LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN

Machbarkeitsstudie Nutzung Abwässer als Brauchwasser



Erstellung einer Machbarkeitsstudie für die Nutzung aufbereiteter Abwässer als Brauchwasser am Beispiel des Landkreises Görlitz

Dr.-Ing. Roland Mayer, MSc. Isabel Kochrian, Dipl.-Ing. (FH) Mareike Kilbach, MSc. Melanie Vierling;

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH

im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis 20

Definitionen und Begriffe 24

Zusammenfassung 25

1 Hintergrund und Zielstellung 29

1.1 Hintergrund 29

1.2 Zielstellung 31

2 Vorgehensweise bei Projektbearbeitung 33

2.1 Meilensteine und Kommunikationspfade 33

2.2 Rahmenbedingungen und Festlegungen für die Bearbeitung der Machbarkeitsstudie 34

2.2.1 Festlegungen der Auftaktveranstaltung 34

2.2.2 Festlegungen des 1. Stakeholder-Workshops in Görlitz 34

2.2.3 Festlegungen Ort mit der LDS und UWB am 28.04.2025 zur Gewässerbewertung 34

2.3 Datenbasis 35

2.4 Bearbeitungsschema 37

2.4.1 API Literaturstudie – Wiederverwendung gereinigten kommunalen Abwassers 37

2.4.2 Ist-Erfassung der Ausgangslage - APIII 38

2.4.3 Bewertung der Machbarkeit (AP IV) 38

3 Vorstellung des Betrachtungsgebietes 42

3.1 Gewerbestandorte Horka und Niesky 43

3.2 Kurzprofile der vier Kläranlagenstandorte 44

4 Ergebnisse der Literaturstudie zur Nutzung aufbereiteter Abwässer 48

4.1 Stand der Abwasserwiederverwendung in der Europäischen Union und in Deutschland 48

4.2 Wasserwiederverwendung zur Wasserstofferzeugung 51

4.2.1 Europäische Initiativen 51

4.2.2 Deutsche Forschungs- und Pilotprojekte 51

4.3 Projekte für die Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft und für urbane Zwecke in Deutschland 53

4.3.1 Wasserwiederverwendung am Standort Braunschweig 53

4.3.2 Wasserwiederverwendung am Standort Wolfsburg 54

4.3.3 Wasserwiederverwendung am Standort Bad Münder 56

4.3.4 Wasserwiederverwendung am Standort Nordenham 56

4.3.5 Wasserwiederverwendung am Standort Schweinfurt 57

4.3.6 Wasserwiederverwendung am Standort Weißenberge 59
4.3.7 Nutzung von gereinigtem Abwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung im Landkreis Görlitz 59
4.3.8 Innovative Ansätze zur Abwasserwiederverwendung in der Landwirtschaft 60
4.4 Wasserwiederverwendung in der Industrie 60
4.5 Fazit 62
5 Rechtliche Grundlagen 63
5.1 Definition von Abwasser 63
5.1.1 Europäisches Recht 63
5.1.2 Bundesrecht 64
5.1.3 Zusammenfassung 65
5.2 Allgemeine rechtliche Grundlagen im Kontext der Wasserwiederverwendung nach Europäischem Recht 65
5.2.1 Kommunalabwasserrichtlinie „KARL“ 65
5.2.2 Wasserrahmenrichtlinie „WRRL“ 66
5.3 Rechtliche Grundlagen hinsichtlich Grünem Wasserstoff 68
5.3.1 Erneuerbare-Energien-Gesetz 68
5.3.2 RED I, RED II und RED III 69
5.3.3 Herkunftsnachweisregistergesetz für Gas, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien 70
5.3.4 Bundes-Immissionsschutzgesetz 70
5.4 Rechtliche Grundlagen und Richtlinien zur Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft 71
5.4.1 Europäisches Recht - Verordnung (EU) 2020/741 71
5.4.2 Bundesrecht 73
5.4.3 Weