree zwischen Niedergurig und der Landesgrenze zu Brandenburg. Zu den Maßnahmen zählten Eindeichungen, Flussbettprofilierungen, Uferbefestigungen, Durchstiche von Flussschleifen und der Bau von Stauanlagen. Auf der Strecke von Niedergurig bis Fehrow befanden sich zu dieser Zeit insgesamt 39 Stauanlagen, die die Spree um durchschnittlich 2 bis 3 Meter angestaut haben, Watolla (1943).

Des Weiteren wurde ab 1927 der zweite Ausbau des Spreewaldes durchgeführt. Ziel der Maßnahmen war die schadlose Abführung von Durchflüssen bis 40 m^3/s. In diesem Zuge kam es zur Verbreiterung und Vertiefung der Fließe, Anlegung neuer Fließe und zur Errichtung von Staugürteln im Ober- und Unterspreewald. Für die Errichtung der Stauanlagen wurde 1935 ein Plan durch den Provinzialverband aufgestellt. Durch insgesamt 60 Stauwehre konnte das Wasser planmäßig zwischen den Fließen verteilt und die Wasserstände den Anforderungen der Landwirtschaft angepasst werden. Zusammen mit Kahnschleusen wurde der Verkehr auf den Wasserwegen gesichert. Die Abbildung 19 und Abbildung 20 zeigen den Spreewald vor den Ausbaumaßnahmen 1724 bzw. im Jahr 1929.

Abbildung 19: Historische Karte der Niederlausitz mit dem Spreewald von 1724



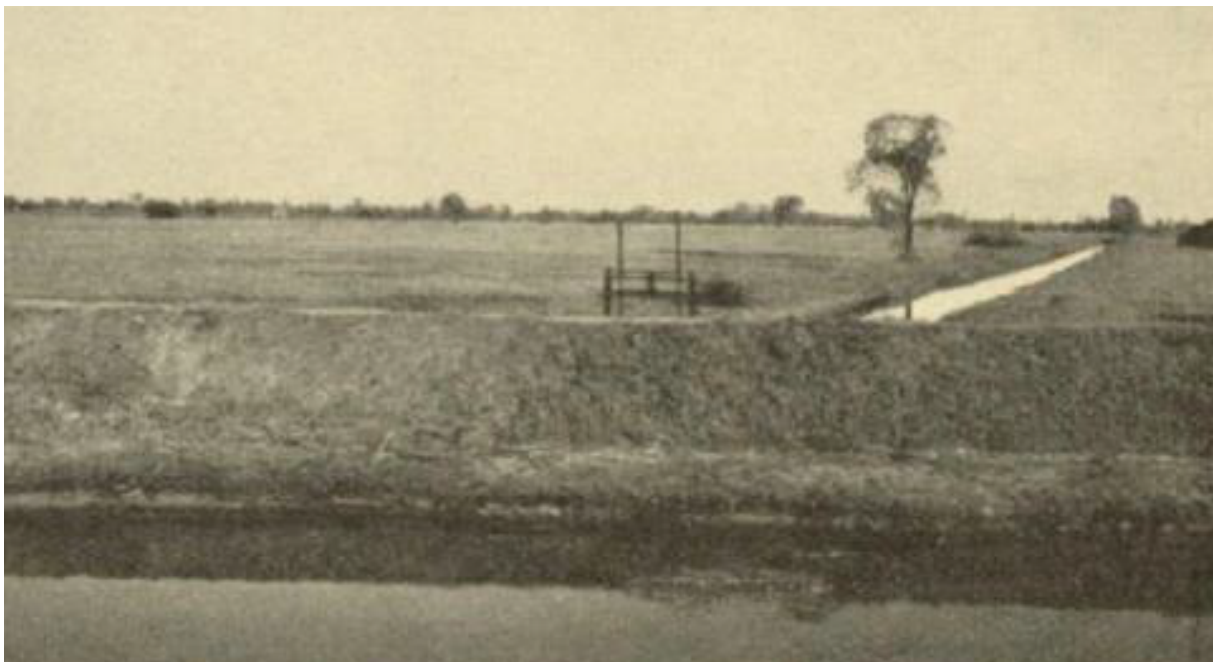
Bildquelle: Busch & von Gundling (1724)

Abbildung 20: Historische Karte des Spreewaldes von 1929

Bildquelle: Keller (1929)

In den Jahren 1933 und 1936 wurden der nördliche und südliche Spreewälder Randdeich errichtet, um die Randgebiete im Oberspreewald zu schützen. Damit gelang es, ein Viertel des gesamten Spreewaldgebietes vor Überschwemmungen zu sichern. In Abbildung 21 ist der Randdeich am Südpolder im Oberspreewald mit einer Höhe von 1,5 Meter zu sehen.

Abbildung 21: Randdeich am Südpolder im Oberspreewald



Bildquelle: Sievers (1937)

Die verstärkten Ausbaumaßnahmen hatten einerseits zur Folge, dass große Hochwässer das Gebiet schneller als früher erreichten und ihre Schäden dadurch enorm blieben. Dies wird an den Worten des Bürgermeisters von Wußwerk deutlich: *„Früher war das Hochwasser, nachdem gemeldet, in der Zeit von 8 bis 14 Tagen hier angelangt, heute ist es in 2 bis 3 Tagen hier, daher keine Zeit zur Heuernte."*

Andererseits wurden Niedrig- und Mittelwasserabsenkungen begünstigt. Watolla (1943) warnte, dass die Wasserführung der Spree in Trockenzeiten stark zurückgeht und dadurch die Gefahr besteht, dass die Böden im Spreewald und Moorböden mit großem Feuchtigkeitsbedarf austrocknen. Aus diesem Grund wirkten sich die unfruchtbaren Trockenjahre von 1933 bis 1935 für den Spreewald ebenso verheerend aus wie die vorangegangenen Hochwässer. In diesen Jahren war auch der für den Spreewald so lebenswichtige Kahnverkehr unterbrochen. Für das Jahr 1934 wurde der niedrigste mittlere Jahresabfluss am Pegel Cottbus mit 5,7 m^3/s registriert.

Die Abbildung 22 zeigt links die Spree bei Dissen im Sommer 1937 und rechts die Kleine Spree bei Burg-Kolonie während des Niedrigwassers im Sommer 1952.

Abbildung 22: Spree bei Dissen im Sommer 1937 (links) und Kleine Spree bei Burg-Kolonie im Sommer 1952 (rechts)

Bildquellen: Sievers (1937) (links) und Krausch (1960) (rechts)

Sievers (1937) argumentiert, dass durch die vorgeschlagenen Speicherpläne mit 68 Mio. m^3 Speicherraum (Abbildung 15) nur drei Hochwässer (1897, 1899 und 1926) nicht hätten bewältigt werden können. Auf der anderen Seite wäre es bis 1937 nur fünfmal nicht gelungen, die Spree bei Berlin auf die von Keller (1916) aufgestellte Schadensgrenze von 15 m^3/s aufzufüllen (1904, 1912, 1913, 1934, 1935). Anhand einer mehr als 20-jährigen Beobachtungsreihe stellte Sievers (1937) zudem fest, dass diese Schadensgrenze in Berlin häufig um bis zu 50 % unterschritten wurde, ohne jedoch zu einem wasserwirtschaftlichen Kollaps für Berlin zu führen.

Als anzustrebendes wasserwirtschaftliches Ziel für Berlin postuliert er einen Mindestdurchfluss am Pegel Beeskow von 9 m^3/s. Ohne, das exakt anhand von älteren wasserwirtschaftlichen Entscheidungsgrundlagen nachvollzogen werden kann, woher die noch heute geltende wasserwirtschaftliche Zielstellung der Einhaltung eines Mindestdurchflusses von 8 m^3/s am Pegel Große Tränke kommt, kann angenommen werden, dass die Forderung von Sievers (1937) für den Pegel Beeskow (9 m^3/s reduziert um 1 m^3/s) die fachliche Grundlage dafür bildet.

Die Prozesse der Pyritverwitterung, Verockerung und Versauerung im Zusammenhang mit der Wasserhaltung in Braunkohlengruben waren bereits in den 1920er Jahren bekannt. Aus dieser Zeit sind erste Fischsterben in kleinen Fließen und nachteilige Beschaffenheitsveränderungen in Flachbrunnen dokumentiert. Die Probleme waren jedoch lokal begrenzt, IWB & gIR (2020).

5.3.3.2 Schwarze Elster

Zwischen 1927 und 1930 wurde die Neuregulierung der Schwarzen Elster im Mittel- und Unterlauf durchgeführt, wobei zahlreiche Mäander durchschnitten und der Flusslauf eingedeicht wurde. Dies sollte dem Erhalt der Elsterniederung als Kulturlandschaft und der Ertragssteigerung sowie dem Hochwasserschutz dienen. Die Regulierungen im Oberlauf waren eher eine Arbeitsbeschaffungsmaßnahme zur Senkung der hohen Arbeitslosenzahlen während der Weltwirtschaftskrise, Armenat (2012).

Parallel zu den Regulierungsmaßnahmen nahm die Einleitung von Sümpfungswässern immer weiter zu. Beides zusammen führte zur Erhöhung des Durchflusses, wodurch erste negative Auswirkungen der Maßnahmen erkennbar wurden. Dabei waren die Regulierungsmaßnahmen optimal für den Bergbau, da die anfallenden Sümpfungswässer schnellstmöglich abgeführt werden konnten. Der hohe Durchfluss und der Anstau der Schwarzen Elster durch Mühlen sowie der Rückstau der Elbe begünstigten hohe Grundwasserstände, die gleichzeitig zu hohen Erträgen in der Region führten, Armenat (2012).

Bis 1945 wurde die Verunreinigung der Schwarzen Elster zunehmend sichtbar. Die schwersten Folgen hatte die Fischerei zu verzeichnen. In der eigentlich fischreichen Elster waren fast alle Fische ausgestorben. Grund dafür waren zum einen die Regulierungen, wodurch die Abfolgen von Tief- und Flachwasserzonen mit lentischen und lotischen Bereichen zerstört wurde. Zum anderen führte die Einleitung von Abwasser zur Saprobisierung und damit zu einem Mangel an Sauerstoff im Gewässer, Armenat (2012).

Bereits 1951 wurde der Tagebau Werminghoff (Knappensee) als erster Großtagebau geflutet. Die Flutung erfolgte anfangs durch Grundwasserwiederanstieg und in den Wirren der Nachkriegszeit unkontrolliert infolge eines Hochwassers.

5.4 Extensiver Braunkohlenbergbau (Phase 3: 1960 bis 1990)

5.4.1 Allgemeines

In den 1960er Jahren war die Herstellung der Rohstoff- und Energieautokratie das oberste Ziel der Industriepolitik der DDR. Beispielsweise wurden in Schwarze Pumpe bei Spremberg neue Industrieansiedlungen errichtet sowie Hoyerswerda und Weißwasser zu Bergarbeiterstädten ausgebaut. Andere Prestigeprojekte waren die VEB Baumwollweberei und Veredelung für Jeansstoff in Neusalza-Spremberg und der 1952 gegründete sogenannte „Kohle- und Energiebezirk“ Cottbus, BPB (2020b). Diese Prestigeprojekte konnten jedoch nicht über die Mangelwirtschaft der DDR hinwegtäuschen. Bis 1961 flohen etwa 2,8 Mio. Menschen aus der DDR. Aus diesem Grund wird im gleichen Jahr die Berliner Mauer errichtet, Grau & Würz (2021). Nach dem Mauerbau konzentrierte sich die DDR auf den Ausbau von Ost-Berlin zur „absolut dominierenden Metropole“ Gornig (2012).

Ab Mitte der 1960er Jahre sollte die langfristige Umstellung der Energieversorgung auf Erdöl und Erdgas sowie Kernenergie erfolgen (VII. Parteitag der SED im April 1967), was jedoch durch zwei Ölkrisen sowie der unzureichenden materiell-technischen Basis der DDR noch im gleichen Jahrzehnt verhindert wurde. Als Folge dieser Fehlentscheidung kam es zunächst ab 1967 zu einer Kohlekrise. Viele Arbeitsplätze in der Kohleindustrie wurden gestrichen. Tagebaue wurden geschlossen (z. B. Greifenhain). Kraftwerksneubauten und Tagebauneuaufschlüsse wurden gestundet. Im Winter 1969/70 kam es in der DDR zu einer Energiekrise ungeahnten Ausmaßes, die bis zum Sommer 1970 andauerte. Im Sommer 1969 wurde eine Regierungskommission „Energiewirtschaft“ gegründet, in deren Ergebnis Energieautarkie der DDR angestrebt wurde, Sperling und Schossig (2015). Infolgedessen steigerte die DDR ihre Braunkohleproduktion bis 1985 so weit, dass sie 30 % des Weltmarktes ausmachte, BPB (2020a).

In den 1980er Jahren verschlechterten sich die Wirtschaftslage und die Unzufriedenheit der Bürger so weit, dass Reformen unerlässlich wurden. Auf Massenfluchten und Proteste der Bevölkerung reagierte die Staatsführung schlussendlich mit der Öffnung der Berliner Mauer am 09. November 1989, was zum Zusammenbruch des SED-Regimes führte. Im Jahr 1990 führten Währungs-, Wirtschafts- und Sozialreformen sowie der Einigungsvertrag zur Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten.

5.4.2 Bergbau

Die 1960er Jahre sind gekennzeichnet durch den Wechsel der Entwässerungstechnologien von der bisherigen Untertageentwässerung mittels Schächten und Strecken zur modernen Filterbrunnenentwässerung. Zu Beginn der 1970 hatte sich der Förderschwerpunkt vom Gebiet der Schwarzen Elster hin zum Spreegebiet verlagert. Alles wurde darangesetzt, um das von Partei und Regierung der DDR gesetzte Ziel, bis 2050 kontinuierlich 200 Mio. t Braunkohle jährlich bereitzustellen, zu erreichen.

Zwischen 1980 und 1990 wurden dem Erdreich im Spreegebiet jährlich rund 30 m^3/s Wasser, dies sind fast 950 Mio. m^3 pro Jahr, entzogen. Rund 50 % dieser Wasserentnahmen gingen zu Lasten der statischen Grundwasservorräte, wodurch sich in Überlagerung mit den Spätfolgen des Altbergbaues und den Bergbauaktivitäten im Schwarze-Elster-Gebiet ein zusammenhängender Grundwasserabsenkungstrichter von 2.100 km^2 mit einem Wasserfehlbetrag von 13 Mrd. m^3 (9 Mrd. m^3 Porenraumwasser und 4 Mrd. m^3 Freiwasser in Bergbaufolgeseen) aufbaute, Arnold & Kuhlmann (1993).

Etwa ab Mitte der 1970er Jahre rückte zum einem der Grundwasserschutz und zum anderen die Sicherstellung eines ausreichenden Mindestwasserabflusses der Spree am Pegel Große Tränke (südöstliche Stadtgrenze von Berlin) in den Fokus. Im Jahr 1978 wurde mit dem Bau der ersten unterirdischen Dichtwand entlang der Lausitzer Neiße zwischen den Städten Forst und Guben begonnen. Mit dieser inzwischen über 10 Kilometer langen und bis zu 85 Meter tiefen wasserundurchlässigen Wand konnte ein Übergreifen der Grundwasserabsenkung auf polnisches Hoheitsgebiet wirksam verhindert werden. Lediglich in tieferen Grundwasserhorizonten gibt es eine geringe Druckentlastung, die jedoch keinen negativen Einfluss auf Natur und Landschaft sowie auf die Wasserbereitstellung für Bevölkerung und Industrie haben, Arnold (2014).

Um 1980 wurde der Ausbau des 1984 zu Ende gehenden Tagebaus Lohsa II, Baufeld IV und V als Wasserspeicher zur Niedrigwasseraufhöhung der Spree forciert. Unter Federführung der Wasserwirtschaftsdirektion Obere Elbe/Neiße wurden die wasserwirtschaftlichen Planungen unter Einbeziehung der Resträume der Tagebaue Burghammer und Dreiweibern vorangetrieben. Dabei sollte der Speicher Lohsa mit einer Lamelle von +108 bis +118 m NHN betrieben werden, eine Lamelle, die nach heutigen Erkenntnissen in dieser Größenordnung niemals beherrschbar gewesen wäre. Ziel dieses Großvorhabens war unter Beachtung der Fortführung des großdimensionierten Bergbaus die Bereitstellung eines allzeit gesicherten Mindestwasserabflusses am Pegel Große Tränke von 8 m^3/s in Richtung Berlin.

5.4.3 Wasserwirtschaft

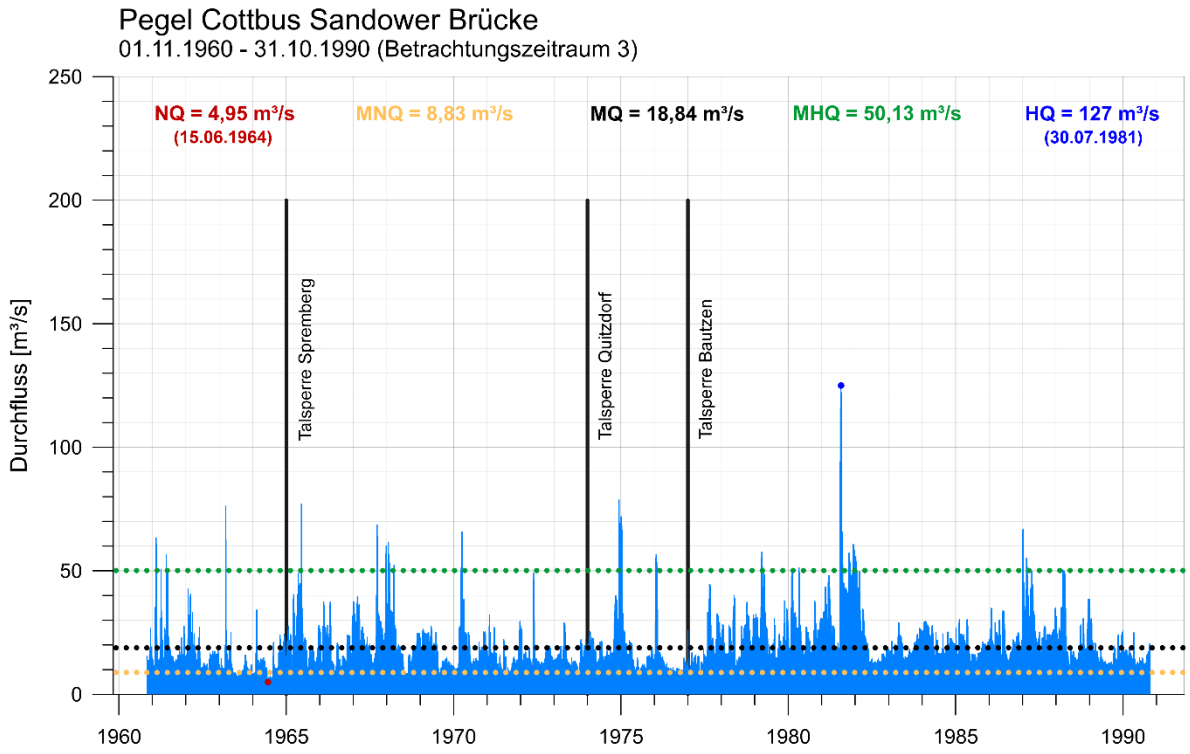
5.4.3.1 Spree

Die Ganglinie weist für den Zeitraum von 1960 bis 1990 gegenüber vorherigen Phasen deutlich veränderte Abflüsse auf. Die Abbildung 23 zeigt die Abflussganglinie der Spree am Pegel Cottbus Sandower Brücke während der Phase 3 sowie wesentliche hydrologische Kenngrößen. Der niedrigste Abfluss in dieser Jahresreihe fiel nur knapp unter 5 m^3/s. Der mittlere Niedrigwasserabfluss und der mittlere Abfluss haben sich jeweils um ca. 4 m^3/s gegenüber der vorherigen Phase erhöht auf 9 m^3/s (MNQ) bzw. 19 m^3/s (MQ). Der mittlere Hochwasserabfluss von

50 m^3/s (MHQ) liegt um ca. 34 m^3/s erheblich unter dem der Jahresreihe 1920-1960. Das höchste Hochwasser trat im Jahr 1981 mit 127 m^3/s auf und lag damit fast 50 % niedriger als in den vorherigen Betrachtungsperioden. Auch aus dem zeitlichen Verlauf der Abflussganglinie ist erkennbar, dass sich der Abfluss vergleichmäßigt hat und extreme Abflusssituationen wie Niedrigwasser oder Hochwasser fehlen.

Abbildung 23: Abflussganglinie der Spree am Pegel Cottbus Sandower Brücke von 1960 bis 1990

Datengrundlage: LfU Brandenburg



Bildquelle: Eigene Darstellung gIR

Der Grund für die vergleichmäßigten Abflüsse liegt zum einen in der Inbetriebnahme der Talsperren Spremberg, Quitzdorf und Bautzen. Die Talsperre Spremberg ging im Jahr 1965 mit einem nutzbaren Speicherraum von 20,7 Mio. m^3 in Betrieb. Sie diente vor allem der Brauchwasserversorgung für die Kraftwerke Vetschau und Lübbenau sowie dem Hochwasserschutz, der Niedrigwasseraufhöhung und der Naherholung. 1974 wurde die Talsperre Quitzdorf am Schwarzen Schöps und 1977 die Talsperre Bautzen an der Spree mit nutzbaren Speicherräumen von 16,5 Mio. m^3 bzw. 37,5 Mio. m^3 fertigstellt. Durch die Talsperren wurden extreme Hochwässer verhindert. Nur noch einmal stieg der Abfluss am Pegel Cottbus infolge von Starkregen mit bis zu 200 mm an vier aufeinanderfolgenden Tagen im Oberlauf im Jahr 1981 auf 127 m^3/s. Zum anderen sorgte der starke Anstieg der Sümpfungswassereinleitungen in die Spree dafür (Kapitel 5.4.2), dass der Abfluss in Niedrigwassersituationen nicht unter 4,9 m^3/s fiel. Dementsprechend hoch waren die mittleren Abflüsse MNQ und MQ.

Zur Ableitung des Sümpfungswassers und zum Aufschluss von Braunkohlenfeldern wurden Flüsse streckenweise verlegt und ausgebaut, z. B. die Spree zwischen Uhyst und Bärwalde sowie zwischen der Einmündung des Schwarzen Schöps und dem Wehr Tzschelln. Nur in wenigen Fällen wurden die Flüsse nach Einstellung der Kohleförderung in das alte Flussbett zurückverlegt, IWB & gIR (2020).

Die großen Einleitmengen an Sümpfungswasser überprägten den Rückgang des Oberflächenwasserabflusses so stark, dass sich der mittlere Niedrigwasserabfluss und der mittlere Abfluss in dieser Jahresreihe sogar noch bedeutend erhöht hat, Dornier (1993). Dabei ist zu beachten, dass die erheblichen Sümpfungswassermengen nur partiell zur Aufhöhung der Oberflächenabflüsse beitrugen. Abflussmessungen in den Jahren 1982/1983 ergaben, dass das gehobene Grundwasser nach der Einleitung zu 20 % bis 30 % in die Kreislaufnutzung ging. WASY (1992) schätzte die Versickerungsverluste aus den Vorflutern in den Absenkungstrichter der Tagebaue für Ende der 1980er Jahre auf 8 m^3/s. Dazu kommen Nutzungsverluste durch Kraftwerke und Teichwirtschaften vor allem durch Verdunstung. Die Verdunstungsverluste der Kraftwerke wurden mit 6,8 m^3/s angegeben, Köhler, Gelbrecht & Pusch (2002).

Um den Spreewald vor Hochwasser zu schützen, wurde in den Jahren 1964 bis 1975 der zweite Abschnitt des Nordumfluters ausgebaut. Dieser zweigt am Wehr Schmogrow von der Hauptspree rechtsseitig ab und kann bis zu 133 m^3/s abführen, indem die Wassermassen nördlich am Spreewald vorbeigeleitet werden. 17 m^3/s können ebenfalls ab dem Wehr Schmogrow über die Hauptspree und den zwischen 1959 und 1965 ausgebauten Südumfluter abgeführt werden. Dieser hat zusätzlich die Aufgabe, die aus Süden zufließenden, zum Großteil bergbaulich beeinflussten, Nebenflüsse wie das Greifenhainer Fließ, das Vetschauer Mühlenfließ und das Göritzer Mühlenfließ aufzunehmen, LUA (1996).

5.4.3.2 Schwarze Elster

In den 1960er Jahren wurden verstärkt morphologische Eingriffe an der Schwarzen Elster in Form von Komplexmeliorationen durchgeführt. Die Zuschüttung von Altgewässern, die Trockenlegung von Feuchtwiesen und Niedermooren sowie die Einebnungen des Geländes im Mittellauf förderten die landwirtschaftliche Nutzbarkeit der Auenbereiche. Gleichzeitig erhöhten diese den Abfluss weiter. Auch die Tagebauaktivität im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster stieg. Die eingeleiteten Sümpfungswässer stellten in diesem Zeitraum den bedeutendsten Eingriff in den Wasserhaushalt dar, Armenat (2012). Bis in die 1980er Jahre war ebenfalls ein großer Anstieg von Industrieansiedlungen im Flussgebiet zu verzeichnen. Diese nutzten den Fluss sowohl als Lieferanten für Brauch- und Prozesswasser sowie für die Abwasserentsorgung. Aufgrund dieser Einleitungen und der kommunalen Abwasserentsorgung musste die Schwarze Elster im Jahr 1991 überwiegend als sehr stark verschmutzt eingestuft werden.

Durch die Beendigung der Kohleförderung in den ersten Großtagebauen ergab sich ein großer Wasserbedarf für die Flutung der Restlöcher. Im Jahr 1967 begann die erste kontrollierte Flutung des Tagebaus Niemtsch mit Wasser aus der Schwarzen Elster. Daraus entstand der Speicher Niemtsch (Senftenberger See), welcher 1973 seinen Zielwasserstand erreichte. Dieser wird gleichzeitig als Speicher zum Hochwasserrückhalt und zur Niedrigwasseraufhöhung der Schwarzen Elster genutzt.

5.5 Rückgang des Braunkohlenbergbaus (Phase 4: 1990-2020)

5.5.1 Allgemeines

Im Ergebnis der friedlichen Revolution im Herbst 1989 in der DDR wurde bereits im Frühjahr 1990 die aus westdeutschen Bergbauexperten bestehende „Lausitz und Mitteldeutsche Bergbau Beratungsgesellschaft mbH“ (kurz LMBB) gegründet. Deren Aufgabe bestand darin, gemeinsam mit Experten des DDR-Braunkohlenbergbaus für beide Reviere eine sorgfältige Analyse des Status Quo sowie Vorschläge für stillzulegende und erhaltenswerte (privatisierungsfähige) Tagebaue und Betriebsanlagen auszuarbeiten. Parallel dazu übergab der damalige Rat des Bezirkes Cottbus dem neu gewählten Ministerpräsidenten der DDR Hans Modrow ein Schreiben vom 19.12.1989 mit dem Standpunkt, wie es um den Bergbau im Bezirk Cottbus steht und mit

welchen Sofortentscheidungen eine Neuausrichtung zur Entwicklung der Energiewirtschaft im Bezirk Cottbus begonnen werden soll. In diesem wird angemerkt, dass *„durch bergbaulich bedingte Grundwasserabsenkung […] ca. 44 % des Territoriums des Bezirkes Cottbus beeinträchtigt [werden].“*

Am 22.02.1990 fasste der Ministerrat der DDR dann den Beschluss „eine unabhängige Expertengruppe einzusetzen, welche die Möglichkeiten der Erhaltung von Gemeinden, Ortslagen und landwirtschaftlichen Nutzflächen prüft, deren Devastierung im Zuge der Erweiterung und des Neuaufschlusses von Braunkohlentagebauen in den nächsten Jahren vorgesehen ist. Der Abschlussbericht dieser Expertenkommission datiert vom 15.06.1990. Darin konnten jedoch noch nicht alle Fragen abschließend geklärt werden, so dass viele Entwicklungen noch offenblieben.

Als dritte Aktivität wurde im Auftrag der Bundesregierung (BMU) ein „Ökologischer Sanierungsplan Niederlausitz“ erstellt, Dornier (1993), der Möglichkeiten der künftigen Entwicklung des Lausitzer Reviers aufzeigen sollte.

Im Juni 1994 kam rückwirkend zum 01.01.1994 die Privatisierung der fünf Tagebaue Cottbus-Nord, Jänschwalde und Welzow-Süd im Land Brandenburg sowie Nochten und Reichwalde im Freistaat Sachsen zustande. Dem Erwerberkonsortium wurden zusätzlich Kaufoptionen für weitere Tagebaufelder eingeräumt.

Alle nicht privatisierungsfähigen Tagebaue und Anlagen wurden der bundeseigenen Lausitzer Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH zugeordnet, aus der später die Lausitz und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV) entstand. Ein wesentlicher Bestandteil des Regelungswerkes (1994) zwischen dem Verkäufer (Treuhand) und dem Käufer (Erwerberkonsortium) war eine Regelung über die Bergmännische Wasserwirtschaft. Darin wurde eine räumliche Abgrenzung (häufig als „wasserwirtschaftliche Demarkationslinie“ bezeichnet) mit der sinngemäßen Maßgabe vorgenommen, dass jede der Gesellschaften (LAUBAG und LMBV) für die Rehabilitierung des Wasserhaushaltes und der Begleichung von Bergbauschäden in ihren wasserwirtschaftlich zugeordneten Gebieten verantwortlich ist. Diese Regelung wurde bis zum heutigen Tage nicht aufgehoben und es wird grundsätzlich danach gehandelt. Dieser Zeit entstammen auch die 2.100 km^2 Grundwasserbeeinflussungsfläche und die 13 Mrd. m^3 Wasserdefizit (9 Mrd. m^3 Porenraum und 4 Mrd. m^3 Freiwasser in Bergbaufolgeseen), Arnold & Kuhlmann (1993).

In den Jahrzehnten bis 2020 erfolgte durch die LMBV mit öffentlichen Mitteln die Sanierung der Folgen des Braunkohlenbergbaus der DDR. Diese Maßnahmen sind noch nicht abgeschlossen und werden weitergeführt. Der aktive Bergbau führte seine Tätigkeiten in Anlehnung an die 1993/1994 bundesgesetzlich erteilten Genehmigungen weitestgehend plankonform fort. Mit dem Strommarktgesetz vom 26. Juli 2016 gab es für den Lausitzer Braunkohlenbergbau eine erste gravierende Weichenstellung mit der Überführung von zwei 500 MW Kraftwerksblöcken (Kraftwerk Jänschwalde) in die Sicherheitsbereitschaft (zum 01.10.2018 und 01.10.2019). Seit Inkrafttreten des Kohleausstiegsgesetzes am 08. August 2020 ist der Zeitplan für den Kohleausstieg bis 2038 vorgegeben. Inwieweit dieser Zeitplan realisiert wird oder angesichts der gesellschaftlich geführten Debatte zur Notwendigkeit der zeitlichen Vorziehung des Kohleausstieges in das Jahr 2030 einen anderen Zeitplan erfährt, ist derzeit offen. Insofern weisen alle prognostisch zu treffenden Aussagen neben der physikalisch-planerischen Unschärfe zusätzlich auch eine nicht vorhersagbare politische und wirtschaftliche Unschärfe auf.

5.5.2 Bergbau

Im Zeitraum von 1990 bis 1998 gab es bisher die größten Veränderungen im Braunkohlenbergbau der Lausitz. Die Kohlegewinnung nahm massiv ab (-70 %) und die zugeordnete

Grubenwasserhebung verminderte sich ebenfalls erheblich (-55 %). Dass die prozentuale Reduzierung der Grubenwasserhebung geringer war, lag vor allem an der Notwendigkeit der Fortführung der Wasserhebung zur geotechnischen Sicherung der Sanierungsarbeiten im LMBV-Bereich. Im Jahr 1999 endete planmäßig die Kohlegewinnung im Tagebau Meuro, Teilfeld Großräschen, dem letzten von vier ehemals betriebenen LMBV-Tagebauen (Tagebaue Berzdorf/ Oberlausitz sowie die Tagebaue Seese-Ost, Scheibe und Meuro). Gleichzeitig stieg der Kohlebedarf durch Erhöhung des Stromabsatzes im aktiven Bergbau verbunden mit der Inbetriebnahme der 900 MW bzw. 670 MW-Blöcke im Kraftwerk Boxberg (Block Q in 2000 und Block R in 2010) bis 2013 wieder moderat auf 63,3 Mio. t an. Von diesem Zwischenhoch gab es bis 2020 in der Kohlegewinnung erneut einen Rückgang um -32 %, während die Grubenwasserhebung im gleichen Zeitraum um -17 % auf 348 Mio. m^3/a verringert wurde.

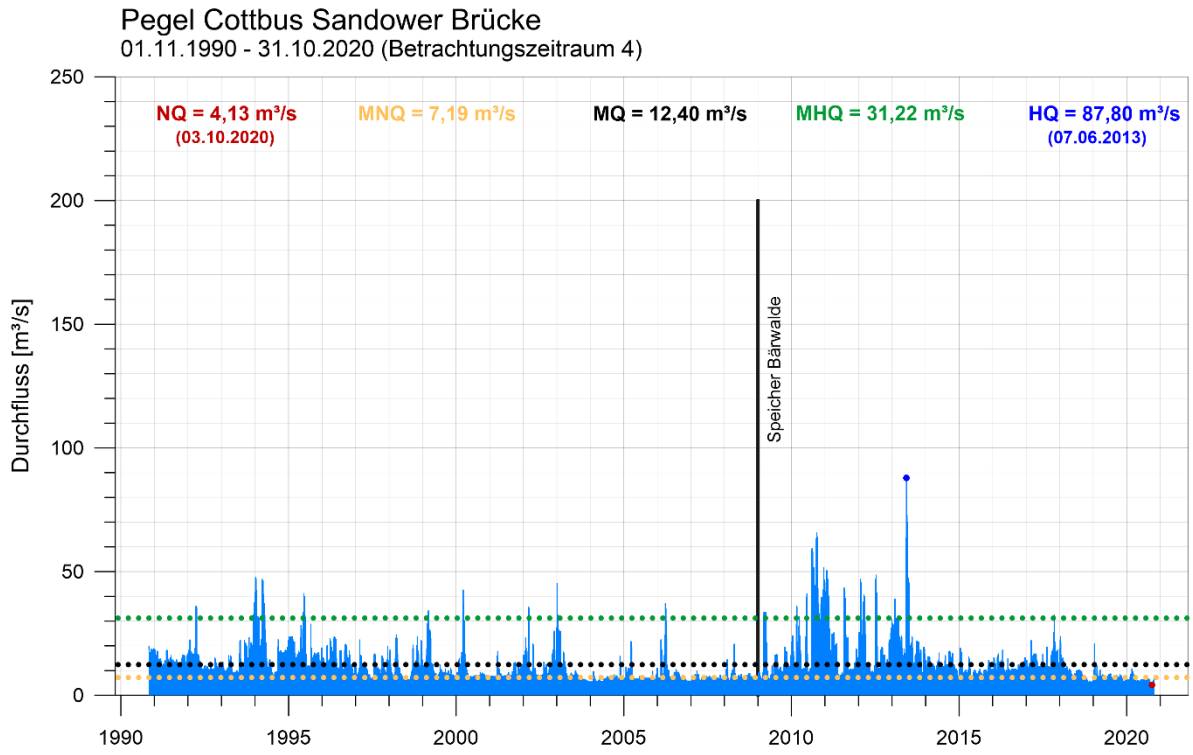
5.5.3 Wasserwirtschaft

5.5.3.1 Spree

Durch den Rückgang der Sümpfungswassereinleitungen haben sich im Zeitraum 1990 bis 2020 auch die Abflussverhältnisse in der Spree wesentlich verändert. Die Abbildung 24 zeigt die Abflussganglinie der Spree am Pegel Cottbus Sandower Brücke während der Phase 4 sowie wesentliche hydrologische Kenngrößen.

Abbildung 24: Abflussganglinie der Spree am Pegel Cottbus Sandower Brücke von 1990 bis 2020

Datenquelle: LfU Brandenburg



Bildquelle: Eigene Darstellung gIR

Der niedrigste Abfluss in dieser Jahresreihe lag bei 4,1 m^3/s und damit in etwa auf der Höhe der Vorperiode. Ähnliches gilt für den mittleren Niedrigwasserabfluss, der bei 7,6 m^3/s lag. Der mittlere Abfluss lag mit 12,4 m^3/s um ein Drittel unterhalb des Abflusses der Vorperiode. Hier wird der Rückgang der Sümpfungswassereinleitung am deutlichsten sichtbar. Der mittlere Hochwasserabfluss lag bei 31 m^3/s und der höchste Hochwasserabfluss bei 88 m^3/s. Aus dem

zeitlichen Verlauf der Abflussganglinie ist erkennbar, dass die Vergleichmäßigung des Abflusses weiter zugenommen hat, Hochwässer fast vollständig fehlen und kaum mehr eine Abflussdynamik vorhanden ist.

Die geringen Hochwasserabflüsse in diesem Zeitraum sind auf die Speicherbewirtschaftung und dem Wasserbedarf zur Flutung der Tagebaurestseen zurückzuführen, indem bei erhöhten Abflüssen das Wasser in den Speichern zurückgehalten bzw. in die Restlöcher geleitet wird. Zur Steuerung und Kontrolle der Flutungsprozesse wurde im Jahr 2000 die Flutungszentrale Lausitz (FZL) gegründet. Sie ist bei der LMBV organisatorisch angesiedelt. Deren Hauptaufgabe bestand ursprünglich in der Ausnutzung der maximal möglichen Wassermengen zur Flutung der Tagebaurestlöcher und deren Nachsorge, da in den 1990er Jahren mit der Flutung zahlreicher Restlöcher begonnen wurde.

Der Aufgabenbereich der FZL hat sich inzwischen erweitert. Um die Flutung der Bergbaufolgeseen zu optimieren, berücksichtigt die Flutungszentrale Lausitz bei ihrer Mengensteuerung auch zunehmend Aspekte der Wasserbeschaffenheit. Die Mengen- und Gütesteuerung basiert dabei auf den wasserrechtlichen Genehmigungen und den Bewirtschaftungsgrundsätzen der länderübergreifenden Arbeitsgruppe Flussgebietsbewirtschaftung Spree, Schwarze Elster, welche im Jahr 1999 gegründet wurde (vgl. Kapitel 9.2). Dabei spielt die Bewirtschaftung der Gewässer hinsichtlich der einzuhaltenden Sulfatkonzentrationen eine zentrale Rolle, nicht zuletzt zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung der Metropolregion Berlin. Für die Gütebewirtschaftung sind die 2019 beschlossenen Bewirtschaftungserlasse Eisen und Sulfat durch das Land Brandenburg von Bedeutung, welche die Reduzierung der bergbaubedingten Stoffeinträge mit konkreten Zielwerten festschreiben, MLUL & MWE (2019a) und MLUL & MWE (2019b) (vgl. Kapitel 9.2).

Während große Hochwasserereignisse in diesem Zeitraum weitgehend ausblieben (Hochwasser 2010 und 2013 mit geringen Schäden), bestimmten immer wieder ausgeprägte Niedrigwassersituationen das Abflussgeschehen. Bereits 1993 machte Dornier darauf aufmerksam, dass im August des Trockenjahres 1989 der zur Sicherung der Wasserversorgung Berlin festgesetzte Mindestabfluss am Pegel Große Tränke von 8 m^3/s gerade noch erreicht werden konnte, obwohl in diesem Jahr noch Grubenwasser im Umfang von ca. 30 m^3/s in die Vorflut eingeleitet wurde. Daraus wurde prognostiziert, dass angesichts der verminderten Sümpfungsmengen bis zum Jahr 2020 und über das Jahr 2020 hinaus die Situation noch kritischer werden wird und dass auch nach einer Auffüllung des Absenkungstrichters und einer Normalisierung der wasserwirtschaftlichen Situation das spätere Dargebot der Spree und ihrer Nebenflüsse unter dem aus vorbergbaulicher Zeit liegen wird.

Ausgeprägte Niedrigwassersituationen traten in den Jahren 2003/2004, 2006/2007 und 2018, 2019, 2020 und 2022 auf. Von April 2003 bis Oktober 2004 waren die Zuflüsse zu den Talsperren Quitzdorf und Bautzen langanhaltend so gering, sodass in Quitzdorf der Betriebsraum komplett aufgebraucht wurde und der Reserveraum in Anspruch genommen werden musste. In der Folge wurde am Pegel Cottbus am 01.12.2004 der niedrigste Abfluss von 4,59 m^3/s gemessen. 2006/2007 wurden ebenfalls sehr häufig Durchflüsse unter dem mittleren Niedrigwasser beobachtet. In diesem Zeitraum war die Bewirtschaftung der Talsperre Spremberg wegen der Generalsanierung (2005 bis 2008) eingeschränkt, wodurch die Durchflüsse unterhalb des Spreewaldes am Pegel Leibsch besonders niedrig ausfielen (teilweise unter 1 m^3/s).

2019 war das Jahr mit dem am längsten anhaltenden Niedrigwasser, sodass unterhalb der Talsperre Bautzen das mittlere Niedrigwasser an 100 Tagen unterschritten wurde. Am Pegel Leibsch wurde am 04. und 05.07.2019 erstmals ein Tiefstwert von 0 m^3/s aufgezeichnet. Durch die Stauhaltung im Spreewald fiel die Spree jedoch nicht trocken. Am Pegel Große Tränke wurde

das mittlere Niedrigwasser an 88 Tagen unterschritten. Der Tiefstwert lag bei 1,38 m^3/s, LfU (2021a).

Bedeutsam und wichtig für das Verständnis der regionalen Wasserwirtschaft in diesem Zeitraum ist die Tatsache, dass durch die permanente Sümpfungswassereinleitung des aktiven Bergbaus und durch Bewirtschaftungsmaßnahmen der im August 2018 erstmals einberufenen Ad-hoc-AG „Extremsituation" es zu keinem Versiegen der Spree gekommen ist und auch die Trinkwasserversorgung von Berlin stets gesichert war, SenUVK (2021b).

Gleichzeitig konnte die LMBV mit der vom Bergbau gestützten Wasserführung der Spree auch einen Großteil ihrer Bergbaufolgeseen fluten. Im Jahr 2020 haben bereits 16 größere Bergbaufolgeseen der LMBV in der Lausitz ihren unteren Zielwasserstand erreicht, LMBV (2022). Dabei wurde auch bei erhöhten Abflüssen Wasser aus der Neiße über die im Jahr 2006 errichtete Neißewasserüberleitung bei Steinbach zur Flutung verwendet, indem dieses in das Einzugsgebiet der Spree und Schwarzen Elster geleitet wurde. 2019 begann zudem die Flutung des 2015 stillgelegten Tagebaus Cottbus-Nord, aus dem der Cottbuser Ostsee entstehen wird.

5.5.3.2 Schwarze Elster

Das Wasser der Schwarze Elster wurde seit Beginn der 2000er Jahre in großen Mengen u. a. zur Flutung der Erweiterten Restlochkette im Zuständigkeitsbereich der LMBV verwendet. Insgesamt beträgt die Summe der Flutungs- und Nachsorgemengen von 2000 bis 2020 aus der Schwarzen Elster 505 Mio. m^3, LMBV (2022). Mit dem Erreichen der Zielwasserstände vieler Seen dient die Schwarze Elster auch der Ableitung von Bilanzüberschüssen aus den Seen.

Für die Schwarze Elster prognostizierte Dornier (1993), dass mit Rückgang des Braunkohlenbergbaus im Einzugsgebiet und dem damit einhergehenden Rückgang der Sümpfungswässer, in der Folge die Abflüsse bei Niedrigwasser im Bereich von Senftenberg bis Lauchhammer gegen Null gehen werden. Diese Prognose hat sich abschnittsweise bestätigt. In den Trockenjahren 2018, 2019 und 2020 fiel die Schwarze Elster mehrfach abschnittsweise trocken. Hauptursachen dafür sind der Abflussrückgang im Einzugsgebiet sowie die Herauslegung des Flusslaufes aus der Tiefenlinie (Talweg) des Lausitzer Urstromtales, wodurch heute das Lausitzer Seenland (Erweiterte Restlochkette) die natürliche Vorflutfunktion wahrnimmt. Dadurch kommt es bei sommerlichen Trockenwetterperioden regelmäßig zur Austrocknung des verlegten Flusslaufes unterhalb des Pegels Neuwiese bis zur Stadt Senftenberg (Abbildung 25).

Grund hierfür ist das Ungleichgewicht zwischen den Versickerungsraten im Fluss (Hanglage mit erhöhten Grundwasserflurabständen) und dem natürlichen Trockenwetterabfluss am Pegel Neuwiese (EZG von 672 km^2). Erschwerend kommt bis auf Weiteres die Nichtverfügbarkeit des Speichers Knappensee wegen dringender Sanierungsarbeiten hinzu.

Im Jahr 2010 wurde an der Südmarkscheide des Tagebaues Welzow-Süd mit der Errichtung einer bis zu 110 Meter tiefen und rund 10 Kilometer langen Dichtwand begonnen.

Abbildung 25: Ausgetrockneter Flusslauf der Schwarzen Elster im August 2018 an der Brücke B96

Bildquelle: LfU (2021a)

5.5.3.3 Lausitzer Neiße

Angesichts der Tatsache, dass die Lausitzer Neiße gegenüber den anderen beiden Flussgebieten Spree und Schwarze Elster der wasserreichste Fluss der Lausitz und zugleich die Staatsgrenze zwischen Polen und Deutschland bildet, ist der Bergbaueinfluss der aktiven Tagebaue Turów (Polen) sowie Nochten, Reichwalde und Jänschwalde gegenwärtig vernachlässigbar. Bereits jetzt ist die Lausitzer Neiße von Bedeutung für die Stützung des Wasserhaushaltes im bergbaubeeinflussten Gebiet der Schwarzen Elster.

Ab dem Jahr 2004 erfolgte die Entnahme von Wasser aus der Neiße für die Flutung des Tagebaurestloches Berzdorf. Mit der (ungeplanten) Füllung des Bergbaufolgesees infolge des Hochwassers 2010 an der Lausitzer Neiße wurde die Flutung aufgrund des Sanierungsbedarfs der Anlagen unterbrochen. Die Flutung des Berzdorfer Sees konnte im ersten Halbjahr 2013 mit dem stabilen Erreichen des geplanten Endwasserstandes abgeschlossen werden.

Das Wasser der Lausitzer Neiße kann gegenwärtig durch Entnahme und Überleitung zur Flutung und Nachsorge von LMBV-Bergbaufolgeseen bis zu einer Jahresmenge von 30 Mio. m^3 genutzt werden. Zur anteiligen Flutung von LEAG-Bergbaufolgeseen insbesondere in Jänschwalde und Reichwalde sowie zur vollständigen Flutung des polnischen Tagebaues Turów (Betreiber PGE) planen beide Unternehmen die Entnahme von Flusswasser aus der Lausitzer Neiße.

5.6 Vergleich der Abflussänderungen in den Betrachtungszeiträumen am Beispiel des Pegels Cottbus Sandower Brücke

Am Pegel Cottbus Sandower Brücke lassen sich die Veränderungen der Abflüsse über einen Zeitraum von fast 130 Jahren sehr gut darstellen. In der Tabelle 4 sind die wesentlichen hydrologischen Kennzahlen für die vier Betrachtungszeiträume aufgeführt.

Im Betrachtungszeitraum 1 und 2 (1893 bis 1960) sind alle hydrologischen Kennzahlen sehr ähnlich. Es gab jeweils Zeiten mit extrem niedrigen Abflüssen im Bereich von 1 bis 2 m^3/s, das MNQ lag bei 5 bis 6 m^3/s und das MQ im Bereich von 15 m^3/s. Es traten regelmäßig Hochwässer auf, die Hochwasserspitzen erreichten dabei Abflüsse im Bereich von 230 m^3/s und das MHQ lag

im Bereich > 80 m³/s. Auch der Verlauf der Ganglinie war sehr ähnlich wie aus Abbildung 26 gut zu erkennen ist. Dementsprechend war die Variabilität an Abflüssen in diesem Zeitraum groß.

Die hydrologischen Kennzahlen und der Verlauf der Ganglinien für die Betrachtungszeiträume 1 und 2 können als Referenz für die Abflussverhältnisse vor dem Einfluss des Braunkohlenbergbaus herangezogen werden. Allerdings muss bedacht werden, dass auch diese Abflüsse bereits anthropogen geprägt waren, durch erhebliche Veränderungen im Einzugsgebiet und im Flusslauf. Aber die Dynamik der Ganglinien, von ganz niedrigen bis extrem hohen Abflüssen, eignen sich als guter Vergleich für annähernd natürliche Abflussverhältnisse.

Tabelle 4: Hauptabflusskennwerte in den verschiedenen Betrachtungszeiträumen am Pegel Cottbus Sandower Brücke

Datenquelle: LfU Brandenburg

Betrachtungs-zeitraum	NQ [m³/s]	MNQ [m³/s]	MQ [m³/s]	MHQ [m³/s]	HQ [m³/s]
1: 1893-1920	1,16	5,97	15,14	88,87	227,00
2: 1920-1960	2,40	4,95	14,21	84,17	238,00
3: 1960-1990	4,95	8,83	18,84	50,13	127,00
4: 1990-2020	4,13	7,19	12,40	31,22	87,80

Im Betrachtungszeitraum 3 (1960 bis 1990) sind aus den hydrologischen Kennzahlen wesentliche Änderungen der Abflussverhältnisse in der Spree erkennbar. Der niedrigste Abfluss lag im Bereich von 5 m³/s und damit um mehr als das doppelte so hoch wie in den beiden Vorperioden. Auch das MNQ lag mit fast 9 m³/s und das MQ mit fast 19 m³/s beträchtlich höher als in den Vorperioden. An diesen Werten wird die Einleitung von Sümpfungswässern aus den Tagebauen und damit die Erhöhung der Abflüsse bis MQ deutlich erkennbar. Gleichzeitig erfolgten in diesem Zeitraum auch umfangreiche landwirtschaftliche Meliorationsmaßnahmen, wodurch Auen trockengelegt und der Abfluss erhöht wurde. Die Zeitspanne 1960-1990 repräsentiert somit eine Periode, wo in der Spree ein dauerhafter Wasserüberschuss vorhanden war.

Im Gegensatz zu erhöhten Abflüssen bis MQ traten im Betrachtungszeitraum 3 kaum größere Hochwässer auf. Sowohl die Werte für das MHQ mit 50 m³/s als auch für das HQ mit 127 m³/s liegen um fast die Hälfte unter den Werten der Vorperiode. Diese Abnahme der Dynamik der Abflussganglinie ist in Abbildung 26 deutlich zu erkennen. Ursache dafür ist einerseits eine natürliche Abnahme der Starkniederschläge, andererseits die Wirkung der gebauten Talsperren als Hochwasserrückhaltebecken, wodurch die Abflussspitzen gekappt und der Abfluss vergleichmäßigt wurde.

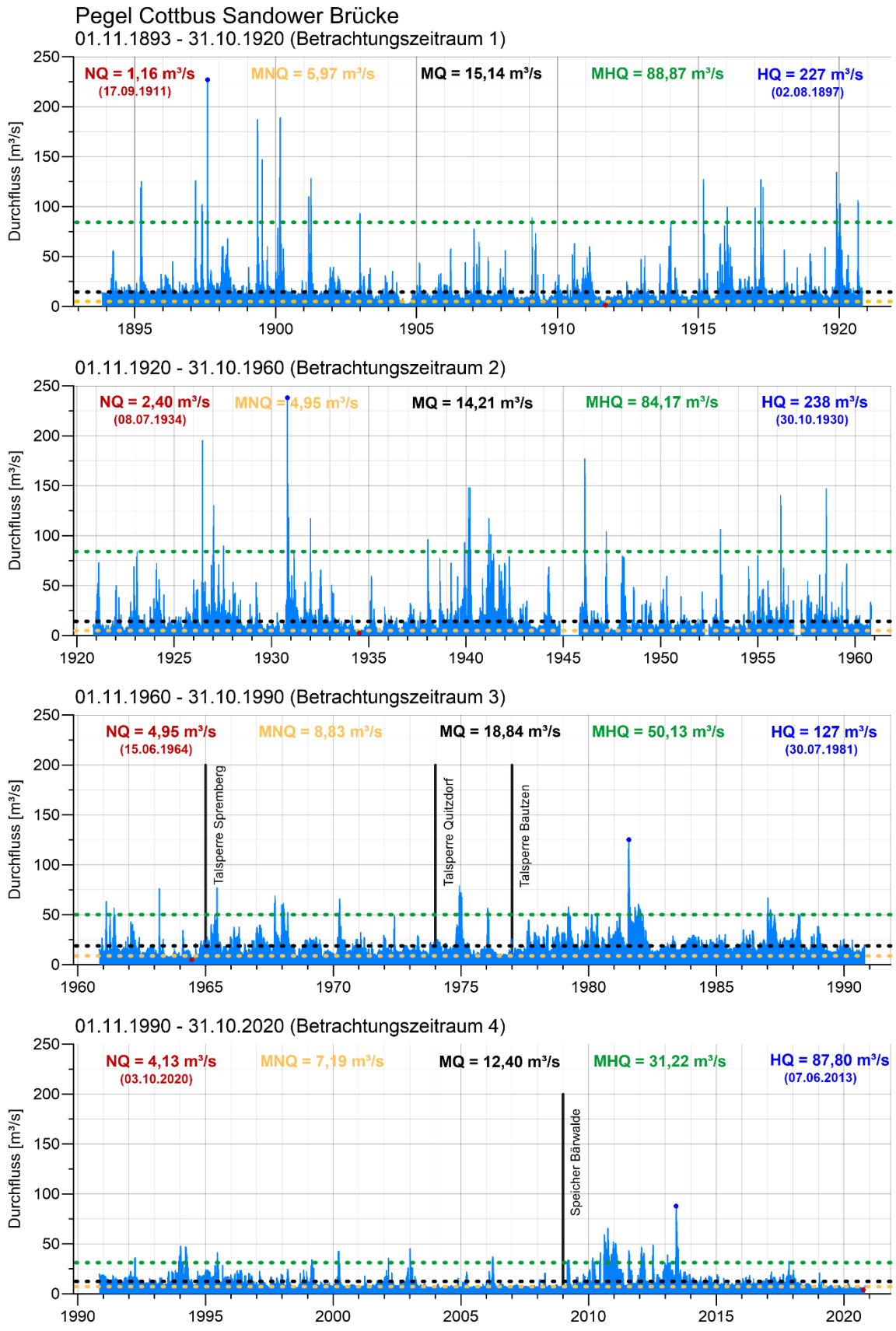
Im Betrachtungszeitraum 4 (1990 bis 2020) sind aus den hydrologischen Kennzahlen ebenfalls Änderungen der Abflussverhältnisse in der Spree erkennbar. Der niedrigste Abfluss lag im Bereich von 4 m³/s und damit etwas unter dem Wert der Vorperiode. Allerdings ist dieser Wert noch immer fast doppelt so hoch wie zu vorbergbaulichen Zeiten im Betrachtungszeitraum 1 und 2. Das MNQ lag mit 7 m³/s etwas und das MQ mit 12 m³/s deutlich unter den Werten der Vorperiode. An diesen Werten wird der Rückgang der Einleitung von Sümpfungswässern aus den Tagebauen erkennbar, aber auch, dass nach wie vor Sümpfungswasser in die Spree eingeleitet wird. Auch die Zeitspanne 1990 – 2020 repräsentiert eine Periode, wo in der Spree ein dauerhafter Wasserüberschuss bis MNQ vorhanden war.

Deutlich ist auch die Abnahme der Hochwässer. Sowohl die Werte für das MHQ mit 31 m³/s als auch für das HQ mit 88 m³/s liegen erheblich unter den Werten der Vorperiode. Diese Abnahme

der Dynamik ist ebenfalls in Abbildung 26 deutlich zu erkennen. Ursache dafür ist einerseits eine natürliche Abnahme der Starkniederschläge, andererseits die Wirkung der länderübergreifenden Bewirtschaftung des Flussgebietes. Insgesamt kam es zu einer Verstetigung der Abflussganglinie, wodurch die natürliche Abflussdynamik der Spree gänzlich verloren ging.

Abbildung 26: Abflussganglinie des Pegels Cottbus Sandower Brücke für die verschiedenen Betrachtungszeiträume

Datenquelle: LfU Brandenburg



Bildquelle: Eigene Darstellung gIR

5.7 Fazit

Über einen Zeitraum von fast 130 Jahren lassen sich die Auswirkungen des Braunkohlenbergbaus auf den Wasserhaushalt in der Lausitz sehr gut darstellen. Dies geschieht anhand der Abflussverhältnisse der Spree am Pegel Cottbus Sandower Brücke. Dazu erfolgt eine Unterteilung in vier Betrachtungszeiträume.

Die natürliche hydrologische Leistungsfähigkeit des Einzugsgebietes der Spree wird durch die Betrachtungszeiträume 1 und 2 (1893 bis 1960) abgebildet. Vor dem Beginn des industriellen Bergbaus waren die natürlichen Abflussverhältnisse der Spree durch eine hohe Dynamik gekennzeichnet. Dies betraf einerseits Phasen mit ausgeprägtem Wassermangel und andererseits Phasen mit häufigen und teilweise extremen Hochwasserereignissen. Diese Extreme traten meist entlang des gesamten Flusslaufes auf.

Bereits Keller (1916) und Sievers (1937) sowie auch Watolla (1943) beschrieben neben der Notwendigkeit eines besseren Hochwasserschutzes für den Spreewald die Auffüllung des Niedrigwassers der Berliner Spree als wichtige Aufgabe. Der Ausbau von Stauräumen im oberen Spreegebiet sowie der Ausbau von geeigneten Seen aus Seenketten der Spree zu Stauseen werden für diesen Zweck genannt. Schon damals war bekannt, dass es ohne Wasserspeicher oberhalb von Berlin ein quantitatives und vor allem qualitatives Problem geben wird.

Dabei spielt der Spreewald eine besondere Rolle, auf die bereits Keller (1916) hingewiesen hat, da in heißen und trockenen Jahren ca. vier Fünftel des Niedrigwasserabflusses im Spreewald verdunsten oder zurückgehalten werden (Abbildung 27). Daraus leitet sich auch die Aussage ab, dass die Spree in solchen Witterungsperioden unterhalb des Spreewaldes durch das Grundwasser neu geboren wird. In Trockenperioden kann die Verdunstung im Spreewald tageweise bis auf 8 m^3/s ansteigen, Kaden et. al. (2002).

Bereits seit 1821 existieren Planunterlagen, nach denen ein Kanal nördlich von Cottbus, hinter dem Maiberger Spreebogen, nordwärts zum Schwielochsee gezogen werden sollte, um Hochwasser noch oberhalb des Spreewaldes abzuleiten und diese im Schwielochsee zu speichern, Watolla (1943) und Rolland und Arnold (2002).

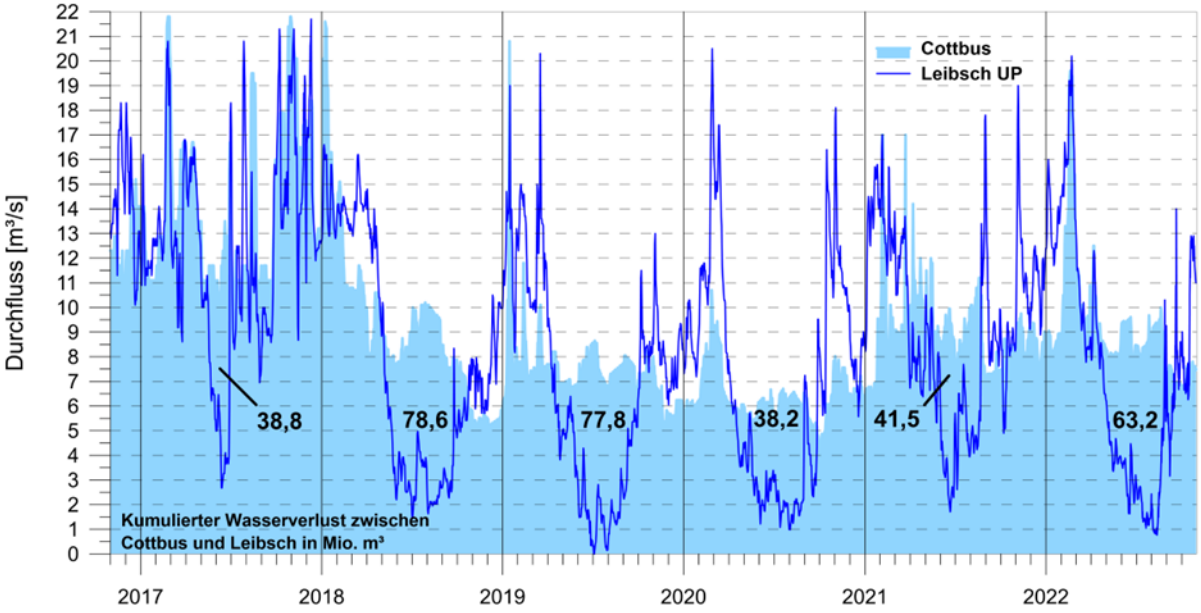
Mit dem Beginn des extensiven Bergbaus im Einzugsgebiet der Spree ab den 1960er Jahren (Betrachtungszeitraum 3) haben sich die Abflussverhältnisse in der Spree wesentlich verändert. Mit dem industriellen Braunkohlenbergbau wurde einerseits das Grundwasser großräumig abgesenkt, wodurch Bereiche mit Wassermangel entstanden sind, anderseits wurde das abgepumpte Wasser als Sümpfungswasser in die Spree und weitere Vorfluter eingeleitet, wodurch in diesen Vorflutern ein Wasserüberschuss vorhanden war. Zusätzlich wurden im Oberlauf der Spree die Talsperren Bautzen, Quitzdorf und Spremberg errichtet, um Kraftwerke mit Wasser zu versorgen. Dafür wurden Flussquerschnitte auf die erhöhten Mittelwasserabflüsse ausgebaut.

Im Ergebnis haben sich die Niedrig- und Mittelwasserabflüsse wesentlich erhöht und die Hochwässer reduziert, weil sie in den Talsperren zurückgehalten wurden. Natürliche, extreme Abflusssituationen in der Spree traten nicht mehr auf und die Abflussdynamik der Spree hat stark abgenommen. Es lag ein permanenter, unnatürlicher Wasserüberschuss vor.

Durch den kontinuierlichen Rückgang der Sümpfungswassereinleitungen im Zeitraum 1990 bis 2020 (Betrachtungszeitraum 4) haben sich auch die Abflussverhältnisse in der Spree wieder verändert. Die Abflüsse sind zwar gegenüber dem Betrachtungszeitraum 3 zurückgegangen, aber durch die Sümpfungswassereinleitung herrscht weiterhin ein Wasserüberschuss vor. Dies zeigt sich an den Niedrig- und Mittelwasserabflüssen, die wesentlich höher als die vorbergbaulichen lagen. Des Weiteren findet im Verbund mit der Bewirtschaftung der Talsperren kaum mehr eine Abflussdynamik statt, wodurch in erster Linie gesteuerte Abflüsse vorherrschen.

Abbildung 27: Vergleich der Durchflussganglinien an den Pegeln Cottbus Sandower Brücke und Leibsch UP für die hydrologischen Jahre 2017 bis 2022

Datenquelle: LfU Brandenburg
Die Zahlen stellen den kumulierten Wasserverlust in den Sommermonaten aus der Differenz der beiden Ganglinien in Mio. m³ pro Jahr dar.



Bildquelle: Eigene Darstellung gIR

Durch die Einleitung von Sümpfungswässern, den Bau von Talsperren und sonstiger baulicher Veränderungen im Einzugsgebiet haben sich die Abflussverhältnisse in der Spree gegenüber den vorbergbaulichen Verhältnissen wesentlich verändert. Seit über 60 Jahren herrschen keine natürlichen, sondern gesteuerte Abflussverhältnisse vor. Extreme treten nicht mehr auf, selbst bei Niedrig- und Mittelwasser herrscht gegenüber den natürlichen Verhältnissen Wasserüberschuss vor. Hochwässer, selbst kleine Abflussspitzen, werden zurückgehalten. Statt einer Abflussdynamik herrscht eine „Abflussstatik".

Die natürliche hydrologische Leistungsfähigkeit des Einzugsgebietes der Spree ist sehr begrenzt. Durch die Einleitung von Sümpfungswässern wurde die beschränkte Verfügbarkeit von Wasser im Einzugsgebiet überdeckt. Mit dem Ende des Braunkohlenbergbaus werden Themen wieder akut, auf die bereits vor über 100 Jahren, z. B. Keller (1916) und weitere Autoren, hingewiesen hatten.

Fazit

In der Spree werden die Abflüsse am Pegel in Cottbus seit 1893 aufgezeichnet. Die Abflussganglinien zeigen, dass **vor dem Bergbaueinfluss** im Einzugsgebiet der Spree häufig **extreme Niedrigwasser- und Hochwasserabflüsse** auftraten.

Eine besondere hydrologische Rolle spielt der **Spreewald**, da in trockenen Sommern ca. **80 % des Abflusses verdunsten oder zurückgehalten** werden. Bereits 1916 beschreibt Keller die Auffüllung des Niedrigwassers der Berliner Spree für die Wasserversorgung als wichtige Aufgabe.

Durch die Einleitung von **Sümpfungswasser** aus dem Braunkohlenbergbau treten in der Spree seit über **60 Jahren keine natürlichen, sondern künstliche Abflussverhältnisse** auf. Es herrscht ein **Wasserüberschuss** vor und extreme Niedrigwasserabflüsse treten nicht mehr auf.

Die natürliche hydrologische Leistungsfähigkeit des Einzugsgebietes der Spree ist sehr begrenzt. Die Einleitung des Sümpfungswassers hat die beschränkte Verfügbarkeit des Wassers im Einzugsgebiet lange überdeckt. Mit dem **Ende des Braunkohlenbergbaus** treten wieder **wasserwirtschaftliche Probleme** zutage, die seit über **100 Jahren bekannt** sind.

6 Entwicklung bis 2100

6.1 Gesetzliche Fixierung des Kohleausstiegs (Phase 5: 2020 bis 2040)

6.1.1 Allgemeines

Mit der gesetzlichen Fixierung der Reduzierung und Beendigung der Kohleverstromung geht Deutschland einen wichtigen Schritt auf dem Weg der Energiewende. Um diesen Transformationsprozess auf einen breiten gesellschaftlichen Konsens über die Gestaltung des energie- und klimapolitisch begründeten Strukturwandels zu stützen, wurde am 6. Juni 2018 die Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“, auch „Kohlekommission“ genannt, einberufen, die sich aus Akteuren der Politik, Wirtschaft, Umweltverbänden, Gewerkschaften sowie betroffenen Ländern und Regionen zusammensetzte. In dem am 31. Januar 2019 an die Bundesregierung übergebenen Abschlussbericht empfiehlt die „Kohlekommission“ das Ende der Kohleverstromung in Deutschland bis spätestens 2038. Des Weiteren zeigt der Bericht auf, wie die Strukturentwicklung in den betroffenen Regionen kurz-, mittel- und langfristig erfolgen kann, um die wegfallenden Arbeitsplätze sowie die Wertschöpfung durch neue, zukunftsfähige Einrichtungen und Unternehmen auszugleichen und neue Perspektiven für ein gutes Leben und eine erfolgreiche wirtschaftliche Entwicklung zu schaffen, BMWi (2019).

Mit dem „Gesetz zur Reduzierung und zur Beendigung der Kohleverstromung und zur Änderung weiterer Gesetze“ KohleAusG (2020) wurde der Kohleausstieg rechtssicher vom Bundestag und Bundesrat beschlossen (Kapitel 4.5.1). Dieses regelt u. a. die Reduzierung und Beendigung der Stein- und Braunkohleverstromung mit einem Stilllegungspfad für die Kohlekraftwerke. Der Stilllegungspfad sieht die schrittweise Abschaltung der Kraftwerksblöcke bis zum Jahr 2038 vor, wobei 2026, 2029 und 2032 zu prüfen ist, ob die Stilllegungen jeweils um drei Jahre vorgezogen und damit der Ausstieg bereits 2035 abgeschlossen werden können.

Die 2021 neu gewählte Regierung aus SPD, B90/Die Grünen und FDP sieht in ihrem Koalitionsvertrag den vollständigen Kohleausstieg idealerweise bereits bis 2030 vor. Dafür soll die für 2026 geplante Überprüfung des Ausstiegspfades bis spätestens Ende 2022 analog zum Kohleausstiegsgesetz vorgenommen werden, Koalitionsvertrag 2021-2025. Inwieweit das wegen der Gasmangellage in 2022 verabschiedete Ersatzkraftwerkebereithaltungsgesetz (EKBG) eine über die derzeit fixierte Geltungsfrist 31.03.2024 hinausgehende Wirkung auf die wasserhaushaltlichen Aussagen entfalten könnte, ist spekulativ und wird im Rahmen dieser Bearbeitung nicht berücksichtigt.

Eng an den Kohleausstieg ist die Strukturentwicklung in den betroffenen Regionen gebunden. Dazu wurden die strukturpolitischen Empfehlungen der „Kohlekommission“ mit dem „Investitionsgesetz Kohleregionen“ umgesetzt, InvKG (2020). Ziel ist es, die Kohleregionen in Zukunftsregionen mit umfangreichen Investitionen und Maßnahmen zu wandeln und im Zuge des schrittweisen Ausstiegs aus der Kohle neue Chancen für eine nachhaltige Wirtschaft mit hochwertiger Beschäftigung zu eröffnen. Neben Finanzhilfen von Bund und Ländern für die wirtschaftsnahe Infrastruktur, den öffentlichen Nahverkehr, die Breitband- und Mobilitätsinfrastruktur, den Umweltschutz und die Landschaftspflege werden der Ausbau der Infrastruktur für den Schienen- und Straßenverkehr sowie die Ansiedlung und Verstärkung von Forschungseinrichtungen gefördert, BMWi (2021).

6.1.2 Bergbau

Mit der Umsetzung des Kohleverstromungsbeendigungsgesetzes (KVBG) und den darin vorgesehenen verkürzten Laufzeiten der Braunkohlenkraftwerke KohleAusG (2020) wird eine Anpassung des Kohlebedarfs erforderlich. Die Eckpunkte für die Planung der LEAG ergeben sich

dabei gemäß den Festlegungen der Bundesregierung zum Stilllegungspfad Braunkohle vom 15.01.2020 mit der Außerbetriebnahme der Lausitzer Kraftwerke wie folgt (Tabelle 5):

Tabelle 5: Stilllegungspfad der Lausitzer Kraftwerke (LEAG)

Kraftwerk	Leistung [MW]	Außerbetrieb-nahme	Bemerkung
Jänschwalde	500	31.12.2025	zeitlich gestreckte Stilllegung
	500	31.12.2027	zeitlich gestreckte Stilllegung
	1.000	31.12.2028	
Boxberg (Werk III)	1.000	31.12.2029	
Boxberg (Werk IV)	1.500	31.12.2038	
Schwarze Pumpe	1.600	31.12.2038	

Quelle: BGBl (2022)

Die LEAG hat daraufhin in den Sitzungen der Braunkohlenausschüsse der Bundesländer Brandenburg und Sachsen die Nichtinanspruchnahme des räumlichen Teilabschnitts II des Tagebaus Welzow-Süd und die Reduzierung der Kohleinanspruchnahme im Tagebau Reichwalde bekanntgegeben.

Für die Einstellung des Tagebaubetriebes ist gemäß § 53 Bundesberggesetz (BBergG) ein Abschlussbetriebsplan erforderlich. Dieser beinhaltet die bergbaulichen Tätigkeiten nach Einstellung der Kohleförderung sowie die Wiedernutzbarmachung mit dem Ziel, dass nach der bergbaulichen Tätigkeit keine Gefahren für Leben, Gesundheit und Sachgüter ausgehen und die Bergaufsicht beendet werden kann. Nach dem Ende der Kohleförderung erfolgen in den Resträumen der Tagebaue zunächst Rückbaumaßnahmen der technischen Gewinnungsanlagen und Infrastruktur. Die Kippen- und Randböschungen werden, teilweise schon während des laufenden Betriebes, für ihre Funktion in der Bergbaufolgelandschaft gestaltet.

Im Tagebau Jänschwalde endet die Kohlegewinnung im Jahr 2023. Im Tagebau Welzow-Süd ist von einem Ende der Kohleförderung im Jahr 2030 auszugehen. In den Tagebauen Nochten und Reichwalde wird die Kohleförderung spätestens im Jahr 2038 eingestellt.

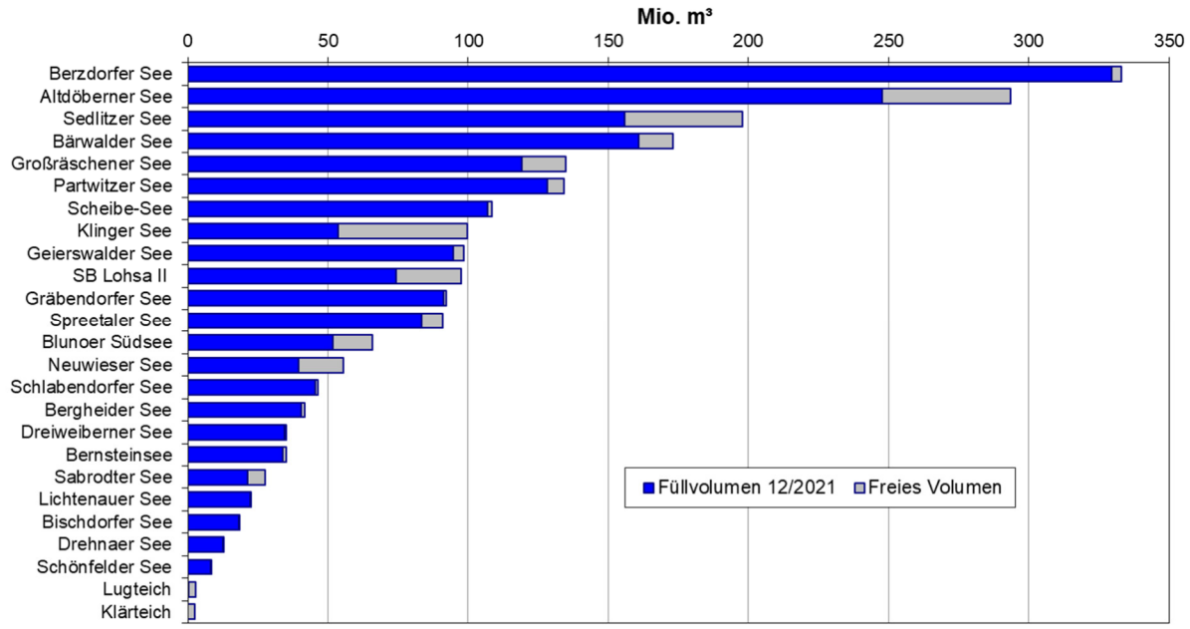
6.1.3 Wasserwirtschaft

Die Flutung der Bergbaufolgeseen des **Sanierungsbergbaus** der LMBV im Lausitzer Braunkohlenrevier ist weit fortgeschritten (Abbildung 28). Für Bergbaufolgeseen, deren Flutung noch nicht abgeschlossen ist, liegen überwiegend geotechnische oder Bewirtschaftungsgründe vor. Am Altdöberner See, am Sedlitzer See sowie am Neuwieser See, Blunoer Südsee, Sabrodter See und Spreetaler See sind die Sanierungsarbeiten noch nicht abgeschlossen. Für den Klinger See im Tagebauraum Jänschwalde erfolgen derzeit eine neue geotechnische Bewertung und ggf. eine Anpassung des Zielwasserstandes. Weitere Bergbaufolgeseen, wie der Bärwalder See, Dreiweiberner See, Lohsa II und Bernsteinsee, sind als Speicher hergestellt und werden unter den derzeit noch bestehenden Restriktionen moderat bewirtschaftet (Kapitel 7.3.2).

Die LMBV rapportierte zum Ende 2021 für die Bergbaufolgeseen im Lausitzer Braunkohlenrevier einen Flutungsstand von 1,97 Mrd. m^3 bzw. von 89 % bezogen auf den oberen Füllstand der Bergbaufolgeseen sowie 12.930 ha hergestellte Seefläche, was etwa 92 % der maximal herzustellenden Wasserfläche entspricht, LMBV (2022). Dieser Flutungsfortschritt war unter anderem dadurch möglich, weil in dieser Zeit aus dem aktiven Bergbau stabil Sümpfungswasser in die Spree eingeleitet wurde (Abbildung 10 und Abbildung 11). In Trockenjahren 2018, 2019

und 2022 mussten die Wasserverluste in den Bergbaufolgeseen wegen hoher Verdunstungsraten durch Wasserzufuhr aus der Spree und Lausitzer Neiße ausgeglichen werden. Einige Bergbaufolgeseen, die nicht in den Talauen der Flüsse oder Urstromtäler liegen, wie z. B. Lohsa II, haben aufgrund ihrer Lage im Grundwasserströmungsfeld permanent hohe Grundwasserabströme, die ebenfalls durch Wasserzufuhr ausgeglichen werden müssen.

Abbildung 28: Füllstand der Bergbaufolgeseen der LMBV in der Lausitz zum Ende des Jahres 2021



Bildquelle: LMBV (2022)

Ende 2022 waren im Bereich des **Gewinnungsbergbaus** noch vier Tagebaue aktiv und zwei Bergbaufolgeseen befanden sich bereits in Flutung. Der Flutungsstand betrug Ende 2022 im Cottbuser Ostsee (ehemaliger Tagebau Cottbus-Nord) ca. 50 % und im Hermannsdorfer See (Kippe Tagebau Nochten) reichlich 25 % bezogen das geplante Füllvolumen.

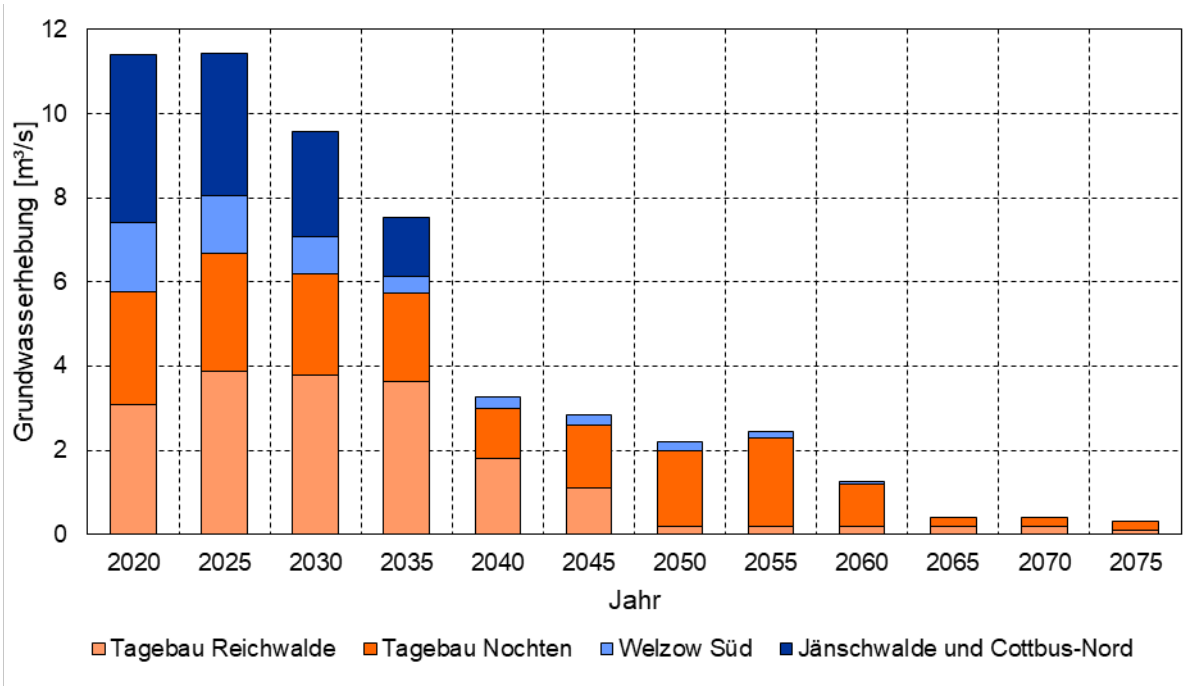
Unter Berücksichtigung des Stilllegungspfades der Lausitzer Kraftwerke gemäß der Tabelle 5 wurden die Kohlenförderung und entsprechend die **Wasserhebung in den Tagebauen** Welzow-Süd, Nochten und Reichwalde durch die LEAG angepasst. Ebenso wurden für diese drei Tagebaue die Beendigung der Kohleförderung und der voraussichtliche Beginn der Flutung zeitlich neu fixiert. Demnach entwickelt sich die Wasserhebung in den Tagebauen der LEAG ab der zweiten Hälfte der 2020er Jahre deutlich rückläufig (Abbildung 29).

Nach dem Rückbau der bergmännischen Betriebsanlagen und Infrastruktur und der sukzessiven Einstellung der Sümpfungsmaßnahmen füllen sich die offenen Hohlformen selbstständig durch das ansteigende Grundwasser. Der ausschließlich natürliche Grundwasserwiederanstieg würde jedoch sehr langsam erfolgen und wäre zudem durch eine ungünstige Entwicklung der Wasserbeschaffenheit geprägt (Kapitel 8).

Zur schnelleren Wiederherstellung eines sich weitgehend selbstregulierenden Wasserhaushaltes plant die LEAG, die Resträume der Tagebaue gezielt mit den regional verfügbaren Wasserdargeboten der Spree und der Lausitzer Neiße zu fluten. Entsprechend den Geländeverhältnissen zwischen dem Entnahmegewässer und der Einleitstelle in den jeweiligen Restraum, dem dabei zu überwindenden Geländeprofil und dem geplanten Zielwasserspiegel im Bergbaufolgesee werden geeignete Flutungs- und Überleitungsbauwerke errichtet. Für die künftige Einbindung in den regionalen Wasserhaushalt sind zudem Auslaufbauwerke und Ableiter

geplant. Deren Dimensionierung ergibt sich unter Beachtung der Anforderungen an den Hochwasserschutz aus der erforderlichen Überleitungsmenge zur Begrenzung des maximal zulässigen Zielwasserstandes und den Möglichkeiten der Wasserbewirtschaftung.

Abbildung 29: Geplante Grundwasserhebung in den Lausitzer Tagebauen zwischen 2020 und 2075



Bildquelle: LEAG, Information an die AG Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster-Neiße am 04.11.2021, Festlegungsprotokoll Anlage 9

Bereits ab 2029 ist die Flutung von zwei der drei Bergbaufolgeseen des Tagebaues Jänschwalde mit Oberflächenwasser der Lausitzer Neiße und der Spree vorgesehen (Tabelle 6). Zur Unterstützung soll gegebenenfalls Wasser aus dem dann voraussichtlich gefüllten Cottbuser Ostsee zu den Bergbaufolgeseen Heinersbrück und Jänschwalde übergeleitet werden. Der Taubendorfer See soll ausschließlich mit Wasser aus der Lausitzer Neiße geflutet werden. Bis 2040 sollen die drei Bergbaufolgeseen vollständig geflutet sein (Tabelle 6).

Tabelle 6: Übersicht über die Flutung der Tagebaurestlöcher der LEAG

*) bei mittleren hydrologischen Verhältnissen

Kennwert	Einheit	Cottbus	Jänschwalde	Jänschwalde	Jänschwalde
Bergbaufolgesee	---	Cottbuser Ostsee	Heinersbrück	Jänschwalde	Taubendorf
Wasseroberfläche im Endzustand	ha	1.900	120	205	186
Wasserspiegel im Endzustand	m NHN	+62,5	+61,9	+62,0	+56,5
Seevolumen	Mio. m³	124	18	62	70
Ende der Kohleförderung	---	2015	2023	2023	2023

Kennwert	Einheit	Cottbus	Jänschwalde	Jänschwalde	Jänschwalde
Voraussichtlicher Flutungsbeginn	---	2019	2029	2029	2031
Voraussichtliche Flutungsdauer *)	Jahre	ca. 6	ca.10	ca. 10	ca. 10
Zulaufanbindung	---	Spree	Kippenvorflut	Kippenvorflut	Kippenvorflut
Ablauf	---	Schwarzer Graben → Großes Fließ → Spree	Malxe	Heinersbrücker See	Eilenzfließ → Neiße

Quelle: DHI-WASY (2022)

Ab 2034 ist die Flutung des Bergbaufolgesees Welzow mit Oberflächenwasser aus der Spree über die zu erweiternde Pumpstation Spreewitz vorgesehen (Tabelle 7). Von der Pumpstation Spreewitz wird das Spreewasser über eine bereits vorhandene Doppelrohrleitung (2 x DN600) in den Oberen Landgraben gefördert und bis zum Verteilerwehr Bluno geleitet. Die Flutung kann zusätzlich durch die Überleitung von Neißewasser unter Nutzung der bestehenden Anlagen der LMBV forciert werden. Die Bergbaufolgeseen Nochten und Reichwalde sollen erst nach dem Jahr 2040 mit Wasser aus der Spree bzw. aus der Lausitzer Neiße geflutet werden (Tabelle 7).

Tabelle 7: Übersicht über die Flutung der Tagebaurestlöcher der LEAG (Fortsetzung)

*) bei mittleren hydrologischen Verhältnissen
**) Restsee im TA I

Kennwert	Einheit	Welzow-Süd **)	Nochten	Nochten	Reichwalde
Bergbaufolgesee	---	Welzow	Nochten	Hermanns-dorfer See	Reichwalde
Wasseroberfläche im Endzustand	ha	1.940	2.010	205	1.880
Wasserspiegel im Endzustand	m NHN	+108,0	+118,0	+128	+129,0
Seevolumen	Mio. m³	580	720	23,6	320
Voraussichtliches Ende der Kohleförderung	---	2030	2038	---	2038
Voraussichtlicher Flutungsbeginn	---	2037	2040	2018	2042
Voraussichtliche Flutungsdauer *)	Jahre	ca. 30	ca. 30	ca. 10	ca. 23
Zulaufanbindung	---	Kippenvorflut	Kippenvorflut	Kippenvorflut	Weißer Schöps
Ablauf	---	Oberer Landgraben → Sedlitz → Rainitza → Schwarze Elster	Struga → Spree	Floßgraben → Legnitzka → Neiße	Floßgraben → Legnitzka → Neiße

Quelle: DHI-WASY (2022)

Der jeweilige Flutungsbeginn ist zeitlich abhängig von der bergbehördlichen Feststellung der Flutungsbereitschaft. Die in der Tabelle 6 und Tabelle 7 angegebenen Flutungsdauern entsprechen mittleren hydrologischen Dargebotsszenarien. Langanhaltende Trockenwetterlagen können die Flutungsdauer um mehrere Jahre verlängern. Alle Flutungsszenarien gehen von einer Nutzung der Neißeüberleitung in Steinbach (NÜL1) und der Neißewasserüberleitung nördlich von Forst (NÜL2) aus (siehe Kapitel 11.3.3).

Während der bergmännischen Restraumgestaltung (Beräumung der Tagebaugroßgeräte und Infrastruktur, Ausformung des künftigen Seebeckens sowie Verdichtung der setzungsfließempfindlichen, künftig wasserangrenzenden Böschungen) sowie zum Erzielen einer günstigen Wasserbeschaffenheit - möglichst ohne das Erfordernis zusätzlicher Konditionierungsmaßnahmen - sind nach Beendigung der Kohleförderung und während der Flutung ein Teil der Filterbrunnen nach geotechnischen und hydrologischen Vorgaben weiter zu betreiben. Dies kann u. U. bis kurz vor dem Erreichen des Zielwasserstandes notwendig sein. Zeit und Umfang dieses notwendigen Betriebs der Filterbrunnen hängt sowohl vom Fortschritt der bergmännischen Restraumgestaltung als auch vom Flutungsfortschritt der Bergbaufolgeseen ab.

6.2 Wiedernutzbarmachung der LEAG-Tagebaue (Phase 6: 2040 bis 2070)

6.2.1 Allgemeines

Die Phase 6 wird von der Wiederherstellung und Wiedernutzbarmachung der Bergbauflächen insbesondere in den beiden sächsischen Tagebauen Nochten und Reichwalde sowie der Flutung der LEAG-Tagebaue geprägt sein. Die Braunkohlepläne enthalten u. a. Vorgaben zur Oberflächengestaltung und Wiedernutzbarmachung der beanspruchten Flächen. In den Flächenbilanzen sind die Anteile für land- und forstwirtschaftliche sowie für sonstige Nutzungen ausgewiesen, ebenso wie die Größe der entstehenden Bergbaufolgeseen und deren wasserwirtschaftliche Nutzung.

6.2.2 Bergbau

Die bergmännischen Arbeiten zur sicheren Gestaltung der künftigen, über dem Grundwasserspiegel liegenden Kippenflächen im Tagebaubereich Welzow-Süd und dessen Seebecken werden überwiegend abgeschlossen sein. In den sächsischen Tagebauen Reichwalde und Nochten werden mit der geplanten Beendigung der Kohleförderung im Jahr 2038 diese Arbeiten dagegen noch im Gange sein.

Parallel zu den bergmännischen Arbeiten sind ggf. zusätzliche Maßnahmen zum Schutz der Oberflächengewässer, wie der Bau von Dichtwänden, durchzuführen. Die Gründe hierfür liegen in der Beherrschung der mit dem Grundwasserwiederanstieg einhergehenden Stoffbelastungen. Zur Begrenzung der bergbaulichen Grundwasserabsenkung wurden entlang einiger Tagebauränder Dichtwände errichtet (Kapitel 8.2.1), um während des Tagebaubetriebs die Auswirkungen auf den Wasserhaushalt außerhalb des Abbaugebietes so gering wie möglich zu halten. Anhand von Modellrechnungen erfolgt die Einschätzung der geohydraulischen Wirkungen der Dichtwände nach dem Grundwasserwiederanstieg. Dabei werden sowohl die Auswirkungen auf die Grundwasserströmung, den Grundwasserstand und die Wasserbeschaffenheit geprüft und auf dieser Grundlage über Erhalt oder Perforation der Dichtwand entschieden. Für die Dichtwand des Tagebaues Cottbus-Nord wurde dies im Abschlussbetriebsplan bereits geprüft. Danach braucht diese Dichtwand nachträglich nicht perforiert werden.

Aktuelle Planungen der LMBV sehen die Errichtung einer Dichtwand im Nordosten des Speichers Lohsa II zum Schutz der Spree vor diffusen Stoffeinträgen Dies hat den vorteilhaften Nebeneffekt, dass zugleich der Grundwasserabstrom aus dem Speicher verringert wird.

6.2.3 Wasserwirtschaft

Während die Flutung der drei Bergbaufolgeseen des Tagebaus Jänschwalde bis 2040 (Phase 5) abgeschlossen sein soll (Kapitel 6.1.3), liegt der Fokus in der Phase 6 auf der **Flutung** der großvolumigen Bergbaufolgeseen Welzow, Nochten und Reichwalde (Tabelle 7). Die Flutung des Bergbaufolgesees Welzow soll aus der Spree über die Pumpstation Spreewitz erfolgen, nach aktuellen Planungen voraussichtlich im Jahr 2037 aufgenommen werden und unter mittleren hydrologischen Verhältnissen nach ca. 30 Jahren abgeschlossen sein (Kapitel 6.1.3 und Tabelle 7). Die spätere Wasserausleitung erfolgt über den Oberen Landgraben und die Lausitzer Seenkette zur Schwarzen Elster.

Die Flutung des Bergbaufolgesees Nochten soll ebenfalls überwiegend aus der Spree und anteilig aus der Struga erfolgen, nach aktuellen Planungen voraussichtlich erst nach 2040 aufgenommen und unter mittleren hydrologischen Verhältnissen nach ca. 30 Jahren abgeschlossen sein (Tabelle 7). Der erforderliche Ableiter des Bergbaufolgesees wird in den Unterlauf der Struga eingebunden und mündet bei Neustadt in die Spree.

Sowohl der Bergbaufolgesee Welzow als auch Nochten sind aufgrund ihrer topographischen Lage nur im Pumpbetrieb erreichbar. Beide greifen auf die Ressourcen der Spree und ggf. der Lausitzer Neiße zurück. Dadurch entsteht zwangsläufig eine Konkurrenzsituation bzgl. des Flutungswassers. Unter ungünstigen Witterungsbedingungen und bei einer ungünstigen klimatischen Entwicklung kann sich die Flutungsdauer im Einzelfall um Jahrzehnte verlängern (Tabelle 8).

Tabelle 8: Prognostizierte Flutungsdauer der Bergbaufolgeseen der LEAG für verschiedene hydrologische Verhältnisse und Nutzung der Neißewasserüberleitung

Angaben in Jahren

Bergbaufolgesee	Ohne Nutzung der Neißewasserüberleitung NÜL1			Mit Nutzung der Neißewasserüberleitung NÜL1		
	Dargebot Niedrig	Dargebot Mittel	Dargebot Hoch	Dargebot Niedrig	Dargebot Mittel	Dargebot Hoch
Reichwalde	53	45	36	27	22	18
Nochten	39	31	25	32	26	21
Welzow	33	26	18	23	18	14

Quelle: DHI-WASY (2022)

Die ausschließliche Zuführung von Flutungswasser über Pumpstationen bedingt, dass keine Hochwässer abgeschöpft werden können, bestenfalls im Rahmen der technischen Entnahmekapazitäten. Die Konstellation der Flutung der LEAG-Tagebaue ist zudem ungünstiger als bei der Flutung der bisherigen LMBV-Tagebaue in der Phase 4, weil der stabile Grundstock des Sümpfungswassers in der Spree nicht mehr zur Verfügung steht (Kapitel 6.1.3).

Für den Bergbaufolgesee Reichwalde ist ab dem Jahr 2042 eine Flutung vorrangig aus der Lausitzer Neiße vorgesehen. Die Flutung soll unter mittleren hydrologischen Verhältnissen voraussichtlich nach ca. 23 Jahren abgeschlossen sein (Tabelle 7). Die Flutung des künftigen Bergbaufolgesees Reichwalde erfolgt mit Anpassungen über die bereits bestehende Neißewasserüberleitung NÜL1. Die künftige Ableitung aus dem Bergbaufolgesee Reichwalde erfolgt in die Legnitzka zur Lausitzer Neiße.

Die Aufteilung und Freigabe des Wasserdargebotes zur Flutung der Bergbaufolgeseen erfolgt entsprechend den Grundsätzen für die Bewirtschaftung der Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße und wird von der Flutungszentrale Lausitz (FZL) koordiniert.

Die künftige vielfältige Nutzung der Bergbaufolgeseen wird maßgeblich durch die Beschaffenheit des Seewassers bestimmt. Wesentliche Randbedingungen dafür sind die Beschaffenheiten des wiederansteigenden Grundwassers und des Flutungswassers. Ggf. sind geeignete Maßnahmen zur Verhinderung einer Versauerung umzusetzen.

Bis zum Abschluss des **Grundwasserwiederanstiegs** ist es erforderlich, wasser- bzw. grundwasserabhängige Landökosysteme weiterhin im Rahmen der in Nebenbestimmungen und Sonderbetriebsplänen geregelten Schadensbegrenzungsmaßnahmen zu schützen und mit Stützungswasser zu versorgen. Dieses Stützungswasser generiert sich bislang überwiegend aus dem Sümpfungswasseraufkommen der Tagebaue und ist Bestandteil der wasserwirtschaftlichen Bilanzierungen. Der Grundwasserwiederanstieg durch Grundwasserneubildung verläuft sehr langsam. Er kann, wie im Falle des Tagebaus Nochten, bis zu zwei Jahrzehnte nach Erreichen des Zielwasserstandes im Bergbaufolgesee dauern. Gestützt wird diese Aussage auch durch Erfahrungen der LMBV. Basierend auf der Größenordnung der gegenwärtigen Stützungswassermenge von ca. 1 m^3/s für den Tagebau Nochten muss für einen Zeitraum nach 2060 mit einem Wasserbedarf von ca. 50 % gerechnet werden. Dieser kann unter Beachtung eines rückläufigen Aufkommens gemäß Abbildung 29 nicht mehr aus den Sümpfungswasser bereitgestellt werden. Gleiches gilt auch für den Tagebau Welzow- Süd und dessen Verpflichtungen zum Erhalt wasserabhängiger Landökosysteme. In den langfristigen Bilanzierungen ist deshalb zwingend auch ein **Zusatzwasserbedarf** zur Stützung der wasserabhängigen Landökosysteme zu berücksichtigen, der über einen Zeitraum von zwei bis drei Jahrzehnten dargebotsmindernd wirken wird. Diese Stützungsmaßnahmen beinhalten Wassereinleitungen in Moore, Teiche und Fließgewässer.

Mit der bergbaulichen Inanspruchnahme wurden Quellgebiete, Fließgewässer und Teile deren Einzugsgebiete beseitigt. Diese sind gemäß den Vorgaben der Braunkohlepläne wiederherzustellen.

6.3 Nachbergbaulicher Wasserhaushalt (Phase 7: nach 2070)

6.3.1 Allgemeines

Nach Erreichen der Zielwasserstände sollten die erforderlichen Abschlussgutachten für die Bergbaufolgeseen erstellt und die Seen für die Folgenutzung freigegeben sein. Die BFS und die wiederhergestellten Fließgewässer prägen das Bild der Bergbaufolgelandschaft. Die Entwicklung der bergbaulich beanspruchten Flächen für land- und forstwirtschaftliche oder sonstige Nutzungen ist abgeschlossen und die rekultivierten Bereiche gliedern sich nahtlos in die Landschaft ein.

6.3.2 Bergbau

Nach 2070 sollen alle wesentlichen Bergbauaktivitäten grundsätzlich zum Abschluss gekommen sein. Örtlich sind gegebenenfalls nachträglich geotechnisch bedingte Sanierungsmaßnahmen durchzuführen. Die Erfahrungen im LMBV-Bereich zeigen, dass es in der Endphase des Grundwasserwiederanstiegs lokal zu vertikalen und horizontalen Geländeverformungen in Form von Sackungen und Setzungen bzw. Setzungsfließrutschungen kommen kann, die nachträgliche Profilierungs- und Verdichtungsarbeiten erfordern.

6.3.3 Wasserwirtschaft

Mit dem Erreichen der Zielwasserspiegel in den Bergbaufolgeseen kommt auch der Grundwasserwiederanstieg in den umgebenden Grundwasserleitern zum Abschluss. Die Bergbaufolgeseen gehen von der Flutungs- in die Nachsorgephase über. Nach Abschluss der Sanierungsarbeiten werden in der Lausitz Bergbaufolgeseen mit einer voraussichtlichen Gesamtfläche von ca. 224 km² und einem Gesamtvolumen von rund 4,1 Mrd. m³ entstanden sein (Tabelle 9). Im Vergleich zum Jahr 2021 (Kapitel 6.1.3) werden die summarische Seefläche in der Lausitz um ca. 89 km² (+66 %) und das summarische Seevolumen um rund 2,1 Mrd. m³ (+103 %) zunehmen.

Tabelle 9: Aktuelle und künftige Volumina und Flächen der Bergbaufolgeseen in der Lausitz

Kennwert	Maß-einheit	LMBV 2021	LMBV künftig	LEAG 2021	LEAG künftig	Gesamt 2021	Gesamt künftig
Fläche	km²	130	140	5	84	135	224
Volumen	Mio. m³	1.970	2.210	61	1.920	2.031	4.130

Die nachbergbaulichen Grundwasserverhältnisse werden wesentlich durch die Bergbaufolgeseen geprägt sein. Die Ausleitung aus den Bergbaufolgeseen in die Vorflut gewinnt wegen ihrer Senkenfunktion an Bedeutung. Das Monitoring der Menge und Beschaffenheit ist in allen Kompartimenten (Grundwasser, Fließgewässer und Bergbaufolgeseen) nach Erreichen der Zielwasserspiegel weiterhin fortzuführen.

Nach Flutungsabschluss sind ggf. wasserwirtschaftliche Nachsorgemaßnahmen an Bergbaufolgeseen und Fließgewässern umzusetzen. Dies können beispielsweise sein:

- die kontinuierliche Stützung des Wasserstandes zur Einhaltung geotechnischer Mindestwasserstände,
- die Spülungsflutung oder Konditionierung von Bergbaufolgeseen zur Einhaltung der hydrochemischen Ausleitparameter,
- der Weiterbetrieb und die Unterhaltung von einzelnen technischen und naturräumlichen Wasserbehandlungsanlagen sowie
- Abwehrmaßnahmen gegen diffuse Stoffeinträge in die Fließgewässer.

Der Weiterbetrieb und die Unterhaltung von technischen und naturräumlichen Wasserbehandlungsanlagen zur Behandlung von Fließgewässern (Eisenrückhalt) sowie die Fortführung einer Zusatzwasserversorgung für wasserabhängige Landökosysteme, Moore und Fließgewässer (Kapitel 6.2.3) werden im Einzelfall auch nach Flutungsabschluss noch erforderlich sein.

6.4 Fazit

Mit dem „Gesetz zur Reduzierung und zur Beendigung der Kohleverstromung und zur Änderung weiterer Gesetze“ wurde der Kohleausstieg vom Bundestag und Bundesrat beschlossen und ein Stilllegungspfad für die Kohlekraftwerke bis spätestens zum Jahr 2038 vereinbart. Durch die verkürzten Laufzeiten der Braunkohlenkraftwerke wird eine Anpassung des Kohlebedarfs und damit des Betriebs der Tagebaue erforderlich. Nach den derzeitigen Planungen der LEAG soll die Kohlengewinnung im Tagebau Jänschwalde im Jahr 2023 und im Tagebau Welzow-Süd im Jahr 2030 beendet werden. In den Tagebauen Nochten und Reichwalde wird die Kohleförderung spätestens im Jahr 2038 eingestellt. Mit der Beendigung der Kohleförderung wird auch die

Wasserhebung in den Tagebauen der LEAG ab Mitte der 2020er Jahre sukzessive zurückgefahren und perspektivisch ganz eingestellt. In Folge der rückläufigen Sümpfungswassereinleitungen wird sich der Abfluss der Spree deutlich verringern.

Nach dem Rückbau der bergmännischen Betriebsanlagen und Infrastruktur und der Einstellung der Sümpfungsmaßnahmen füllen sich die verbleibenden Hohlformen in den Tagebauen selbstständig durch ansteigendes Grundwasser. Zur Beschleunigung der wasserwirtschaftlichen Rehabilitierung plant die LEAG, die **Resträume der Tagebaue** gezielt mit regional verfügbaren Wasserdargeboten der Spree und der Lausitzer Neiße zu fluten. Derzeit befinden sich mit dem Cottbuser Ostsee (ehemaliger Tagebau Cottbus-Nord) und dem Hermannsdorfer See (Kippe Tagebau Nochten) zwei Bergbaufolgeseen der LEAG in Flutung. Ab 2029 sollen die drei Bergbaufolgeseen im Tagebau Jänschwalde geflutet werden. Ab 2034 ist die Flutung des Bergbaufolgesees Welzow vorgesehen. Die Bergbaufolgeseen Nochten und Reichwalde werden erst nach dem Jahr 2040 geflutet. Die Flutungsdauer der Bergbaufolgeseen wird maßgeblich vom verfügbaren Wasserdargebot abhängen.

Die Flutung der Bergbaufolgeseen des **Sanierungsbergbaus** der LMBV im Lausitzer Braunkohlenrevier ist bereits weit fortgeschritten. Die LMBV rapportierte Ende 2021 für die Bergbaufolgeseen im Lausitzer Braunkohlenrevier einen Flutungsstand von 1,97 Mrd. m^3 bzw. 89 % bezogen auf den oberen Füllstand der Bergbaufolgeseen sowie von 12.930 ha bzw. 92 % hergestellte Seefläche. Für Bergbaufolgeseen, deren Flutung noch nicht abgeschlossen ist, liegen überwiegend geotechnische oder Bewirtschaftungsgründe vor. Die Flutung der Bergbaufolgeseen und die Wiederauffüllung des Grundwasserdefizits im Bereich des Sanierungsbergbaus der LMBV ist voraussichtlich bis 2038 weitgehend abgeschlossen.

Unter mittleren hydrologischen Verhältnissen sollen die Flutung der Bergbaufolgeseen und der Grundwasserwiederanstieg im Verantwortungsbereich der LEAG etwa im Jahr 2070 abgeschlossen sein. Die Bergbaufolgeseen gehen von der Flutungs- in die **Nachsorgephase** über. Die Fließgewässer erlangen wieder die Vorflutfunktion für das Grundwasser.

Nach Abschluss der Sanierungsarbeiten werden in der Lausitz Bergbaufolgeseen mit einer Gesamtfläche von ca. 224 km^2 und einem Gesamtvolumen von rund 4,1 Mrd. m^3 entstanden sein. Nach Flutungsabschluss sind ggf. wasserwirtschaftliche Nachsorgemaßnahmen an den Bergbaufolgeseen erforderlich.

Fazit

Die Flutung und der Grundwasserwiederanstieg im **Bereich des Sanierungsbergbaus** sind weit fortgeschritten und kommen voraussichtlich noch vor dem endgültigen Kohleausstieg zum Abschluss.

Im Zuge der Einstellung der Kohleförderung in den verbliebenen vier Tagebauen der LEAG wird die **Hebung von Sümpfungswasser** bereits ab Mitte der 2020er Jahre sukzessive gedrosselt, nach 2038 drastisch verringert und später ganz eingestellt. Infolge der rückläufigen Sümpfungswassereinleitungen aus dem Gewinnungsbergbau wird der sich **Abfluss der Spree** nach dem Kohleausstieg deutlich verringern.

Aufgrund des enormen Massendefizites gibt es zur Herstellung von Bergbaufolgeseen in den Hohlformen der Tagebaue der LEAG keine echte Alternative. Die **Hohlformen** werden durch aufgehendes Grundwasser und durch die Einleitung von Oberflächenwasser geflutet. Der **Flutungswasserbedarf** soll aus dem Wasserdargebot der Spree und der Lausitzer Neiße gedeckt werden. Unter mittleren hydrometeorologischen Verhältnissen wird gegen 2070 mit dem **Abschluss der Flutung** und gegen 2100 mit dem Abschluss des **Grundwasserwiederanstiegs** gerechnet.

7 Wassermengen

7.1 Einleitung

Die regelmäßigen und stabilen Sümpfungswassereinleitungen des Gewinnungsbergbaus von rund 5,5 m^3/s in den letzten zwei Jahrzehnten in die Spree stärken und stabilisieren das Wasserdargebot der Spree ganz maßgeblich (Abbildung 10 und Abbildung 11). Diese Einleitungen werden zeitversetzt zum geplanten Kohleausstieg kontinuierlich abnehmen, um in ferner Zukunft den Wert Null anzunehmen. Der von bergbaulichen Einflüssen geprägte **gegenwärtige Wasserhaushalt** insbesondere im Spreegebiet lässt sich wie folgt charakterisieren:

- Hebung, Reinigung und Einleitung von Grundwasser in die Vorflut,
- fortdauernde Grundwasserabsenkung als Folge der Sümpfung der Tagebaue,
- höhere Spreeabflüsse gegenüber der natürlichen Leistungsfähigkeit des Flussgebietes sowie
- Wasserversorgung wasserabhängiger Landökosysteme durch Bereitstellung von Stützungswasser aus dem Sümpfungswasser.

Das **künftige Wasserdargebot** insbesondere im Spreegebiet unterliegt nach Einstellung der Kohleförderung folgenden Entwicklungen:

- der Rückgang des Spreeabflusses durch allmählichen Wegfall der Sümpfungswassereinleitungen,
- ein zusätzlicher Wasserbedarf zur Flutung und Auffüllung der geplanten Bergbaufolgeseen des Gewinnungsbergbaues,
- Veränderungen der Wassernutzungen nach Umfang, Bedeutung und Lage im Gewässernetz als Folge des wirtschaftlichen und demographischen Strukturwandels,
- klimabedingte Veränderung des Wasserdargebots (Kapitel 7.3.5),
- die wachsende Bedeutung der Talsperren, Speicher und Überleitungen für das Wassermanagement der drei Lausitzer Flusssysteme sowie
- ggf. der Neubau von Talsperren, Speichern und Überleitern.

Die **Auswirkungen des Kohleausstiegs** werden anhand der nachfolgenden drei Vergleichskategorien dargestellt und erläutert:

- Aktueller Zustand und Prognose der wichtigsten Bilanzkomponenten des Wasserhaushaltes. Die verfügbaren Prognosen für den Klimawandel werden berücksichtigt.
- Aktueller Zustand und Prognose der Abflüsse.
- Aktueller Zustand und Prognose der Leistungsfähigkeit der vorhandenen Talsperren und Speicher.

Der zahlenmäßige Vergleich der Situation vor dem Kohleausstieg (Phase 5) mit den Verhältnissen während der Flutung der Bergbaufolgeseen (Phase 6) und mit dem nachbergbaulichen Wasserhaushalt (Phase 7) erfolgt sowohl für die Datenerhebung als auch für die Berechnungsergebnisse auf der Grundlage von Jahreswerten für das Dargebot und für die Wassernutzungen.

Die Jahreswerte wurden aus den bereits vorhandenen und geprüften Datensätzen des **WBalMo-Ländermodells** in der Version LM200320_03 durch Aggregation gewonnen (Kapitel 7.2). Für die Nutzungskategorien „Überleitung zwischen Fluss- und Teilflussgebieten“ und „Flutung“ werden aus Gründen des Berechnungsalgorithmus keine Bedarfswerte vorgegeben. Diese Nutzungskategorien sind Berechnungsergebnisse auf der Grundlage realer bzw. simulierter Abflüsse, die sich aus den verbindlich abgestimmten Bewirtschaftungsregeln zwischen den Bundesländern Berlin, Brandenburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt ergeben. Weitere Details hierzu enthält Anhang (2). Die Betrachtungen werden für relevante Bilanzprofile der Spree zwischen Bautzen und Berlin durchgeführt (Tabelle 10 und Abbildung 30).

Tabelle 10: Ausgewählte Bilanzprofile der Spree zur Erfassung von Dargebot, Wassernutzung und Bilanz im Längsschnitt

Lage der Bilanzprofile siehe Abbildung 30

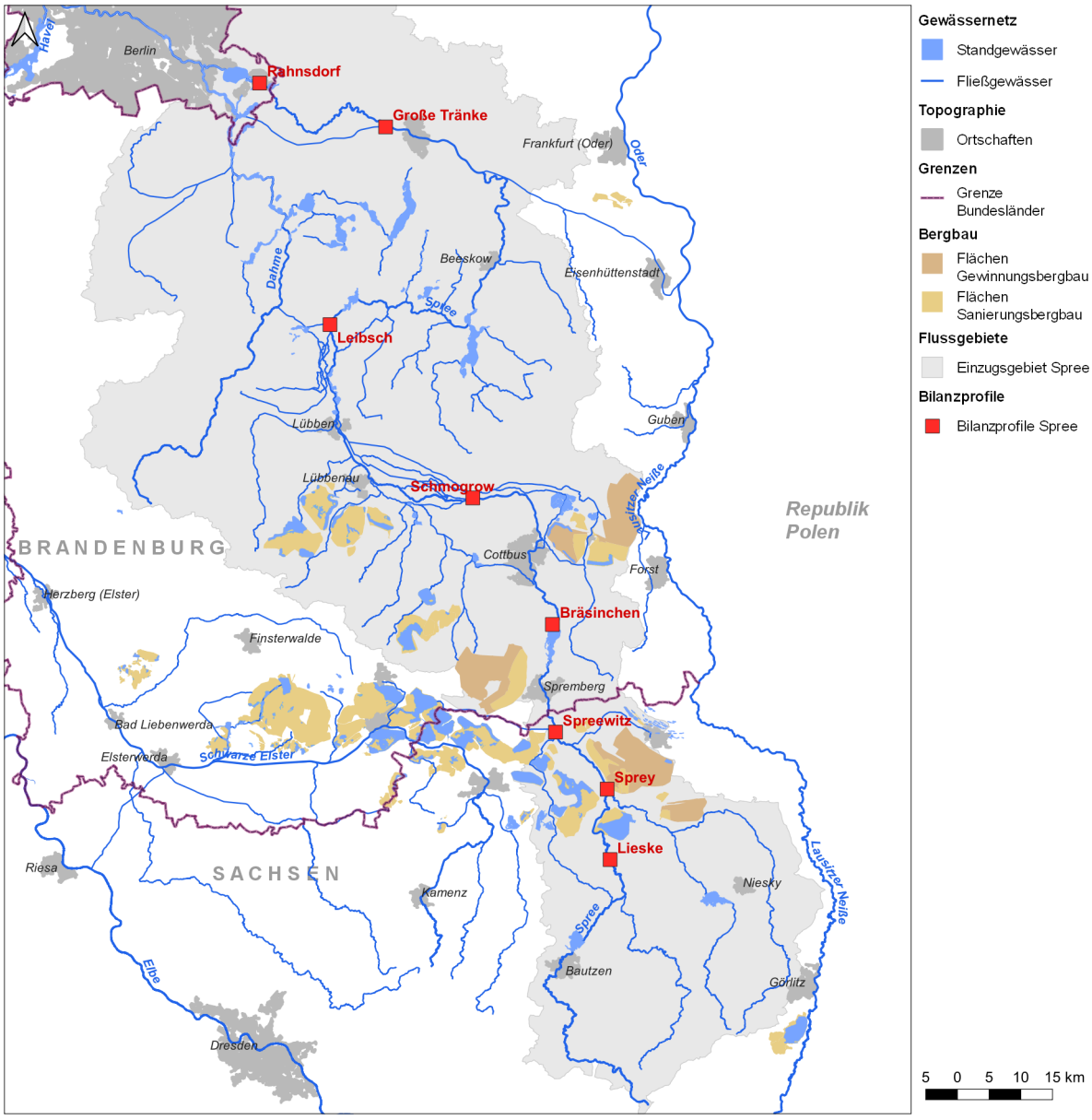
Bezeichnung Bilanzprofil	Beschreibung	Oberirdisches Einzugsgebiet [km²]	Flusskilometer [km]
Lieske	Pegel Lieske, unterhalb Verteilerwehr Spreewiese, oberhalb Zuleiter SB Lohsa II und Bärwalde	776	300,60
Sprey	Pegel Sprey, unterhalb Schöpsmündung, oberhalb GWRA Tzschelln und Mündung	1.608	283,60
Spreewitz	Pegel Spreewitz, unterhalb der Mündung der Kleinen Spree und des PW Spreewitz, oberhalb des Industriekanals Schwarze Pumpe	2.078	268,20
Bräsinchen	Pegel Bräsinchen, unterhalb der TS Spremberg	2.281	246,84
Fehrow und Schmogrow OP	Pegel Fehrow und Schmogrow OP, maßgeblicher Zufluss zum Spreewald	2.759	210,30
Leibsch UP	Pegel Leibsch UP, unterhalb des Spreewalds und des Dahme-Umflut-Kanals, oberhalb des unteren Spreegebiets	4.529	160,85
Große Tränke UP	Pegel Große Tränke UP, unterhalb des Abzweigs des Oder-Spreekanals, oberhalb des Dämeritzsees	6.171	78,05
Rahnsdorf	Pegel Rahnsdorf, unterhalb des Gosener Kanals und oberhalb des Müggelsees	6.335	8,51

Die jeweilige wasserwirtschaftliche Bilanz wird für die **Dargebotsgrößen** „mittlere“, „wasserarme“ und „extrem trockene“ Verhältnisse angegeben und diskutiert. Statistisch entsprechen diese drei Größen dem arithmetischen Mittel (MQ) sowie der Unterschreitung des mittleren Dargebotes in den Wiederkehrintervallen von 10 bzw. 50 Jahren (T = 10 a bzw. T = 50 a). Bei der Bewertung mittlerer Verhältnisse ist zu beachten, dass die Häufigkeit ihrer Unterschreitung aufgrund des statistischen Charakters der Durchflüsse deutlich größer als 50 % ist (Abbildung 31). Für Prognosen liefern die Angaben „mittlere Verhältnisse“ deshalb viel zu optimistische Aussagen, so dass für die Entscheidungsfindung nach allgemeiner Erfahrung die Angaben für die Wiederkehrintervalle von 10 und 50 Jahren verwendet werden (Abbildung 32). Dabei handelt es sich aber wiederum um Jahresmittelwerte und nicht um innerjährliche Extrema, wie z. B. sommerliche Niedrigwasserabflüsse. Die aus dieser Datenbereitstellung und Berechnung resultierenden Jahresbilanzen erlauben mit einer hohen Aussagekraft jedoch die

Ableitung von grundsätzlichen Erkenntnissen für die Zeiträume vor, während und nach dem Kohleausstieg (Phase 5, 6 bzw. 7). Die Vorteile der Verwendung von Jahresbilanzen liegen in ihrem Übersichtscharakter und der Möglichkeit, auf die Komplexität der Regelungen zur Rangfolge der einzelnen Wassernutzungskategorien und der Wasserbereitstellung aus Talsperren und Speichern zu verzichten.

Abbildung 30: Übersicht der zur Erfassung von Dargebot, Wassernutzung und Bilanz im Längsschnitt der Spree genutzten Bilanzprofile

Geodatenquellen siehe Tabelle 2
Beschreibung der Bilanzprofile siehe Tabelle 10

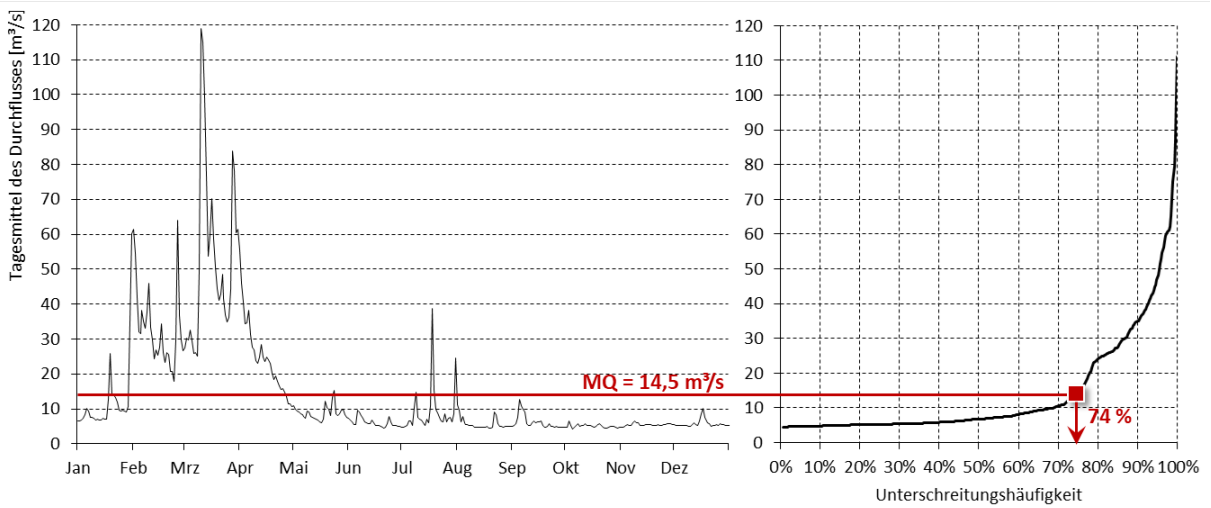


Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Abbildung 31: Ganglinie der Tagesmittelwerte des Durchflusses der Lausitzer Neiße am Pegel Görlitz im Kalenderjahr 2000 und Summenkurve der Unterschreitungshäufigkeit der Tagesmittel des Durchflusses

Datenquelle: LfULG Sachsen

Die Ganglinie der Tagesmittelwerte des Durchflusses der Lausitzer Neiße am Pegel Görlitz im Kalenderjahr 2000 ist links und die Summenkurve der Unterschreitungshäufigkeit der Tagesmittelwerte des Durchflusses ist rechts dargestellt. Der mittlere Durchfluss (MQ) im Kalenderjahr 2000 ist in beiden Diagrammen als rote Linie eingezeichnet. Der mittlere Durchfluss von 14,5 m³/s wird im konkreten Beispiel in 74 % der Fälle bzw. an 270 Tagen des Kalenderjahres 2000 unterschritten.

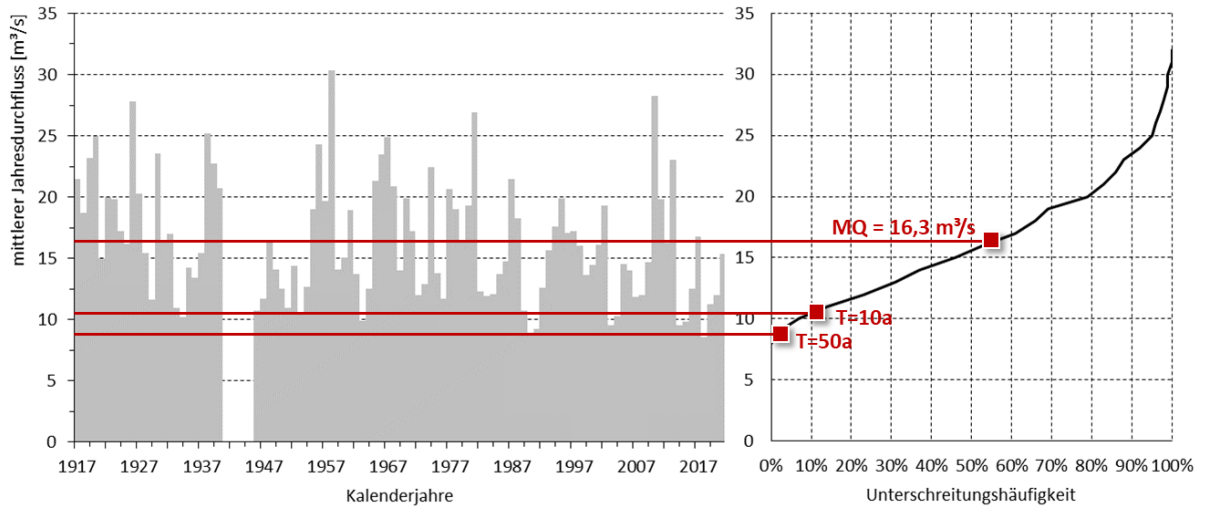


Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Abbildung 32: Ganglinie der Jahresmittelwerte des Durchflusses der Lausitzer Neiße am Pegel Görlitz für den Zeitraum von 1917 bis 2021 und Summenkurve der Unterschreitungshäufigkeit der Jahresmittel des Durchflusses

Datenquelle: LfULG Sachsen

Die Ganglinie der Jahresmittelwerte des Durchflusses der Lausitzer Neiße am Pegel Görlitz in den Kalenderjahren 1917 bis 2021 ist links und die Summenkurve der Jahresmittelwerte des Durchflusses ist rechts dargestellt. Der mittlere Durchfluss (MQ) im Zeitraum 1917 bis 2021 sowie die Durchflüsse mit einem Wiederkehrintervall von 10 Jahren (T=10a) und von 50 Jahren (T=50a) sind in beiden Diagrammen als rote Linien eingezeichnet.



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

In den nachfolgenden Kapiteln 7.3 bis 7.5 werden einer Vielzahl von Eingangs- und Randbedingungen konkrete Zahlenwerte zugeordnet. Es liegt in der Natur der Sache, dass sich diese Daten fortlaufend entwickeln. So passen beispielswiese die beiden Bergbauunternehmen wesentliche Daten, wie Restlochvolumina und -flächen, Zeitpunkte für die Flutungsbereitschaft und für die Flutungswasserverfügbarkeit, regelmäßig den aktuellen Entwicklungen an. Weiterhin erfordern neue Erkenntnisse aus der Klimaforschung oder die Wasserbedarfsermittlung von bestehenden oder von neu anzusiedelnden Industrien die Aktualisierung von Zahlenwerten. Für die vorliegenden Berechnungen wurden die aktuellen und von den Bergbauunternehmen und Behörden übergebenen Daten und Angaben verwendet. Diese wurde auf Konsistenz und Plausibilität geprüft.

7.2 WBalMo-Ländermodell

Das WBalMo-Ländermodell ist ein wasserwirtschaftliches Großraummodell der Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße. Seine Entstehung beginnt mit den wasserwirtschaftlichen Untersuchungen zum Ökologischen Sanierungs- und Entwicklungsplan Niederlausitz, Dornier (1993). Die Entwicklung und Nutzung wird durch den „Anwenderkreis WBalMo-Ländermodell“ der AG Flussgebietsbewirtschaftung fachlich begleitet. Nachfolgend werden Grundzüge des WBalMo-Ländermodells zusammengefasst. Eine vertiefende Darstellung findet sich im Anhang (1).

Nach mehr als 25 Jahren Entwicklung zählt zu den Stärken des WBalMo-Ländermodells, dass für Prognosen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts alle relevanten wasserwirtschaftlichen Komponenten in den Flussgebieten der Spree, Schwarzen Elster und Lausitzer Neiße enthalten sind:

- die Abflussbildung unter Berücksichtigung der Besonderheiten der bergbaulichen Grundwasserabsenkung und des Spreewalds,
- die Wechselwirkung zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser in Speichern, Seen und Fließgewässern,
- die Wasserentnahmen und -einleitungen sowie die Mindestabflüsse,
- die Bewirtschaftung der Talsperren und Speicher sowie Überleitungen und
- die Prognose der Sulfatkonzentration in Fließgewässern und Speichern sowie deren Bewirtschaftung nach Menge und Sulfat.

Im WBalMo-Ländermodell sind an 95 Fließgewässerelementen mit 262 Bilanzquerschnitten eine Vielzahl an wasserwirtschaftliche Elemente abgebildet (Tabelle 11).

Tabelle 11: Übersicht der wasserwirtschaftlichen Elemente im WBalMo Ländermodell

Element	Anzahl
Teileinzugsgebiete	64
Meteorologische Gebiete	10
Wasserentnahmen und -einleitungen	ca. 200
Talsperren und Speicher	21
Abgaberegeln für Talsperren und Speicher	149
Konstanten (Flächen, Porenvolumina, Flutungstermine, Überleitungskapazitäten, Grenzwasserstände etc.)	932

Element	Anzahl
DYN-Elemente (modellspezifische Plugin für Bewirtschaftungsregeln)	95
Ergebnisindikatoren (Mittelwerte, Minima, Maxima, Perzentile, Wahrscheinlichkeiten)	166
Teileinzugsgebiete	75

Die Risikoanalysen mit dem WBalMo-Ländermodell erfolgen nach dem Prinzip der Monte-Carlo-Methode. Dafür werden von stochastischen Modellen erzeugte Szenarien des Dargebots, sogenannte Realisierungen, für den Prognosehorizont bis zum Ende des 21. Jahrhunderts verwendet.

Das WBalMo-Ländermodell wird durch die maßgeblich auf die Wasserbewirtschaftung einflussnehmenden Behörden und Unternehmen in drei Bereichen genutzt:

- die behördliche Abstimmung der länderübergreifenden Bewirtschaftungsgrundsätze,
- die operative, wöchentliche und länderübergreifende Steuerung mit dem GRMSteu auf der Basis des WBalMo-Ländermodells sowie
- die Erstellung von Gutachten zur großräumigen Bewertung von wasserwirtschaftlichen Planungen und geänderten Rahmenbedingungen.

7.3 Bilanzkomponenten

7.3.1 Grundwasser

7.3.1.1 Grundwasserhebung und -einleitung in die Vorflut

Die Hebung, Reinigung und Einleitung von Grundwasser in die Vorflut erfolgen:

- vor dem Kohleausstieg (Phase 5) zur Gewinnung der Kohle, zur geotechnischen Sicherung der Tagebaugrube, zur Wasserbereitstellung für die Braunkohlenkraftwerke und angeschlossenen Industrien sowie zur Wasserbereitstellung für geschützte wasserabhängige Landökosysteme sowie
- im Zuge des Kohleausstieges (Phase 6) zur Beräumung des Tagebaues von Tagebautechnik und Infrastruktur, zur geotechnischen Sicherung von Böschungen sowie zur Ausformung des späteren Seebeckens.

Die Tabelle 12 verdeutlicht den Umfang und die räumliche Verteilung der Hebung von Grundwasser für das Spreegebiet. Im Mittel werden in der Phase 5 etwa 7 m^3/s Grundwasser gehoben. Ein Teil davon versorgt regionale Wassernutzungen, so dass diese Wassermenge in der Spree nicht in vollem Umfang vorflutwirksam wird, siehe dazu Kapitel 7.3.4. Mit der Einstellung der Kohlegewinnung in den Tagebauen Nochten, Reichwalde und Welzow muss in einer Übergangsphase (Phase 6) weiterhin Grundwasser mit sukzessiv rückläufigen Mengen gehoben werden. So werden im Mittel in der Phase 6 noch rund 1 m^3/s gehoben. Das ist im Vergleich zu Phase 5 ein Rückgang um 85 %. Mit dem Abschluss der bergmännischen und wasserwirtschaftlichen Rekultivierung entfallen die Grubenwassereinleitungen vollständig (Phase 7). Im Gebiet der Müggelspree verbleiben die Einleitungen aus dem Kalkbergbau in den Rüdersdorfer Gewässern.

Tabelle 12: Grubenwasserhebung im Flusseinzugsgebiet der Spree

Angaben in m³/s

Phase	Lieske	Sprey	Spreewitz	Bräsinchen	Fehrow und Schmogrow OP	Leibsch UP	Große Tränke UP	Rahnsdorf
Phase 5	0,00	3,14	0,90	1,19	1,92	0,07	0,00	0,04
Phase 6	0,00	0,90	0,10	0,03	0,02	0,07	0,00	0,04
Phase 7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04

Quelle: WBalMo-Ländermodell LM200320_03

7.3.1.2 Grundwasserabsenkung

Folge der langandauernden Grundwasserhebung ist eine großflächige Grundwasserabsenkung unter das natürliche Niveau des Grundwasserstands (so genannter Grundwasserabsenkungstrichter). Dies führt dazu,

- dass auf Teilflächen der aus dem Niederschlag gebildete Abfluss nicht über die Vorflut abfließt,
- dass die den Grundwasserabsenkungstrichter querenden Fließgewässer durch Versickerung Wasser verlieren,
- dass bei andauernder Grundwasserhebung zur geotechnischen Sicherung der Resträume ein Teil der Sickerwassermengen über die Filterbrunnen wieder gehoben wird und somit lokale bilanzunabhängige Wasserkreisläufe entstehen.

Die kumulative Fläche mit einer bergbaubedingten Grundwasserabsenkung gegenüber dem vorbergbaulichen Zustand ist in der Tabelle 13 in Bezug auf Pegeleinzugsgebiete angegeben.

Tabelle 13: Zeitliche Entwicklung der Flächen der Grundwasserabsenkungsgebiete

Gewässer	Abschnitt	Einzugsgebiet [km²]	Fläche Grundwasserabsenkung [km²]			
			2020	2040	2070	2100
Spree	Pegel Spreewitz	2.078	335	282	210	178
	Pegel Schmogrow/Fehrow	2.868	225	104	40	10
	Pegel Leibsch	4.638	260	237	29	9
Schwarze Elster	Pegel Kleinkoschen	767	303	303	60	18
	Pegel Bad Liebenwerda	3.137	88	88	0	0
Lausitzer Neiße	Pegel Klein Bademeusel	2.714				0
	Pegel Schlagsdorf	3.147				0

Quelle: WBalMo-Ländermodell LM200320_03

Die Grundwasserabsenkung geht von 1.211 km² im Jahr 2020 schrittweise auf 339 km² im Jahr 2070 zurück. Im Jahr 2100 verbleiben gegenüber der vorbergbaulichen Situation noch etwa

178 km², die wegen der geografischen Lage und Ausdehnung der Bergbaufolgeseen dauerhaft bestehen bleiben werden (Abbildungen 1 bis 3 im Anhang (2). Diese Flächen sind bei der Dargebotsermittlung berücksichtigt.

Die Fläche des Grundwasserabsenkungstrichters (Tabelle 13) ist nicht identisch mit der Fläche, die der natürlichen Dargebotsbildung entzogen wird (Tabelle 14). Mit dem Grundwasserwiederanstieg verringern sich beide Flächen in unterschiedlichem Maße, vgl. Tabelle 13 und Tabelle 14.

Tabelle 14: Zeitliche Entwicklung der Flächen nicht abflusswirksamer Gebiete

Gewässer	Abschnitt	Einzugsgebiet [km²]	Nicht abflusswirksame Fläche [km²]			
			2020	2040	2070	2100
Spree	Pegel Spreewitz	2.078	485	350	150	50
	Pegel Schmogrow/Fehrow	2.868	391	150	0	0
	Pegel Leibsch	4.638	77	40	10	0
Schwarze Elster	Pegel Kleinkoschen	767	295	130	60	0
	Pegel Bad Liebenwerda	3.137	106	0	0	0
Lausitzer Neiße	Pegel Klein Bademeusel	2.714	56	40	20	0
	Pegel Schlagsdorf	3.147	75	50	20	0

Quelle: Abschätzungen auf Grundlage von Daten des WBalMo-Ländermodells LM200320_03

7.3.1.3 Versickerung aus Fließgewässern

Die Versickerungsraten aus Fließgewässern nehmen mit dem Grundwasserwiederanstieg ab. Der größte Teil der Fließgewässer erreicht wieder Vorflutfunktion. Fließgewässerabschnitte in Bereichen dauerhafter Grundwasserabsenkung verlieren weiterhin Wasser. Die räumliche Ausprägung in der zeitlichen Entwicklung zeigt Abbildung 33 exemplarisch für das Einzugsgebiet der Malxe. Weitere Lagedarstellungen zur Versickerung sind im Anhang (2) in den Abbildungen 4 bis 9 zu finden. Die zeitliche Entwicklung der Versickerungsmengen enthält die Tabelle 15. Entsprechend gehen die mittleren Verluste in den Fließgewässern von ca. 0,8 m³/s vor dem Kohleausstieg (Phase 5), über ca. 0,3 m³/s während der Flutung der Bergbaufolgeseen (Phase 6) auf reichlich 0,1 m³/s für den nachbergbaulichen Wasserhaushalt (Phase 7) zurück.

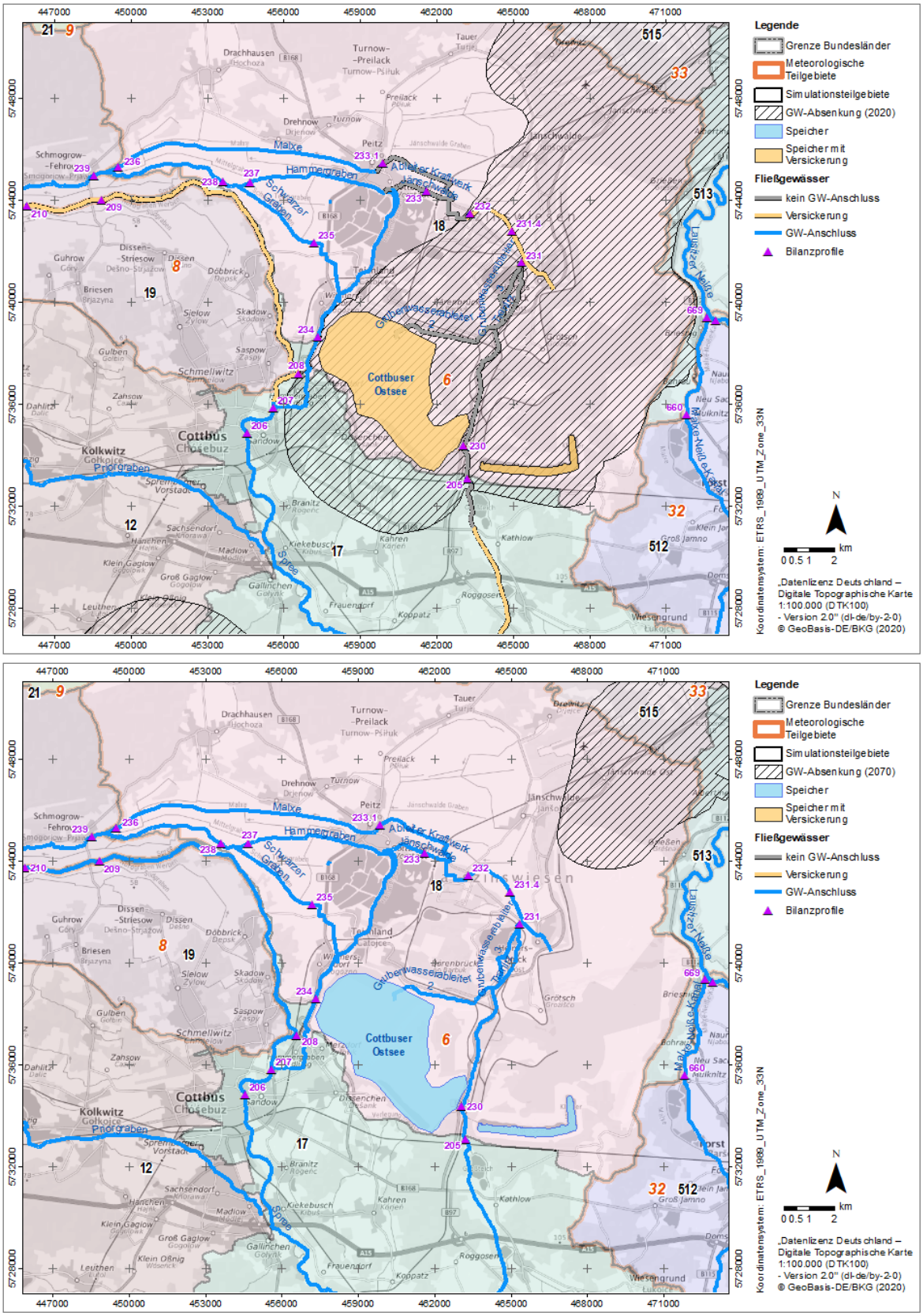
Tabelle 15: Zeitliche Entwicklung der Versickerungsmengen in der Spree

Angaben in m³/s

Phase	Lieske	Sprey	Spreewitz	Bräsinchen	Fehrow und Schmogrow OP	Leibsch UP	Große Tränke UP	Rahnsdorf
Phase 5	0,00	0,07	0,10	0,20	0,48	0,00	0,00	0,00
Phase 6	0,00	0,07	0,10	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00
Phase 7	0,00	0,00	0,10	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00

Quelle: WBalMo-Ländermodell LM200320_03

Abbildung 33: Versickerung im Einzugsgebiet der Malxe, aktueller Zustand (oben) und Zustand 2070 (unten)



Bildquelle: WBalMo-Ländermodell LM200320_03

7.3.2 Bergbaufolgeseen

Infolge der Kohlegewinnung verbleiben erhebliche und selbst bei optimierter Verteilung des Abraumes nicht wieder auffüllbare Massendefizite, welche nach der Stilllegung der Tagebaue durch natürliche und technische Wasserzufuhr zu Bergbaufolgeseen gewandelt werden. Die Gründe für eine möglichst zügige Initialflutung und auch für die Nachsorge mit Oberflächenwasser wurden und werden in den Kapiteln 6 und 8 ausführlich behandelt. Ein nicht zu vernachlässigendes Bilanzelement ist die natürliche Verdunstung über offenen Wasserflächen. Gerade in der Phase der Initialflutung ist es häufig geboten, auch bei angespannter wasserwirtschaftlicher Situation wenigstens so viel Oberflächenwasser einzuleiten, um die Verdunstungsverluste auszugleichen. Über die Größenordnung von Verdunstungsraten in großen Bergbaufolgeseen gibt es derzeit unterschiedliche wissenschaftliche Ansätze, die noch zu keinem abschließenden Ergebnis geführt haben. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass im Jahresmittel die Seeflächen keinen Abfluss generieren und stattdessen zusätzlich Wasser in der Größenordnung von netto etwa 150 mm (Mittelwert der letzten 30 Jahre, DWD-Station Cottbus) verdunsten (Tabelle 16).

Da alle Bergbaufolgeseen im Saldo dauerhafte Grundwassersenken darstellen, überwiegen in der Seewasserbilanz die ober- und unterirdischen Zuflüsse gegenüber den Verdunstungsverlusten, so dass i. d. R. jeder Bergbaufolgesee zur Einhaltung seines geotechnisch maximal zulässigen Wasserstandes einen Ableiter benötigt. Für die Bilanzierung ganzer Flussgebiete muss der Dargebotsverlust auf den großen Wasserflächen jedoch Berücksichtigung finden (Tabelle 16).

Tabelle 16: Überschlägige Schätzung des mittleren Dargebotsverlustes durch Umwandlung von Landflächen in Seeflächen

[1)] Bei einer mittleren Gewässerverdunstung von -150 mm/a netto (Reihe 1992-2021)
[2)] Konservative Annahme für die flächengemittelte Grundwasserneubildung

Kennwert	Maß-einheit	LMBV	LEAG	Gesamt
Fläche der Restseen	km²	140	84	224
Langjährige mittlere Gewässerverdunstung [1)]	mm/a	-150	-150	---
Verluste durch Gewässerverdunstung [1)]	Mio. m³/a	-21,0	-12,6	-33,6
	m³/s	-0,67	-0,40	-1,07
Verlustiges Gebietsdargebot [2)]	L/s/km²	4,0	4,0	---
	mm/a	126	126	---
	m³/s	-0,56	-0,34	-0,90
	Mio. m³/a	-17,7	-10,6	-28,3
Summarischer Dargebotsverlust	Mio. m³/a	-38,7	-23,2	-61,9
	m³/s	-1,23	-0,74	-1,97

Im Bereich der LMBV ist Ende 2021 die Flutung der Bergbaufolgeseen sehr weit fortgeschritten (Kapitel 6.1.3). Die Verzögerung des Flutungsabschlusses der LMBV-Tagebaue ergibt sich nicht aus dem Ressourcenmangel, sondern aufgrund von länger andauernden Sanierungsarbeiten. Das noch aufzufüllende Gesamtvolumen von ca. 0,2 Mrd. m³ in den Bergbaufolgeseen der LMBV

dürfte bis Mitte der 2020er Jahre ausgeglichen sein. Das zur Flutung der LMBV-Bergbaufolgeseen aufgewendete Wasser hatte einen Umfang von 2,2 Mrd. m^3, LfU (2019). Dabei konnte auf eine mittlere Flutungswasserverfügbarkeit von 3,5 m^3/s aus den Flussgebieten der Spree, der Schwarzen Elster und der Lausitzer Neiße zurückgegriffen werden. Die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse unmittelbar nach dem Kohleausstieg werden maßgeblich durch die Flutung der LEAG-Tagebaue und durch das Fehlen der Sümpfungswassereinleitungen in die Flüsse gekennzeichnet sein (Tabelle 17).

Tabelle 17: Bergbaufolgeseen im Verantwortungsbereich der LEAG

*) Ende 2022 zu ca. 50 % aufgefüllt
**) zzgl. des Hermannsdorfer Sees 1.919 Mio. m^3

Bergbaufolgesee	Voraussichtliches Ende der Kohleförderung	Seevolumen [Mio. m^3]	Aufzufüllender Porenraum im Absenkungstrichter [Mio. m^3]
Cottbuser Ostsee	2015	124 *)	132
Reichwalde	2038	320	600
Nochten	2038	720	1.000
Welzow	2030	580	880
Heinersbrücker See	2023	18	600
Jänschwalder See	2023	62	
Taubendorfer See	2023	70	
Summen		1.894 **)	3.214

Quelle: DHI-WASY (2022)

Zur Abschätzung der Flutungsdauer der LEAG-Bergbaufolgeseen sind die Erfahrungen aus dem Flutungsverlauf der Bergbaufolgeseen der LMBV hilfreich:

- Zwischen den Jahren 2000 und 2019 strömten ca. 40 % des in die Bergbaufolgeseen der LMBV eingeleiteten Flutungswassers in die angrenzenden Grundwasserleiter ab.
- Für die Flutung der Bergbaufolgeseen der LMBV in der Lausitz stand zwischen 2000 und 2019 im Mittel eine Flutungswassermenge von ca. 3,5 m^3/s zur Verfügung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Menge unter Gewährleistung der Mindestwasserabflüsse nur durch die stabile Einleitung von Sümpfungswasser aus dem Gewinnungsbergbau möglich war. Da sich diese Einleitung künftig stark rückläufig entwickelt und schließlich vollständig entfällt, wird für die Flutung der drei großen LEAG-Bergbaufolgeseen eine deutlich geringere Menge an Flutungswasser zur Verfügung stehen.
- Infolge des dadurch bedingten wesentlich langsameren Anstiegs der Seewasserstände wird in diesen Bergbaufolgeseen der Anteil der Grundwasserneubildung und des Grundwasserzustroms an der Wassermengenbilanz größer sein. Der Abstrom von Flutungswasser aus diesen Bergbaufolgeseen in die umliegenden Grundwasserleiter wird deshalb auf 25 % geschätzt.

- Die Bergbaufolgeseen des Tagebaus Jänschwalde können aufgrund ihrer Lage an der Einzugsgebietsgrenze zur Lausitzer Neiße zusätzlich von dort Wasser beziehen. Eine Pumpstation nördlich von Forst (die sogenannte Neißewasserüberleitung NÜL2, siehe Kapitel 11.3.3) kann anteilig Wasser aus dem ca. 3.200 km^2 großen Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße nutzen. Im Vergleich zur vorhandenen Pumpstation Steinbach ist eine Kapazität von 2 bis 3 m^3/s realistisch.
- Die relativ kleinen Seevolumina der drei Bergbaufolgeseen im Tagebau Jänschwalde könnten zwar einerseits mit Neiße- und anteilig auch Spreewasser sehr schnell aufgefüllt werden, andererseits laufen die Grundwasserstände in dem mit 600 Mio. m^3 bezifferten wasserfreien Porenräumen der umliegenden Grundwasserleiter dem Wasseranstieg in den Bergbaufolgeseen erheblich nach. Dadurch wird der Abstrom in die umliegenden Grundwasserleiter auf ca. das Doppelt des jeweiligen Seevolumens geschätzt.

Aus 30 Jahren Flutungserfahrung der LMBV können unter Berücksichtigung der veränderten Dargebotsverhältnisse die in der Tabelle 18 aufgeführten Flutungskennzahlen für die Bergbaufolgeseen der LEAG geschätzt werden.

Tabelle 18: Vorläufige Flutungskennzahlen der LEAG-Bergbaubauseen

*) Anteilig siehe Tabelle 17

Bergbaufolgesee	Aufzufüllendes Seevolumen [Mio. m³]	Abstrom von Flutungswasser in die angrenzenden Grundwasserleiter *) [Mio. m³]	Mittlere Flutungsmenge Weißer Schöps [m³/s]	Mittlere Flutungsmenge Spree [m³/s]	Mittlere Flutungsmenge Lausitzer Neiße [m³/s]
Reichwalde	320	150	0,5	---	---
Nochten	720	250	---	1,0	---
Welzow	580	220	---	1,0	---
Heinersbrücker See	18	32	---	0,5	1,0
Jänschwalder See	62	104	---	0,5	1,0
Taubendorfer See	70	104	---	---	2,0

Die Tabelle 19 fasst für das Flussgebiet der Spree den Wasserbedarf der Bergbaufolgeseen für die Nachsorge zusammen. Dazu gehört die Überleitung von Spree- und Neißewasser zur Lausitzer Seenkette in das Gebiet der Schwarzen Elster. Detaillierte Angaben zu den Flussgebieten der Schwarzen Elster und der Lausitzer Neiße für die einzelnen Phasen des Kohleausstiegs können den Tabellen 9 bis 11 bzw. 12 bis 14, Anhang (2) entnommen werden.

Tabelle 19: Nachsorge der Bergbaufolgeseen im Flusseinzugsgebiet der Spree vor dem Kohleausstieg (Phase 5), für den Zeitraum der Flutung der LEAG-Tagebaue (Phase 6) und für den nachbergbaulichen Wasserhaushalt (Phase 7)

Angaben in m³/s

Phase	Wiederkehrintervall	Lieske	Sprey	Spreewitz	Bräsinchen	Fehrow und Schmogrow OP	Leibsch UP	Große Tränke UP	Rahnsdorf
Phase 5	MQ	0,00	0,00	1,15	0,09	0,03	0,11	0,00	0,00
	T = 10 a	0,00	0,00	0,41	0,07	0,03	0,02	0,00	0,00
	T = 50 a	0,00	0,00	0,17	0,06	0,03	0,01	0,00	0,00
Phase 6	MQ	0,00	0,00	1,28	0,02	0,03	0,13	0,00	0,00
	T = 10 a	0,00	0,00	0,43	0,01	0,03	0,03	0,00	0,00
	T = 50 a	0,00	0,00	0,07	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
Phase 7	MQ	0,00	0,00	1,55	0,02	0,03	0,25	0,00	0,00
	T = 10 a	0,00	0,00	0,52	0,00	0,03	0,10	0,00	0,00
	T = 50 a	0,00	0,00	0,23	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00

Quelle: WBalMo-Ländermodell LM200320_03

7.3.3 Natürliches Dargebot

Für die wasserwirtschaftliche Bilanzierung des Oberflächenwassers stehen das natürliche Dargebot und die Ausleitungen des Bilanzüberschusses aus den Bergbaufolgeseen zur Verfügung. Entsprechende Prognosen wurden aus dem WBalMo-Ländermodell abgeleitet und in der Tabelle 20 zusammengestellt. Bei mittleren Abflussverhältnissen ändert sich kumulativ für das gesamte Einzugsgebiet das Dargebot während der Flutung (Phase 6) im Vergleich zur Zeit vor dem Kohleausstieg (Phase 5) nicht. Im nachbergbaulichen Wasserhaushalt ist aufgrund des Grundwasserwiederanstiegs ein Anstieg des Dargebots um ca. 0,5 m^3/s zu verzeichnen. Über das natürliche Dargebot hinaus tragen im nachbergbaulichen Wasserhaushalt die Ausleitungen der Bergbaufolgeseen mit bis zu ca. 0,4 m^3/s zum Dargebot bei. Bei Trockenheit geht dieser Beitrag auf unter 0,1 m^3/s zurück.

Tabelle 20: Natürliches Dargebot und Ausleitung aus Bergbaufolgeseen im Flusseinzugsgebiet der Spree vor dem Kohleausstieg (Phase 5), während der Flutung der Bergbaufolgeseen (Phase 6) und für den nachbergbaulichen Wasserhaushalt (Phase 7)

Angaben in m³/s

	Wiederkehrintervall	Lieske	Sprey	Spreewitz	Bräsinchen	Fehrow und Schmogrow OP	Leibsch UP	Große Tränke UP	Rahnsdorf
Phase 5									
Dargebot	MQ	5,52	3,68	0,69	0,84	2,08	2,08	5,86	1,85
	T = 10 a	3,29	1,80	0,33	0,54	1,34	0,00	3,65	1,26
	T = 50 a	2,40	1,25	0,24	0,42	1,15	0,00	2,88	1,04
Ausleitung aus Tagebauseen	MQ	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00
	T = 10 a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00
	T = 50 a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
Phase 6									
Dargebot	MQ	5,50	3,68	0,69	0,83	2,31	1,98	5,77	1,84
	T = 10 a	3,21	1,81	0,33	0,51	1,45	0,00	3,56	1,23
	T = 50 a	2,41	1,24	0,24	0,37	1,23	0,00	2,59	0,98
Ausleitung aus Tagebauseen	MQ	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00
	T = 10 a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00
	T = 50 a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
Phase 7									
Dargebot	MQ	5,53	3,70	0,73	1,27	2,45	1,92	5,69	1,85
	T = 10 a	3,32	1,92	0,35	0,73	1,65	0,00	3,60	1,27
	T = 50 a	2,59	1,36	0,25	0,51	1,42	0,00	2,70	1,00
Ausleitung aus Tagebauseen	MQ	0,00	0,05	0,24	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00
	T = 10 a	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	T = 50 a	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Quelle: WBalMo-Ländermodell LM200320_03

7.3.4 Wassernutzungen

7.3.4.1 Planungsstand zum Wasserbedarf

Der Umfang der Wasserentnahmen und Einleitungen für die Zeit vor dem Kohleausstieg ist in Tabelle 6, Anhang (2), Abschnitt 3.10 nach Nutzungsarten detailliert aufgelistet. Nach derzeitigem Planungsstand wird davon ausgegangen, dass sich die Wassernutzungen in den Kommunen, im Gewerbe und in der Landwirtschaft sowie der Landschaftswasserbedarf ungeachtet des Kohleausstiegs nicht wesentlich verändern werden. Folgende Änderungen gelten mit dem Kohleausstieg als sicher:

- die mit der Braunkohlenverstromung und -veredlung verbundenen Wassernutzungen entfallen und
- die Versorgung wasserabhängiger Landökosysteme mit Sümpfungswasser sowie Moore und Fließgewässer innerhalb des noch bestehenden Grundwasserabsenkungstrichters werden bis zum Zeitpunkt einer Grundwasseranbindung weitergeführt (Kapitel 6.2.3 und 6.3.3). Sollten dafür die verbleibenden Sümpfungswassermengen nicht ausreichen, müssen alternative Wasserquellen erschlossen werden. Diese wirken dargebotsmindernd und sind in der Bilanzkomponente „Natürliches Dargebot“ (Kapitel 7.3.3) berücksichtigt.

Darüber hinaus verändert sich die Wasserversorgung einiger, nicht direkt mit der Braunkohlenverstromung und -veredlung verbundenen Wassernutzungen:

- Der Industriepark Schwarze Pumpe wird bisher aus gehobenem Grubenwasser versorgt und benötigt daher eine neue Wasserquelle. Gleiches gilt für den Industriestandort Kraftwerk Jänschwalde.
- Aus der Spree wird Wasser in die Dahme übergeleitet: (1) über den Dahme-Umflut-Kanal, (2) über die Schleuse Wernsdorf des Oder-Spree-Kanals und (3) über den Gosener Kanal. Infolge geringer werdender Spreeabflüsse werden sich diese Überleitungen ebenfalls verringern.

Unter Berücksichtigung dieser Annahmen wird sich der Umfang der Wassernutzungen für den Zeitraum des nachbergbaulichen Wasserhaushalts entsprechend der Tabelle 21 ergeben. Die bedeutendsten Wassernutzer sind demnach:

- die Landschaft in Form der festgelegten Mindestabflüsse, z. B. für die Aufrechterhaltung des Tourismus und der Landschaft des Spreewaldes,
- die Teichwirtschaften sowie
- die Überleitungen an Verteilerwehren, Pumpwerken und Schleusen.

Die ausgewiesenen Mindestabflüsse sind nutzungsbedingt, z. B. zur Sicherung von Mindestwasserführungen unterhalb von Flutungsanlagen oder zur Sicherung von Wasserentnahmen (Qmin) bzw. für den Landschaftswasserbedarf (Qoek). Wenn in einem Teileinzugsgebiet mehrere Mindestabflüsse gelten, wird der höchste Wert angegeben.

Der für die Teichwirtschaften ausgewiesene Wasserbedarf entspricht einem Jahresmittelwert. Für seine Bewertung ist zu beachten, dass ausgeprägte innerjährliche Unterschiede auftreten, wie Gesamtentnahmen zum Bespannen der Teiche im Frühjahr mit mehr als 8 m^3/s im Monatsmittel (vgl. Abbildung 12 im Anhang (1) und dem Ablassen der Teiche im Herbst in nahezu der gleichen Größenordnung.

Unter dem Begriff Überleitungen sind in der Tabelle 21 wesentliche Ableitungen in bzw. Speisungen aus benachbarten Teileinzugsgebieten bzw. Flussgebiete zusammengefasst. Diese umfassen das Verteilerwehr Spreewiese (Bilanzprofil Lieske), den Priorgraben (Bilanzprofil Schmogrow), den Dahme-Umflut-Kanal (Bilanzprofil Leibsch), den Abzweig des Oder-Spree-Kanals zur Schleuse Wernsdorf (Bilanzprofil Große Tränke) und den Gosener Kanal (Bilanzprofil Rahnsdorf). Die Speisung der Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals über das Pumpwerk Neuhaus und die Schleuse Kersdorf wird als separate Bilanzgröße geführt.

Tabelle 21: Wassernutzungen für Kommune, Gewerbe und Landschaft im Flusseinzugsgebiet der Spree für den nachbergbaulichen Wasserhaushalt (Phase 7)

Angaben in m³/s

	Wiederkehrintervall	Lieske	Sprey	Spreewitz	Bräsinchen	Fehrow und Schmogrow OP	Leibsch UP	Große Tränke UP	Rahnsdorf
Mindestdurchflüsse									
Qmin			1,90			5,50	4,50	8,00	
Qoek		0,10	1,00	4,00	4,00	4,50	4,50		
Entnahmen									
Beregnung und Bewässerung	---	0,01	0,00	0,00	0,01	0,48	0,14	0,03	0,01
Industrie	---	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,20	0,13	0,08
Oder-Spree-Kanal	---	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Teichwirtschaft	MQ	0,39	1,66	0,99	0,00	1,21	0,46	0,00	0,02
	T = 10 a	0,39	1,56	0,98	0,00	1,20	0,46	0,00	0,02
	T = 50 a	0,39	1,54	0,97	0,00	1,20	0,45	0,00	0,02
Überleitung	MQ	1,58	0,00	0,00	0,00	0,55	2,51	4,49	8,99
	T = 10 a	0,92	0,00	0,00	0,00	0,55	0,71	1,65	5,17
	T = 50 a	0,73	0,00	0,00	0,00	0,55	0,59	1,50	2,87
Trinkwasser		0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,14
Einleitungen									
Beregnung und Bewässerung	---	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
Industrie	---	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,11	0,00
Kläranlagen	---	0,21	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
Oder-Spree-Kanal	---	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00

	Wiederkehrintervall	Lieske	Sprey	Spreewitz	Bräsinchen	Fehrow und Schmogrow OP	Leibsch UP	Große Tränke UP	Rahnsdorf
Teichwirtschaft	MQ	0,24	1,09	0,41	0,00	1,25	0,16	0,00	0,00
	T = 10 a	0,24	1,01	0,41	0,00	1,25	0,16	0,00	0,00
	T = 50 a	0,24	0,99	0,41	0,00	1,25	0,16	0,00	0,00
Überleitung	MQ	0,00	0,51	1,58	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00
	T = 10 a	0,00	0,16	0,92	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00
	T = 50 a	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00

Quelle: WBalMo-Ländermodell LM200320_03

7.3.4.2 Annahmen zum Wasserbedarf

Neben dem Planungsstand für die derzeitig bestehenden Wassernutzungen werden prognostische Annahmen zum Wasserbedarf; z. B. in Bezug auf die Erzeugung von Wasserstoff und Neuansiedlungen von Industrie und Handel als künftige Wassernutzer berücksichtigt. Für die Verwendung von Wasserstoff stehen eine Reihe von Studien und Untersuchungen zur Verfügung (siehe Kapitel 9.3.1). Für die Produktion von Wasserstoff und seine Verwendung zur Stromerzeugung als Ersatz für die Stromproduktion der drei Lausitzer Kraftwerke Boxberg, Schwarze Pumpe und Jänschwalde auf dem Stand von 2020 wäre folgender Wasserbedarf anzunehmen:

- 0,5 m^3/s für die Elektrolyse von Wasserstoff und
- zusätzlich mindestens 1,0 m^3/s für das erforderliche Kühlwasser.

Darüber hinaus geht das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie des Landes Brandenburg für den Prognosehorizont 2038 von folgendem Wasserbedarf in den Flussgebieten der Spree, Schwarzen Elster und Lausitzer Neiße aus, MWAE (2021):

- Wasserstoffprojekte bis 0,3 Mio. m^3/a bzw. ca. 0,01 m^3/s,
- Elektromobilität bis 3,5 Mio. m^3/a bzw. 0,12 m^3/s.

In der Summe ergibt sich für die Wasserstoffprojekte und für die Elektromobilität damit folgender Wasserbedarf:

- bis 2038: ca. 0,13 m^3/s auf der Grundlage bestehender Konzepte und
- bis 2050: ca. 0,50 m^3/s für die Wasserstoffelektrolyse und weitere ca. 1,0 m^3/s als Kühlwasser für die Rückverstromung als weitgehend spekulatives Szenario.

Im Bereich des bestehenden Industrieparks Schwarze Pumpe wurden Lösungen für den Ersatz von Wasser aus der GWBA Schwarze Pumpe für einen Bedarf von 0,9 m^3/s (Quelle: WBalMo-Ländermodell LM200320_03) gefunden. Für die Erweiterung der Papierfabrik Rieger GmbH & Co. KG wird ein zusätzlicher Wasserbedarf von 0,15 m^3/s erwartet, vgl. Kapitel 9.3.1. Damit kann von den in der Tabelle 22 zusammengefassten Annahmen zum Wasserbedarf nach dem Kohleausstieg ausgegangen werden.

Tabelle 22: Annahmen zum zusätzlichen Wasserbedarf durch Ersatz von Grubenwasser und Neuansiedlungen

Bedarfsträger	Planungssicherheit	Umfang [Mio. m³/a]	Umfang [m³/s]	Zeithorizont
Industriepark Schwarze Pumpe	Bestand	28,0	0,90	ab 2023
	Hoch	5,0	0,10	ab 2038
Wasserstoffprojekte Boxberg, Schwarze Pumpe und Jänschwalde	Wahrscheinlich	0,35	0,01	ab 2038
Elektromobilität	Wahrscheinlich	3,5	0,10	ab 2038
Summe	Wahrscheinlich	36,8	1,18	ab 2038
Elektrolyse und Rückverstromung	Spekulativ	55,0	1,75	ggf. ab 2050

7.3.5 Klimawandel

Aufgrund der Zeithorizonte in Hinblick auf den Kohleausstieg ist beim Wasserdargebot die Berücksichtigung von Klimaveränderungen erforderlich. Mit dem WBalMo-Ländermodell wurden in der Vergangenheit bereits Untersuchungen mit Klimaprojektionen durchgeführt (Tabelle 23).

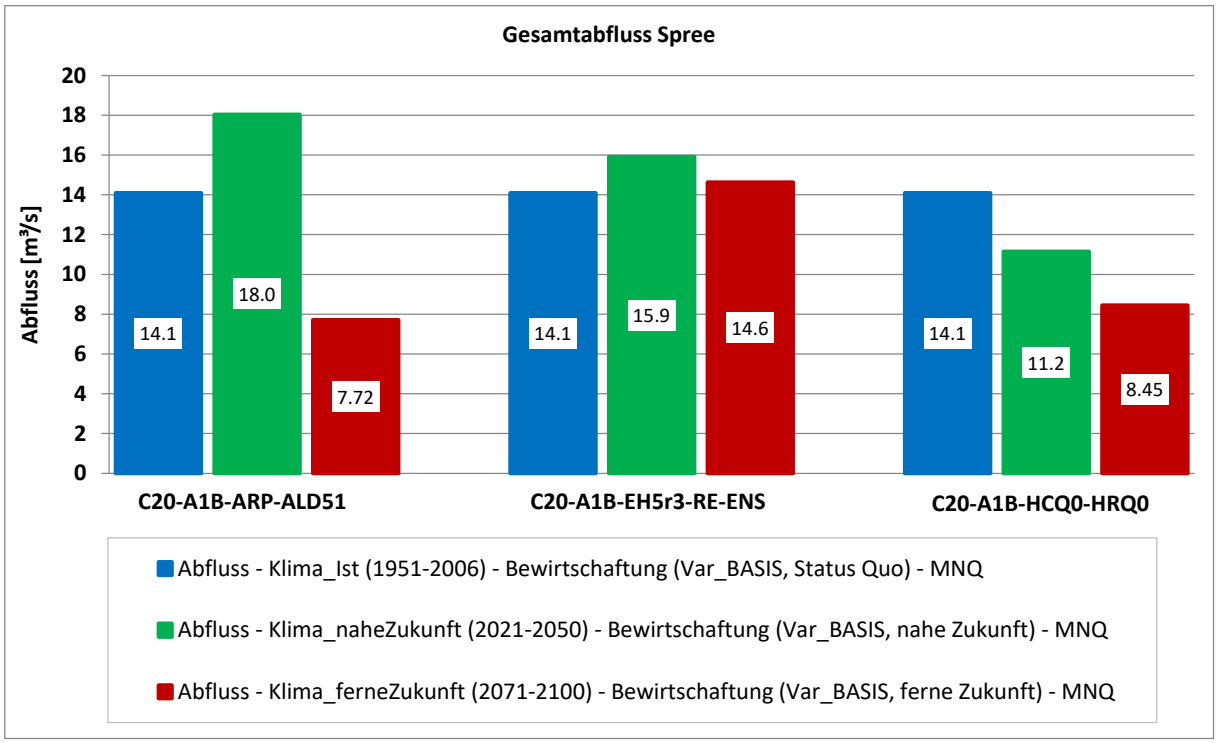
Tabelle 23: Übersicht zu klimabezogenen Prognosen zur Wasserbewirtschaftung in der Lausitz und verwendeter Klimadatensatz

Klimadatensatz	Prognose-horizont	Bearbeitungs-zeit	Auftraggeber/ Projekt
„Ist“-Klima	2100	seit 1993	LMBV und Landes-wasserbehörden, WBalMo Ländermodell Spree/ Schwarze Elster und Neiße
ENSEMBLE 2009 EH5r3_RE-ENS Max Planck Institute for Meteorology ARP-ALD51 Météo-France, Centre National de Recherches Météorologiques HCQ0-HRQ0 Hadley Centre for Climate Prediction and Research	2100	2010-2013	BfG, KLIWAS
STAR xK	2050	2009-2014	BMBF, INKA BB
STAR 2K	2050	2000-2010	BMBF, GLOWA Elbe

Einen Eindruck von der Sensitivität der Klimaprojektionen geben:

- für den Abfluss am Pegel Sophienwerder/Spree und Mühlendamm UP/Teltowkanal aus BfG (2013) die Abbildung 34 sowie
- für den Abfluss am Pegel Große Tränke UP/Spree aus dem Projekt INKA BB, Pohle et al. (2014), die Abbildung 35.

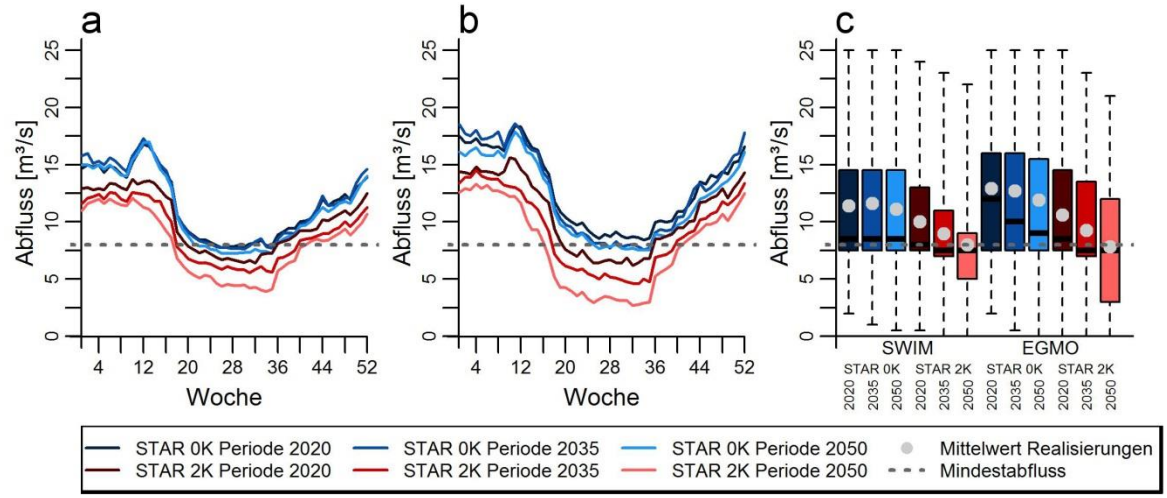
Abbildung 34: Vergleich der MNQ des Gesamtabflusses der Spree am Pegel Sophienwerder für drei ENSEMBLE-Datensätze für den Status Quo, der nahen und fernen Zukunft



Bildquelle: BfG (2013)

Abbildung 35: Abfluss am Pegel Große Tränke unter dem Einfluss von Klima und Bergbauszenarien

a) Wochenmittelwerte aus je 100 Realisierungen (SWIM → WBalMo),
b) Wochenmittelwerte aus je 100 Realisierungen (EGMO → WBalMo),
c) Boxplots aus Jahresmittelwerten (WBalMo).
Der Mindestabfluss am Pegel Große Tränke von 8,0 m³/s ist durch die gestrichelte Linie dargestellt



Bildquelle: Pohle et al. (2014)

Für den Gesamtabfluss der Spree im langjährig mittleren Niedrigwasserbereich wurde für zwei Klimaszenarien ein Rückgang um bis zu 40 % und in einem Klimaszenario ein Anstieg um 4 % berechnet. Der Durchfluss am Pegel Große Tränke UP/Spree wurde im Projekt INKA BB für zwei verschiedene Klimaprojektionen und jeweils drei verschiedene Zeiträume sowie mit zwei verschiedenen Modellen zur Simulation des natürlichen Dargebotes prognostiziert.

Die Bewertung der Spannweiten der Ergebnisse ist einerseits ein wichtiges methodisches Instrument, zeigt andererseits aber auch Schwierigkeiten bei der Anwendung von Klimaprojektionen für wasserwirtschaftliche Wirkungsanalysen.

Die Szenarien des IPCC zu den Rahmenbedingungen des Klimawandels werden wie auch die entsprechenden globalen und regionalen Modelle kontinuierlich fortgeschrieben. Die Expertengruppe „Klima/Klimawandel“ hat die Verwendung des Mitteldeutschen Kernensembles v1.0 Struve et al. (2020), kurz MDK, für verbindlich erklärt, LfU (2020). Für das MDK wurden in einem komplexen Verfahren für drei Klimaszenarien insgesamt 22 Klimaprojektionen ausgewählt, die aus bestimmten Realisierungen der Simulationsläufe verschiedener Klimamodellketten stammen.

Zum Beispiel umfasst das MDK für das Szenario RCP8.5 sieben Realisierungen von Modellläufen, die den Zeitraum von 1961 bis 2100 umfassen und die Flussgebiete Spree und Schwarze Elster vollständig sowie Lausitzer Neiße zum Teil abdecken. Die sieben Realisierungen des MDK für das RCP8.5 weisen untereinander deutliche Unterschiede auf. In der Dokumentation des MDK Struve et al. (2020) heißt es dazu: „Unterschiedliche Projektionen weisen unterschiedliche Änderungssignale auf, die in Summe die Bandbreite der zukünftigen Klimaänderung bilden. Die zu erwartende Klimaänderung bewegt sich innerhalb dieser Bandbreiten. Der (möglichst vollständige) Erhalt dieser Ensemblebandbreite bei der Reduzierung des Referenzensembles auf Kernensemblegröße ist dabei das Ziel.“ Das Erreichen dieses Zieles ist mit einem Bandbreitenindikator dokumentiert worden. Die zitierte Zielstellung des MDK, die Bandbreite der Klimaänderung möglichst vollständig zu erhalten, sollte für anstehende Prognosen der wasserwirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels beibehalten werden.

Mit den derzeit aktualisierten Modellen in Bezug auf Klima, Wasserhaushalt und Bewirtschaftung soll zukünftig mit den Klimadaten des MDK entsprechend den im Anhang (1), Abschnitt 1.4.2 beschriebenen Vorgehen Aussagen erzielt werden.

Vom UFZ und PIK wurden die Auswirkungen des Klimawandels auf die hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Verhältnisse in der Lausitz untersucht. Gemäß den Untersuchungen wird sich durch den Klimawandel die innerjährliche Niederschlagsverteilung verändern. Die Niederschläge sollen in den Sommermonaten tendenziell abnehmen und in Wintermonaten zunehmen. Die Wahrscheinlichkeit von Starkniederschlägen nimmt zu. Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge in der Lausitz soll sich nur unwesentlich verändern, im Trend leicht erhöhen. In Folge steigender Lufttemperaturen wird die Verdunstung von Landoberflächen und Gewässern, insbesondere in den Sommermonaten, zunehmen. Dementsprechend wird sich das sommerliche Defizit der klimatischen Wasserbilanz erhöhen. In den leicht niederschlagsreicheren und frostärmeren Wintermonaten wird die Grundwasserneubildung infolge des Klimawandels nach UFZ und PIK voraussichtlich leicht steigen.

7.4 Auswirkungen auf die Fließgewässer

Im Kapitel 7.3 wurden die wasserwirtschaftlichen Bilanzkomponenten anhand von Jahreswerten dargestellt, wie sie sich vom Zeitraum vor dem Kohleausstieg (Phase 5) bis zum Zeitraum des nachbergbaulichen Wasserhaushaltes (Phase 7) verändern. Die Bewertung dieser Änderungen ergibt sich aus einer Saldierung beider Werte. Die quantitative Analyse der Veränderungen der wasserwirtschaftlichen Jahresbilanzen erlaubt den Vergleich der Durchflüsse im Längsschnitt (Tabelle 24).

Die saldierten Durchflüsse zeigen den generellen Rückgang des Wasserdargebotes für den nachbergbaulichen Wasserhaushalt bereits im Mittelwasserbereich. Die rot schattierten Tabellenfelder zeigen, dass der prognostizierte Jahresmittelwert den derzeit festgelegten wasserwirtschaftlich erforderlichen Mindestabfluss Qmin unterschreitet. Eine Vorstellung davon, was diese

Situation für den Sommer bedeuten kann, zeigen die am Pegel Leibsch UP gemessenen Werte des Jahres 2018, einem Trockenjahr bei noch bestehenden Einleitungen von Sümpfungswasser. Der mittlere Abfluss betrug 9,15 m^3/s und lag damit bereits geringfügig unter dem für ein mittleres Jahr im nachbergbaulichen Zeitraum (Phase 7) prognostizierten Jahreswert von 10,3 m^3/s. Gleiches ist am Wert NQ für das Jahr 2018 abzuleiten (Tabelle 24). Die niedrigsten Abflüsse in mittleren Jahren im nachbergbaulichen Zeitraum werden geringfügig über denen des Trockenjahres 2018 liegen.

Tabelle 24: Wasserwirtschaftliche Jahresbilanz im Längsschnitt der Spree für die Zeiträume vor dem Kohleausstieg (Phase 5), während der Flutung (Phase 6) und des nachbergbaulichen Wasserhaushaltes (Phase 7), ergänzt um ausgewählte Durchflüsse des Niedrigwasserjahres 2018

Angaben in m^3/s,
Die Unterschreitungen der Mindestdurchflüsse sind rot hervorgehoben.

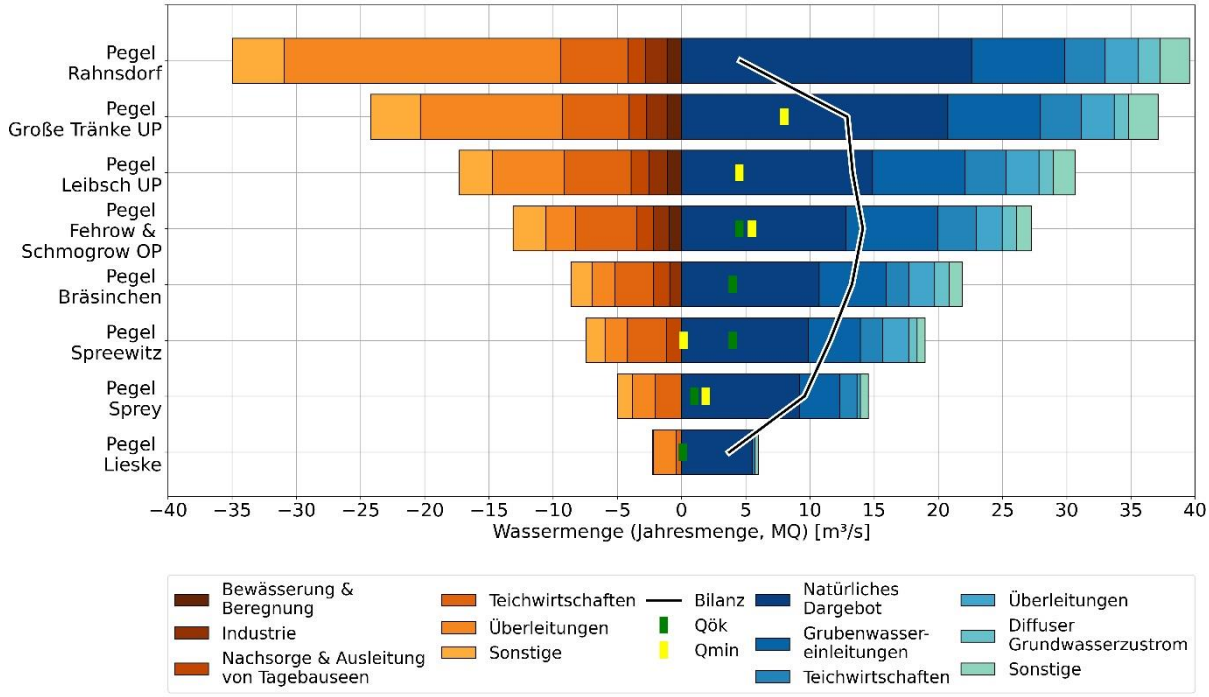
Wiederkehr-intervall	Lieske	Sprey	Spreewitz	Bräsinchen	Fehrow und Schmogrow OP	Leibsch UP	Große Tränke UP	Rahnsdorf
Mindestdurchflüsse								
Qmin		1,90			5,50	4,50	8,00	
Qoek	0,10	1,00	4,00	4,00	4,50	4,50		
Durchflüsse in der Phase 5								
MQ	3,72	9,58	11,47	12,73	14,02	13,23	12,81	4,50
T = 10 a	2,25	5,99	7,69	9,12	9,71	8,84	9,59	3,31
T = 50 a	1,67	4,86	6,41	7,73	8,15	6,83	7,27	2,52
Durchflüsse in der Phase 6								
MQ	3,85	7,81	6,72	8,05	8,46	9,08	10,25	3,73
T = 10 a	2,29	4,55	5,33	6,36	5,94	5,29	6,42	2,34
T = 50 a	1,71	3,23	4,07	4,97	4,34	3,21	3,49	1,37
Durchflüsse in der Phase 7								
MQ	3,91	7,61	8,49	10,28	10,89	10,30	10,65	3,85
T = 10 a	2,37	3,89	4,66	5,94	5,78	4,84	5,94	2,22
T = 50 a	1,83	2,64	3,37	4,43	4,06	2,65	3,00	1,23
Durchflüsse, 2018								
NQ	0,93	3,29	4,77	5,89	5,81	1,42	2,40	0,10
MQ	3,25	6,95	9,70	11,66	11,08	9,15	9,37	3,81

Während der Flutung der Bergbaufolgeseen (Phase 6) sind die Durchflüsse in den wasserarmen (T=10 a) und extrem trockenen (T=50 a) Szenarien höher als im nachbergbaulichen Wasserhaushalt (Phase 7). Demgegenüber sind die Durchflüsse bei mittleren Verhältnissen (MQ) während der Flutung der Bergbaufolgeseen (Phase 6) deutlich niedriger als im nachbergbaulichen Wasserhaushalt (Phase 7), da bei mittleren Verhältnissen gemäß den Bewirtschaftungsgrundsätze AG FGB (2020) die Bergbaufolgeseen geflutet werden können. Die wichtigsten Werte der wasserwirtschaftlichen Jahresbilanzen im Längsschnitt der Spree in den Phasen 5 und 7sind

für mittlere Verhältnisse in den Abbildung 36 und Abbildung 37 sowie für extrem trockenen Verhältnisse in den Abbildung 38 und Abbildung 39 dargestellt.

Abbildung 36: Wasserwirtschaftliche Jahresbilanz im Längsschnitt der Spree für mittlere Verhältnisse in der Phase 5

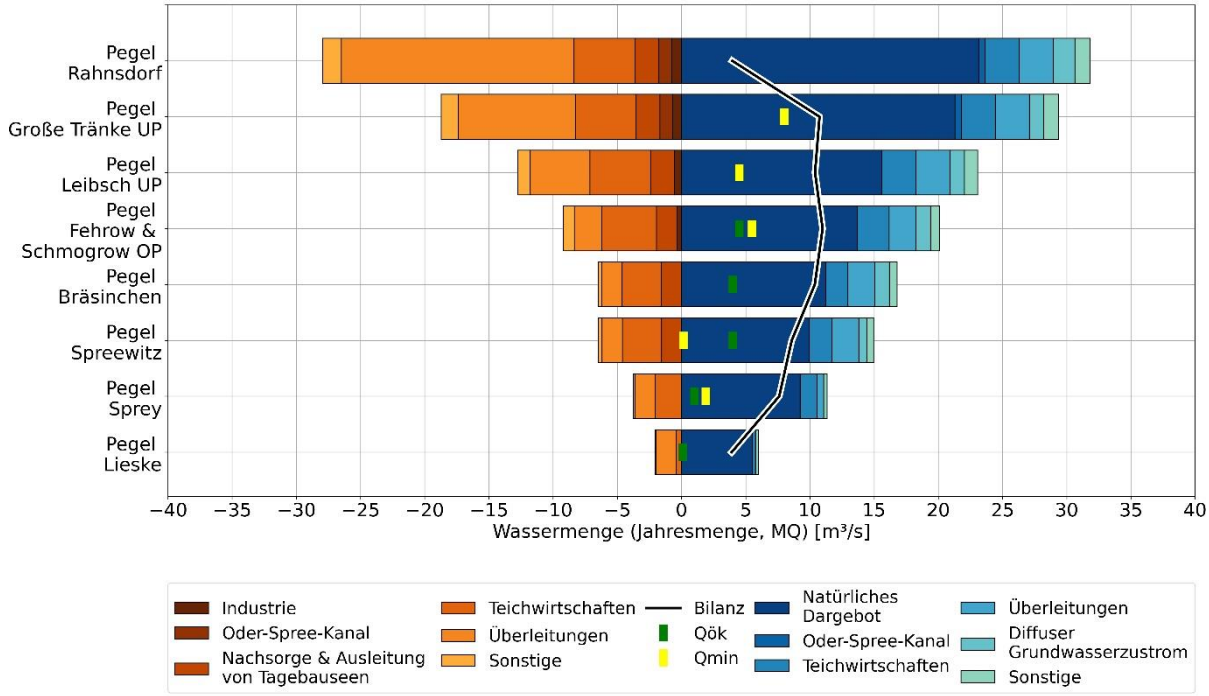
Datenquelle: WBalMo-Ländermodell LM200320_03



Bildquelle: Eigene Darstellung DHI WASY GmbH

Abbildung 37: Wasserwirtschaftliche Jahresbilanz im Längsschnitt der Spree für mittlere Verhältnisse in der Phase 7

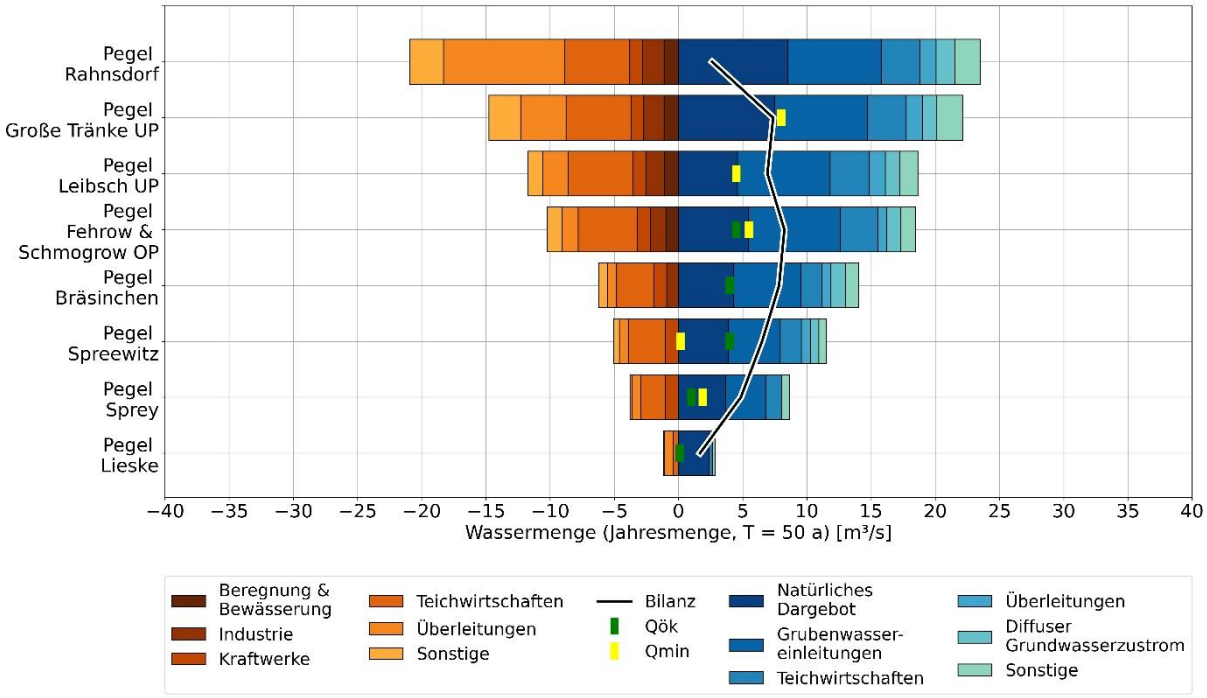
Datenquelle: WBalMo-Ländermodell LM200320_03



Bildquelle: Eigene Darstellung DHI WASY GmbH

Abbildung 38: Wasserwirtschaftliche Jahresbilanz im Längsschnitt der Spree für extrem trockene Verhältnisse (T = 50 a) in der Phase 5

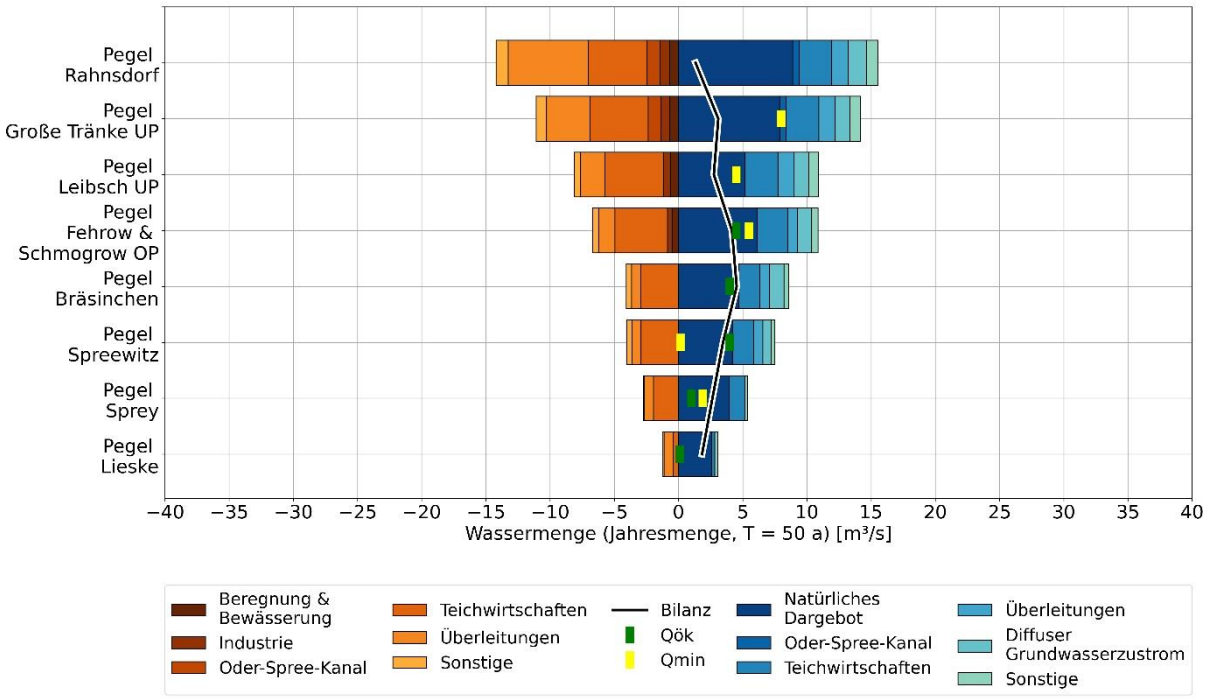
Datenquelle: WBalMo-Ländermodell LM200320_03



Bildquelle: Eigene Darstellung DHI WASY GmbH

Abbildung 39: Wasserwirtschaftliche Jahresbilanz im Längsschnitt der Spree für extrem trockene Verhältnisse (T = 50 a) in der Phase 7

Datenquelle: WBalMo-Ländermodell LM200320_03



Bildquelle: Eigene Darstellung DHI WASY GmbH

Die mittleren Durchflussverhältnisse suggerieren, dass für den nachbergbaulichen Wasserhaushalt keine Defizitsituationen zu erwarten wären. Allerdings sind die Werte für mittlere Verhältnisse keine geeignete Grundlage für wasserwirtschaftliche Entscheidungen (siehe Kapitel 7.1).

Unter extrem trockenen wasserwirtschaftlichen Bedingungen wird die Verringerung des Dargebotes für den nachbergbaulichen Wasserhaushalt im Vergleich der Abbildung 38 mit der Abbildung 39 sehr deutlich. Damit muss in den kommenden Jahrzehnten gehäuft gerechnet werden.

Für die Bewertung der wasserwirtschaftlichen Änderungen durch den Kohleausstieg ist die absolute Änderung bzw. Verringerung der Durchflüsse zwischen der nachbergbaulichen Entwicklung (Phase 7: nach 2070), während der Flutung der Bergbaufolgeseen (Phase 6: 2040-2070) und dem Zeitraum vor dem Kohleausstieg (Phase 5: 2020-2040) für gleichwertige wasserwirtschaftliche Verhältnisse entscheidend. Die prognostizierten absoluten Durchflüsse zeigt die Tabelle 24. Die Änderungen der Durchflüsse zwischen den Phasen sind in Tabelle 25 aufgeführt.

Tabelle 25: Änderung der Jahresmittelwerte der Durchflüsse des nachbergbaulichen Wasserhaushaltes im Vergleich zum Zeitraum vor dem Kohleausstieg

Angaben in m³/s
Die Änderungen der Niedrigwasserdurchflüsse (T = 10 a, T = 50 a) an den relevanten Bilanzprofilen in Sachsen und Brandenburg sind rot hervorgehoben.

Wiederkehrintervall	Lieske	Sprey	Spreewitz	Bräsinchen	Fehrow und Schmogrow OP	Leibsch UP	Große Tränke UP	Rahnsdorf
Phase 6 – Phase 5								
MQ	+0,12	-1,8	-4,8	-4,7	-5,6	-4,1	-2,6	-0,8
T = 10 a	+0,04	-1,4	-2,4	-2,8	-3,8	-3,5	-3,2	-1,0
T = 50 a	+0,03	-1,6	-2,3	-2,8	-3,8	-3,6	-3,8	-1,2
Phase 7 – Phase 6								
MQ	+0,06	-0,2	+1,8	+2,2	+2,4	+1,2	+0,4	+0,1
T = 10 a	+0,07	-0,7	-0,7	-0,4	-0,2	-0,5	-0,5	-0,1
T = 50 a	+0,13	-0,6	-0,7	-0,5	-0,3	-0,6	-0,5	-0,1
Phase 7 - Phase 5								
MQ	+0,19	-2,0	-3,0	-2,5	-3,1	-2,9	-2,2	-0,7
T = 10 a	+0,12	-2,1	-3,0	-3,2	-3,9	-4,0	-3,7	-1,1
T = 50 a	+0,16	-2,2	-3,0	-3,3	-4,1	-4,2	-4,3	-1,3

Wasserwirtschaftliche Planungen gehen nicht von Mittelwasserdurchflüssen aus, sondern orientieren sich an Niedrigwasserdurchflüssen (in Tabelle 25 rot hinterlegt). Für den nachbergbaulichen Wasserhaushalt (Phase 7) kann im sächsischen Teil der Spree von einem absoluten

Rückgang der Durchflüsse bis 3 m^3/s (Pegel Spreewitz) ausgegangen werden, der sich im brandenburgischen Abschnitt der Spree bis auf 4 m^3/s (Pegel Große Tränke) erhöht. Dabei werden ca. 80 % des Durchflussrückgangs für den nachbergbaulichen Wasserhaushalt bereits unmittelbar nach dem Kohleausstieg wirksam (Phase 5 zu Phase 6). Die Schlussfolgerungen zur Bewältigung der wasserwirtschaftlichen Auswirkungen des Kohleausstiegs sind daher für den gesamten Zeitraum nach dem Kohleausstieg zutreffend. Nach Flutungsabschluss (Phase 6 zu Phase 7) steigen die Durchflüsse bei mittleren Verhältnissen aufgrund des entfallenen Flutungswasserbedarfs an. Dieser Effekt wird nur bei mittleren Verhältnissen deutlich, da in den wasserarmen (T=10 a) und extrem trockenen (T=50 a) Szenarien entsprechend den Bewirtschaftungsgrundsätzen AG FGB (2020) keine Flutung möglich ist.

Der Vergleich der Änderungen in der Tabelle 25 mit dem Längsschnitt der Jahresbilanzen in der Tabelle 24 zeigt, dass bereits ab einem Wiederkehrintervall von zehn Jahren in anhaltenden Trockenwettersituationen fast der gesamte Spreelauf von Lieske bis unterhalb Leibsch trockenfallen würde. Ähnliche Wetterlagen wie jüngst in den Jahren 2018, 2019, 2020 und 2022 würden dann mit Sicherheit zum weitestgehenden Trockenfallen der Spree führen.

In dieser Bewertung noch nicht enthalten sind ein weiterer Wasserbedarf von ca. 1,2 m^3/s für den gewerblichen Bereich sowie ein derzeit noch spekulativer Bedarf für die Elektrolyse von Wasserstoff und seine konventionelle Rückverstromung von ca. 1,5 m^3/s (vgl. Tabelle 22).

Zwischenfazit

In der nachbergbaulichen Entwicklung (Phase 7) muss mit einem teilweise langanhaltenden abschnittsweisen Trockenfallen der Spree gerechnet werden. Gründe hierfür sind einerseits der Wegfall der Sümpfungswassereinleitungen und der landnutzbedingte Rückgang (Bergbaufolgeseen) des abflusswirksamen Wasserdargebots sowie andererseits ein gleichbleibender bzw. ansteigender Wasserbedarf entlang der Spree bis zur Metropolregion Berlin-Brandenburg.

7.5 Leistungsfähigkeit der Talsperren und Speicher

Talsperren und Speicher sind seit Jahrzehnten fester Bestandteil der Bewirtschaftung der Spree. Deren Bedeutung wird künftig weiter zunehmen, um insbesondere in langanhaltenden Trockenwetterphasen den Abflussrückgang zu kompensieren. Nach der Ermittlung der jahresdurchschnittlichen Abflussrückgänge (Tabelle 25) wurde nachfolgend geprüft, inwieweit die für die Phase 7 bilanzierten Abflussrückgänge durch die Nutzung der Speicherräume in den Talsperren und Speichern kompensiert werden können.

Die vorhandenen drei Talsperren Quitzdorf, Bautzen und Spremberg sowie der Speicher Lohsa I mit einem nominellen Betriebsraum von ca. 52 Mio. m^3 werden bereits seit der Phase 3 zur Niedrigwasseraufhöhung genutzt und stehen deshalb zum Ausgleich für künftig neu entstehende Defizite bilanziell nicht zur Verfügung (Tabelle 26).

Tabelle 26: Betriebsräume der Talsperren und Speicher im oberen Spreegebiet

Talsperre/ Speicher	Nomineller Betriebsraum [Mio. m^3]
Bautzen	24,2
Quitzdorf	9,3
Lohsa I	2,8
Spremberg	15,5

Talsperre/ Speicher	Nomineller Betriebsraum [Mio. m³]
Summe	**51,8**

Die für die Zukunft ermittelten Defizite gemäß der Tabelle 25 müssen deshalb durch neue Speicher ausgeglichen werden. Die dafür erforderlichen Betriebsräume für die Bandbreite (Kapitel 7.4) der ermittelten künftigen Defizite zeigt die Tabelle 27.

Tabelle 27: Ausgleichswasserbedarf und dafür erforderlicher Betriebsraum im nachbergbaulichen Wasserhaushalt (Phase 7)

Ausgleichs-wasserbedarf [m³/s]	Erforderlicher Betriebsraum [Mio. m³/a]
-2	63
-3	95
-4	126

In weiser Voraussicht wurden bereits in den 1980er Jahren Entscheidungen zum Ausbau von Bergbaufolgeseen als Speicher getroffen. Gegenwärtig verfügt die Lausitz im Spreegebiet bereits über derartige Speicher mit einem geplanten Betriebsraum von ca. 99 Mio. m^3 (Tabelle 28).

Tabelle 28: Geplante Betriebsräume der Bergbaufolgeseen mit Speicherfunktion und geplanter Betriebsraum

Speicherbecken	Geplanter Betriebsraum [Mio. m³]
Dreiweibern	5,7
Lohsa II	60,6
Burghammer	7,0
Bärwalde	25,4
Summe	**98,7**

Der erforderliche maximale Betriebsraum gemäß der Tabelle 27 weist gegenüber dem geplanten Betriebsraum (Tabelle 28) ein Defizit von ca. 30 Mio. m^3 auf. Die Hinzuziehung des bereits in älteren wasserwirtschaftlichen Planungen vorgesehenen **Cottbuser Ostsees** mit einem nutzbaren Betriebsraum von **ca. 27 Mio. m^3** könnte diese Lücke schließen.

Eine weitere Lücke offenbart sich in dem gegenwärtigen Nutzungsgrad der vorhandenen Speicher wegen zahlreicher Restriktionen (Tabelle 29).

Der in der Tabelle 28 aufgeführte Betriebsraum inklusive des Cottbuser Ostsees erfüllt bei vollständiger Aufhebung der bestehenden Restriktionen die Anforderungen an den notwendigen Gesamtspeicherraum gemäß der Tabelle 27.

Der gesamte Betriebsraum aller im oberen Spreegebiet liegenden Talsperren und Speicher kann jedoch nur dann wirksam werden, wenn die Leistungsfähigkeit des natürlichen Zuflussgebietes ausreicht, diesen Betriebsraum vor Beginn der sommerlichen Bewirtschaftungsperiode aufzu-

füllen. In einem dritten Schritt wurde deshalb geprüft, ob zum Beginn der sommerlichen Bewirtschaftungsperiode ein ausreichend hoher Füllungsgrad nahe 100 % erreicht werden kann. Die Berechnungen mit WBalMo ergaben für die Talsperren und den Speicher Lohsa I einen sicheren Füllgrad von 100 % und für die anderen Speicher inklusive dem Cottbuser Ostsee einen Füllgrad von lediglich etwa 50 %. Daraus lässt sich eine Fehlmenge von ca. 60 Mio. m^3 bestimmen, die erforderlich ist, um einen Füllungsgrad aller Speicher im Spreegebiet von nahe 100 % zu erreichen, die im oberen Spreegebiet jedoch nicht verfügbar ist. Eine gesicherte und damit auch nutzbare Erhöhung des Dargebotes um 60 Mio. m^3 ist deshalb nur durch Überleitung aus benachbarten Flusseinzugsgebieten in das Gebiet der Spree erreichbar.

Tabelle 29: Speicher im Einzugsgebiet der Spree und aktuelle Restriktionen

ZU unteres Stauziel
ZO oberes Stauziel

Speicher bzw. Talsperre	Stauziele für den Betriebsraum in m NHN	Theoretisch verfügbarer Betriebsraum in Mio. m^3	Derzeitige Limitation als m NHN	Derzeit tatsächlich verfügbarer Betriebsraum in Mio. m^3 und anteilig	Ursachen
Bärwalde	ZU: +123,0 ZO: +125,0	25,4	ZU: +123,0 ZO: +124,0	12,5 (49 %)	Hochwasserschutz
Lohsa II	ZU: +109,5 ZO: +116,4	60,6	ZU: +113,2 ZO: +115,5	24,8 (41 %)	Ökologie und geotechnische Sicherheit
Burghammer	ZU: +107,5 ZO: +109,0	7,0	ZU: +108,2 ZO: +108,8	2,8 (40 %)	Wassergüte
Talsperre Spremberg	ZU: +88,0 ZO: +92,0	15,5	ZU: +90,0 ZO: +92,0	11,5 (74 %)	Eisenrückhalt

Da die benachbarten Flusseinzugsgebiete vergleichbare hydrometeorologische Bedingungen wie das Spreegebiet aufweisen, kann allerdings eine ganzjährige Überleitung von vornherein ausgeschlossen werden. Die erforderlichen Überleitungskapazitäten für die Überleitung von ca. 60 Mio. m^3 zur vollständigen Füllung der Speicher im Spreegebiet sind von den wasserwirtschaftlich günstigen Entnahmezeiträumen in den benachbarten Flussgebieten abhängig (Tabelle 30). Realistisch wird eine Überleitungsdauer von sechs Monaten angenommen.

Tabelle 30: Erforderliche Gesamtzuleitung in das Spreegebiet zur Gewährleistung der vollständigen Verfügbarkeit des maximalen Betriebsraumes aller Speicher

Jahresdurchschnittliche Überleitungsdauer [Monate]	Erforderliche Zuleitung [m^3/s]
2	11,4
3	7,6
4	5,7
5	4,6
6	3,8

7.6 Fazit

Unter Nutzung von Daten des Langfristbewirtschaftungsmodells WBalMo Länderversion LM200320_03 wurden Analysen der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse in den Einzugsgebieten der Spree und der Schwarzen Elster bis zum Jahr 2100 durchgeführt. Berücksichtigung fanden dabei:

- der Ausstieg aus der Braunkohlenverstromung,
- die Rehabilitierung des gestörten Wasserhaushaltes im Lausitzer Revier einschließlich der Flutung der Bergbaufolgeseen,
- die Auswirkungen der veränderten Land-Wasser-Verteilung in den Bergbaufolgelandschaften auf das Wasserdargebot,
- der gleichbleibende Wasserbedarf für Natur, Landschaft und Gesellschaft sowie
- der moderat zunehmende Wasserbedarf für Industrie und Wirtschaft gemäß den Entwicklungspotenzialen zur Strukturstärkung.

Im ersten Schritt wurden für den Längsschnitt der Spree die künftigen Jahresabflüsse für mittlere, wasserarme und extrem trockene Verhältnisse berechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass bereits bei wasserarmen Verhältnissen mit einem Wiederkehrintervall von 10 Jahren größere Abschnitte der Spree langanhaltend trockenfallen. Im sächsischen Teil der Spree (Pegel Spreewitz) ist mit einem kumulativen jährlichen Defizit von ca. 3 m^3/s bzw. rund 95 Mio. m^3/a zu rechnen, das im brandenburgischen Teil der Spree (Pegel Große Tränke) auf ca. 4 m^3/s bzw. rund 126 Mio. m^3/a anwächst.

Im zweiten Schritt wurde geprüft, ob die bilanzierten Abflussdefizite durch eine Wasserbevorratung in den Speicherräumen der Talsperren, Speicher und Bergbaufolgeseen im oberen Spreegebiet ausgeglichen werden können. Die etablierten Talsperren Quitzdorf, Bautzen und Spremberg sowie der Speicher Lohsa I werden derzeit bereits für die Niedrigwasseraufhöhung vollständig benötigt und stehen damit für die Kompensation zukünftiger Defizite nicht zur Verfügung. Neben den vorgenannten Talsperren und Speichern sind im oberen Spreegebiet die zu Speichern neu hergerichteten Bergbaufolgeseen Bärwalde und Dreiweibern/Lohsa II/Burghammer mit einem theoretischen Speicherraum von ca. 99 Mio. m^3 verfügbar. Weiterhin kann der Cottbuser Ostsee als wasserwirtschaftlicher Speicher mit einem Speicherraum von ca. 27 Mio. m^3 hergerichtet werden. Aus diesen Speicherräumen kann das bilanzierte Abflussdefizit für wasserarme Verhältnisse von 126 Mio. m^3/a formal ausgeglichen werden.

Unter Einbeziehung der etablierten Talsperren und Speicher steht im oberen Spreegebiet ein theoretisches Gesamtspeichervolumen von 178 Mio. m^3 zur Verfügung, vom dem gegenwärtig aber nur ca. 50 % genutzt werden können. Auf mehreren Speichern, z. B. den Speichern Bärwalde, Lohsa II und Burghammer sowie der Talsperre Spremberg, liegen unterschiedliche Restriktionen, die ihre Nutzung aktuell stark einschränken. Diese Einschränkungen gelten temporär, bis die jeweiligen Ursachen der Restriktionen beseitigt sind.

Im dritten Schritt wurde geprüft, ob bis zum Beginn der sommerlichen Bewirtschaftungsperiode eine vollständige Befüllung des theoretischen Gesamtspeicherraum im oberen Spreegebiet aus dem Wasserdargebot des natürlichen Einzugsgebietes der Spree möglich ist. Die Ergebnisse zeigen, dass aus dem Dargebot des natürlichen Einzugsgebietes ein Speichervolumen von rund 118 Mio. m^3 sicher befüllt werden kann. Somit verbleibt eine Fehlmenge von ca. 60 Mio. m^3, die aus den Einzugsgebieten der Talsperren und Speichern nicht gedeckt werden kann.

Zur sicheren Kompensation der Fehlmenge von jährlich ca. 60 Mio. m^3 bietet sich die Wasserüberleitung aus benachbarten Flussgebieten an. Dabei ist zu beachten, dass in den oberen Einzugsgebieten der benachbarten Flussgebiete von Elbe, Lausitzer Neiße und auch Oder ähnliche hydrometeorologische Bedingungen herrschen wie im Einzugsgebiet der Spree. Deshalb können Wasserüberleitungen nur in wasserreichen Phasen stattfinden. Die Überleitungsmengen müssen in Speicher bevorratet werden, damit sie dann anschließend bei Bedarf zur Niedrigwasseraufhöhung der Spree zur Verfügung stehen.

Für die zukünftige Bewirtschaftung der Wasserressourcen im Spreegebiet unter Einbeziehung der Talsperren und Speicher sowie der Überleitungen aus benachbarten Flussgebieten ist ein geeignetes Modell, wie z. B. WBalMo, dringend erforderlich, siehe Anhang (1) und Kapitel 11.6.3.

Fazit

Zur **Sicherung der erforderlichen Mindestabflüsse** an den relevanten Bilanzprofilen der Spree sind in den Phasen 6 und 7 ausreichende Wassermengen in Talsperren und Speichern vorzuhalten. Die hierfür erforderliche **Wasserspeicherkapazität** beträgt 178 Mio. m^3 und ist derzeit nur reichlich zur Hälfte verfügbar.

Maßnahmen zur Aufhebung derzeit bestehender **Speicherrestriktionen** sowie der Zubau von Speichern sind erforderlich.

Das natürliche Wasseraufkommen der Spree reicht jedoch nicht aus, um einen ausreichend hohen **Speicherfüllungsgrad** zu Beginn des Frühjahres zu gewährleisten.

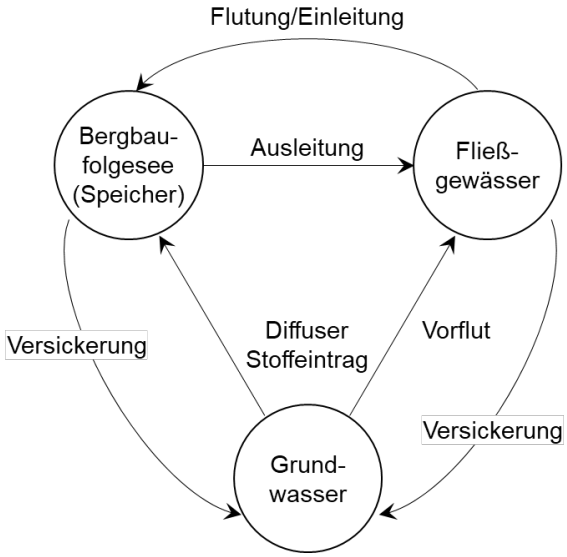
Deshalb wird die **Überleitung** von mindestens 60 Mio. m^3 Wasser aus benachbarten Flussgebieten erforderlich.

8 Wasserbeschaffenheit

8.1 Einleitung

In der bergbaulichen und nachbergbaulichen Landschaft stehen die wasserwirtschaftlichen Kompartimente Grundwasser, Bergbaufolgeseen und Fließgewässer mengenmäßig und stofflich in einem engen Zusammenhang und beeinflussen sich gegenseitig (Abbildung 40). Deshalb ist eine gemeinsame Betrachtung der Wechselwirkungen notwendig.

Abbildung 40: Zusammenhang zwischen den wasserwirtschaftlichen Kompartimenten Grundwasser, Bergbaufolgeseen und Fließgewässer in der bergbaulichen Landschaft



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

8.2 Grundwasser

8.2.1 Pyritverwitterung

Der weltweite Erz- und Kohlebergbau im Allgemeinen und der Braunkohlenbergbau in der Lausitz im Speziellen sind von der Pyritverwitterung betroffen. Kohlen und tertiäre Nebengesteine sowie ausgewählte pleistozäne Sedimente enthalten das Mineral Pyrit (FeS_2). Pyrit setzt sich aus Eisen und Schwefel zusammen und entsteht im anoxischen (streng sauerstofffreien) Milieu. Nur unter diesen Bedingungen ist Pyrit auch geochemisch stabil. Werden die pyrithaltigen Sedimente im Beisein von Wasser dem Sauerstoff der Atmosphäre ausgesetzt, verwittert Pyrit (Gleichung 1). Dabei werden Eisen, Sulfat und Säuren freigesetzt. Die Zustandsform des Eisens hängt vom finalen geochemischen Milieu ab.

Gleichung 1: Pyritverwitterung mit unterschiedlichem geochemischem Finale

Anoxisch $$FeS_2 + \frac{7}{2}O_2 + H_2O \rightarrow Fe^{2+} + 2SO_4^{2-} + 2H^+$$

Oxisch $$FeS_2 + \frac{15}{4}O_2 + \frac{7}{2}H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 2SO_4^{2-} + 4H^+$$

Das tertiäre Deckgebirge der Lausitzer Braunkohlenlagerstätten enthält in unterschiedlichem Maße Pyrit. Besonders pyritreich sind die Sedimente der Oberen Briesker Folge, die auf dem zweiten Lausitzer Flözhorizont (2. LFH) auflagern und in den meisten Lausitzer Tagebauen überwiegend das Deckgebirge bilden. Der profilgemittelte Pyritgehalt liegt zwischen 0,2 und 0,8

Masse-%. Der Pyrit kommt überwiegend als Zement (Bindemittel) in sandigen und schluffigen tertiären Sedimenten vor (linke Fotos in Abbildung 41). Pyrit ist auch in der Braunkohle und in den kohligen Begleitsedimenten konzentriert. Dagegen eher spektakulären Charakter haben Lagen von Pyritkonkretionen (Pyritknollen) bis in Steingröße (mittleres Foto in Abbildung 41).

Abbildung 41: Pyrit im Lausitzer Braunkohlenrevier

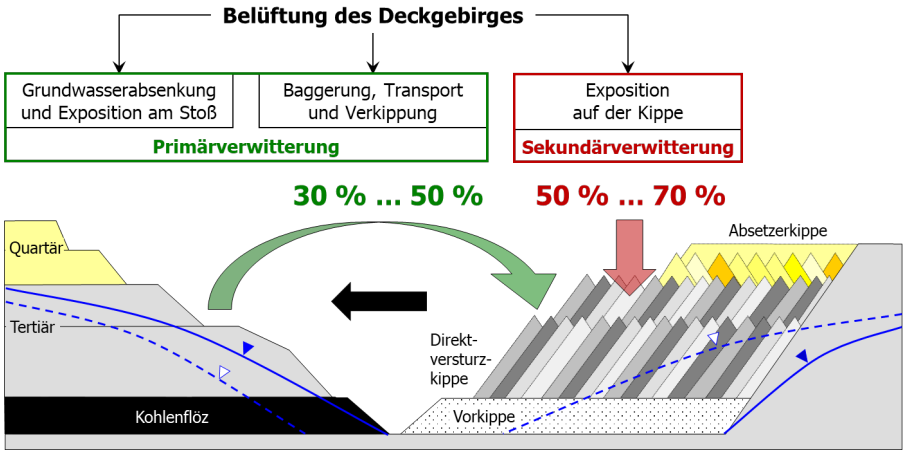
Links: Rasterelektronische Aufnahmen von Pyrit in klastischen Sedimenten, Mitte: Pyritkonkretionen aus einem Lausitzer Braunkohlentagebau, Rechts: Dieselbe Konkretion nach einem mehrwöchigen Petrischalen-experiment

Bildquelle: Gröschke

Pyritverwitterung im Tagebau

Bei der Grundwasserabsenkung im Zuge der Vorfeldentwässerung, bei der Freilegung und Baggerung des Deckgebirges sowie beim Versturz der Sedimente auf Halden und Kippen werden sie unvermeidbar belüftet (Abbildung 42). Dieser Prozess wird als Primärverwitterung bezeichnet. Die Pyritverwitterung setzt sich in der offen liegenden tertiären Mischbodenkippe fort. Der Luftsauerstoff tritt in der als Sekundärverwitterung bezeichneten Phase durch Diffusion von der Oberfläche in die Kippe ein. In der Kippe bildet sich mehr oder weniger scharf eine Verwitterungsfront heraus. Ihre Eindringgeschwindigkeit und der Umfang der Verwitterung sind maßgeblich vom Pyritgehalt, vom Luftporenanteil und von der Liegezeit (Exposition) der Kippen abhängig. Die Verwitterung verlangsamt sich, sobald die pyritreichen Sedimente der Direktversturzkippe mit pyritarmen bzw. pyritfreien Sedimenten der Absetzerkippe überdeckt werden, und kommt zum Abschluss, wenn schließlich der Grundwasserspiegel bis in die Verwitterungsfront in der Kippe ansteigt und die weitere Zufuhr von Sauerstoff unterbindet.

Abbildung 42: Pyritverwitterung in einem Braunkohlentagebau



Bildquelle: nach IWB (2013a)

Pyritverwitterung im Grundwasserabsenkungstrichter

Die Braunkohlentagebaue müssen zur Wasserfreihaltung und zur gefahrlosen Gewinnung der Braunkohle gesümpft werden. Je nach hydrogeologischer Situation reicht die Grundwasserabsenkung viele Kilometer in das Hinterland eines einzelnen Braunkohlentagebaus.

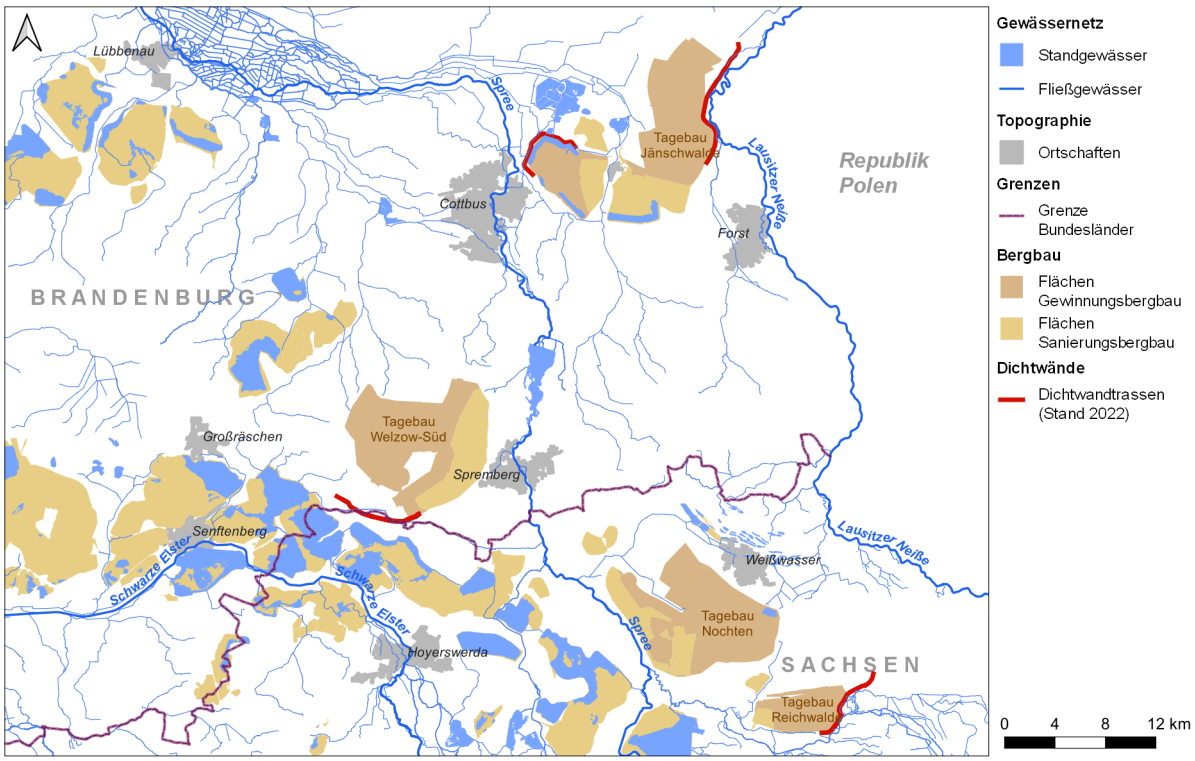
Zum Schutz von Gewässern und grundwasserabhängigen Landökosystemen wurde in den 1970er und 1980er Jahren eine spezielle Dichtwandtechnologie entwickelt. Sie sieht den Einbau einer vertikalen Wand in den Untergrund aus einer Tonsuspension mittels einer Schlitzfräse in einem kontinuierlichen Verfahren vor. Damit wurden im Lausitzer Braunkohlenrevier bislang:

- ca. 10 km entlang der Ostmarkscheide des Tagebaues Jänschwalde,
- ca. 7 km entlang der West- und Nordmarkscheide des Tagebaues Cottbus-Nord,
- ca. 10 km entlang der Südmarkscheide des Tagebaues Welzow-Süd und
- ca. 12 km entlang der Ostmarkscheide des Tagebaues Reichwalde

laufende Kilometer Dichtwand zwischen 40 und 120 Meter Tiefe eingebaut (Abbildung 43). In der Endphase der Fertigstellung befinden sich die Dichtwände in Reichwalde und Welzow-Süd.

Abbildung 43: Dichtwände im Lausitzer Braunkohlenrevier

Geodatenquellen siehe Tabelle 2
Dichtwandtrassen nach LEAG (Stand 2022)



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Ungeachtet der die Grundwasserabsenkung begrenzenden Dichtwände bildete sich durch die Vielzahl der Tagebaue auf engem Raum ein sehr großer zusammenhängender Grundwasserabsenkungstrichter aus, der Anfang der 1990er Jahre mit einer Fläche von 2.100 km² fast die Größe des Saarlandes erreichte (Abbildung 9). Insbesondere unter dem Eindruck der Verockerung und Versauerung von Fließgewässern (Abschnitt 8.4) wurde die Methodik zur Ermittlung der Reichweite der Grundwasserabsenkung von 2 Meter revidiert und auf eine

Wertespanne von 0,5 oder 0,25 Meter festgelegt. Insgesamt beschreibt die Umhüllende aller genannten Beeinflussungslinien (Abbildung 48) die hydrochemische Beeinflussung des Braunkohlenbergbaus auf die Grundwasserbeschaffenheit zutreffender als der sogenannte „Lausitzer Löwe“.

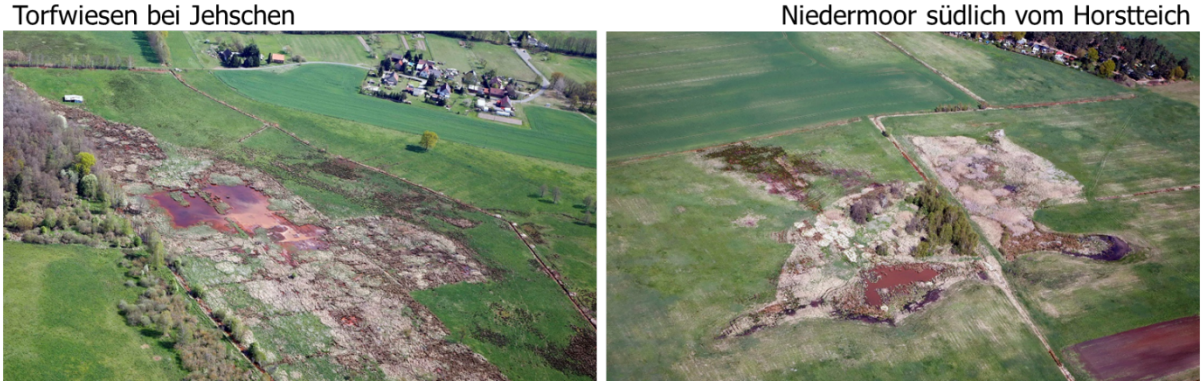
Bis zur Jahrtausendwende galt selbst unter Fachexperten die trivialgeochemische Faustformel, dass es in den pleistozänen Sedimenten keinen (relevanten) Pyrit gibt. Diese Ansicht musste mit dem Auftreten der Fließgewässerverockerung (Abschnitt 8.4) revidiert werden. Inzwischen weisen geochemische Untersuchungen auch in klastischen pleistozänen Sedimenten zerfallsfähigen Pyrit nach. Sofern die Grundwasserabsenkung pyrithaltige pleistozäne Sedimente erfasst hatte, unterlag der Pyrit auch hier der Verwitterung. Die Wirkungen der Pyritverwitterung waren hier deshalb so stark, weil die pleistozänen im Unterschied zu den tertiären Grundwasserleitern grobkörniger ausgebildet sind und deshalb der Luftzutritt erleichtert ist.

Pyritverwitterung in Niedermooren

In der Niederlausitz existieren zahlreiche Niedermoore. Die Niedermoore entstanden überwiegend im Holozän. In den Torferhaltungshorizonten der Niedermoore (Katotelm) bildete sich Pyrit. Typische für die Niederlausitzer Moore sind Rasenerze in den wechselnd aeroben/anaeroben Torfbildungshorizonten (Akrotelm). Die Gewinnung von Raseneisenerz begründete eine frühe Epoche der Eisenmetallurgie.

Der historisch erste anthropogene Eingriff in den Wasser- und Stoffhaushalt der Niedermoore erfolgte mit der Trockenlegung zum Zwecke der Gewinnung von Torf und/oder Raseneisenerz. Der historisch zweite anthropogene Eingriff in den Wasser- und Stoffhaushalt der Niedermoore erfolgte durch die Entwässerung zur Gewinnung zusätzlicher landwirtschaftlicher Nutzflächen. Während diese Eingriffe in den zurückliegenden Jahrhunderten vorwiegend durch kleingewerbliche und kleinbäuerliche Wirtschaften vergleichsweise moderat blieben, nahm die Komplexmelioration in den 1960er und 1970er Jahren großflächige Ausmaße an. Der Grundwasserspiegel wurde jedoch nicht bis unter die Moorsohle abgesenkt. Den bislang stärksten und damit dritten anthropogenen Eingriff brachte die Grundwasserabsenkung durch den Braunkohlenbergbau. Der Grundwasserspiegel wurde dadurch bis weit unter die Sohle der Niedermoore abgesenkt. Die Moorböden wurden über Jahrzehnte belüftet und fielen der Verwitterung anheim. Neben dem Pyrit verwitterte auch die organische Moorbodensubstanz. Die Böden degradierten und erlitten Substanzverluste bis hin zur vollständigen Auflösung. Nach dem Grundwasserwiederanstieg vernässten die Flächen. Die Folgen der Pyritverwitterung äußern sich nunmehr in versauerten und stark eisenbelasteten Moorwässern und -abflüssen (Abbildung 44).

Abbildung 44: Zustand von Niedermooren in der Niederlausitz nach dem Grundwasserwiederanstieg in der Folge jahrzehntelanger Grundwasserabsenkung durch den Braunkohlenbergbau



Bildquelle: Rauhut

8.2.2 Stofflichkeit des Grundwassers

8.2.2.1 Relevante Komponenten

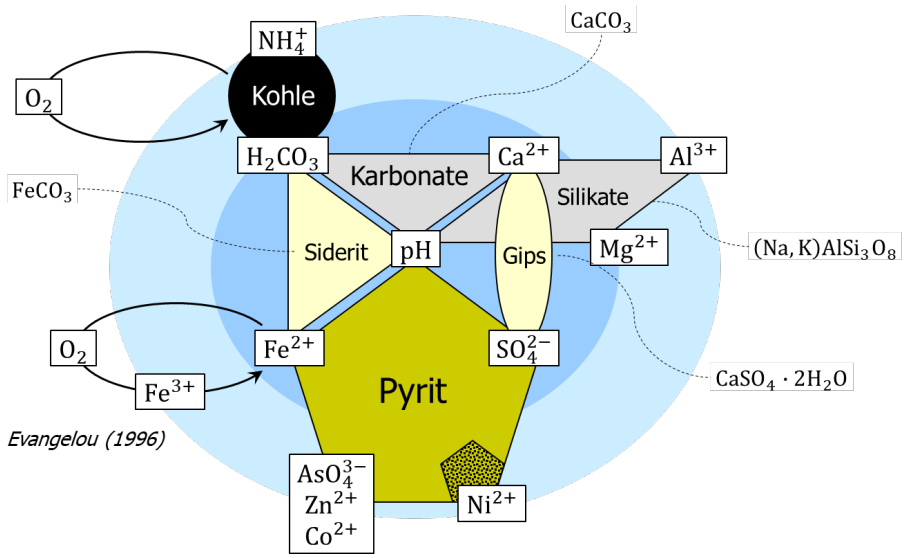
Die maßgeblichen umweltchemischen Prozesse im Braunkohlenbergbau werden durch die Belüftung des geologischen Untergrundes bei der Aufwältigung der Kippen und Halden eines Braunkohlentagebaus sowie in der Kontur des Grundwasserabsenkungstrichters hervorgerufen (Kapitel 8.2.1). Aus den verschiedenen substrat- und standortspezifischen Faktoren, wie dem Mineralbestand, den Mineralgehalten, dem lufterfüllten Porenanteil, der Expositionszeit der Sedimente gegenüber der Atmosphäre usw. entsteht ein breites Spektrum der nachbergbaulichen Grundwasserbeschaffenheit.

Bei der Pyritverwitterung werden zunächst Eisen, Sulfat und Säuren freigesetzt (Gleichung 1). Die Säuren ihrerseits greifen andere gesteinsbildende Minerale an und lösen weitere Elemente aus dem Gesteinsverband. Liegen im Verwitterungsraum karbonatische Sedimente (z. B. Geschiebemergel) vor, werden die Säuren durch Karbonatverwitterung gepuffert. Infolge der Pyritverwitterung und ihrer Folgereaktionen (Abbildung 45) entsteht in den Kippen und in den von der Grundwasserabsenkung erfassten gewachsenen Grundwasserleiter ein Grundwasser, dass durch erhöhte Konzentrationen folgender Kennwerte gekennzeichnet ist:

- Sulfat,
- Kohlensäure,
- Ammonium,
- Erdalkalien,
- Eisen,
- eine Versauerungsdisposition sowie
- die Spurenmetalle Arsen, Kobalt, Nickel und Zink.

Abbildung 45: Geochemie und Hydrochemie der Pyritverwitterung

Innerer dunkelblauer Kreis: Makrokomponenten der Grundwasserbeschaffenheit infolge Pyritverwitterung
Äußerer hellblauer Kreis: Begleitkomponenten der Grundwasserbeschaffenheit infolge Pyritverwitterung



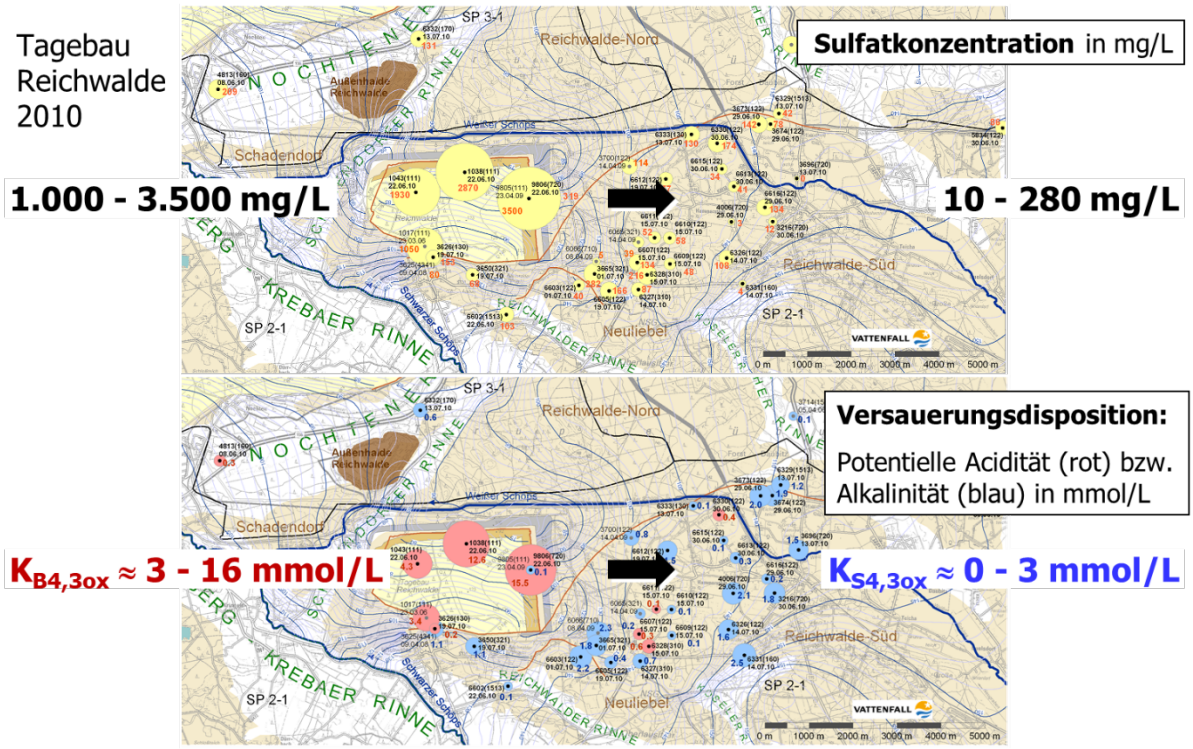
Evangelou (1996)

Bildquelle: Uhlmann

Nicht zu diesem hydrochemischen Muster gehören die Alkalien Natrium und Kalium sowie Chlorid, sofern im Zusammenhang mit einem Braunkohlentagebau kein Salzwasseraufstieg[2] initiiert wurde. Nitrit und Nitrat kommen in den bergbaubeeinflussten Grundwasserleitern und in den Kippen der Braunkohlentagebaue nicht vor. Der Grund ist der anoxische Zustand des Grundwassers. Nicht zum hydrochemischen Muster des bergbaubeeinflussten Grundwassers gehören ferner die Metalle Cadmium, Kupfer, Blei und Quecksilber sowie synthetische Organika.

Die nachbergbauliche Grundwasserbeschaffenheit unterscheidet sich von der vorbergbaulichen Grundwasserbeschaffenheit, da ein Teil der geochemischen Prozesse irreversibel ist, wie z. B. die Pyritverwitterung, die oxische Verwitterung der organischen Substanz und die Karbonatverwitterung. Ein Beispiel für den Einfluss der Pyritverwitterung auf die Grundwasserbeschaffenheit infolge des Braunkohlenbergbaus liefert die „Transformation" der Hydrochemie der gewachsenen Grundwasserleitern zur Hydrochemie des Kippenwassers im Falle des Tagebaus Reichwalde (Abbildung 46).

Abbildung 46: „Transformation" der natürlichen Grundwasserbeschaffenheit durch die Pyritverwitterung in einem Braunkohlentagebau



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

8.2.2.2 Bewertungskriterien

Von der Anlage 2 der Grundwasserverordnung GrwV (2017) werden von den bergbautypischen hydrochemischen Kennwerten nach Kapitel 8.2.2.1 nur Sulfat, Ammonium und Arsen mit Orientierungswerten erfasst (Tabelle 31). Der Orientierungswert für Sulfat in der GrwV (2017) ist an der Trinkwasserverordnung TrinkwV (2018) ausgerichtet.

[2] Sogenannte Salzkohlen, wie in anderen Braunkohlenrevieren, z. B. im Mitteldeutschen und Helmstedter Revier, kommen im Lausitzer Braunkohlenrevier nicht vor.

Tabelle 31: Schwellenwerte zur Beurteilung des chemischen Zustandes des Grundwassers nach Anlage 2 der Grundwasserverordnung

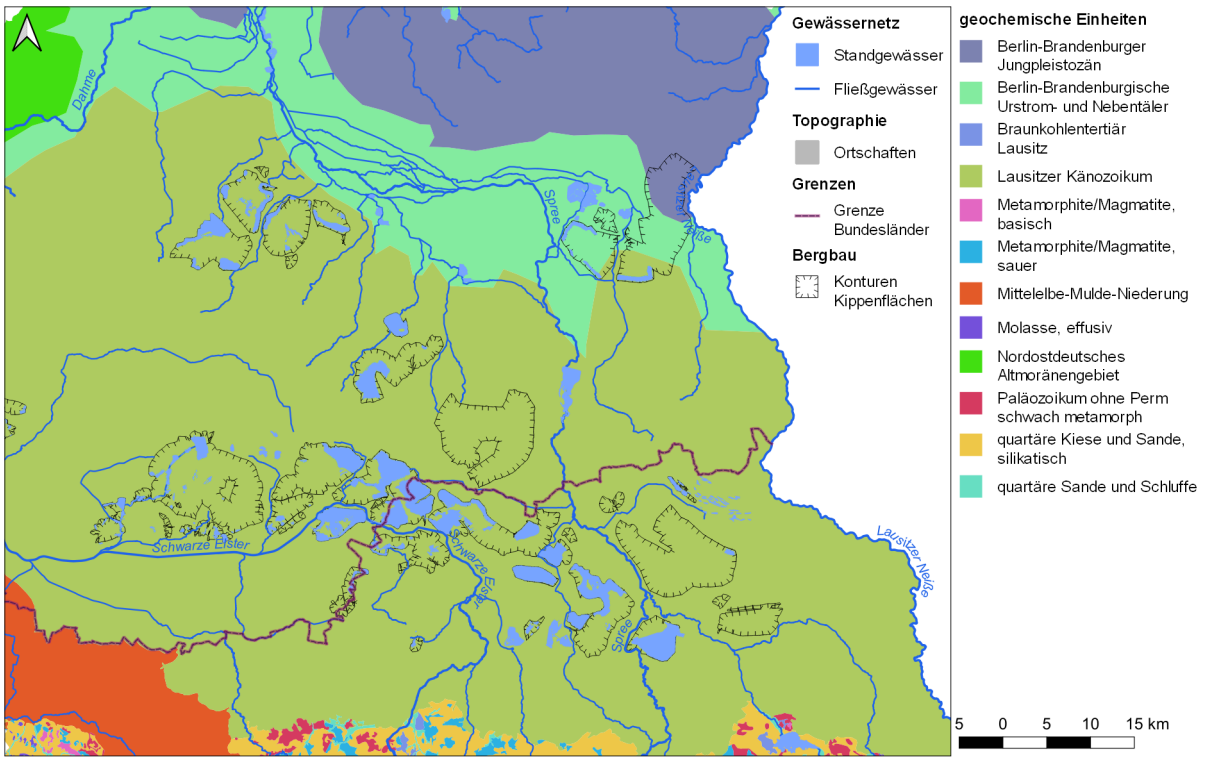
Angaben nach GrwV (2017)

Substanz	CAS-Nr.	Maß-einheit	Schwellenwert
Arsen	7440-38-2	µg/L	10
Ammonium	7664-41-7	mg/L	0,5
Sulfat	14808-79-8	mg/L	250

Aufgrund der natürlichen geochemischen Vielfalt von Grundwasserleitergesteinen kann es für Kohlensäure, für Erdalkalien und für Eisen keine gesetzgeberischen Limitierungen geben. Für Spurenmetalle und Ammonium im Grundwasser hat der Gesetzgeber regelmäßig anthropogene Ursachen in Verdacht, wie Altablagerungen oder Kontaminationen bzw. die Landwirtschaft. Die inhärente Versauerung infolge der Pyritverwitterung ist dagegen eine Spezifik des Bergbaus, wenn auch nicht allein des Braunkohlenbergbaus. Der Braunkohlenbergbau ist jedoch deutschlandweit und international ohne Vergleich hinsichtlich der räumlichen Dimensionen der hydrochemischen Grundwasserbeeinflussung. Das Lausitzer Braunkohlenrevier umfasst nach der HÜK200 in BGR & SGD (2014) im Wesentlichen die hydrogeochemischen Einheiten der Berlin-Brandenburgische Urstrom- und Nebentäler (01R13a) und des Lausitzer Känozoikums (01R17) (Abbildung 47). In der Tabelle 32 sind aus der HÜK200 die Hintergrundwerte für die relevanten bergbaubürtigen Kennwerte Sulfat, Eisen, Ammonium, Arsen, Zink und Nickel jeweils für die 50. und das 90. Perzentile gegenübergestellt. Gemäß der Anlage 4a GrwV ist zur Ableitung von Hintergrundwerten die 90. Perzentile maßgebend.

Abbildung 47: Verbreitung der hydrogeochemischen Einheiten im Lausitzer Braunkohlenrevier

Geodatenquellen siehe Tabelle 2
Hydrogeochemischer Einheiten nach BGR & SGD (2014)



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Unter dem Lausitzer Känozoikum der HÜK200 sind sowohl pleistozäne als auch tertiäre Grundwasserleiter zu vermuten. Inwieweit der bergbauliche Einfluss von der natürlichen Grundwasserbeschaffenheit in BGR & SGD (2014) konsequent abgrenzt wurde, lässt sich nicht feststellen. Zumindest die 90. Perzentile für die Eisenkonzentration mit 21 mg/L lässt diese Frage offen.

Tabelle 32: Geogene Hintergrundwerte der dominierenden hydrogeochemischen Einheiten im Lausitzer Braunkohlenrevier für die relevanten bergbaubürtigen Kennwerte

Datenquelle: BGR & SGD (2014), Werte auf zwei signifikante Stellen gerundet,
*) Indikatorparameter nach § 7 und Anlage 3 TrinkwV (2018)

Kennwert	Einheit	Berlin-Brandenburgische Urstrom- und Nebentäler 01R13a		Lausitzer Känozoikum 01R17		GrwV	TrinkwV § 6 und Anlage 2
		50. Perz.	90. Perz.	50. Perz.	90. Perz.	Schwellenwert	Grenzwert
Sulfat	mg/L	59	160	51	150	250	250
Eisen-gelöst	mg/L	0,95	6,2	4,6	21	---	0,20*)
Ammonium	mg/L	0,17	0,91	0,26	0,97	0,50	0,50*)
Arsen	µg/L	0,69	4,1	0,34	1,1	10	10
Kobalt	µg/L	---	---	1,0	4,6	---	---
Nickel	µg/L	0,33	1,3	4,1	9,9	---	20
Zink	µg/L	0,48	3,0	17	44	---	---

Werte, die das 50. Perzentil nach der HÜK200 HGW unterschreiten, sind natürlicherweise als niedrig einzustufen. Werte zwischen dem 50. und der 90. Perzentil können als moderat und Werte über dem 90. Perzentil als erhöht bezeichnet werden. Ein relevanter bergbaulicher Einfluss auf die hydrochemischen Kennwerte kann erst bei Überschreitung des 90. Perzentils vermutet werden.

8.2.3 Aktueller Zustand

8.2.3.1 Einflussbereiche und aktuelle Grundwasserabsenkung

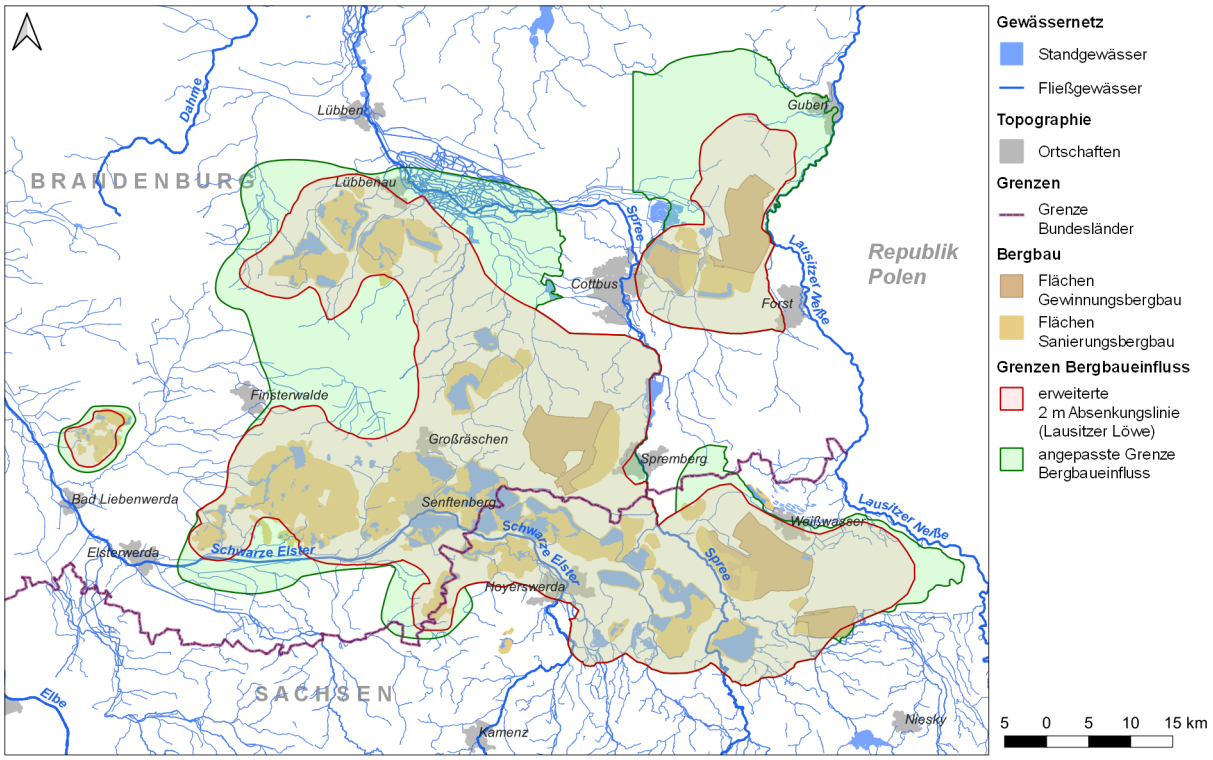
Die Fläche der aktuellen Grundwasserabsenkung hat sich gegenüber den 2.100 km^2 im Jahr 1990 (Abbildung 9) im Saldo einer Abnahme im Sanierungsbergbau und einer Zunahme im Gewinnungsbergbau absolut verringert. Dies darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass die geochemischen Prozesse auch bei Abschluss des Grundwasserwiederanstieges noch lange Zeit nachlaufen und zu bergbaubedingten Beeinträchtigungen führen können. Die stoffliche Beeinträchtigung des Grundwassers beschränkt sich nicht auf die Kontur der Braunkohlentagebaue und die Kontur der historischen Grundwasserabsenkung (Abbildung 9), sondern reicht entsprechend der lagerstättenspezifischen hydrogeologischen Gegebenheiten teilweise weit darüber hinaus.

Die Grenze des Bergbaueinflusses auf die Grundwasserbeschaffenheit kann aus der Kontur der sogenannten § 3-Linie der LMBV sowie den Konturen für die Umweltverträglichkeitsuntersuchungen (UVU) zu genehmigungsrelevanten Vorhaben der aktiven Tagebaue abgeleitet werden. Die § 3-Linie ist die weiteste Begrenzungslinie, innerhalb der die LMBV gemäß dem

Verwaltungsabkommen zur Braunkohlesanierung Maßnahmen zur Abwehr von Gefährdungen im Zusammenhang mit dem Wiederanstieg des Grundwassers oder für sonstige Maßnahmen im Zusammenhang mit der Braunkohlesanierung unter Zurückstellung unterschiedlicher Rechtsstandpunkte und ohne Anerkennung einer Rechtspflicht übernehmen darf, siehe LMBV (2017). Die § 3-Linie ist keine naturwissenschaftliche, sondern eine administrative Abgrenzung. Die Konturen der UVU-Untersuchungsgebiete für die aktiven Tagebaue werden modellgestützt durch 0,25-Meter- oder 0,50-Meter-Absenkungslinien im Vergleich zum vorbergbaulichen Referenzzustand sowie durch administrative und hydraulische Grenzen bestimmt.

Abbildung 48: Räumliche Abgrenzung des Bergbaueinflusses

Geodatenquellen siehe Tabelle 2
Abgrenzung des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020)



Bildquelle: nach IWB & gIR (2020)

8.2.3.2 Sulfat

Zur Kennzeichnung der räumlichen Ausdehnung der bergbaubedingten Grundwasserbelastung infolge der Pyritverwitterung kann Sulfat als hydrochemischer Leitwert dienen (Kapitel 8.2.1). Der natürliche Hintergrundwert für Sulfat liegt in den klastischen pleistozänen und tertiären Sedimenten in einem vergleichsweise schmalen Band (Tabelle 32). Zur Differenzierung der Sulfatbelastung des Grundwassers wird eine fünfgliedrige Skala benutzt (Tabelle 33). Die jeweils oberen Grenzen der Sulfatklassen in der verwendeten Klassifizierung beruhen auf gesetzlichen, technischen und naturwissenschaftlichen Sachverhalten. Sie berücksichtigen damit Nutzungsaspekte.

Eine Regionalisierung der Sulfatkonzentration des Grundwassers im Lausitzer Braunkohlenrevier nach dem Fünf-Klassen-Schema zeigt, dass die Grundwasserbeschaffenheit großflächig vom Bergbau beeinflusst ist (Abbildung 49). Auf einer Fläche von rund 1.800 km² liegt die Sulfatkonzentration im Grundwasser der oberflächennahen Hauptgrundwasserleiter über 250 mg/L. Das Grundwasser ist damit formal für eine Trinkwasserversorgung nicht mehr

nutzbar. Die höchste Sulfatbelastung wird in den Innenkippen der Tagebaue, im Bereich von Außenhalden und im näheren Umfeld der Tagebaue festgestellt.

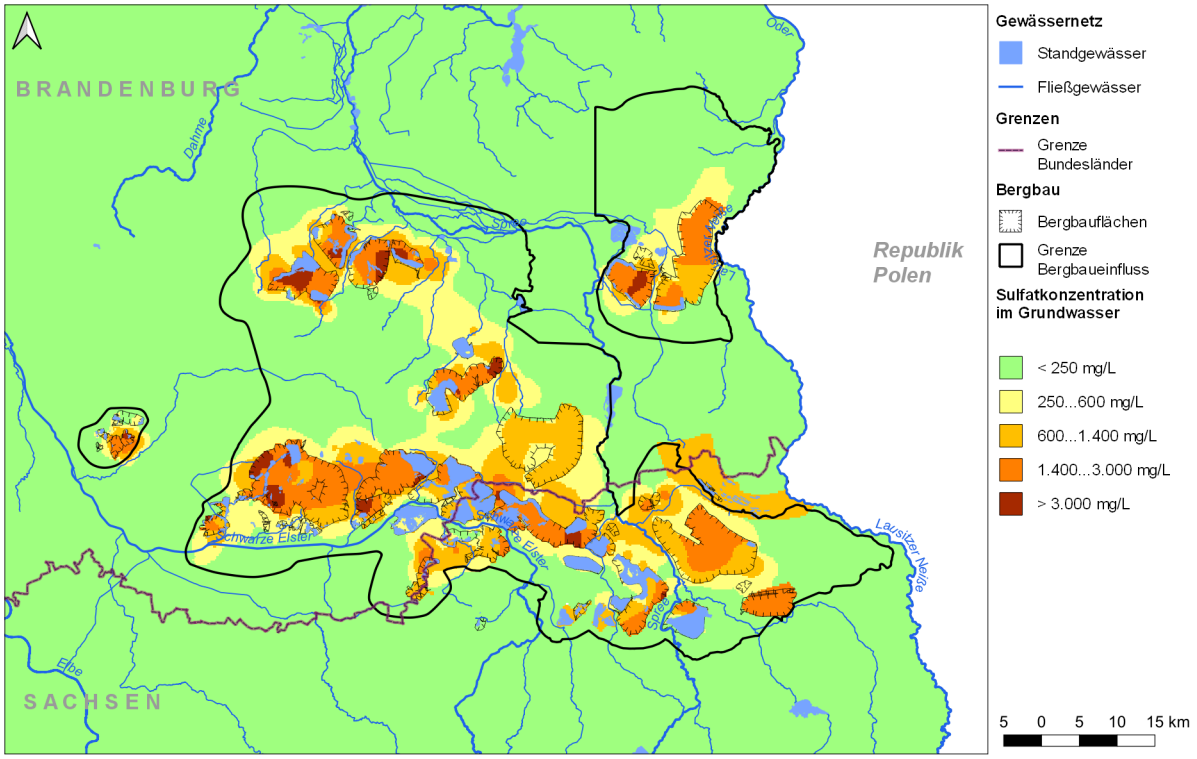
Tabelle 33: Sulfatklassenmodell der Grundwasserbelastung in den Gebieten des Braunkohlenbergbaus

Klasse	Sulfatkonzentration [mg/L]	Begründung für die obere Klassengrenze
I	< 250	Schwellenwert der Grundwasserverordnung GrwV (2017) und Grenzwert der Trinkwasserverordnung TrinkwV (2018)
II	250…600	Grenzwert der Betonaggressivität XA2 nach DIN 4030-1 (2008) (> 600 mg/L Angriffsgrad 2: stark angreifend)
III	600…1.400	Gipssättigung für mineralarmes Wasser in karbonatischen Grundwasserleitern
IV	1.400…3.000	Grenzwert der Betonaggressivität XA3 nach DIN 4030-1 (2008) (> 3.000 mg/L Angriffsgrad 3: sehr stark angreifend)
V	> 3.000	entfällt

Quelle: modifiziert nach FGG Elbe (2013)

Abbildung 49: Räumliche Verteilung der Sulfatkonzentration im obersten Grundwasserleiter des Lausitzer Braunkohlenreviers im Jahr 2017

Geodatenquellen siehe Tabelle 2
Abgrenzung des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020)
Sulfatbelastung des Grundwassers nach FGG Elbe (2020)



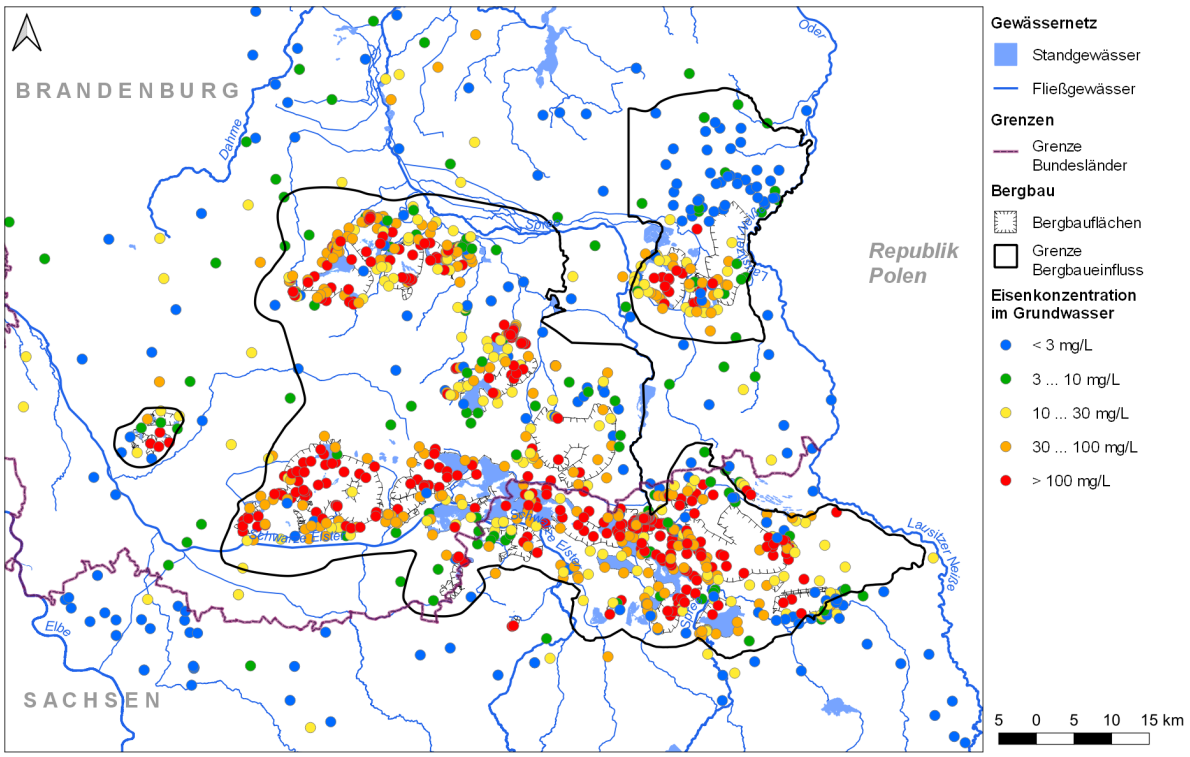
Bildquelle: nach FGG Elbe (2020)

8.2.3.3 Eisen

Der räumliche Einfluss des Braunkohlenbergbaus auf die Grundwasserbeschaffenheit lässt sich durch die in Kapitel 8.2.3.1 herausgearbeitete Begrenzungslinie für die Eisenbelastung des Grundwassers nutzen (Abbildung 50). Selbst die meisten Messpunkte mit erhöhten Eisenkonzentrationen außerhalb der Kontur des Bergbaueinflusses lassen sich im Einzelfall auf Standorte des Altbergbaus ohne Rechtsnachfolge zurückführen.

Abbildung 50: Eisenbelastung des jeweils oberen Grundwasserleiters im Lausitzer Braunkohlenrevier

Geodatenquellen siehe Tabelle 2
Abgrenzung des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020)
Datenquellen Grundwasserbeschaffenheit: LEAG, LMBV, LfULG Sachsen und LfU Brandenburg
Datenstand Grundwasserbeschaffenheit: Kalenderjahr 2021



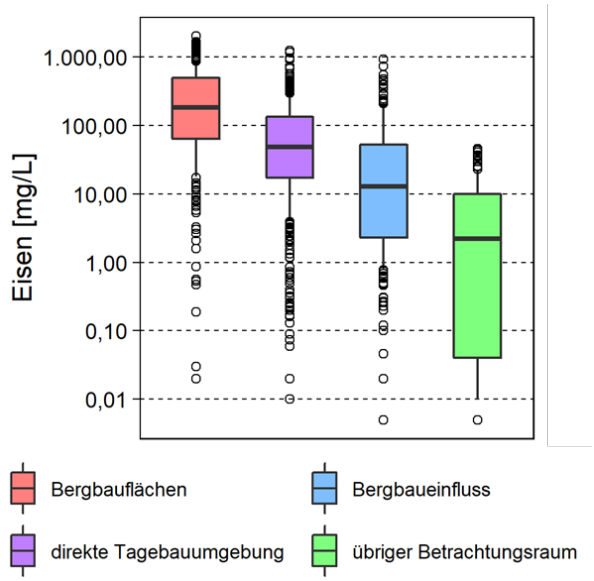
Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Plastisch dargestellt wird der Einfluss des Braunkohlenbergbaus auf die Grundwasserbeschaffenheit, wenn eine statistische Analyse nach der räumlichen Zuordnung zu den Braunkohlentagebauen wie folgt getroffen wird (Abbildung 51):

- Bergbauflächen (Innenkippen, Grundwasserleiter unter Außenhalden und sonstige Grundwasserleiter innerhalb der LIN),
- die unmittelbare Tagebauumgebung (gewachsene Grundwasserleiter bis in 1000 Meter Entfernung vom Tagebau),
- der Absenkungsbereich (gewachsene Grundwasserleiter in 1.000 bis 5.000 Meter Entfernung vom Tagebau) sowie
- der äußere Betrachtungsraum ohne Bergbaueinfluss.

Abbildung 51: Kennzeichnung der Grundwasserbeschaffenheit im Lausitzer Braunkohlenrevier in Abhängigkeit von der Entfernung zu den Tagebauen

Auswertung auf Grundlage der Daten des Kalenderjahres 2021 entsprechend Abbildung 50



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Wegen hoher Umsatzraten der Pyritverwitterung und wegen eines begrenzten Kalkgehaltes in den verkippten Deckgebirgssedimenten sind die meisten Innenkippen der Lausitzer Braunkohlentagebaue von hohen Eisenkonzentrationen und entsprechend von einer Versauerungsdisposition (Kapitel 8.2.3.4) betroffen, aber ebenso karbonatfreie pleistozäne Grundwasserleiter und holozäne Niedermoore. Insbesondere die letzten beiden spielen eine wesentliche Rolle für das Phänomen der Fließgewässerverockerung (Kapitel 8.4).

Markante Gebiete mit besonders hoher Eisenbelastung des Grundwassers in **pleistozänen Grundwasserleitern**, die Aufmerksamkeit wegen der Verockerung von Fließgewässern erfahren haben (Kapitel 8.4), sind:

- die Spreewitzer Rinne im Südraum des Sanierungsbergbaus der LMBV zwischen den Tagebauen Burghammer, Lohsa II (beide LMBV) und Nochten (LEAG), Abbildung 52 sowie
- die Wüstenhainer Rinne im Nordraum des Sanierungsbergbaus der LMBV im Abstrom des Tagebaus Gräbendorf.

Die Eisenkonzentrationen im Grundwasser nehmen hier hohe dreistellige Werte an.

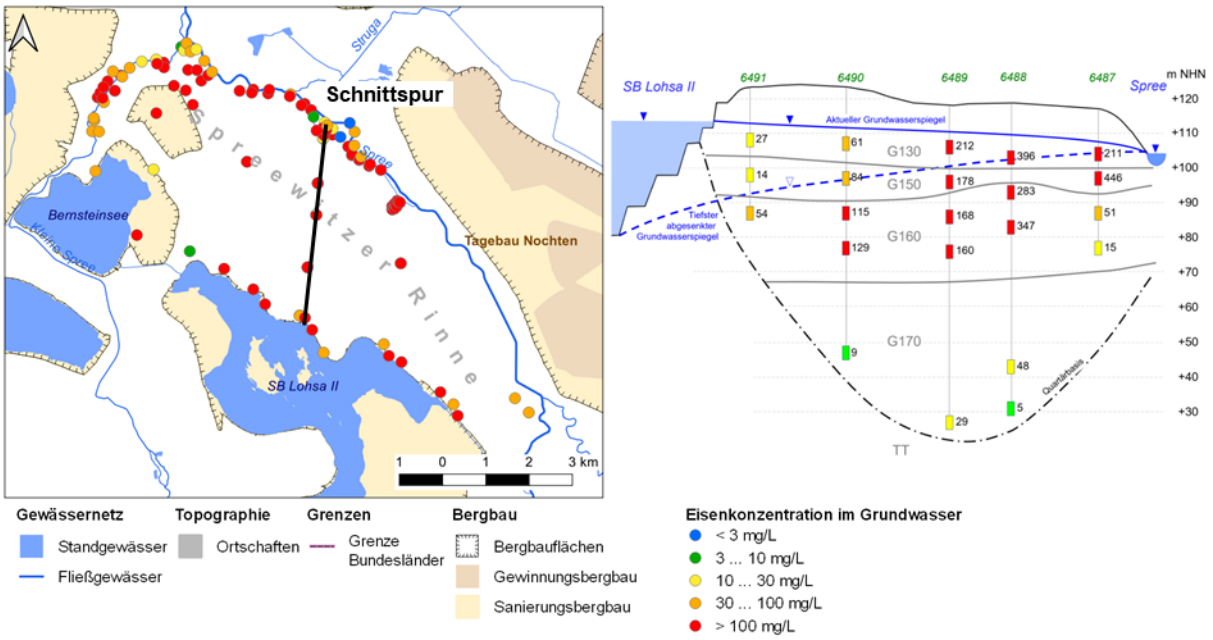
Markante Hotspots mit besonders hoher Eisenbelastung des Grundwassers unter wiedervernässten **Niedermooren** befinden sich:

- im EZG des Koselmühlenfließes,
- im EZG des Greifenhainer Fließes,
- im EZG des Vetschauer Mühlenfließes,
- im Oberlauf der Schrake,
- im Oberlauf der Wudritz und
- im Oberlauf der Berste.

Die Eisenkonzentrationen im Grundwasser nehmen auch hier hohe dreistellige Werte an. Dabei handelt es sich in den genannten Flusseinzugsgebieten meist um lokale Hotspots (Abbildung 53).

Abbildung 52: Eisenbelastung des Grundwassers in der Spreewitzer Rinne im Jahr 2021

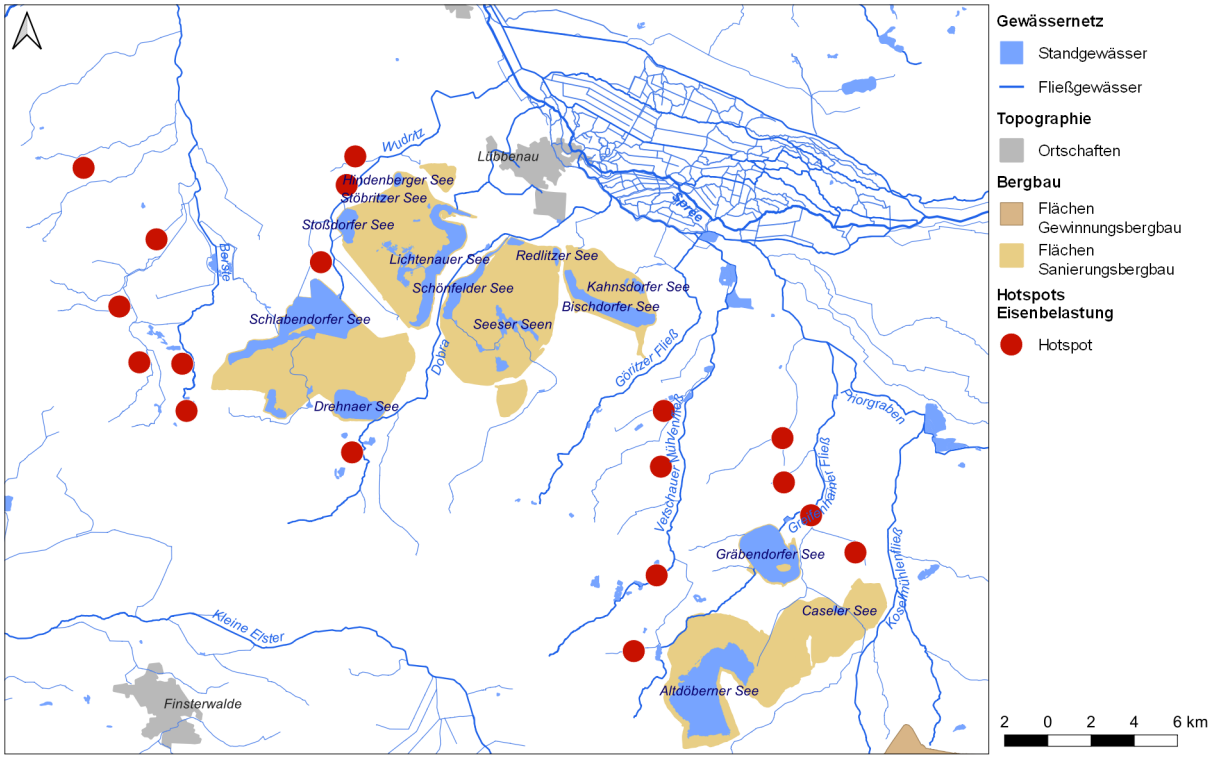
Links: Draufsicht, Rechts: Schnittspur durch die Spreewitzer Rinne



Bildquelle: LMBV

Abbildung 53: Hotspots der Eisenbelastung des Grundwassers am Nordhang des Lausitzer Grenzwalls

Geodatenquellen siehe Tabelle 2



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

8.2.3.4 Versauerungsdisposition

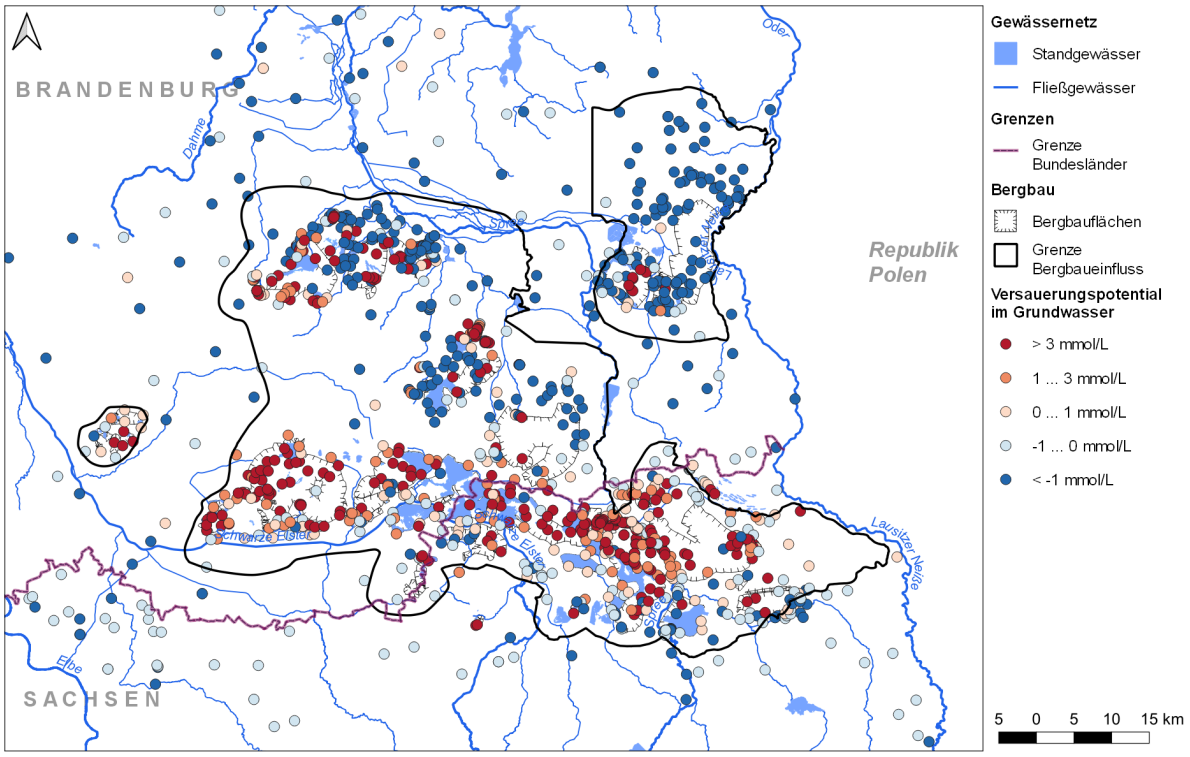
Das Eisen-II im anoxischen Grundwasser maskiert Säuren. Aus der Eisenkonzentration und der Alkalinität eines anoxischen Grundwassers lassen sich die Versauerungsdisposition und das Versauerungspotential schätzen. Die Versauerungsdisposition pH_{ox} des Grundwassers wird in zwei Kategorien, das Versauerungspotential des Grundwassers wird als $K_{B4,3ox}$ in fünf Kategorien von gepuffert bis stark versauerungsdisponiert unterschieden (Tabelle 34). Die Abbildung 54 zeigt die Versauerungsdisposition (Farbe) des Grundwassers des Lausitzer Braunkohlenreviers.

Tabelle 34: Kategorisierung der Versauerungsdisposition und des Versauerungspotentials des Grundwassers

Kennwert	Maß-einheit	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4	Kategorie 5
		gepuffert	schwach gepuffert	schwach versauerungs disponiert	versauerungs disponiert	stark versauerungs disponiert
Versauerungs-disposition	---	$pH_{ox} > 4,3$		$pH_{ox} < 4,3$		
Versauerungs-potential	mmol/L	< -1	-1…0	0…1	1…3	> 3

Abbildung 54: Versauerungspotential des jeweils oberen Grundwasserleiters im Lausitzer Braunkohlenrevier

Geodatenquellen siehe Tabelle 2
Abgrenzung des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020)
Datenquellen: LEAG, LMBV, LfULG Sachsen und LfU Brandenburg
Datenstand: Kalenderjahr 2021



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Zwischenfazit

Der Braunkohlenbergbau hat in seinem Einflussbereich (Grundwasserabsenkungstrichter) das Grundwasser in den oberen Grundwasserleitern für lange Zeit für eine Trinkwassernutzung weitgehend unbrauchbar gemacht.

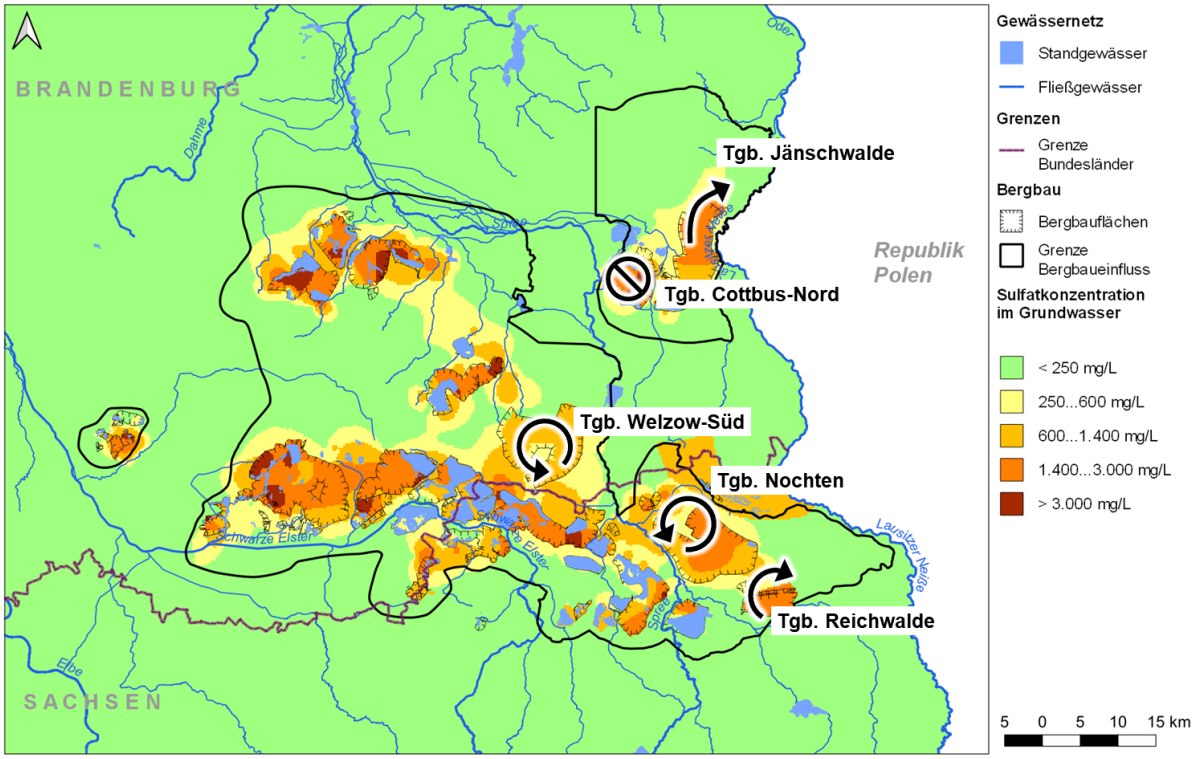
8.2.4 Folgen des Kohleausstiegs

Im Verantwortungsbereich der LMBV ist der Grundwasserwiederanstieg bis auf wenige Gebiete weitgehend abgeschlossen. Eine laterale Stoffverlagerung mit der Grundwasserströmung in unbeeinflusste Bereiche erfolgte bislang überwiegend nur im LMBV-Bereich. Aufgrund der Absenkwirkung im Gewinnungsbergbau der LEAG finden solche Prozesse erst nach dem Abschluss des Grundwasserwiederanstiegs statt.

Die Abbildung 55 gibt anhand der Aufschwenklinien (Pfeile) der Tagebaue Hinweise, welche Räume künftig von einer fortdauernden oder neuen hydrochemischen Veränderung betroffen sein werden. Auf der Grundlage der aktuellen Planungen der LEAG zum Betrieb der verbliebenen Braunkohlentagebaue im Niederlausitzer Braunkohlenrevier lassen sich für den nachbergbaulichen Zeitraum folgende Aussagen zu möglichen Schwerpunkten der stofflichen Belastungen treffen:

Abbildung 55: Aktuelle Entwicklung der Tagebaue der LEAG im Kontext der bestehenden Sulfatbelastung des Grundwassers

Geodatenquellen siehe Tabelle 2
Abgrenzung des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020)
Sulfatbelastung Grundwasser nach FGG Elbe (2020)



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB nach FGG Elbe (2020)

Im **Tagebau Reichwalde:**

- der Abstrom von Kippenwasser in den künftigen Bergbaufolgesee.

Im **Tagebau Nochten**:

- der Abstrom von Kippenwasser in den künftigen Bergbaufolgesee und in die geplante Kippenvorflut,
- der Abstrom von Haldenwasser von der Außenhalde Mulkwitz nach Nordwesten zur Spree,
- der Abstrom von Kippenwasser zur Spree und
- der Grundwasserwiederanstieg in den Einzugsgebieten des Floß- und Rothwassergrabens und der Struga.

Im **Tagebau Welzow-Süd**:

- der Abstrom von Kippenwasser in den künftigen Bergbaufolgesee und in die geplanten Kippenvorfluter,
- der Grundwasseranstieg in den Kippeneinzugsgebieten des Petershainer Fließes und des Hühnerwassers,
- der Abstrom von Kippenwasser nach Osten zur Spree,
- der Grundwasserwiederanstieg im Drebkauer Becken und
- der Abstrom von Kippenwasser nach Norden.

Im **Tagebau Jänschwalde**:

- der Abstrom von Kippenwasser in die entstehenden Bergbaufolgeseen an der Nord- und Westmarkscheide,
- ein diffuser Stoffeintrag in die geplanten Kippenvorfluter,
- der Abstrom von Kippenwasser nach Nordosten zum Eilenzfließ,
- der Abstrom von Kippenwasser nach Südwesten in die wiederherzustellende Malxe und
- der Abstrom von Kippenwasser nach Westen in die Laßzinswiesen.

Zwischenfazit

Der Ursprung der mit dem Grundwasserwiederanstieg einhergehenden stofflichen Belastungen ist bereits seit langer Zeit und großflächig angelegt und damit weitgehend unabhängig vom Zeitpunkt und von der Stringenz des Kohleausstiegs.

Die stofflichen Belastungen des Grundwassers liegen derzeit überwiegend innerhalb der Absenkungskontur. Nach dem Grundwasserwiederanstieg ist lokal mit einer Ausbreitung der stofflichen Belastungen in das unverritzte Umfeld entlang der regionalen Grundwasserfließrichtung zu rechnen.

8.3 Bergbaufolgeseen

8.3.1 Versauerung

Durch die erste Zäsur des Braunkohlenbergbaus im Lausitzer Braunkohlenrevier Anfang der 1990er Jahre, wo innerhalb weniger Jahre etwa zwei Drittel aller Braunkohlentagebaue stillgelegt wurden, liegt ein enormer Erfahrungsschatz zur hydrochemischen Entwicklung von Bergbaufolgeseen vor, siehe LUA (1995), Nixdorf u. a. (2000), LUA (2001), Geller et al. (2008) und andere. Die hydrochemische Entwicklung der zahlreichen Bergbaufolgeseen wird seit Mitte der 1990er Jahre von der LMBV durch qualifizierte Monitorings systematisch überwacht sowie mit numerischen Modellierungen begleitet und prognostiziert.

Tritt das von der Pyritverwitterung beeinflusste Grundwasser (Kapitel 8.2) an der Oberfläche aus und kommt dort mit Sauerstoff in Kontakt, wird das zweiwertige Eisen oxidiert. Eine markante Folge dieses Prozesses ist die Versauerung von Bergbaufolgeseen (Gleichung 2 und Abbildung 56).

Gleichung 2: Eisen-II-oxidation, Eisen-III-hydrolyse und Fällung von Eisen-III-hydroxid

$$Fe^{2+} + \tfrac{1}{4}O_2 + H^+ \rightarrow Fe^{3+} + \tfrac{1}{2}H_2O \qquad pH < 3{,}5$$

$$Fe^{2+} + \tfrac{1}{4}O_2 + \tfrac{5}{2}H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 \downarrow + 2H^+ \qquad pH > 3{,}5$$

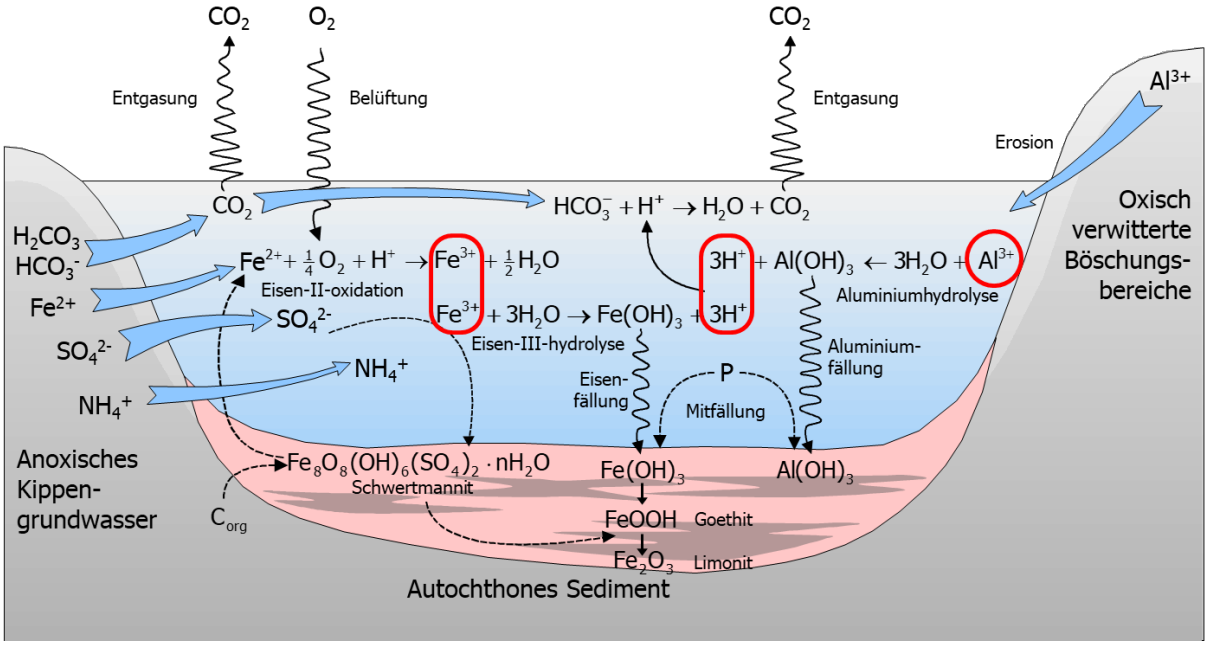
Abbildung 56: Versauerung von Bergbaufolgeseen

Die Bilder zeigen das RL 107 in der Kleinen Restlochkette Lauchhammer.

Bildquelle: Uhlmann

Der Grad der Versauerung eines Bergbaufolgesees wird vor allem von der Hydrolyse des dreiwertigen Eisens und Aluminiums bestimmt (Abbildung 57). Mit dem Eisen werden Spurenmetalle wie Arsen, Kobalt, Nickel und Zink in die Bergbaufolgeseen eingetragen. Sie sind unter sauren Bedingungen gut löslich. Insbesondere aus den Kippen wird Ammonium eingetragen. Da in den sauren Seen die Nitrifikation gehemmt ist, bleibt dass Ammonium erhalten. Das Grundwasser ist geogen mit Phosphor beladen. Das in den Bergbaufolgeseen ausfallende Eisen und Aluminium binden den Phosphor überwiegend im Sediment.

Abbildung 57: Relevante Stoffeinträge und hydrogeochemische Prozesse in juvenilen Bergbaufolgeseen



Bildquelle: nach Grünewald u. a. (2012)

Die Frage nach der Prognostizierbarkeit der Versauerung von Bergbaufolgeseen konnte durch die hydrochemische Bilanzierung und Modellierung (Kapitel 8.3.3.4), die auf bestehenden Grundwasserströmungsmodellen aufsetzen, positiv beantwortet werden. Die ersten Erkenntnisse lauteten, dass die Mehrzahl der Bergbaufolgeseen in der Lausitz beim Grundwasserwiederanstieg versauern werden. Als probates Mittel zur Verhinderung bzw. Minderung der Versauerung galt die Fremdflutung mit Flusswasser. Dazu lagen bereits positive Erfahrungen vor (Senftenberger See, Knappensee, Lohsa I). Der Erfolg der Fremdflutung wird durch zwei objektive Randbedingungen eingeschränkt:

- durch die Verfügbarkeit entsprechender Wasserressourcen und
- durch den bereits vorhandenen initialen Füllstand der Bergbaufolgeseen im Zusammenhang mit ihrem Säuregrad.

8.3.2 Stofflichkeit

8.3.2.1 Relevante Komponenten

Im Unterschied zu natürlichen eiszeitlichen Seen sind Bergbaufolgeseen sehr tief in das Gelände eingeschnitten. Sie durchschneiden mehrere Grundwasserleiter bis in das Liegende des Kohlenflözes. Bergbaufolgeseen besitzen entstehungsbedingt überwiegend kein eigenes oberirdisches Einzugsgebiet, sofern sie nicht an Fließgewässer angebunden werden. Die Bergbaufolgeseen im Lausitzer Braunkohlenrevier werden fast ausschließlich aus dem Grundwasser gespeist. Die Hydrochemie der Bergbaufolgeseen hängt demnach maßgeblich von der Wasserbeschaffenheit des zuströmenden Grundwassers ab (Kapitel 8.2.3). In der juvenilen Phase der Entstehung eines Bergbaufolgesees strömt zunächst hauptsächlich Kippenwasser in die Restkontur der Tagebaue. Die juvenile Wasserbeschaffenheit eines Bergbaufolgesees unterliegt einer typischen hydrochemischen Genese, bei der sich vor allem die Oxidation des zweiwertigen Eisens und eine Versauerung vollziehen (Abbildung 57 in Kapitel 8.3.1).

Für die Bergbaufolgeseen im Lausitzer Braunkohlenrevier sind vor allem folgende stoffliche Belastungen relevant (Abbildung 45):

- die Versauerung,
- die pedogenen Metalle Eisen und Aluminium,
- die Spurenmetalle Arsen, Kobalt, Nickel und Zink,
- Sulfat sowie
- Ammonium.

In stark sauren Bergbaufolgeseen (pH < 3,5) liegt **Eisen** als oxidiertes dreiwertiges, echt gelöstes Eisen vor. **Aluminium** und die Spurenmetalle **Arsen**, **Kobalt**, **Nickel** und **Zink** treten nur in Verbindung mit einer Versauerung auf. Die **Sulfatkonzentration** steht nur in einem indirekten Zusammenhang mit der Versauerung. Hohe Umsätze der Pyritverwitterung bedingen sowohl hohe Sulfat- als auch hohe Eisenkonzentrationen (Kapitel 8.3.2). Hohe Eisenkonzentrationen bedingen eine starke Versauerungsdisposition. Diese kann jedoch durch Karbonate gepuffert sein. Saure Bergbaufolgeseen enthalten in der Regel auch hohe **Ammoniumkonzentrationen**. Das Ammonium bleibt in den sauren Bergbaufolgeseen stabil, weil die bakteriellen Nitrifikanten unter diesen Bedingungen nicht lebensfähig sind. In neutralisierten Bergbaufolgeseen wird im Zuge mit der Besiedlung von Makrophyten als Aufwuchsflächen für die Nitrifikanten ein effektiver Abbau des Ammoniums beobachtet.

Im Allgemeinen liegt in den Bergbaufolgeseen **Nährstoffarmut** vor. Aufgrund der hohen Bindungsaffinität des Phosphors am Eisen (und am Aluminium) entwickeln sich die meisten Bergbaufolgeseen in der juvenilen Phase als oligotrophe Seen. Unter dem steigenden Nutzungsdruck neutralisierter Bergbaufolgeseen kann in der Zukunft die Eutrophierung eine zunehmende Rolle spielen. Das betrifft vor allem Seen, die als Speicher in das Fließgewässernetz eingebunden sind.

8.3.2.2 Hydrochemische Typisierung

Für die Bergbaufolgeseen des Braunkohlenbergbaus wurden im Zuge der Erforschung in den letzten drei Jahrzehnten verschiedene Klassifizierungen entwickelt:

- auf ausschließlich **hydrochemischer Grundlage** nach den Pufferbereichen und dominanten Mineralassoziationen und
- auf kombinierter **hydrochemisch-biologischer Grundlage** mit Ausrichtung auf die Wasserrahmenrichtlinie (Tabelle 35).

Tabelle 35: Charakteristische Besiedlung von Bergbaufolgeseen in Abhängigkeit vom Versauerungsgrad

Klasse	pH	Leitfähigkeit mS/cm	Acidität als $K_{B8,2}$ mmol/L	Versauerungsgrad	Phytoplankton	Zooplankton	Makrophyten
I	> 6,0	0,5-1,5	< 0,0	Schwach sauer bis nicht sauer (N)	diverse *Cryptophyta* *Chlorophyta* Diatomeen (*Haptophyta*)	diverse	diverse, Abhängigkeit vom Hydrogencarbonatgehalt und der Trophie

Klasse	pH	Leit-fähig-keit	Acidität als $K_{B8,2}$	Ver-sauerungs-grad	Phytoplankton	Zooplankton	Makrophyten
II	4,5-6,0	niedrig	um -0,5	Mäßig sauer (MS)	Besiedlungs-muster im Übergangs-bereich (Aluminium-puffer) divers und nicht stabil	*Juncus bulbo*sus, *Eleocharis acicularis*, *Potamogeton natans*, *Nymphaea alba*, *Utricularia* spp., *Sphagnum* spp., *Potamogeton polygonifolius*, *Sparganium natans*	
III	3,5-4,5	< 1,5	0,0-1,6	Stark sauer (SS)	*Peridinium*/ *Gymnodinium*/ *Chlorophyta* (coccale) Cryptophyceen	*Cephalodella c.f. hoodi*, *Cephalo-della gibba*, *Elosa woralii*, *Brachionus urceolaris*, *Bdelloidea* spp. *Chydorus sphaericus*	*Juncus bulbosus*, *Eleocharis acicu-laris*, *Potamo-geton natans*, *Nymphaea alba*, ab pH>4 auch: *Utricularia* spp., *Sphagnum* spp., *Potamogeton polygonifolius*, *Sparganium natans*
IV	2,8-3,5	1,5-3,0	1,6-15	Extrem sauer Stufe I (ES I)	*Ochromonas*/ *Chlamydo-monas*/*Scour-fieldia*	*Cephalodella c.f. hoodi, Elosa woralii, Brachionus urceolaris*	*Juncus bulbosus*, *Eleocharis acicularis*
V	2,6-2,8	3,0-4,0	15-30	Extrem sauer Stufe II (ES II)	*Ochromonas*/ *Chlamydo-monas*/Eugleno phyceen	*Cephalodella c.f. hoodi, Elosa woralii*	*Juncus bulbosus*
VI	< 2,6	>4,0	> 30	Extrem sauer Stufe III (ES III)	s.o.	s.o.	---

Quelle: nach UBA (2016a)

Darüber hinaus können Bergbaufolgeseen unterschieden werden, z. B. nach ihrem „natürlichen“ **hydrochemischen Ausgangszustand** im Falle des Grundwasseranstiegs in:

- juvenile saure, meist im Hydrogensulfat- und Eisenpufferbereich, seltener im Aluminiumpufferbereich und
- juvenile neutrale im Hydrogenkarbonatpufferbereich

oder nach ihrem **hydrochemischen Zielzustand**:

- als sauer verbleibende,
- als neutrale durch Flutung und Bewirtschaftung und
- als neutrale durch chemische Wasserbehandlung.

8.3.2.3 Bewertungskriterien

Bergbaufolgeseen sind im Sinne von § 5 Absatz 2 OGewV (2016) künstliche Gewässer. Für Bergbaufolgeseen gilt das gute ökologische Potenzial nach Anlage 3 OGewV (2016). Das ökologische Potenzial ergibt sich aus der Zuweisung des Seetyps. Es charakterisiert die Referenzbedingungen und legt den Zielzustand des Gewässers auf der Grundlage einer abiotischen Gewässertypisierung fest. Für künstliche Standgewässer orientieren sich die Werte des ökologischen Potenzials an den Bedingungen des ähnlichsten natürlichen Gewässertyps unter Berücksichtigung der physikalischen Bedingungen, die zur Ausweisung als künstliches Gewässer geführt haben. Bei künstlichen Gewässern wird an den zugewiesenen Seetyp die Endung „k", bei Seen mit saurem Zielzustand die Endung „s" angehängt.

Für die Einstufung als saurer See (pH < 6) ist entscheidend, ob der pH-Wert im sauren Bereich als Zielzustand angenommen werden kann. Dies ist möglich, wenn dadurch keine nachteilige Beeinflussung anderer Wasserkörper entsteht. Die Entscheidung, ob ein Bergbaufolgesee einen sauren pH-Wert als Zielzustand haben kann, ist demnach von seiner Anbindung an das Oberflächengewässernetz bzw. dem Verhältnis zwischen Ablaufmenge aus dem Bergbaufolgesee und der Wassermenge im Einleitgewässer und den zur Verfügung stehenden Möglichkeiten, neutrale Bedingungen im Gewässersystem unterhalb eines Bergbaufolgesees zu gewährleisten, abhängig.

Das saure Wasser in Bergbaufolgeseen steht häufig im Konflikt mit den Nutzungszielen der Bergbaufolgeseen, wie z. B. Fischerei, Naherholung und Tourismus. Außerdem ist die Ausleitung aus den Bergbaufolgeseen in die Vorflut an hydrochemische Ausleitkriterien gebunden, die von der Arbeitsgemeinschaft „Flussgebietsbewirtschaftung Spree/Schwarze Elster" in den „Grundsätzen für die länderübergreifende Bewirtschaftung der Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße" empfohlen werden, siehe Tabelle 2 in Anlage 4 in AG FGB (2020), oder in den Planfeststellungsbeschlüssen zum Gewässerausbau der einzelnen Bergbaufolgeseen verbindlich festgelegt sind. Für die meisten Bergbaufolgeseen gelten die Kriterien nach der Tabelle 36.

Tabelle 36: Hydrochemische Kriterien für die Ausleitung aus Bergbaufolgeseen in das öffentliche Gewässernetz

Angaben nach AG FGB (2020)

Kennwert	Einheit	Kriterium
pH-Wert	---	6,0(6,5) - 8,5
Eisen, gesamt	mg/L	< 3,0
Eisen, gelöst	mg/L	< 1,0
Zink, gesamt	mg/L	< 1,0
Kupfer, gelöst	mg/L	< 0,04
Ammonium-Stickstoff	mg/L	< 1,5

Kupfer hat fischtoxische Wirkung. Das Kupfer spielt jedoch in den Bergbaufolgeseen des Braunkohlenbergbaus geochemisch-genetisch keine Rolle (Kapitel 8.3.2.1). Ammonium erlangt Bedeutung bei hohen pH-Werten in Verbindung mit hohen Wassertemperaturen durch die fischtoxische Wirkung des Ammoniaks.

Zahlreiche Bergbaufolgeseen enthalten aufgrund ihrer Genese erhöhte Sulfatkonzentrationen (Kapitel 8.3.3.1), die bei Ausleitung in die Vorflut zur Sulfatbelastung der Fließgewässer beitragen (Kapitel 8.4.3.2). Die Sulfatkonzentrationen in den Bergbaufolgeseen können durch sogenannte Spülungsflutungen mit Flusswasser mittelfristig verringert und die Sulfatbelastung für die Fließgewässer durch Ausleitsteuerung operativ begrenzt werden.

8.3.3 Aktueller Zustand

8.3.3.1 Versauerungszustand

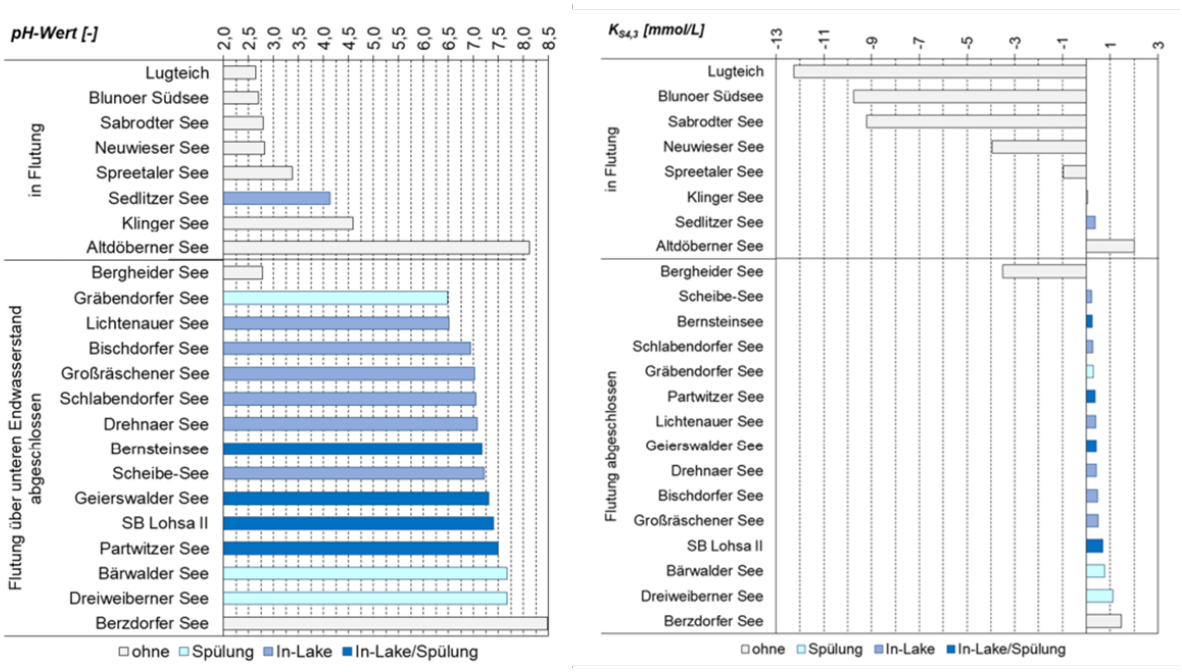
Der Versauerungszustand eines Bergbaufolgesees zum Flutungsabschluss hängt von zahlreichen Faktoren ab:

- von der geochemischen Disposition des Tagebaus,
- vom Füllstand des Restsees zu Flutungsbeginn,
- von der Herkunft und Zusammensetzung des Flutungswassers,
- von der Wasserbehandlung im See sowie
- von der Nachsorge und Bewirtschaftung des Bergbaufolgesees.

Die Abbildung 58 gibt einen Überblick über den aktuellen Versauerungszustand der Bergbaufolgeseen im LMBV-Bereich. Der neutrale Zustand der meisten Bergbaufolgeseen im Lausitzer Braunkohlenrevier wurde überwiegend durch Flutung oder durch eine Inlake-Wasserbehandlung oder durch eine Kombination beider Maßnahmen hergestellt.

Abbildung 58: Versauerungszustand der Lausitzer Bergbaufolgeseen im Jahr 2021

Links: pH-Wert, Rechts: Säurekapazität bei pH=4,3



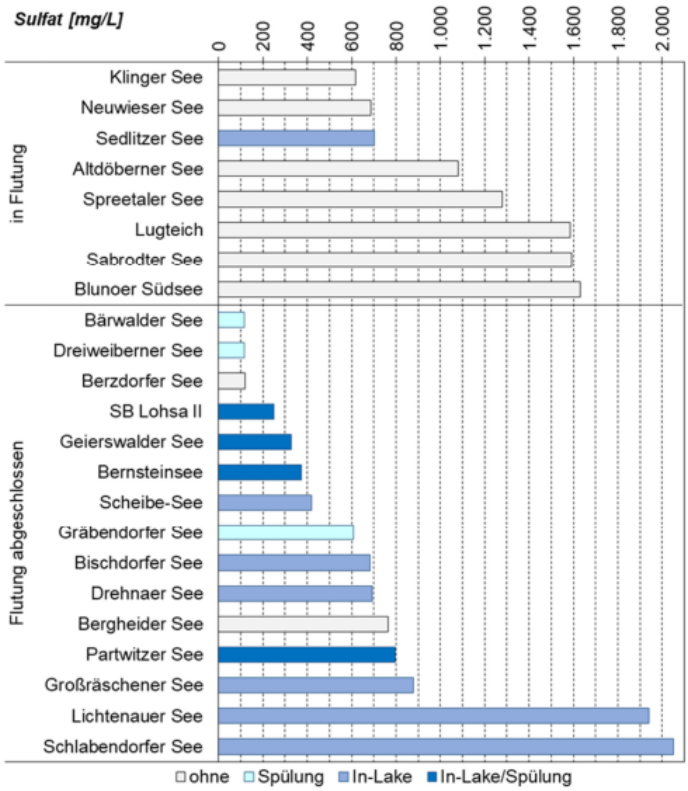
Bildquelle: LMBV (2022)

8.3.3.2 Sulfat

Die Sulfatkonzentration in Bergbaufolgeseen ist weniger restriktiv für eine Ausleitung als der Versauerungszustand. Bei der juvenilen hydrochemischen Genese der Bergbaufolgeseen korreliert häufig der quantitative Versauerungszustand mit einer erhöhten Sulfatkonzentration. Im Lausitzer Revier gibt es aufgrund von Vernetzungen zwischen den Bergbaufolgeseen und aufgrund einer unterschiedlichen Vorgeschichte der Flutung zahlreiche Abweichungen von dieser Regel (Abbildung 60). Die hohen Sulfatkonzentrationen im Altdöberner und im Großräschener See sind z. B. Folge der Flutung aus der GWRA Rainitza. Die niedrigen

Sulfatkonzentrationen im Bärwalder See, im Dreiweiberner See und im SB Lohsa II sind dagegen Ergebnis einer intensiven Bewirtschaftung mit Flusswasser (Abbildung 60).

Abbildung 59: Sulfatkonzentration in den Lausitzer Bergbaufolgeseen im Jahr 2021



Bildquelle: LMBV (2022)

8.3.3.3 Weitere stoffliche Komponenten

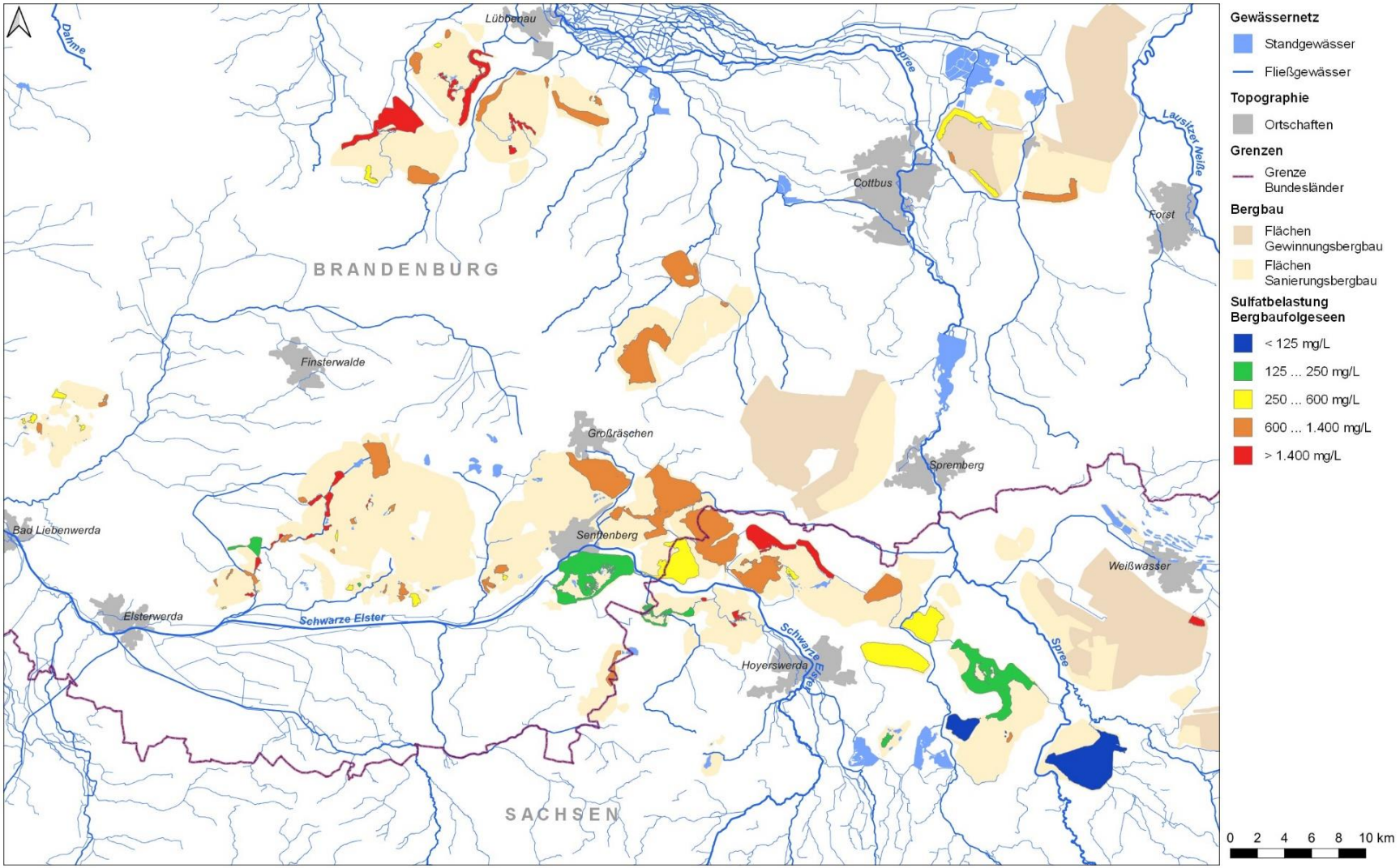
Die **Eisenkonzentration** in den Bergbaufolgeseen korreliert unmittelbar mit dem Versauerungszustand (Kapitel 8.3.3.1). Die Eisenkonzentration ist nur in den sauren Bergbaufolgeseen erhöht (Abbildung 61). Die Eisenkonzentration kann in stark sauren Bergbaufolgeseen 150 mg/L (Schlabendorfer See vor 2015) erreichen. In neutralisierten Bergbaufolgeseen, gleich ob durch Flutung oder Inlake-Wasserbehandlung, liegt Eisen deutlich unter 1 mg/L (Abbildung 61).

Aufgrund des zufließenden Grundwassers aus Kippen und aus dem ehemaligen Grundwasserabsenkungstrichter (Kapitel 8.3.2.1) enthalten die Bergbaufolgeseen häufig erhöhte **Ammoniumkonzentrationen**. Nitrat und Nitrit sind in den Bergbaufolgeseen nicht zu finden. Sie werden mittelfristig mit dem Flutungswasser eingetragen.

Spurenmetalle, vor allem **Zink** und **Nickel**, werden nur in sauren Bergbaufolgeseen in erhöhten Konzentrationen gemessen. In neutralen Bergbaufolgeseen werden sie mit dem Eisen ausgefällt.

Abbildung 60: Sulfatkonzentration in den Bergbaufolgeseen im Niederlausitzer Revier

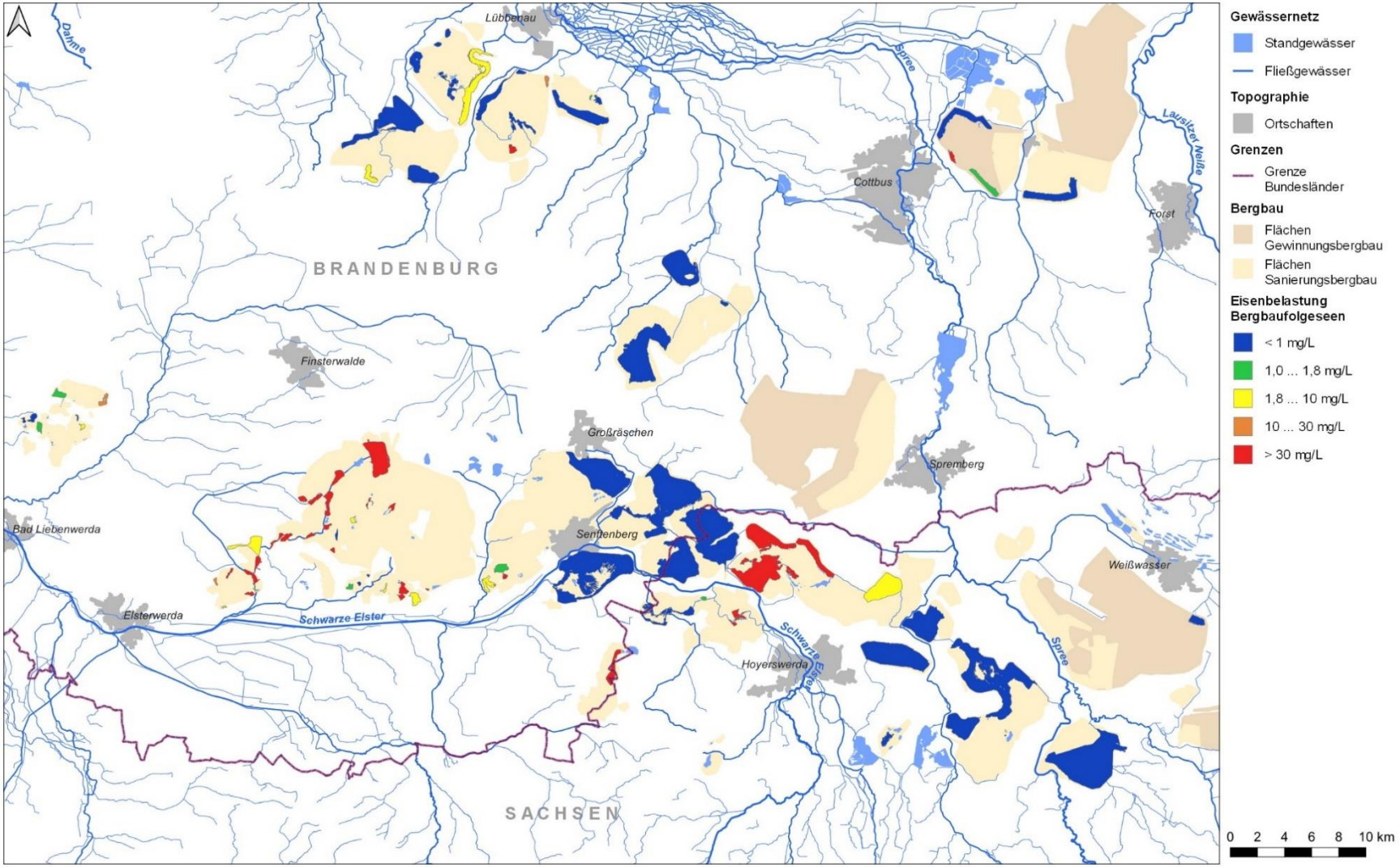
Geodatenquellen siehe Tabelle 2, Datenquellen Seewasserbeschaffenheit: LEAG und LMBV, Datenstand Seewasserbeschaffenheit: Kalenderjahr 2021



Bildquelle: LMBV

Abbildung 61: Eisenkonzentration in den Bergbaufolgeseen im Niederlausitzer Revier

Geodatenquellen siehe Tabelle 2, Datenquellen Seewasserbeschaffenheit: LEAG und LMBV, Datenstand Seewasserbeschaffenheit: Kalenderjahr 2021



Bildquelle: LMBV

8.3.3.4 Trophie

Die Belastung der Bergbaufolgeseen mit Phosphor ist gering. Die meisten Bergbaufolgeseen befinden sich, auch wegen ihrer besonderen Morphometrie und der ständigen Verfügbarkeit von Eisen und Aluminium als Fällungsmittel für Phosphor, im oligotrophen Zustand, IWB & IDUS (2020).

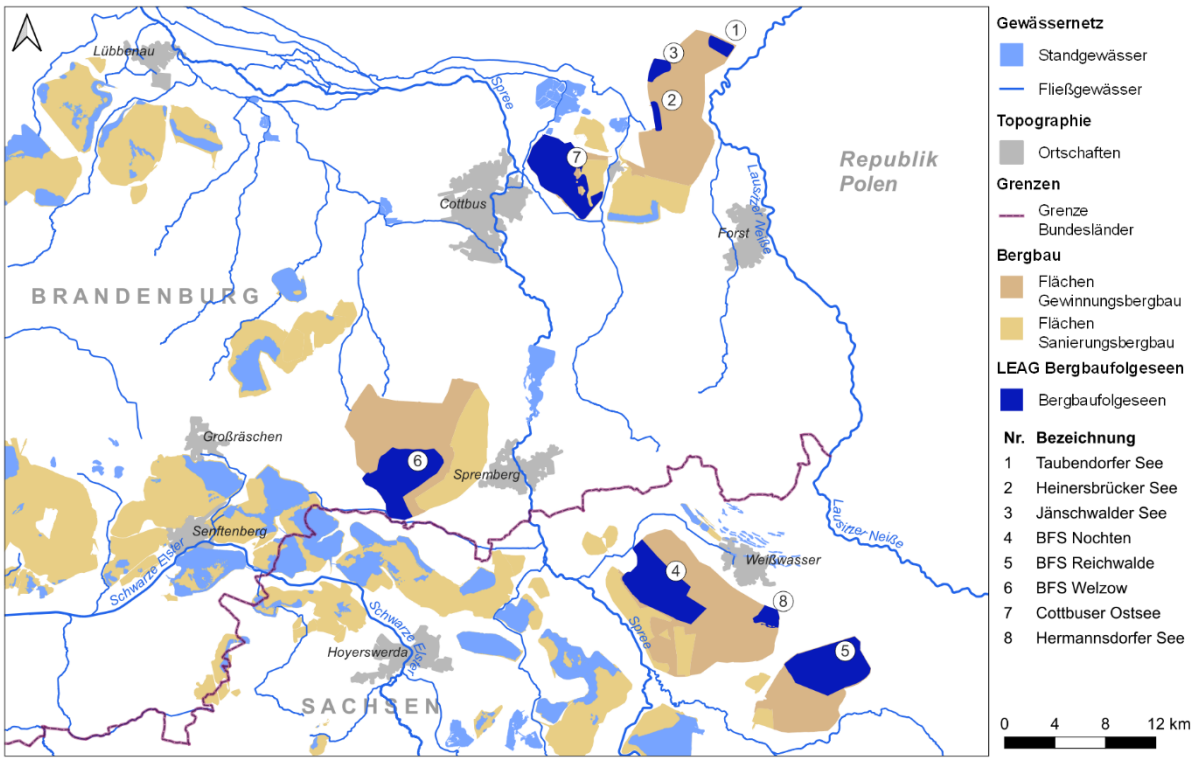
Die Fließgewässeranbindung zum Zwecke der Speicherbewirtschaftung ist hinsichtlich der trophischen Entwicklung der Bergbaufolgeseen ambivalent, IWB & IDUS (2020). Dem Nutzungszweck steht der Eintrag von Nährstoffen gegenüber. Die meisten Bergbaufolgeseen, die als Speicher genutzt werden, liegen jedoch außerhalb urbaner Ballungsgebiete, so dass die Nährstoffbelastung der Fließgewässer allgemein gering ist. Andererseits übernehmen Bergbaufolgeseen eine wichtige gewässergütewirtschaftliche Funktion der Selbstreinigung.

8.3.4 Folgen des Kohleausstiegs

Die LEAG steht hinsichtlich der Herstellung von Bergbaufolgeseen erst am Anfang. Im Zuständigkeitsbereich der LEAG sollen nach aktuellem Planungsstand folgende Tagebauseen entstehen (Abbildung 62). Der Kohleausstieg führt dazu, dass im Verantwortungsbereich der LEAG zeitgleich mehrere Bergbaufolgeseen entstehen (Kapitel 6.1.3), die zu den volumen- und flächengrößten Bergbaufolgeseen der Lausitz zählen werden. Das durch Flutung summarisch aufzufüllende Hohlraumvolumen entspricht etwa 90 % aller bereits bestehenden Bergbaufolgeseen der LMBV, kommt also nahezu eine Verdoppelung gleich.

Abbildung 62: Bergbaufolgeseen der LEAG nach Planungsstand 2022

Geodatenquellen siehe Tabelle 2



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Der Flächenzuwachs durch die Bergbaufolgeseen der LEAG beträgt im Verhältnis zu den Bergbaufolgeseen der LMBV nochmals etwa 60 % (Tabelle 9). Kurz- und mittelfristig muss der Flutungswasserbedarf für die Bergbaufolgeseen der LEAG bedient werden. Mittel- und lang-

fristig werden die zusätzlichen Dargebotsverluste durch die Seeflächen infolge der Gewässerverdunstung und infolge der fehlenden Grundwasserneubildung auf der verlustigen Landfläche wirksam. Der mittlere Dargebotsverlust in den Einzugsgebieten der Spree und der Schwarzen Elster gegenüber dem vorbergbaulichen Zustand lässt sich anhand aktueller Klimadaten mit etwa 2,0 m^3/s im Mittel beziffern (Tabelle 16).

Dass das dem Sanierungsbergbau (LMBV) 1994 zugeordnete Wasserdefizit von 7 Mrd. m^3 innerhalb der vergangenen 30 Jahre auf weniger als 1 Mrd. m^3 verringert werden konnte, liegt maßgeblich auch daran, dass durch den Gewinnungsbergbau zeitgleich erhebliche Sümpfungswassermengen der Spree zugeführt wurden, an denen die LMBV bilanziell partizipieren konnte. Eine vergleichbare Konstellation steht nach dem zweiten (endgültigen) Kohleausstieg in der Lausitz nicht mehr zur Verfügung.

Das Sümpfungswasser der Tagebaue in der Auslaufphase dient der anteiligen Sicherung des Mindestabflusses in der Spree und dem Erhalt wassergebundener Landökosysteme. Die Flutung muss ausschließlich aus dem deutlich verringerten natürlichen Dargebot der Fließgewässer, der Abschöpfung von Hochwasserwellen, aus Speichervorhaltungen und der Nutzung der vorhandenen und der geplanten Neißewasserüberleitungen NÜL1 bzw. NÜL2 gedeckt werden. Ohne Flusswasser würden sich die Füllzeiträume mehr als verdoppeln. Es entsteht eine Flutungskonkurrenz zwischen den Tagebauen, die die Flutungsdauern stark verlängert.

Die Flutung der Resträume des Braunkohlenbergbaus ist alternativlos. Sie dient nicht nur der Wiedernutzbarmachung. Eine wesentliche Funktion der Fremdflutung ist ein Vorsprung des Wasserspiegelanstiegs im See gegenüber dem Grundwasseranstieg hinter den Seeböschungen. Damit sind vor allem geotechnische und auch hydrochemische Wirkungen beabsichtigt. Der wesentliche Zweck ist die Vermeidung von Rutschungen. Bei einem Eigenaufgang des Grundwassers entstehen im Lausitzer Braunkohlenrevier überwiegend stark saure Bergbaufolgeseen mit hohen Sulfatkonzentrationen (Kapitel 8.3.1 und 8.3.3).

Im LEAG-Bereich befinden sich bereits zwei Bergbaufolgeseen in der Entwicklung, der Cottbuser Ostsee und der Hermannsdorfer See, letzterer am Ostrand des laufenden Tagebaus Nochten. Ihre Lage und hydrochemische Entwicklung zeigen Abbildung 63 und Tabelle 37.

Abbildung 63: Luftbild des Cottbuser Ostsees und des Hermannsdorfer Sees

Links: Cottbuser Ostsee, Rechts: Hermannsdorfer See

Bildquellen: LEAG

Tabelle 37: Hydrochemischer Zustand der Bergbaufolgeseen der LEAG

Datenquelle: LEAG,
*) Vor Flutungsbeginn

Kennwert	Maß-einheit	Tgb. Cottbus-Nord			Tgb. Nochten
		Cottbuser Ostsee			Hermanns-dorfer See
		Teilbecken Schlichow (SRS)	RL Merzdorf	Teilbecken Willmers-dorf (WRS)	
Datum	---	19.03.2020	19.03.2020	29.03.2019 *)	24.03.2021
Wasserspiegel	m NHN	+46,63	+39,70	+28,87	+110,92
Volumen	Mio. m³	6,99	0,13	1,92	1,64
Entnahmetiefe	m u WSp	10,0	1,5	1,5	2,0
Wassertemperatur	°C	+5,8	+8,7	+10,7	+4,9
pH-Wert	---	3,0	6,7	6,8	8,0
KS4.3	mmol/L	---	0,4	1,8	3,3
KB4.3	mmol/L	2,9	---	---	---
KB8.2	mmol/L	4,9	0,1	0,7	0,2
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	µS/cm	2.270	940	940	2.620
Calcium	mg/L	332	132	125	474
Magnesium	mg/L	46	21	22	95
Sulfat	mg/L	1.180	400	380	1.490
Eisen-gesamt	mg/L	48,0	0,7	1,6	0,10
Eisen-gelöst	mg/L	44,4	0,25	0,5	0,01
Aluminium	mg/L	13,3	0,06	0,25	---
Mangan	mg/L	4,9	1,09	0,93	0,04
Ammonium-N	mg/L	1,4	0,17	0,17	1,4
Phosphor-gesamt	µg/L	12	< 10	21	13
Orthophosphat-Phosphor	µg/L	< 10	< 10	< 10	< 10

Die aktuellen Prognosen für die Bergbaufolgeseen der LEAG berücksichtigen das limitierte Flutungswasserdargebot. Der voraussichtliche Abschluss der Flutung verschiebt sich dadurch in die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts. In der Tabelle 38 sind die aktuellen Prognosen zur Entwicklung der Wasserbeschaffenheit in den Bergbaufolgeseen der LEAG zusammengefasst. Die Prognosen basieren auf unterschiedlichen Planungsständen.

Tabelle 38: Vorläufige Prognosen des hydrochemischen Zustandes der Bergbaufolgeseen im Verantwortungsbereich der LEAG

Bergbau-folgesee	Voraus-sichtlicher Zeitraum der Flutung	Herkunft des Flutungswassers	Zustand nach der Fremd-flutung	Versauerungs-disposition des Bergbau-folgesees	Sulfat-konzentration zum Flutungsabschluss in mg/L und Tendenz
Reichwalde	2042-2064	Neiße Weißer Schöps	Sauer	Stark sauer	500 mg/L steigend
Hermanns-dorfer See	2018-2025	GWBA Tzschelln (neutralisiertes Kippenwasser)	Schwach alkalisch	Schwach sauer	1.600 mg/L sinkend
Nochten	2040-2069	Neiße Schwarzer Schöps Spree	Neutral	Stark sauer	400 mg/L steigend
Welzow	2034-2060	Neiße Spree	Neutral	Sauer	300 mg/L steigend
Cottbuser Ostsee	2019-2025	Spree	Neutral	Sauer	430 mg/L sinkend
Heinersbrücker See	2029-2038	Neiße	Neutral	Neutral	200 mg/L steigend
Jänschwalder See	2029-2038	Neiße	Neutral	Neutral	200 mg/L steigend
Taubendorfer See	2031-2040	Neiße	Neutral	Neutral	200 mg/L steigend

Die Tabelle 38 spiegelt verschiedene Aspekte der Wasserbeschaffenheit wider. In der Spalte 2 ist der voraussichtliche Flutungszeitraum genannt. Die Spalte 3 kennzeichnet die Herkunft des Flutungswassers bis zur ersten Vollfüllung der Bergbaufolgeseen. Dieser Anteil bestimmt im Wesentlichen den chemischen Zustand nach der Flutung (Spalte 4). Unabhängig davon haben die Bergbaufolgeseen aufgrund ihrer Einbettung in das nachbergbauliche stationäre Grundwasser-strömungsfeld eine individuelle Versauerungsdisposition (Spalte 5). Diese hängt meist von der Lage des Bergbaufolgesees bzgl. der Innenkippen des ehem. Tagebaus ab. Sie bestimmt, ob künftig ggf. eine Wasserbehandlung zur Verhinderung einer Versauerung erforderlich wird. Diese kann auch in langanhaltenden Trockenzeiten auftreten, wenn ein Wasserspiegelabfall unter den Grenzwasserstand zu unerwünschten geotechnischen und hydrochemischen Folgen führt, wie jüngst (2020) im Senftenberg See. Der künftige Bilanzüberschuss kann aufgrund einer ggf. erhöhten Sulfatkonzentrationen in den Bergbaufolgeseen (Spalte 6) zu einer Belastung der aufnehmenden Fließgewässer führen.

8.4 Fließgewässer und Flussspeicher

8.4.1 Sulfatbelastung und Verockerung

Im gegenwärtigen Zustand des Lausitzer Braunkohlenreviers mit einem Nebeneinander von Gewinnungsbergbau (LEAG) und Sanierungsbergbau (LMBV) erfolgen aus dem Bergbau zwei wesentliche Stoffbelastungen:

- die Belastung mit Sulfat und
- die Belastung mit Eisen (Verockerung).

Die beiden Belastungsmuster für die Fließgewässer sind in ihrer Erscheinungsform und Wirkung sehr unterschiedlich. Hohe Sulfatkonzentrationen in den Fließgewässern sind nicht direkt sichtbar. Sie werden durch Sulfatkorrosion an Betonbauwerken indirekt sichtbar. Die **Verockerung** von Fließgewässern infolge diffuser Stoffeinträge, IWB (2012) und IWB (2013b), ist spätestens seit den 2000er Jahren im Fokus der breiten Öffentlichkeit. Die Verockerung ist gut sichtbar und hat unterschiedliche Folgen (Abbildung 64 und Abbildung 65). Vermehrt traten im Zusammenhang mit der Verockerung auch Versauerungsschübe auf, die zu Fischsterben führten (Abbildung 64 rechts).

Abbildung 64: Verockerung von Fließgewässern

Links: Spree in Spremberg-Wilhelmsthal im Juli 2013, Rechts: Schwarze Elster in Plessa im Juli 2019

Bildquelle: IWB

Abbildung 65: Verockerung der Spree in Spreewitz vor Einmündung der Kleinen Spree

Links: Frühjahr 2006, Rechts: Winter 2015

Bildquelle: IWB

8.4.2 Stofflichkeit

8.4.2.1 Relevante Komponenten

Neben den bergbaurelevanten Kennwerten in den Fließgewässern im Lausitzer Braunkohlenrevier (Abbildung 66):

- Sulfat,
- Eisen und
- ggf. eine Versauerung

sind weiterhin die folgenden physikalischen, hydrochemischen und biologischen Kennwerte von Belang (Abbildung 66):

- Wassertemperatur,
- Nährstoffe,
- Keime und
- andere Laststoffe.

Aus der Sicht der Wasserversorgung wurde bislang insbesondere das **Sulfat** wahrgenommen. Aufgrund seiner stofflichen Eigenschaften entfaltet Sulfat eine Fernwirkung.

Mit dem Anschluss des Grundwassers an die Fließgewässer, d. h. mit der Wiederherstellung ihrer Vorflutfunktion, rückte die **Eisenbelastung** und die daraus folgende Verockerung in den Fokus der Öffentlichkeit. Nach IWB & gIR (2020) sind davon derzeit etwa 200 Kilometer Fließgewässer 1. und 2. Ordnung in der Lausitz betroffen. Eine hohe Eisenbelastung führt bei schwacher Pufferung des Wassers zu einer **Versauerung** (Kapitel 8.3.1). Die hohe Eisenbelastung führt gleichzeitig zu einer starken Sedimentbildung in den betroffenen Fließgewässern und Speichern, die sich aufgrund ihrer geringen Dichte als Verschlammung darstellt. Aufgrund der chemischen Eigenschaften des Eisens ist die räumliche Ausdehnung der Eisenbelastung in den Fließgewässern meist begrenzt.

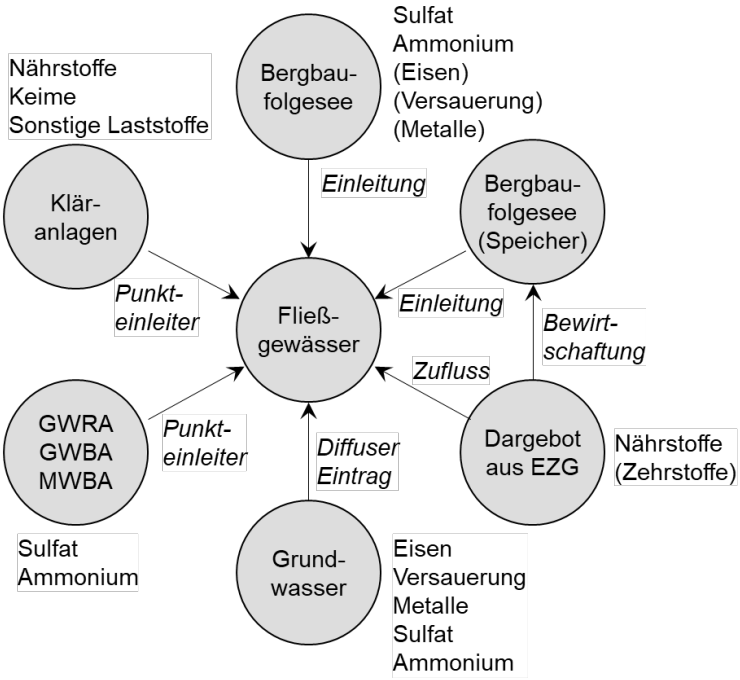
Durch die Einleitung großer Mengen Sümpfungswasser mit einer Wassertemperatur von +10 bis +12°C in die Fließgewässer wurde deren natürliche **Temperatur**amplitude gedämpft. Die Fließgewässer blieben im Sommer frisch und im Winter eisfrei. In Speichern und Bergbaufolgeseen wird sich die Temperaturamplitude künftig wieder spreizen, und zwar stärker als in der vorbergbaulichen Landschaft.

Bis auf Ammonium ist der Braunkohlenbergbau kein Emittent von **Nährstoffen**, zumal die Primärproduktion in den meisten Fließ- und Standgewässern in der Lausitz phosphorlimitiert ist. Bei gleichbleibenden Immissionen von Nährstoffen (Phosphor und Stickstoff) durch industrielle und kommunale Kläranlagen ist bei einem Wegfall großer Mengen Sümpfungswasser mit einer relativen Anreicherung von Nährstoffen in den Fließgewässern zu rechnen. Gleichzeitig fungieren die Flussspeicher und die Speicher im Nebenschluss als effektive Nährstofffallen, die einer Nährstoffanreicherung entgegenwirken können.

Gleiches wie für die Nährstoffe kann auch für die **Keimbelastung** postuliert werden.

Ähnlich verhält es sich mit weiteren **Laststoffen** (Metalle, synthetische Organika usw.).

Abbildung 66: Herkunft relevanter Stoffbelastungen der Fließgewässer im Bergbaurevier



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Die Stoffeinträge in die Fließgewässer werden als Punktquellen und als diffuse Stoffeinträge unterschieden. Unter **Punktquellen** sind Stoffeinträge zu verstehen, die an einem definierten Ort (Punkt) erfolgen. Punktquellen sind beispielsweise:

- die Einleitungen aus Kläranlagen,
- die Einleitungen aus Wasserbehandlungsanlagen der Industrie oder des Bergbaus,
- die Einleitungen aus Bergbaufolgeseen, anderen Standgewässern, Fischteichanlagen und wasserwirtschaftlichen Speichern,
- Wasserüberleitungen aus anderen Einzugsgebieten und
- die Einmündung anderer Fließgewässer.

Die Einleitungen aus Punktquellen sind im Allgemeinen gut bekannt und können meist eindeutig einem Verursacher zugeordnet werden. Die emittierten Stoffströme sind durch Messdaten meist ausreichend gut belegt. Das Gleiche gilt für die durch Punktquellen verursachten Gewässerbelastungen.

Im Unterschied zu den Punktquellen erfolgen **diffuse Stoffeinträge** in einem Gewässerabschnitt und können räumlich meist nur unscharf abgegrenzt werden. Die Volumenströme und Stoffströme sind zudem nur indirekt quantifizierbar. Weiterhin kann der Stoffeintrag nicht immer einem Verursacher zugeordnet werden.

8.4.2.2 Bewertungskriterien

Für die Fließgewässertypen im Lausitzer Bergbaurevier gelten nach Anlage 6, Anlage 7 und Anlage 8 OGewV (2016) folgende Qualitätsmaßstäbe (Tabelle 39).

Tabelle 39: Anforderungen an die allgemeinen physiko-chemischen Qualitätskomponenten (ACP) Eisen, Sulfat und pH-Wert für den guten ökologischen Zustand der Fließgewässertypen nach Oberflächengewässerverordnung

Angaben nach OGewV (2016)

Fließgewässertyp	Beschreibung	Eisen (3) [mg/L]	Sulfat (3) [mg/L]	pH-Wert (4) (5) [-]
11(1)	Organisch geprägte Bäche	≤ 1,8	≤ 75	5,5 - 8,0
12(1)	Organisch geprägte Flüsse	≤ 1,8	≤ 75	5,5 - 8,0
14(2)	Sandgeprägte Tieflandbäche	≤ 1,8	≤ 140	6,5 - 8,5
15	Sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse	≤ 1,8	≤ 200	7,0 - 8,5
15_g	Große sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse	≤ 1,8	≤ 200	7,0 - 8,5
16(2)	Kiesgeprägte Tieflandbäche	≤ 1,8	≤ 140	6,5 - 8,5
19	Kleine Niederungsfließgewässer in Fluss- und Stromtälern	≤ 1,8	≤ 200	7,0 - 8,5
21	Seeausflussgeprägte Fließgewässer des Norddeutschen Tieflandes	--	--	7,0 - 8,5

(1) basenarm
(2) silikatisch
(3) Mittelwert als arithmetisches Mittel aus den Jahresmittelwerten von maximal drei aufeinander folgenden Kalenderjahren
(4) Minimalwert als arithmetisches Mittel aus den Jahresminimalwerten von maximal drei aufeinander folgenden Kalenderjahren
(5) Maximalwert als arithmetisches Mittel aus den Jahresmaximalwerten von maximal drei aufeinander folgenden Kalenderjahren

Für Einleitungen aus Grubenwasserbehandlungsanlagen in Fließgewässer gelten gemäß der jeweiligen wasserrechtlichen Erlaubnisse Grenzwerte für den pH-Wert, für Trübstoffe und für Eisen (Tabelle 40).

Tabelle 40: Überwachungswerte der Ausleitungen aus Wasserreinigungs- bzw. Wasserbehandlungsanlagen des Braunkohlenbergbaus in Fließgewässer

(1) Indirekteinleiter, (2) für Zeitraum der Anlagenertüchtigung, (3) nach Anlagenertüchtigung

Maßnahme	Träger	Aufnehmendes Gewässer	pH-Wert -	Eisen-gesamt mg/L	Eisen-gelöst mg/L
GWBA Kringelsdorf	LE-B	Schwarzer Schöps	6,5-8,5	≤ 3	≤ 1
GWBA Tzschelln	LE-B	Spree	6,5-8,5	≤ 3	≤ 2
GWBA Schwarze Pumpe	LE-B	Spree (1)	6,5-9,0	≤ 3	≤ 1
GWBA Jänschwalde	LE-K	Malxe	6,0-8,8	≤ 2	≤ 1
GWBA Am Weinberg	LE-B	Steinitzer Wasser, Döbberner Graben, Petershainer Fließ, Hühnerwasser	6,5-8,5	≤ 3	≤ 1

Maßnahme	Träger	Aufnehmendes Gewässer	pH-Wert -	Eisen-gesamt mg/L	Eisen-gelöst mg/L
GWVBA Trebendorf	LE-B	Ökowasserzuführung FFH-Gebiet „Altes Schleifer Teichgelände“	---	≤ 3	---
GWRA Rainitza	LMBV	Rainitza; Ökowasser Cunersdorfer und Rahnsdorfer Fließ	6,0-8,5	≤ 3	≤ 1
GWRA Pößnitz	LMBV	Pößnitz	6,0-8,5	≤ 5 (2)	≤ 2 (2)
			6,0-8,5	≤ 3 (3)	≤ 1 (3)
WBA Vetschau	LMBV	Vetschauer Mühlenfließ	6,0-8,5	≤ 3	≤ 1
WBA Plessa	LMBV	Hammergraben	6,5-8,5	≤ 3	---

Für die Einleitungen aus Industriekläranlagen und kommunalen Klärwerken in Fließgewässer gelten Mindestanforderungen entsprechend der AbwV (2004) und ihrer branchenspezifischen Anhänge. Im Zuge der Genehmigung werden Immissionsbetrachtungen durchgeführt, mithilfe derer die Anforderungen anlagenspezifisch präzisiert werden. Diese Betrachtungen gehen zum Zeitpunkt des Genehmigungsverfahrens entweder vom Status quo oder von einer fundierten Prognose der Durchflussverhältnisse und der Wasserbeschaffenheit des Fließgewässers aus. Es ist anzunehmen, dass durch alle Einleitgenehmigungen, die vor dem Jahr 2019 erteilt oder erneuert wurden, die rückläufigen Durchflussverhältnisse in der Spree noch nicht berücksichtigt wurden. Diesbezüglich besteht Aufklärungsbedarf für alle industriellen und kommunalen Einleiter in den Einzugsgebieten des Schwarzen Schöps und der Spree.

Für Industrieneuansiedlungen an den Kraftwerks- und Industriestandorten Boxberg, Schwarze Pumpe und Jänschwalde sind die künftigen Durchflussverhältnisse des Schwarzen Schöps, der Spree und der Malxe/Tranitz zu berücksichtigen. Das betrifft neben der Wasserbereitstellung vor allem auch die Technologie der Abwasserbehandlung.

8.4.3 Aktueller Zustand

8.4.3.1 Gewässernetz

Fließgewässer haben in einer bergbaulich unverritzten Landschaft für das Grundwasser **Vorflutfunktion**. Eine Zielstellung der Wiederherstellung der nachbergbaulichen Landschaft besteht darin, die Vorflutfunktion der Fließgewässer für das Grundwasser wiederherzustellen. Das kann objektiv jedoch nur teilweise gelingen.

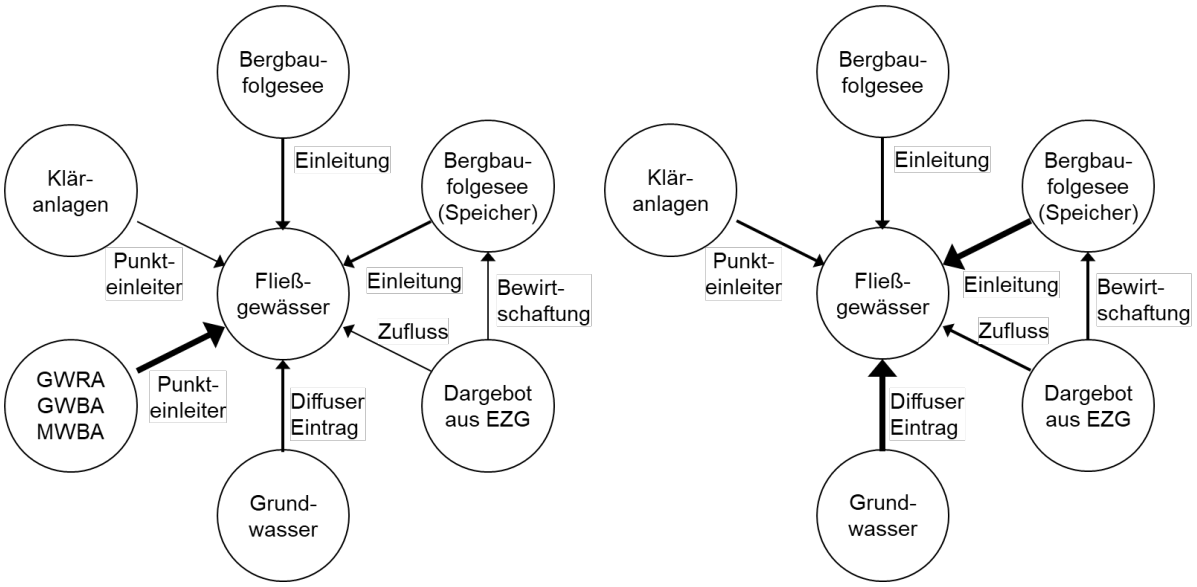
In der nachbergbaulichen Landschaft sind die **Grundwasserverhältnisse** irreversibel verändert (Kapitel 8.2). Maßgeblich dafür sind die Anlage von Bergbaufolgeseen und die Festlegung von Zielwasserständen sowie die veränderten hydrogeologischen Eigenschaften des Untergrundes durch die Hinterlassenschaft ausgedehnter Mischbodenkippen. Der Zielwasserstand von Bergbaufolgeseen orientiert sich an den vorbergbaulichen Grundwasserständen an den Geländetiefpunkten der Abstromseite, um Vernässungen zu vermeiden. Da ein Bergbaufolgesee den Zielwasserstand großflächig ausspiegelt, hat er damit eine dauerhaft dränierende Wirkung auf der Zustromseite.

Durch die Tagebaue wurden **Flussverläufe** verlegt. Die Verlegung der Fließgewässer erfolgte überwiegend aus deren Talweg heraus, was nachbergbaulich den Grundwasseranschluss in Frage stellt. Durch die Anlage von Bergbaufolgeseen und die Verlegung von Fließgewässern wurde auch der Zuschnitt einzelner **oberirdischer Teileinzugsgebiete** dauerhaft verändert.

In der nachbergbaulichen Landschaft verändern sich im Vergleich zum aktuellen Zustand die Mengenströme absolut und relativ zueinander (Abbildung 67).

Abbildung 67: Relative Veränderung der Wechselwirkungen der Spree nach dem Kohleausstieg

Links: aktueller Zustand, Rechts: nachbergbaulicher Zustand
die Pfeildicke symbolisiert die Mengenströme



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Die Einleitungen aus den GWRA/GWBA/WBA verringern sich und werden schließlich ganz eingestellt. Im Gegenzug erhöhen sich die Ausleitungen aus den Bergbaufolgeseen und der diffuse Stoffeintrag aus dem Grundwasser im Zuge der Wiedererlangung der Vorflutfunktion. Bei insgesamt deutlich rückläufigen Durchflüssen in den Fließgewässern (Kapitel 7.4) erhöhen sich die Einleitungen aus industriellen und kommunalen Kläranlagen anteilig. Mit den vorhandenen Flussspeichern und den zu Speichern ausgebauten Bergbaufolgeseen stehen Speicherräume zur Wasserbewirtschaftung in den Flussgebieten Spree und Schwarze Elster zur Verfügung (Kapitel 7.5). Die veränderten Quellen und Mengenverhältnisse des Flusswassers haben Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit.

8.4.3.2 Sulfat

Die von erhöhten Sulfatkonzentrationen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier betroffenen Fließgewässer wurden in IWB & gIR (2020) kartiert (Abbildung 68): Datenstand ist das Jahr 2017. Dargestellt sind Überschreitungen des Orientierungswertes für Sulfat für den entsprechenden Fließgewässertyp nach OGewV (2016) Anlage 6 (Tabelle 39). Die Überschreitungen haben fast ausnahmslos ihren Ursprung im Bergbaugebiet.

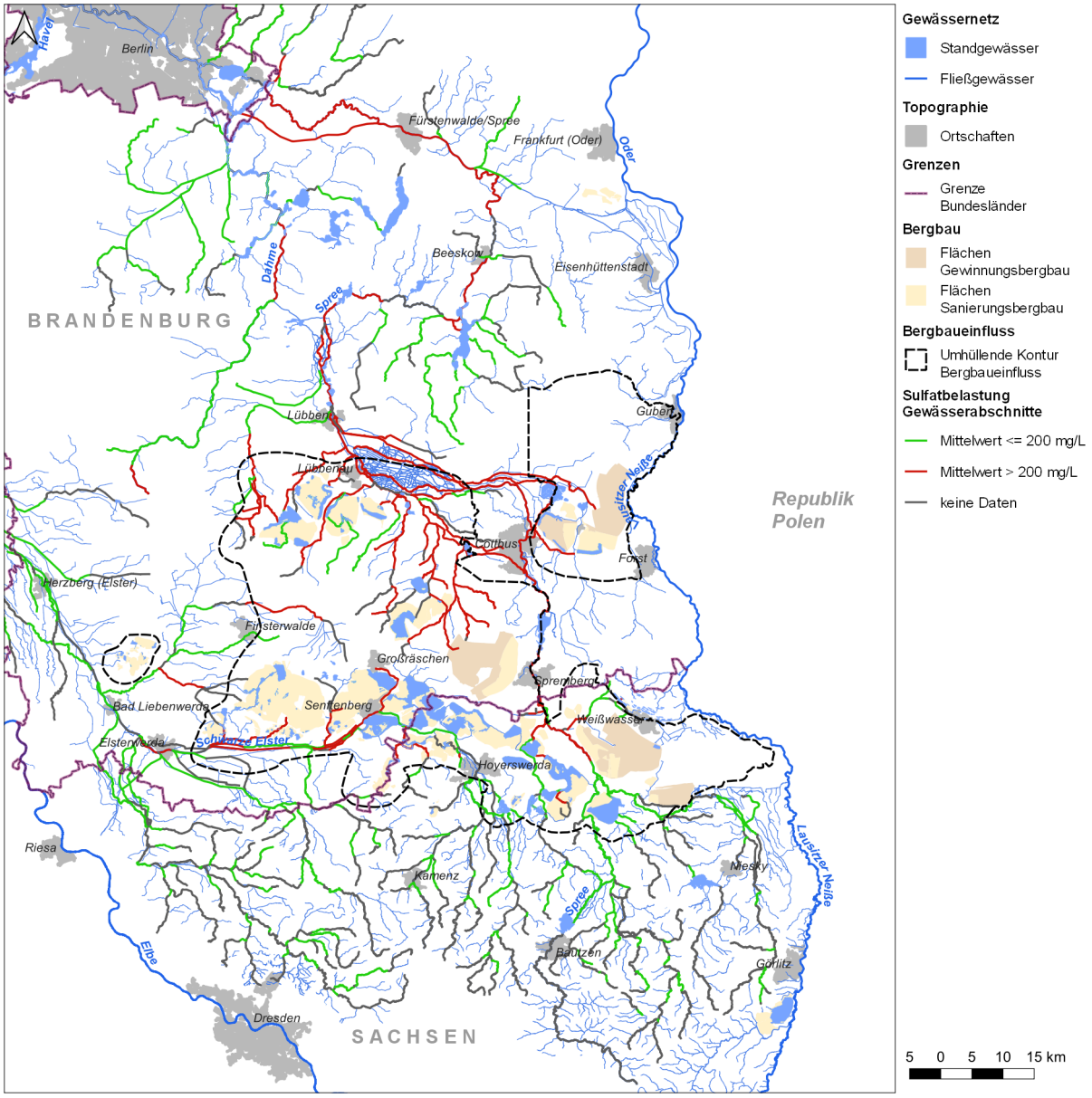
Die Sulfatbelastung von Fließgewässern wird aufgrund der weitgehend inerten Eigenschaften des Sulfats nur durch Verdünnung mit sulfatarmen Wasser verringert. Die Sulfatbelastung entfaltet deshalb Fernwirkung, was insbesondere am Beispiel der Spree deutlich wird. In der Abbildung 69 und Abbildung 70 sind Gewässerlängsprofile der Sulfatkonzentration für die Spree und für die Schwarze Elster auf der Datengrundlage von 2010 bis 2021 in Anlehnung an IWB & gIR (2020) dargestellt. Dargestellt sind der arithmetische Mittelwert sowie das 10. und 90. Perzentil der Sulfatkonzentration aus dem jeweils verfügbaren Datensatz für die markierten Messstellen.

Die Vorbelastung der **Spree** vor Eintritt in das Bergbaugebiet liegt bei 80 mg/L Sulfat. Die nachfolgende signifikante Erhöhung der Sulfatkonzentration in der Spree ist vor allem auf die

Einleitungen sulfatreichen Sümpfungswassers aus den GWBA Kringelsdorf (Tagebau Reichwalde, LEAG), GWBA Tzschelln (Tagebau Nochten, LEAG) und GWBA Schwarze Pumpe (Tagebaue Nochten und Welzow, beide LEAG) zurückzuführen. Die Einleitungen aus dem Speichersystem Lohsa II (LMBV) über die Kleine Spree tragen nicht wesentlich zur Verdünnung bei. Die örtlich höchste Sulfatkonzentration in der Spree wird nach der Einmündung des Industriekanals (auch als Südgraben bezeichnet) Schwarze Pumpe erreicht (Abbildung 69). Sie beträgt für die zugrunde liegende Messreihe 400 mg/L im Mittel und 500 mg/L im 90. Perzentil. Im weiteren Spreeverlauf unterhalb Cottbus bis nach Lübben bis zum Pegel Leibsch führen weitere bergbaubedingte Sulfateinträge zu keiner weiteren Erhöhung der Sulfatkonzentration, leisten allerdings einen geringen Beitrag zur Erhöhung der Sulfatfracht (Abbildung 69).

Abbildung 68: Mittlere Sulfatbelastung der Fließgewässer im Untersuchungsraum in den hydrologischen Jahren 2010 bis 2017 und Grenzen des Bergbaueinflusses

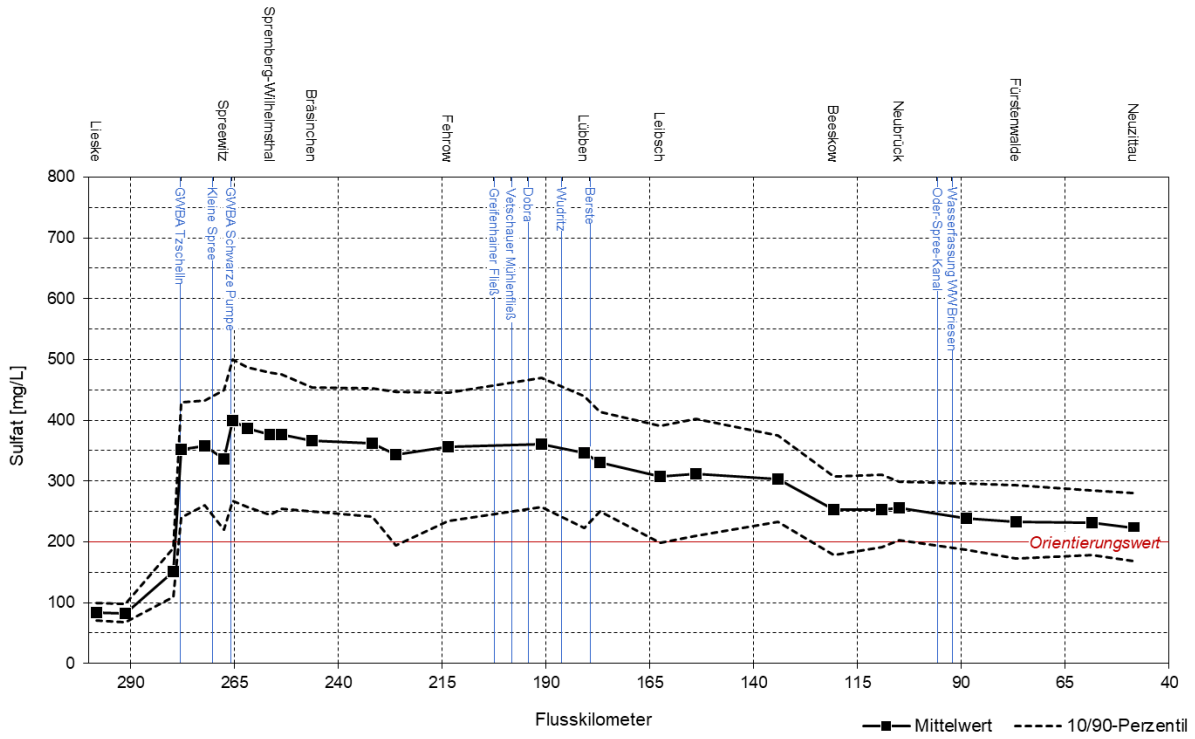
Fließgewässerabschnitte mit einer mittleren Sulfatkonzentration > 200 mg/L sind rot hervorgehoben.
Geodatenquellen siehe Tabelle 2
Abgrenzung des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020)
Sulfatbelastung der Fließgewässerabschnitte nach IWB & gIR (2020)



Bildquelle: nach IWB & gIR (2020)

Abbildung 69: Mittelwerte sowie 10. und 90. Perzentile der Sulfatkonzentration im Längsschnitt der Spree

Datenquelle: LfULG Sachsen und LfU Brandenburg, Datenzeitraum: hydrologische Jahre 2010 bis 2021



Bildquelle: aktualisiert nach IWB & gIR (2020)

An der Spree nutzen die FWA Frankfurter Wasser- und Abwassergesellschaft mbH sowie die BWB Berliner Wasserbetriebe Uferfiltrat zur Trinkwassergewinnung und Aufbereitung. Durch ein überinstitutionelles Sulfatmanagement wurde die Sulfatbelastung der Spree so gesteuert, dass an speziellen Kontrollpegeln und insbesondere am Standort des betroffenen Wasserwerkes Briesen (FWA) die Sulfatkonzentration in der Spree minimiert wird.

Von den derzeit aktiven Braunkohlentagebauen der LEAG ragt lediglich der Tagebau Welzow-Süd flächenanteilig in das Einzugsgebiet der **Schwarzen Elster**. Ansonsten ist die Schwarze Elster ausschließlich durch Altbergbau und durch den Sanierungsbergbau (LMBV) geprägt. Das Einzugsgebiet der Schwarzen Elster kann gewissermaßen als Reallabor des ersten Kohleausstiegs wahrgenommen werden, mit dem Unterschied, dass hier kein nennenswerter Erkenntnisvorlauf bestand.

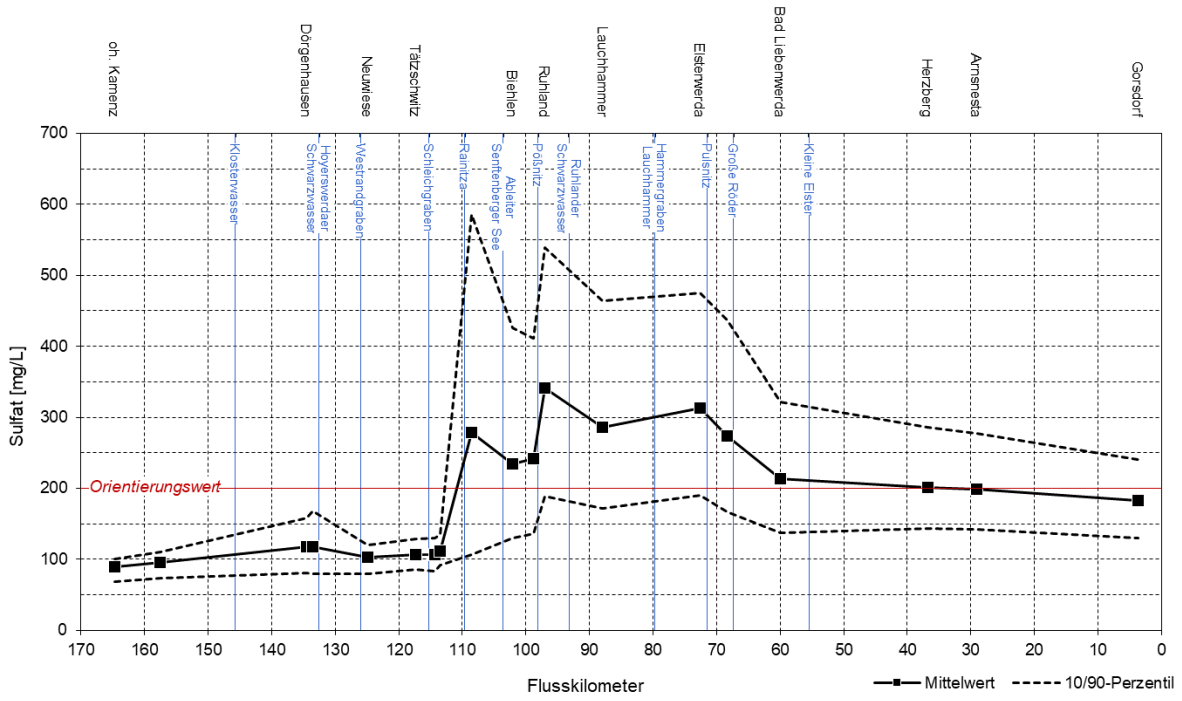
Im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster sind die meisten Bergbaufolgeseen nahezu vollständig geflutet (Kapitel 6.1.3). Dennoch ist der Zustand der Schwarzen Elster von einem ausgeglichenen nachbergbaulichen Wasserhaushalt weit entfernt. Er wird sich erst dann einstellen, wenn die Erweiterte Restlochkette (LMBV) vollständig geflutet, hydrologisch stabilisiert und an die Rainitza angebunden ist. Dann werden sich allerdings Defizite zeigen, die nachträgliche Eingriffe oder Korrekturen erfordern. Dazu zählt der verlegte und begradigte Verlauf der Schwarzen Elster zwischen Hoyerswerda und Senftenberg, die hier außerhalb ihres ehemaligen Talweges verläuft und deren Flusssohle über dem Grundwasserspiegel liegt. Die Folgen sind Versickerungsverluste und zeitweiliges Trockenfallen. Dazu zählt der Betrieb der Horizontalfilterbrunnen in Hoyerswerda, Senftenberg und Brieske als Ewigkeitslast, die durch ihre Absenkungswirkung diese Situation einerseits verschärft, andererseits mit der Einleitung der gehobenen Grundwässer auch zur Stützung des Dargebots beitragen. Dazu zählt weiterhin die frühere Überschätzung des Dargebotes (Wasserüberschusses) in den Seen der Erweiterten

Restlochkette, die einem gesicherten Schleusenbetrieb und der damit angestrebten touristischen Nutzung erschwerend entgegensteht. Mit Abschluss der Sanierungsarbeiten am seit einigen Jahren gesperrten Speicher Knappenrode (Knappensee) im laufenden Jahrzehnt besteht zumindest die Möglichkeit einer Speichervorhaltung am Hoyerswerdaer Schwarzwasser zur Stützung des Trockenwetterabflusses.

Die Sulfatbelastung der Schwarzen Elster ist bislang geprägt von den Einleitungen aus der GWRA Rainitza (LMBV), aus der GWRA Pößnitz (LMBV) und aus dem Sanierungsgebiet Lauchhammer/Plessa (LMBV). Da die Einleitungen aus den GWRA stabil erfolgen, dominierten sie in dargebotsarmen Perioden den Durchfluss und zeichneten für erhöhte Sulfatkonzentrationen (90. Perzentile) verantwortlich (Abbildung 70). Da sich an der Schwarzen Elster keine Trinkwasserfassungen befinden, bestand kein Handlungsbedarf zur Minderung der Sulfatbelastung.

Abbildung 70: Mittelwerte sowie 10. und 90. Perzentile der Sulfatkonzentration im Längsschnitt der Schwarzen Elster

Datenquelle: LfULG Sachsen und LfU Brandenburg, Datenzeitraum: hydrologische Jahre 2010 bis 2021



Bildquelle: aktualisiert nach IWB & gIR (2020)

In IWB (2015) wurde die jüngste valide **Sulfatbilanzierung** für die **Spree** vorgenommen. Sie umfasste die Jahre 2012 bis 2015. Die Sulfateinträge in die Spree wurden in folgende Kategorien unterteilt:

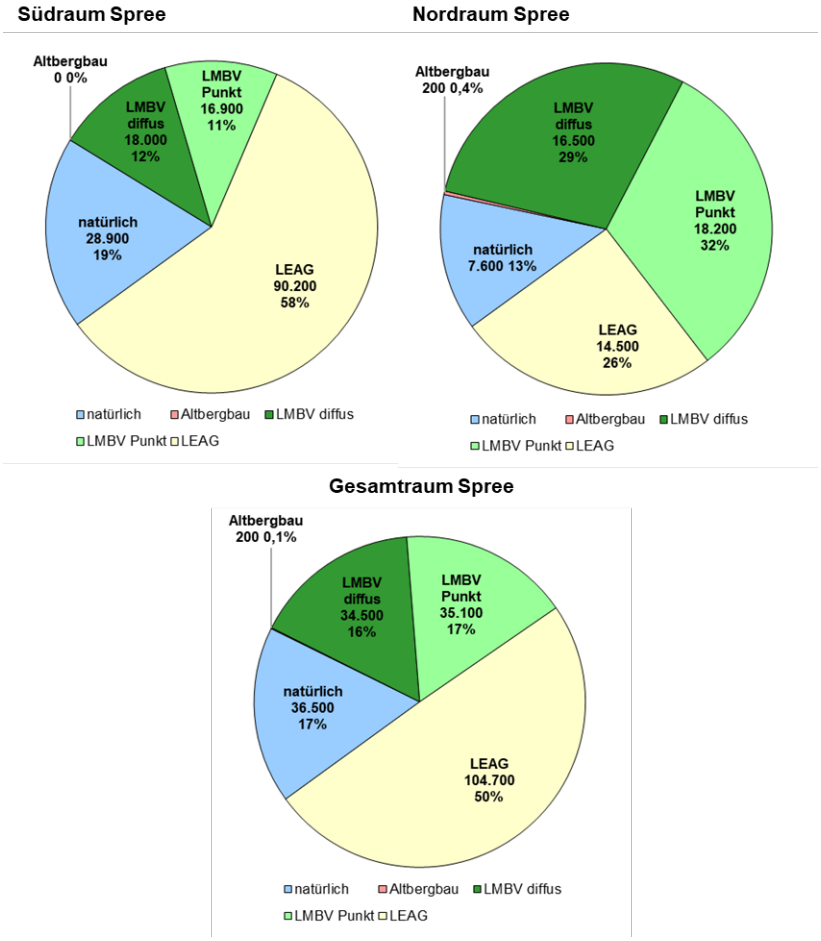
- natürliche (aus den bergbaulich unbeeinflussten Einzugsgebieten),
- Anlagen der LEAG,
- Anlagen der LMBV,
- Ausleitungen aus Bergbaufolgeseen (LMBV),
- diffuse Stoffeinträge (aus dem Grundwasser, LMBV) und
- Altbergbau.

Aufgrund des unterschiedlichen Standes des Grundwasserwiederanstiegs wurden die diffusen Stoffeinträge ausschließlich dem Sanierungsbergbau (LMBV) zugeordnet. Die Spree wurde in einen Südraum (bis zur Talsperre Spremberg) und einen Nordraum (Ausgang Spreewald) gegliedert. Im Südraum erfolgen die Einträge aus den GWBA Kringelsdorf, Tzschelln und Schwarze Pumpe sowie dem Kraftwerk Schwarze Pumpe (Abbildung 72). Aus dem Kraftwerk Boxberg wird dagegen keine zusätzliche Sulfatlast in die Spree eingetragen, da der Kühlwasserbedarf des Kraftwerkes aus der Spree und dem Schwarzen Schöps und nicht aus Sümpfungswasser gedeckt wird. Die LMBV ist an der Sulfatbilanz im Südraum durch die Ausleitungen aus den Speichern Bärwalde und Lohsa II sowie durch diffuse Stoffeinträge aus der Spreewitzer Rinne beteiligt. Im Nordraum ist die LEAG mit den Einleitungen aus der GWBA Jänschwalde beteiligt. Der Anteil der LMBV an der Sulfatbelastung dominiert im Nordraum durch die Ausleitungen aus zahlreichen Bergbaufolgeseen (Gräbendorfer See, Bischdorfer See, Schönfelder See, Drehnaer See, Schlabendorfer See und Lichtenauer See) und diffuse Stoffeinträge in die Fließgewässer 2. Ordnung, welche dem Südumfluter bzw. direkt der Spree zufließen (Abbildung 73).

In der Gesamtbilanz des Zeitraumes 2012-2015 wurden am Pegel Lübben etwa 200.000 t/a Sulfat ermittelt. Davon ließen sich 17 % auf einen natürlichen Ursprung, knapp 34 % auf den Sanierungsbergbau der LMBV und rund 50 % auf den Gewinnungsbergbau der LEAG zurückführen (Abbildung 71). Vom Anteil des Sanierungsbergbaus (LMBV) gingen 16 % auf diffuse Sulfateinträge zurück.

Abbildung 71: Anteilige Herkunft der Sulfatbelastung der Spree im Südraum (Lieske bis Talsperre Spremberg), im Nordraum (Talsperre Spremberg bis Lübben) und im Gesamtraum

Angaben der Sulfatfracht in t/a, Datenzeitraum: 2012 bis 2015

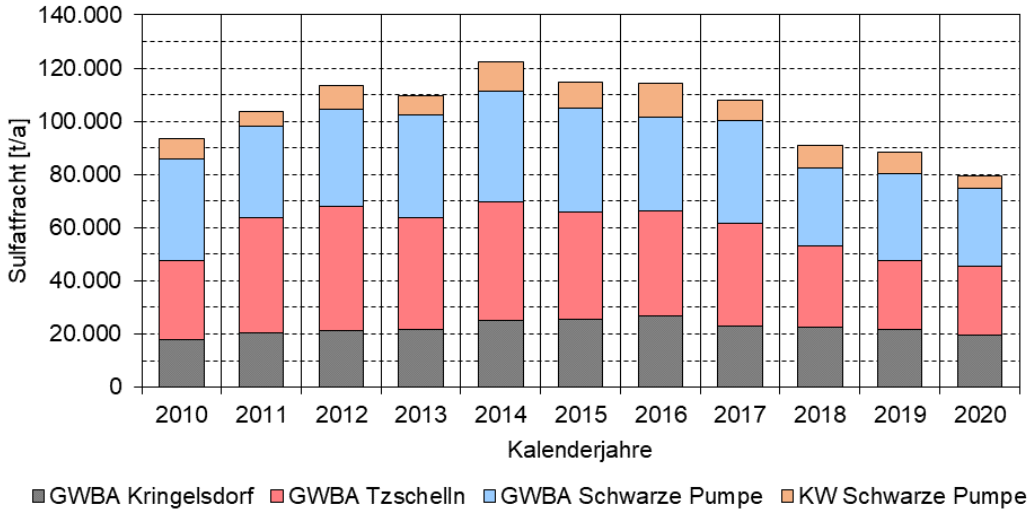


Bildquelle: IWB (2015)

Die Entwicklung der Sulfatfrachten der Wasserbehandlungsanlagen der LE-B und des mit Sümpfungswasser versorgten Kraftwerks Schwarze Pumpe (LE-K) in die Spree im Südraum zeigen bis 2014 eine Zunahme auf rund 122.000 t/a (Abbildung 72). In den nachfolgenden Jahren nahm die summarisch eingetragene Sulfatfracht bis auf rund 80.000 t/a im Jahr 2020 ab. Der Rückgang ist hauptsächlich auf die verringerten Einleitmengen aus den GWBA Tzschelln und Schwarze Pumpe zurückzuführen (Abbildung 72).

Abbildung 72: Entwicklung der jährlichen Sulfateinträge aus den Wasserbehandlungsanlagen der LE-B und dem mit Sümpfungswasser versorgten Kraftwerk Schwarze Pumpe der LE-K in die Spree im Südraum

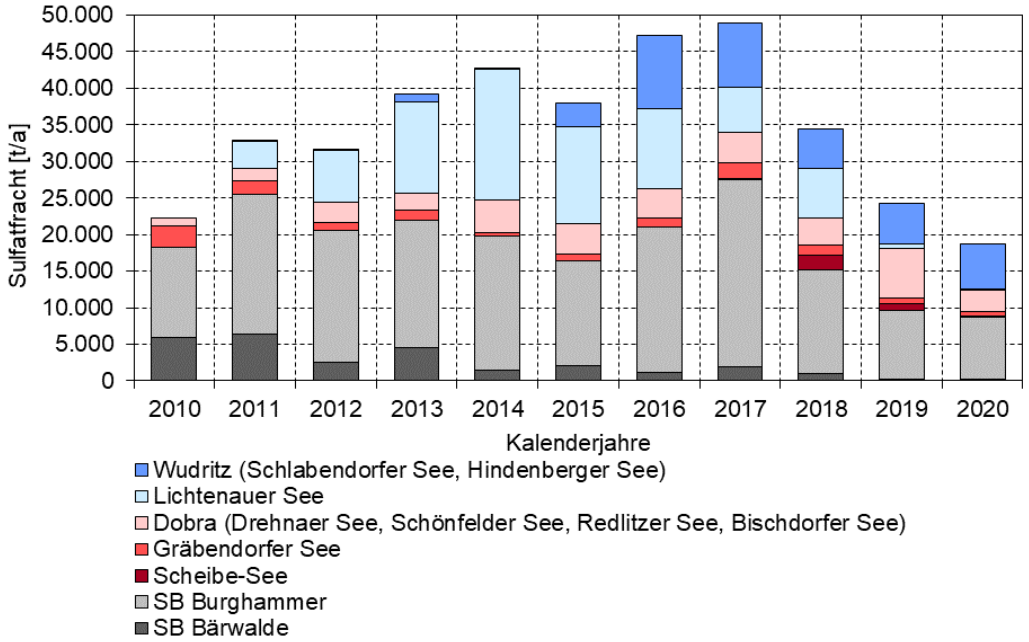
Datenquelle: LEAG, Datenzeitraum: Kalenderjahre 2010 bis 2020



Bildquelle: aktualisiert nach IWB (2015)

Abbildung 73: Entwicklung der aus den Bergbaufolgeseen der LMBV in die Spree eingetragenen Sulfatfrachten

Datenquelle: LMBV, Datenzeitraum: Kalenderjahre 2010 bis 2020



Bildquelle: aktualisiert nach IWB (2015)

Die aus den Bergbaufolgeseen des Sanierungsbergbaus (LMBV) in die Spree eingetragenen Sulfatfrachten nahmen bis zum Jahr 2017 auf rund 49.000 t/a zu (Abbildung 73). Die Sulfatfrachten stiegen im Zuge des Grundwasserwiederanstiegs und der sich hieraus ergebenden Notwendigkeit, den Wasserbilanzüberschuss aus den Bergbaufolgeseen in die Vorflut auszuleiten. Das betraf mit dem Lichtenauer See und mit dem Schlabendorfer See die zwei Bergbaufolgeseen mit den höchsten Sulfatkonzentrationen (Abbildung 60). Nachfolgend ging die eingetragene Sulfatfracht bis auf 19.000 t/a im Jahr 2020 zurück (Abbildung 73). Der Rückgang lag im Wesentlichen an der defizitären Wasserbilanz und an den dadurch bedingten rückläufigen Ausleitmengen aus den Bergbaufolgeseen.

Im Unterschied zur Eisenbelastung breitet sich die Sulfatbelastung insbesondere in der Spree deutlich über die Grenzen des Bergbaueinflusses aus, da sich Sulfat im Gewässer weitgehend inert verhält und nicht abgebaut oder zurückgehalten wird. Die Sulfatkonzentration verringert sich auf dem Fließweg durch die Einmischung sulfatarmen Wassers nach dem Verdünnungsprinzip. Die Zuflüsse zur Spree außerhalb des bergbaulich beeinflussten Gebietes reichen allerdings im Mittel nicht aus, um die Sulfatkonzentration der Spree bis Berlin unter 200 mg/L zu verdünnen.

Zwischenfazit

Die Sulfatbelastung der Fließgewässer wird vor allem durch die Einleitungen sulfatreichen Sümpfungswassers aus den Wasserbehandlungsanlagen des Sanierungs- und Gewinnungsbergbaus sowie durch die Ausleitung sulfatreichen Wassers aus Bergbaufolgeseen verursacht. Der Einfluss diffuser Grundwasserzutritte auf die Sulfatbelastung der Fließgewässer ist gering.

8.4.3.3 Eisen

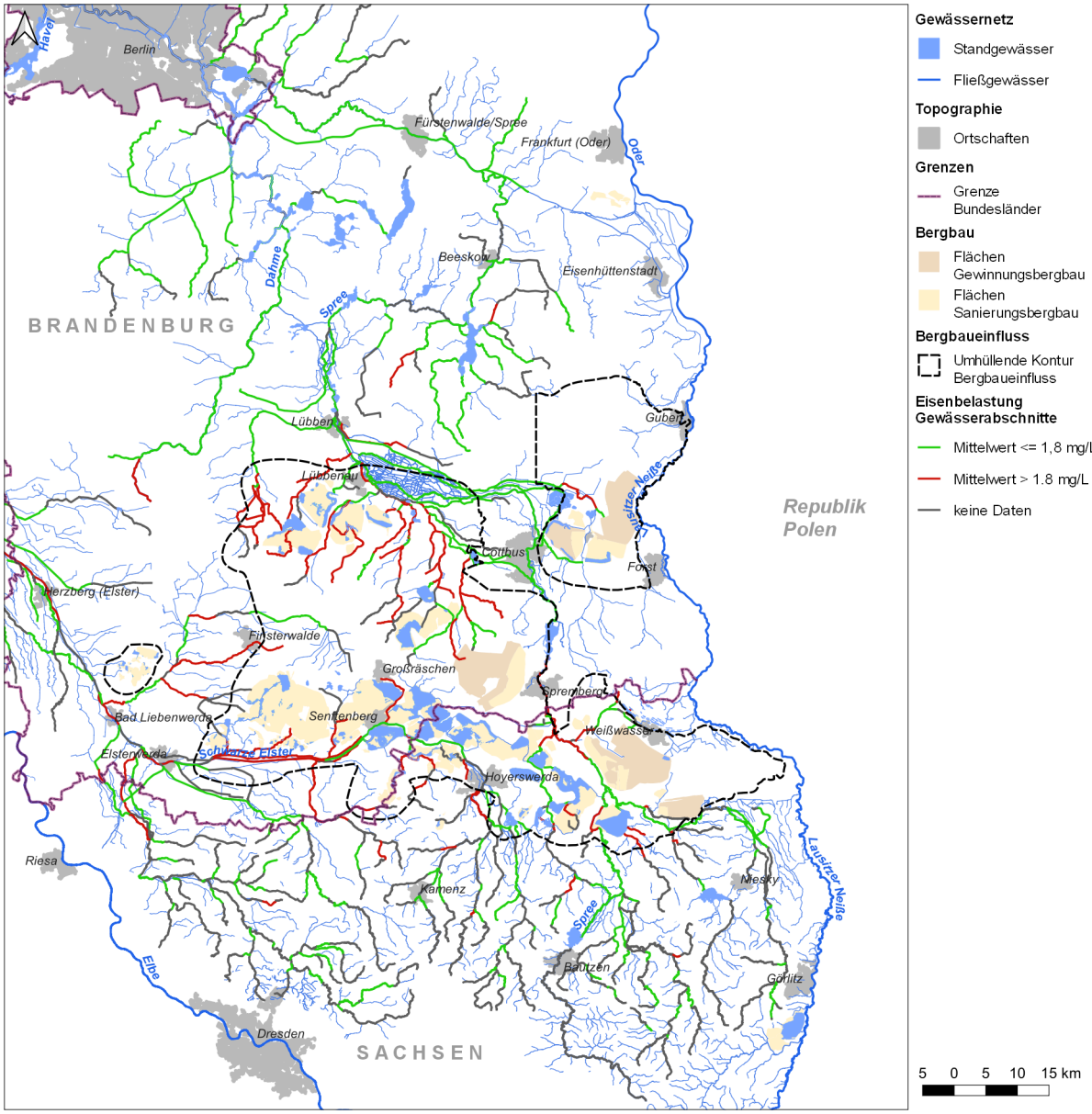
In IWB & gIR (2020) wurden die von erhöhten Eisenkonzentrationen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier betroffenen Fließgewässer kartiert (Abbildung 74). Datenstand ist das Jahr 2017. Dargestellt sind Überschreitungen des Orientierungswertes für Eisen für den entsprechenden Fließgewässertyp nach OGewV (2016) Anlage 6 (Tabelle 39). Die Überschreitungen haben überwiegend, aber nicht ausschließlich, ihren Ursprung im Bergbaugebiet. Die Eisenbelastung der Fließgewässer wird auf dem Fließweg durch Oxidation und Sedimentation sowie durch die Verdünnung durch eisenarme Zuflüsse verringert.

In der Abbildung 75 und Abbildung 77 sind Gewässerlängsprofile der Eisenkonzentration für die Spree und für die Schwarze Elster auf der Datengrundlage von 2010-2021 in Anlehnung an IWB & gIR (2020) dargestellt. In diesem Zeitraum waren die meisten Maßnahmen zur Abwehr der Eisenbelastung der Spree noch nicht wirksam. Dargestellt sind der arithmetische Mittelwert sowie die 10. und 90. Perzentile der Eisenkonzentration aus dem jeweils verfügbaren Datensatz für die markierten Messstellen.

Die Vorbelastung der **Spree** vor Eintritt in das Bergbaugebiet beträgt etwa 1,5 mg/L Eisen. Die nachfolgende signifikante Erhöhung der Eisenkonzentration in der Spree geht auf diffuse Stoffeinträge aus der Spreewitzer Rinne zurück. Die Grubenwasserbehandlungsanlagen der LEAG leiten mit Eisenkonzentrationen < 1 mg/L ein und tragen damit zur Verdünnung der Eisenkonzentration in der Spree bei. Das gleiche trifft auf die Ausleitungen aus den Speichern der LMBV zu. Entweder die Speicher befinden sich in einem neutralen Zustand (Bärwalde) oder werden durch Inlake-Wasserbehandlung in einen neutralen Zustand versetzt (Lohsa II), so dass jeweils auch die Eisenkonzentration deutlich unter 1 mg/L liegt.

Abbildung 74: Mittlere Eisenbelastung der Fließgewässer im Untersuchungsraum in den hydrologischen Jahre 2010 bis 2017 und Grenzen des Bergbaueinflusses

Fließgewässerabschnitte mit einer mittleren Eisenkonzentration > 1,8 mg/L sind rot hervorgehoben.
Geodatenquellen siehe Tabelle 2
Abgrenzung des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020)
Eisenbelastung Fließgewässerabschnitte nach IWB & gIR (2020)



Bildquelle: nach IWB & gIR (2020)

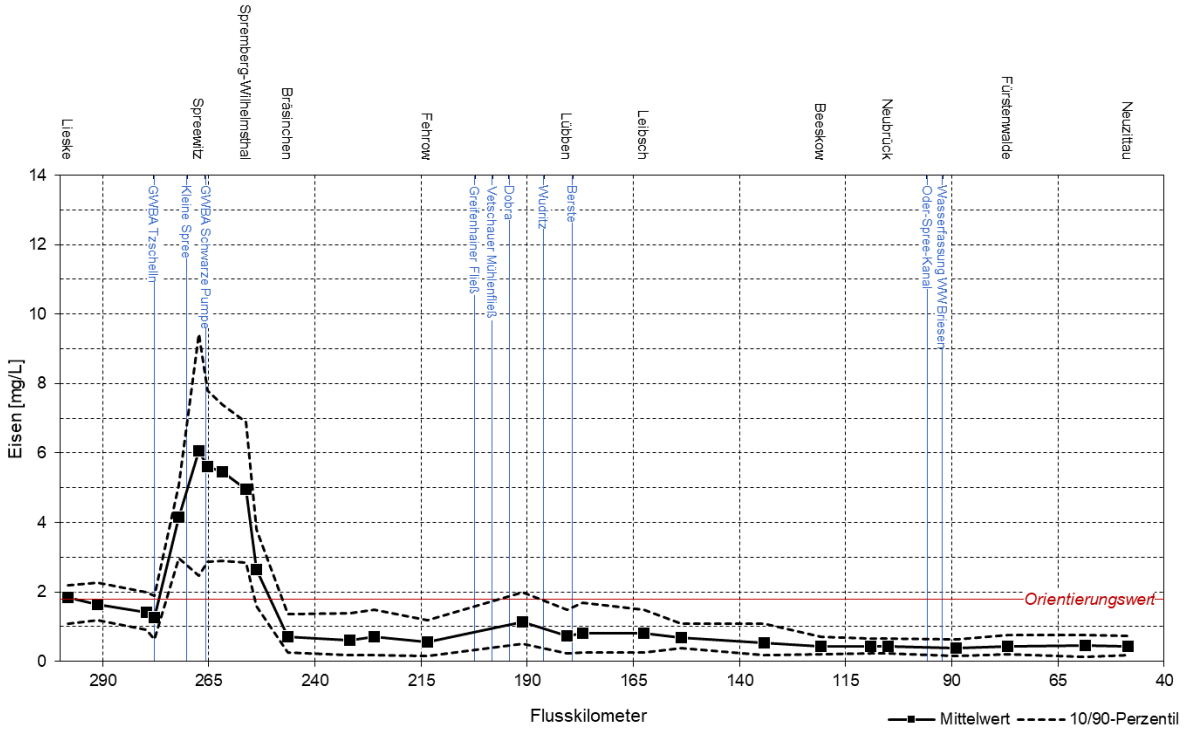
Die höchste Eisenkonzentration in der Spree wird am Pegel Spreewitz nach der Einmündung der Kleinen Spree gemessen (Abbildung 75). Die Einleitung des Industriekanals Schwarze Pumpe bewirkt einen geringen Verdünnungseffekt. Auf ihrem Fließweg durch Spremberg bis zur Vorsperre Bühlow verringert sich die Eisenkonzentration in der Spree nur langsam. In der Vorsperre Bühlow und in der Talsperre wird das Eisen weitgehend zurückgehalten, wobei die Rückhaltewirkung etwa hälftig auf die Vorsperre Bühlow und auf die Hauptsperre entfällt. Die Spree verlässt die Talsperre Spremberg mit deutlich weniger als 1 mg/L Eisen (Abbildung 75).

Hinsichtlich der Ausbreitung der Eisenbelastung in der Spree müssen die Existenz der Vorsperre Bühlow und der Talsperre Spremberg als historischer Glücksfall bewertet werden. Andernfalls

würde sich die verockerte Spree durch Cottbus schlängeln und in den Spreewald einfallen. Die LMBV arbeitet seit dem Erscheinen der zweiten Eisenstudie zum Südraum IWB (2012) intensiv an Maßnahmen zur Lösung dieses Problems.

Abbildung 75: Mittelwerte sowie 10. und 90. Perzentile der Eisenkonzentration im Längsschnitt der Spree

Datenquellen: LfULG Sachsen und LfU Brandenburg, Datenzeitraum: hydrologische Jahre 2010 bis 2021



Bildquelle: aktualisiert nach IWB & gIR (2020)

Im Spreewald erhöht sich nach der Einmündung des Südumfluters, der seinerseits die Abflüsse des Greifenhainer Fließes, des Vetschauer Fließes, der Dobra und der Kamske aufnimmt, die Eisenkonzentration in der Spree. Die vorgenannten Fließe 2. Ordnung sind abschnittsweise stark mit Eisen belastet. Sie entwässern den Nordhang des Lausitzer Grenzwalls, der sich großflächig unter dem Einfluss des Braunkohlenbergbaus durch die Grundwasserabsenkung befand. Spätestens nach dem Unterspreewald (Leibsch) normalisiert sich die Eisenbelastung in der Spree. Der lange Fließweg sowie die Durchströmung des Neuendorfer Sees und des Schwielochsees verhindern zuverlässig eine weitere Ausbreitung der Eisenbelastung in der Spree.

Für Eisen werden die niedrigeren Werte (10. Perzentile) bei niedrigen sommerlichen Abflüssen gemessen, wenn die Bedingungen für die Eisenoxidation und -sedimentation günstig sind. Die hohen Eisenkonzentrationen (90. Perzentile) werden dagegen im Winter bei hohen Abflüssen gemessen, die neben ungünstigen Reaktionsbedingungen zusätzlich zu einer Remobilisierung von Eisenschlamm führen.

Für die Eisenbelastung der Spree wurde in IWB (2022) eine aktuelle Eintragsbilanz für die Jahre 2016-2021 erarbeitet. Dabei wurden die Einträge in die Spree und in ihre Nebenfließe bilanziert. Die Eiseneintragsbilanz unterscheidet die Kategorien:

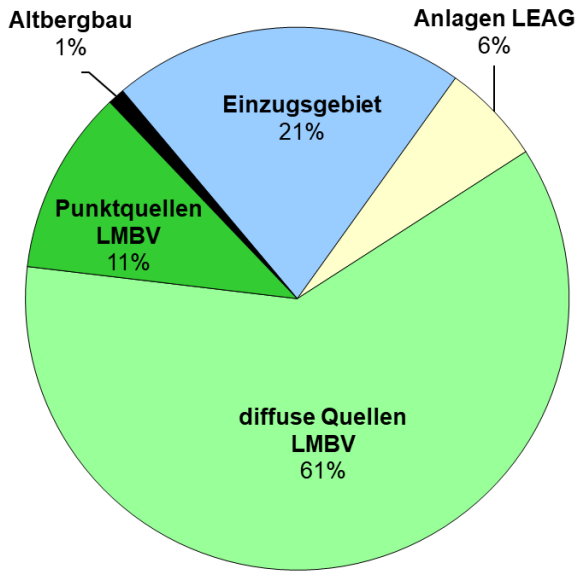
- aus den bergbaulich unbeeinflussten Einzugsgebieten,
- Anlagen und Einleitungen (Punkteinträge) der LEAG,

- Anlagen und Einleitungen (Punkteinträge) der LMBV,
- Grundwasserzutritte (diffuse Stoffeinträge) der LMBV,
- Altbergbau und
- nicht zuordenbare.

Die aktuelle Eiseneintragsbilanz für das Spreeeinzugsgebiet zeigt (Abbildung 76), dass lediglich etwa 20 % des bilanzierten Eiseneintrags aus den Einzugsgebieten erfolgt und keinen Bergbaubezug hat. Dabei handelt es sich um die Vorbelastung der Fließgewässer an den Eingangsprofilen der Bilanzierung, um landwirtschaftliche Meliorationsgräben und Ausleitungen aus Fischwirtschaften. Lediglich 6 % des Eiseneintrags lassen sich auf Einleitungen der LEAG zurückführen. Dabei handelt es sich vorwiegend um die Ausleitungen aus den GWBA und anteilig um Stützungswassereinleitungen in die Fließgewässer. Etwa 11 % des Eiseneintrags stammen aus Einleitungen der LMBV, wobei es sich überwiegend um Ausleitungen aus Bergbaufolgeseen handelt. Der größte Anteil am Eiseneintrag in die Spree und in ihre Nebenfließe ist durch diffuse Stoffeinträge aus dem Grundwasser verursacht.

Abbildung 76: Anteile der Eisenquellen am Eiseneintrag in die Spree zwischen Lieske und Lübben

Datenzeitraum: Kalenderjahre 2016 bis 2021



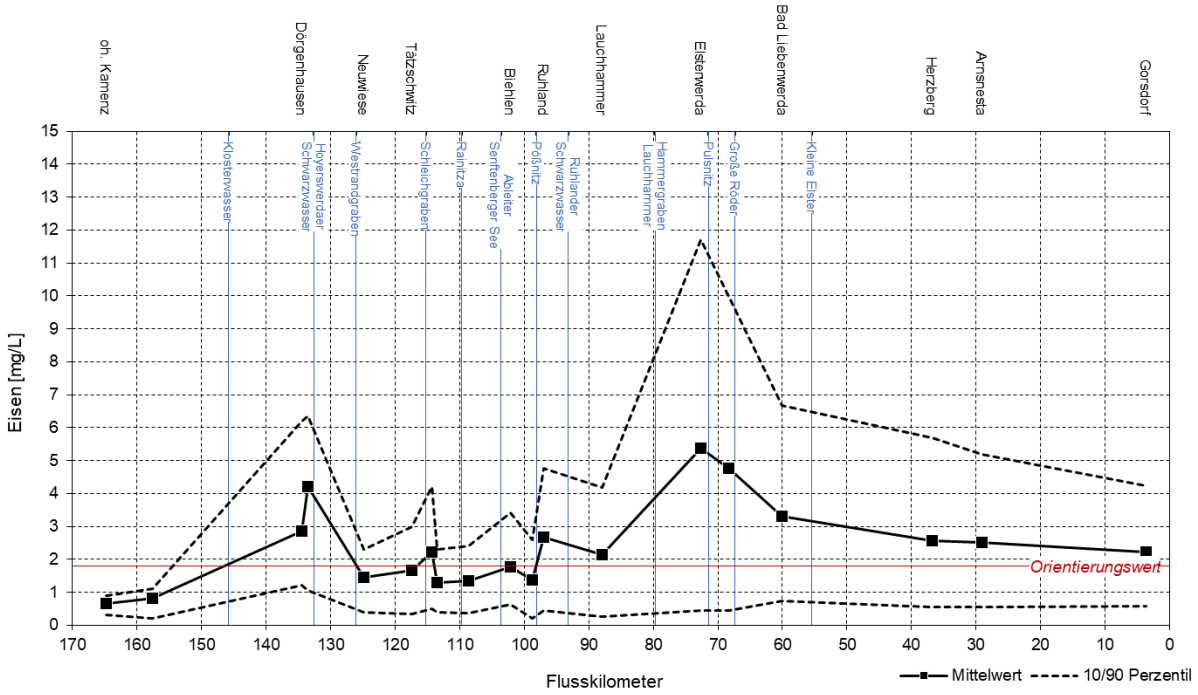
Bildquelle: IWB (2022)

Die Eisenbelastung der **Schwarzen Elster** verzeichnet im Gewässerlängsschnitt zwei Maxima (Abbildung 77). Das erste Maximum der Eisenbelastung bei Dörgenhausen ist durch Einträge aus Meliorationsgräben, dem Rocknitzgraben, dem Vincenzgraben und dem Westrandgraben zurückzuführen. Der Vincenzgraben entwässert das Dubringer Moor. Über den Westrandgraben wird das eisenreiche Grundwasser aus den Horizontalfilterbrunnen Hoyerswerda abgeleitet.

Zwischen Neuwiese und Ruhland liegt die Eisenbelastung der Schwarzen Elster wenig veränderlich im Bereich des Orientierungswertes, da der Fluss auf diesem Abschnitt überwiegend Wasser verliert. Ein relevanter Anstieg der Eisenkonzentration beginnt mit der Einmündung der Pößnitz. Diese nimmt die GWRA Pößnitz (LMBV) und die eisenbelastete Wolschinka auf.

Abbildung 77: Mittelwerte sowie 10. und 90. Perzentile der Eisenkonzentration im Längsschnitt der Schwarzen Elster

Datenquellen: LfULG Sachsen und LfU Brandenburg, Datenzeitraum: hydrologische Jahre 2010 bis 2021



Bildquelle: aktualisiert nach IWB & gIR (2020)

Eine signifikante weitere Erhöhung der Eisenbelastung erfährt die Schwarze Elster mit der Einmündung des Hammergrabens, welcher das Sanierungsgebiet Lauchhammer/Plessa (LMBV) entwässert. Die hohe Eisenbelastung der Schwarzen Elster wird anschließend nur langsam abgebaut, weil der Schwarzen Elster weitere Fließgewässer mit einer landwirtschaftlich bedingten Eisenbelastung zufließen. Die Eisenbelastung der Fließgewässer ist überwiegend auf den Bereich des Bergbaueinflusses beschränkt. Die Eisenbelastung der Fließgewässer ist hauptsächlich auf diffuse Zutritte bergbaulich beeinflussten Grundwassers zurückzuführen.

8.4.4 Folgen des Kohleausstiegs

Der Kohleausstieg im Lausitzer Braunkohlenrevier manifestiert sich in einer veränderten Wasserbilanz der Flusseinzugsgebiete (Kapitel 7), wovon insbesondere die Spree betroffen ist. Wirkungen auf die Wasserbilanz entfalten vor allem:

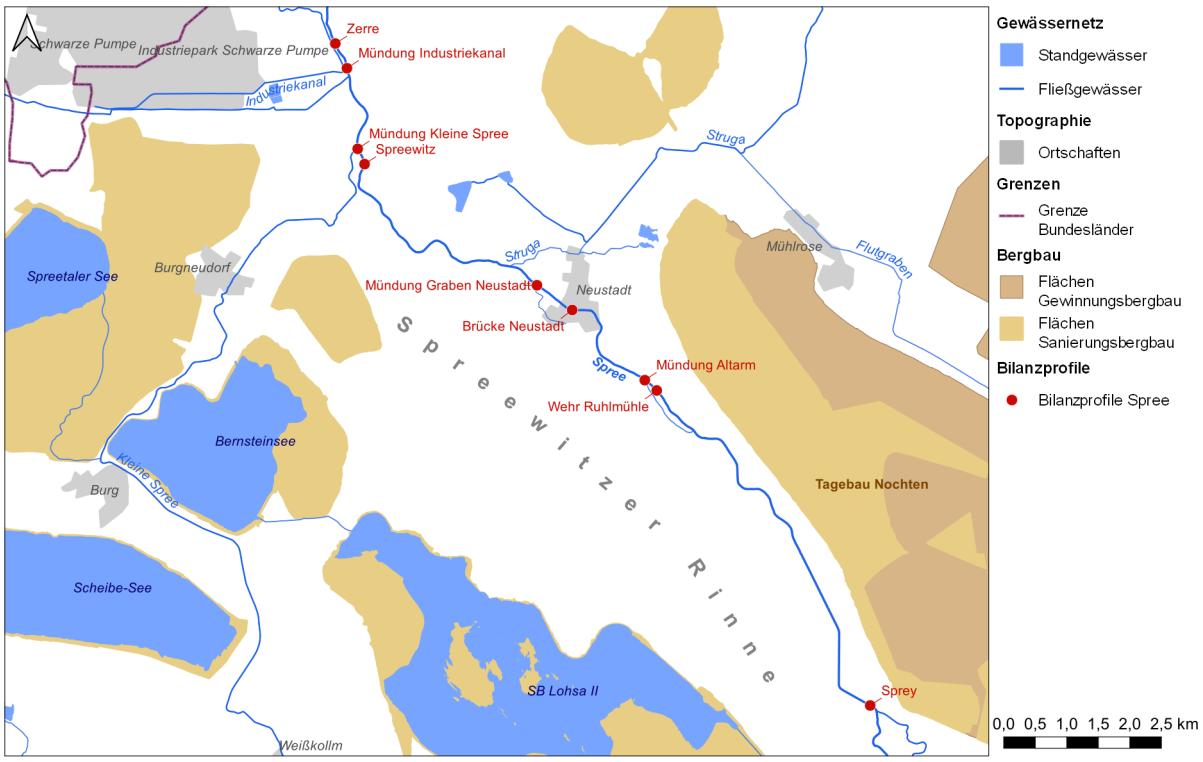
- der Wegfall der Einleitungen aus den GWBA der LEAG,
- die temporäre Entnahme von Flutungswasser aus den Fließgewässern,
- die erhöhten Wasserverluste durch Gewässerverdunstung,
- der Dargebotsverlust durch die verlustigen Landflächen und
- der flächenanteilige Dargebotszuwachs in den Gebieten des Grundwasserwiederanstiegs.

Sowohl durch einfache Bilanzierungen, durch Blockmodelle als auch durch stochastische Modellrechnungen lässt sich nachweisen, dass der Kohleausstieg zu einer Verringerung der Sulfatkonzentration in der Spree führt. Im Gegenzug ist eine Zunahme der Sulfatfrachten durch Ausleitungen aus den Bergbaufolgeseen der LMBV, die derzeit ihren Zielwasserstand noch nicht erreicht haben, und den künftigen Bergbaufolgeseen der LEAG zu erwarten. Diese Frachten fallen in der Summe jedoch deutlich geringer aus.

In IWB (2017) wurden im Auftrag der LMBV numerische Modellierungen zur Eisenbelastung der Spree im Gewässerabschnitt zwischen Sprey und Zerre durchgeführt (Abbildung 78). Der Modellierung wurde eine dreijährige Reihe (2014-2016) von Tageswerten der Durchflüsse der Spree, ihrer Zuflüsse sowie der Einleitungen in die Spree zugrunde gelegt. Mit dem Modell wurde der am stärksten bergbaulich beeinflusste Bereich an den Pegeln Spreewitz und Zerre abgebildet. Die verallgemeinerbaren Aussagen, die für diesen Bereich ermittelt wurden, können ohne Einschränkungen auf den weiteren Verlauf der Spree übertragen werden.

Abbildung 78: Spree zwischen Sprey und Zerre mit dem Schwerpunkt des diffusen Stoffeintrags aus der Spreewitzer Rinne

Eisenbelastung Grundwasser Spreewitzer Rinne siehe Abbildung 52
Geodatenquellen siehe Tabelle 2



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Die in IWB (2017) dokumentierte und gut kalibrierte Situation der Spree in den Jahren 2014 bis 2016 soll genutzt werden, um die Wirkungen des Kohleausstiegs auf die Wasserbeschaffenheit der Spree zu illustrieren. Dazu werden im Folgenden drei Szenarien im Vergleich betrachtet:

A) das Basisszenarium 2014-2016,

B) ein Szenarium mit den bereits umgesetzten Maßnahmen der LMBV zur Minderung der diffusen Eiseneinträge (Stand Ende 2022) und

C) ein Szenarium B unter den Bedingungen des Kohleausstiegs (nach 2040).

Zum aktuellen Zeitpunkt (Ende 2022) wurden von der LMBV bereits erste Maßnahmen zur Abwehr der Eisenbelastung an der Spree und an der Kleinen Spree aus IWB (2017) erfolgreich umgesetzt:

- eine modulare Wasserbehandlungsanlage (MWBA) am Altarm der Spree am Wehr Ruhlmühle,
- eine modulare Wasserbehandlungsanlage (MWBA) am Graben Neustadt,
- einen 6er Brunnenriegel im Unterlauf der Kleinen Spree,
- drei Horizontaldränagen am Unterlauf der Kleinen Spree sowie
- einen 10er Brunnenriegel im Bereich der Kleinen Spree zwischen Burgneudorf und Burghammer in Verbindung mit
- einer modularen Wasserbehandlungsanlage (MWBA) in Burgneudorf.

Das eisenbelastete Wasser der Anstriche eins und zwei wird vor Ort behandelt und in die Spree eingeleitet. Das eisenbelastete Wasser der Anstriche drei und vier wird zur GWBA Schwarze Pumpe geleitet (LEAG), dort behandelt und das Reinwasser über den Industriekanal in die Spree zurückgeleitet. Das eisenbelastete Wasser des Anstriches fünf wird vor Ort behandelt (Anstrich sechs) und vor Ort wieder in die Kleine Spree eingeleitet.

Die zuvor genannten Maßnahmen fanden Berücksichtigung bei der numerischen Modellierung für die Szenarien B und C. Für das Szenarium C wird aus nachfolgend erläuterten Gründen davon ausgegangen, dass bis zum Vollzug des Kohleausstiegs kein weiterer Fortschritt bei der Umsetzung der Maßnahmen der LMBV zur Abwehr der Eisenbelastung in der Spree erreicht wird. Zumal aufgrund des Charakters der Maßnahmen mit sehr langen Genehmigungs- und Ausführungszeiten gerechnet werden muss.

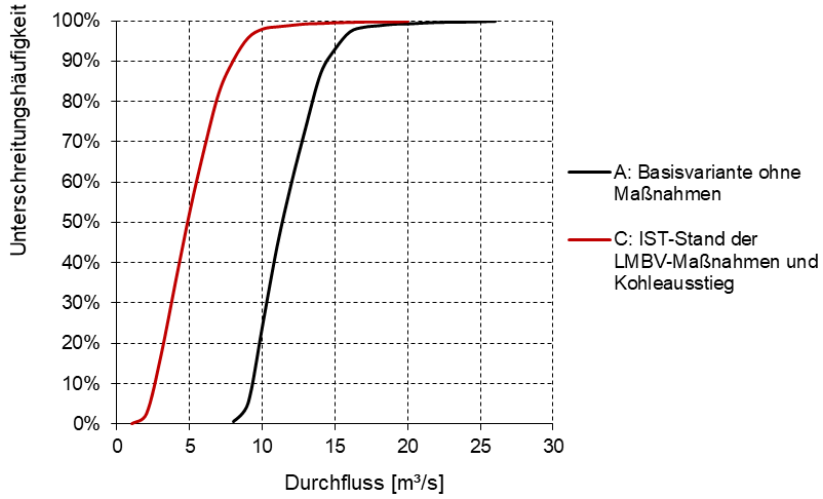
Der Kohleausstieg (nach 2040) im Szenarium C wird wie folgt abgebildet:

- der vollständige Wegfall der GWBA Kringelsdorf an der Mündung des Schwarzen Schöps in die Spree bzgl. der Volumenströme und Stofffrachten,
- der vollständige Wegfall der GWBA Tzschelln mit Volumenstrom und Stofffrachten sowie
- die Verringerung der Einleitungen aus der GWBA Schwarze Pumpe in den Industriekanal um die aus den Tagebauen Nochten und Welzow stammenden Volumenströme und Stofffrachten.

Durch den Wegfall der Sümpfungswassereinleitungen aus den Anlagen des Gewinnungsbergbaus verringert sich der mittlere Durchfluss der Spree am Profil Zerre um mehr als 50 % (Abbildung 79). Die Szenarien A und B unterscheiden sich bezüglich der Sulfatbelastung der Spree nur marginal, weil im Zuge der Eisenabscheidung Sulfat unverändert bleibt und weil die Wasserbehandlung und -rückleitung überwiegend ortsnah erfolgt. Die Abbildung 80 zeigt die Dauerlinien der Sulfatkonzentration für die Szenarien A und C im Vergleich. Die Tabelle 41 enthält die statistischen Eckzahlen zu den Dauerlinien.

Abbildung 79: Dauerlinien des Durchflusses in der Spree am Profil Zerre für die Szenarien A (schwarz) und C (rot)

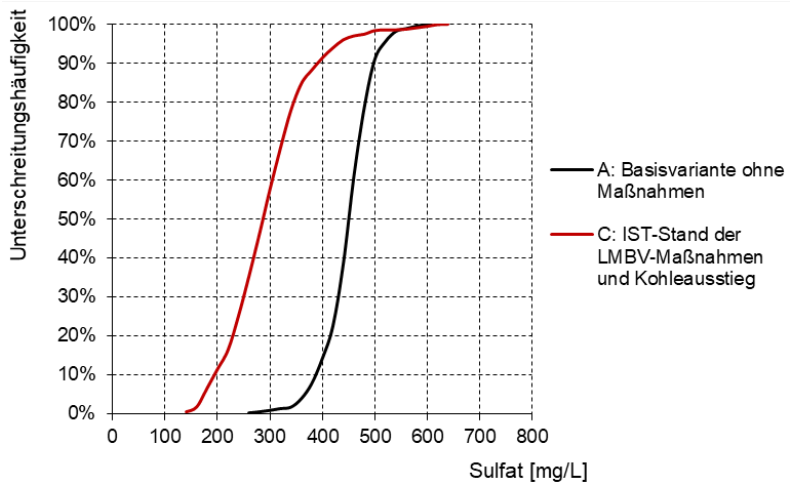
Erläuterungen siehe Text



Bildquelle: nach IWB (2017)

Abbildung 80: Dauerlinien der Sulfatkonzentration in der Spree am Profil Zerre für die Szenarien A (schwarz) und C (rot)

Erläuterungen siehe Text



Bildquelle: nach IWB (2017)

Tabelle 41: Statistische Kennwerte der Sulfatkonzentration in der Spree am Profil Zerre für die Szenarien A und C

Angaben in mg/L, Erläuterungen siehe Text

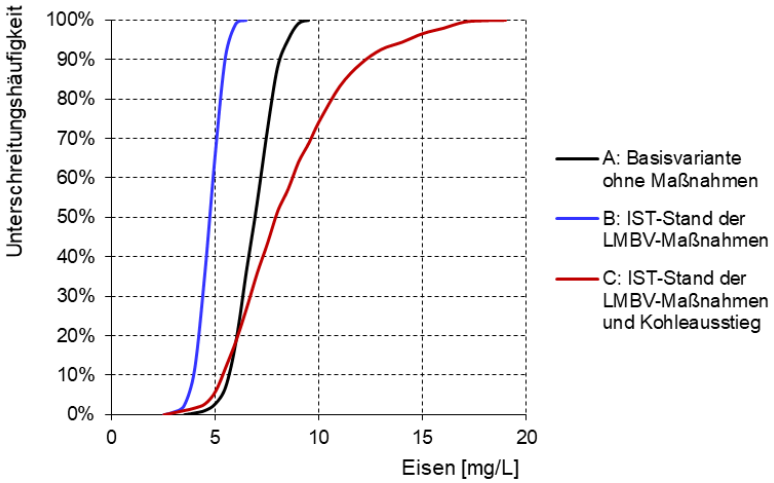
Statistischer Kennwert	IST-Zustand (Szenarium A und B)	Kohleausstieg (Szenarium C)
10. Perzentil	391	194
Mittelwert	447	292
90. Perzentil	496	389

Die Sulfatkonzentration in der Spree am Profil Zerre verringert sich durch den Kohleausstieg substantiell. Da die meisten Einleitungen aus den Wasserbehandlungsanlagen des aktiven Bergbaus in die Spree vor dem Profil Zerre erfolgen und hier auch wegfallen ist im weiteren Spreeverlauf mit einer starken Verdünnung der Sulfatkonzentration zu rechnen.

In der Abbildung 81 sind die Dauerlinien und in der Tabelle 42 die statistischen Kennwerte der Eisenkonzentration am Profil Zerre sowie in der Abbildung 82 und Abbildung 83 die Längsschnitte der Eisenkonzentration im Untersuchungsabschnitt für die Szenarien A, B und C dargestellt. Die blaue Linie (Szenarium B) zeigt im Vergleich zur schwarzen Linie (Szenarium A) den Fortschritt der von der LMBV bereits umgesetzten Maßnahmen zur Eisenabwehr in der Spree. Die rote Linie (Szenarium C) zeigt die veränderte Belastungssituation nach dem Kohleausstieg, wenn von der LMBV bis dahin keine weiteren Maßnahmen umgesetzt werden. In diesem Falle gehen nicht nur die erreichten Fortschritte verloren. Die Eisenbelastung der Spree stellt sich aufgrund der fehlenden Verdünnung durch das Sümpfungswasser sogar deutlich schlechter dar als vor der Installation der Maßnahmen.

Abbildung 81: Dauerlinien der Eisenkonzentration in der Spree am Profil Zerre für die Szenarien A (schwarz), B (blau) und C (rot)

Erläuterungen siehe Text



Bildquelle: nach IWB (2017)

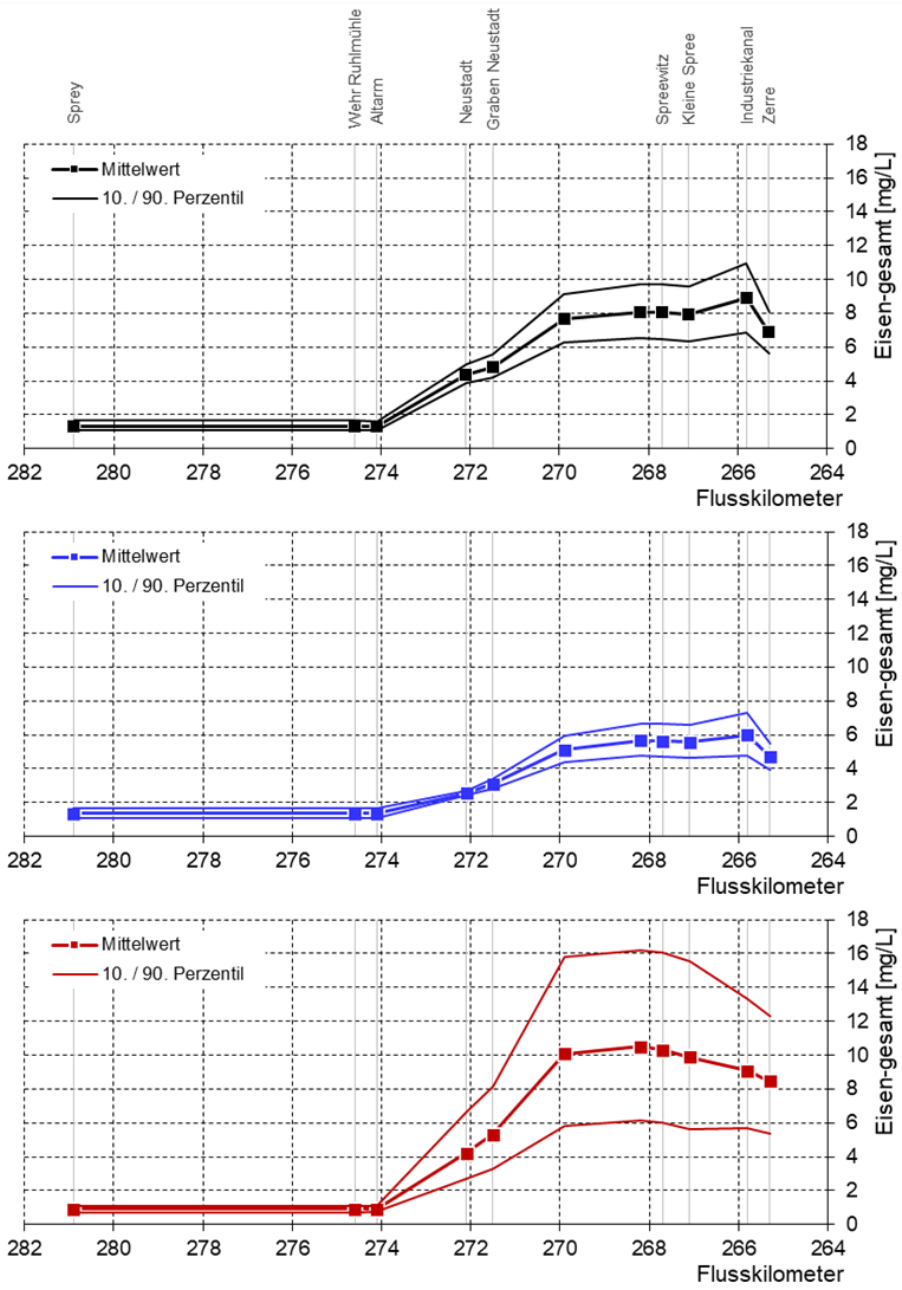
Tabelle 42: Statistische Kennwerte der Eisenkonzentration in der Spree am Profil Zerre für die Szenarien A, B und C

Angaben in mg/L, Erläuterungen siehe Text

Statistischer Kennwert	Ausgangszustand ohne Maßnahmen (Szenarium A)	Zustand mit aktuellen LMBV-Maßnahmen (Szenarium B)	Kohleausstieg mit aktuellen LMBV-Maßnahmen (Szenarium C)
10. Perzentil	5,6	4,0	5,4
Mittelwert	6,9	4,7	8,4
90. Perzentil	8,1	5,5	12,3

Abbildung 82: Längsprofile der Eisenkonzentration in der Spree zwischen Sprey und Zerre als 10. Perzentil, Mittelwert und 90. Perzentil für die Szenarien A (oben), B (Mitte) und C (unten) im Vergleich

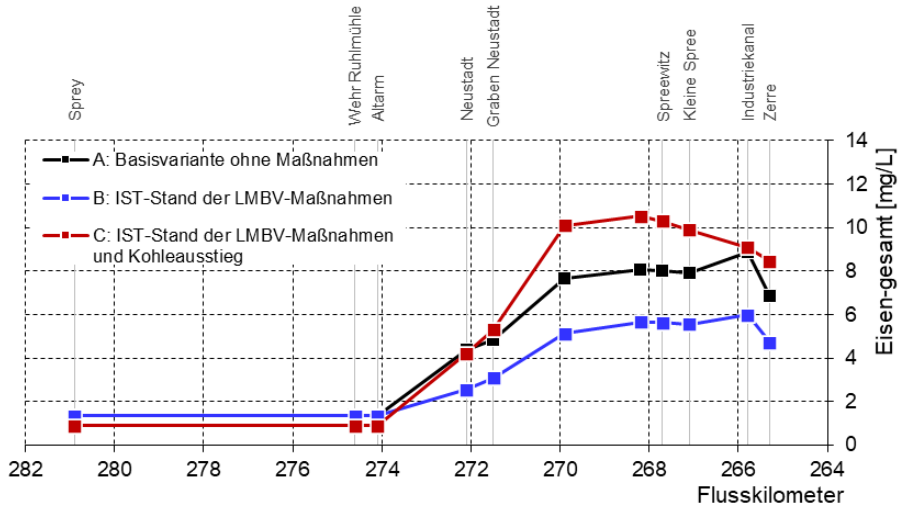
Erläuterungen siehe Text, Lage der Bilanzprofile siehe Abbildung 78



Bildquelle: nach IWB (2017)

Abbildung 83: Längsprofile der mittleren Eisenkonzentration in der Spree zwischen Sprey und Zerre für die Szenarien A (schwarz), B (blau) und C (rot) im Vergleich

Erläuterungen siehe Text, Lage der Bilanzprofile siehe Abbildung 78



Bildquelle: nach IWB (2017)

Die Prognosen der Eisenkonzentration in der Spree infolge des diffusen Stoffeintrags zeigen die Dringlichkeit der Umsetzung des gesamten von der LMBV geplanten Maßnahmenkomplexes noch bevor der Kohleausstieg zu einer substantiellen Verringerung des Durchflusses in der Spree führt.

8.5 Fazit

Bei den Folgen der Pyritverwitterung handelt es sich um eine Beschaffenheitsveränderung des Grundwassers, die nicht mit einer Kontamination des Grundwassers durch einen Stoffeintrag von außen gleichzusetzen ist.

Das infolge der Grundwasserabsenkung und der Sedimentumschichtung im Tagebau durch Pyritverwitterung generierte Grundwasser hat ein typisches hydrochemisches Muster, das vor allem erhöhte Konzentrationen von Sulfat, Kohlensäure, Calcium, Magnesium, Eisen, Mangan und Ammonium enthält. Bei entsprechend hohen Eisenkonzentrationen ist dieses Grundwasser zudem versauerungsdisponiert. Typisch sind außerdem erhöhte Konzentrationen der Spurenmetalle Arsen, Kobalt, Nickel und Zink.

Für die flächendeckende Stoffbelastung des Grundwassers gibt es keine technisch verhältnismäßigen Behandlungsmöglichkeiten. Die Stoffbelastung wird sich in Zeiträumen von 100 und mehr Jahren durch natürliche Auswaschung verringern. Das Erreichen nachbergbaulich stofflich stabiler Verhältnisse dauert deutlich länger als der Ausgleich des Wasserhaushaltes. Bestehende und künftige Grundwassernutzungen, z. B. zur Trinkwassergewinnung, müssen ggf. substituiert oder objektkonkret geschützt werden.

Das ansteigende Grundwasser tritt in Bergbaufolgeseen und Fließgewässer ein und kann hier zur Versauerung und Verockerung führen.

Die Versauerung von Bergbaufolgeseen lässt sich durch zügige Flutung und Einbindung in die Fließgewässerbewirtschaftung überwinden. Diese Gewässergütebewirtschaftung steht in Konkurrenz zum derzeit praktizierten Vorrang der Wassermengenbewirtschaftung. Alternativ stehen ausgereifte Techniken der chemischen Inlake-Wasserbehandlung zur Verfügung.

Die Spree und die Schwarze Elster sind abschnittsweise durch Sulfat aus Punkteinleitungen des Bergbaus und durch Eisen infolge diffuser Stoffeinträge aus dem Grundwasser belastetet. Beide Belastungsmuster sind weder räumlich noch kausal identisch. Die derzeit erhöhte Sulfatbelastung der Spree wird sich durch den Wegfall des Sümpfungswassers künftig deutlich rückläufig entwickeln und unkritische Werte annehmen. Die Eisenbelastung aus diffusen Quellen wird mit dem Grundwasserwiederanstieg und den rückläufigen Durchflüssen jedoch zunehmen.

Die aktuelle Zeitplanung der LMBV zur Umsetzung der Maßnahmen zur Eisenabwehr kollidiert mit den ambitionierten Zielen des Kohleausstiegs. Deshalb ist eine Beschleunigung der Umsetzung der von der LMBV geplanten Maßnahmen zur Eisenabwehr notwendig. Des Weiteren sind zur vorausschauenden Planung von Abwehrmaßnahmen gegen künftige Stoffbelastungen der Fließgewässer aus den Gebieten des derzeit aktiven Bergbaus entsprechende Anpassungen der Wasserrechte erforderlich.

Fazit

Das Grundwasser ist durch die langanhaltende Grundwasserabsenkung, die Pyritverwitterung infolge der Belüftung des Gebirges sowohl in den Kippen als auch in weiten Bereichen des Grundwasserabsenkungstrichters insbesondere mit **Sulfat, Eisen** und einer **Versauerungsdisposition** in einem Maße beladen, die seine Nutzung als Trinkwasser auf lange Zeit ausschließt.

Im Zuge des Grundwasserwiederanstiegs werden die Stoffe in die neu entstehenden Bergbaufolgeseen und in die Fließgewässer eingetragen, was hier zur **Versauerung** und **Verockerung** führt. Als Vorreiterin in der Braunkohlesanierung hat die LMBV ein Knowhow akkumuliert und Technologien entwickelt, um diese Prozesse zu beherrschen. Der Gewinnungsbergbau kann beim bevorstehenden Kohleausstieg daran partizipieren.

Auf die Beschaffenheit der **Fließgewässer** hat der Kohleausstieg ambivalente Wirkungen. Die Belastung der Fließgewässer mit Sulfat wird sich marginalisieren. Die Bedeutung **diffuser Stoffeinträge** für die Fließgewässer wird dagegen zunehmen. Die Maßnahmen der LMBV zur Abwehr der Eisenbelastung sind stringent umzusetzen. Die Abschlussbetriebsplanung der LEAG müssen ihrerseits vergleichbare Maßnahmen vorsehen.

9 Leitbildentwürfe und Eckpfeiler der Zukunft für die Lausitz

9.1 Zielstellung und Methodik

In diesem Kapitel werden die regionalen und überregionalen wasserwirtschaftlichen, sozio-ökonomischen und ökologischen Zielfunktionen des Transformationsprozesses Braunkohlen-ausstieg in der Lausitz betrachtet. Es werden die verschiedenen regionalen und überregionalen Leitbildentwürfe mit den wesentlichen wasserwirtschaftlichen Eckpfeilern für die ökonomische und ökologische Entwicklung nach dem Braunkohleausstieg dargestellt. Folgende Kriterien sind dabei zu berücksichtigen:

- Mengen- und Volumengerüste des Bergbaus, unterteilt nach aktivem und Sanierungs-bergbau, mit wasserwirtschaftlicher Relevanz.
- Aktuell geltende bundes- und landeshoheitliche Bewirtschaftungs- und Vorrangregeln zur Wasserbewirtschaftung auf künftige Anwendbarkeit mit besonderem Blick auf Vereinbarkeit mit relevanten europarechtlichen Vorgaben, insbesondere der EG-WRRL.
- Bewertung des Einflusses von relevanten Parametern für den guten ökologischen, chemischen und mengenmäßigen Gewässerzustand auf die künftige Gewässerbewirt-schaftung unter bilanziellen, gesundheitlichen, ökologischen und wirtschaftlichen Aspekten.
- Bewertung naturräumlicher und ökologischer Entwicklungen und Erstellung eines Anforderungsprofils für die „Ökosystemleistung Lausitz“.
- Prognose zur Sicherung der Mindestabflüsse im Biosphärenreservat Spreewald zum Erhalt/Schutz der ökologischen Vielfalt, des Tourismus und der Landwirtschaft.
- Anforderungen an den Hochwasserschutz und dessen Risikomanagement.
- Gewährleistung raumordnerischer Verpflichtungen sowie regionaler und überregionaler Entwicklungsziele insbesondere des Tourismus.
- Prognose zur mittel- und langfristigen Sicherung der Wasserversorgung in der Metropol-region Berlin/Brandenburg und in der Lausitz über die Spree hinsichtlich Menge und Beschaffenheit.

Die Leitbildentwürfe und Eckpfeiler zur Zukunft der Lausitz basieren auf den zur Verfügung gestellten Daten aus der Abfrage von 61 Stakeholdern aus den Bereichen Wasserwirtschaft, Bergbau, Naturschutz, Verwaltung, Wirtschaft, Tourismus, Siedlungswasserwirtschaft, Gewässerunterhaltung, Tourismus und Entwicklung. Dabei wurden insgesamt 154 Dokumente ausgewertet und durch eigene Recherchen zu nicht enthaltenen bzw. nur wenig betrachteten Themen ergänzt. Auf der Grundlage der gewonnen Erkenntnisse wurden für die folgenden Sektoren die Leitbildentwürfe und Zielvorstellungen erarbeitet:

- Gewässerbewirtschaftung,
- Wasserversorgung der Metropolregion Berlin/Brandenburg,
- Hochwasserschutz,
- Raumordnung,

- Blaue Infrastruktur,
- Industrie,
- Tourismus,
- Landwirtschaft,
- Fischerei,
- Schifffahrt und
- Ökologische Anforderungen.

Bei der Ausarbeitung der Leitbildentwürfe und Eckpfeiler handelt es sich nicht um eine Leitbildentwicklung für die Lausitz insgesamt. Vielmehr sollen mithilfe der Leitbildentwürfe und Eckpfeiler wasserwirtschaftliche, ökologische und sozioökonomische Erfordernisse sowie vorhandene und zukünftig erforderliche Wassernutzungen für den künftigen flussgebietsbezogenen Wasserhaushalt in der Lausitz vor dem Hintergrund des Kohleausstiegs und des Klimawandels aufgezeigt werden. Dabei liegt der Fokus der Ausarbeitungen auf wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten, sodass sich für jeden Leitbildentwurf übergeordnete Tendenzen und Ansprüche hinsichtlich Wassermenge und -beschaffenheit ableiten lassen.

9.2 Daseinsvorsorge

9.2.1 Vorrangregeln der Gewässerbewirtschaftung

Die Bewirtschaftung der bergbaulich beeinflussten Flusseinzugsgebiete unterliegt zahlreichen Einflussfaktoren, wie rückläufigen Grubenwassereinleitungen in die Gewässer, Grundwasserwiederanstieg in den bergbaulichen Sanierungsgebieten, erforderliche Mindestabflüsse, Anforderungen an den Wasserbedarf und die Wasserbeschaffenheit, Klimawandel sowie verschiedenen Nutzungsinteressen. Zur optimalen Nutzung des verfügbaren Wasserdargebotes und zum Erreichen der wassergütewirtschaftlichen Ziele wurden Bewirtschaftungsgrundsätze und Vorrangregeln aufgestellt, AG FGB (2020).

Grundsätze für die länderübergreifende Bewirtschaftung der Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße (AG „Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster“)

Die Arbeitsgemeinschaft „Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster“ koordiniert die Bewirtschaftungsstrategie für die Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Neiße durch die Länder Sachsen, Brandenburg, Berlin und Sachsen-Anhalt, die Bergbauunternehmen LMBV und LEAG sowie die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Ziel ist die Wiederherstellung eines nach Menge und Beschaffenheit weitgehend ausgeglichenen Wasserhaushaltes in den bergbaubeeinflussten Flusseinzugsgebieten. Bei der jährlichen Fortschreibung der Bewirtschaftungsgrundsätze werden für eine optimale Nutzung des verfügbaren Wasserdargebotes für die Flutung und Nachsorge der Tagebauseen die Abflüsse in den Fließgewässern, regionale Interessen, Rechte Dritter, wassergütewirtschaftliche Zielstellungen in den Sanierungsplänen sowie die Ziele der EG-WRRL beachtet. Als maßgebliches Planungs- und Entscheidungsinstrument dient das Langfristbewirtschaftungsmodell WBalMo, das auf den in AG FGB (2020) festgelegten Bewirtschaftungsgrundsätzen basiert.

Die Bewirtschaftung erfolgt nach der im ersten Bewirtschaftungsgrundsatz festgelegten Rangfolge (vorbehaltlich begründeter Ausnahmesituationen):

Rang 1: Die Sicherung der Wasserentnahmeanforderungen (mit Ausnahme der Schifffahrt sowie der Flutung und Nachsorge der Tagebauseen) unter Berücksichtigung der

erforderlichen Mindestabflüsse und der Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit.

Rang 2: Die Wiederauffüllung der Stauräume der Talsperren und des Speichers Bärwalde zur Sicherung ihrer Wirksamkeit nach dem Prinzip Oberlieger vor Unterlieger.

Rang 3: Die Speisung der Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals aus dem Spreegebiet.

Rang 4: Die Flutung oder Nachsorge der Bergbaufolgeseen nach dem Prinzip: Nachsorge vor Flutung.

Die Bewirtschaftungsgrundsätze beinhalten Vorgaben für die Speicherbewirtschaftung, die Neißewasserüberleitung (Kapitel 11.3.3), die Flutungsrangfolge und die Sulfatsteuerung. Des Weiteren werden die relevanten Speicherkenngrößen zusammengestellt und die erforderlichen Mindestabflüsse zur Sicherung der mit Wasserrechten belegten wasserwirtschaftlicher Nutzungen (Q_{nutz}) sowie zur Sicherung der Schutz- und Erhaltungsziele der wassergebundenen Flora und Fauna ($Q_{ök}$) definiert (Tabelle 43). Häufig sind $Q_{ök}$ und Q_{nutz} im Abflusswert gleich, können sich jedoch auch geringfügig unterscheiden. Die Unterschiede haben wegen ihrer geringen Größe keinen Einfluss auf die zu treffenden Entscheidungen.

Tabelle 43: Ausgewählte erforderliche Mindestabflüsse nach den Bewirtschaftungsgrundsätzen für die Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße

$Q_{ök}$ … ökologischer Mindestabfluss
Q_{nutz} … Mindestabfluss zur Sicherung von Nutzungen
Q_{min} … Mindestabfluss

Gewässer	$Q_{ök}$	Q_{nutz}	Bilanzprofil	Umfang Q_{min} [m³/s]
Spree	■		uh. Spreewiese	0,10
Kleine Spree	■		Pegel Burgneudorf	0,25
Spree	■		Pegel Bärwalde UP	1,00
Schwarzer Schöps	■		oh. Mündung	0,70
Spree	■		uh. Pumpstation Spreewitz	4,00
Spree	■		Pegel Spremberg	4,00
Spree	■		Pegel Cottbus	5,50
Spree		■	Pegel Leibsch UP	4,50
Spree		■	Pegel Große Tränke UP	8,00
Schwarze Elster	■		Pegel Trado	0,15
Schwarze Elster	■		Pegel Neuwiese	0,35
Schwarze Elster	■		Unterpegel Kleinkoschen	0,70
Schwarze Elster	■		Pegel Biehlen	1,00
Schwarze Elster		■	Pegel Biehlen	1,50
Schwarze Elster	■		Pegel Lauchhammer	1,50
Schwarze Elster		■	Pegel Lauchhammer	2,50
Lausitzer Neiße	■		Pegel Görlitz	4,05
Lausitzer Neiße		■	Steinbach	10,0

Quelle: AG FGB (2020)

Bewirtschaftungserlasse für Eisen und Sulfat (Land Brandenburg)

Die Bewirtschaftungserlasse des Landes Brandenburg für Eisen MLUL & MWE (2019a) und Sulfat MLUL & MWE (2019b) wurden mit dem Ziel der Senkung der bergbaubedingten Stoffeinträge in die Spree und deren Zuflüsse in der Lausitz erlassen. Die darin festgelegten Zielwerte für Eisen und Sulfat sind für das behördliche Handeln verbindlich und bilden damit eine materielle Grundlage für zukünftige wasserbehördliche Entscheidungen in der Lausitz.

Zur Verringerung der Eisenkonzentrationen in den Oberflächenwasserkörpern und zum Erreichen des guten ökologischen Zustandes/Potenzials wurden gewässertypspezifische Orientierungswerte von 0,7 bzw. 1,8 mg/L festgelegt. Hinsichtlich der Sulfatkonzentration wurde ein Immissionsrichtwert von 280 mg/L am Pegel Neubrück definiert, um die öffentliche Trinkwasserversorgung zu sichern. Dieser Wert muss in 90 % der Fälle eingehalten werden.

Landesniedrigwasserkonzept Brandenburg

Das Landesniedrigwasserkonzept des Landes Brandenburg LfU (2021b) dient der Vorsorge vor künftigen Niedrigwasserereignissen und dem Management von extremen Niedrigwassersituationen. Die darin enthaltenen Maßnahmen haben zum Ziel, die Resilienz der Gewässer und der Landschaft gegenüber Niederschlagsdefiziten zu erhöhen, bestehende und künftige Nutzungen auf mögliche Niedrigwassersituationen auszurichten und damit die Auswirkungen von langanhaltenden Trockenwetterperioden zu mindern.

Das Konzept dient der Unterstützung der Wasserbehörden und aller wasserwirtschaftlichen Akteure für ihr wasserwirtschaftliches Handeln in den Flussgebieten. Zudem soll eine Sensibilisierung und Akzeptanzsteigerung der Öffentlichkeit und aller Wasser- und Landnutzer für mögliche Niedrigwassersituationen, knappe Wasserressourcen und notwendige entgegenwirkende Maßnahmen erreicht werden. Dazu werden die Maßnahmen des Landesniedrigwasserkonzepts als Niedrigwassermanagementplan weitergeführt und umgesetzt, MULK (2021). Zu den Maßnahmen des Niedrigwasserkonzeptes im Bereich der Mittleren Spree zählen u. a. die Verringerung von Ausleitmengen, die Veränderung der Wasserverteilung im Spreewald, Einschränkungen bzw. Schließung von Schleusen und Fischaufstiegsanlagen sowie die Einschränkung des Eigentümer- und Anliegergebrauchs durch Allgemeinverfügungen, LfU (2021b).

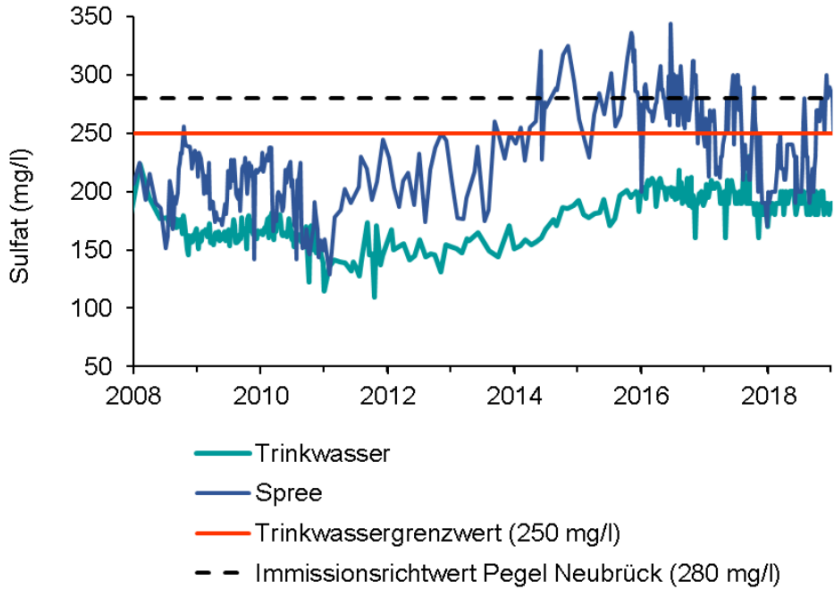
9.2.2 Wasserversorgung Metropolregion Berlin/Brandenburg

Die Trinkwassergewinnung in der Metropolregion Berlin erfolgt aus dem Grundwasser, wovon ca. 70 % durch Uferfiltrat und Grundwasseranreicherung aus der Spree, Dahme und Havel gewonnen werden. Die gesamte Rohwasserförderung belief sich im Jahr 2020 auf 234 Mio. m^3/a. Im Zuge des erwarteten Bevölkerungszuwachses wird der Wasserbedarf für die Trinkwasseraufbereitung in Berlin steigen. Für das Jahr 2050 wird ein Anstieg der Rohwasserförderung von 234 Mio. m^3/a (2020) auf 270 Mio. m^3/a und damit um 15 % prognostiziert, SenUVK (2021a).

Zur Einhaltung des Grenzwertes der Sulfatkonzentration von 250 mg/L im Trinkwasser aus dem Wasserwerk Friedrichshagen ist es notwendig, die Sulfatkonzentration in den südöstlichen Zuflüssen zum Müggelsee mit der Funktion eines Vorwarnsystems (Immissionsrichtwerte) ständig zu überwachen. Da aktuell keine wirtschaftlich vertretbaren Aufbereitungstechnologien zur Verringerung der Sulfatkonzentration aus dem Rohwasser vorhanden sind, MWE (2020), ist ein Mindestzufluss am Pegel Große Tränke zu sichern (vgl. Tabelle 43). Den größten Einfluss auf die Sulfatkonzentration des Rohwassers hat die Spree. Am Immissionspegel Neubrück gilt für die Sulfatkonzentration derzeit ein Richtwert von 280 mg/L, nach dem die Flussgebietsbewirtschaftung aktuell gesteuert wird, MLUL & MWE (2019a). Dennoch wurde dieser Richtwert in den letzten Jahren häufig überschritten (Abbildung 84). Erhöhte Sulfatkonzentrationen in der Spree erhöhen die Sulfatkonzentration im geförderten Uferfiltrat. Das Wasserwerk Briesen zur

Versorgung der Stadt Frankfurt (Oder) gewährleistet in solchen Fällen die Einhaltung des Trinkwassergrenzwertes durch eine stärkere Verdünnung mit unbelastetem Grundwasser. Die Fördermenge dieses unbelasteten Grundwassers ist jedoch begrenzt, weshalb ein weiterer Anstieg zu vermeiden ist. Eine erhöhte Sulfatkonzentration im Trinkwasser ist gesundheitlich unbedenklich, führt jedoch zu Korrosions- und Geruchsproblemen im Abwasser, MWE (2020).

Abbildung 84: Entwicklung der Sulfatkonzentration in der Spree und im Trinkwasser des Wasserwerkes Briesen



Bildquelle: MWE (2020)

Die maßgebliche Quelle der Sulfatbelastung der Spree am Pegel Leibsch sind mit etwa 54 % der Fracht die Einleitungen gereinigter Sümpfungswässer aus den Grubenwasserbehandlungsanlagen der LEAG (Kapitel 8.4.3.2). Im Zuge des Kohleausstiegs werden sich die Einleitungen von Sümpfungswasser des Bergbaus und damit auch der Sulfateintrag deutlich verringern und an Bedeutung verlieren (Kapitel 8.4.4).

Um die Trinkwasserversorgung, den Gewässerschutz und eine angepasste Abwasserentsorgung der Metropolregion Berlin auch in der Zukunft zu sichern, liegt aktuell der Masterplan Wasser Berlin 2050 in einer Entwurfsfassung vor. Als mittel- und langfristige Strategie soll dieser die Grundlage für Konzepte und Planungen von Anpassungsmaßnahmen darstellen. Dafür werden potenzielle Veränderungen von wasserwirtschaftlichen Randbedingungen (Klimawandel, Folgen des Braunkohleausstieges, Bevölkerungsentwicklung, Trinkwasserbedarf) analysiert und mithilfe von Risikobetrachtungen bewertet. Der bereits im Juni 2021 veröffentlichte Zwischenbericht enthält Maßnahmen und Handlungsoptionen zum Erreichen dieser Ziele, wie zum Beispiel die Sicherung von Mindestabflüssen, eine länderübergreifende Bewirtschaftung, Entsiegelungen von Flächen, die Erweiterung und Aufrüstung von Kläranlagen, eine dezentrale Regenwasserbewirtschaftung, die Sicherung der Wasserschutzgebiete, Altlastensanierungen und die Errichtung bzw. Wiederinbetriebnahme von Wasserwerksstandorten, SenUVK (2021a).

9.2.3 Hochwasserschutz

Die maßgebliche rechtliche Grundlage des Hochwasserschutzes in Deutschland ist die EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRMR). Diese dient der Verringerung von nachteiligen Folgen von Hochwasser sowie zur Schaffung eines Hochwasserrisikobewusstseins und stellt

einen übergeordneten Teil der Flussgebietsbewirtschaftung dar, der auf alle Gewässer in Europa anzuwenden ist. Die Umsetzung der Ziele erfolgt durch Hochwasserrisikomanagementpläne für jedes Flussgebiet. Von diesen gehen keine gesonderten Anforderungen an die Wassermenge und an die Wasserbeschaffenheit aus.

Darüber hinaus wird der Hochwasserschutz in die Konzeption der Maßnahmen für die nachbergbauliche Gestaltung der Gewässer integriert. Einige der bestehenden sowie der geplanten Bergbaufolgeseen werden als Speicher u. a. zur Retention von Hochwasserabflüssen genutzt. Weitere Funktionen der Speicher stellen die Niedrigwasseraufhöhung und die Sulfatregulierung dar. Beispiele dafür sind das Speicherbecken Lohsa II und der Bärwalder See.

9.2.4 Raumordnung

Der Begriff Raumordnung wird als zusammenfassende, übergeordnete räumliche Entwicklungsplanung der öffentlichen Hand (Landesplanung der Länder, Regionalplanung der Landkreise, Bauleitplanung der Gemeinden) definiert. Die zentrale Aufgabe der Raumordnung besteht darin, Regionen sowohl wirtschaftlich, kulturell als auch sozial zu entwickeln und gesunde Lebens- und Arbeitsbedingungen für die Bevölkerung herzustellen und zu erhalten, KM (2021).

Im Strukturstärkungsgesetz wurden die gesetzlichen Grundlagen zur strukturwandelbasierten raumordnerischen Planung festgeschrieben, InvKG (2020). So beschreibt die Entwicklungsstrategie Lausitz 2050 die Vision des Lausitzer Reviers im Ergebnis des Strukturstärkungsprozesses u. a. als europäische Modellregion für eine nachhaltige Strukturstärkung und als eine moderne und nachhaltige Energieregion, BB (2020) und WRL (2020). Zur Umsetzung dieser Vision werden Prioritätsbereiche festgelegt, wie:

1. die Stärkung und Entwicklung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen,
2. die Entwicklung der Marke „Lausitz“ und
3. die Stärkung und Entwicklung von Lebensqualität.

Die Nachhaltigkeitsstrategie für das Land Brandenburg definiert 16 Handlungsfelder, in denen die fünf Leitlinien „Zukunftsfähige Arbeit in einer nachhaltigen Wirtschaftsregion“, „Lebenswerte Dörfer und Städte“, „Modellregion für Energiewende und Klimaanpassung“, „Zukunftsfähige Finanzpolitik“ sowie „Bildung und nachhaltige Entwicklung“ umgesetzt werden sollen, MUGV (2014). Wasser in ausreichender Menge und Beschaffenheit ist ein wesentlicher Standortfaktor und unverzichtbare Voraussetzung für einen erfolgreichen Strukturwandel.

9.2.5 Blaue Infrastruktur

Als Voraussetzungen für das langfristige Ziel eines sich weitgehend selbst regulierenden Wasserhaushaltes in den vom Braunkohlenbergbau betroffenen Flusseinzugsgebieten wurde auf der 11. Umweltministerkonferenz der neuen Länder UMK (1994) ein sparsamer Umgang mit den Wasserressourcen und die Beschränkung der Grundwasserentnahme auf das erforderliche Mindestmaß definiert. Auch die länderübergreifenden Bewirtschaftungsgrundsätze für die Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße basieren auf dieser übergeordneten Zielstellung, AG FGB (2020). Auf Rang 1 der Grundsätze für die Bewirtschaftung des natürlichen Wasserdargebotes ist die Sicherung der Wasserentnahmeanforderungen unter Berücksichtigung der erforderlichen Mindestabflüsse und den Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit gelistet (Kapitel 9.2.1).

Entsprechend dem Leitbildprozess des Umweltministeriums des Landes Brandenburg RAE (2015) soll für alle Bewohner Brandenburgs in allen Landesteilen eine sichere, qualitativ einwandfreie Trinkwasserversorgung und Abwasserbeseitigung mit allen notwendigen Dienstleistungen dauerhaft und bezahlbar sichergestellt werden. Hierbei hat der vorbeugende

Grundwasserschutz unbedingten Vorrang gegenüber der Option der kostenintensiven, technischen Rohwasseraufbereitung. Dem Schutz dieser natürlichen Ressource ist aus ökologischer und wasserwirtschaftlicher Sicht höchste Priorität beizumessen.

Im Juni 2021 wurde der Entwurf der Nationalen Wasserstrategie des BMUV veröffentlicht, welche die Herausforderungen der Wasserwirtschaft in Deutschland bis zum Jahr 2050 in zehn strategischen Themen betrachtet, BMU (2021). Mithilfe der Strategie sollen die natürlichen Wasserreserven Deutschlands gesichert, Vorsorge gegen Wasserknappheit geleistet, Nutzungskonflikten vorgebeugt, der Zustand der Gewässer und die Wasserqualität verbessert, die Abwasserentsorgung optimiert sowie die Wasserwirtschaft an die Folgen des Klimawandels und der demografischen Veränderungen angepasst werden. Dazu wurden in einem Aktionsprogramm konkrete Maßnahmen vorgeschlagen, die in den nächsten Jahren schrittweise umgesetzt werden sollen, BMU (2021).

Die „Entwicklungsstrategie Lausitz 2050“ WRL (2020) hält in der Rubrik Gesellschaftliche Daseinsfürsorge folgende Ziele fest:

- Wasserwerke werden effizient genutzt,
- die Trinkwasserversorgung ist sichergestellt und erfolgt effizient sowie
- die Bevölkerung ist dafür sensibilisiert, dass Wasser ein Schutzgut ist und nicht unbegrenzt zur Verfügung steht.

Als elementare Voraussetzung für Leben, Wohnen, Arbeiten und Wirtschaft ist die Trinkwasserversorgung und geordnete Abwasserentsorgung ein grundlegender Bestandteil der öffentlichen Daseinsvorsorge. Dabei wird die Siedlungswasserwirtschaft in Brandenburg in den kommenden Jahren bereits aufgrund der Folgen des demografischen Wandels unter erheblichen Anpassungsdruck geraten. Während im Umfeld der Hauptstadt die Bevölkerung bis zum Jahr 2030 wachsen wird (Kapitel 9.2.2), gehen die Prognosen in den ländlichen Bereichen größtenteils von einer Bevölkerungsabnahme um 10 % bis 20 % aus, LBV (2021). In den südlichen und nördlichen Landkreisen Brandenburgs ist dagegen mit einem Rückgang der Nutzer der Ver- und Entsorgungswirtschaft zu rechnen, wodurch sich auch der Schmutzwasseranfall und die Kläranlagenauslastung verringern wird, MUGV (2013) und RAE (2015). Die Siedlungswasserwirtschaft lässt sich aufgrund der Immobilität der Technik und langer Abschreibungszeiträume nur mittelfristig an die demografische Entwicklung anpassen, RAE (2015).

In der Spree werden sich durch den Rückgang der Sümpfungswassereinleitungen geringere Abflüsse einstellen (Kapitel 7.4). Dadurch fehlt insbesondere in Niedrigwassersituationen Wasser, um die Einleitungen aus Kläranlagen ausreichend zu verdünnen. Dies kann zu höheren Nähr- und Zehrstoffkonzentrationen sowie zu einer erhöhten Keimbelastung in der Spree führen (Kapitel 8.4.4).

9.3 Wirtschaft

9.3.1 Industrie

Seit Jahrzehnten ist die Industrie der Lausitz durch spezialisierte regionale Wertschöpfungsketten gekennzeichnet, die stark von der Kohle- und Energiewirtschaft geprägt sind. Etwa 30 % der regionalen Wertschöpfung der brandenburgischen und sächsischen Lausitz stammen aus industriellen Wirtschaftszweigen, BB (2020). Neben den Kraftwerksstandorten Boxberg, Schwarze Pumpe und Jänschwalde der LEAG, dem Chemieunternehmen BASF am Standort Schwarzheide und dem Bahnwerk Cottbus zählt weiterhin der Industriepark Schwarze Pumpe (ISP) zu den Industriezentren der Lausitz, BB (2020). Insbesondere der Industriepark Schwarze

Pumpe als ehemaliger Kohleveredelungsstandort entwickelte sich in den letzten Jahren zu einem multifunktionalen Industriestandort, der im Rahmen des Strukturwandels weiterhin eine maßgebliche Rolle als industrieller Knotenpunkt spielen soll. Im Industriepark Schwarze Pumpe haben sich gegenwärtig 120 Unternehmen mit ca. 5.000 Mitarbeitern angesiedelt, ASG (2019).

Die ansässigen Unternehmen sind u. a. die Papierfabrik Hamburger Rieger GmbH & Co. KG mit zwei Papiermaschinen PM1 und PM2, der Batteriespeicher „BigBattery Lausitz“ der LEAG, die Kohleveredlung der LEAG (Brikettfabrik Schwarze Pumpe), die KREBA-Fisch GmbH, das Sekundärrohstoff-Verwertungszentrum Schwarze Pumpe, die Versuchsanlage Druckaufgeladene Dampf-Wirbelschicht-Trocknung (DDWT) sowie das Wellpappenwerk Mosburger-Corrugated.

Nach Aussagen des Betriebsführers des Industrieparks (ASG) wird seit Anfang 2023 die Trinkwasserversorgung des ISP durch den Wasserzweckverband SWAZ und einer Besicherungsmöglichkeit vom WAL Senftenberg gesichert. Derzeit liegt der Trinkwasserbedarf des gesamten Standortes bei jährlich 110.000 m^3. Dieser wird sich Prognosen zufolge auf maximal 120.000 m^3 pro Jahr erhöhen. Mit dem Kohleausstieg ist mit der Einstellung der Brauchwasserversorgung (Sümpfungswasser) durch die LEAG zu rechnen. Hierbei ist eine Versorgungsdifferenz von ca. 50.000 m^3 pro Jahr auszugleichen. Die ASG arbeitet derzeit an Kompensationsmöglichkeiten. Bisher bekannte Ansiedlungspläne weiterer Firmen am Standort Schwarze Pumpe, wie z. B. RefLau, Altech, Mura, UMA AG oder Greencreate werden von der ASG als nicht intensiv in ihrem Wasserverbrauch eingeschätzt, Peine (2021).

Ein weiterer Industriestandort ist das Chemieunternehmen BASF in Schwarzheide im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster. Der Standort wird aus eigenen Grundwasserfassungen mit Wasser versorgt. Nach Aussagen der Geschäftsführung ist eine Erweiterung des Standortes geplant, die eine Steigerung des Wasserbedarfes um ca. 40 % erwarten lässt, Gicon (2019).

Neben der Unterstützung und Erweiterung bestehender Industrien beschreiben die Leitlinien des Lausitzprogramms 2050 die Ansiedelung neuer Industrien in der Lausitz. Ein wesentlicher Komplex stellt die Förderung der Wasserstofftechnologie dar. Im Rahmen einer Potenzialstudie Brandenburg werden Maßnahmen und Projektvorschläge, wie zum Beispiel der Ideenwettbewerb „Reallabore der Energiewende“, das Leitprojekt „Speicherkombiniertes Erneuerbare-Energien-Kraftwerk Thyrow“ oder die Erprobung von Wasserstoffbussen im ÖPNV der Stadt Potsdam beschrieben. Diese Projekte sollen als Initial für die langfristige Etablierung der Wasserstoffindustrie in Brandenburg dienen, DWBV (2019).

In der Wasserstoffstrategie des Landes Brandenburg werden die Handlungsfelder zur Entwicklung einer regionalen Wasserstoffwirtschaft bezüglich Potentialen und Herausforderungen konkretisiert und notwendige Maßnahmen abgeleitet, MWAE (2021). Im Handlungsfeld Klimaschutz wird auf den Wasserhaushalt eingegangen. Dabei wird hervorgehoben, dass die Wasserverfügbarkeit sowie die regionenspezifischen Klimarisiken bei der Planung von heimischen Erzeugungskapazitäten zu berücksichtigen sind.

Es ist davon auszugehen, dass das präferierte Verfahren zur Wasserstoffproduktion die Elektrolyse ist. Der stöchiometrische Wasserbedarf liegt bei 9 Liter Wasser zur Herstellung von 1 kg H_2. Je nach Salzgehalt des Rohwassers steigen die angegebenen Mengen bis auf 22,5 Liter Wasser, Gillung (2021). Ein Wert von 15 Liter Wasser je 1kg Wasserstoff ist als Ausgangswert für Bilanzierungszwecke plausibel. Der Energiegehalt von 1 kg Wasserstoff liegt bei 33 kWh, DIHK (2020). Um die Stromproduktion beispielsweise aus dem Jahr 2020 in den drei Lausitzer Kraftwerken Boxberg, Schwarze Pumpe und Jänschwalde von 35,7 TWh durch Wasserstoff zu ersetzen, sind 1,07 Mio. t Wasserstoff erforderlich. Daraus ergibt sich ein Wasserbedarf von rund 15 Mio. m^3 Wasser bzw. ca. 0,5 m^3/s. Nicht berücksichtigt ist hierbei der Kühlwasserbedarf bei einer anteiligen Rückverstromung des Wasserstoffs durch Verbrennung.

9.3.2 Tourismus

Die landschaftliche und biologische Vielfalt ist Grundlage für den auf Naturnähe, landschaftlicher Abwechslung und Outdoor-Erlebnissen basierenden Tourismus in der Lausitz. Das touristische Angebot erstreckt sich von Sport- und Kulturveranstaltungen, Erholungsfunktionen, Naturschutz bis hin zum Ökotourismus. Der Tourismus nimmt somit eine zentrale Rolle in der wirtschaftlichen Entwicklung der Lausitz ein und ist in besonderem Maße auf die natürlichen Ressourcen Landschaft, Natur und Wasser als Erlebnisfaktoren angewiesen. Vor dem Hintergrund steigender Tendenzen zu nachhaltigem, umweltbewusstem und ressourcensparendem Tourismus spiegelt sich die Bedeutung der Natur in den Tourismuskonzepten der Region wider. Angestrebt wird ein hochwertiger, sich an den Belangen des Naturschutzes und den Nutzeransprüchen orientierender Tourismus im Sinne einer ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit, um den Konflikt zwischen Tourismus und Biotopschutz zu bewältigen.

Ein touristisches Aushängeschild der Region stellt der Gewässerreichtum mit Seen- und Flusslandschaften, Fließen, Kanälen und Teichgebieten dar. Zu den Schwerpunkten zählen u. a. das Lausitzer Seenland und der Spreewald (Kapitel 4.1). Das Lausitzer Seenland umfasst mehr als 20 Seen, die durch die Flutung von stillgelegten Braunkohletagebauen entstanden sind bzw. noch geflutet werden. Dadurch wird bis zum Ende der 2020er Jahre Europas größte künstliche Wasserlandschaft entstehen. Der Spreewald bietet mit ca. 1.000 km natürlicher und künstlich angelegter Fließe und Kanäle eine einzigartige Fluss- und Kulturlandschaft im Süden Brandenburgs. Das Gebiet unterliegt dem großflächigen Schutz als UNESCO-Biosphärenreservat.

9.3.3 Landwirtschaft

Die klimatischen und pedologischen Randbedingungen in der Lausitz ermöglichen nur ein geringeres wirtschaftliches Potential für die landwirtschaftliche Nutzung, Dornier (1993). Die Lausitz gehört zu den trockensten Regionen in Deutschland. Brandenburg ist mit einer Jahresniederschlagssumme von unter 600 mm nach Sachsen-Anhalt das niederschlagsärmste Bundesland. Zugleich ist das Wasserspeichervermögen der in der Lausitz vorherrschenden Sandböden sehr gering. Hinzu kommt, dass durch die bergbaubedingte Grundwasserabsenkung das Wasserdargebot für die Pflanzen zusätzlich verringert ist. Hinzu kommen weiterhin die hydrometeorologischen Auswirkungen des Klimawandels.

Nach AfS-B/BB (2012) wurde im Jahr 2009 im brandenburgischen Einzugsgebiet der Spree eine Fläche von rund 3.960 ha (entspricht rund 0,05 % des brandenburgischen Spreegebiets) mit rund 2,9 Mio. m^3 Wasser bedarfsabhängig beregnet. Zwischen 2009 und 2015 hat sich die beregnete landwirtschaftlichen Nutzfläche im Land Brandenburg um rund 17 % erhöht, Troegel & Schulz (2018). Bei einer Umfrage der TU Dresden nach den Trockensommern 2018 und 2019 gaben die befragten Landwirte in Summe ein zusätzliches Bewässerungspotential auf ca. 20.000 ha bei einem Gesamtwasserbedarf von ca. 23 Mio. m^3 an, Kalwa et al. (2021). Verallgemeinert auf die gesamte Landwirtschaft in den neuen Bundesländern ergibt dies eine zusätzliche Bewässerungsfläche von ca. 850.000 ha mit einer Wassermenge von ca. 880 Mio. m^3, was eine Zunahme der Bewässerungsfläche und der erforderlichen Wassermenge auf das ca. Elffache des derzeitigen Wertes bedeuten würde. Die durchschnittliche Bewässerungshöhe würde in diesem Fall ca. 104 mm entsprechen. Dementsprechend ist zukünftig von einem deutlich erhöhten Wasserbedarf in der Landwirtschaft auszugehen.

9.3.4 Fisch- und Teichwirtschaft

Die Fischerei und Teichwirtschaft in der Lausitz besitzt eine fast 800 Jahre alte Tradition mit landschaftsprägenden und bis heute von Klein- und Familienunternehmen bewirtschafteten

Teichen. Den Schwerpunkt der Aquakultur in der Lausitz stellt die Karpfenteichwirtschaft dar, die eine Vielzahl an Vorteilen für die Region und Landschaft mit sich bringt.

Die Karpfenteichwirtschaft umfasst eine großflächig unter Naturschutz gestellte Kulturlandschaft, bestehend aus landschaftsprägenden Teichen und Seen mit hoher Artenvielfalt. Auf Grund ihrer Bedeutung für den Arten- und Biotopschutz sind viele Teiche als FFH-Lebensraumtypen eingestuft und daher aus gesamteuropäischer Sicht besonders erhaltenswert. Des Weiteren spielen sie eine große Rolle für die Regulierung des Wasserhaushalts. Sie dienen als Wasserspeicher, beeinflussen den Abfluss und die Grundwasserneubildung in der Region und verbessern das lokale Mikroklima. Darüber hinaus hat die Teichlandschaft eine überregionale Bedeutung für die Erholung und den Tourismus und ist ein wichtiger Arbeitgeber in der Region, Füllner et al. (2020).

Vor dem Hintergrund des zukünftigen Rückgangs des Wasserdargebots wurde von Füllner et al. (2020) ein Leitbild für eine zukunftsfähige Aquakultur und Fischerei in der Lausitz entworfen. Darin wird das übergeordnete Ziel formuliert, die Lausitz zu einer deutschlandweiten Schwerpunktregion für innovative Aquakultur und nachhaltige Fischerei zu entwickeln. Für den Erhalt der Kultur- und Erholungslandschaft und ihre Bedeutung für den Biotop- und Artenschutz soll die Aquakultur in Karpfenteichen durch qualifizierte Fachleute gesichert und gefördert werden. Geeignete Bergbaufolgeseen stellen potenzielle Standorte für die Fischereiausübung und für innovative Aquakulturanlagen dar.

Der Erhalt der Teichwirtschaften und ihrer Ökosystemleistungen sowie der Leistungen für Wasserhaushalt, das Stoffmanagement, den Tourismus und die Erholung kann zukünftig nur durch ein ausreichendes Wasserdargebot gewährleistet werden. Die Beibehaltung einer ordnungsgemäßen, auch den Belangen des Naturhaushaltes und des Artenschutzes entsprechenden Nutzung trägt zum Erhalt und zur Weiterentwicklung der Teichlandschaft bei.

9.3.5 Schifffahrt

Zur ganzjährigen Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auf den staugeregelten Fluss- und Kanalstrecken der Spree-Oder-Wasserstraße (SOW) und der Unteren-Havel-Wasserstraße (UHW) dürfen vorgegebene Stauziele nicht unterschritten werden, Waller (2021). Wasserstände unterhalb der Stauziele können zu erheblichen Einschränkungen insbesondere für die Berufsschifffahrt führen (Reduktion der Abladetiefe, ggf. komplette Sperrung von Streckenabschnitten). Die Binnenschifffahrt steht für ressourcenschonenden Transport. Insofern gilt es, die dafür notwendigen Pegelwasserstände in den Binnenschifffahrtsstraßen auch in Niedrigwasserperioden zu sichern.

9.4 Ökologie

9.4.1 Wasserrahmenrichtlinie

Die Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) ist die gesetzliche Grundlage für die Gewässerbewirtschaftung in der Europäischen Union (Kapitel 4.5.2). Für Oberflächenwasserkörper gilt das Erreichen eines guten ökologischen Zustands bzw. Potenzials sowie des guten chemischen Zustands bis zum Jahr 2027. Für Grundwasserkörper ist ein guter mengenmäßiger und guter chemischer Zustand ebenfalls bis zum Jahr 2027 zu erreichen.

Zurzeit gelten die Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme zur Umsetzung der WRRL für den 3. Bewirtschaftungszyklus (2022-2027). Im Rahmen dieser wurde die Zielerreichung an den brandenburgischen Oberflächenwasser- und Grundwasserkörpern der FGG Elbe bis 2033 verlängert. Für die Berliner und für die Sächsischen OWK und GWK sowie für die brandenburgischen OWK und GWK der KFGE Oder gilt weiterhin die Zielerreichung bis 2027.

Für die bergbaubeeinflussten Grundwasserkörper der FGG Elbe in Sachsen und Brandenburg sind Ausnahmen von den Bewirtschaftungszielen nach § 30 bzw. § 31 Abs. 2 WHG vorgesehen.

Von 631 **Fließgewässer-OWK** im Untersuchungsgebiet sind insgesamt 189 Fließgewässer-OWK direkt oder indirekt vom Bergbau beeinflusst (Tabelle 44), IWB & gIR (2020) und gIR (2021). Etwaige Sulfat-, Eisen- und Versauerungsbelastungen dieser Fließgewässer-OWK sind mit hoher Wahrscheinlichkeit bergbaulich bedingt, vgl. Abbildung 68 und Abbildung 74. Nur sieben Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet erreichen im 3. Bewirtschaftungszyklus den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial, LfU (2022) und LfULG (2022).

Tabelle 44: Anzahl der bergbaulich beeinflussten Fließgewässer-OWK in den Einzugsgebieten der Spree, Schwarzen Elster und Lausitzer Neiße

Einzugsgebiet	Anzahl der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsraum	Anzahl der Fließgewässer-OWK mit Bergbaueinfluss
Spree	390	127
Schwarze Elster	191	54
Lausitzer Neiße	50	8
Gesamt	**631**	**189**

Quelle: nach IWB & gIR (2020) und gIR (2021)

Im Untersuchungsraum befinden sich 69 berichtspflichtige Standgewässer nach EG-WRRL. Davon befinden sich neun im Einflussbereich des Bergbaus (Tabelle 45). In vier Standgewässern ist der gute ökologische Zustand erreicht, eines befindet sich in einem mäßigen und eines in einem schlechten Zustand. Für die übrigen drei Standgewässer ist keine Bewertung erfolgt.

Tabelle 45: Durch den Bergbau beeinflusste Standgewässer in den Einzugsgebieten der Spree, Schwarzen Elster und Lausitzer Neiße

Einzugsgebiet	Name	OWK_ID	Ökologischer Zustand
Spree	Badesee Halbendorf	DESN_002	gut
Spree	Talsperre Spremberg	DEBB800015825339	gut
Spree	Speicher Dreiweibern	DESN_048	gut
Spree	Speicher Lohsa I, RL Mortka	DESN_051	keine Bewertung
Spree	Speicher Lohsa I, RL Friedersdorf	DESN_050	keine Bewertung
Spree	Stoßdorfer See	DEBB800015825663	mäßig
Schwarze Elster	Drochower See	DEBB80002538174221	schlecht
Schwarze Elster	Senftenberger See	DEBB800015381723	gut
Schwarze Elster	Speicher Knappenrode	DESN_023	keine Bewertung

Quelle: nach gIR (2021)

Der Wasserhaushalt geht als hydromorphologische Qualitätskomponente in die Bewertung des ökologischen Zustandes ein. Dabei spielen der Abfluss und die Abflussdynamik sowie die Verbindung zu Grundwasserkörpern bei Fließgewässern eine Rolle, OGewV (2016). Veränderungen

der Abflussverhältnisse können somit auch den ökologischen Zustand der OWK beeinflussen. Der Stoffhaushalt geht in Form der flussgebietsspezifischen Schadstoffe und der allgemein physikalisch-chemischen Parameter unterstützend in die Bewertung des Gewässerzustandes ein, OGewV (2016).

Aus den Bewirtschaftungsplänen zum 3. Zyklus geht hervor, dass sieben **Grundwasserkörper** im Untersuchungsgebiet vom Bergbau beeinflusst sind. Davon erreichen nur einer den guten mengenmäßigen Zustand und vier den guten chemischen Zustand.

9.4.2 Natura 2000

Die Errichtung des Schutzgebietsnetzwerkes Natura 2000 durch die Europäische Union stellt den Grundstein für den Schutz gefährdeter wildlebender heimischer Pflanzen- und Tierarten und ihrer natürlichen Lebensräume dar. Dieses umfasst die Gebiete der EG-FFH-RL (1992) (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie) und die Gebiete der EG-SPA-RL (2009) (Richtlinie über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten). Das übergeordnete Ziel dieser Richtlinien ist die Erhaltung oder Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustands für alle Lebensraumtypen und alle Arten von gemeinschaftlichem Interesse, welches mithilfe von konkreten Maßnahmen in Management-, Pflege- und Entwicklungsplänen erreicht werden soll. Des Weiteren besteht für die Natura 2000-Gebiete nach § 33 BNatSchG ein Verschlechterungsverbot, dass die Arten und Lebensräume vor erheblichen Beeinträchtigungen schützen soll.

Entlang der bergbaulich beeinflussten Fließgewässer-OWK im Untersuchungsraum liegen zahlreiche Natura-2000-Schutzgebiete. Von den 318 **FFH-Gebieten** im Untersuchungsraum befinden sich 74 FFH-Gebiete an Fließgewässer-OWK mit direktem oder indirektem Bergbaueinfluss (Tabelle 46). Bei der Bewertung wurden alle Gebiete berücksichtigt, welche sich an den betroffenen Fließgewässer-OWK befinden und Lebensraumtypen oder Arten aufweisen, die empfindlich auf hydrochemische Veränderungen der Fließgewässer reagieren. Weitere bergbauliche Beeinflussungen auf die FFH-Gebiete wie abgesenkte Grundwasserstände, verminderte Durchflüsse oder veränderter Wasserhaushalt wurden dabei nicht betrachtet.

Tabelle 46: Anzahl der FFH-Gebiete an bergbaulich beeinflussten Fließgewässer-OWK im Untersuchungsraum

*) 4 Gebiete sind sowohl dem EZG der Spree als auch dem der EZG der Neiße zuzuordnen

Einzugsgebiet	FFH-Gebiete im Untersuchungsraum	FFH-Gebiete mit Bergbaueinfluss
Spree	201*)	38
Schwarze Elster	97	26
Lausitzer Neiße	24*)	10
Gesamt	**318**	**74**

Quelle: nach IWB & gIR (2020)

Die Ziele der Natura 2000-Gebiete sind auf einen kontinuierlichen Erhalt von Lebensraumtypen und einen konstanten Artenbestand ausgerichtet. In den Erhaltungszielverordnungen für FFH-Gebiete in Brandenburg werden beispielsweise folgende ökologische Erfordernisse für einen günstigen Erhaltungszustand aufgezählt:

- dauerhaft wasserführende Standgewässer,
- Seen/Teiche mit dauerhaft hohem Wasserstand,

- wenig stofflich belastete Fließgewässer und
- hoher Grundwasserstand.

Im Untersuchungsraum befinden sich weiterhin 37 Vogelschutzgebiete, sogenannte **SPA-Gebiete**. Davon werden 13 Gebiete von bergbaulich beeinflussten Fließgewässer-OWK durchflossen oder tangiert.

9.4.3 Weitere Schutzgebiete

Das Untersuchungsgebiet weist durch zahlreiche Wasserschutzgebiete, Naturschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete, Biosphärenreservate, Natura-2000-Schutzgebiete, Naturparks und Badegewässer einen hohen Schutzstatus auf (Tabelle 47). Ein Großteil der Schutzgebiete ist wasserabhängig. Sie liegen an und in Fließ- und Standgewässern oder sind grundwasserabhängige Feuchtgebiete. Ein ausreichendes Wasserdargebot mit einer geeigneten Beschaffenheit ist für den Erhalt der Gebiete essenziell. Stellvertretend für die Vielzahl an Schutzgebieten wurden bereits die Natura 2000-Schutzgebiete im Zusammenhang mit dem Bergbaueinfluss betrachtet (Kapitel 9.4.2).

Tabelle 47: Schutzgebiete im Untersuchungsgebiet

Schutzgebiete	Anzahl im Untersuchungsgebiet
Badegewässer	91 (123 Badestellen)
Biosphärenreservate	2
Fauna-Flora-Habitat-Gebiete (Natura2000)	318
Landschaftsschutzgebiete	118
Naturparks	7
Naturschutzgebiete	284
SPA-Gebiete (Natura2000)	37
Wasserschutzgebiete	208

Als **Wasserschutzgebiete** gemäß § 51 WHG werden Gebiete festgesetzt, die im Interesse für die derzeitige oder künftige öffentliche Wasserversorgung vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen sind, die das Grundwasser anreichern oder um das schädliche Abfließen von Niederschlagswasser sowie das Abschwemmen und den Eintrag von Bodenbestandteilen, Dünge- oder Pflanzenschutzmitteln in Gewässer zu vermeiden. Das Trinkwasser in Berlin und Brandenburg wird zum größten Teil direkt aus dem Grundwasser, indirekt durch Grundwasseranreicherung oder aus Uferfiltrat gewonnen. Im Untersuchungsgebiet befinden sich 208 Wasserschutzgebiete. Davon sind 16 Wasserschutzgebiete vom Bergbau beeinflusst.

Badegewässer sind Seen, Flüsse und die Küsten, die zum Baden und Schwimmen genutzt werden können. Ihre Qualität wird nach EG-Badegewässer-RL (2006) durch die Bundesländer überwacht. Diese Überwachung umfasst hauptsächlich die mikrobielle Verunreinigung der Badegewässer mit dem Risiko des Auftretens von Krankheitserregern. Die bergbaurelevanten Kennwerte Sulfat, Eisen und pH-Wert spielen gemäß der Badegewässerverordnungen der Bundesländer Sachsen und Brandenburg keine maßgebliche Rolle für die Bewertung der Wasserqualität von Badegewässern. Dennoch kann die Nutzbarkeit bzw. das Erscheinungsbild von Badegewässern durch bergbauliche Stoffeinträge stark beeinträchtigt werden. Beispiele hierfür sind niedrige pH-Werte und verringerte Sichttiefen in Folge erhöhter Eisenkonzentrationen, IWB & gIR (2020).

Viele Badegewässer im Untersuchungsgebiet sind aus ehemaligen Tagebaurestlöchern entstanden. Die Nutzung der wassertouristischen Anlagen ist häufig auf untere und obere Grenzwasserstände ausgelegt, sodass deren Betrieb von der Einhaltung bzw. dem Erreichen der Wasserstände abhängig ist. Im Allgemeinen ist eine Verschlechterung der Beschaffenheit durch erhöhte Stoffeinträge zu vermeiden als einer der entscheidenden Faktoren für die touristische Nutzung als Badegewässer. Darüber hinaus sind die Badegewässer nach der Badegewässerrichtlinie speziell vor Verschmutzungen durch Fäkalien infolge von Abwassereinleitungen zu schützen. Auch für die Badegewässer sind im Einklang mit der EG-WRRL Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Verbesserung der Wasserbeschaffenheit umzusetzen.

9.5 Fazit

Auf der Grundlage der verfügbaren Daten wurden für die wesentlichen gesellschaftlichen Sektoren Wasserwirtschaft, Bergbau, Naturschutz, Verwaltung, Wirtschaft, Tourismus, Siedlungswasserwirtschaft, Gewässerunterhaltung, Tourismus und Entwicklung Leitbildentwürfe abgeleitet. Die Leitbildentwürfe markieren den wasserwirtschaftlichen und gesellschaftspolitischen Rahmen, den es bei der Umsetzung und Ausgestaltung des Kohleausstiegs zu beachten gilt. Es steht zu erwarten, dass sich einige der in den Leitbildentwürfen formulierten Zielvorstellungen durch die wasserwirtschaftlichen Folgen des Kohleausstiegs (Kapitel 7 und 8) nur eingeschränkt oder gar nicht erreichen lassen. Dies wird zwangsläufig zu Konflikten führen (Kapitel 10). Durch geeignete Maßnahmen können die Konflikte verringert bzw. ganz vermieden werden (Kapitel 11).

Fazit

Die **Leitbildentwürfe** und **Eckpfeiler der Zukunft** für die Lausitz geben die Zielvorstellungen für die Bereiche Wasserwirtschaft, Bergbau, Naturschutz, Verwaltung, Wirtschaft, Tourismus, Siedlungswasserwirtschaft, Gewässerunterhaltung, Tourismus und Entwicklung wieder. Die abgeleiteten Leitbilder markieren den wasserwirtschaftlichen und gesellschaftspolitischen Rahmen, den es bei der Umsetzung und Ausgestaltung des Kohleausstieges zu beachten gilt.

10 Potenzielle Konflikte

10.1 Konfliktanalyse

Die Umsetzung des Kohleausstiegs wird zu erheblichen wasserwirtschaftlichen Veränderungen insbesondere im Flussgebiet der Spree führen. So wird sich das Wasserdargebot der Spree durch den Wegfall der Sümpfungswassereinleitungen und den landnutzbedingten Rückgang des abflusswirksamen Wasserdargebots deutlich verringern (Kapitel 7.4) und wieder den vorbergbaulichen Dargebotsverhältnissen annähern (Kapitel 5.7). Allerdings haben sich die Rahmenbedingungen im Flussgebiet der Spree (Besiedlungsdichte, Landnutzung, Melioration, Talsperren, Bergbaufolgeseen etc.) sowie die Ansprüche an die Verfügbarkeit des Wassers gegenüber den vorbergbaulichen Verhältnissen wesentlich verändert.

Bedingt durch den Kohleausstieg befinden sich Wirtschaft und Industrie ebenfalls in einem intensiven Transformationsprozess. Die wesentlichen Eckpfeiler und Leitplanken dieser Transformation sind in Kapitel 9 dargestellt. Den gesetzlichen Regelungen und den zukünftigen Zielen (Eckpfeiler) hinsichtlich der Daseinsvorsorge (Kapitel 9.2), der Wirtschaft (Kapitel 9.3) und der Ökologie (Kapitel 9.4) steht ein abnehmendes Wasserdargebot und eine sich verändernde Wasserbeschaffenheit gegenüber. Daraus ergeben sich verschiedene potenzielle Zielkonflikte, die durch die Kürze der verfügbaren Transformationszeit noch verstärkt werden können. Die wesentlichen absehbaren Konfliktpotentiale und ihre Auswirkungen werden nachfolgend diskutiert. Im Kapitel 11 werden Empfehlungen zur Verhinderung, Minderung oder Lösung diese potenziellen Konflikte abgeleitet. Die Konfliktpotentiale werden analog zum Kapitel 9 in die drei Gruppen Daseinsvorsorge, Wirtschaft und Ökologie gegliedert. Zum besseren Verständnis wird bei den Konfliktpotentialen zwischen den folgenden Arten unterschieden:

- Zielkonflikte,
- Nutzungskonflikte und
- Bewusstseinskonflikte.

Als **Zielkonflikt** werden alle potenziellen Konflikte bezeichnet, bei denen in Folge des Kohleausstiegs ein vorgegebenes Ziel, z. B. ein definierter Mindestabfluss, ein Stauziel, ein Grenzwert der Wasserbeschaffenheit oder eine ökologische Zielstellung, voraussichtlich nicht mehr bzw. nicht mehr dauerhaft eingehalten werden kann.

Als **Nutzungskonflikt** werden alle potenziellen Konflikte bezeichnet, bei denen in Folge des Kohleausstiegs eine zeitweilige oder dauerhafte Einschränkung einer bestehenden oder zukünftigen Wassernutzung zu erwarten ist.

Unter **Bewusstseinskonflikt** werden alle potenziellen Konflikte geführt, bei denen in Folge des Kohleausstiegs eine bisher bestehende Wahrnehmung oder Sichtweise, z. B. zur Verfügbarkeit der Ressource Wasser oder der Nutzung einer wasserbezogenen Dienstleitung, grundsätzlich in Frage gestellt wird.

10.2 Potenzielle Konflikte der Daseinsvorsorge

Unter dem Begriff der Daseinsvorsorge werden staatliche Aufgaben bezeichnet, Güter und Leistungen bereitzustellen, die für ein menschliches Dasein notwendig sind. Diese umfassen u. a. die Energie- und Wasserversorgung, Verkehrsleistungen, Telekommunikation sowie Abwasser- und Müllentsorgung. Nachfolgend werden die wasserwirtschaftlichen Folgen durch den Braunkohleausstieg und ihre Wirkung auf die Daseinsvorsorge dargestellt.

10.2.1 Konfliktbereich Gewässerbewirtschaftung

Zur optimalen Nutzung des verfügbaren Wasserdargebotes und zum Erreichen der wassergütewirtschaftlichen Ziele wurden von der AG FGB länderübergreifende Bewirtschaftungsgrundsätze und Vorrangregeln aufgestellt (Kapitel 9.2.1). Folgende Konflikte können sich hinsichtlich der Gewässerbewirtschaftung ergeben:

- **Zielkonflikte Bewirtschaftung:** Aufgrund des rückläufigen Wasserdargebots können die derzeitigen Bewirtschaftungsgrundsätze für Menge und Beschaffenheit zukünftig nur noch teilweise eingehalten werden.

10.2.2 Konfliktbereich Wasserversorgung Metropolregion Berlin/Brandenburg

Zur sicheren Wasserversorgung der Metropolregion Berlin/Brandenburg wurde bereits von Keller (1916) und Sievers (1937) in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts eine nutzbare Bevorratung von Spreewasser zur Niedrigwasseraufhöhung in der Größenordnung von 68 Mio. m^3 im Flussabschnitt zwischen Leibsch und Müggelsee gefordert. Diese Forderung trat jedoch nach Beseitigung der Kriegsfolgen und Teilung der Stadt Berlin in den Hintergrund. Mit dem Anwachsen der Braunkohlengewinnung im Spreegebiet ab Ende der 1950er Jahre machte sich diese „alte“ Forderung nach einer Niedrigwasseraufhöhung entbehrlich, da durch die vom Bergbau eingeleiteten Sümpfungswassermengen eine vom Niederschlagsgeschehen weitestgehend unabhängige stabile Niedrigwasserführung in den Berliner Spreegewässern garantiert wurde.

Von der Wasserwirtschaft der DDR wurde statt der Forderung zur Errichtung von Retentionsräumen zur Niedrigwasseraufhöhung diese Forderung in einen einzuhaltenden Mindestabfluss am Pegel Große Tränke von 8 m^3/s uminterpretiert. Beide Forderungen, sowohl 68 Mio. m^3 Retentionsraum als auch 8 m^3/s Durchfluss, sind als wasserwirtschaftlich gleichwertig anzusehen, wodurch der Bergbau ein halbes Jahrhundert lang eine Versorgungslücke geschlossen hatte, die man zeitlich vorher aus gutem Grund für die Metropolregion postuliert hatte.

Diese im weitesten Sinne als wasserwirtschaftliche Dienstleistung des Braunkohlenbergbaues zu benennene Funktion wird mit dem Kohleausstieg in den kommenden zwei Jahrzehnten enden. Die Frage nach Maßnahmen zur Stabilisierung der Niedrigwasserführung für die Berliner Gewässer steht damit erneut auf der Tagesordnung. Ein anderer nicht minder wichtiger Aspekt ist der Spreewald mit all seinen Funktionen, der zumindest wasserwirtschaftlich über ein halbes Jahrhundert lang vom Bergbau profitiert hat. Ein dritter Punkt sind die durch den Bergbau dauerhaft veränderten Grundwasserspiegellagen, bei denen die Einstellung von ursprünglichen Verhältnissen vielfach ausgeschlossen bleiben muss.

In der Metropolregion Berlin/Brandenburg wird der Wasserbedarf für Trinkwasser aufgrund des erwarteten Bevölkerungszuwachses steigen (Kapitel 9.2.2). Gleichzeitig wird sich das Wasserdargebot aufgrund des Rückgangs der Abflüsse in der Spree verringern. Daraus lassen sich folgende Konflikte für die Wasserversorgung der Metropolregion ableiten:

- **Zielkonflikt Wassermenge:** Mit dem Kohleausstieg nimmt das Wasserdargebot der Spree ab und der für die Wasserversorgung der Stadt Berlin relevante Mindestabfluss der Spree am Pegel Große Tränke kann nicht mehr dauerhaft eingehalten werden (Kapitel 7.4).
- **Zielkonflikt Wasserbeschaffenheit:** In Folge der Verringerung des Wasserdargebots der Spree werden Einträge aus Kläranlagen (Nähr- und Zehrstoffe, Keime, Arzneimittel etc.) nicht mehr ausreichend verdünnt. (Kapitel 8.4.4). Außerdem kann es bei Niedrigwasserverhältnissen im Stadtbezirk Berlin-Köpenick zu einer Umkehr der Fließrichtung

der Spree in Richtung Müggelsee kommen. Dadurch können ggf. bestehende Zielvorgaben der Wasserbeschaffenheit nicht mehr dauerhaft eingehalten werden.

- **Nutzungskonflikte:** In Folge des Kohleausstiegs wird sich das Wasserdargebot der Spree verringern und die Wasserbeschaffenheit verändern. Es ist abzusehen, dass zukünftig verschiedene Bedarfsträger mit unterschiedlichen Interessen wie Bevölkerungszuwachs, Stadtentwicklung, Gewerbe- und Industrieansiedlung um die knappe Ressource Wasser konkurrieren werden (Kapitel 9.2). Es liegt nahe, dass diese wasserwirtschaftliche Nutzungskonflikte einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung der Metropolregion haben werden.

10.2.3 Konfliktbereich Hochwasserschutz

Durch die Klimaveränderung werden zukünftig größere Hochwässer erwartet. Gleichzeitig wird der Bedarf steigen, Wasser in den vorhandenen Talsperren und Speicherbecken zurückzuhalten, damit dieses Wasser in Trockenzeiten zur Stützung des Abflusses in die Spree eingeleitet werden kann. Daraus lassen sich folgende Konflikte hinsichtlich des Hochwasserschutzes ableiten:

- **Bewusstseinskonflikt für Hochwasser**: Vor allem infolge von Starkregen können zukünftig größere Hochwässer auftreten. Je häufiger allerdings Hochwasser zurückgehalten wird, desto seltener tritt es auf. Damit geht auch das Verständnis für Hochwassergefahren im Bewusstsein der Bevölkerung verloren. Daraus ergibt sich ein Konflikt, weil das Bewusstsein abnimmt und das Risiko zunimmt.

- **Nutzungskonflikt durch Verlandung:** Hochwässer sind maßgeblich für den Sedimenttransport in Fließgewässern. Je mehr Wasser zukünftig in Talsperren und Speicher zurückgehalten wird, desto geringer ist die Abflussdynamik in der Spree. Die Spree wurde in weiten Teilen bis Mitte der 1980er Jahre auf die damals hohen mittleren Abflüsse ausgebaut. Die aktuellen und zukünftig verringerten Niedrigwasserabflüsse führen zu einer Verlandung und Verkleinerung des Abflussprofils, z. B. durch Bewuchs. Im Falle eines Hochwassers kann die Überschwemmungsgefahr erhöht werden, weil die erforderlichen Abflussprofile nicht mehr zur Verfügung stehen. Daraus ergibt sich ein erhöhter Unterhaltungsaufwand für die Gewässerbewirtschaftung.

10.2.4 Konfliktbereich Raumordnung

Mit dem Strukturstärkungsgesetz wurden die gesetzlichen Grundlagen zur strukturwandelbasierten raumordnerischen Planung festgeschrieben. Ziel der Raumordnungsplanung ist es, die Lausitz sowohl wirtschaftlich, kulturell als auch sozial zu entwickeln und gesunde Lebens- und Arbeitsbedingungen für die Bevölkerung herzustellen und zu erhalten. Für die Lausitz gibt es derzeit von verschiedenen Akteuren verschiedene Ideen und Visionen. Daraus lassen sich folgende Konflikte hinsichtlich der Raumordnung ableiten:

- **Bewusstseinskonflikt zur Bedeutung des Wassers:** Derzeit findet das Thema Wasser und seine Verfügbarkeit als maßgebliche Voraussetzungen für einen erfolgreichen Strukturwandel in der Lausitz noch keine ausreichende Berücksichtigung in der raumordnerischen Planung. Für die Raumordnung und die wirtschaftliche Entwicklung wird die Verfügbarkeit von Wasser in ausreichender Menge und Beschaffenheit eine elementare Grundlage sein. Ohne entsprechende Verankerung des Themas Wassers in der Raumplanung werden zukünftig vermehrt Konflikte auftreten, weil Projekte schnell an ihre Grenzen stoßen.

- **Nutzungskonflikte:** Die unterschiedlichen Interessen wie Stadt- und Wirtschaftsentwicklung, Industrieansiedlung, touristische Entwicklung und Naturschutz konkurrieren um die knappe Ressource Wasser. Dadurch können erhebliche Spannungen und Konflikte zwischen den verschiedenen Akteuren entstehen.

10.2.5 Konfliktbereich Blaue Infrastruktur

Die Trinkwasserversorgung und geordnete Abwasserentsorgung sind ein grundlegender Bestandteil der öffentlichen Daseinsvorsorge. Dabei gerät die Siedlungswasserwirtschaft in Brandenburg aufgrund des demografischen Wandels zukünftig unter Anpassungsdruck. Während im Umfeld der Hauptstadt Berlin die Bevölkerung bis zum Jahr 2030 wachsen wird, gehen die Prognosen in den ländlichen Bereichen größtenteils von einer Bevölkerungsabnahme aus, LBV (2021).

In der Spree werden sich durch den Rückgang der Einleitung von Sümpfungswasser geringere Abflüsse einstellen. Durch die verringerten Abflüsse fehlen insbesondere bei Niedrigwasser Verdünnungsmengen, wodurch sich Stoffkonzentrationen erhöhen können. Der Stützung des Wasserdargebots durch die Einleitung von gereinigtem Abwasser kann dadurch zukünftig besondere Bedeutung mit steigenden Anforderungen an die Beschaffenheit des eingeleiteten Abwassers zukommen. Daraus leiten sich folgende Konflikte hinsichtlich der Blauen Infrastruktur ab:

- **Zielkonflikt für die Ausleitung aus Kläranlagen:** Mit der Verringerung des Wasserdargebots der Spree verringert sich auch der Verdünnungseffekt für Einträge aus Kläranlagen (Nähr- und Zehrstoffe, Keime, Arzneimittel etc.). Dies kann zu dauerhaft oder zeitweilig erhöhten Stoffbelastungen in den Fließgewässern und der Überschreitung von Zielvorgaben führen und ggf. nachfolgende Nutzungen einschränken (Kapitel 8.4.4).
- **Nutzungskonflikt bei der Trinkwassergewinnung:** Bergbaulich belastetes Grundwasser (Kapitel 8.2.3) wird zukünftig bestehende Trinkwasserfassungsanlagen erreichen und dort zu einer Überschreitung von Ziel- bzw. Grenzwerten im Reinwasser (z. B. Sulfat) führen. Weiterhin kann in Folge des verringerten Wasserdargebots der Spree und den damit einhergehenden sekundären stofflichen Veränderungen (Kapitel 8.4.4) die Trinkwassergewinnung aus Uferfiltrat (z. B. WW Berlin-Friedrichshagen, WW Briesen) beeinträchtigt werden.

10.3 Konflikte der Wirtschaft

Seit der politischen Wende 1990 befindet sich die Wirtschaft in der Lausitz bereits in einem stetigen Transformationsprozess, welcher mit der Umsetzung des Kohleausstiegsgesetzes noch einmal intensiviert wird. Der eingeleitete Transformationsprozess durch den endgültigen Kohleausstieg ist nach wie vor mit vielen Unsicherheiten und Ängsten der Menschen verbunden. Damit gehen Konflikte in unterschiedlichen Bereichen der Wirtschaft einher.

10.3.1 Konfliktbereich Industrie

Neben der Unterstützung und Erweiterung bestehender Industrien beschreiben die Leitlinien des Lausitzprogramms 2038 die Ansiedelung neuer Industrien in der Lausitz. Dabei wird auch auf die Förderung der Wasserstofftechnologie gesetzt, um Wasserstoff zur Speicherung von Energie sowie als Ersatzbrennstoff für Kohle in der Stahlindustrie zu gewinnen. Viele Industriezweige benötigen Prozesswasser für die Herstellung ihrer Produkte. Dafür wird einerseits Wasser in ausreichender Menge und geeigneter Beschaffenheit gebraucht, andererseits entsteht Abwasser, das gereinigt in die Vorfluter eingeleitet wird. Verbunden mit den wasserwirtschaftlichen Änderungen lassen sich daraus folgende Konflikte für die Industrie ableiten:

- **Nutzungskonflikt Wassermenge:** In der Folge des verringerten Wasserdargebots der Spree kann der Wasserbedarf bestehender industrieller Nutzer nicht mehr dauerhaft gedeckt werden. Die Verfügbarkeit von Wasser in der erforderlichen Menge und Beschaffenheit ist für die Standortansiedlung bzw. für die Entwicklung eines vorhandenen Standortes entscheidend. Die Wasserverfügbarkeit ist ein limitierender Faktor für die industrielle Entwicklung.
- **Zielkonflikt bei Ausleitung von gereinigtem Abwasser:** In den Industrieprozessen fallen Abwässer an, die gereinigt in die Vorfluter eingeleitet werden. Wenn sich das Wasserdargebot der Vorfluter verringert, verändern sich auch die Mischungsverhältnisse in den Vorflutern. Dadurch können Grenzwerte von Einleiterlaubnissen überschritten werden. Dies kann erhebliche Auswirkung auf die industrielle Entwicklung eines Standortes haben.

10.3.2 Konfliktbereich Tourismus

Neben dem Spreewald als touristisches Aushängeschild spielt zukünftig auch der Tourismus um die neu entstandenen und entstehenden Bergbaufolgeseen des Lausitzer Seenlands eine bedeutende Rolle für die touristische Entwicklung der Lausitz. Wesentlicher Faktor dafür ist das Wasserdargebot der Seen und Fließgewässer. Im Spreewald ist das Wasserdargebot nicht nur für den Tourismus, sondern auch zur Sicherung der Schutz- und Erhaltungsziele des UNESCO-Biosphärenreservates für den Erhalt wichtig. Des Weiteren ist auch die Wasserbeschaffenheit wesentlich für die touristische Entwicklung. Verbunden mit den wasserwirtschaftlichen Änderungen lassen sich daraus folgende Konflikte für den Tourismus ableiten:

- **Nutzungskonflikt Wassermenge:** Für die touristische Nutzung sind die Einhaltung von Zielwasserständen in Seen oder Fließgewässern im Spreewald wesentlich, da ansonsten Nutzungseinschränkungen drohen (Kapitel 9.3.2). Dies betrifft vor allem die touristisch relevanten trockenen Sommermonate. Langanhaltende oder dauerhafte Nutzungseinschränkungen beeinträchtigen die touristische Entwicklung.
- **Nutzungskonflikt Wasserbeschaffenheit:** Durch das rückläufige Wasserdargebot und zunehmende diffuse Stoffeinträge kann es zu ästhetischen Beeinträchtigungen der Fließgewässer, z. B. durch Eisenausfällungen (Verockerung), kommen. Dies kann die touristische Entwicklung beeinträchtigen (Kapitel 9.3.2).
- **Nutzungskonflikte durch Ausweichverhalten:** Kommt es zu lokalen Einschränkungen von touristischen Nutzungen in Folge geringem Wasserdargebot oder ungünstiger Wasserbeschaffenheit, kann dadurch ein zusätzlicher Nutzungsdruck auf die nutzbaren Seen und Fließgewässer im Umfeld entstehen. Dadurch können Nutzungskonflikte zwischen dem Tourismus (Hoteliers, Campingplatz-Betreiber, Bootsvermieter etc.), dem Naturschutz, den Bewirtschaftern (Wasserwirtschaft, Wasserverbänden) und weiteren Nutzern (Fischer und Angler) entstehen.

10.3.3 Konfliktbereich Landwirtschaft

Brandenburg ist eines der niederschlagsärmsten Bundesländer Deutschlands. Gleichzeitig ist das Wasserspeichervermögen der in der Lausitz vorherrschenden Sandböden sehr gering. Mit dem Braunkohlenausstieg wird in weiten Bereichen der Lausitz der Grundwasserstand wieder steigen. Allerdings ist durch den Klimawandel mittelfristig mit höheren Temperaturen, veränderten saisonalen Niederschlagsverteilungen und einer zunehmend negativen klimatischen Wasserbilanz zu rechnen. Verbunden mit den wasserwirtschaftlichen Änderungen lassen sich daraus folgende Konflikte für die Landwirtschaft ableiten:

- **Nutzungskonflikt Wassermenge:** Durch den Klimawandel wird der Bedarf zur Bewässerung in der Landwirtschaft zunehmen, Kalwa et al. (2021). Die Landwirtschaft nutzt für die Bewässerung vor allem Grundwasser. Damit steigt der Nutzungsdruck auf das Grundwasser. Bei einer verstärkten Entnahme aus dem Grundwasser kann es zu Nutzungskonflikten zwischen den Landwirtschaftsbetrieben kommen. Des Weiteren kann es auch zu Nutzungskonflikten mit anderen Nutzern (Trinkwassergewinnung, Industrie, Tourismus etc.) oder dem Naturschutz kommen.

10.3.4 Konfliktbereich Fischerei

Fischerei und Teichwirtschaft haben in der Lausitz eine lange Tradition. Vor allem die Karpfenteichwirtschaft hat sowohl eine wirtschaftliche als auch Bedeutung für den Naturschutz. Viele Teichwirtschaften sind als nationale oder europäische Schutzgebiete ausgewiesen. Verbunden mit den wasserwirtschaftlichen Änderungen lassen sich daraus folgende Konflikte für die Fischerei ableiten:

- **Nutzungskonflikt Wassermenge:** Durch die Verringerung des Wasserdargebotes und der möglichen Veränderung der Wasserbeschaffenheit kann es zu Einschränkungen bei der Bewirtschaftung von Fischteichen kommen. In der Regel führt dies unmittelbar zu nachteiligen Auswirkungen auf den Ertrag der Teichwirtschaften. Dieser Konflikt kann sich durch erhöhte Wassertemperaturen als Folge des Klimawandels zusätzlich verschärfen.

- **Nutzungskonflikt Verlust der Satzfisch- und Brutversorgung:** Die Abwärme aus den Braunkohlenkraftwerken wird seit Jahrzehnten von den Teichwirtschaften als Produktionsgrundlage für die eigene Satzfisch- und Brutversorgung genutzt. Mit der Stilllegung der Kraftwerke entfällt zukünftig dieses kostengünstige Warmwasser.

- **Nutzungskonflikt zwischen Fischerei und Naturschutz:** Die nachhaltige und seit Jahrhunderten angewandte fischereiliche Praxis der Teichwirtschaften haben zu einer hohen Artenvielfalt und Biodiversität geführt. Daher ist der Großteil der Teichwirtschaften als Schutzgebiete ausgewiesen. Viele unter Naturschutz stehende Arten (Fischotter, Reiher, Fischadler etc.) sind Prädatoren oder können die Bewirtschaftung der Teiche erheblich erschweren (Biber). Dies führt zu erhöhten Bewirtschaftungskosten der Teichwirtschaften bei gleichzeitig verminderten Erträgen. Der Interessenskonflikt zwischen dem Schutz von Arten und Habitaten (Naturschutz) und den wirtschaftlichen Interessen der Teichwirtschaften (Wirtschaftsbetrieb) wird sich unter veränderten wasserwirtschaftlichen Bedingungen verstärken.

10.3.5 Konfliktbereich Schifffahrt

Zur ganzjährigen Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auf den staugeregelten Fluss- und Kanalstrecken der Spree-Oder-Wasserstraße (SOW) und der Unteren-Havel-Wasserstraße (UHW) dürfen vorgegebene Stauziele nicht unterschritten werden. Verbunden mit den wasserwirtschaftlichen Änderungen lassen sich daraus folgende Konflikte für die Schifffahrt ableiten:

- **Zielkonflikt Stauziel:** Durch die Verringerung des Wasserdargebotes kann es zu zeitweiligen Einschränkungen bei der Einhaltung von Stauzielen kommen und zu entsprechenden Einschränkungen der Berufsschifffahrt führen. Des Weiteren können geringe Abflüsse auch die automatische Funktionsweise von Wehranlagen beeinflussen, was zu einer weiteren Absenkung der Wasserstände führt.

10.4 Konflikte der Ökologie

Seit über 60 Jahren wird gerade in Niedrigwasserzeiten das Wasserdargebot der Spree maßgeblich von den bergbaulichen Sümpfungswassereinleitungen bestimmt. In den sommerlichen Trockenzeiten der vergangenen Jahre erreichte der Anteil des Sümpfungswassers am Abfluss der Spree am Beginn des Spreewalds bis 75 %. Verbunden mit der hohen Verdunstung im Sommer wird deutlich, dass sich mit den wegfallenden bergbaulichen Wassereinleitungen auch Auswirkungen auf die ökologische Ausstattung des aquatischen Naturraums ergeben werden. Nachfolgend werden die wasserwirtschaftlichen Folgen durch den Braunkohleausstieg und ihre Wirkung auf die Ökologie dargestellt.

10.4.1 Konfliktbereich Wasserrahmenrichtlinie

Die Wasserrahmenrichtline ist im Oktober 2000 erlassen worden, um europaweit einen „guten Zustand“ für alle Oberflächenwasserkörper und Grundwasserkörper zu erreichen. Dieses Ziel soll mit Hilfe von Maßnahmenprogrammen und Bewirtschaftungsplänen bis 2027 erreicht werden. Wie in Kapitel 9.4.1 dargestellt, sind 189 Fließgewässer-OWK, 9 Standgewässer-OWK und sieben Grundwasserkörper direkt oder indirekt vom Bergbau beeinflusst. Verbunden mit den wasserwirtschaftlichen Veränderungen folgen daraus folgende Konflikte hinsichtlich der Wasserrahmenrichtlinie:

- **Zielkonflikt Wassermenge und Wasserbeschaffenheit**: Die Oberflächenwasserkörper wurden in den 2000er Jahren erhoben und ausgewiesen. Im Ergebnis wurde der Zustand der **Oberflächenwasserkörper** definiert und die Maßnahmenprogramme für das Erreichen eines guten Zustandes festgelegt. Diese werden in Zeiträumen von sechs Jahren in den sogenannten Bewirtschaftungszyklen fortgeschrieben. Für viele im bergbaulichen Einflussbereich liegenden Wasserkörper, wie z. B. die Spree, erfolgte sowohl die Einstufung des Zustandes als auch die Ableitung der Maßnahmen zu einem Zeitpunkt, als die Abflussverhältnisse der Spree durch die Sümpfungswassereinleitungen deutlich über deren natürlicher Leistungsfähigkeit lagen. Vergleicht man z. B. die Abflüsse der letzten 20 Jahre mit den vorbergbaulichen Verhältnissen der Spree (vgl. Kapitel 5.6) offenbart sich ein erheblicher Unterschied. Mit dem Braunkohleausstieg werden sich die natürlichen Abflussverhältnisse wieder den vorbergbaulichen annähern und diese sogar unterschreiten. Die abnehmenden Abflüsse werden Auswirkungen auf die Qualitätskomponenten der WRRL haben, wodurch die Zielerreichung ohne Anpassungsmaßnahmen erschwert, wenn nicht gar unmöglich wird.

  Durch den Braunkohlenbergbau befinden sich eine Reihe von **Grundwasserkörpern** im Lausitzer Braunkohlenrevier sowohl in einem schlechten mengenmäßigen als auch in einem schlechten chemischen Zustand. Der schlechte mengenmäßige Zustand ist durch Sümpfung der Braunkohlentagebaue bedingt, deren Wasserentnahmen deutlich über der natürlichen Grundwasserneubildung der beanspruchten Einzugsgebiete liegen. Der schlechte chemische Zustand ist durch die Pyritverwitterung verursacht, die eine unmittelbare Folge der Grundwasserabsenkung und der damit einhergehenden Belüftung des Untergrundes ist (Kapitel 8.2.1). Der schlechte mengenmäßige Zustand der Grundwasserkörper kann durch die Einstellung der Sümpfung und dem nachfolgenden Grundwasserwiederanstieg erst in mehreren Jahrzehnten überwunden werden. Die Zielerreichung eines guten chemischen Zustandes der bergbaubeeinflussten Grundwasserkörper ist nach menschlichem Ermessen absehbar nicht in Sicht.

10.4.2 Konfliktbereich Natura 2000

Die europäischen Natura 2000-Schutzgebiete enthalten FFH- und SPA-Gebiete. Eine Vielzahl dieser Gebiete liegt im bergbaulichen Einflussbereich (Kapitel 9.4.2). Die Ziele der Natura 2000-Gebiete sind auf den Erhalt von Lebensraumtypen und Arten ausgerichtet. Verbunden mit den wasserwirtschaftlichen Änderungen lassen sich daraus folgende Konflikte herleiten:

- **Zielkonflikt Wassermenge und Wasserbeschaffenheit:** Viele Natura-2000-Gebiete wurden Anfang der 2000er Jahre ausgewiesen. Damit einhergehend wurden auch die Schutz- und Erhaltungsziele für die Lebensraumtypen und Arten festgelegt. Diese Ziele wurden und werden in Managementplänen fortgeschrieben. Sowohl bei der Gebietsausweisung als auch bei der Fortschreibung analog den Meldungen zur EG-WRRL lagen für die im bergbaulichen Einflussbereich liegenden Gebiete erhöhte Abflussverhältnisse durch die Sümpfungswassereinleitungen vor. Mit dem Braunkohleausstieg werden sich vor allem die Niedrigwassersabflüsse drastisch reduzieren, wodurch es erhebliche Auswirkungen auf Lebensraumtypen und Arten geben wird. Damit kommt es auch zu Konflikten zwischen den verschiedenen Nutzern und dem Naturschutz.

- **Zielkonflikt Grundwasserwiederanstieg:** Im unmittelbaren Umfeld der Tagebaue wurden auch Natura 2000-Gebiete ausgewiesen. Viele davon befanden sich bereits zum Zeitpunkt der Ausweisung im Einflussbereich der Tagebaue (Grundwasserabsenkung, verminderte Vorflut) bzw. es war abzusehen, dass die Tagebauentwicklung diese Gebiete erreichen wird. Vor allem zum Erhalt von Fließgewässern und Feuchtgebieten mussten deshalb durch die Bergbautreibenden Schutzkonzepte umgesetzt werden, wie z. B. die Einleitung von Stützungswasser aus dem Tagebaubetrieb, bis sich die nachbergbaulichen Grundwasserstände und Abflussverhältnisse wieder einstellen. In einigen Bereichen sind nachbergbaulich jedoch dauerhaft veränderte (niedrigere) Grundwasserstände zu erwarten. Des Weiteren führen klimatische Veränderungen deutschlandweit zu sinkenden Grundwasserständen. Daher wird der Grundwasserwiederanstieg nicht überall den Verlust des bergbaulichen Stützungswasser ausgleichen können. Vor diesem Hintergrund wird der günstige Erhaltungszustand bestimmter Lebensraumtypen und Arten nicht oder nur mit sehr viel Aufwand zu erhalten sein.

10.4.3 Konfliktbereich Weitere Schutzgebiete

Im Untersuchungsgebiet befindet sich eine Vielzahl unterschiedlicher Schutzgebiete, wovon viele wasserabhängig sind (Kapitel 9.4.3). Sie liegen an und in Fließ- und Standgewässern oder sind grundwasserabhängige Feuchtgebiete. Verbunden mit den zu erwartenden wasserwirtschaftlichen Veränderungen lassen sich für die Schutzgebiete folgende Konflikte ableiten:

- **Zielkonflikt Wassermenge und Wasserbeschaffenheit:** Je nach Art der Schutzgebiete verfolgen sie unterschiedliche Ziele. In wasserabhängigen Gebieten kann sich der durch den Kohleausstieg bedingte Rückgang der Abflüsse verbunden mit Änderungen der Stoffeinträge nachteilig auf die Erreichung bzw. Erhaltung der Schutzziele auswirken. Diese Konflikte können durch den Klimawandel weiter verstärkt werden.

10.5 Fazit

In Folge des Kohleausstiegs wird sich das nutzbare Wasserdargebot im Einzugsgebiet der Spree deutlich verringern (Kapitel 7.4). Der Wasserbedarf im Spreegebiet wird dagegen mindestens auf dem heutigen Niveau bleiben und im Zuge des Strukturwandels eher noch zunehmen (Kapitel 7.3.4.2). Dies wird zwangsläufig zu Konflikten führen. Die Konflikte können in ihrer Vielschichtigkeit wesentliche Auswirkungen auf die Daseinsvorsorge (Wasserversorgung

und -entsorgung, Hochwasserschutz, Raumordnung), die Wirtschaft (Industrie, Tourismus, Land- und Teichwirtschaft, Schifffahrt) und die Ökologie (Schutzgebiete, WRRL etc.) haben. Die Konflikte können räumlich begrenzt auftreten oder großräumige Wirkung im gesamten Lausitzer Revier bis hin in die Metropolregion Berlin-Brandenburg entfalten. Das Konfliktpotential kann durch die Umsetzung geeigneter Maßnahmen (Kapitel 11) deutlich gemindert werden.

Fazit

In Folge des Kohleausstiegs wird sich das nutzbare Wasserdargebot im Einzugsgebiet der Spree deutlich verringern. Der Wasserbedarf im Spreegebiet wird dagegen auf dem heutigen Niveau bleiben und im Zuge des Strukturwandels eher noch zunehmen. Bei einer gleichbleibenden oder sogar steigenden Zahl an Wassernutzern und einer Abnahme des Wasserdargebots sind **Ziel- und Nutzungskonflikte** absehbar. Die Konflikte können räumlich begrenzt auftreten oder großräumige Wirkung bis hin in die Metropolregion Berlin-Brandenburg entfalten.

11 Handlungsoptionen

11.1 Grundlagen

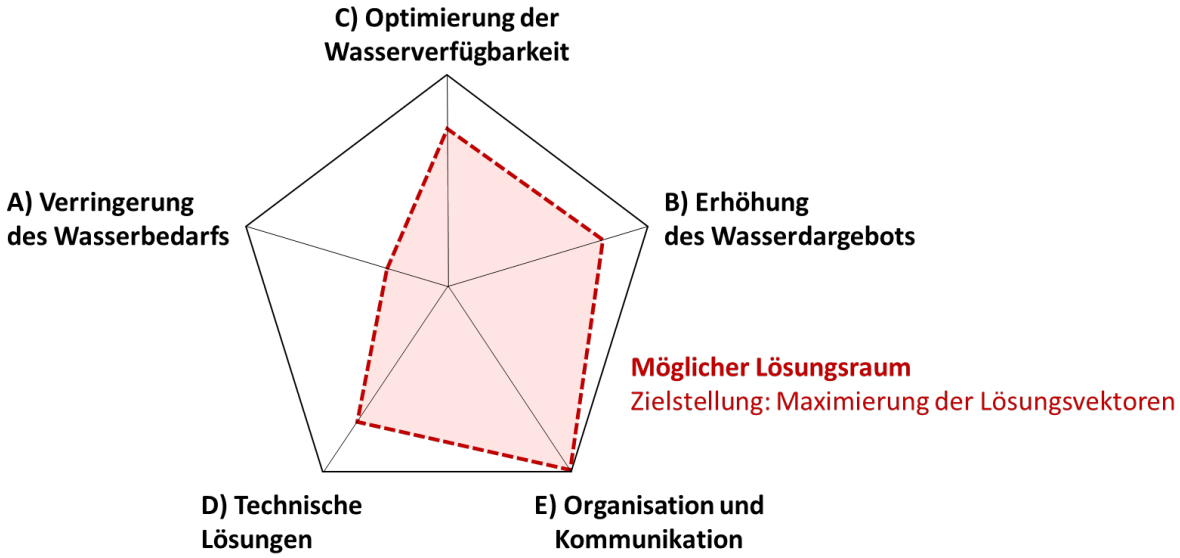
Der wassermengenwirtschaftliche Hauptwiderspruch im Zusammenhang mit dem Kohleausstieg besteht in einer stark rückläufigen Entwicklung des über Jahrzehnte unnatürlich erhöhten Wasserdargebotes bei mindestens gleichbleibendem und ggf. sogar steigendem Wasserbedarf. Der Konflikt lässt sich auf drei prinzipiellen Wegen lösen (Abbildung 85):

A) durch die Verringerung des Wasserbedarfs,

B) durch die Erhöhung des Wasserdargebots und

C) durch die Optimierung der Wasserverfügbarkeit.

Abbildung 85: Grundsätzliche Handlungsoptionen zur Bewältigung der wasserwirtschaftlichen Herausforderungen des Kohleausstiegs mit der Andeutung eines möglichen Lösungsraumes



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Neben den wassermengenwirtschaftlichen Konfliktlinien entstehen durch den Kohleausstieg auch wassergütewirtschaftliche Herausforderungen. Diesen Herausforderungen muss überwiegend mit technischen Lösungen (Handlungsoption D) begegnet werden. Für die Planung und Umsetzung der verschiedenen Handlungsoptionen bedarf es eines rechtlichen Rahmens und einer entsprechenden Organisation (Handlungsoption E). Der Fokus der wasserwirtschaftlichen Handlungen liegt auf den Fließgewässern als verbindendes Element.

Den vorgenannten Handlungsoptionen werden nachfolgend konkrete Maßnahmen zugeordnet. Die Auswahl der Maßnahmen folgt der Intention, die bestehenden Bewirtschaftungsziele, wie z. B. Mindestabflüsse und Stauziele, einzuhalten, bestehende Wassernutzungen abzusichern und zukünftige Wassernutzungen zu ermöglichen. Dabei werden grundsätzlich nur zielführende Maßnahmen mit einer Wirkung im Sinne der Zielstellung ausgewählt. Diese Maßnahmen sind überwiegend keine selbständigen Alternativen im Sinne eines Maßnahmenkatalogs, sondern bauen aufeinander auf bzw. ergänzen sich. Auf diese Zusammenhänge und Wechselwirkungen wird nachfolgend eingegangen.

11.2 Verringerung des Wasserbedarfs

11.2.1 Grundlagen

Die Minimierung des Wasserverbrauchs ist auch unabhängig vom Kohleausstieg ein Gebot der wirtschaftlichen und ökologischen Vernunft und ist in vielfältigen Dokumenten des Bundes, der Länder, Interessenvereinigungen u. a. fest verankert, z. B. BMU (2021). Im Zusammenhang mit einem verringerten Wasserdargebot im nachbergbaulichen Einzugsgebiet der Spree ist eine Verringerung des Wasserbedarfs für nachfolgende relevante wasserwirtschaftliche Akteure von besonderer Bedeutung und wird deshalb einer sachlichen Prüfung unterzogen:

- die Teichwirtschaften,
- die Landwirtschaft,
- die Industrie,
- die kommunale Wasserversorgung,
- das Biosphärenreservat Spreewald,
- Stützung des Wasserhaushalts,
- Schleusen und Fischaufstiegsanlagen,
- die Flutung und Nachsorge der Bergbaufolgeseen und
- die Metropolregion Berlin-Brandenburg.

11.2.2 Teichwirtschaften

Die **Teichwirtschaften** im gesamten Einzugsgebiet der Spree sind mit ca. 6.950 ha Wasserfläche bzw. 72 Mio. m^3 Wasservolumen ein relevanter Wassernutzer. Im Betriebszustand „Vollstau“ liegt die Verdunstungshöhe über den Teichflächen im langjährigen Durchschnitt bei ca. 200 mm/a und damit bei rund 14 Mio. m^3/a, die in der Bewirtschaftungsperiode aus der fließenden Welle ausgeglichen werden müssen. Gelingt dies nicht ausreichend, müssen Teiche notgefischt werden, was bereits in den letzten trockenen Sommern fast schon zur Normalität gehört hat. Die zyklische Wassernutzung (Bespannung im Frühjahr und Entleerung im Herbst) ist einem natürlichen jahreszeitlichen Rhythmus unterworfen und ist fester Bestandteil des Wassermanagements der Spree. Ein beträchtlicher Teil der Fischwirtschaften in der Lausitz liegt stromoberhalb des Einflussbereiches des Braunkohlenbergbaus und ist vom Kohleausstieg nur mittelbar betroffen. Die Fischwirte selbst sowie die dafür zuständige Behörden arbeiten ständig an Konzepten, wie insbesondere der verdunstungsbedingte Zusatzwasserbedarf verringert werden kann. Die Freiheitsgrade sind dabei jedoch stark eingeschränkt, da fast alle Teichwirtschaften auch Aufgaben des Naturschutzes (FFH, SPA u. a.) wahrnehmen. Stark wasserverdunstende Röhricht- und Schilfgürtel dürfen z. B. nicht beseitigt werden. Eine Beschattung von kleinen Teichen kann die Verdunstung nur gering mindern. Unter Beibehaltung ihrer ökologischen und wirtschaftlichen Funktionalität (vgl. Kapitel 9.3.4) besteht in den Teichwirtschaften kein relevantes Einsparpotential.

11.2.3 Landwirtschaft

Nach AfS-B/BB (2012) wurde im Jahr 2009 im brandenburgischen Einzugsgebiet der Spree eine Fläche von rund 3.960 ha (entspricht rund 0,05 % des brandenburgischen Spreegebiets) mit rund 2,9 Mio. m^3 Wasser, vornehmlich aus dem Grundwasser, bedarfsabhängig beregnet.

Zwischen 2009 und 2015 hat sich die beregnete landwirtschaftliche Nutzfläche im Land Brandenburg um rund 17 % erhöht, Troegel & Schulz (2018). Der Wasserbedarf ist über das gesamte Spreeeinzugsgebiet verteilt und ist nur dort gesondert zu berücksichtigen, wo die Wasserentnahmen direkt aus der Spree und ihren Hauptzuflüssen erfolgen. Dies betriff vor allem die Gebiete des Ober- und Unterspreewaldes (Kapitel 7.3.4.1). Im Zusammenhang mit dem Klimawandel gibt es vielfältige Bemühungen der Landwirte, durch Agrokulturen, Tröpfchenbewässerung und Wechsel zu Produkten mit geringem Wasserbedarf Wassereinsparungen zu erreichen, INKA BB (2016). Angesichts der Bedeutung der Landwirtschaft für die Ernährung und für die Landschaftspflege ist das Einsparpotenzial auch in Zukunft marginal.

11.2.4 Industrie

Die **Industrie** in der Lausitz bezieht ihr Wasser entweder von kommunalen Wasserversorgern aus dem Trinkwassernetz, aus unternehmenseigenen Grundwasserfassungen oder aus Oberflächengewässern. Die produzierende Industrie im Spreegebiet hat derzeit einen Wasserbedarf von 0,73 m^3/s, wovon 0,41 m^3/s wieder zurück in die Vorfluter geleitet werden (Tabelle 21). Im Zuge des Strukturwandels sollen in der Lausitz weitere Industrien, z. B. Wasserstoff und Elektromobilität, mit einem zusätzlichen Wasserbedarf von rund 1,2 m^3/s angesiedelt werden (Tabelle 22). Eine Besonderheit stellen derzeit noch die Braunkohlenkraftwerke als große Wasserverbraucher dar. Die Wasserversorgung der Braunkohlenkraftwerke Schwarze Pumpe, Jänschwalde und Boxberg wird zu 90 % aus dem Sümpfungswasser gesichert. Mit dem Kohleausstieg entfallen diese Bedarfsgrößen. Einsparpotentiale im Bereich der Industrie werden lediglich im Rahmen spezifischer wassersparender Technologien, insbesondere durch die Mehrfach- bzw. Kreislaufnutzung von Wasser, gesehen. Einen entscheidungserheblichen Einfluss haben die möglichen Einsparpotenziale angesichts des derzeitigen Wasserbedarfs von 0,73 m^3/s bzw. einem derzeit noch spekulativen Zuwachs von 1,2 m^3/s jedoch nicht.

11.2.5 Kommunale Wasserversorgung

Die **kommunale Wasserversorgung** in Teilen der Braunkohleregion der Lausitz war bis vor wenigen Jahren noch durch bergbauabhängige Sonderlösungen gekennzeichnet, in dem geeignetes Sümpfungswasser zu Trinkwasser für die Kommunen aufbereitet wurde. Seit Januar 2023 gehört diese Lösung der Geschichte an. Mittlerweile erfolgt die Trinkwasserversorgung vollständig durch die Wasserversorgungsunternehmen auf der Basis von Grundwasser. Zur Sicherung der künftigen Trinkwasserversorgung unter den Bedingungen des Strukturwandels haben sich mehrere Versorger länder- und verbandsübergreifend mit dem Ziel des weiteren Ausbaues des vorhandenen Verbundnetzes zusammengeschlossen. Eine Verringerung des Wasserbedarfs der kommunalen Wasserversorgung kann hauptsächlich durch eine Lenkung des Nutzungsverhaltens über Anreize (z. B. Kosten, Preise, Ausgleich etc.) erreicht werden, siehe Anhang (4). In Summe wird das Einsparpotential aber als gering eingeschätzt.

11.2.6 Biosphärenreservat Spreewald

Das UNESCO-**Biosphärenreservat Spreewald** hat durch die Symbiose von Naturschutz, Landschaftsschutz, Wertschöpfung und Tourismus ein Alleinstellungsmerkmal und überregionale Bedeutung. Es muss in seiner Struktur und Funktionalität unbedingt erhalten bleiben, wozu sich die Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ bekannt hat (Kapitel 1). Die Auenlandschaft des Ober- und Unterspreewaldes mit seinen 47.500 ha Fläche entzieht der Spree an heißen Sommertagen tagsüber Wassermengen zwischen 4 und 8 m^3/s (Kapitel 5.7). Andererseits dient der Spreewald in den Wintermonaten auch als Wasserspeicher und kann auch Hochwasser gut abpuffern. Durch angepasste Bewirtschaftungsregeln in Bezug zum Durchfluss der Spree konnten in den Trockenjahren 2019 bis 2022 bereits erste Erfolge zur

Verringerung der sommerlichen Wasserverluste erreicht werden. So führt das LfU Brandenburg im Spreewald einen Versuch zur gezielten Absenkung von Wasserständen in Gebieten ohne Nutzung (auch in Staugürteln) durch, siehe Anhang (4). Aufgrund der vernetzten Gewässerstruktur, des flurnahen Grundwasserstandes und der spezifischen Landnutzung sind diesem Ansinnen jedoch natürliche Grenzen gesetzt. Das künftige Hauptziel besteht in der Umsetzung von Maßnahmen, mit denen in trockenen Sommern der Durchfluss der Spree am Pegel Leibsch stabilisiert werden kann.

11.2.7 Stützung des Wasserhaushalts

Am Spreewehr in Leibsch wird Spreewasser über den **Dahme-Umflutkanal** in das Einzugsgebiet der Dahme abgeschlagen. Die Wasserüberleitung dient der Stützung des Abflusses in der Dahme zur Sicherung der Schiffbarkeit der Dahme-Wasserstraße bis Berlin sowie dem Hochwasserschutz des Unterspreewaldes. Die mittlere Überleitungsmenge zur Dahme liegt bei 2,5 m^3/s (Tabelle 21). Bei einem geringen Wasserdargebot der Spree kann die Überleitung bis auf eine Mindestmenge von 0,5 m^3/s gedrosselt werden (Tabelle 21). In den Trockenjahren 2019 und 2022 wurde dies praktiziert. Die Wasserüberleitung zur Dahme verringert den Durchfluss im Spreeabschnitt zwischen Leibsch und Berlin. Nach Einmündung der Dahme in die Spree am Bilanzknoten Berlin-Köpenick steht das Wasser für Nutzungen wieder zur Verfügung. Im Hinblick auf das nachbergbauliche Wassermengendefizit der Spree ist zu prüfen, ob die Schiffbarkeit der Dahme-Wasserstraße zeitweilig, z. B. in anhaltenden Trockenperioden, oder dauerhaft mit geringeren Überleitungsmengen aus der Spree gewährleistet werden kann.

Die Oder ist über die schiffbare **Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals** mit der Spree verbunden (Kapitel 11.3.4). Die Anbindung an die Spree bzw. an die Oder erfolgt über die Schleusen Kersdorf und Neuhaus bzw. Eisenhüttenstadt. Die Versorgung der Scheitelhaltung mit Wasser erfolgt aufgrund der geringeren Hubhöhen überwiegend am Pumpwerk Neuhaus aus der Spree. Aufgrund der größeren Hubhöhe der Schleuse Eisenhüttenstadt verliert die Scheitelhaltung deutlich mehr Wasser in Richtung Oder, wodurch der Spree im Mittel etwa 0,5 m^3/s entzogen werden (Tabelle 21). Würde der Wasserbedarf der Schleuse Eisenhüttenstadt zeitweilig, z. B. in anhaltenden Trockenperioden, oder dauerhaft über das Pumpwerk Eisenhüttenstadt bereitgestellt, könnte die Wasserentnahme aus der Spree für die Scheitelhaltung verringert werden.

Zu den Stützungen gehört auch die Wasserversorgung von im Grundwasserabsenkungstrichter liegenden **wasserabhängigen Landökosystemen** sowie von Mooren und von kleinen Fließgewässern bis zum Zeitpunkt ihrer Grundwasseranbindung (Kapitel 6.2.3). Die dafür bereitzustellenden Wassermengen sind infolge ihrer gesetzlichen Grundlagen zu Schutz- und Erhaltungszielen von FFH/SPA/NSG- Gebieten in der Regel nicht verhandelbar.

11.2.8 Schleusen und Fischaufstiegsanlagen

Entlang der Spree zwischen Cottbus und Berlin befinden sich zahlreiche Schleusen und Wehranlagen. So finden sich allein im Spreewald mehr als 250 Wehranlagen zur Regulierung der Stauhaltung sowie rund 60 touristisch genutzte Schleusen. Im Spreeabschnitt zwischen dem Spreewald und Berlin befinden sich insgesamt 10 schiffbare Schleusen. Zur Gewährleistung der Fischdurchgängigkeit befinden sich an den meisten Schleusen und Wehranlagen sogenannte Fischaufstiegsanlagen. Zur Aufrechterhaltung ihrer Funktion benötigen Schleusen und Fischaufstiegsanlagen Wasser.

Der Wasserbedarf von Schleusen und Fischaufstiegsanlagen wird üblicherweise aus der fließenden Welle gedeckt und ist in den behördlich definierten Mindestabflüssen abgebildet (Tabelle 43). Nach Angaben des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Spree-Havel hat die Fischaufstiegsanlage an der Schleuse Große Tränke einen mittlere Wasserbedarf von rund

1,2 m^3/s. Die geplante Fischaufstiegsanlage an der Schleuse Mühlendamm in Berlin hat einen Wasserbedarf von rund 2,5 m^3/s. Eine Unterschreitung der Mindestabflüsse führt nicht automatisch zu einer Beeinträchtigung der Funktion von Schleusen und Fischaufstiegsanlagen. Durch den Weiterbetrieb der Anlagen bei Niedrigwasserverhältnissen wird allerdings die Einhaltung von Stauzielen erschwert, da das Wasser über die Schleuse oder Fischaufstiegsanlage an der entsprechenden Stauanlage vorbeifließt und nicht mehr für die Stauhaltung zur Verfügung steht. Dies kann zur Beeinträchtigung von wasserstandabhängigen Nutzungen, z. B. der Schifffahrt, führen (Kapitel 10.3.5). Zur Gewährleistung dieser Nutzungen kann bei der Unterschreitung von Mindestabflüssen der Betrieb von Schleusen und insbesondere von Fischaufstiegsanlagen zeitweilig eingeschränkt werden. Diese Maßnahme ist Teil des Landesniedrigwasserkonzepts des Landes Brandenburg, MULK (2021).

11.2.9 Flutung und Nachsorge der Bergbaufolgeseen

Die **Flutung und Nachsorge der Bergbaufolgeseen** werden derzeit und künftig ausschließlich aus der fließenden Welle der regionalen Fließgewässer gewährleistet. Die Flutung und Nachsorge der Bergbaufolgeseen erfolgen wasserwirtschaftlich nachrangig im Rang 4 und damit an letzter Stelle (Kapitel 9.2.1). Die Anwendung dieser Option impliziert jedoch eine Verlängerung der Flutungszeiträume mit spezifischen geotechnischen und hydrochemischen Risiken (Kapitel 7).

Da nach bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnissen die Gewässerverdunstung höher ist als die Landoberflächenverdunstung, gelten die entstehenden Bergbaufolgeseen als Verlustflächen für das Wasserdargebot (Kapitel 7.3.2). Die Verdunstungsverluste über Wasserflächen können z. B. mit schwimmender Photovoltaik (engl. Floating PV) gemindert werden, womit gleichzeitig ein Beitrag zur Energiewende geleistet werden könnte. Der Dargebotsgewinn ist allerdings marginal. Die Gewässerverdunstung über solarüberdachten Gewässerflächen wird nach verschiedenen Untersuchungen um maximal 30 % gemindert. Selbst wenn man als ambitioniertes Ziel 10 % der Fläche aller Bergbaufolgeseen in der Niederlausitz (Kapitel 7.3.2), immerhin etwa 25 km^2 bzw. 2.500 ha der Seeflächen, für schwimmende Photovoltaik nutzen würde, ergäbe sich eine Minderung um lediglich 3 % der Verluste durch die Gewässerverdunstung, mithin eine nicht relevante Größenordnung zur Verbesserung des Wasserhaushaltes.

Gewisse Freiheitsgrade bei der Gestaltung von Restseen bestehen in den derzeit aktiven Tagebauen der LEAG. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Hohlform eines Tagebaus in der Endstellung maßgeblich von den geologischen Lagerstättenbedingungen und entsprechend von der Technologie der Abraumgewinnung und -verkippung abhängig ist. Dem Ansatz, durch Minimierung der künftige Seefläche auch die Gewässerverdunstung zu minimieren, sind jedoch Grenzen gesetzt. Da die Volumendefizite durch die Kohleentnahme existent sind, ließen sich die Seeflächen nur durch nachträgliche erhebliche Massenbewegungen im zwei- bis dreistelligen Mio. m^3 Bereich verringern. Infrage hierzu kämen das Anlegen von sehr tiefen Seen mit sehr steilen Böschungen oder das nachträgliche Abtragen bereits rekultivierter Kippenflächen bis auf ein Grenzmaß hinsichtlich des nachbergbaulichen Grundwasserflurabstandes. Nach allgemeiner Fachmeinung und gestützt durch langjährige Erfahrungen der LMBV sind damit im Lockergesteinsbereich erhebliche geotechnische Risiken verbunden. Selbst bei Einsatz moderner Verfahren der Böschungsstabilisierung und der Oberflächenverdichtung von Kippen verbleiben latente Gefahren im Untergrund. Dies widerspricht den Anforderungen des BBergG an die Bergbaufolgelandschaft.

11.2.10 Metropolregion Berlin-Brandenburg

Die **Metropolregion Berlin-Brandenburg** wird hauptsächlich von den beiden Flüssen Havel und Spree mit Wasser versorgt. Mit dem Masterplan Wasser Berlin 2050 SenUVK (2021a) liegt

ein umfangreicher Maßnahmenkatalog zur Einsparung von Wasser vor. In den Handlungsoptionen wird auf das zu verbessernde länderübergreifende Zusammenwirken der an Havel und Spree liegenden Bundesländer hingewiesen. In diesem Masterplan wird unter Beachtung aller darin vorgeschlagenen wassersparenden Maßnahmen die Gewährleistung eines Mindestdurchflusses am Spreepegel Große Tränke begründet aufrechterhalten.

11.2.11 Zusammenfassende Bewertung

Für das Spreegebiet wird für die Sektoren Bewässerung, Industrie und Teichwirtschaften derzeit von einem summarische Wasserbedarf von im Mittel 6,2 m^3/s ausgegangen, wovon 3,9 m^3/s wieder in die Vorfluter zurückgeleitet werden (Kapitel 7.3.4.1). Der Nettowasserbedarf beläuft sich demnach auf 2,3 m^3/s. Durch geplante Industrieansiedlungen im Zuge des Strukturwandels wird sich der Wasserbedarf voraussichtlich um rund 1,2 m^3/s erhöhen (Kapitel 11.2.4). Eine anzustrebende Verringerung des prognostizierten Wasserbedarfs um 10 % bis 20 % würde zwar einen bilanziellen Beitrag leisten, die sich künftig weiter öffnende Schere zwischen Wasserdargebot und Wasserbedarf aber nur marginal beeinflussen. Wasser als wesentlicher **Standortfaktor** für einen erfolgreichen Strukturwandel wird deshalb im steten Wechselspiel zwischen Anstrengungen zur Verringerung des Wasserbedarfs und Neuansiedlungen stehen.

Fazit

Der sparsame Umgang mit Wasser ist in allen Sparten ein Gebot der ökologischen und wirtschaftlichen Vernunft. Das im Zusammenhang mit dem Kohleausstieg absehbare Wassermengendefizit kann durch die **Verringerung des Wasserbedarfs** nicht ausgeglichen werden.

11.3 Erhöhung des Wasserdargebots

11.3.1 Grundlagen

Ein wichtiges Stellglied zur Entspannung des Widerspruchs zwischen mangelndem und sich künftig verringerndem Wasserdargebot einerseits sowie einem ungedeckten Wasserbedarf andererseits ist die Wasserüberleitung aus benachbarten Flusseinzugsgebieten. Fernwasserüberleitungen zum Zwecke der Trinkwasserversorgung sind in Deutschland Praxis, z. B. die Bodensee-Wasserversorgung, die Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz, die Hessenwasser, die Harzwasserwerke, die Thüringer Fernwasserversorgung, die Wasserversorgung München und andere. Die Investitions- und Betriebskosten von Fernwasserleitungen zur Trink- und Brauchwasserversorgung werden durch den Wasserpreis realisiert. Zum Zwecke der Stützung des Wasserdargebotes in Flussgebieten werden dagegen Überleitungen nur selten praktiziert, da der wirtschaftliche Nutzen nicht direkt adressierbar ist. Ausnahmen bilden der Betrieb von Schleusen und die Scheitelwasserhaltung von Kanälen.

Das aufgrund seiner geographischen und hydrographischen Konstellation natürlicherweise dargebotsarme Einzugsgebiet der Spree wird im Osten von der Neiße, im Südwesten von der Elbe und im Westen von der Schwarzen Elster tangiert. Die hydrologische Konstellation der Schwarzen Elster ist wie das der Spree jedoch sehr ungünstig. Im oberen Einzugsgebiet der Schwarzen Elster besteht Wassermangel infolge der irreversiblen Eingriffe des Braunkohlenbergbaus in die Landschaft, wodurch Fließgewässer trockenfallen (Kapitel 7). Die ungünstige orographische Situation der Spree und der Schwarzen Elster zeigt sich nicht nur an den kleinen Einzugsgebieten am Eingang in die Bergbauregion, sondern auch an den niedrigeren spezifischen Abflussspenden im Vergleich zu den benachbarten Einzugsgebieten der Neiße, der Oder und der Elbe (Tabelle 48).

Tabelle 48: Vergleich der Flusseinzugsgebiete an relevanten Pegeln der Entnahme bzw. Einleitung zur Bewertung einer Fernwasserüberleitung

Daten: LfULG Sachsen, LfU Brandenburg, WSV

Kenngröße	Maß-einheit	Spree	Schwarze Elster	Elbe	Elbe	Neiße	Neiße	Oder
Nutzung	---	Einleitung	Einleitung	Entnahme	Entnahme	Entnahme	Entnahme	Entnahme
Pegel	---	Lieske	Neuwiese	Schöna	Torgau	Görlitz	Schlags-dorf	Eisen-hütten-stadt
Fluss-km	---	300+600	124+200	2+100	154+150	151+300	21+580	554+140
Einzugsgebiet	km²	778	669	51.391	55.211	1.633	3.146	52.033
Reihe	---	1927-2010	1955-2010	1976-2010	1891-2020	1913-2010	1989-2021	1920-2018
MQ	m³/s	4,5	2,9	314	336	17,2	22,9	298
q_{MQ}	L/s/km²	5,8	4,3	6,1	6,1	10,5	7,3	5,7
MNQ	m³/s	1,2	0,3	104	113	4,9	7,5	124
q_{MNQ}	L/s/km²	1,5	0,4	2,0	2,0	3,0	2,4	2,4

Die Idee der Wasserüberleitung aus benachbarten Flussgebieten in die Einzugsgebiete der Spree und Schwarzen Elster ist nicht neu (vgl. Abbildung 16 in Kapitel 5.2.3.1). Diese Idee wurde bereits vor den Studien GFI u. a. (2009) und GFI (2011) unterbreitet. Bislang wurden folgende Wasserüberleitungen im Zusammenhang mit der Gestaltung des nachbergbaulichen Wasserhaushaltes in der Niederlausitz diskutiert:

- aus der Elbe in die obere Spree und/oder obere Schwarze Elster (EÜL),
- aus der Neiße in die mittlere Spree (NÜL1 und NÜL2) und
- aus der Oder in die untere Spree (OÜL).

Die Betrachtungen zur **Elbewasserüberleitung** (EÜL) in GFI u. a. (2009) und GFI (2011) zielten darauf ab, ob eine kontinuierliche Überleitung für die Flutung der Restseen der LMBV wirksam gemacht werden kann. Das Projekt wurde damals in Abstimmung der LMBV mit den Ländern und mit dem Gewinnungsbergbau nicht weiterverfolgt. Mit der Umsetzung des Kohleausstiegsgesetzes wird die Diskussion zur Elbewasserüberleitung neu belebt. Gemäß Kapitel 7 rückt jedoch nunmehr eine Überleitung vorwiegend in dargebotsreichen Zeiten zum Auffüllen der Speicher und in das obere Einzugsgebiet der Spree in den Fokus (Kapitel 11.3.2).

Mit der **Neißewasserüberleitung** NÜL1 wurde technisch und genehmigungsrechtlich ein Präzedenzfall für eine Fernwasserüberleitung im Sinne einer Dargebotserhöhung mit konkreter Zweckbestimmung, in diesem Fall die Flutung der Erweiterten Restlochkette, geschaffen (Kapitel 11.3.3). Von der Pumpstation Steinbach an der Neiße können über den Neugraben, den Weißen Schöps und den Schwarzen Schöps in der Spitze theoretisch 2 m^3/s Wasser in die Spree übergeleitet werden. Für den veränderten Nutzungszweck wäre die Zustimmung der Republik Polen erforderlich.

Die Spree ist über die Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals mit der Oder verbunden. Bereits mit der bestehenden Infrastruktur kann eine **Oderwasserüberleitung** OÜL zur Stützung des Wasserdargebots im Unterlauf der Spree bis Berlin umgesetzt werden (Kapitel 11.3.4). Die

Machbarkeit und Wirkung der Oderwasserüberleitung zur Stützung des Abflusses am Pegel Große Tränke/Spree wurde bereits in BfG (2015) untersucht.

Bei einer Überleitung aus einem Flussgebiet in ein anderes Flussgebiet sind hydrologische Limitationen sowohl auf der Entnahme- als auch auf der Empfängerseite zu berücksichtigen. Diese führen dazu, dass der beabsichtigte hydrologische Effekt (Wirkungsgrad) der Überleitung meist deutlich niedriger als der technisch-hydraulisch mögliche Effekt ist. Die Wirksamkeit einer Überleitung lässt sich durch die Nutzung von Speichern deutlich erhöhen (Kapitel 11.4.2 und 11.4.3), weshalb eine Wasserüberleitung zur Dargebotserhöhung nie ohne Speicher gedacht werden darf.

Einen davon abweichenden Charakter haben Überleitungen zur Ergänzung oder zum Ersatz einer genutzten Ressource, vorrangig von Trinkwasser. In diesem Zusammenhang ist grundsätzlich vorstellbar, dass das bislang aus Uferfiltrat gewonnene Trinkwasser, das künftig aus Gründen des verringerten Dargebots oder der ungenügenden Wasserbeschaffenheit nicht mehr bereitstellbar ist, aus alternativen Quellen zugeführt wird. Im Zusammenhang mit dem gesellschaftlichen Diskurs zur Wasserversorgung der Metropolregion Berlin/Brandenburg wurden zur alternativen Wasserbereitstellung folgende Vorschläge in die Diskussion eingebracht:

- Wasserüberleitung aus der Ostsee nach einer Meerwasserentsalzung,
- Wasserüberleitung aus einem Binnensee in Mecklenburg-Vorpommern oder
- Wasserentnahme aus geeigneten Grundwasserressourcen im benachbarten Bundesland Brandenburg.

Diese Alternativen werden im Rahmen der vorliegenden Studie nicht betrachtet.

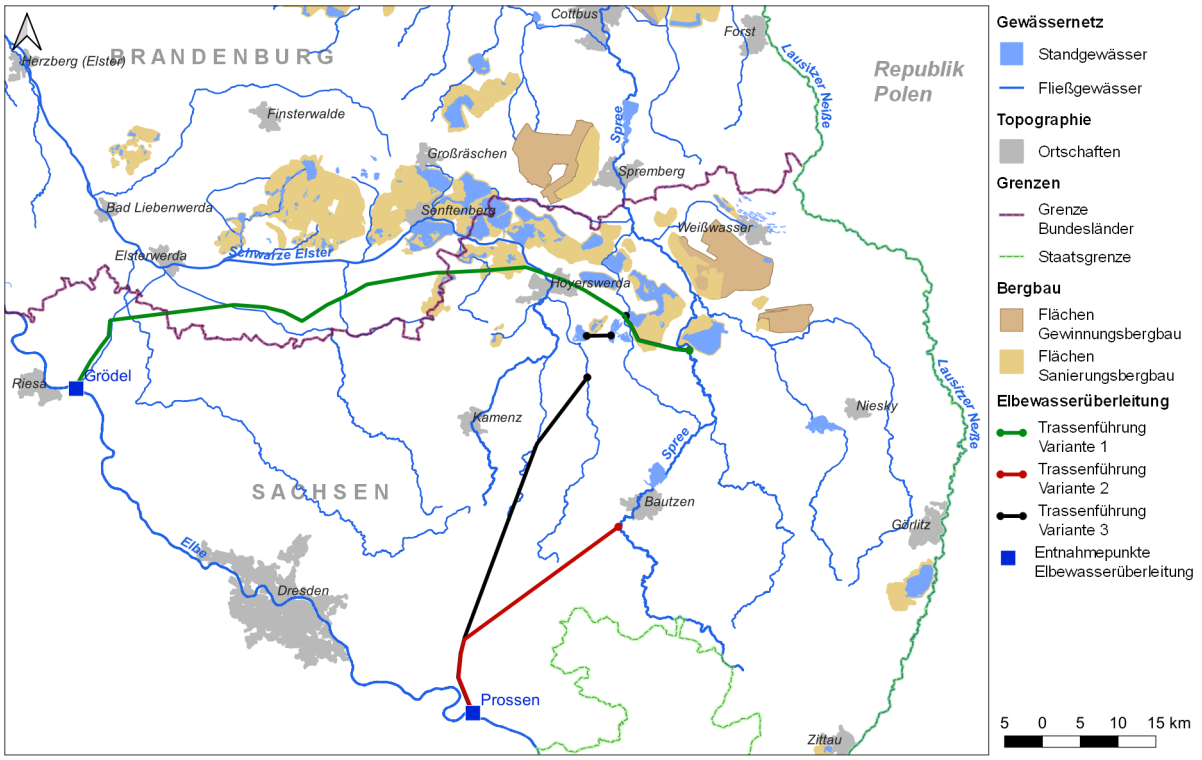
11.3.2 Wasserüberleitung aus der Elbe

Im Rahmen der bisherigen Untersuchungen zur Elbewasserüberleitung wurden drei mögliche Überleitungsvarianten betrachtet (Tabelle 49 und Abbildung 86):

- Die Entnahme aus der Elbe bei Grödel, die Weiterleitung in einer Druckrohrleitung bis zum Speicher Knappenrode, der Abschlag in die Schwarze Elster und eine anteilige Überleitung in die Spree.
- Die Wasserentnahme aus der Elbe bei Prossen, die Weiterleitung in einem Tunnel zur Spree oberhalb der TS Bautzen.
- Die Wasserentnahme aus der Elbe bei Prossen, die Weiterleitung in einem Tunnel und in einer Druckleitung zum Speicher Knappenrode und eine anteilige Überleitung in die Spree.

Abbildung 86: Varianten der Elbewasserüberleitung

Geodatenquellen siehe Tabelle 2
Trassenführung der Überleitungen nach GFI u. a. (2009) und GFI (2011)



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Tabelle 49: Varianten der Elbewasserüberleitung

Δh Höhendifferenz
Q hydraulische Kapazität
DRL Druckrohrleitung
HL Heberleitung
RL Rohrleitung

Var.	Entnahmestelle	Abschläge bzw. Einleitung	Abschnitt	Länge in km	Ausführung und Dimension	Δh in m	Q in m³/s
1	Grödel	Pulsnitz Schwarze Elster Kleine Spree Spree	Elbe → Knappenrode	84	DRL DN2000	38	3,5
			Knappenrode →Lohsa I	3	HL DN2000	8	2,0
			Lohsa I → Spree	10	DRL DN2000	13	2,0
2	Prossen	Spree Schwarze Elster	Elbe-Tunnel	0,4	DRL DN2200	50	3,5
			Elbe → Spree bei Doberschau-Gaußig	30	Tunnel DI3500 im freien Gefälle		
			Lohsa I → Knappenrode	3	DRL DN2000	8	2,0

Var.	Entnahmestelle	Abschläge bzw. Einleitung	Abschnitt	Länge in km	Ausführung und Dimension	Δh in m	Q in m³/s
3	Prossen	Schwarze Elster Kleine Spree Spree	Elbe-Tunnel	0,4	DRL DN2200	17	3,5
			Elbe → Hoyerswerdaer Schwarzwasser bei Königswartha	44	Tunnel DI3500 im freien Gefälle		
			Königswartha → Knappenrode	10	im freien Gefälle		
			Knappenrode → Lohsa I	3	HL DN2000	8	2,0
			Lohsa I → Spree	10	DRL DN2000	8	2,0

Quelle: nach GFI u. a. (2009) und GFI (2011)

In der ersten Variante (V1-BTUC-K3) sollte bei Grödel Elbewasser entnommen und über eine Druckrohrleitung zum Speicher Knappenrode geleitet werden. Auf der Überleitungsstrecke waren Abschläge in die Pulsnitz und in die Schwarze Elster vorgesehen. Die Überleitung in das Einzugsgebiet der Spree sollte über eine Heberleitung vom Speicher Knappenrode zum Speicher Lohsa I erfolgen. Über eine weitere Druckrohrleitung könnte das Wasser bis zur Spree oberhalb des Speichers Bärwalde geführt werden. Mit der Variante sollte das Wasserdargebot in den Einzugsgebieten sowohl der Schwarzen Elster als auch der Spree gestützt werden.

In der zweiten Variante (V2a-TUBAF-K3-5) würde im Hafen Prossen unterhalb von Bad Schandau Elbewasser entnommen und über eine kurze Druckrohrleitung bis zu einem Tunnel gehoben werden. Nachfolgend würde das Wasser in einem Tunnel im freien Gefälle zur Spree zwischen Gnaschwitz und Doberschütz oberhalb der Talsperre Bautzen geleitet. Für die Wasserüberleitung in das Einzugsgebiet der Schwarzen Elster war eine Druckrohrleitung vom Speicher Lohsa I zum Speicher Knappenrode vorgesehen. Von dieser Variante der Wasserüberleitung würde die Spree bereits oberhalb der Talsperren Bautzen profitieren.

In der dritten Variante (V2b-TUBAF-K3) würde ebenfalls im Hafen Prossen Elbewasser entnommen und über eine kurze Druckrohrleitung bis zu einem Tunnel gehoben werden. Im Tunnel sollte das Wasser im freien Gefälle bis nach Schmerlitz fließen und von dort in einer Druckrohrleitung bis zum Speicher Knappenrode gepumpt werden. Aus dem Speicher Knappenrode könnte Wasser über eine Heberleitung in den Speicher Lohsa I und damit in das Einzugsgebiet der Spree übergeleitet werden. Weiterhin war eine Druckrohrleitung vom Speicher Lohsa I bis zur Spree oberhalb des Speichers Bärwalde vorgesehen.

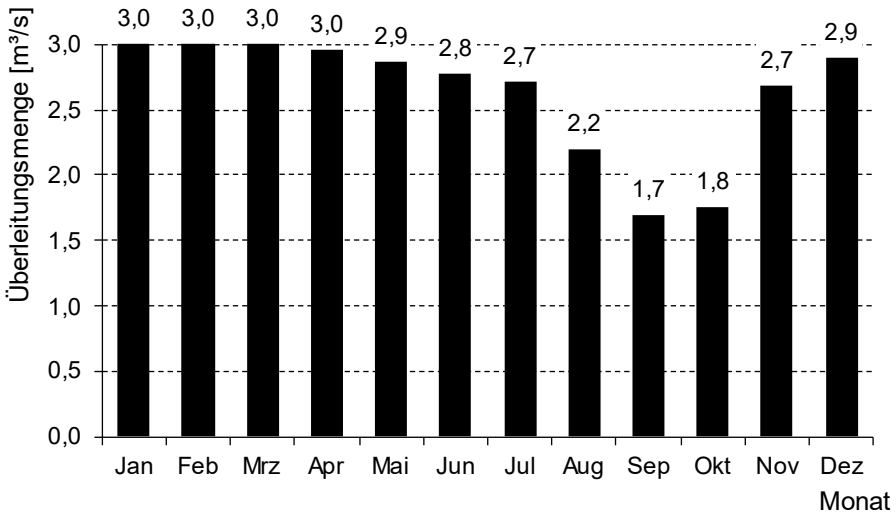
In den Untersuchungen GFI u. a. (2009) und GFI (2011) wurden die Varianten 1 und 3 als Vorzugsvarianten ermittelt. Die Argumente für die Vorzugsvarianten waren die Nutzung des Speichers Knappenrode zum Ausgleich von Überleitungsdiskontinuitäten, die Stützung des Wasserdargebots der Schwarzen Elster zur Wasserbereitstellung für die Erweiterte Restlochkette, die Möglichkeit zur Stützung des Einzugsgebiets der Spree mit dem Speicher Bärwalde und dem Speichersystem Lohsa II sowie die im Vergleich zur Variante 2 günstigeren Höhenlagen und dem geringeren Energiebedarf für den Pumpbetrieb. Die Aussagen wurden im Kontext der damaligen Zielstellung für die Elbeüberleitung, die Wasserbereitstellung für die Flutung der Restlöcher des Sanierungsbergbaus der LMBV, getroffen.

Unter Berücksichtigung der veränderten wasserwirtschaftlichen Rahmenbedingungen im Lausitzer Braunkohlenrevier, insbesondere des fortgeschrittenen Flutungsstandes der LMBV und des beschlossenen Kohleausstiegs, sind die vorgeschlagenen Varianten neu zu bewerten. Die Untersuchungen im Kapitel 7 haben vor allem Wasserdefizite im Einzugsgebiet der Spree

identifiziert. Außerdem sind die Lösungen in der Tabelle 49 mit zwei bis fünf Teilsträngen in der Steuerung anspruchsvoll und im Betrieb aufwändig. Die Tunnellösung von der oberen Elbe bis zur Spree oberhalb der Talsperre Bautzen (Variante 2 nach Tabelle 49) wird aus hydrologischen Gründen favorisiert.

Für eine Überleitung von Elbewasser mit einer Kapazität von 3 m^3/s mit verschiedenen Varianten von Entnahme- und Einleitungsprofilen (Tabelle 49) wurden bereits Untersuchungen angestellt und Kostenschätzungen vorgenommen, GFI (2011). Die Wasserverfügbarkeit des Überleitungswasser aus der Elbe am Profil Grödel wurde in GFI u. a. (2009) mit etwa 88 % bewertet (Abbildung 87). Die Angaben gehen auf Untersuchungen der BTU Cottbus im Rahmen des GLOWA-Elbe-Projektes zurück, Koch et al. (2009). Die zugrundeliegenden Abflüsse entsprechen einer Klimaerwärmung im Jahr 2045 nach einem 2K-Star-Klimaszenario (PIK Potsdam). Danach könnten unter mittleren wasserwirtschaftlichen Bedingungen in 7 von 12 Monaten nahezu 3 m^3/s aus der Elbe entnommen werden. Dabei sind Wassernutzungen bis einschließlich zum Querschnitt Torgau vorrangig berücksichtigt, wie die Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz oder der Durchfluss in der Elbe mit Bezug auf den gleichwertigen Wasserstand von 89 Zentimeter am Pegel Torgau für die Schifffahrt (vgl. Tabelle 16 und Tabelle 17 im Anhang (2). Die Entnahmestelle befindet sich bei diesen Untersuchungen am Querschnitt Grödel, oberhalb des Pegels Riesa (Variante 1). In den Varianten 2 und 3 wurde das Elbewasser im Hafenbecken Prossen, ca. 15 Kilometer unterhalb des Pegels Schöna, entnommen. Der Vergleich der Hauptzahlen benachbarter Elbepegel zeigt keinen relevanten Unterschied bezüglich des Wasserdargebots (Tabelle 50). Die für die Entnahmestelle Grödel getroffenen Aussagen zur Wasserverfügbarkeit (Abbildung 87) haben somit auch für die Entnahmestelle Prossen Gültigkeit.

Abbildung 87: Verfügbare mittlere Überleitungsmenge am Querschnitt Grödel der Elbe bei einer hydraulischen Kapazität der Überleitung von 3 m^3/s für die klimatischen Bedingungen des Jahres 2045 bei einem 2K-Star-Klimaszenario



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB in Anlehnung an Koch et al. (2009)

Tabelle 50: Ausgewählte Stammdaten und Hauptzahlen von Pegeln der Elbe

Pegel	Fluss-km	Reihe	Fläche des Einzugs-gebietes in km²	MNQ in m³/s	MQ in m³/s
Schöna	2+100	1955-2010	51.391	104	314
Torgau	154+200	1891-2020	55.211	113	336
Neu Darchau	536+440	1874-2020	131.950	270	699

Ein Einfluss auf den Sedimenteintrag aus der Nordsee in den Hafen Hamburg durch die Elbewasserüberleitung zur Spree ist nicht anzunehmen. Dafür sprechen die Daten des Pegels Neu Darchau (Tabelle 50). Neu Darchau liegt oberhalb des Wehres Geesthacht, ab dem die Tide der Nordsee auf die Elbe wirkt. Der mittlere Niedrigwasserdurchfluss wie auch der mittlere Durchfluss sind um mehr als das Doppelte größer als am Pegel Schöna. Ein Teil des entnommenen Wassers kommt der Elbe über die Havel wieder zugute, da die Hauptnutzer im Spreegebiet Mindestabflüsse und Überleitungen ohne Verluste sind.

Im Unterschied zur Sichtweise in GFI u. a. (2009) und GFI (2011) sehen die Autoren der vorliegenden Studie einen viel dringenderen Bedarf zur Überleitung des Elbewassers in das Einzugsgebiet der Spree in Hinblick auf die höherwertigen Nutzungen im Spreewald und in der Metropolregion Berlin als nur den Ausgleich von Versickerungsverlusten in der Schwarzen Elster. Als Einleitstelle der Elbewasserüberleitung wäre ein Profil in der Spree im oberen Einzugsgebiet der Spree im Zulauf der Talsperre Bautzen zu favorisieren. Damit können die Talsperren Bautzen und Spremberg sowie alle Speicher im oberen Einzugsgebiet der Spree bedient werden.

11.3.3 Wasserüberleitungen aus der Lausitzer Neiße

In DGFZ (1997) wurde herausgearbeitet, dass die Fremdflutung das wirksamste Mittel ist, um die Tagebaurestlöcher des Sanierungsbergbaus in einen gefahrlosen, ökologisch verträglichen und wasserwirtschaftlich bzw. öffentlich nutzbaren Zustand in die Bergbaufolgelandschaft einzugliedern. Weiterhin wurde festgestellt, dass das Wasserdargebot in den Einzugsgebieten der Spree und Schwarzen Elster für eine zügige Flutung aller Tagebaurestlöcher nicht genügt und die Bereitstellung zusätzlicher Wasserressourcen aus anderen Einzugsgebieten notwendig ist. Auf dieser Grundlage wurde die Neißewasserüberleitung (NÜL1) bei Steinbach geplant, gebaut und im April 2006 in Betrieb genommen.

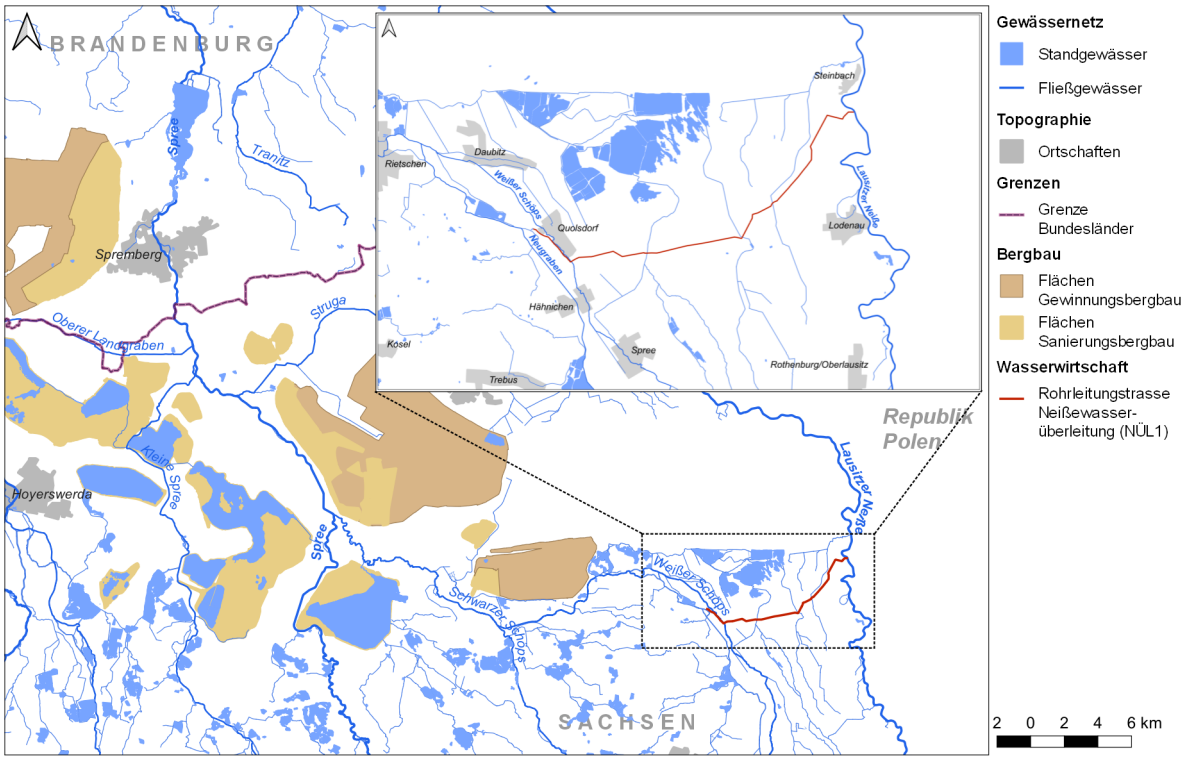
Die Neißewasserüberleitung NÜL1 dient der Flutung der Erweiterten Restlochkette im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster. Dafür wird aus der Lausitzer Neiße in Steinbach maximal 2 m^3/s Wasser entnommen und über eine ca. 11 km lange Druckrohrleitung DN1.400 in den Neugraben bei Quolsdorf übergeleitet (Abbildung 88). Über den Neugraben gelangt das Wasser in den Weißen Schöps, der über den Schwarzen Schöps in die Spree mündet. An der Pumpstation Spreewitz wird das Wasser aus der Spree entnommen, in den Oberen Landgraben eingeleitet und zu den Seen der Erweiterten Restlochkette im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster geführt. Eine Wasserentnahme aus der Lausitzer Neiße über die NÜL1 ist gestaffelt erst ab einem Durchfluss über 10 m^3/s am Pegel Görlitz möglich.

Die Entnahme von Wasser aus der Lausitzer Neiße zur Flutung der Erweiterten Restlochkette ist in einem Staatsvertrag mit der Republik Polen geregelt. Für die entnommenen Wassermengen wird die Republik Polen von der LMBV finanziell entschädigt. In den zehn hydrologischen Jahren von 2012 bis 2021 hat die LMBV im Mittel etwa 0,1 m^3/s bzw. in Summe ca. 32 Mio. m^3 Neiße-

wasser für die Flutung der Erweiterten Restlochkette entnommen. Die Entnahmen fanden überwiegend in den hydrologischen Jahren 2019 bis 2021 statt. In den hydrologischen Winterhalbjahren wurde mehr Neißewasser entnommen als in den Sommerhalbjahren (Abbildung 89).

Abbildung 88: Trassenführung der Neißewasserüberleitung NÜL1

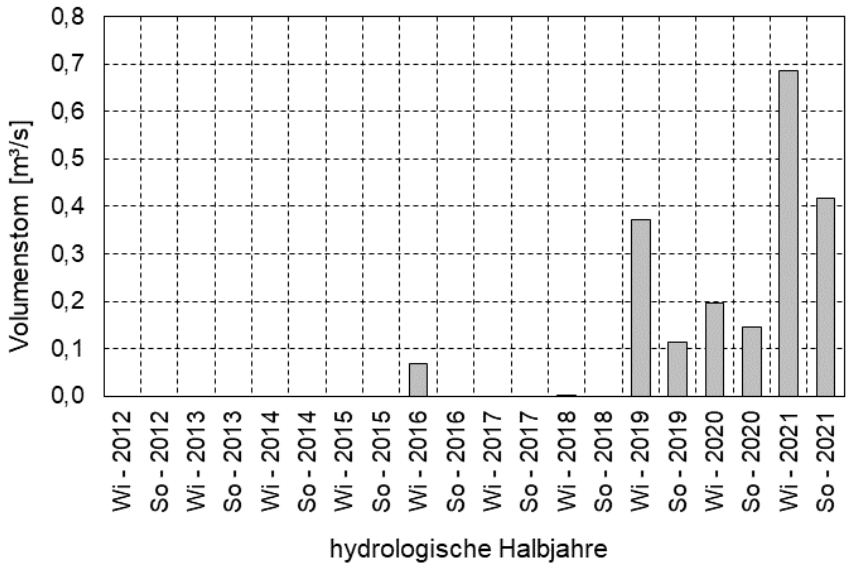
Geodatenquellen siehe Tabelle 2
Trassenführung Neißewasserüberleitung von LMBV



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Abbildung 89: Mittelwerte der Wasserentnahmen aus der Lausitzer Neiße an der Pumpstation Steinbach

Datenquelle: LMBV, Datenzeitraum: hydrologische Jahre 2012 bis 2021

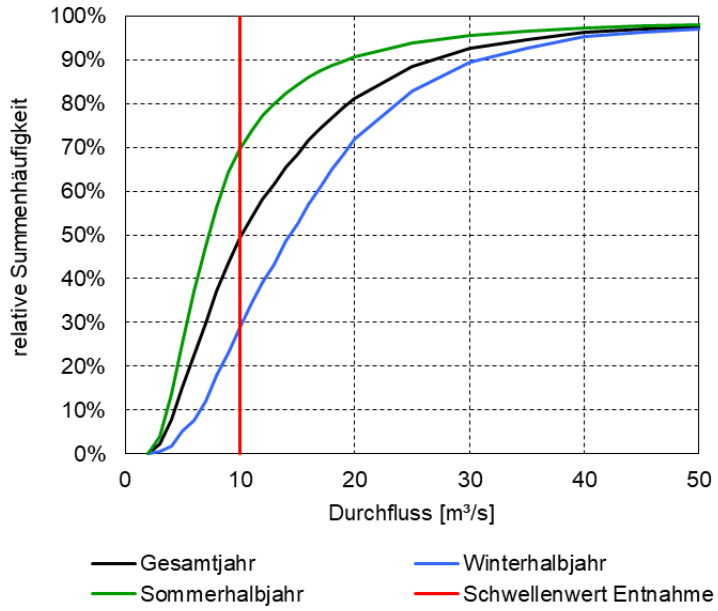


Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Die Nutzung der Neißewasserüberleitung hängt maßgeblich vom Wasserdargebot der Lausitzer Neiße ab. Die Auswertung der am Pegel Görlitz erfassten Durchflüsse der Lausitzer Neiße zeigt, dass der Schwellenwert für die Wasserentnahme von 10 m^3/s in einem hydrologischen Jahr in rund 50 % der Fälle überschritten wird. Die Überschreitungen liegen überwiegend in den hydrologischen Winterhalbjahren. In den hydrologischen Sommerhalbjahren wird der Schwellenwert nur in rund 30 % der Fälle überschritten (Abbildung 90). Wird der Schwellenwert für die Wasserentnahme als Mindestdurchfluss nach der Wasserentnahme interpretiert, wäre unter den Verhältnissen der hydrologischen Jahren 2002 bis 2021 eine Wasserentnahme aus der Lausitzer Neiße von jahresdurchschnittlich 0,9 m^3/s, in den hydrologischen Winterhalbjahren von 1,3 m^3/s und in den hydrologischen Sommerhalbjahren von 0,5 m^3/s, theoretisch realisierbar gewesen.

Abbildung 90: Summenkurven des Durchflusses der Lausitzer Neiße am Pegel Görlitz in den 20 hydrologischen Jahren 2002 bis 2021 für das hydrologische Gesamtjahr sowie die hydrologischen Sommer- und Winterhalbjahre mit dem Schwellenwert für die Nutzung der Neißewasserüberleitung

Datenquelle: LfULG Sachsen, Datenzeitraum: hydrologische Jahre 2002 bis 2021



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Zur Bereitstellung von Wasser für die Flutung der in den Tagebauen Reichwalde, Nochten und Welzow-Süd entstehenden BFS ist ebenfalls die Nutzung der Neißewasserüberleitung NÜL1 vorgesehen. Berechnungen des WBalMo-Ländermodells LM200320_03 zeigen, dass nach dem Kohleausstieg unter Beachtung der Mindestdurchflüsse in der Neiße (vgl. Tabelle 18 im Anhang (2) im Jahresmittel ca.1,5 m^3/s in das Spreegebiet übergeleitet werden können. Die Flutung könnte in diesem Fall um 15 Jahre verkürzt und gleichzeitig die Auffüllung des Grundwasserdefizits beschleunigt werden.

Der im Tagebau Jänschwalde bislang raumordnerisch festgelegte Bergbaufolgesee Taubendorf soll nach Angaben der LEAG in drei kleinere Bergbaufolgeseen aufgeteilt werden (Kapitel 6.1.3). Die Bergbaufolgeseen Heinersbrück und Jänschwalde liegen im Einzugsgebiet der Spree. Der dadurch verkleinerte Bergbaufolgesee Taubendorf soll nach derzeitigen Planungen aus der Lausitzer Neiße geflutet werden (Kapitel 6.1.3). Über eine Entnahmestelle nördlich der Stadt Forst sollen aus dem nahegelegenen Neißekanal bis zu 2 m^3/s in den Bergbaufolgesee geleitet werden. Die Überleitungskapazität der sogenannten NÜL2 kann aufgrund des nahezu doppelt so

großen Einzugsgebietes nach DHI-WASY (2013) auch bei gleichzeitigem Betrieb der Neißewasserüberleitung NÜL1 bei Steinbach nahezu ganzjährig ausgelastet werden.

Die bestehende Neißewasserüberleitung NÜL1 bei Steinbach bietet sich auch zur Erhöhung des Wasserdargebots in der Spree an. Dabei ist zu beachten, dass die Lausitzer Neiße und die Spree vergleichbare orographische und hydrographische Verhältnisse haben, d. h. ein hohes und ein niedriges Dargebot treten in beiden Fließgewässern häufig synchron auf. Das in der NÜL1 übergeleitete Neißewasser fließt derzeit an den meisten Speichern im oberen Spreegebiet (Bärwalde und Lohsa II) vorbei und kann nur in der Talsperre Spremberg eingespeichert werden. Um die Überleitungsmengen der NÜL1 für die Speicherbewirtschaftung nutzbar zu machen, muss eine Verbindung zu den Speichern hergestellt werden (Kapitel 11.4.4).

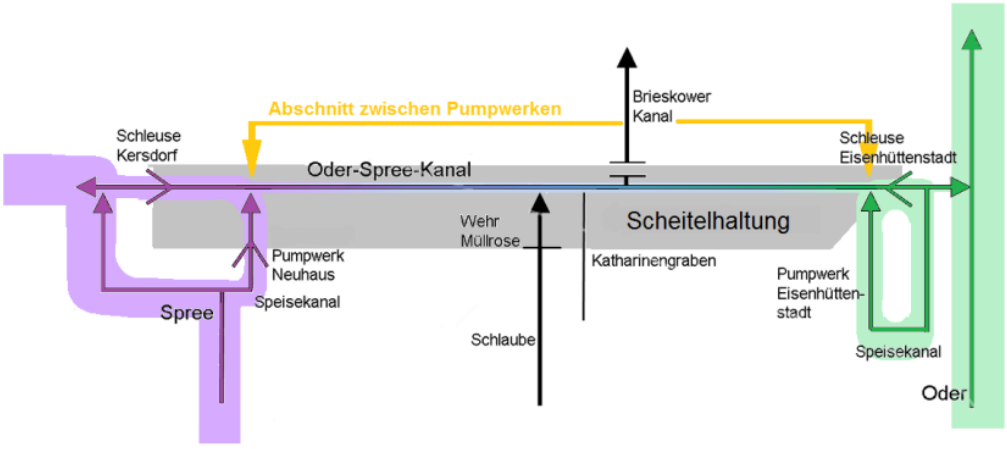
Die zur Flutung des Bergbaufolgesees Taubendorf geplante Neißewasserüberleitung NÜL2 kann nach Flutungsabschluss ebenfalls zur Stützung des Wasserdargebots im unteren Einzugsgebiet der Spree einschließlich des Spreewaldes genutzt werden. Die Neißewasserüberleitung NÜL2 muss dafür in das Gewässernetz, z. B. die rückverlegte Malxe, eingebunden werden. Ein entscheidender Nachteil der NÜL2 besteht darin, dass das Neißewasser mangels Speicher nur zur bedarfsabhängigen Stützung des Wasserdargebots (just in time) im unteren Einzugsgebiet der Spree einschließlich im Spreewald genutzt werden kann.

Die im polnischen Tagebau Turów künftig verbleibende Hohlform soll ebenfalls aus der Lausitzer Neiße geflutet werden, wodurch das nutzbare Wasserdargebot der Lausitzer Neiße entsprechend beansprucht wird. Dadurch wird die Leistungsfähigkeit der NÜL1 zeitweilig eingeschränkt. Konkrete Planung zur Außerbetriebnahme und Flutung des Tagebaus Turów sind bislang nicht bekannt.

11.3.4 Wasserüberleitung aus der Oder

Die Oder ist über die rund 38 Kilometer lange schiffbare Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals mit der Spree verbunden. Die Scheitelhaltung zweigt bei Kersdorf von der Spree ab und mündet bei Eisenhüttenstadt in die Oder (Abbildung 92). Die Scheitelhaltung ist über die Schleusen Kersdorf (mittlere Hubhöhe 1,20 Meter) und Neuhaus (mittlere Hubhöhe 1,25 Meter) mit der Spree und über die Schleuse Eisenhüttenstadt (mittlere Hubhöhe 12,70 Meter) mit der Oder verbunden (Abbildung 91). In die Scheitelhaltung münden mehrere Nebengewässer ein, z. B. die Schlaube und der Katharinengraben, bzw. werden daraus gespeist, z. B. der Brieskower Kanal.

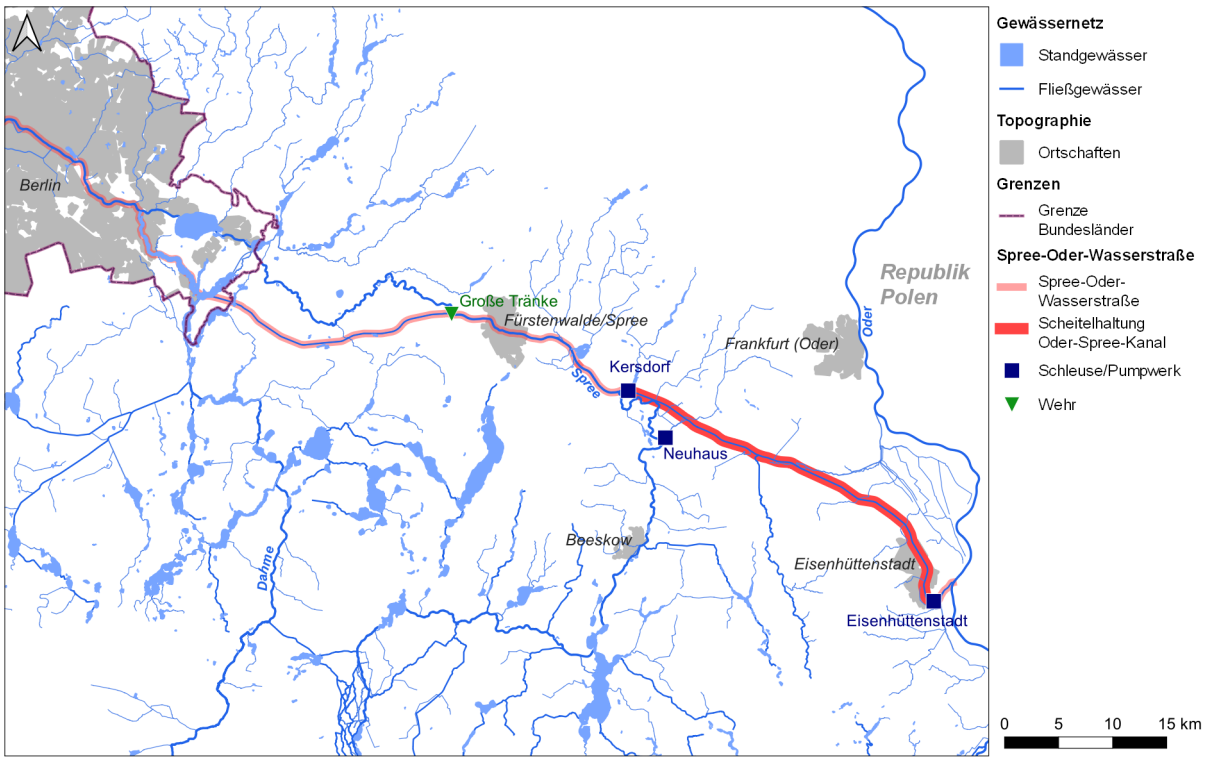
Abbildung 91: Systemskizze der Scheitelhaltung der Spree-Oder-Wasserstraße mit ihren für die Bewirtschaftung relevanten Gewässern und Anlagen



Bildquelle: BfG (2015)

Abbildung 92: Übersicht des Gewässersystems östlich von Berlin mit der Spree-Oder-Wasserstraße und der Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals mit den relevanten Schleusen und Bilanzprofilen

Geodatenquellen siehe Tabelle 2

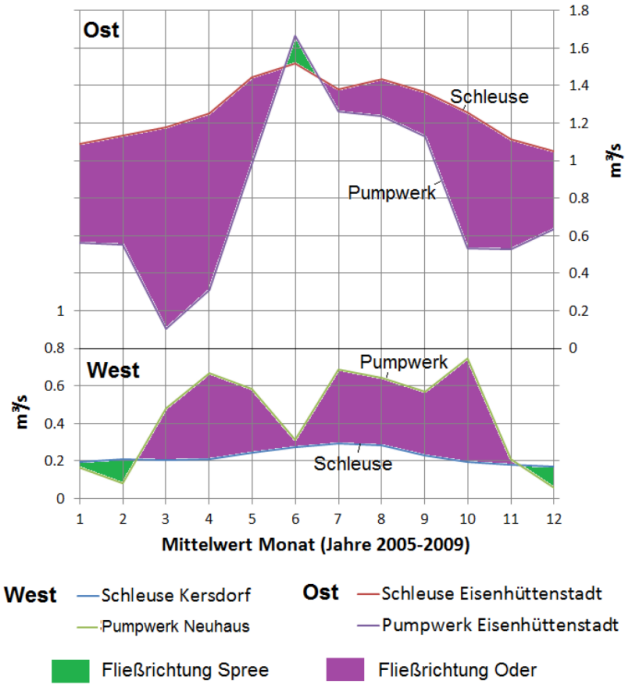


Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Die Versorgung der Scheitelhaltung mit Wasser erfolgt aufgrund der niedrigeren Hubhöhen überwiegend am Pumpwerk Neuhaus aus der Spree. Bei geringem Wasserdargebot in der Spree, z. B. in sommerlichen Niedrigwasserperioden, kann die Scheitelhaltung alternativ über das Pumpwerk Eisenhüttenstadt mit Oderwasser versorgt werden. Die Schleuse in Eisenhüttenstadt zur Oder hat aufgrund der größeren Hubhöhe einen deutlich größeren Wasserbedarf als die Schleusen Kersdorf und Neuhaus zur Spree. Diese Differenz wird durch die Pumpwerke aber nicht ausgeglichen (Abbildung 93). Durch die Bewirtschaftung der Scheitelhaltung wird der Spree Wasser entzogen und der Oder zugeführt. Die Bewirtschaftung der Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals ist in den wasserwirtschaftlichen Planungen für die Spree als Bedarfsträger mit einem Nettowasserbedarf von 0,5 m^3/s berücksichtigt (Tabelle 21).

Durch eine Anpassung der Bewirtschaftungsweise der Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals kann das Wasserdargebot der Spree erhöht werden. Im einfachsten Fall ist der Wasserbedarf der Schleuse Eisenhüttenstadt durch die Oder am Pumpwerk Eisenhüttenstadt auszugleichen (Kapitel 11.2.7). Bei entsprechend höherer Einspeisung am Pumpwerk Eisenhüttenstadt kann das Wasserdargebot der Spree durch die Überleitung von Oderwasser auch erhöht werden. Dieses Wasser kann dann über die Schleusen Kersdorf und Neuhaus in die Spree eingespeist werden.

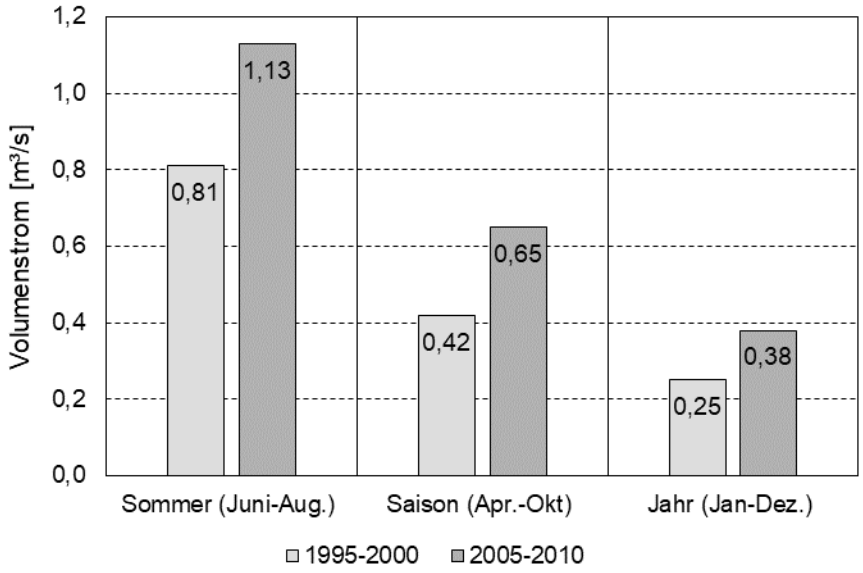
Abbildung 93: Pump- und Schleusungswasser an den beiden Enden der Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals als Monatsmittel der Jahre 2005 bis 2009



Bildquelle: BfG (2015)

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) hat in BfG (2015) Untersuchungen zu einer potenziellen Oderwasserüberleitung (OÜL) durchgeführt. Dabei wurden für zwei Zeitfenster, die Kalenderjahre 1995 bis 2000 sowie 2005 bis 2010, die zur Einhaltung des Mindestdurchflusses von 8 m^3/s am Pegel Große Tränke in der Spree notwendigen Überleitungsmengen ermittelt (Abbildung 92 und Abbildung 94). In den sommerlichen Niedrigwasserperioden sind die notwendigen Überleitungsmengen mit durchschnittlich 1,13 m^3/s (2005 bis 2010) bzw. 0,81 m^3/s (1995 bis 2000) am höchsten. Die höheren Überleitungsmengen im Zeitraum von 2005 bis 2010 waren auf die im Vergleich zum Zeitraum 1995 bis 2000 bereits verringerten Sümpfungswassereinleitungen aus dem Braunkohlenbergbau in die Spree zurückzuführen. In BfG (2015) wurden zudem die stofflichen Auswirkungen einer Oderwasserüberleitung OÜL auf die Spree untersucht. Bei einer Überleitung von Oderwasser in die Spree entsprechend Abbildung 94 ist in der Spree mit einem Konzentrationsanstieg von Nitrat, Chlorid, Gesamtphosphor, Sauerstoff und Chlorophyll a zu rechnen. Für die Kennwerte Ammonium und Sulfat wurde eine Konzentrationsverringerung ermittelt. Die festgestellten Beschaffenheitsveränderungen waren für die Gesamtbewertung der Gewässergüte nicht relevant. Für die tatsächliche Umsetzung einer Oderwasserüberleitung sind entsprechend BfG (2015) Investitionen am Pumpwerk Eisenhüttenstadt (Sanierung des Kanalprofils, Erweiterung des Pumpwerkes) sowie an der Schleuse Kersdorf (Schaffung einer schleusungsunabhängigen Ableitung) erforderlich.

Abbildung 94: Zur Aufhöhung der Spree benötigte Oderwassermenge für die Einhaltung eines Mindestdurchflusses von 8 m³/s am Pegel Große Tränke in den Zeiträumen 1995-2000 und 2005-2010



Bildquelle: nach BfG (2015)

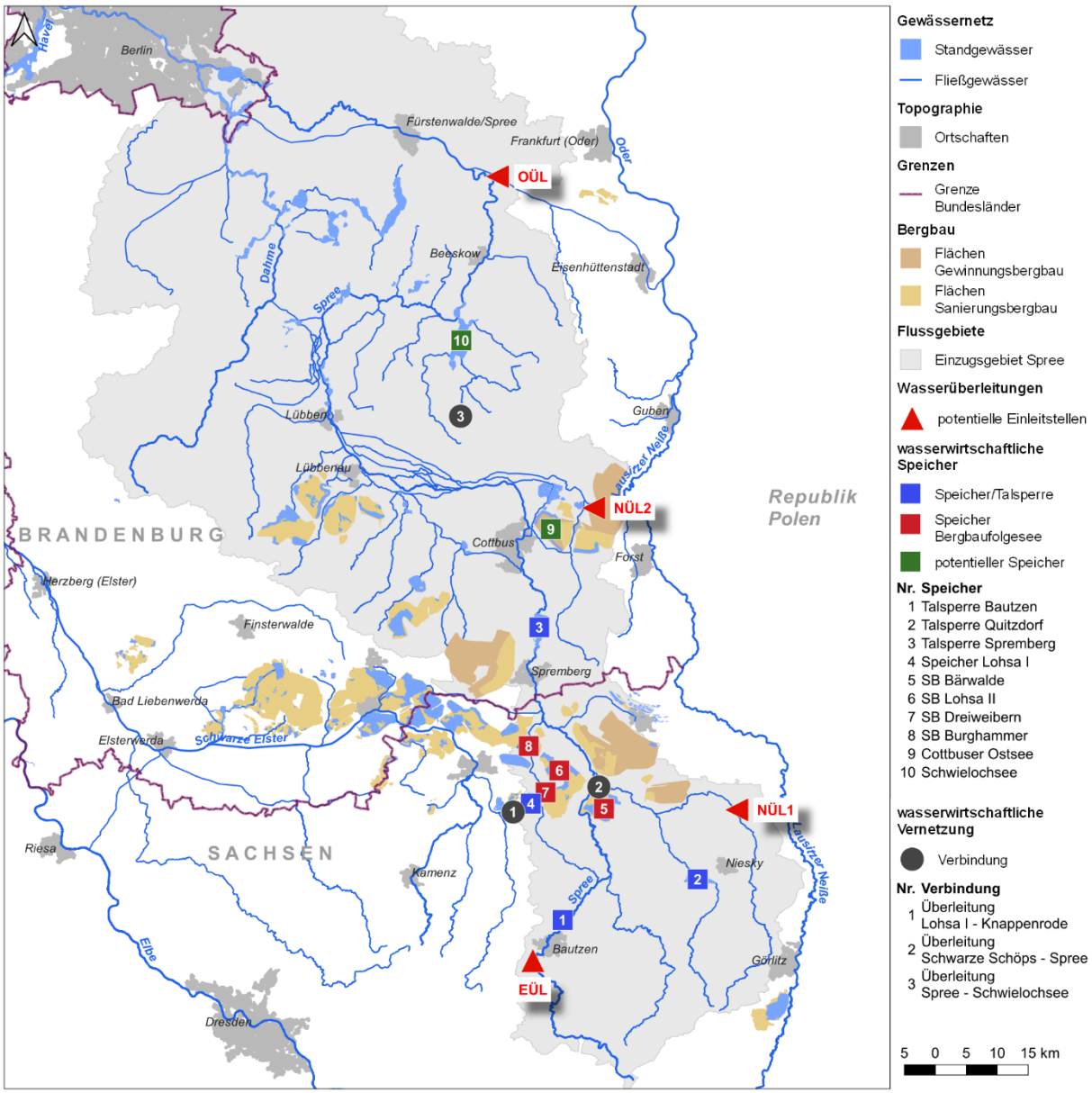
Die in Eisenhüttenstadt vorhandenen Anlagen der Scheitelwasserhaltung können grundsätzlich auch zur Stützung des Wasserdargebots in der unteren Spree, vorrangig für die Müggelspree, genutzt werden. Durch die Überleitung von Oderwasser ließe sich der Durchfluss an dem für Berlin maßgeblichen Spreepegel Große Tränke stützen. Das Wasserdargebot der Oder am Pegel Eisenhüttenstadt lag in den hydrologischen Jahren 1920-2018 im Mittel bei 298 m^3/s (Tabelle 48) und stellt damit kein Limit für die höheren Überleitungsmengen dar. Der Einfluss höherer Überleitungsmengen auf den Wasserstand und damit auf die Schiffbarkeit der Oder kann derzeit nicht eingeschätzt werden.

11.3.5 Zusammenfassende Bewertung

Hinsichtlich der Verfügbarkeit der Wasserressourcen und der zu bevorteilenden Gewässerabschnitte weist von den betrachteten Überleitungsvarianten die Elbewasserüberleitung (EÜL) die größten hydrologischen Vorteile auf. Nach Einschätzung der Autoren sollte die Elbewasserüberleitung bevorzugt als Tunnelbauwerk zwischen der Entnahmestelle Prossen an der Elbe und der Einleitstelle in die Spree oberhalb von Bautzen mit einer Kapazität von 3 bis 4 m^3/s ausgebaut werden (Kapitel 11.3.2). Durch Einleitung in das obere Einzugsgebiet der Spree kann das übergeleitete Elbewasser für die Bewirtschaftung sämtlicher Speicher an der Spree genutzt werden (Abbildung 95). Die Stützung des Wasserdargebots im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster kann über die bestehende Pumpstation Spreewitz in Verbindung mit dem Oberen Landgraben oder durch eine noch zu errichtende Überleitung vom Speicher Lohsa I zum Speicher Knappenrode realisiert werden (Kapitel 11.4.4).

Abbildung 95: Lage potenzieller Einleitstellen für Wasserüberleitungen aus anderen Flussgebieten und Lage der wasserwirtschaftlichen Speicher im Flussgebiet der Spree

Geodatenquellen siehe Tabelle 2



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

Weiterhin sollte die bestehende Neißewasserüberleitung bei Steinbach NÜL1 zur Stützung des nachbergbaulichen Wasserdargebots der Spree zusätzlich genutzt werden. Um das übergeleitete Neißewasser für die Speicherbewirtschaftung nutzbar zu machen, ist eine Verbindung zwischen dem Schwarzen Schöps und dem Speichersystem Lohsa II herzustellen (Kapitel 11.4.4 und Abbildung 95).

Zur Flutung des Bergbaufolgesees Taubendorfer See im Tagebau Jänschwalde ist eine weitere Neißewasserüberleitung NÜL2 nördlich von Forst mit einer maximalen Kapazität von 2 m^3/s geplant. Die NÜL2 kann nach Flutungsabschluss ebenfalls für die Stützung des Wasserdargebots im mittleren Einzugsgebiet der Spree einschließlich dem Spreewald dauerhaft weiter genutzt werden (Abbildung 95). Das übergeleitete Wasser kann nur zur bedarfsabhängigen Stützung (just in time) eingesetzt werden.

In heißen und trockenen Sommermonaten verdunsten ca. vier Fünftel des Niedrigwasserabflusses der Spree im Spreewald (Kapitel 5.7). In diesen Fällen steht zu befürchten, dass die Niedrigwasseraufhöhung aus Speichern und Wasserüberleitungen im Oberlauf der Spree bereits im Spreewald aufgezehrt wird und keine Wirkung mehr auf den Unterlauf der Spree entfaltet. Durch eine Verbindung zwischen der Spree bei Fehrow und dem Schwielochsee (Kapitel 11.4.4 und Abbildung 95) kann zumindest eine teilweise Wirkung für den Unterlauf der Spree sichergestellt werden. Über diesen Nebenschluss kann ein Teil des Spreedurchflusses am Spreewald vorbeigeleitet und zur Sicherung der Durchflüsse im Unterlauf der Spree genutzt werden.

Die Überleitung von Oderwasser OÜL bietet sich zur bedarfsabhängigen Stützung des Wasserdargebots im Unterlauf der Spree, insbesondere für die Müggelspree, an. Im Unterschied zu den Wasserüberleitungen aus der Elbe EÜL und aus der Neiße NÜL1 kann das Oderwasser nicht für die Speicherbewirtschaftung genutzt werden (Abbildung 95). Die Überleitung von Oderwasser muss somit bedarfsabhängig (just in time), z. B. zur Einhaltung des Mindestdurchflusses der Spree am Pegel Große Tränke, in den Sommermonaten erfolgen.

Unabhängig davon werden alle vier Überleitungskonzepte für notwendig und hilfreich erachtet, um die künftigen Ressourcenprobleme in der Spree im Zusammenhang mit dem Kohleausstieg konfliktarm und nachhaltig zu lösen. Eine zusätzliche Verknappung der saisonalen Wasserverfügbarkeit in Erwartung des Klimawandels erhöht die Dringlichkeit der Wasserüberleitungsprojekte zusätzlich.

Aspekte der Wasserbeschaffenheit werden bei den vorgeschlagenen Wasserüberleitungen aus den benachbarten Flussgebieten nicht vertiefend betrachtet. Der aktuelle Zustand der in Betracht gezogenen Fließgewässer wird gelegentlich als Ausschlussargument für die Wasserüberleitung in die Diskussion eingebracht. Dem ist formal zu entgegnen, dass die Überleitmengen immer nur eine Teilmenge der Volumenströme in den bevorteilten Fließgewässern darstellen werden. Des Weiteren ist insbesondere bei der favorisierten Elbewasserüberleitung (Kapitel 11.3.2) mit mindestens zwei Jahrzehnten für die Entscheidungsfindung, die Planung, die Genehmigung und den Bau zu rechnen. In dieser Zeit sollte es gelingen, die ambitionierten Ziele der EG-WRRL bezüglich eines guten ökologischen und chemischen Zustandes der Fließgewässer, der per Gesetzeslage für spätestens 2027 vorgesehen war, zu erreichen.

Fazit

Wasserüberleitungen aus anderen Einzugsgebieten sind aufgrund der erschließbaren Wasserressourcen die maßgeblichen Optionen zum Ausgleich des zukünftigen Wassermengendefizites in den Flussgebieten der Spree und der Schwarzen Elster. Aus hydrologischen Gründen wird die **Elbewasserüberleitung** favorisiert. Die Wasserüberleitungen sind nur in Verbindung mit einer **Speicherbewirtschaftung** zielführend. Aufgrund der langen Planungs- und Umsetzungszeiträume sind dazu **zeitnah** die notwendigen politischen **Grundsatzentscheidungen** zu treffen.

11.4 Optimierung der Wasserverfügbarkeit

11.4.1 Grundlagen

Hinter der Optimierung der Wasserverfügbarkeit steht vor allem eine gezielte Speicher- und Ressourcenbewirtschaftung. Diese Aufgabe ist mit den Maßnahmen zur Erhöhung des Wasserdargebots (Kapitel 11.3) zu verknüpfen.

11.4.2 Optimierung bestehender Speicherräume

Wenn es gelingt, an der Spree Speicherräume in einer Größenordnung von ca. 178 Mio. m^3 zu schaffen und diese zu füllen (Kapitel 7.5), lässt sich der Dargebotsrückgang durch die entfallenen

Sümpfungswassereinleitungen (Kapitel 6.1.3) während der Phase 6 sowie den Dargebotsrückgang infolge der irreversiblen Landschaftsumgestaltung (Kapitel 7.3.2) und der Wirkungen des Klimawandels während der Phasen 6 und 7 dauerhaft kompensieren. Unabhängig von den noch zu schaffenden Speicherkapazitäten bis 178 Mio. m^3 zeigt eine kritische Inventur der Betriebs- und Speicherräume im Spreeeinzugsgebiet, dass bestenfalls die Hälfte der bereits vorhandenen Speicherkapazitäten tatsächlich verfügbar ist (Abbildung 96). Die in den Talsperren vorgesehenen Reserve- und Hochwasserrückhalteräume wurden bei der Betrachtung nicht berücksichtigt. Die wasserwirtschaftliche Aufgabe muss deshalb darin bestehen:

- derzeit bestehende Speicherrestriktionen aufzuheben,
- die nutzbaren Speicherräume zu maximieren,
- die Speicheranbindung zu optimieren und
- unnötige Wasserverluste aus den Speichern zu verhindern.

1. Aufhebung von Speicherrestriktionen

Auf einzelnen Speichern im Einzugsgebiet der Spree liegen unterschiedliche Restriktionen (Tabelle 29), die zu der o. g. Diskrepanz zwischen den nominellen und den real verfügbaren Speicherräumen führen.

Das **Speicherbecken Lohsa II** (LMBV) kann derzeit nur zwischen etwa +111,0 und +115,5 m NHN bewirtschaftet werden. Das obere Limit orientiert sich an geotechnischen und naturschutzfachlichen Forderungen. Das untere Limit ist zur Vermeidung weitere Massenumlagerungen von Kippensanden im Bereich des Auslauftunnels zum Speicher Burghammer geotechnisch begründet. Anstelle eines theoretisch verfügbaren Betriebsraumes von 61 Mio. m^3 stehen somit im Speicherbecken Lohsa II derzeit tatsächlich nur 25 Mio. m^3 mithin weniger als 40 % zur Verfügung. Darüber hinaus verliert das SB Lohsa II beim Einstau enorme Mengen Wasser in die nördlich angrenzende Spreewitzer Rinne (siehe unten).

Das **Speicherbecken Bärwalde** (LMBV) wurde nach DIN 19700 unter Berücksichtigung eines 10.000-jährigen Hochwassers planfestgestellt. Dadurch muss die Lamelle von +124,0 bis +125,00 m NHN als Hochwasserrückhalteraum (ca. 13 Mio. m^3) freigehalten werden, der damit als Speicherraum für die Niedrigwasseraufhöhung nicht zur Verfügung steht. Hinderlich für eine hohe Speicherauslastung ist derzeit noch der auf eine maximale Kapazität von nur 3 m^3/s begrenzte Ausleiter in den Schwarzen Schöps, der durch ein neues Hochwasserentlastungsbauwerk ersetzt werden soll.

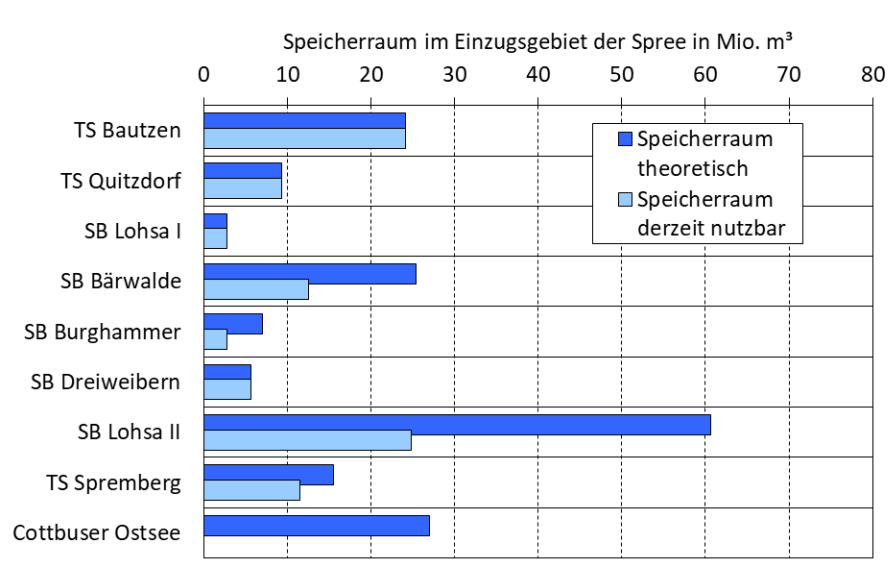
Der Betriebsraum des **Speicherbeckens Burghammer** ist derzeit aus wassergütewirtschaftlichen Erwägungen auf eine Lamelle zwischen +108,2 NHN und +108,8 NHN mit einem Volumen von 2,8 Mio. m^3 begrenzt (Tabelle 29).

Der Betriebsraum der **Talsperre Spremberg** ist zur Gewährleistung eines sicheren Eisenrückhaltes derzeit zwischen +90,0 und +92,0 m NHN und damit auf knapp 12 Mio. m^3 begrenzt (Tabelle 29).

Die Aufhebung der Restriktionen ist in allen genannten Beispielen von unterschiedlichen Rand- und Rahmenbedingungen abhängig und mittelfristig kaum realisierbar. Zum Beispiel setzt die Ertüchtigung des Speichers Lohsa II den Bau einer Dichtwand voraus, die nach derzeitigem Planungsstand der LMBV frühestens 2038 fertiggestellt wird. Die Nutzung des gesamten Betriebsraumes der Talsperre Spremberg setzt die Lösung des Eisenproblems voraus, dessen Bestandteil u. a. eine Dichtwand am Nordufer des Speichers Lohsa II ist.

Abbildung 96: Theoretisch nutzbarer und aufgrund von Restriktionen derzeit tatsächlich nutzbarer Speicherraum im Einzugsgebiet der Spree

Für die Talsperren sind die bewirtschaftbaren Betriebsräume dargestellt.
Für die Bergbaufolgeseen sind die bewirtschaftbaren Speicherräume dargestellt.



Bildquelle: Eigene Darstellung IWB

2. Maximierung von Speicherräumen

Die Erweiterung bestehender Speicher hat wirtschaftliche Vorteile gegenüber dem Neubau von Speichern. Nachfolgend werden Beispiele für die Erweiterung von Speicherräumen an bereits existierenden Speichern und Talsperren benannt und bewertet.

Die **Talsperre Spremberg** wirkt als Sedimentfalle für die Spree. Diese Funktion wurde mit der Verockerung der Spree (Kapitel 8.4.1) sogar in einem vorteilhaften Sinne wirksam. Aufgrund der morphologischen Bedingungen der Talsperre erfolgen die Sedimentablagerungen vorwiegend im Bereich der Stauwurzel und damit im Betriebsraum der Talsperre. Während der inzwischen über 55-jährigen Nutzungsdauer der Talsperre Spremberg haben sich nach konservativer Schätzung etwa 4 Mio. m^3 Sedimente in der Stauwurzel akkumuliert. Im Zusammenhang mit der Verockerung der Spree und der Talsperre Spremberg wurden Forderungen nach einer Sedimentberäumung in der Talsperre Spremberg erhoben. Durch Beräumung der Sedimente ließe sich ein etwa gleichgroßer Zugewinn für den Betriebsraum erzielen.

In einer vom LfU Brandenburg beauftragten Studie soll geprüft werden, ob sich der **Stauraum der Talsperre Spremberg** durch Anhebung des Stauzieles vergrößern lässt. Die Ergebnisse dieser Studie lagen zum Redaktionsschluss nicht vor.

Der Sanierungsbergbau muss sich zahlreichen geotechnischen Herausforderungen stellen, wozu vor allem Sackungen, Setzungen und Setzungsfließen gehören. Die geotechnischen Risiken können durch die Verfüllung von Randschläuchen und das Auffüllen von Geländetieflagen gemindert werden. Durch die extensive Kohleentnahme besteht in der nachbergbaulichen Landschaft jedoch ein chronisches Massendefizit. Zur Massengewinnung wird der Rückbau von Außenhalden erwogen. Durch den teilweisen Abbau der **instabilen Insel im Speicher Lohsa II** bis auf ein Niveau von +107,5 m NHN (bis 2 Meter unter das untere Stauziel) lassen sich theoretisch ca. 18 Mio. m^3 Erdmassen für andere geotechnische Zwecke und gleichzeitig ein zusätzlicher Betriebsraum von 15 Mio. m^3 für den Speicher gewinnen. Vergleichbare Wirkungen

ließen sich mit einer Massenumlagerung im Speicher Lohsa II im Zuge der Verfüllung der Tieflagen erzielen. Dafür geeignete technische Lösungen werden derzeit im Speicher Niemtsch (Senftenberger See) praktiziert.

3. Optimierung der Speicheranbindung

In aller Regel werden Speicher im freien Gefälle an die Fließgewässer angebunden. Vorteilhaft erweist sich in der Lausitz auch die Verbindung der Speicher untereinander. Die Bewirtschaftung von Speichern im Pumpbetrieb sollte aus energetischer Sicht der Ausnahmefall sein, jedoch nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Die Tabelle 51 enthält geeignete Vorschläge.

Ein entscheidender Nachteil der Neißewasserüberleitung NÜL1 (Kapitel 11.3.3) ist die fehlende Möglichkeit, das Wasser in Speicher einzustapeln, mit Ausnahme der Talsperre Spremberg. Durch die Herstellung einer Verbindung zwischen dem Schwarzen Schöps und der Spree oberhalb des Wehres Bärwalde können Neißewasser und Wasser des Schwarzen Schöps in den Speicher Lohsa II eingeleitet werden (Tabelle 51). Für die Verbindung zwischen beiden Flüssen kann die Infrastruktur der LEAG zur Versorgung des Kraftwerkes Boxberg (Wehre, Pumpstation und Rohrleitungen) genutzt werden. Die Hubhöhe beschränkt sich auf ca. 3 Meter.

Die Schwarze Elster fällt zwischen Hoyerswerda und Senftenberg in den Sommermonaten sehr häufig trocken. Die Ursachen liegen in der Begradigung der Schwarzen Elster und ihrer Verlegung außerhalb der Tallinie im Zuge des Aufschlusses der Tagebaue Laubusch (vormals Erika), Bluno, Skado, Koschen und Niemtsch sowie in ihrer Lage oberhalb des Grundwasserspiegels im Zusammenhang mit den nachbergbaulichen Stauzielen in den entsprechenden Bergbaufolgeseen. Vom Trockenfallen besonders betroffen ist der Flussabschnitt der Schwarzen Elster zwischen dem Wehr Kleinkoschen und Senftenberg aufgrund der bevorzugten Bewirtschaftung des Speichers Niemtsch. Durch Anbindung des Geierswalder Sees an die Schwarze Elster mittels einer Pumpstation kann jederzeit eine Niedrigwasserführung gesichert werden (Tabelle 51). Die Ressourcen in den Seen der erweiterten Restlochkette sind ausreichend groß. Die Hubhöhe beschränkt sich auf zwei bis maximal drei Meter. Die Maßnahme lässt sich nur im Zusammenhang mit der Abdichtung der Niedrigwasserrinne im entsprechenden Abschnitt der Schwarzen Elster wirtschaftlich nachhaltig darstellen (Kapitel 11.5.2).

Tabelle 51: Vorschläge zur Optimierung der Speicheranbindung

Fluss-gebiet	Fluss bzw. Fließ	Speicher bzw. Bergbau-folgesee	Bauwerk	Empfehlung	Hydraulische Hubhöhe in m
Spree	Schwarzer Schöps	Lohsa II	Umwidmung der Pumpstation am Kraftwerk Boxberg	Überleitung vom Schwarzen Schöps in die Spree oh. des Wehres Bärwalde mit max. 2 m³/s	2-3 m
Schwarze Elster	Schwarze Elster	Erweiterte Restloch-kette	Wehr Kleinkoschen	Pumpstation zur Überleitung in die Schwarze Elster mit einer Kapazität von max. 1 m³/s	2-3 m

Zur maximalen Abschöpfung von Hochwasserwellen sollten Zuleiter zu wasserwirtschaftlich genutzten Speichern und Bergbaufolgeseen wasserbaulich-hydraulisch entsprechend großzügig dimensioniert werden. Die bestehenden Zulaufbauwerke sollten in diesem Kontext überprüft und ggf. angepasst werden.

4. Verringerung von Wasserverlusten

Besonders bei hohen Stauzielen in Talsperren und Speichern kommt es zum Abstrom ins Grundwasser. Bilanziell geht dieses Wasser dem Einzugsgebiet zwar nicht verloren, es steht jedoch für die Flussgebietsbewirtschaftung nicht zur Verfügung. Ein exponiertes Beispiel hierfür ist der Speicher Lohsa II. Er verliert bereits bei einem niedrigem Stauniveau von +113 m NHN permanent mindestens 0,3 m^3/s Wasser als Abstrom in das Grundwasser. Bei intensivem Einstau des Speichers nimmt der Abstrom kurzzeitig bis auf 2 m^3/s zu. Besonders problematisch ist diese Konstellation deshalb, weil die Versickerungsverluste in die Spreewitzer Rinne erfolgen und hier als Treiber der diffusen Stoffeinträge in die Spree wirken (Kapitel 8.4.1). Zur Lösung beider Probleme, einerseits der enormen Versickerungsverluste und andererseits der Verockerung der Spree, wurde der Bau einer Dichtwand am Nordufer des Speichers Lohsa II vorgeschlagen, IWB (2012) und IWB (2020). Nur bei Ausführung dieser Dichtwand kann das Verockerungsproblem in der Spree beherrscht und zugleich ein vorteilhafter Nebeneffekt für den Speicher Lohsa II, wie die Verringerung der Versickerungsverluste, erzielt werden.

11.4.3 Schaffung zusätzlicher Speicherräume

Im Sinne der Wirtschaftlichkeit der Wasserbewirtschaftung sind die Speicher in einem Flusseinzugsgebiet auf das Wasserdargebot abzustimmen. Im Idealfall können in einem Flussgebiet im Winterhalbjahr die Betriebsräume der Speicher regelmäßig gefüllt und im Sommerhalbjahr daraus ein Dargebot zur Niedrigwasseraufhöhung der Fließgewässer zur Verfügung gestellt werden. Eine Verbundbewirtschaftung (Kapitel 11.4.4) und die Wasserüberleitung aus benachbarten Flussgebieten (Kapitel 11.3.2 und 11.3.3) lösen die Abhängigkeit zwischen einem Speicher und dem Dargebot seines Einzugsgebietes auf.

Im Kapitel 7 wurde die Notwendigkeit von Speicherräumen im Umfang von 178 Mio. m^3 im Spreegebiet begründet. Die vollständige Herstellung dieser Speicherräume ist aufgrund der in den Abschnitten 7.5 und 11.4.2 dargestellten Restriktionen mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Gleichzeitig ist Vorsorge für den Klimawandel zu treffen. Gleiches gilt für die Schwarze Elster, die gegenwärtig nur den Speicher Niemtsch (Senftenberger See) und nach Abschluss der Sanierung den Knappensee als Speicherraum besitzt. Aus Gründen der Risikominimierung ist es deshalb geboten, die sich mit der Bergbausanierung und dem Kohleausstieg bietenden Möglichkeiten zu nutzen, die Einzugsgebiete der Spree und Schwarzen Elster komfortabel mit Speichern auszustatten. Zusätzliche Speicherräume lassen sich auf unterschiedliche Weise erschließen:

- durch den Neubau von Speichern,
- durch den Ausbau von Bergbaufolgeseen zu Speichern sowie
- durch die Umwidmung natürlicher Seen in Speicher.

1. Neubau von Speichern

Im Einzugsgebiet der **Schwarzen Elster** wurde bereits in den 1960er Jahren die Erschließung zusätzlicher Speicher geprüft, AfW (1965). Planungen aus den 1960er Jahren weisen potenzielle Speicherstandorte aus, die für die sommerliche Niedrigwasseraufhöhung einen Betriebsraum von ca. 17 Mio. m^3 bereitstellen können (Tabelle 52). Es ist zu prüfen, ob die örtlichen Gegebenheiten an den Standorten der potenziellen Wasserspeicher im oberen Einzugsgebiet der Schwarzen Elster noch den Bedingungen der 1960er Jahre entsprechen oder durch Bebauung, Rohstoffgewinnung etc. einer wasserwirtschaftlichen Nutzung bereits dauerhaft entzogen sind.

Tabelle 52: Mögliche Speicher im oberen Flussgebiet der Schwarzen Elster

Standort	Vorfluter	Natürliches Einzugs-gebiet in km²	Speicher-inhalt in Mio. m³	Fläche in km²	Mittlere Abgabe in m³/s	Mittlere Abgabe in Mio. m³/a
Uhyst am Taucher	Klosterwasser	22,6	2,5	0,57	0,18	5,7
Caseritz	Klosterwasser Kleinhähnchener Wasser	63,2	4,2	1,40	0,41	12,9
Deutsch-baselitz	Schwarze Elster	86,4	6,0	2,40	0,65	20,5
Coblenz	Großhänchener Wasser	7,8	2,2	0,20	0,07	2,1
Zeisholz	Ruhlander Schwarzwasser	148,0	2,5	1,30	0,72	22,7
Summe			17,4		2,03	63,9

Quelle: AfW (1965)

Im Einzugsgebiet der **Spree** bestehen aus naturräumlicher und hydrologischer Sicht keine Möglichkeiten zur Errichtung weiterer Speicher. Im Einzugsgebiet der Spree existieren bereits zahlreiche Talsperren (Bautzen, Quitzdorf und Spremberg) und Speicher (Lohsa I, Bärwalde, und das WSS Lohsa).

2. Ausbau von Bergbaufolgeseen zu Speichern

Der **Bergbaufolgesee Reichwalde** soll über eine Anbindung an den Weißen Schöps unter anteiliger Nutzung der NÜL1 geflutet werden. Die Ableitung soll über Floßgraben und Legnitzka zur Neiße erfolgen. Eine Speicheroption ist nicht vorgesehen und für die Neiße nicht erforderlich.

Der **Bergbaufolgesee Nochten** eignet sich aufgrund seiner geografischen Höhenlage nicht als Speicher. Dieser kann unter Nutzung der eigenen Bilanzüberschüsse geringe Wassermengen zur Niedrigwasseraufhöhung des Unterlaufs der Struga vorhalten (Tabelle 53).

Tabelle 53: Morphometrische Eckdaten des künftigen Bergbaufolgesees im Tagebau Nochten

Kennwert	Maßeinheit	Wert
Zielwasserstand	m NHN	+118,0
Seevolumen	Mio. m³	720
Seefläche	ha	2.017
Oberirdisches Einzugsgebiet	km²	ca. 30
Mittlerer Bilanzüberschuss	m³/s	0,15
	Mio. m³/a	4,7

Der Bergbaufolgesee **Welzow** wird über ein kleines Einzugsgebiet verfügen. Er liegt wie der Bergbaufolgesee Nochten ebenfalls auf einer geografischen Hochlage. Eine Speicherbewirtschaftung kommt nur für die lokale Niedrigwasseraufhöhung in Frage.

Von den drei Bergbaufolgeseen im Tagebauraum **Jänschwalde** ist wegen der Topografie allenfalls der Bergbaufolgesee Heinersbrück als Speicher mit eher kleinem Volumen geeignet, indem dieser im Nebenschluss an die Malxe angeschlossen wird. Damit ließe sich zumindest die Malxe als östlicher Zufluss zum Spreewald bewirtschaften.

Der **Cottbuser Ostsee** (LEAG) ist seit Herbst 2018 hergerichtet und zu reichlich 50 % (Stand: Dezember 2022) volumenanteilig geflutet. Im Jahre 1997 wurde im Raumordnungsverfahren geprüft, ob Altplanungen zum Speicherausbau aus den 1970er Jahren auch zukünftig Bestand haben könnten. Die Prüfungen kamen zum Ergebnis, dass eine Speichernutzung nur dann darstellbar ist, wenn die Neißewasserüberleitung NÜL1 dauerhaft als Dargebot zur Verfügung steht. Im Raumordnungsverfahren wurde diese Frage nicht abschließend entschieden. Jedoch wurde den beiden Bergwerksunternehmen LAUBAG und LMBV verbindlich aufgegeben, die Uferböschungen für eine Wasserspiegelschwankung von +61,8 bis +63,5 m NHN sicher herzurichten. Mit diesem raumordnerischen Ziel behielt sich das Land Brandenburg die Speicheroption offen. Alle Uferböschungen sind mittlerweile so hergerichtet. Im wasserrechtlichen Planfeststellungsverfahren zum Gewässerausbau des Cottbuser Ostsees wurde die Frage nach einem Speicher erneut abgewogen. Dabei stand unter den Aspekten der Geotechnik und des Hochwasserschutzes eine nutzbare Staulamelle von 1,0 Meter zwischen +62,0 und +63,0 m NHN bzw. von 1,5 Meter bis +63,5 m NHN, was einem Speicherraum von rund 19 bzw. 27 Mio. m^3 entspricht, zur Diskussion.

Die Obere Wasserbehörde des Landes Brandenburg als verfahrensführende Behörde teilte in ihrer Stellungnahme mit, dass aus Sicht des Landes Brandenburg kein weiterer Speicher im Spreegebiet erforderlich ist. In der vorliegenden Studie wurde jedoch die Notwendigkeit der Erhöhung der Speicherkapazität im Spreegebiet herausgearbeitet (Kapitel 7.5). Dafür besitzt der Cottbuser Ostsee die beste Option.

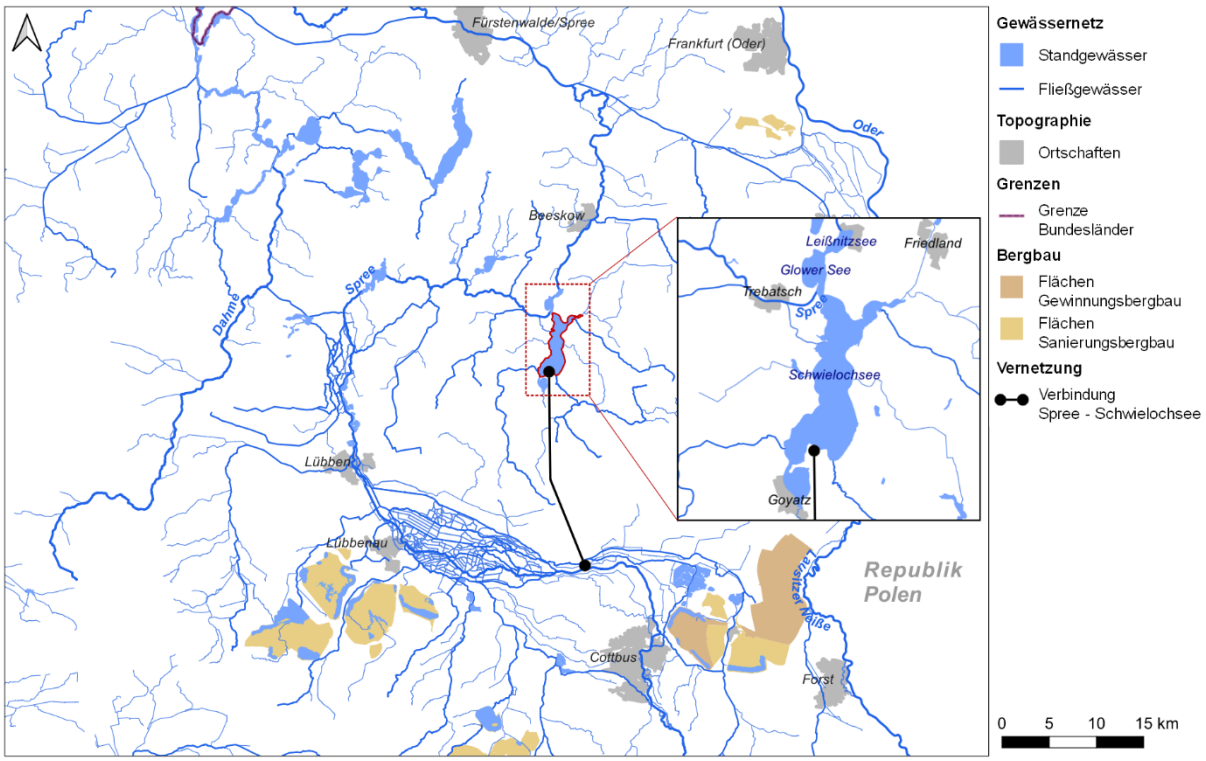
Im **Flussgebiet der Schwarzen Elster** dominiert zwischen Hoyerswerda und Senftenberg das Lausitzer Seenland die Landschaft. Die meisten Seen liegen in der Tiefenlinie des Lausitzer Urstromtales und sind in das umliegende Grundwasser eingebettet. Mit der Ausspiegelung aller zum Seenland gehörenden Bergbaufolgeseen auf ihren Zielwasserstand und dem Abschluss des Grundwasserwiederanstiegs im Tagebau Welzow-Süd kann das Lausitzer Seenland für eine moderate Speichernutzung genutzt werden. Zählt man die Flächen aller miteinander verbundener Bergbaufolgeseen zusammen, ergibt sich eine Gesamtwasserfläche von rund 53 km^2. Bei Einrichtung einer Speicherlamelle von 50 Zentimeter kann ein Speicherraum von rund 25 Mio. m^3 geschaffen werden. Der Auslauf erfolgt über die Rainitza in die Schwarze Elster bei Senftenberg. Eine Stützung des unter chronischem Wassermangel leidenden Flussabschnittes zwischen Hoyerswerda und Senftenberg kann damit jedoch nicht erfolgen.

3. Umwidmung bestehender Seen in Speicher

Der **Schwielochsee** südlich der Ortschaft Beeskow ist mit einer Seefläche von rund 13 km^2 der größte natürliche See Brandenburgs (Abbildung 97). Der Schwielochsee wird von der Spree durchflossen. Aus dem rund 530 km^2 großen Eigeneinzugsgebiet münden zahlreiche Fließe und Gräben, wie z. B. das Dobberbuser Mühlenfließ, das Ressener Fließ und das Friedländer Fließ, in den See. Durch die Regulierung des Spreewehres in Beeskow kann der Wasserstand des Schwielochsees reguliert und nach BTUC (2004) eine Wasserstandslamelle von ca. 0,7 Meter erschlossen werden. Damit lässt sich ein Betriebsraum von rund 9 Mio. m^3 herstellen, BTUC (2004). Der Schwielochsee ist derzeit nicht als wasserwirtschaftlicher Speicher deklariert. Er wird hauptsächlich für die Naherholung genutzt.

Abbildung 97: Lage des Schwielochsees im Gewässernetz der Spree

Geodatenquellen siehe Tabelle 2



Der Schwielochsee kann als wasserwirtschaftlicher Speicher zur Aufhöhung des Durchflusses der Spree zwischen Beeskow und Berlin genutzt werden (vgl. Abbildung 15 in Kapitel 5.2.3.1). Aus dem Betriebsraum von 9 Mio. m^3 können im hydrologischen Sommerhalbjahr im Mittel rund 0,6 m^3/s Wasser zur Niedrigwasseraufhöhung bereitgestellt werden. Zur Füllung des Speicherraumes können die Spree direkt bzw. mit einem neu zu errichtenden Nebenschluss der Spree bei Fehrow (siehe Kapitel 11.3.5 und 11.4.4) und die Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet des Schwielochsees genutzt werden.

Tabelle 54: Morphometrische Eckdaten des Schwielochsees

Kennwert	Maßeinheit	Wert
Wasserstand	m NHN	ca. +40,8
Seevolumen	Mio. m^3	34,0
Seefläche	ha	1.330
Nutzbare Wasserstandslamelle	m	0,7
Betriebsspeicher	Mio. m^3	9,0
Einzugsgebiet	km^2	530
Mittleres Gebietsdargebot	m^3/s	2,1
	Mio. m^3/a	66,9

Quelle: BTUC (2004)

Im Einzugsgebiet der **Dahme** zwischen der Einmündung des Dahme-Umflut-Kanals bei Märkisch-Buchholz und der Einmündung der Dahme in die Spree bei Berlin liegt eine Vielzahl

größerer und kleinerer Seen mit einer Gesamtfläche von rund 84 km². Davon bieten sich aufgrund ihrer Lage entlang des Fließwegs der Dahme 19 Seen mit einer Gesamtfläche von rund 22 km² formal für eine Nutzung als wasserwirtschaftlicher Speicher an. Eine Regulierung des Wasserstandes in den einzelnen Seen und damit eine aktive Bewirtschaftung ist in Ermangelung entsprechender Wehranlagen nicht möglich. Die Seen sind zudem Teil der schiffbaren Dahme-Wasserstraße. Eine zielführende Nutzung der natürlichen Seen im Einzugsgebiet der Dahme als wasserwirtschaftliche Speicher ist daher nicht möglich.

11.4.4 Verbundbewirtschaftung

Unter Verbundbewirtschaftung wird hier die einzugsgebietsübergreifende Wasserbewirtschaftung der Spree, der Schwarzen Elster und der Lausitzer Neiße verstanden. Durch die Verbundbewirtschaftung sollen das in einem Einzugsgebiet bestehende Wassermengendefizit durch die Überleitung aus einem benachbarten Einzugsgebiet ausgeglichen werden. Weiterhin sollen die in den einzelnen Einzugsgebieten verfügbaren Speicherräume durch die Verbundbewirtschaftung besser ausgelastet werden. Die Voraussetzung für die Verbundbewirtschaftung ist eine ausreichende wasserwirtschaftliche Vernetzung der Einzugsgebiete.

Die Einzugsgebiete der Spree, der Schwarzen Elster und der Lausitzer Neiße werden derzeit bereits im Verbund bewirtschaftet. Die entsprechenden Bewirtschaftungsgrundsätze werden länderübergreifend in der AG Flussgebietsbewirtschaftung (AG FGB (2020)) abgestimmt. Zwischen den genannten Einzugsgebieten bestehen derzeit die folgenden Verbindungen:

- die Überleitung von Neißewasser in das Einzugsgebiet der Spree in Verbindung mit der Wasserüberleitung aus der Spree über den Oberen Landgraben in das Einzugsgebiet der Schwarzen Elster (Kapitel 11.3.3).

Derzeit besteht durch die Neißewasserüberleitung NÜL1 eine Verbindung von der Neiße zur Spree und weiter zur Schwarzen Elster. Davon profitiert der Abschnitt der Spree ab der Einmündung des Schwarzen Schöps. Vertragsgemäß ist das aus der Neiße übergeleitete Wasser zur Flutung der Erweiterten Restlochkette vorgesehen. Es wird deshalb an der Pumpstation Spreewitz wieder entnommen und über den **Oberen Landgraben** den Restseen der Erweiterten Restlochkette zugeführt. Nach Abschluss der Flutung der Seen der Erweiterten Restlochkette ist diese Überleitung formal nicht mehr erforderlich. Das Wasser würde über die Rainitza zur Schwarzen Elster entwässern. Der Bilanzüberschuss der Erweiterten Restlochkette wird über die Rainitza zur Schwarzen Elster abgeleitet.

Zur weiteren Vernetzung der Einzugsgebiete der Spree und der Schwarzen Elster im Sinne der Verbundbewirtschaftung werden folgende Überleitungen vorgeschlagen:

- eine Wasserüberleitung aus dem Speicher Lohsa I zum Speicher Knappenrode in Verbindung mit der Elbewasserüberleitung (siehe Kapitel 11.3.2),
- eine Wasserüberleitung aus der Kleine Spree zum Spreetaler See und weiter über die Erweiterte Restlochkette in die Schwarzer Elster,
- eine Wasserüberleitung vom Schwarzen Schöps zur Spree oberhalb des Wehres Bärwalde im Zusammenhang mit der Neißewasserüberleitung (siehe Kapitel 11.4.2) sowie
- eine Wasserüberleitung von der Spree bei Fehrow zum Schwielochsee im Zusammenhang mit den Wasserüberleitungen aus der Elbe und der Lausitzer Neiße im Oberlauf der Spree (siehe Kapitel 11.3.5).

Die Herstellung einer **Wasserüberleitung vom Speicher Lohsa I zum Speicher Knappenrode** wurde in GFI u. a. (2009) und GFI (2011) im Zusammenhang mit einer Elbewasserüberleitung in das obere Einzugsgebiet der Spree bei Bautzen vorgeschlagen (Kapitel 11.3.2). Diese Überleitungsvariante wird favorisiert, da das Elbewasser vorrangig im Einzugsgebiet der Spree benötigt wird. Über die herzustellende Verbindung zwischen den Speichern Lohsa I und Knappenrode kann das Wasserdargebot im oberen Einzugsgebiet der Schwarzen Elster bedarfsweise gestützt und so das Dargebotsdefizit oberhalb der Mündung der Rainitza verringert werden.

In früheren Planungen war von der LMBV unterhalb vom Wehr Burg eine Verbindung von der **Kleinen Spree zum Spreetaler See** (Erweiterte Restlochkette) und damit in das Einzugsgebiet der Schwarzen Elster vorgesehen. Diese Pläne werden derzeit nicht weiterverfolgt. Ein wesentlicher Hinderungsgrund hierfür ist die Instabilität der Kippe Spreetal, für deren Sanierung es gegenwärtig noch keinen verlässlichen Zeithorizont gibt. Alternativ kann die bereits bestehende Wasserüberleitung von der Spree zur Erweiterten Restlochkette über den Oberen Landgraben weiter genutzt werden. Zur Stützung des Spreetaler Sees wäre alternativ eine Anbindung an den Oberen Landgraben herzustellen.

Die Neißewasserüberleitung NÜL1 wird derzeit zweckgebunden zur Flutung der Erweiterten Restlochkette eingesetzt, kann aber zukünftig auch zur Stützung des Wasserdargebots im Einzugsgebiet der Spree genutzt werden (Kapitel 11.3.3). Das aus der Neiße übergeleitete Wasser kann derzeit nur in der Talsperre Spremberg (Betriebsraum 12 Mio. m^3) zurückgehalten und für die Wasserbewirtschaftung nutzbar gemacht werden. Damit das Neißewasser auch für das Wasserspeichersystem Lohsa II nutzbar gemacht werden kann, ist eine **Wasserüberleitung vom Schwarzen Schöps zur Spree** oberhalb des Wehres Bärwalde erforderlich (Tabelle 52 in Kapitel 11.4.2). Es ist zu prüfen, ob die für die Kühlwasserversorgung des Kraftwerkes Boxberg aus der Spree genutzte hydraulische Infrastruktur für diesen Zweck genutzt werden kann.

In heißen und trockenen Sommermonaten verdunsten ca. vier Fünftel des Niedrigwasserabflusses der Spree im Spreewald (Kapitel 5.7). Die Niedrigwasseraufhöhung aus Speichern und Wasserüberleitungen im Oberlauf der Spree wird in solchen Fällen bereits im Spreewald aufgezehrt und kann keine Wirkung auf den Unterlauf der Spree entfalten. Durch Vorbeileitung eines Teils des Spreedurchflusses am Spreewald kann zumindest eine teilweise Wirkung auf den Unterlauf der Spree sichergestellt werden. Dafür ist eine **Verbindung zwischen der Spree bei Fehrow und dem Schwielochsee** herzustellen (Abbildung 97 in Kapitel 11.4.3). Eine solche Verbindung wurde bereits im Jahr 1937 mit Fokus auf den Hochwasserschutz konzipiert (Abbildung 15 in Kapitel 5.2.3.1). Das Konzept ist für die aktuellen Erfordernisse anzupassen. Die Verbindung sollte als Druckrohrleitung ausgeführt werden und eine Kapazität von mindestens 2 m^3/s haben. Die Ausgestaltung ist in weiterführenden Planungen zu konkretisieren.

Neben der Schaffung der vorgenannten Vernetzungen sind Bewirtschaftungsregeln für die Verbundbewirtschaftung aufzustellen (Kapitel 11.6.4). Die konkrete Ausgestaltung der Verbundbewirtschaftung ist durch geeignete Simulationsrechnungen (Kapitel 11.6.3) zu begleiten und zu optimieren.

11.4.5 Wasserrückhalt im Einzugsgebiet

Die effizienteste Form des Wasserrückhaltes in Einzugsgebieten ist die Bewirtschaftung von wasserwirtschaftlichen Speichern (Kapitel 11.4.2, 11.4.3 und 11.4.4). Das in den Speichern zurückgehaltene Wasser kann bedarfsabhängig abgegeben und auf diese Weise das Wasserdargebot der Fließgewässer gezielt gestützt werden. Der Wasserrückhalt in Flusseinzugsgebieten kann zusätzlich durch eine Vielzahl lokaler Maßnahmen verbessert werden. Ziel muss

es sein, alle geeigneten Maßnahmen in der Fläche umzusetzen, um durch den Rückhalt von Oberflächenwasser das Grundwasser zu speisen. Bereits praktizierte und weiterhin ausbaufähige Maßnahmen sind:

- die Renaturierung von Flussauen und
- der Niederschlagsrückhalt (Idee der Schwammstadt).

Diese Maßnahmen stehen bereits auf der Agenda der Wasserbehörden der Länder im Kontext zur Minderung der Wirkungen des Klimawandels. Auch die Niedrigwasserkonzepte und Hochwasserschutzkonzepte der Länder haben derartige Maßnahmen bereits zum Inhalt, vgl. MULK (2021) und BMU (2021).

1. Renaturierung von Flussauen

Flussauen sind die natürlichen Überschwemmungsgebiete der Fließgewässer und haben eine wichtige Funktion für den Hochwasserschutz, für die Niedrigwasseraufhöhung und für die Ökologie. Nach BfN (2021) ist die Funktionalität von 59 % der Flussauen an 79 deutschen Flüssen mit einem Einzugsgebiet größer 1.000 km^2 durch Nutzung, z. B. durch Eindeichung, Bebauung und Landwirtschaft, stark eingeschränkt. Durch die Renaturierung von Flussauen soll deren natürliche Funktionalität für die Ökologie und für die Hydrologie wiederhergestellt werden. Für die Wasserwirtschaft sind intakte und naturnahe Flussauen als Speicherraum von Bedeutung. Bei Hochwasser kann ein Teil des Abflusses durch Überflutung der Flussauen zurückgehalten und so die Hochwasserwelle abgeflacht und verzögert werden. Bei Niedrigwasser wird der Abfluss im Fließgewässer durch Speisung aus den Flussauen gestützt.

Zur Einschätzung der mengenmäßigen Wirkung wurden überschlägige Berechnungen durchgeführt. Dafür wurden die renaturierbaren Lauflängen der Spree und ihrer berichtspflichtigen Nebenfließe ermittelt. Dazu wurden die Daten der Strukturgütekartierung der Länder Sachsen (Stand 2016) und Brandenburg (Stand 2007) ausgewertet. Als renaturierbar wurden alle Gewässerabschnitte mit einer Strukturgüte gleich 3 oder schlechter sowie ohne Bebauung der Uferbereiche eingeordnet. Entsprechend diesen Kriterien sind rund 40 % der 324 km Lauflänge der Spree sowie 57 % der insgesamt rund 2.780 km Lauflänge der berichtspflichtigen Nebenfließe formal renaturierbar (Tabelle 56). Zur Ermittlung des Speichervolumens der renaturierten Flussauen wurden vereinfachte Annahmen zur Breite der Flussauen sowie zur Mächtigkeit und zum entwässerbaren Porenvolumen der Auenspeicher getroffen (Tabelle 55). Daraus lässt sich ein theoretisches Speichervolumen der Flussauen berechnen (Tabelle 56).

Tabelle 55: Annahmen zur Berechnung des Speichervolumens von renaturierten Flussauen

Kennwert	Einheit	Spree	Nebenfließe
Mittlere Gesamtbreite der Flussaue	m	400	100
Mittlere Mächtigkeit des Auenspeichers	m	0,5	0,5
Entwässerbares Porenvolumen des Auenspeichers	---	0,2	0,2

Tabelle 56: Gesamte und renaturierbare Lauflängen der Spree und der berichtspflichtigen Nebenfließe im oberen, mittleren und unteren Einzugsgebiet

Gewässer	Kategorie	Einheit	Oberes Einzugsgebiet bis zur Talsperre Spremberg	Mittleres Einzugsgebiet von der Talsperre Spremberg bis zum Pegel Leibsch	Unteres Einzugsgebiet zwischen dem Pegel Leibsch und Berlin	Gesamt
Spree	gesamt	km	116	93	116	324
	renaturierbar	km	62	26	43	130
Nebenfließe	gesamt	km	601	947	1.231	2.780
	renaturierbar	km	384	549	656	1.589

Im Einzugsgebiet der Spree kann durch die Renaturierung von Flussauen bei voller Ausschöpfung aller Möglichkeiten theoretisch ein zusätzlicher Speicherraum bis 21 Mio. m^3 geschaffen werden (Tabelle 57). Lediglich etwa 25 % des Speicherraums würden an der Spree und rund 75 % an den Nebenfließen liegen. Werden sämtliche Auen im Verlauf der Spree renaturiert, könnte das Wasserdargebot der Spree im Jahresdurchschnitt theoretisch mit maximal 0,16 m^3/s gestützt werden (Tabelle 57). Wird optimistisch davon ausgegangen, dass die Auen sämtlicher Nebenfließe renaturiert werden, kann das Wasserdargebot der Spree im Jahresdurchschnitt zusätzlich mit maximal 0,5 m^3/s gestützt werden (Tabelle 57). Die im Rahmen überschlägiger Berechnungen für die renaturierten Flussauen ermittelten Speichervolumina geben allerdings den Idealfall wieder. Die durch Renaturierung der Flussauen tatsächlich aktivierbaren Speicherräume werden z. B. durch Überschätzung der renaturierbaren Flusslängen und Auenbreiten, durch Melioration abgesenkte Grundwasserstände in den Auen, die begrenzte Umsetzbarkeit von Renaturierungsmaßnahmen infolge von Raumwiderständen, lange Planungs- und Umsetzungszeiträume usw. deutlich geringer ausfallen. Das zeigen die Erfahrungen bei der Umsetzung von Gewässerentwicklungskonzepten.

Tabelle 57: Theoretische Speichervolumen in den renaturierten Flussauen der Spree und ihrer berichtspflichtigen Nebenfließe

Gewässer	Kennwert	Einheit	Oberes Einzugsgebiet bis zur Talsperre Spremberg	Mittleres Einzugsgebiet von der Talsperre Spremberg bis zum Pegel Leibsch	Unteres Einzugsgebiet zwischen dem Pegel Leibsch und Berlin	Gesamt
Spree	Speichervolumen	Mio. m^3	2,5	1,0	1,7	5,2
	Volumenstrom	m^3/s	0,08	0,03	0,05	0,16
Nebenfließe	Speichervolumen	Mio. m^3	3,8	5,5	6,6	15,9
	Volumenstrom	m^3/s	0,12	0,17	0,21	0,50

Renaturierte Flussauen wirken durchflussverzögernd und -dämpfend. Diese Ressource ist aber nicht steuerbar. Die Renaturierung von Flussauen vermag auf lokaler Ebene einen wichtigen

Beitrag zur Stabilisierung des Wasserhaushaltes leisten. Zur Minderung des regionalen kohleausstiegsbedingten Wassermengendefizites der Spree trägt die Renaturierung von Flussauen dagegen nicht in einem relevanten Umfang bei und ist quantitativ vernachlässigbar.

2. Niederschlagsrückhalt

Durch die Versiegelung der Erdoberfläche mit Gebäuden, Straßen, Wegen und Betriebsflächen wird die Versickerung von Niederschlagswasser in den Boden verhindert und die Grundwasserneubildung entsprechend verringert. Der auf die versiegelten Flächen auftreffende Niederschlag fließt stattdessen oberflächlich ab und wird über die Kanalisation meist in die Vorflut abgeschlagen. Nach Angaben des Umweltbundesamtes in UBA (2021b) sind in Deutschland etwa 44 % der Siedlungs- und Verkehrsflächen versiegelt. Der Grad der Versiegelung hängt von den Siedlungsstrukturen ab und ist in den Großstädten erwartungsgemäß größer als im ländlichen Raum. Durch die Entsiegelung von Flächen können die Grundwasserneubildung und damit das natürliche Wasserdargebot in den Einzugsgebieten erhöht werden. Alternativ kann das von den versiegelten Flächen ablaufende Niederschlagswasser in Rückhalteräumen gesammelt und ins Grundwasser versickert (Abschnitt 11.4.6) oder gedrosselt in die Vorflut abgegeben werden. Die Auswirkungen von Flächenentsiegelung und Niederschlagsrückhalt auf den Wasserhaushalt lassen sich anhand überschlägiger Berechnungen schätzen.

Nach Auswertung der TK250 sind rund 613 km^2 bzw. 6 % des ca. 9.790 km^2 großen Einzugsgebiet der Spree bis Berlin mit Siedlungen bedeckt. Der überwiegende Teil der Siedlungsflächen ist ländlich geprägt. Nur etwa 25 % der Siedlungsflächen sind größer als 5 km^2 und i. e. S. urban. Bei Annahme des vom UBA ermittelten Versiegelungsgrades sind rund 3 % bzw. 270 km^2 des Einzugsgebietes der Spree durch Siedlungsflächen versiegelt. Wird optimistisch davon ausgegangen, dass rund 50 % der versiegelten Siedlungsflächen entsiegelt werden können, kann die Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet der Spree um rund 1 % erhöht werden.

Für den Rückhalt des auf versiegelten Siedlungsflächen anfallenden Niederschlagswassers wurden überschlägige Betrachtungen angestellt (Tabelle 58). Diese gehen davon aus, dass aktuell und künftig in den ländlich geprägten Gemeinden mit Flächen kleiner 5 km^2 überwiegend keine zentrale Regenwasserableitung und damit keine Möglichkeit zur Speicherhaltung besteht. Werden entsprechende Rückhaltemaßnahmen für Gemeinden und Städte im Spreeeinzugsgebiet größer 5 km^2 konsequent umgesetzt, könnte jährlich ein Wasservolumen theoretisch bis etwa 20 Mio. m^3 gefasst werden. Damit diese Ressourcen zur Niedrigwasseraufhöhung genutzt werden können, müssten die Regenwasserspeicher allerdings als Jahresspeicher dimensioniert werden.

Die ermittelten Wassermengen haben nur theoretische Bedeutung. Die tatsächlich gewinnbaren Wassermengen dürften aufgrund der erforderlichen Dimensionierung der Rückhalteräume, des realistisch fassbaren Anteils des Niederschlagswassers und des dezentralen Charakters des Niederschlagsrückhalts, deutlich niedriger ausfallen. Der Rückhalt des abfließenden Niederschlags von versiegelten Flächen sowie die Entsiegelung von Flächen verbessern den Wasserhaushalt auf lokaler Ebene. Seine Bedeutung für den Dargebotsausgleich in der Spree ist gering und - wie die Auenvernässung - quantitativ vernachlässigbar.

Tabelle 58: Bewertung der Wirkung des Niederschlagsrückhaltes von versiegelten Flächen im Einzugsgebiet der Spree zwischen Bautzen und Berlin

Parameter	Einheit	Siedlungen > 5 km²
Einzugsgebietsfläche	km²	9.790
Anzahl der Siedlungen	n	16
Siedlungsfläche	km²	144
Anteil Siedlungsfläche	anteilig	1,5%
Anteil versiegelte Siedlungsfläche	anteilig	44%
Versiegelte Siedlungsfläche	km²	63
	anteilig	0,6%
Mittlere Niederschlagshöhe	mm/a	600
Mittlerer Abflussbeiwert	---	0,6
Abfließende Niederschlagshöhe	m/a	0,36
Abfließender Niederschlag	Mio. m³/a	22,8
	m³/s	0,72

11.4.6 Grundwasserbewirtschaftung

Die Grundwasserressourcen in einem Einzugsgebiet können, wie das Wasserdargebot der Oberflächengewässer, ebenfalls bewirtschaftet werden. Das setzt ausreichend ergiebige Grundwasserleiter mit einer geeigneten Wasserbeschaffenheit voraus. Ausreichend ergiebige Grundwasserleiter sind in den pleistozänen Rinnen im Lausitzer Braunkohlenrevier grundsätzlich vorhanden. In einigen Fällen ist die Grundwasserbeschaffenheit jedoch durch die Folgen des Braunkohlenbergbaus in einem schlechten Zustand (Kapitel 8.2), der eine solche Nutzung ausschließt. Die Nutzung des Grundwassers im Sinne eines Speichers setzt weiterhin voraus, dass dadurch grundwasserabhängige Schutzgüter und Nutzungen, wie Trinkwasserfassungen, nicht nachteilig beeinträchtigt werden. Die Nutzung der Grundwasservorräte zur Stützung des Wasserdargebots in den Oberflächengewässern unterliegt laut § 47 Abs. 1 Nr. 3 WHG dem Grundsatz, dass nur so viel Wasser entnommen werden darf, wie sich wieder neubildet. Insofern unterliegen solche Vorhaben einer strengen Prüfung und sind deshalb die absolute Ausnahme. Eine zumindest anteilig und zeitweilig Fortsetzung der Grundwassersümpfung zur Stützung der Oberflächengewässer führt im besten Fall zu einer deutlichen Verzögerung des Grundwasserwiederanstiegs und steht formal im Widerspruch zu den Zielen der EG-WRRL, insbesondere der Herstellung eines guten mengenmäßigen Zustandes (Kapitel 10.4.1). Im ungünstigen Fall wird dieses Vorhaben mit dem schlechten chemischen Zustand des Grundwassers konfrontiert (Kapitel 8.2.3). Nachfolgend werden deshalb nur solche Möglichkeiten aufgeführt, die im Sinne einer Grundwasseranreicherung dargebotserhöhend auf das Grundwasser wirken. Diese stellen eine Ergänzung zu den Maßnahmen zum Wasserrückhalt im Einzugsgebiet dar (Kapitel 11.4.5).

Da die Möglichkeiten der Grundwasserbewirtschaftung ressourcenseitig limitiert sind (s. o.) und es grundsätzlich nicht sinnvoll ist, Fließgewässer auf Dauer aus erneuerbaren Grundwasserressourcen zu stützen, kommt nur der umgekehrte Fall in Betracht, eine zusätzliche Erneuerung der Grundwasserressourcen durch Versickerung von Oberflächenwasser. Das kann erfolgen durch:

- Uferfiltration,
- Grundwasseranreicherung in Becken,
- Versickerung von Niederschlagswasser oder
- Versickerung von gereinigtem Abwasser.

Die **Uferfiltration** ist ein probates Mittel der Trinkwassergewinnung als Alternative zu einer direkten Oberflächenwasserentnahme, wobei der Dargebotsausgleich und die Reinigungswirkung bei der Untergrundpassage zu den entscheidenden Vorteilen dieser Art der Trinkwassergewinnung gehören. Die Uferfiltration aus Fließgewässern ist bilanziell eine Oberflächenwasserentnahme, weshalb sie nicht zu einer Dargebotserhöhung in den Fließgewässern beiträgt.

Während die Uferfiltration indirekt auf das Wasserdargebot eines Oberflächengewässers zurückgreift, sind auch künstliche Anlagen der **Grundwasseranreicherung** in der Anwendung. Zu diesem Zweck muss Wasser herangeführt und zur Versickerung gebracht werden. Durch den doppelten Pumpaufwand sind solche Anlagen nur in Verbindung mit der Gewinnung von Brauch- und Trinkwasser wirtschaftlich darstellbar. Sonderformen der künstlichen Grundwasseranreicherung sind die Versickerung von Niederschlagswasser und von gereinigtem kommunalem Abwasser, MUGV (2010).

Durch die Versickerung von **Niederschlagswasser** in Kommunen und auf Industrieflächen soll die Grundwassersituation strategisch verbessert werden. Sie ist aufgrund der geringen Besiedlungsdichte und der dominant ländlichen Struktur in den oberen und mittleren Einzugsgebieten der Spree mengenmäßig jedoch zu gering (Kapitel 11.4.5), um das künftige Dargebotsdefizit der Spree zu decken.

Die Versickerung von **kommunalem Abwasser** wurde jahrzehntelang auf Rieselfeldern praktiziert, in der historisch frühen Form zunächst ungereinigt und später vorgereinigt. Die Einrichtung von Rieselfeldern waren bei ihrer Einführung Ende des 19. Jahrhunderts ein großer Fortschritt für die kommunale Hygiene und für den Gewässerschutz. Die Rieselfelder wurden im Zuge der Entwicklung einer modernen Klärtechnik zum Schutz des Grundwassers Ende des 20. Jahrhunderts weitgehend außer Betrieb genommen. Geklärtes Abwasser gehört bilanziell zum Dargebot eines Fließgewässers. Der Umweg über das Grundwasser verbessert die Dargebotssituation in den Flussgebieten nicht, zumal aufgrund der geringen Bevölkerungsdichte im oberen und mittleren Einzugsgebiet der Spree (ca. 420.000 Einwohner auf 4.570 km^2) keine relevanten Mengen Abwasser und diese zudem dezentral anfallen.

11.4.7 Zusammenfassende Bewertung

Das Repertoire der Maßnahmen zur Optimierung der Wasserverfügbarkeit im Einzugsgebiet der Spree ist vielfältig. Es beinhaltet Maßnahmen des Wasserrückhaltes (Kapitel 11.4.5), die aus wasserhaushaltlicher und ökologischer Sicht auf lokaler Ebene grundsätzlich sinnvoll sind, jedoch das Wasserdargebot der Spree weder substanziell zu stabilisieren noch das enorme Wasserdefizit annähernd auszugleichen vermögen. Der Rückgriff auf die Grundwasserressourcen (Kapitel 11.4.6), der im Einzelfall zur Überbrückung von zeitlich begrenzten „Wasserklemmen“ als Notlösung akzeptabel sein kann, ist letztendlich eine temporäre Anleihe auf die autochthonen Wasserressourcen des Einzugsgebietes. Im günstigsten Fall wird dadurch der Grundwasserwiederanstieg verzögert.

Aus der Sicht der Flächenverfügbarkeit und des Wasserdargebotes ist das Potential zur Schaffung neuer Speicher im oberen Einzugsgebiet der Spree weitgehend erschöpft und im oberen Einzugsgebiet der Schwarzen Elster begrenzt (Kapitel 11.4.3). Wasserwirtschaftlich zielführend und wirkungsvoll zur Stabilisierung und Erhöhung des Wasserdargebotes in der

Spree und in der Schwarzen Elster sind die vorgeschlagenen Maßnahmen zur Optimierung bestehender Speicherräume (Kapitel 11.4.2) und zur Verbundbewirtschaftung (Kapitel 11.4.4).

Fazit

Die **Wassermengenbewirtschaftung** ist ein wesentlicher Baustein zur Lösung der wasserwirtschaftlichen Herausforderungen des Kohleausstiegs. Allein durch eine optimierte Wassermengenbewirtschaftung kann das zukünftige **Wassermengendefizit** jedoch **nicht** ausgeglichen werden.

11.5 Technische Lösungen

11.5.1 Grundlagen

Neben den grundsätzlichen strategischen Lösungen (Kapitel 11.2, 11.3 und 11.4), sind in Einzelfällen technische Lösungen erforderlich, um die wasserwirtschaftlichen Folgen des Kohleausstiegs zu mindern oder zu kompensieren. Dazu gehören:

- wasserbauliche Maßnahmen wie:
  - die Anpassung von Abflussprofilen in Fließgewässern,
  - die Abdichtung von Fließgewässern bzw. der Rückbau von Dichtungen,
  - die Errichtung von Pumpstationen und Rohrleitung zur Überleitung von Wasser,
- Alternativen der Trinkwasserversorgung,
- Abwehrmaßnahmen gegen Stoffeinträge aus dem Bergbau sowie
- die Verbesserung der zentralen Abwasserreinigung.

11.5.2 Wasserbauliche Maßnahmen

In der Hochphase des Braunkohlenbergbaus (Phase 4: 1960-1990) im Einzugsgebiet der Spree (Kapitel 5.4) wurden in die Fließgewässer, als Vorfluter der Tagebaue, große Mengen an Sümpfungswasser eingeleitet (Abbildung 10 und Tabelle 12). Um diese großen Mengen sicher abzuleiten, wurden die Abflussquerschnitte aufgeweitet und die Gewässerläufe begradigt.

Mit dem Rückgang des eingeleiteten Sümpfungswassers zeichnet sich ab, dass die Abflussquerschnitte für die verringerten Abflüsse zu groß sind. Die Wassertiefen verringern sich bis hin zum vollständigen Trockenfallen von Gewässerabschnitten. Die Strömungsgeschwindigkeit verringert und vergleichmäßigt sich, was zur Verlandung und zu ökologisch nachteiligen Entwicklungen führt. Die Veränderung der Abflussverhältnisse hat Auswirkungen auf die Fließgewässerorganismen Makrozoobenthos und Fische. Je geringer die Variabilität eines Fließgewässers hinsichtlich Ufer- und Sohlsubstrat, Morphologie und Abfluss ist, desto geringer ist auch das Arteninventar. Untersuchungen im Zusammenhang mit der Renaturierung der Spreeaue nördlich von Cottbus zeigen, dass in monotonen Gewässerabschnitten der Spree der Fischbestand zu 75 % nur aus zwei Fischarten besteht, Gerstgraser und Zank (2012). Eine weitere Abnahme der Abflüsse wird diese Tendenz verstärken, weshalb Konflikte mit der Einhaltung der gesetzlichen Regelungen hinsichtlich der WRRL (Kapitel 10.4.1) und der Natura 2000-Schutzgebiete (Kapitel 10.4.2) zunehmen werden.

Wesentlich für den Erhalt der ökologischen Vielfalt in den Fließgewässern ist es, die derzeitigen Abflussprofile durch eine naturnahe Umgestaltung an die prognostischen Abflüsse anzupassen. Dabei ist neben dem Niedrig- und Mittelwasserabfluss auch der Hochwasserabfluss zu berücksichtigen. Für die betreffenden Fließgewässerabschnitte ist ein gegliedertes Abflussprofil mit

einem Niedrigwasserprofil auszubilden. Bei der **Renaturierung** ist darauf zu achten, dass nicht nur das Abflussprofil, sondern der gesamte Gewässerlauf betrachtet und aufgewertet wird. Ziel ist es, die morphologische Varianz im Längs- und Querprofil sowie die Substrat- und Strukturvielfalt im Gewässer z. B. durch ingenieurbiologische Bauweisen zu erhöhen.

Die vom Bergbau verlegten Fließgewässer liegen häufig außerhalb ihres natürlichen Talweges. Dadurch ging in vielen Fällen die Anbindung an das Grundwasser verloren und wird nach dem Grundwasserwiederanstieg häufig auch nicht wieder erreicht. Hohe Versickerungsverluste führen in Einzelfällen zum zeitweiligen Trockenfallen, wofür die Schwarze Elster zwischen Hoyerswerda und Senftenberg ein prominentes Beispiel ist (vgl. Abbildung 25). Der Niedrigwasserabfluss kann durch den Einbau einer abgedichteten **Niedrigwasserrinne** gewährleistet werden.

Während des Braunkohlenbergbaus mussten zahlreiche Fließgewässer im Einflussbereich des Grundwasserabsenkungstrichters verlegt und abgedichtet werden, so zum Beispiel die Spree auf ca. 6,8 Kilometer Länge um den Tagebau Bärwalde, die Spree auf ca. 3,3 Kilometer Länge zwischen der Mündung des Schwarzen Schöps und dem Wehr Tzschelln sowie die Kleine Spree auf weiten Abschnitten zwischen Tiegling und Burghammer auf 5,8 Kilometer Länge. Von der LMBV ist der **Rückbau von Dichtungen** in den betreffenden Fließgewässerabschnitten vorgesehen. Anhand der nachbergbaulichen Grundwasserverhältnisse ist jedoch in jedem Einzelfall zu prüfen, ob der Rückbau der Dichtungen notwendig ist oder die Funktionalität beibehalten werden sollte.

Im Sonderfall sind Gewässer umzuverlegen oder auch, wenn kein Quellgebiet und kein Einzugsgebiet mehr vorhanden sind, im Sinne der Minimierung von Ewigkeitslasten aufzugeben.

Der ursprünglichen Intention des Sanierungsbergbaus - die Herstellung eines sich weitgehend selbstregulierenden Wasserhaushaltes - folgend, sollten so wenig wie möglich **Pumpstationen** errichtet werden. Die Wasserüberleitungen aus benachbarten Flussgebieten (Kapitel 11.3) sind ohne Pumpstationen und Rohrleitungen jedoch nicht möglich. Sie sind deshalb unverzichtbar. Aufgrund der grundlegenden Veränderungen des Wasserhaushaltes in der bergbaulich stark veränderten Landschaft kann auf weitere Pumpstationen jedoch nicht grundsätzlich verzichtet werden. Bei jeweils geringen Hubhöhen können mit geringem energetischem Aufwand wichtige wasserwirtschaftliche Vernetzungen hergestellt werden. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit werden empfohlen:

- Die Errichtung einer Pumpstation in Boxberg am Schwarzen Schöps zur Überleitung in die Spree in das Oberwasser des Wehres Bärwalde. Hier handelt es sich um eine Umwidmung der Entnahmeeinrichtung der LEAG von Kühlwasser aus der Spree und aus dem Schwarzen Schöps für das Kraftwerk Boxberg (siehe Kapitel 11.4.4).
- Den Weiterbetrieb der Pumpstation in Spreewitz zur Überleitung von Neiße- und Spreewasser in das Einzugsgebiet der Schwarzen Elster (siehe Kapitel 11.4.4).
- Die Errichtung und der Betrieb einer Pumpstation an der Spree bei Fehrow zur Überleitung von Spreewasser zum Schwielochsee im Nebenschluss des Spreewaldes (siehe Kapitel 11.3.5 und 11.4.4).
- Pumpstation am Geierswalder See zur Beschickung der Schwarzen Elster aus den Bilanzüberschüssen des Lausitzer Seenlandes (Tabelle 51, siehe Kapitel 11.4.2 und 11.4.4).

11.5.3 Trinkwasserversorgung

Die lange Bergbaugeschichte im Niederlausitzer Revier hat bereits im Jahre 1909 zu der Erkenntnis und zu dem Grundsatz geführt, dass die Wasserquellen für eine sichere Trinkwasserversorgung außerhalb der Flächen der bergbaulichen Beeinflussung liegen müssen. Bis Anfang der 1950er erfüllten die zwischen 1912 und 1940 errichteten Wasserwerke mit ihren Wasserquellen diesen Grundsatz. Der fortschreitende großflächige Bergbau erforderte anschließend die Errichtung eines Trinkwasserverbundsystems in der südlichen Niederlausitz bis hin zur Produktion von Trinkwasser aus geeignetem Sümpfungswasser im Wasserwerk Schwarze Pumpe. Die Umstellung der von Wasserlieferungen aus Schwarze Pumpe abhängigen Kommunen hin zu einer bergbauunabhängigen Versorgung wurden im Januar 2023 erfolgreich abgeschlossen. Inzwischen haben sich sechs große und mittlere Wasserversorger länder- und verbandsübergreifend zu einer ARGE zusammengeschlossen, um den bestehenden Trinkwasserverbund für die Zukunft und damit auch für den Transformationsprozess auszubauen. Für das Lausitzer Revier besteht deshalb nur noch ein geringer Bedarf an Neujustierung, der bereits von den Kommunen und Wasserunternehmen aufgegriffen wurde.

Anders verhält es sich bei Trinkwasserversorgern, die auf Uferfiltrat aus der Spree angewiesen sind. Insbesondere sind dies die Frankfurter Wasserbetriebe (FWA) mit dem Wasserwerk in Briesen sowie die Berliner Wasserbetriebe (BWB) mit ihrem größten Wasserwerk in Friedrichshagen am Müggelsee. Das Wasserwerk Briesen der FWA unterliegt gegenwärtig dem Einfluss des aus den Tagebauen in die Spree eingeleiteten Sulfats. Da jedoch die Sulfatprognosen in der Auslaufphase des Bergbaus dauerhaft rückläufig sein werden, ergibt sich kein Handlungsbedarf. Auf den bestimmungsgemäßen und erforderlichen Vollastbetrieb des Wasserwerks Friedrichshagen der BWB wirkt sich der künftige Rückgang des Spreeabflusses dargebotsmindernd aus. Technische Lösungen greifen hier nicht, da es zuvorderst um die Bereitstellung der erforderlichen Wassermenge über die Spree geht. Dies kann nur durch Wasserüberleitungen im Verbund mit einer Speicherbewirtschaftung erfolgen (Kapitel 11.3 und 11.4). Bei einer Stützung über die Oderwasserüberleitung OÜL (Kapitel 11.3.4) müssten die Aufbereitungsprozesse dem höheren Anteil an Oderwasser und speziell der höheren Salzlast angepasst werden. Hierfür stehen erprobte Lösungen zur Verfügung.

11.5.4 Abwehrmaßnahmen gegen diffuse Stoffeinträge

Mit dem Grundwasserwiederanstieg erfolgen **diffuse Stoffeinträge** in die Oberflächengewässer, die in den Bergbaufolgeseen häufig zur Versauerung (Kapitel 8.3.1) und in den Fließgewässern häufig zur Verockerung (Kapitel 8.4.1) führen. Die LMBV hat in den zurückliegenden Jahrzehnten Knowhow gesammelt, Technologien entwickelt und in ihrem Verantwortungsbereich bereits umfangreiche Maßnahmen zur Abwehr dieser Stoffbelastungen umgesetzt.

Die **Neutralisation saurer Bergbaufolgeseen** erfolgt vorzugsweise durch eine sogenannte Inlake-Wasserbehandlung, die überwiegend schiffsgebunden (mobil) und in einigen Fällen auch vom Ufer aus (stationär) erfolgt. Mit vergleichbaren Entwicklungen ist in den Bergbaufolgeseen der Tagebaue Reichwalde und Nochten, ggf. auch Welzow, zu rechnen (Kapitel 8.3.4). Für diese Fälle stehen das Knowhow und eine ausgereifte Technologie für die Inlake-Wasserbehandlung zur Verfügung, IWB (2020) und IWB & IDUS (2020).

Die **diffusen Eiseneinträge** in die Fließgewässer kommen erst mit dem Anschluss des Grundwassers an die Fließgewässer zur Geltung (Kapitel 8.4.1). Ort und Umfang der Wirkungen sind weniger sicher prognostizierbar, wie die Versauerung von Bergbaufolgeseen, die lange vor dem Erreichen des Zielwasserspiegels bereits intensiv überwacht werden. Die Lösungen zur Abwehr der Verockerung sind flussabschnittsweise verfahrenstechnisch spezifisch auszulegen, IWB (2020). Die geeignete technische Lösung muss im Zuge des Grundwasseranstiegs iterativ

entwickelt werden. Ein Planungsvorlauf kann durch Gefährdungsabschätzungen für die Fließgewässer im Grundwasserabsenkungstrichter auf der Grundlage qualifizierter Monitorings (Kapitel 11.6.2) und modellgestützter Anstiegsprognosen (Kapitel 11.6.3) geschaffen werden.

Die von der LMBV zur Abwehr der Eisenbelastung in der Spreewitzer Rinne geplanten Maßnahmen, die den Bau einer Dichtwand am Nordufer des Speichers Lohsa II, die Errichtung flussnaher Grundwasserfassungen an der Spree und Kleinen Spree, die Überleitung des gefassten eisenreichen Grundwassers zur GWBA Schwarze Pumpe der LEAG und die Mitbehandlung dieses Wassers in der GWBA Schwarze Pumpe durch die LEAG vorsehen, beanspruchen nach aktuellem Stand einen langen Planungs-, Genehmigungs- und Ausführungszeitraum. Dieses Vorhaben kollidiert in der zeitlichen Umsetzung ggf. mit dem Kohleausstieg. Bei rückläufigen Einleitungen von Sümpfungswasser in den Oberlauf der Spree, insbesondere aus den Tagebauen Reichwalde und Nochten, ist mit einer starken Zunahme der Eisenbelastung in der Spree südlich Spremberg zu rechnen, welche die positiven Wirkungen der bisherigen Maßnahmen der LMBV vollkommen aufheben werden (Kapitel 8.4.4).

11.5.5 Verbesserung der zentralen Abwasserreinigung

Bereits gegenwärtig werden im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft Überlegungen angestellt, wie mit der Zunahme von Spurenstoffen im Abwasser umgegangen werden kann. Gleiches gilt für phosphathaltige Waschmittelrückstände und viele andere neuartige Produkte. Der Abflussrückgang der Spree wird es wegen des dann höheren Anteils gereinigtem Abwasser am Gesamtabfluss erforderlich machen, in Abhängigkeit von der Größe der Kläranlage eine **vierte Reinigungsstufe** zu installieren. Hierfür gibt es verschiedene technischen Lösungen, wie z. B. Aktivkohlefilter zum Rückhalt von Arzneimittelresten oder die Phosphatelimination. Letztere wird bereits von einigen Wasserversorgern zur Phosphorrückgewinnung vorangetrieben. Die Notwendigkeit der Aufrüstung bestehender Abwasserkläranlagen stellen im Spiegel des Klimawandels eine bundesweite Herausforderung dar. Für die Wasserversorger und Entsorger entlang der Spree und der Schwarzen Elster liegen die Anforderungen wegen des Abflussrückganges besonders hoch.

11.5.6 Zusammenfassende Bewertung

Die vorgestellten technischen Lösungen dienen dem Umgang mit den wasserwirtschaftlichen Auswirkungen des Kohleausstiegs. Sie umfassen Maßnahmen zur nachbergbaulichen Sicherung der Trinkwasserversorgung (Kapitel 11.5.3), zum Schutz der Oberflächengewässer vor bergbaubedingten diffusen Stoffeinträge (11.5.4) und abwasserbedingten Stoffeinträgen (Kapitel 11.5.5) sowie der nachbergbaulichen Gestaltung der Fließgewässer und der wasserwirtschaftlichen Infrastruktur (Kapitel 11.5.2).

Fazit

Die vorgestellten **technischen Lösungen** dienen dem Umgang mit den wasserwirtschaftlichen Auswirkungen des Kohleausstiegs. Sie stellen keine frei wählbaren Alternativen zu anderen Maßnahmen dar, sondern sind insbesondere hinsichtlich der Wasserbeschaffenheit die einzigen Optionen. Technischen Lösungen allein können das mit dem Kohleausstieg entstehende Wassermengendefizit der Spree nicht mindern, aber im Verbund mit anderen Maßnahmen einen relevanten Beitrag leisten.

11.6 Organisation und Kommunikation

11.6.1 Grundlagen

Das anthropogen stark überprägte Gewässernetz des Lausitzer Braunkohlenreviers mit all seinen künstlichen Stellgliedern enthält bereits viele Unbekannte. Mit den Bemühungen, nach dem Kohleausstieg einen weitgehend ausgeglichenen Wasserhaushalt herzustellen, werden weitere Stellglieder ins Spiel gebracht (siehe Kapitel 11.3, 11.4 und 11.5). Zur Beherrschung dieser Situation ist es erforderlich, die Datengrundlagen zu erweitern, das Systemverständnis zu vertiefen, die Prognoseinstrumente zu schärfen und die Abstimmungsprozesse weiter zu verschlanken. Dazu zählen insbesondere:

- die Durchführung von Monitorings,
- die Qualifizierung von Prognosewerkzeugen,
- eine länderübergreifende Bewirtschaftung,
- die Evaluierung von Bewirtschaftungszielen sowie
- die Evaluierung von Erhaltungszielen.

11.6.2 Monitoring

Eine grundlegende Voraussetzung zur Bewältigung der wasserwirtschaftlichen Folgen des Kohleausstiegs ist ein inhaltlich und räumlich ausreichend belastbarer Kenntnisstand zu den mengenmäßigen und hydrochemischen Verhältnissen im Grundwasser, in den Standgewässern und in den Fließgewässern. Diese Informationen sind für eine zielgerichtete und effiziente Wasserbewirtschaftung (Kapitel 11.6.4), für die Entwicklung und den Betrieb jeder Art von Modellen (Kapitel 11.6.3), für die kommunale Wasserversorgung (Kapitel 11.5.3 und 11.5.5), für die Planung von bergbaulichen Sanierungsmaßnahmen (Kapitel 11.5.4) sowie für Maßnahmen zur Gestaltung des nachbergbaulichen Wasserhaushaltes (Kapitel 11.2, 11.3 und 11.4) erforderlich.

Die Informationen zu den mengenmäßigen und hydrochemischen Verhältnissen in den Standgewässern und Fließgewässern sowie im Grundwasser werden im Rahmen von **Monitorings** erhoben. Der räumliche (Ausdehnung und Dichte des Messnetzes) und zeitliche (Messdauer und -häufigkeit) Umfang sowie die fachliche Ausgestaltung (Parameter und Kennwerte) des Monitorings richten sich nach der jeweiligen Problemstellung. Die Bundesländer sind im Rahmen ihrer hoheitlichen Aufgaben für eine flächendeckende Überwachung des Zustandes der Gewässer, des Grundwassers, von Einleitungen sowie von Altlastenstandorten zuständig. Die Bergbauunternehmen überwachen entsprechend ihrer berg- und wasserrechtlichen Verpflichtungen in ihren Verantwortungsbereichen den Zustand der Gewässer und des Grundwassers sowie von Einleitungen. Von weiteren Akteuren, wie z. B. der Industrie, den unteren Wasserbehörden, der Schifffahrt und den Wasserversorgern, werden ebenfalls Monitorings mit spezifischen Zielstellungen durchgeführt.

Die verschiedenen Monitoringprogramme im Spreegebiet sollten vor dem Hintergrund des Kohleausstiegs evaluiert und an die kommenden Erfordernisse angepasst werden. Das betrifft sowohl die räumliche Ausdehnung und Dichte von Messnetzen, die fachliche Ausgestaltung der Monitoringprogramme sowie die Zusammenführung der von den Ländern und Bergbauunternehmen erfassten Messdaten in einheitliche Datenbanken. Insbesondere sollte ein Abgleich zwischen den Monitorings der Länder und der Bergbauunternehmen erfolgen, wie z. B. in IWB (2018) für die verschiedenen Grundwassermonitorings in der Bergbauregion Ostsachsen.

Dabei sollte insbesondere geprüft werden, wie relevante Teile der bergbauspezifischen Monitorings der Unternehmen perspektivisch in die Monitorings der Bundesländer überführt sowie für die länderübergreifende Bewirtschaftung (Kapitel 11.6.4) und für die Qualifizierung von Prognosewerkzeugen (Kapitel 11.6.3) genutzt werden können. Weiterhin sollten Strukturen geschaffen werden, über die alle relevanten wasserwirtschaftlichen Akteure auf die Monitoringdaten zugreifen können. Geeignete Vorschläge wurden in IWB & gIR (2018) erarbeitet.

11.6.3 Qualifizierung von Prognosewerkzeugen

Die Unternehmen des Sanierungs- und Gewinnungsbergbaus sind für ihre geotechnischen und wasserwirtschaftlichen Planungen auf geeignete Modellwerkzeuge angewiesen. Dies gilt in gleicher Weise für die kurz- und langfristige Wasserbewirtschaftung in den Flusseinzugsgebieten der Spree, der Schwarzen Elster und der Lausitzer Neiße. In der Lausitz werden von verschiedenen Akteuren derzeit nachfolgende Arten von numerischen Modellen mit verschiedenen Zielstellungen betrieben:

- Grundwasserströmungsmodelle,
- Grundwasserbilanzmodelle,
- Wasserhaushaltsmodelle,
- Bewirtschaftungsmodelle und
- Wasserbeschaffenheitsmodelle.

Im Lausitzer Braunkohlenbergbau haben **Grundwasserströmungsmodelle** bereits eine lange Tradition. Ohne Grundwasserströmungsmodelle wären eine sichere Tagebauentwässerung und verlässliche Prognosen zum Grundwasserwiederanstieg nicht möglich gewesen. In Kenntnis des tagebauübergreifenden Grundwasserabsenkungstrichters wurde im Jahr 1988 das rechenfähige Großraummodell GRM Lausitz mit einer Fläche von 6.530 km^2 und mit einer Rasterauflösung von 1 km^2 fertiggestellt. Infolge der Aufspaltung des Braunkohlenbergbaus nach 1990 in den Sanierungs- und Gewinnungsbergbau wurde das GRM Lausitz nicht weitergeführt.

Im Jahr 1994 wurden die bestehenden Regionalmodelle auf die Bergbauunternehmen LMBV und LEAG aufgeteilt und von jedem Unternehmen autark weiterentwickelt. Die **hydrogeologischen Großraummodelle** (HGM) dienen der Prognose des Grundwasserstandes und der Grundwasserströmung im Zusammenhang mit der tagebaubedingten Grundwasserabsenkung, dem Grundwasserwiederanstieg und der Flutung von Bergbaufolgeseen. Die Modellergebnisse werden für weitere Untersuchungen, z. B. zur Prognose der Wasserbeschaffenheit in den Bergbaufolgeseen, und für Planungen, z. B. zur Inlake-Wasserbehandlung von Bergbaufolgeseen, genutzt. Die mit den HGM modellierten Flächen weisen jeweils Größenordnungen bis 1.000 km^2 auf und erfassten anfänglich überwiegend nur einen bis max. vier Grundwasserhorizonte.

Seit etwa 15 Jahren legen die LMBV und die LEAG alle HGM in ihren Verantwortungsbereichen neu auf. In den neuen HGM werden nunmehr bis zu 30 Grundwasserleiter abgebildet. Die HGM haben Überlappungsbereiche. Die maßgebenden Randbedingungen der Modelle und die Ergebnisse werden zwischen beiden Unternehmen regelmäßig abgestimmt bzw. ausgetauscht. Das Knowhow für die HGM liegt sowohl bei den beiden Bergbauunternehmen als auch bei den Unternehmen, die mit der Modellentwicklung und dem Modellbetrieb beauftragt sind.

Die LEAG begann im Jahr 2009 mit der Erstellung eines **Grundwasserbilanzmodells** für die Gesamtlausitz. Mit diesem Grundwasserbilanzmodell können die flächenhaften Änderungen des

Grundwasserstandes und damit des Grundwasservorrates ermittelt werden. Das Grundwasserbilanzmodell deckt eine Fläche von über 7.000 km² ab, was dem zwei- bis dreifachen der vom Bergbau beeinflussten Fläche entspricht.

In einer ersten Studie zur Erforderlichkeit des Aufbaues eines das Gesamtrevier überdeckenden **Großraummodells Lausitz** wurde zunächst der Vorschlag einer Erweiterung der bestehenden HGM bei gleichzeitiger Verringerung der Anzahl der Einzelmodelle unterbreitet, DHI-WASY (2015). Diesem Vorschlag sind inzwischen beide Bergbauunternehmen derart nachgekommen, dass die Anzahl der HGM, bei gleichzeitiger räumlicher Erweiterung der einzelnen HGM, verringert wurde.

Nach den Vorstellungen der Bundesländer Sachsen und Brandenburg soll nunmehr ein überregionales Grundwasserströmungs- und Stofftransportmodell als sogenanntes Grundwassermodell Lausitz entwickelt werden. In dem geplanten Modell soll die Grundwasserströmung mit den Oberflächengewässern und dem Gebietswasserhaushalt (Grundwasserneubildung) gekoppelt werden. Das Modell soll als Entscheidungsgrundlage sowohl für die länderübergreifenden langfristigen wasserwirtschaftlichen Planungen als auch für kurz- und mittelfristige wasserwirtschaftliche Fragestellungen dienen. Es soll sowohl von den Länderbehörden als auch von den Bergbauunternehmen genutzt werden. Derzeit werden das Modellkonzept sowie dessen technische und fachliche Ausgestaltung durch die Länderbehörden präzisiert.

Aufgrund der Erfahrungen jüngerer Modellentwicklungen ist mit einer mehrjährigen Entwicklungsdauer zu rechnen. Das Grundwassermodell Lausitz kann die vorhandenen HGM jedoch keinesfalls ersetzen, da deren Detaillierungsgrad durch ein einziges Großraummodell nicht erreicht werden kann. Das Grundwassermodell Lausitz hätte als Prognoseinstrument zur Fortführung des statischen Wasserbilanzmodells gleichwohl seine Berechtigung. Damit könnten langfristige Entwicklungstrends im für die mit dem Oberflächenwasserhaushalt maßgebend gekoppelten Grundwasserleiter vorhergesagt werden, die wiederum ein strategisches Handeln der Wasserbehörden ermöglichen würden. Für dringend zu treffende Entscheidungen im Zusammenhang mit dem Kohleausstieg werden die Ergebnisse dieses Grundwassermodells Lausitz in der gegenwärtigen Situation jedoch nicht benötigt und werden auch zeitnah nicht vorliegen. Die vorhandene Datenbasis und die vorliegenden Kenntnisse über das Zusammenwirken von Grund- und Oberflächenwasser, Bergbau, Klima, Speicherbewirtschaftung und dem aktuell praktizierten Wassermanagement ermöglichen die Ermittlung belastbarer Ergebnisse unter Nutzung vorhandener und erprobter Werkzeuge.

LMBV und LEAG betreiben weiterhin **Niederschlags-Abfluss-Modelle** (NAM) und **Wasserhaushaltsmodelle**. Die NAM dienen zur Prognose der Abflussbildung in den Sanierungsbereichen als Grundlage des Gewässerausbaus. Die Wasserhaushaltsmodelle dienen zur Prognose der Grundwasserneubildung als Eingangsdaten für die HGM. In den nächsten Jahren ist die Kopplung aller HGM der LMBV mit dem Wasserhaushaltsmodell ArcEGMO vorgesehen.

Von der FZL der LMBV und von den Länderbehörden wird für die kurzfristige Mengenbewirtschaftung der Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße das **Bewirtschaftungsmodell** GRMSteu eingesetzt. Für langfristige Planungen der Wasserbewirtschaftung findet das Modell **WBalMo Spree-Schwarze Elster** Anwendung, das seinerseits vom GRMSteu zur praktischen Umsetzung der Bewirtschaftungsregeln genutzt wird. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die langfristige Bewirtschaftung sollen im WBalMo Spree-Schwarze Elster zukünftig durch ein zusätzliches Klimamodul besser als bisher abgebildet werden. Ein entsprechendes Konzept wurde im Rahmen der vorliegenden Studie entwickelt, siehe Anhang (1). Angesichts der Bedeutung dieser Bewirtschaftungsmodelle als Entscheidungshilfe für strategische Ausrichtungen auf dem Wassersektor wird empfohlen, dass die Länder eigene Fachkompetenzen stärken und hoheitliche Aufgaben selbst bearbeiten und prüfen.

Die Laufendhaltung des WBalMo-Ländermodells erfordert eine fortlaufende Evaluierung und Aktualisierung der im Modell abgebildeten wasserwirtschaftlichen Strukturen sowie der zugehörigen Daten. In diesem Sinne werden derzeit die Eckdaten der Bergbaufolgeseen und die Versorgungsbilanzen der Kraftwerke durch die bergbauliche Wasserwirtschaft in einem mindestens jährlichen Rhythmus aktualisiert bzw. auf ihren Aktualisierungsbedarf geprüft. Dieses Vorgehen soll systematisch auf den gesamten Datenbestand ausgedehnt werden. Dafür wird ein Kompendium mit folgenden Inhalten aufgebaut:

- eine Gegenüberstellung der Bewirtschaftungsgrundsätze und der sie erfüllenden Modellkomponenten (Ranglistenelement, Abgaberegel, DYN-Element) mit Funktionsbeschreibung,
- eine Wissensdatenbank zur Bewertung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse auf der Basis von mit dem WBalMo-Ländermodell erstellten Gutachten,
- eine Historie der Varianten des WBalMo-Ländermodells,
- eine Bearbeitungs- und Funktionshistorie der Modellkomponenten sowie
- die Kalibrierungs- und Validierungsnachweise von Modellkomponenten.

Für die langfristige Nutzung des WBalMo-Ländermodells sind insbesondere die Unterhaltung und die Weiterentwicklung verbindlich zu regeln. Gegenwärtig werden durch die Länderbehörden bereits Anstrengungen zur Weiterentwicklung des WBalMo-Ländermodells unternommen. Neben der allgemeinen Datenaktualisierung sind folgende Schwerpunkte vorgesehen und teilweise bereits in Umsetzung:

- die Integration einer Klimamethodik in das Ländermodell, die sowohl die Erweiterung des Referenzklimas als auch Klimaprojektionen umfasst,
- die Modellierung des mit der Bewirtschaftung der Stau- und Verteilerwehre verknüpften Wasserhaushalts des Spreewaldes,
- eine Aktualisierung der Hydrologie und Bewirtschaftung der Tranitz und Malxe.

Für die langfristige Nutzbarkeit des WBalMo-Ländermodells ist die Verfügbarkeit der zugrundeliegenden Software WBalMo Voraussetzung. Die Software wird seit 1992 durch die WASY GmbH und ihre Nachfolgerin DHI WASY GmbH vertrieben, lizensiert und entwickelt. Die Weiterentwicklung der WBalMo-Software sollte perspektivisch von den Anwendern des WBalMo-Ländermodells übernommen werden. Dafür ist die Nutzung, Weitergabe und Weiterentwicklung der Software mit der DHI WASY GmbH vertraglich zu regeln.

Die Sulfatlaststeuerung im oberen Einzugsgebiet der Spree bis zur Talsperre Spremberg erfolgt mit dem **Gütesteuermodell Spree** (GSM Spree). Das Gütesteuermodell Spree prognostiziert die Sulfatbelastung der Spree am Immissionspegel Spremberg-Wilhelmsthal auf der Grundlage des vom Bewirtschaftungsmodell GRMSteu prognostizierten Mengengerüstes und zeitaktueller Angaben zur Sulfatbelastung der wesentlichen Einleiter. Derzeit wird die Erweiterung des Modellraums bis zum Pegel Leibsch geprüft.

Zur Prognose der langfristigen Entwicklung der Sulfatbelastung der Spree wurde im Auftrag des LBGR Brandenburg auf der Grundlage des Langfristbewirtschaftungsmodells WBalMo Spree-Schwarze Elster ein stochastisches **Sulfatprognosemodell** für das gesamte Einzugsgebiet der Spree entwickelt.

Für die Bergbauunternehmen wurden problemspezifische hydrochemisch-deterministische **Beschaffenheitsmodelle für Bergbaufolgeseen und Fließgewässer** auf unterschiedlicher

räumlicher Abstraktionsebene entwickelt. Die Prognose der langfristigen Beschaffenheitsentwicklung in den Bergbaufolgeseen der Lausitz basiert überwiegend auf hydrogeochemischen Mischreaktormodellen. Zur Untersuchung von Stoffeinleitungen in die Bergbaufolgeseen, z. B. im Zusammenhang mit der Einleitung von Hochwasser oder durch Einspülung von eisenbelasteten Wässern, wurden zweidimensionale limnophysikalische Modelle entwickelt. Für ausgewählte Fließgewässerabschnitte wurden stationäre eindimensionale Stofftransportmodelle unter Berücksichtigung von zeitabhängigen Stoffumsätzen (Kinetiken) entwickelt. Diese Modelle haben Anwendung zur Transportmodellierung des Eisens in der Spree gefunden (Kapitel 8.4.4). Sie bilden eine wichtige Grundlage zur Ableitung und Bemessung von Abwehrmaßnahmen.

Für großskalige und langfristige Betrachtungen zur Sulfatbelastung der Spree kann das bestehende Sulfatprognosemodell auf der Grundlage des WBalMo Spree-Schwarze Elster Ländermodells genutzt werden. Mit dem Wegfall der Einleitungen von Sümpfungswasser im Zuge des Kohleausstiegs wird jedoch die Sulfatbelastung in der Spree marginalisiert (Kapitel 8.4.3). Die großskalige Modellierung des Eisentransports mit vernetzten Fließgewässermodellen ist durch den überwiegend lokalen Charakter der Eisenbelastung nicht erforderlich. Die bereits verfügbaren Modelle genügen diesem Zweck.

Im Auftrag der LEAG wurden **dreidimensionale reaktive Stofftransportmodelle für das Grundwasser** entwickelt. Die Modelle koppeln offline das im Lausitzer Braunkohlenrevier verbreitete geohydraulische Modellsystem PCGEOFIM® mit der hydrogeochemischen Modellsoftware PHREEQC. Aufgrund der enormen Rechenleistung erfolgte die Modellanwendung bislang ausschließlich zur Lösung lokaler Problemstellungen in Ausschnitten der HGM.

Im Auftrag der LMBV werden seit vielen Jahren **Modelle zur Prognose der großräumigen Grundwasserbeschaffenheit** entwickelt und für den Verantwortungsbereich der LMBV angewendet. Der reaktive Stofftransport wird mit dem Modul PHREEQC durch die Kopplung mit den Grundwasserströmungsmodellen der LMBV abgebildet. Das zugrundeliegende geochemische Modell ist im Vergleich zu den LEAG-Modellen deutlich vereinfacht und darauf ausgerichtet vor allem die **Sulfatfreisetzung und den Sulfattransport** abzubilden. Aufgrund der Rechenintensität wurde das Niederlausitzer Braunkohlenrevier in fünf Teilmodellräume gegliedert.

Für großskalige Stofftransportmodelle des Grundwassers, sei es auf der Ebene der HGM oder des geplanten Grundwassermodells Lausitz, wird kein Bedarf gesehen. Dies begründet sich einerseits mit dem Mangel an relevanten Problemstellungen, die in diesen großen Raumskalen notwendigerweise untersucht werden müssten, und andererseits mit dem enormen rechentechnischen Aufwand für den Betrieb solcher Modelle. Das Grundwasser im Niederlausitzer Revier ist zwar großflächig mit Sulfat belastet (Kapitel 8.2.3), für die Sulfatbelastung der Fließgewässer haben die diffusen Sulfateinträge aus dem Grundwasser aber nur geringe Bedeutung (Kapitel 8.4.3). Die Eisenbelastung des Grundwassers und die diffusen Einträge in die Fließgewässer sind klein- und mesoskalige Problemstellungen (Kapitel 8.4.3).

11.6.4 Länderübergreifende Bewirtschaftung

Die Flussgebiete der Spree, der Schwarzen Elster und in Teilen der Lausitzer Neiße werden derzeit bereits länderübergreifend bewirtschaftet. Die Bewirtschaftungsstrategie und die zugehörigen Bewirtschaftungsregeln werden in der Arbeitsgemeinschaft Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster (AG FGB) zwischen den Ländern Sachsen, Brandenburg, Berlin sowie Sachsen-Anhalt und den beiden Bergbauunternehmen LEAG und LMBV abgestimmt und in entsprechenden Arbeitspapieren, z. B. AG FGB (2020), verbindlich festgelegt (Kapitel 9.2.1). Die abgestimmten Bewirtschaftungsregeln werden im WBalMo-Ländermodell Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße umgesetzt und finden so Eingang in das Bewirtschaftungsmodell

GRMSTEU Spree-Schwarze Elster (Kapitel 11.6.3). Mit dem Modell werden wöchentliche Abflussprognosen erstellt und in Abstimmung mit der LTV Sachsen, der Landesdirektion Sachsen, der FZL der LMBV sowie dem LfU Brandenburg die notwendigen wasserwirtschaftlichen Stellhandlungen, wie z. B. Abgaben aus Speichern, Wasserentnahmen und Überleitungen, festgelegt. Die Ausführung der Stellhandlungen erfolgt durch die mit der Wasserbewirtschaftung betrauten Institutionen: in Brandenburg durch die Wasser- und Bodenverbände und in Sachsen durch die LTV.

Mit dem Wegfall der Einleitung von Sümpfungswasser insbesondere in die Spree steigen die Anforderungen an das länderübergreifende Wassermanagement. Mit der Schaffung einer neuen Struktur in der länderübergreifenden Wasserbewirtschaftung im Jahr 2022 durch Berufung einer Strategischen Arbeitsgruppe (SAG) für den Themenbereich Wasser hat sich die Arbeitsgemeinschaft Flussgebietsbewirtschaftung (AG FGB) ein neues Mandat gegeben. Um den Dimensionen der wasserwirtschaftlichen Transformation im gesamten Einzugsgebiet der Spree und der Schwarzen Elster gerecht zu werden, sollte dieser Prozess fortgeführt werden und idealerweise in die Institutionalisierung einer länderübergreifenden Wasserbewirtschaftung münden.

In Schubert (2015) wurden die Möglichkeiten zur Institutionalisierung der Wasserbewirtschaftung in den bergbaulich beeinflussten Einzugsgebieten der Spree und der Schwarzen Elster im Rahmen einer Machbarkeitsstudie untersucht. Die Studie zeigte zum einen die Notwendigkeit einer engen länderübergreifenden Bewirtschaftung und eines sektoren- und akteursübergreifenden Handelns zur zeit- und kosteneffektiven Bewältigung der Herausforderungen bei der Wiederherstellung eines sich nach Menge und Beschaffenheit selbst regulierenden Wasserhaushalts auf. Die Studie zeigt weiterhin, dass die Rahmenbedingungen im Spreegebiet, insbesondere die unterschiedlichen politischen, behördlichen und verwaltungsrechtlichen Rahmenbedingungen der Länder Sachsen, Brandenburg und Berlin, europaweit weitgehend einmalig sind und es keine unmittelbare Vorlage für die Institutionalisierung der länderübergreifenden Bewirtschaftung gibt. In Schubert (2015) wird abschließend empfohlen, für die Organisation der länderübergreifenden Bewirtschaftung die langjährigen Erfahrungen des nordrheinwestfälischen Erftverbandes zu nutzen.

Der Erftverband besteht seit 1958 als Körperschaft des öffentlichen Rechts und ist ein großer Wasserwirtschaftsverband in Nordrhein-Westfalen. Die Aufgaben des Erftverbandes sind im Gesetz über den Erftverband festgelegt ErftVG (1986) und umfassen:

- die Erforschung und Beobachtung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse im Zusammenhang mit dem Braunkohlenabbau,
- die Regelung des Wasserabflusses,
- die Unterhaltung oberirdischer Gewässer oder Gewässerabschnitte,
- die Rückführung ausgebauter oberirdischer Gewässer in einen naturnahen Zustand,
- die Regelung des Grundwasserstandes,
- die Vermeidung, die Minderung, die Beseitigung und den Ausgleich der wasserwirtschaftlichen und ökologisch nachteiligen Veränderungen infolge des Braunkohlenabbaus,
- die Beschaffung und Bereitstellung von Wasser zur Sicherung der gegenwärtigen und künftigen Versorgung der Bevölkerung und der Wirtschaft sowie
- die Abwasserbeseitigung.

Als Keimzelle für die Institutionalisierung der länderübergreifenden Bewirtschaftung in der Lausitz bietet sich z. B. die FZL der LMBV an. Unabhängig von der tatsächlichen Organisationsstruktur muss die entsprechende Institution mit einem rechtlichen Mandat der Bundesländer Sachsen, Brandenburg und Berlin sowie des Bundes und mit ausreichenden Ressourcen ausgestattet werden.

11.6.5 Evaluierung der Bewirtschaftungsziele nach EG-WRRL

Entsprechend der Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) sollen bis zum Jahr 2027 alle Oberflächenwasserkörper einen guten ökologischen Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potenzial sowie einen guten chemischen Zustand erreichen. Gleiches gilt für Grundwasserkörper, die einen guten mengenmäßigen und guten chemischen Zustand erreichen sollen. Da absehbar ist, dass dieses Ziel nicht zu erreichen ist, wurde die Frist für die Zielerreichung für Oberflächenwasserkörper in Brandenburg bereits bis 2033 verlängert (Kapitel 9.4.1).

Durch den Braunkohlenbergbau sind im Lausitzer Revier im Untersuchungsgebiet insgesamt 189 Fließgewässer-OWK beeinflusst (Kapitel 9.4.1). Der Bergbaueinfluss spiegelt sich in einem veränderten Wasser- und Stoffhaushalt der Gewässer wider. Seit Inkrafttreten der EG-WRRL im Jahr 2000 erfolgte die Einstufung des Zustandes und die Ableitung der Maßnahmen bei Fließgewässern, in die Sümpfungswasser eingeleitet werden, wie z. B. die Spree, bei deutlich erhöhten Niedrigwasserabflüssen (Kapitel 10.4.1). Vor allem die bewertungsrelevanten biologischen Qualitätskomponenten (Makrozoobenthos und Fische) haben sich an die vorhandenen Abflussverhältnisse angepasst. Allerdings unterscheiden sich die letzten zwanzig Jahre erheblich von den natürlichen vorbergbaulichen Abflüssen der Spree (vgl. Kapitel 5).

Prognostisch werden sich die nachbergbaulichen Abflüsse wieder den vorbergbaulichen annähern (Kapitel 7.3). Daher gilt es zu evaluieren, inwiefern die in den Bewirtschaftungsplänen ausgewiesenen Einstufungen und Maßnahmen angepasst werden müssen, um Zielkonflikte zu vermeiden (Kapitel 10.4.1), die sich aus unterschiedlichen Einstufungskriterien ergeben können. Damit soll vermieden werden, dass für wasserrechtliche Verfahren Ausnahmen nach § 31 Abs. 2 WHG für das Verfehlen des guten ökologischen Zustandes eines oberirdischen Gewässers zur Regel werden.

11.6.6 Evaluierung der Erhaltungsziele der Natura 2000-Schutzgebiete

Nach § 33 BNatSchG besteht für Natura 2000-Gebiete ein Verschlechterungsverbot, damit heimische Pflanzen- und Tierarten und ihrer natürlichen Lebensräume vor erheblichen Beeinträchtigungen geschützt werden. Im Untersuchungsgebiet befinden sich 49 FFH-Gebiete an Fließgewässern mit dominantem Bergbaueinfluss und 25 FFH-Gebiete mit zu prüfendem Bergbaueinfluss (Kapitel 9.4.2).

Die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG) trat 1992 in Kraft. Seit dieser Zeit haben sich die Lebensraumtypen nach Anhang I und Arten nach Anhang II an die vorhandenen Abflussverhältnisse angepasst. In der Spree unterscheiden sich die Abflussverhältnisse der letzten 30 Jahre allerdings erheblich von den natürlichen vorbergbaulichen Abflüssen (Kapitel 5). Prognostisch werden sich die nachbergbaulichen Abflüsse dauerhaft wieder den vorbergbaulichen annähern (Kapitel 7.3). Daher gilt es zu evaluieren, inwiefern die Schutz- und Erhaltungsziele der Natura 2000-Schutzgebiete angepasst werden müssen, um Zielkonflikte zu vermeiden (Kapitel 10.4.2), die sich aus den abnehmenden Abflüssen ergeben. Damit soll vermieden werden, dass für wasserrechtliche Verfahren Ausnahmen nach Artikel 6 Abs. 4 FFH-RL zur Regel werden.

11.6.7 Zusammenfassende Bewertung

Die Maßnahmen der Kategorie (E) **Organisation und Kommunikation** können das mit dem Kohleausstieg entstehende Wassermengendefizit der Spree nicht mindern. Die Maßnahmen schaffen jedoch die notwendigen Werkzeuge und den verwaltungsrechtlichen Handlungsrahmen zum Management und zur Überwindung des Defizites.

Die Gestaltung des nachbergbaulichen Wasserhaushaltes im Einzugsgebiet der Spree berührt wasserwirtschaftliche Interessen sowohl der Länder Sachsen, Brandenburg und Berlin als auch des Bundes. Zur Herstellung eines Interessensausgleiches wird die Schaffung einer länderübergreifenden Instanz für die Wasserbewirtschaftung empfohlen (Kapitel 11.6.4). Diese Instanz führt die Konzeption, Planung und Ausführung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen zusammen. Ein erfolgreiches Modell für eine entsprechende Instanz ist der Erftverband in Nordrhein-Westfalen. Eine länderübergreifende und ganzheitliche Bewirtschaftung von Flusseinzugsgebieten entspricht den grundlegenden Zielstellungen der EG-WRRL.

Modelle sind nützliche Werkzeuge zur Entscheidungsfindung, für die Planung und für die Bewirtschaftung. Die bereits verfügbaren Modelle sind zur Bewältigung der wasserwirtschaftlichen Herausforderungen des Kohleausstiegs grundsätzlich geeignet (Kapitel 11.6.2). Aufgrund der absehbar langen Planungs- und Umsetzungszeiträume müssen zur Bewältigung der wasserwirtschaftlichen Folgen des Kohleausstiegs zeitnah Grundsatzentscheidungen zu Maßnahmen getroffen werden (Kapitel 11.2 bis 11.6). Diese Entscheidungen lassen sich bereits auf dem heutigen Kenntnisstand ausreichend valide treffen.

Bisher liegt das Knowhow zum Aufbau und zum Betrieb der meisten Modellarten immer noch bei den Bergbauunternehmen bzw. bei seinen Auftragnehmern. Mit Blick in die Zukunft und dem Ausklingen des Sanierungs- und zeitversetzt des Gewinnungsbergbaus müssen viele Modelle weitergeführt werden. Deshalb ist es geboten, dass sich die Länder eigene Modellkompetenzen aufbauen und die Modelle ggf. selbst betreiben.

Die sich mit dem Kohleausstieg stark verändernden wasserwirtschaftlichen Verhältnisse erfordern eine adäquate Anpassung der Bewertungsmaßstäbe. Eine Evaluierung der Bewirtschaftungs- und Erhaltungsziele ist geboten (Kapitel 11.6.4 und 11.6.6).

Fazit

Organisatorische und kommunikative Maßnahmen können das mit dem Kohleausstieg entstehende Wassermengendefizit der Spree nicht mindern.

Das Wassermanagement in den Einzugsgebieten der Spree, der Schwarzen Elster und der Neiße muss durch eine **länderübergreifende und ganzheitliche Bewirtschaftung** erfolgen.

Dafür sind qualifizierte numerische **Modellwerkzeuge** erforderlich. Die Länder sollten sich wegen der Komplexität der Problemstellungen ausreichend **eigene Fachkompetenz** sichern.

Der Umgang mit den nachbergbaulichen Verhältnissen gebietet eine örtliche **Anpassung von Bewertungsmaßstäben** des Wasser- und Naturschutzrechtes.

11.7 Zusammenfassende Bewertung der Handlungsoptionen

Zur besseren Übersichtlichkeit und Erfassung der vielfältigen Möglichkeiten an Handlungsoptionen wurden fünf thematische Kategorien gebildet (Kapitel 11.1). Über Brainstorming, Stakeholderbefragung, Literaturstudium und die Recherche bereits vorliegender Lösungsvorschläge wurden den Kategorien konkrete Maßnahmen zugeordnet sowie aus fachlicher Sicht in den Kapiteln 11.2 bis 11.6 diskutiert und bewertet. Im Ergebnis stellte sich Folgendes heraus:

Alle Maßnahmen zur **Verringerung des Wasserbedarfs** (Kategorie A) sind ein grundsätzliches Gebot der wasserwirtschaftlichen und ökologischen Vernunft. Sie liefern in ihrer Gesamtheit jedoch nur einen geringen Beitrag zur Bewältigung der absehbaren wasserwirtschaftlichen Folgen des Kohleausstiegs. Zumal erkennbar ist, dass die wirtschaftliche Transformation und Strukturentwicklung ohne angemessene Wasserbereitstellung hinsichtlich Menge und Güte nicht erfolgreich sein können.

Die dargestellten Maßnahmen zu **Wasserüberleitungen aus anderen Einzugsgebieten** (Kategorie B) liefern den wesentlichen und erfolgversprechenden Beitrag zur Bewältigung der wasserwirtschaftlichen Folgen des Kohleausstieges. Sie sind sowohl mittelfristig, zur Beschleunigung der Flutung, als auch langfristig, zur winterhalbjährlichen Speicherbefüllung und zur sommerhalbjährlichen Dargebotsstabilisierung, von Bedeutung.

Die abgeleiteten Maßnahmen zur **Optimierung der Wasserverfügbarkeit** (Kategorie C) tragen für sich allein nur wenig zur Bewältigung der wasserwirtschaftlichen Folgen des Kohleausstieges bei. Allerdings sind sie ein wesentliches Bindeglied für eine maximale Wirkungsentfaltung und eine maximale Wirkungsreichweite der Maßnahmen der Kategorie B.

Die **technischen Lösungen** des Wasserbaus und der Wasserbehandlung (Kategorie D) dienen vorrangig der Heilung lokaler Defizite und dem Erreichen bzw. dem Erhalt der Schutzziele der EG-WRRL und NATURA 2000. Sie stellen keine frei wählbaren Alternativen zu den anderen Maßnahmen dar, sondern sind insbesondere hinsichtlich der Wasserbeschaffenheit häufig die einzigen Optionen.

Die Priorität der Handlungsoption B ergibt sich daraus, dass die Maßnahmen der Handlungsoptionen C und D in dem Fall, wenn Spreeabschnitte streckenweise zu Rinnsalen verkümmern oder gar trockenfallen, prinzipiell keine Wirkung mehr entfalten.

Die Maßnahmen zu **Organisation und Kommunikation** (Kategorie E) stellen das notwendige organisatorische Bindeglied zwischen den vier vorgenannten Handlungsoptionen (Kategorie A bis D) dar.

Dass die in den Kapiteln 11.2 bis 11.6 diskutierten fünf Handlungsoptionen in ihrer Gesamtheit ein realistischer Weg zur Bewältigung der wasserwirtschaftlichen Folgen des Kohleausstiegs sind, wird durch die jüngsten Veröffentlichungen des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung PIK und gleichlautend des UFZ Halle-Leipzig belegt. In den 2019 bzw. 2022 veröffentlichen Studienergebnissen über die wahrscheinlichen Klimaentwicklungen in der Lausitz zeigen die Klimaszenarien RCP 2.6, 4.5 und 8.5 im Unterschied zu früheren Modellrechnungen bis zum Jahr 2100 einen gleichbleibenden bzw. sogar einen leicht ansteigenden Niederschlagstrend. Dabei gilt als Axiom, dass langanhaltende sommerliche Trockenperioden zunehmen werden und der Großteil des Jahresniederschlags in den Wintermonaten fallen wird. Diese Verschiebung der jährlichen Niederschlagsverteilung konnte bereits in den zurückliegenden zwei Jahrzehnten festgestellt und mit Messdaten belegt werden.

Der mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erwartende wasserwirtschaftliche Trend im Zusammenhang mit dem Klimawandel bildet die Grundlage für die Umsetzung folgender Maßnahmen:

- die Überleitung von Wasser in niederschlagsreichen Zeiten aus benachbarten Flussgebieten in das obere Einzugsgebiet von Spree und Schwarzen Elster,
- der weitere Ausbau der Gesamtspeicherkapazität auf mindestens 178 Mio. m^3 zur Speicherung der Überleitungsmengen sowie der Überschussmengen der Spree im Winterhalbjahr sowie
- die Speicherabgaben zur Niedrigwasseraufhöhung der Spree und Schwarzen Elster.

Die empfohlenen Handlungsoptionen der fünf Kategorien A bis E stellen überwiegend keine selbständigen Alternativen dar, zwischen denen beliebig gewählt werden kann. Je umfassender das Maßnahmenportfolio der einzelnen Handlungsoptionen umgesetzt wird, desto sicherer lässt sich der nachbergbauliche Wasserhaushalt aufstellen.

12 Quellenverzeichnis

AbwV (2004): Abwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004 (BGBl. I S. 1108, 2625), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 20. Januar 2022 (BGBl. I S. 87) geändert worden ist. – Online unter: https://www.gesetze-im-internet.de/abwv/AbwV.pdf [Zugriff am 08.11.2022].

AfS-B/BB (2012): Statistischer Bericht C IV 11 – u / 09. Bewässerung in landwirtschaftlichen Betrieben im Land Brandenburg 2009. Amt für Statistik Berlin-Brandenburg. Potsdam, Januar 2012.

AfW (1965): Perspektivplan Talsperren und Rückhaltebecken. Amt für Wasserwirtschaft Dresden, 1965.

AG FGB (2020): Grundsätze für die länderübergreifende Bewirtschaftung der Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße. – Arbeitsgemeinschaft „Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster“, Stand: November 2020.

Armenat (2012): Die „vollkommene Ausbildung“ der Schwarzen Elster – Eine multidimensionale Studie zur Wasserwirtschaft und zum Kulturlandschaftswandel 1800 – 1945. Dissertation, Georg-August-Universität, Göttingen, 2012.

Arnold (2014): Praxisanforderungen an die Weiterentwicklung der Bohrtechnik am Beispiel des Braunkohlenbergbaues, Vortrag zum 65. Berg- und Hüttenmännischen Tag vom 11. bis 13. Juni 2014 in Freiberg.

Arnold & Kuhlmann (1993): Hydrogeologische Komplexstudie Niederlausitzer Braunkohlenrevier, LAUBAG (Hg.), Mai 1993

ASG (2019): Industriepark Schwarze Pumpe – ANSIEDELN. STÄRKEN. GESTALTEN. ASG Altstadtsanierungsgesellschaft Spremberg mbH, Online unter: asg-spremberg.de, [Zugriff am 30.03.2022].

BB (2020): Das Lausitzprogramm 2038. Prozesspapier zum Aufbau von Entscheidungs- und Begleitstrukturen im Transformationsprozess. Unter Mitarbeit von Staatskanzlei des Landes Brandenburg, Ministerium des Inneren und für Kommunales, Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung, Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz, Ministerium der Finanzen und für Europa und Ministerium für Wirtschaft, Forschung und Kultur, Potsdam, 2020.

BBergG (1980): Bundesberggesetz vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 14. Juni 2021 (BGBl. I S. 1760) geändert worden ist. – Online im Internet: https://www.gesetze-im-internet.de/bbergg/BBergG.pdf [Zugriff am 08.11.2021].

Beck (2009): Die Weltwirtschaftskrise der 1930er Jahre in Deutschland - Ursache, Verlauf und Maßnahmen der Wirtschaftspolitik. Vergleich der Krisen 1929 und 2008/09, Diplomica Verlag GmbH, 2009.

Berghaus (1855): Landbuch der Mark Brandenburg und des Markgraftums Nieder-Lausitz in der Mitte des 19. Jahrhunderts - oder geographisch-historisch-statistische Beschreibung der Provinz Brandenburg. Auf Veranlassung des Staatsministers und Ober-Präsidenten Flottwell bearbeitet von Dr. Heinrich Berghaus, Rudolf Müller.

BfG (2013): BfG-Bericht. Wasserwirtschaftliche Verhältnisse des Projektes 17 für den Bereich des WNA Berlin. 6. Fassung, 2. Teilbericht. Koblenz/Dresden: DHI-WASY GmbH und Bundesanstalt für Gewässerkunde.

BfG (2015): BfG-Bericht 1837. Auswirkungen einer potentiellen Oderwasserüberleitung auf die Wasserbeschaffenheit der Spree. Bundesanstalt für Gewässerkunde. Koblenz, Juli 2015.

BfN (2021): Auenzustandsbericht 2021. Flussauen in Deutschland. Bundesamt für Naturschutz. Bonn, 2021. Online im Internet: https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-04/AZB_2021_bf.pdf [Zugriff am 30.01.2023].

BGBl (2022): Gesetz zur Beschleunigung des Braunkohleausstiegs im Rheinischen Revier vom 19. Dezember 2022. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2022 Teil I Nr. 54, ausgegeben zu Bonn am 23. Dezember 2022. Online im Internet: https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&start=%2F%2F%2A%5B%40attr_id=%27bgbl122s2479.pdf%27%5D#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl122s2479.pdf%27%5D__1674763000477 [Zugriff am 26.01.2023].

BGR & SGD (2014): Hydrogeologische Karte von Deutschland 1:200.000, Hintergrundwerte (HÜK200 HGW). Digitale Kartendaten v2.9. Hannover, 2014.

BMU (2021): Nationale Wasserstrategie - Entwurf des Bundesumweltministeriums. Kurzfassung, Juni 2021.

BMWi (2019): Abschlussbericht der Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung". Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hg.), 31.01.2019, Berlin.

BMWi (2021): Bericht der Bundesregierung an den Haushaltsausschuss, den Ausschuss für Wirtschaft und Energie, den Ausschuss für Inneres und Heimat, den Ausschuss für Verkehr und digitale Infrastruktur des Deutschen Bundestages gemäß § 26 Abs. 2-4 Investitionsgesetz Kohleregionen. 03.11.2021.

BPB (2020a): Die Wirtschaft in der DDR. Online unter: www.bpb.de/geschichte/deutsche-einheit/lange-wege-der-deutschen-einheit/47076/ddr-wirtschaft [Zugriff am 08.11.2021].

BPB (2020b): Region im Wandel. Eine kurze Geschichte der Lausitz(en). Online unter: www.bpb.de/apuz/304328/eine-kurze-geschichte-der-lausitzen [Zugriff am 08.11.2021].

BTUC (2004): Dokumentation von Zustand und Entwicklung der wichtigsten Seen Deutschlands. Teil 5. Brandenburg. Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl Gewässerschutz im Auftrag des Umweltbundesamtes. Cottbus 2004.

Busch & von Gundling (1724): Karte der Niederlausitz. Kupferstich, Sächsische Landesbibliothek. Staats- und Universitätsbibliothek Dresden, Dresden.

Der Heimatwanderer (1929): Zeitschrift 5. Jahrgang, Nummer 50, 1929.

DGFZ (1997): Restlochflutung. Gefahrenabwehr, Wiedernutzbarmachung und Normalisierung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse im Lausitzer Revier. Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V. im Auftrag der Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH. Berlin/Dresden, August 1997.

DHI-WASY (2013): Modellbasierte wasserwirtschaftliche Konfliktanalyse und Planungen im Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße unter besonderer Berücksichtigung des Braunkohlebergbaus – Abschlussbericht. DHI-WASY GmbH und IMGW Wroclaw im Auftrag der Vattenfall Europe Mining AG. Dresden, März 2013.

DHI-WASY (2015): Studie zur Prüfung der Machbarkeit eines geohydraulischen Großraummodells Lausitz", Zwischenberichte 1, 2 und 3. DHI-WASY GmbH im Auftrag der LMBV. Berlin, Juni 2015.

DHI-WASY (2022): TOP 8: Vorstellung Untersuchung für das Revierkonzept (Arbeitstand 10/2022). Präsentation zum AK Wassermenge der Arbeitsgemeinschaft „Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster am 05.10.2022.

DHM (2014a): Industrie und Wirtschaft – Erster Weltkrieg. Online unter: www.dhm.de/lemo/kapitel/erster-weltkrieg/industrie-und-wirtschaft.html [Zugriff am 08.11.2021].

DHM (2014b): Industrie und Wirtschaft - Kaiserreich. Online unter: www.dhm.de/lemo/kapitel/kaiserreich/industrie-und-wirtschaft.html [Zugriff am 08.11.2021].

DIHK (2020): Wasserstoff – DIHK-Faktenpapier. Deutscher Industrie- und Handelskammertag e.V. (DIHK), Juni 2020.

DIN 4030-1 (2008): Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte. Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, Juni 2008.

Dornier (1993): Ökologischer Sanierungs- und Entwicklungsplan Niederlausitz. Grundlagen - Analysen - Empfehlungen. Kurzfassung. Dornier GmbH im Auftrag des Bundes-ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 1993.

DWBV (2019): Nozharova, D., Diwald, W.: H2 - Industrie Potenzialstudie Brandenburg. Studie zur Identifizierung und Analyse der Chancen und Potenziale zur Wasserstoffnutzung und Ansiedlung einer Wasserstoffindustrie im Land Brandenburg, insbesondere unter Beachtung der energie- und industriepolitischen Aspekte. Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e.V., 2019.

EG-Badegewässer-RL (2006): Richtlinie 2006/7/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Februar 2006 über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung und zur Aufhebung der Richtlinie 76/160/EWG – Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L64/37 vom 04.03.2006. – Online unter: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0007&from=DE [Zugriff am 08.11.2021].

EG-FFH-RL (1992): Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. – Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L206 vom 22.07.1992. – Online unter: https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:DE:PDF [Zugriff am 08.11.2021].

EG-SPA-RL (2009): Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten. – Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L20/1 vom 26.01.2010. – Online unter: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0147&from=DE [Zugriff am 08.11.2021].

EG-WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (EU-Wasserrahmenrichtlinie). – Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L327/1 vom 22.12.2000. – Online unter: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0003.02/DOC_1&format=PDF [Zugriff am 08.11.2021].

ErftVG (1986): Bekanntmachung der Neufassung des Gesetzes über den Erftverband (ErftVG). Online im Internet: https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_bes_text?anw_nr=2&gld_nr=7&ugl_nr=77&bes_id=3731&menu=0&sg=0&aufgehoben=N&keyword=Erftverband#det0 [Zugriff am 31.01.2023].

FGG Elbe (2013): Darstellung der Bewirtschaftungsziele für die vom Braunkohlenbergbau beeinflussten Grundwasserkörper der FGG Elbe (im zweiten Bewirtschaftungsplan). Hintergrunddokument. Flussgebiets-gemeinschaft Elbe, Magdeburg, 12.09.2013.

FGG Elbe (2020): Darstellung der Bewirtschaftungsziele für die vom Braunkohlenbergbau beeinflussten Grundwasserkörper der FGG Elbe (im dritten Bewirtschaftzungsplan). Hintergrunddokument. Flussgebiets-gemeinschaft Elbe, Magdeburg, 29.07.2020.

Finke et al. (2002): Finke, W., Fürtig, G., Haunschild, A., & Richter, K. (2002). Kanalwasserbilanz der Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals für die Wasserbewirtschaftung. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, S. 60 bis 68, Jg. 46, Heft 2.

Füllner et al. (2020): Füllner, G.; Brämick, U.; Bräuer, G.; Köhler, A.: Leitbild für eine zukunftsfähige Entwicklung von Aquakultur und Fischerei in der Lausitz. 2020.

Geller et al. (2008): Geller W., Klapper H. und Salomons (Hrsg.) Acid Mine Drainage. Limnology and Reclamation (Environmental Science and Engineering). Springer 1998.

Gerstgraser und Zank (2012): Kompensation der Beseitigung eines FFH-Gebiets. Natur und Landschaft 44 (10), S.293 – 299.

GFI u. a. (2009): Studie zur Elbewasserüberleitung - Schlussbericht. Im Auftrag der LMBV mbH: GFI Grundwasserforschungszentrum GmbH Dresden mit BTU Brandenburgische Technische Universität Cottbus, IWB Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH Possendorf und TU Bergakademie Freiberg. Dresden, Cottbus, Possendorf und Freiberg, 2009.

GFI (2011): Kosten- und Nutzenbetrachtung zur Elbewasserüberleitung in die Lausitz. Im Auftrag der LMBV mbH: GFI Grundwasserforschungszentrum GmbH Dresden. 2011.

Gicon (2019): Grahn D., Köhler A.: Fortschreibung der UM-Studie, Länderübergreifende umweltbezogene Machbarkeitsstudien zum weiteren Ausbau des Industrieparks Schwarze Pumpe zur Sicherung von Unternehmensansiedlungen/Ersatzinvestitionen. GICON Großmann Ingenieurconsult GmbH Dresden, 2019.

Gillung (2021): Gillung, Frank: Grüner Wasserstoff - Aktueller Stand und Perspektiven. Vortrag, Ringvorlesung Wassergespräch Lausitz, BTU Cottbus-Senftenberg, 09.11.2021.

gIR (2021): Bewertung der Wasserkörper innerhalb des Beeinflussungsbereiches der LEAG im 3. Bewirtschaftungszyklus der EU-WRRL. gerstgraser Ingenieurbüro für Renaturierung (gIR) im Auftrag der LEAG, Cottbus, 2021.

Gornig (2012): Berliner Wirtschaft - Nach Teilung und Transformation auf Wachstumskurs? Zeitschrift für amtliche Statistik Berlin Brandenburg 4, 42–47.

Grau & Würz (2021): Flucht und Notaufnahme. – Online unter: www.hdg.de/lemo/kapitel/geteiltes-deutschland-gruenderjahre/mauerbau/flucht-und-notaufnahme.html [Zugriff am 08.11.2021].

Grünewald u. a. (2012): Grünewald U., Schoenheinz D., Fleischhammel P., Ender R., Schapp A., Schümberg S., Seiler D., Uhlmann W., Zimmermann K.: „Perspektive See“ Zum Stand der Entwicklung der Wasserbeschaffenheit in den Lausitzer Bergbaufolgeseen. Abschlussbericht 2008-2012 zum wissenschaftlich-technischen Projekt 112 der LMBV „Gewässergüte in Tagebauseen der Lausitz“, Brandenburgische Technische Universität und Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Cottbus und Dresden, Dezember 2012.

GrwV (2017): Grundwasserverordnung vom 09. November 2010 (BGBl. I S. 1513), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 04. Mai 2017 (BGBl. I S. 1044) geändert worden ist. – Online unter: http://www.gesetze-im-internet.de/grwv_2010/GrwV.pdf [Zugriff am 08.11.2021].

Ilse Bergbau AG (1938): Festschrift anlässlich des 50-jährigen Bestehens, Eigenverlag.

INKA BB (2016): Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg Berlin (INKA BB), Teilprojekt 18: Innovative Technik für effiziente Bewässerung im Pflanzenbau, Abschlussbericht. 2016.

IWB (2012): Uhlmann, W. u. a.: Weiterführende Untersuchungen zu den hydrochemischen und ökologischen Auswirkungen der Exfiltration von eisenhaltigem, saurem Grundwasser in die Kleine Spree und die Spree. Projektphase 2: Präzisierung der Ursachen und Quellstärken für die hohe Eisenbelastung des Grundwassers; Teil 1: Erkundung und Teil 2: Maßnahmen. Kurztitel: Zweite Eisenstudie zum Südraum. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 30.05.2012.

IWB (2013a): Uhlmann W., Lindig Y., Seiler D., Nestler W.: Maßnahmen gegen die Kippenversauerung in Bergbaufolgelandschaften der Braunkohle. Abschlussbericht. Im Auftrag des LfULG Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 31.12.2013.

IWB (2013b): Uhlmann, W. u. a.: Studie zu Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs auf die Beschaffenheit der Oberflächengewässer in den Sanierungsgebieten B1 (Seese/Schlabendorf) und B2 (Greifenhain/Gräbendorf). Kurztitel: Zweite Eisenstudie zum Nordraum. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 31.03.2013.

IWB (2015): Uhlmann, W., K. Zimmermann, S. Theiss und Y. Kreutziger: Einschätzung des Anteils des Sanierungsbergbaus der LMBV an der Sulfatbelastung der Spree. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 31.03.2015.

IWB (2017): Uhlmann, W., K. Zimmermann, C. Pezenka und W. Seher: Weiterführung der Untersuchungen zur Exfiltration von eisenhaltigem, saurem Grundwasser auf die Fließgewässer der Lausitz (Südraum). Ableitung der erforderlichen Maßnahmen zur Wasserbehandlung der Spree im Südraum der LMBV. Konzeptioneller Teil. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann im Auftrag der LMBV, Dresden, 20.10.2017 - Unveröffentlicht.

IWB (2018): Uhlmann, W., I. Lindig, W. Seher, K. Schmidt, E. Westphal, C. Pezenka und K. Zimmermann: Evaluierung des Grundwassermonitorings in der Bergbauregion Ostsachsen hinsichtlich Menge und Beschaffenheit. Abschlussbericht. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) Sachsen. Dresden, November 2018.

IWB & gIR (2018): Uhlmann, W., K. Zimmermann, T. Claus, C. Gerstgraser und S. Giebler: Erarbeitung eines strategischen Hintergrundpapiers zu den bergbaubedingten Stoffeinträgen in den Flusseinzugsgebieten Spree und Schwarze Elster. - Teil 1: Grundlagenermittlung. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann und Gerstgraser Ingenieurbüro für Renaturierung im Auftrag des LBGR, Dresden/Cottbus, November 2018.

IWB & gIR (2020): Uhlmann, W., K. Zimmermann, T. Claus, K. Schmidt, W. Seher, C. Gerstgraser und S. Giebler: Erarbeitung eines strategischen Hintergrundpapiers zu den bergbaubedingten Stoffeinträgen in den Flusseinzugsgebieten Spree und Schwarze Elster. - Teil 2: Zustandsanalyse und Handlungsschwerpunkte. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann und Gerstgraser Ingenieurbüro für Renaturierung im Auftrag des LBGR, Dresden/Cottbus, Februar 2020.

IWB (2020): Uhlmann, W., A. Gröschke und K. Zimmermann: Erarbeitung eines strategischen Hintergrundpapiers zu den bergbaubedingten Stoffeinträgen in den Flusseinzugsgebieten Spree und Schwarze Elster. - Teil 3: Maßnahmen. – Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann im Auftrag des LBGR, Dresden, Februar 2020.

IWB & IDUS (2020): Uhlmann, W., F. Schubert, K. Zimmermann, Y. Kreutziger, K. Berg, M. Kruspe, L. Köhler und R. Kruspe: Erarbeitung eines strategischen Hintergrundpapiers zu den bergbaubedingten Stoffeinträgen in den Flusseinzugsgebieten Spree und Schwarze Elster. Ökologisches Potential von Bergbaufolgeseen. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann und IDUS Analytisch Biologisches Umweltlabor GmbH im Auftrag des LBGR, Dresden/Ottendorf-Okrilla, Dezember 2020.

IWB (2021): Flutung der Tagebaureträume der LEAG. Aktualisierung der Flutungsstudie. Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH Possendorf. 24.02.2021.

IWB (2022): Bilanzierung des Anteils des Sanierungsbergbaus der LMBV an der Eisenbelastung der Spree und der Kleinen Spree. Berichtszeitraum von 2016 bis 2021. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 30.06.2022.

Kaden et. al. (2002): Kaden, S.; Kantelberg, G.; Rehfeld-Klein; Sauer, C.; Schumacher, F.; Walther, J.: Hydrologie. In: Köhler, J. et al. (Hrsg.), Die Spree. Zustand, Probleme, Entwicklungsmöglichkeiten. Limnologie aktuell (Bd. 10), E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, 2002.

Kahl (2009): Braunkohlenverstromung im Lausitzer Revier. Förderverein Kulturlandschaft Niederlausitz e.V. (Hrsg.), Band 10, 2009.

Kalwa et al. (2021): Kalwa, F.; Junghans, V.; Wallschläger, R.: Bewässerungsbedarf in den neuen Bundesländern - Die Perspektive der Landwirte nach dem "Dürresommer" 2018. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft 14 (1), S. 23-28. 2021.

Keilhack (1934): Das Grundwasser im Lausitzer Urstromtal und seine Beeinflussung durch den Braunkohlenbergbau, Berlin-Wilmersdorf, 1934.

Keller (1916): Ober- und unterirdische Wasserwirtschaft im Spree- und Havelgebiet, Landesanstalt für Gewässerkunde im Ministerium der öffentlichen Arbeit (Hrsg.), Berlin, 1916.

Keller (1929): Straube's Hip Hip Hurra – Führer für Wasser-Wanderer auf den Wasserstraßen zwischen Elbe und Weichsel, Berlin Straube, 1929.

KM (2021): Definition Raumordnung. Konradin Medien GmbH. Leinfelden-Echterlingen. Online unter: www.wissen.de/lexikon/raumordnung [Zugriff am 08.11.2021].

Koalitionsvertrag 2021-2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und den Freien Demokraten (FDP). 24.11.2021.

Koch et al. (2009): Koch, H., Kaltofen, M., & Meyer, V., GLOWA-Elbe III: Überleitungen, Speichersteuerung. Stakeholder-Workshop, Leipzig, 15.-16. Januar 2009.

KohleAusG (2020): "Gesetz zur Reduzierung und zur Beendigung der Kohleverstromung und zur Änderung weiterer Gesetze" vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1818), das durch Artikel 3b des Gesetzes vom 3. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2682) geändert worden ist" – Online unter: https://www.gesetze-im-internet.de/kohleausg/KohleAusG.pdf [Zugriff am 08.11.2021].

Köhler, Gelbrecht & Pusch (2002): Die Spree - Zustand, Probleme, Entwicklungsmöglichkeiten. Limnologie aktuell (Bd. 10), E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, 2002.

Krausch (1960): Die Pflanzenwelt des Spreewaldes, A. Ziemsen Verlag, 1960, Lutherstadt Wittenberg.

InvKG (2020): "Investitionsgesetz Kohleregionen vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1795)" - Online im Internet: https://www.gesetze-im-internet.de/invkg/BJNR179510020.html [Zugriff am 26.01.2023].

LBV (2021): Bevölkerungsvorausschätzung 2020 bis 2030. Ämter, Verbandsgemeinden und amtsfreie Gemeinden des Landes Brandenburg, Landesamt für Bauen und Verkehr des Landes Brandenburg, 2021.

LEAG (2021): LEAG zur Ermittlung des wasserwirtschaftlichen Status Quo im Jahr 2020. per Mail: Lausitz Energie Bergbau AG, 20. Dezember 2021 17:18.

LfU (2019): Protokoll zur Beratung des Arbeitskreises Wassermenge der AG Flussgebietsbewirtschaftung. Cottbus: 11.09.2019, Landesamt für Umwelt Brandenburg.

LfU (2020): Protokoll der 1. Beratung der Expertengruppe "Klima/ Klimawandel". Landesamt für Umwelt, Cottbus, 03.11.2020

LfU (2021a): Niedrigwasser 2018 und 2019 in den Flussgebieten Schwarze Elster, Spree und Lausitzer Neiße - Eine länderübergreifende Auswertung. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz Brandenburg, Potsdam, Juli 2021.

LfU (2021b): Konzept zur Wasserbewirtschaftung im mittleren Spreegebiet in Niedrigwasserverhältnissen. Landesamt für Umwelt Brandenburg, Fassung 3.0 mit Stand vom 29.09.2021.

LfU (2022): Wasserkörpersteckbriefe für den 3. Bewirtschaftungszeitraum 2022-2027 – Online unter: Auskunftsplattform Wasser Brandenburg [Zugriff am 13.12.2021].

LfULG (2022): Wasserkörpersteckbriefe für den 3. Bewirtschaftungszeitraum 2022-2027. Online unter: iDA-Portal Sachsen [Zugriff am 13.12.2021].

LMBV (2013): Lausitzer Braunkohlenrevier - Heide/Zeißholz. Wandlungen und Perspektiven (23), 2013.

LMBV (2017): Fünftes ergänzendes Verwaltungsabkommen zum Verwaltungsabkommen über die Regelung der Finanzierung der ökologischen Altlasten (VA Altlastenfinanzierung) in der Fassung vom 10.01.1995 über die Finanzierung der Braunkohlesanierung in den Jahren 2018 bis 2022 (VA VI Braunkohlesanierung) vom 02.06.2017.

LMBV (2022): Wasserwirtschaftlicher Jahresbericht der LMBV mbH - Zeitraum 01.01 - 31.12.2021, Senftenberg, April 2022.

LUA (1995): Landesumweltamt Brandenburg (Hrsg.): Wasserbeschaffenheit in Tagebau-restseen. Studien und Tagungsberichte des Landesumweltamtes Brandenburg, Cottbus, Band 6, 1995, 86 S. ISSN 0948-0838.

LUA (1996): Rahmenkonzept zur Wasserbewirtschaftung im Spreewald, Landesumweltamtes Brandenburg, Cottbus, 1996.

LUA (2001): Landesumweltamt Brandenburg (Hrsg.): Tagebauseen. Wasserbeschaffenheit und wassergütewirtschaftliche Sanierung – Konzeptionelle Vorstellungen und erste Erfahrungen. Studien und Tagungsberichte des Landesumweltamtes Brandenburg, Cottbus, Band 35, 2001, 77 S., ISSN 0948-0838.

LWG (2019): Zusammenstellung relevanter Daten der Trinkwasseraufbereitung und Abwasserentsorgung der LWG Lausitzer Wasser GmbH & Co. KG. Lausitzer Wasser GmbH & Co. KG (LWG), Cottbus, 12.02.2019.

MLUL (2014): Maßnahmenprogramm Biologische Vielfalt Brandenburg. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft (MLUL). Potsdam, 2014.

MLUL & MWE (2019a): Bewirtschaftungserlass Sulfat (Spree). – Ministerium für Ländliche Entwicklung und Landwirtschaft und Ministerium für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg, Potsdam, 30.04.2019. – Online im Internet: https://mluk.brandenburg.de/ sixcms/media.php/9/Bewirtschaftungserlass-Sulfat.pdf [Zugriff am 28.05.2020].

MLUL & MWE (2019b): Anforderungen zur Reduzierung des bergbaubedingten Eintrages von Eisen in die Fließgewässer der Lausitz (Bewirtschaftungserlass Eisen). – Ministerium für Ländliche Entwicklung und Landwirtschaft und Ministerium für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg, Potsdam, 03.09.2019. – Online im Internet: https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Bewirtschaftungserlass_Eisen_03-09-2019.pdf [Zugriff am 28.05.2020].

MUGV (2010): Querschnittsaufgabe Wasserhaushalt - Positionspapier Verwendung von gereinigtem Abwasser für Maßnahmen zur Stabilisierung des Wasserhaushalts, Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg (MUGV) (Hg.), Potsdam, 2010.

MUGV (2013): Rustige, H.; Nowak, J.; Sieker, H.; Potrawiak, J.; Tränckner, J.: Regionale Entwicklungsszenarien in der Siedlungswasserwirtschaft unter den Bedingungen des demografischen Wandels im Land Brandenburg.

Kurzfassung. Hg. v. Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg (MUGV). Potsdam, 2013.

MUGV (2014): Nachhaltigkeitsstrategie für das Land Brandenburg. Hg. v. Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Potsdam, 2014.

MULK (2021): Landesniedrigwasserkonzept Brandenburg, Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz Brandenburg, Potsdam, 15.02.2021.

MWAE (2021): Maßnahmenkonkrete Strategie für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft im Land Brandenburg, Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie, Potsdam, Stand: November 2021.

MWE (2020): Gefährdungsbeurteilung für den WW-Standort Briesen bezüglich des chemischen Parameters Sulfat. Gefährdungsanalyse, Risikoabschätzung und Maßnahmen zur Risikobeherrschung. Grundwasser Consulting Ingenieurgesellschaft (GCI) im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg (MWE). Königs Wusterhausen, September 2020.

Nixdorf u. a. (2000): Nixdorf B., Hemm M., Schlundt A., Kapfer M., Krumbeck H.: Braunkohlentagebauseen in Deutschland. Gegenwärtiger Kenntnisstand über wasserwirtschaftliche Belange von Braunkohlentagebaulöchern. Umweltbundesamt, FKZ 29822240, Berlin, 2000.

OGewV (2016): Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373), die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 9. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2873) geändert worden ist. – Online unter: http://www.gesetze-im-internet.de/ogewv_2016/OGewV.pdf [Zugriff am 08.11.2021].

Peine (2021): Stellungnahme der ASG im Zuge der Stakeholderbefragung zum Projekt „Wasserwirtschaftliche Folgen des Braunkohlenausstiegs in der Lausitz; Senftenberg; 2021.

Pohle et al. (2014): Pohle, I., Gädeke, A., Koch, H., Grünewald, U., Schramm, M., Redetzky, M., Kaltofen, M. (2014). Auswirkungen potenzieller Änderungen des Klimas und der Braunkohleförderung und -verstromung auf natürliche und bewirtschaftete Abflüsse in den Lausitzer Flusseinzugsgebieten. In S. Kaden, O. Dietrich, & S. Theobald, Wassermanagement im Klimawandel. Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen (S. 121-140). München: oekom. ISBN 978-3-86581-480-7.

Pusch et. al. (2002): Pusch, M.; Grünert, U.: Siefert, J.; Fredrisch F.: Ermittlung der ökologisch begründeten Mindesabflussmengen für die Spree von der Landesgrenze am Pegel.

RAE (2015): Fahrenkrug, K., Melzer, M., Scheepmaker, T., Hug, O., Riedel, S., Kruppa, A. et al.: Abschlussbericht Leitbild zukunftsfähige Siedlungswasserwirtschaft. Brandenburg. Hg. v. Leitbild zukunftsfähige Siedlungswasserwirtschaft. Raum & Energie - Institut für Planung, Kommunikation und Prozessmanagement GmbH, confideon Unternehmensberatung GmbH, SWKH Rechtsanwälte, Ministerium für ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft. Wedel/ Berlin, 2015.

Rolland und Arnold (2002): Der Wasserhaushalt im Mittellauf der Spree und seine Beeinflussung durch den Menschen. In: Bayerl, G., Maier, D. (Hg.), Die Niederlausitz vom 18. Jahrhundert bis heute: Eine gestörte Kulturlandschaft? Cottbusser Studien zur Geschichte von Technik, Arbeit und Umwelt (19), Waxmann, Münster, New York, München, Berlin, 200–235.

Troegel & Schulz (2018): T. Troegel, Schulz, C.: Ergebnisse der Agrarstrukturerhebung 2016 für das Land Brandenburg. Zeitschrift für amtliche Statistik Berlin-Brandenburg Ausgabe 01/2018. Online unter: https://download.statistik-berlin-brandenburg.de/2d97b64b67b50e7d/a4139579b36f/hz_201801-08.pdf [Zugriff am 23.09.2022].

SenUVK (2021a): Masterplan Wasser Berlin - Zwischenbericht zum Stand der Erarbeitung, 24.06.2021, Berlin.

SenUVK (2021b): Die Niedrigwasserjahre 2018, 2019 und 2020 - Analysen und Auswirkungen für das Land Berlin, September 2021, Berlin.

Sievers (1937): Untersuchungen über den Wasserhaushalt der Spree und seine Bewirt-schaftung. Vorarbeitenamt für die Regulierung der Wasserwirtschaft der oberen Spree (Hrsg.), Fürstenwalde (Spree), 1937.

Smreker (1909): Erläuterungen zum Projekt Wasserversorgung des Niederlausitzer Industriebezirks, Mannheim, 1909.

Sperling und Schossig (2015): Wirtschaftsorganisation der Braunkohlenindustrie in der SBZ/DDR 1945 bis 1990, Cottbus.

Struve et al. (2020): Struve, Ehlert, Pfannschmidt, Heyner, Franke, Kronenberg, & Eichhorn. (März 2020). Mitteldeutsches Kernensemble zur Auswertung regionaler Klimamodelldaten – Dokumentation – Version 1.0. Halle (Saale).

StBA (2017): Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2015. Statistisches Bundesamt (StBA), 2017.

Steinhuber (2005): Einhundert Jahre bergbauliche Rekultivierung in der Lausitz - Ein historischer Abriss der Rekultivierung, Wiederurbarmachung und Sanierung im Lausitzer Braunkohlenrevier. Dissertation, Palacký-Universität, Olomouc.

Schubert (2015): Bundesländerübergreifender Wasserbewirtschaftungs- und Planungsverband in der Lausitz. Machbarkeitsstudie. BTU Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fakultät 4, Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik mit BERGSOHN EXHIBITION Raum und Kommunikation. Cottbus, April 2015.

Totsche et al. (2003): Totsche O., Pötig R., Uhlmann W., Büttcher H., Steinberg C.: Buffering Mechanisms in Acidic Mining Lakes – A Model-Based Analysis. Aquatic Geochemistry volume 9, pages 343–359 (2003).

Totsche (2006): Totsche, O.: Acidität und Puffersystem saurer Tagebauseen sowie Maßnahmen zu ihrer Neutralisation und pH-Stabilisierung. Dissertation, Humboldt-Universität Berlin, 2006, 100 Seiten.

TrinkwV (2018): Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 03. Januar 2018 (BGBl. I S. 99) geändert worden ist. – Online unter: http://www.gesetze-im-internet.de/trinkwv_2001/TrinkwV.pdf [Zugriff am 23.08.2019].

UBA (2016a): Übersicht zur ökologischen Situation ausgewählter Tagebauseen des Braunkohlebergbaus in Deutschland, Umweltbundesamt, UBA-Texte 68/2016. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/texte_68_2016_uebersicht_zur_oekologischen_situation_ausgewaehlter_tagebauseen.pdf

UBA (2016b): Die Wasserrahmenrichtlinie - Deutschlands Gewässer 2015., Dessau-Roßlau, 2016.

UBA (2021a): Daten und Fakten zu Braun- und Steinkohlen - Stand und Perspektiven 2021. UBA-Texte 28/2021, Dessau-Roßlau, 2021.

UBA (2021b): Nadine Pannicke-Prochnow, Christopher Krohn, Dr. Juliane Albrecht, Karin Thinius, Dr. Uwe Ferber, Karl Eckert: Bessere Nutzung von Entsiegelungspotenzialen zur Wiederherstellung von Bodenfunktionen und zur Klimaanpassung UBA-Texte 141/2021

https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/bodenversiegelung#was-ist-bodenversiegelung

UMK (1994): Rahmenkonzept zur Wiederherstellung eines ausgeglichenen Wasserhaushaltes in den vom Braunkohlenbergbau beeinträchtigten Flusseinzugsgebieten in der Lausitz und in Mitteldeutschland. Bund-Länder-Arbeitsgruppe Wasserwirtschaftliche Planung. Von der 11. Umweltministerkonferenz der neuen Länder am 17./18. März 1994 als Grundlage für die weitere Arbeit beschlossen.

VE-M (2010): Die geologische Entwicklung der Lausitz, Autorenkollektiv, Herausgeber Vattenfall Europe Mining AG, Cottbus 2010

von Gordon (1912): Juristisches Gutachten über die etwaigen rechtlichen Beziehungen zwischen den Niederlausitzer Braunkohlenwerken und den Interessenten der Schwarzen Elster von Justizrat von Gordon, Berlin am 09.04.1912.

Vulpius (2015): Vulpius, R. (2015): Die Braunkohlenlagerstätten Deutschlands - ein Überblick - GDMB Verlag GmbH, Clausthal-Zellerfeld, 240-278.

Waller (2021): Waller, F., Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Spree-Havel, Stellungnahme zu wasserwirtschaftlichen Folgen des Braunkohleausstiegs in der Lausitz. Schriftliche Stellungnahme an Projekt WaFL, Berlin, 29.01.2021.

Wasserwirtschaftsamt Cottbus (1946): Schreiben des Wasserwirtschaftsamtes Cottbus an die Provinzialverwaltung Mark Brandenburg vom 11. Dezember 1946.

WASY (1992): Analyse des wasserwirtschaftlichen Systems im Einzugsgebiet der Spree bis Neuhaus und der Dahme bis Neue Mühle, Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hg.), 1992.

Watolla (1943): Die Entwicklung der Spree vom Naturstrom zum Wirtschaftsstrom. Dissertation, Wirtschaftshochschule, Berlin.

WCL (2022): Arnold, I.: Wie weit reicht das Wasser in der Lausitz. Vortrag zur Wasserkonferenz - Bergbau, Wasserstoff, Klimakrise- wie weit reicht das Wasser in der Lausitz? Veranstaltet von bündnisgrünen Kreisverbänden am 10.06.2022 in der Messhalle Cottbus. Online unter: https://www.wasser-cluster-lausitz.de/index.php/veroeffentlichungen.html?file=files/Veranstaltungen/Diverse%20Veranstaltungen/Wie%20weit%20reicht%20das%20Wasser%20der%20Lausitz%20WCL%20220610.pdf [Zugriff am 26.01.2023].

WHG (2009): Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3901) geändert worden ist. – Online unter: http://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/WHG.pdf [Zugriff am 08.11.2021].

WRL (2020): Arnold, I., Bardely, S., Bolz, K., Brase, T., Brezan, B., Dapper, J. et al.: Entwicklungsstrategie Lausitz 2050. Hrsg. Wirtschaftsregion Lausitz GmbH unter Mitarbeit von Zukunftswerkstatt Lausitz. Dezember, 2020.

Zukunftswerkstatt Lausitz (2020): Wasserstoffwirtschaft in der Lausitz. Perspektiven und Potentiale einer sektorenübergreifenden Wasserstoffwirtschaft in der Wirtschaftsregion Lausitz. März 2020.

A Dokumentation der Stakeholderbefragung

A.1 Grundlagen

Als Grundlage des Projektes ist die Erfassung der Interessen aller Anspruchsgruppen und -personen (sogenannte Stakeholder), die sowohl am Projektverlauf interessiert als auch von den Auswirkungen des Projektes betroffen sind, von hoher Relevanz, Gabler (2021). Der Begriff Stakeholder fasst alle externen und internen Projektbetroffenen zusammen. Hierbei wird zusätzlich zwischen direkten und indirekten Stakeholdern unterschieden.

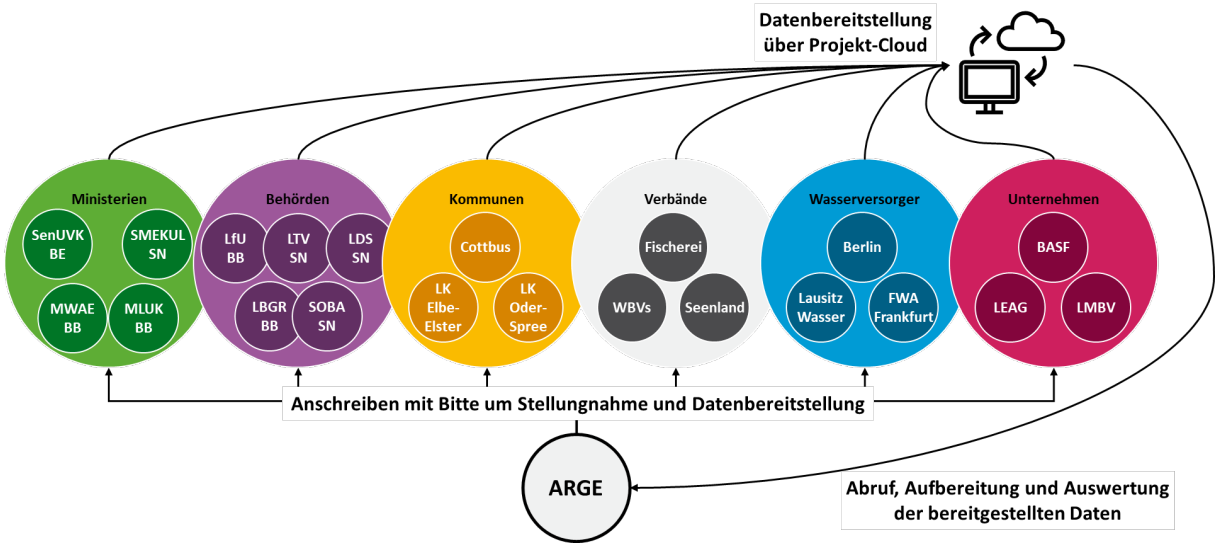
Im Falle des Projektes „Wasserwirtschaftliche Folgen des Braunkohleausstiegs in der Lausitz“ zählen jegliche Projektmitarbeiter der ARGE-Beteiligten als interne direkt betroffene Projektbeteiligte. Das direkt betroffene Verhältnis definiert sich in der unmittelbaren Erreichung der Projektziele. Die kontaktierten Ministerien, Behörden und Kommunen werden als externe Beteiligte zusammengefasst, welche ein direktes Verhältnis zum Projekt einnehmen. Sie gehören nicht dem internen Projektteam an, nehmen jedoch Einfluss auf die Erreichung der Projektziele. Verbände, Wasserversorger, die Industrie und das Gewerbe zählen als externe Betroffene und nehmen ein indirektes Verhältnis zum Projekt ein. Das indirekte Verhältnis ist darin bestimmt, dass die Beteiligten nur unmittelbar durch das Projekt tangiert sind und keinen direkten Einfluss auf das Erreichen der Projektziele nehmen, Jenny (2014).

Im Vorfeld der Kontaktierung der Stakeholder wurde eine Projektumfeldanalyse durchgeführt, um alle wasserwirtschaftlich involvierten Stakeholder zu erfassen. Die Analyse konzentrierte sich auf die drei Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße in den Bundesländern Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Berlin. Eine grobe Strukturübersicht mit den relevanten Stakeholdergruppen ist in Abbildung A- dargestellt. Die Grobübersicht unterscheidet die sechs Gruppen Ministerien, Behörden, Kommunen, Verbände, Wasserversorger und Unternehmen. Zusätzlich zur Unterscheidung der Stakeholder nach deren Institutionsart, wurden den Stakeholdern primäre Arbeitsfelder, wie Tourismus, Wirtschaft, Bergbau, Klimawandel, Wasserwirtschaft, Verwaltung, Entwicklung, Naturschutz, Gewässerunterhaltung und Siedlungswasserwirtschaft zugeordnet.

Die Kontaktierung der erfassten Stakeholder erfolgte postalisch durch ein Anschreiben mit Darlegung des Projektes und der Bitte um Stellungnahme zur Thematik sowie gegebenenfalls der Bereitstellung relevanter themenbezogener Daten, Planungsunterlagen und Studien. In Abhängigkeit von der Institution und vom Sachgebiet wurden die Fragestellungen näher spezifiziert oder um eine allgemeine Stellungnahme gebeten.

Die Übermittlung der Informationen wurde über eine Datencloud realisiert. Jedem Stakeholder wurde ein Zugang zur Verfügung gestellt, worüber die angeschriebenen Stakeholder ihre Informationen bereitstellen konnten (Abbildung A-). Die Daten wurden von der ARGE abgerufen, aufbereitet und ausgewertet.

Abbildung A-1: Schema zum Ablauf der Stakeholderbefragung



Bildquelle: Eigene Darstellung ARGE

A.2 Auswertung der Stakeholderbefragung

A.2.1 Methodik

Der Stakeholderansatz basiert auf dem Ziel, die unterschiedlichen Zielstellungen und Interessen der Beteiligten angemessen und ausgewogen zu berücksichtigen. Um die Masse der bereitgestellten Daten erfassen zu können, wurde eine Datenbank für den Datenrücklauf aufgebaut.

Aufgrund der sehr heterogenen Informationen wurde eine themenspezifische Analyse vorgenommen. Für die Analyse wurde die Daten nach ihrer Art (Studien, Gutachten, Zahlen, Kartenwerke, etc.), der räumlichen Zuordnung nach Flussgebieten (Spree, Schwarze Elster, Lausitzer Neiße) und nach Themenfelder (Leitbilder, Wassermenge, Wasserbeschaffenheit) kategorisiert. Das Themenfeld Leitbilder wurde beispielsweise zusätzlich u. a. in Sicherung des Wasserhaushaltes im Spreewald und Wasserversorgung Berlin-Brandenburg spezifiziert. Des Weiteren wurde eine Verschlagwortung der Themenfelder vorgenommen. Aufgrund der spezifischen Kategorisierung der Daten, kann jedes ARGE-Mitglied eine vertiefende Detailauswertung für sein Themengebiet vornehmen.

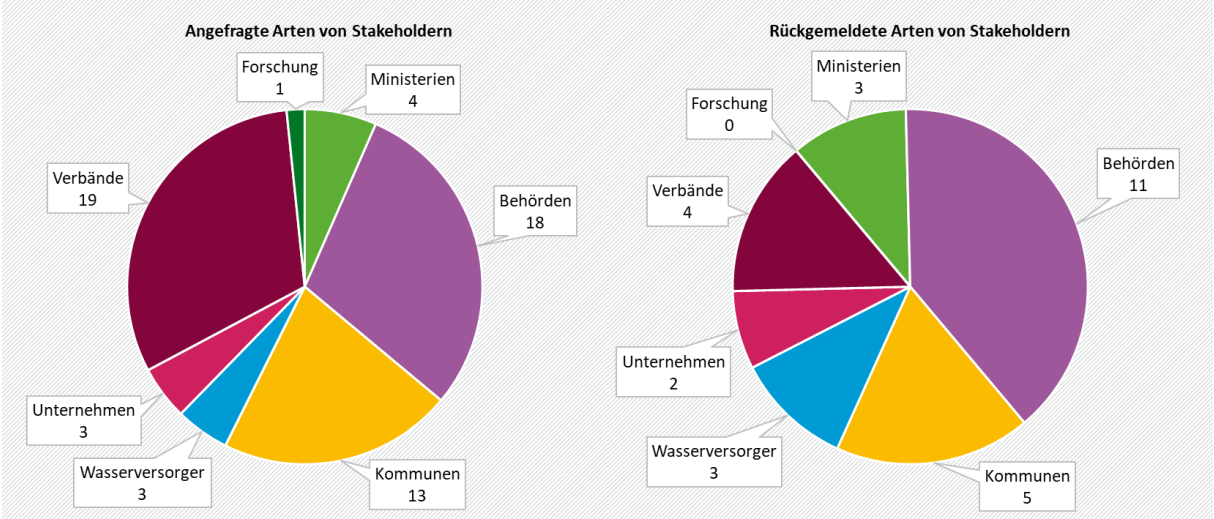
A.2.2 Ergebnisse

Rückmeldungen

Im Januar 2021 erfolgte die erste Runde der Anschreiben an 61 Stakeholder, wobei ggf. auch verschiedene Unterabteilungen (z. B. mehrere Referate eines Ministeriums oder einer Behörde) eines Stakeholders angeschrieben wurden. Von den 61 angefragten Stakeholdern gab es bis dato (Stand 19.05.2021) 28 Rückmeldungen mit 149 übergebenen Dokumenten. In Abbildung A-2 sind die angefragten Stakeholder nach der Institutionsart aufgeschlüsselt.

Abbildung A-2: Anfragen und Rückmeldungen von Stakeholdern

Von insgesamt 61 angefragten Stakeholdern (linkes Diagramm) meldeten sich 28 Stakeholder (rechtes Diagramm) zurück.



Bildquelle: Eigene Darstellung ARGE

Nach dem Versenden der Anschreiben wurden bereits viele Gespräche und Abstimmungen geführt, um die Menge der Rückläufe an Stellungnahmen zu erhöhen und eine breitgefasste Datengrundlage zu erhalten. Dadurch konnten aus fast jedem angefragten Bereich Stellungnahmen zur Thematik erfasst werden. Viele Beteiligte geben ein positives Feedback gegenüber dem Projekt, weisen jedoch auch ausdrücklich auf die bereits bestehenden Probleme und dringenden Handlungsbedarfe hin. Da der Rücklauf bisher eine geringere Beteiligung der Kommunen und Verbände verzeichnet hat, wurde im Mai 2021 eine zweite Anfragenrunde an die verbleibenden Stakeholder ausgesendet. Zeitgleich wurden weitere Stakeholder der Gesamtliste hinzugefügt und erstmals angeschrieben.

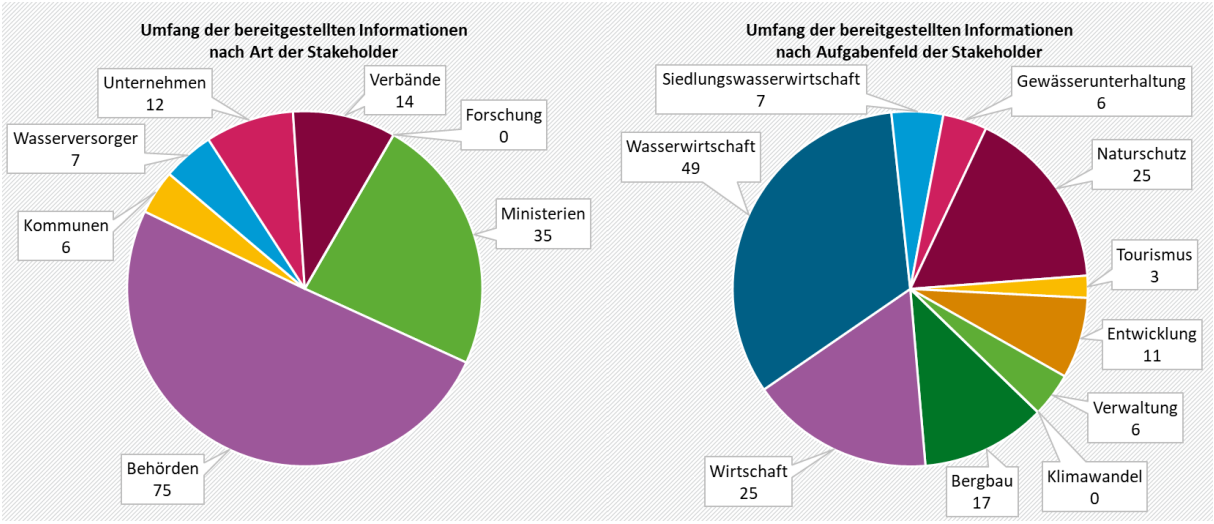
Dokumente

Der Großteil der erhaltenen Daten (ca. 75 %) stammt aus der Zuarbeit von Behörden und Ministerien. Der geringere Anteil von ca. 25 % wurden von Verbänden, Unternehmen, Wasserversorgern und Kommunen zur Verfügung gestellt (Abbildung A-3 links). Ein Großteil der bereitgestellten Dokumente stammt von Stakeholdern mit den Aufgabenfeldern Wasserwirtschaft, Wirtschaft und Naturschutz (Abbildung A-3 rechts).

Zur Auswertung der Daten ist zu erwähnen, dass von den ARGE-Mitgliedern durch Mitarbeit bereits bekannte Studien und Daten in der Datenbank nicht explizit aufgeführt werden bzw. von den jeweiligen Stakeholdern nicht zusätzlich übersandt wurden. Dadurch entsteht eine geringfügige Verzerrung der Statistik der Datenerhebung.

Abbildung A-3: Aufschlüsselung der bereitgestellten Informationen nach Art und Aufgabenfeld der Stakeholder

Von 28 Stakeholdern wurden insgesamt 149 Dokumente bereitgestellt. Die bereitgestellten Dokumente sind nach der Art der Stakeholder (linkes Diagramm) und dem Aufgabenfeld der Stakeholder (rechtes Diagramm) aufgeschlüsselt.



Bildquelle: Eigene Darstellung ARGE

Die erfassten Daten wurden in ihre Art der Informationen, wie beispielsweise Studien, Planungsunterlagen, Beschlüsse oder Erlasse unterteilt (Abbildung A-4 links). Über ein Drittel der Daten (61 Positionen) lässt sich in die Kategorie Studien und Gutachten einordnen. Einen weiteren großen Anteil (38 Positionen) bilden allgemeine Stellungnahmen und Mitteilungen. Beschlüsse und Erlässe bilden den dritten großen Anteil mit 26 Datensätzen. Die Spannweite an Dokumenten und Informationen ist sehr groß und auf alle Rubriken verteilt.

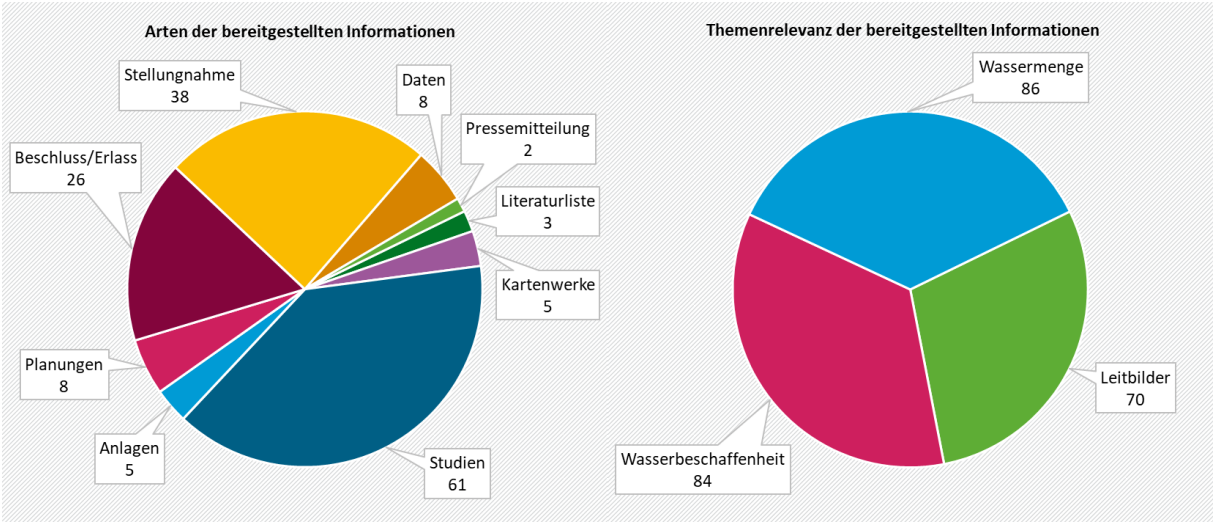
Die Inhalte der übergebenen Dokumente sind sehr heterogen. Zum einen gibt es sehr spezifische und quantitative Unterlagen, wie beispielsweise zum Wasserbedarf sowie der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung für bestimmte Gebiete. Dem gegenüber stehen sehr unspezifische Unterlagen, die einen großen Bogen spannen und schwer für das Projekt als Informationsgrundlage greifbar sind.

Im räumlichen Bezug sind oftmals sehr kleinräumige Informationen, wie Maßnahmen an Niedermooren oder Planungsmaßnahmen an Teilabschnitten der Kleinen Spree vorhanden. Im Gegensatz dazu wurden mehrere ausführliche Studien mit Strategien und Maßnahmen für ganze Bundesländer übergeben. Hierzu zählen beispielsweise die Wasserstoffstrategie des Landes Brandenburg sowie eine Studie zu Strategien und Planungen zum Wassertourismus in Brandenburg. Im zeitlichen Kontext sind die Informationen ebenfalls sehr vielfältig gestreut. Von historischen Daten aus den 1960er Jahren zu Speicherplanungen bis hin zu Planungsprognosen für das Jahr 2100.

Bei der Eingliederung der Informationen in die drei Untersuchungsfelder Leitbild, Wassermenge und Wasserbeschaffenheit lässt sich eine nahezu gleichmäßige Verteilung der Datensätze auf alle drei Rubriken feststellen (Abbildung A-4 rechts).

Abbildung A-4: Aufschlüsselung der bereitgestellten Informationen nach Art und Themenrelevanz

Von 28 Stakeholdern wurden insgesamt 149 Dokumente bereitgestellt. Die bereitgestellten Dokumente sind nach der Informationsart (linkes Diagramm) und der Relevanz für die Themenfelder Wassermenge, Wasserbeschaffenheit und Leitbilder (rechtes Diagramm) aufgeschlüsselt. Da ein übergebenes Dokument für mehrere Themenfelder relevant sein kann, beinhaltet das rechte Diagramm Mehrfachzählungen.



Bildquelle: Eigene Darstellung ARGE

A.3 Quellenverzeichnis

Gabler (2021): Definition des Begriffs Stakeholder. Gabler Wirtschaftslexikon. – Online im Internet: https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/anspruchsgruppen-27010#references [Zugriff am 09.06.2021].

Jenny (2014): Projektmanagement: Das Wissen für den Profi. 3. Auflage. Hochschulverlag an der ETH Zürich. Zürich, 2014.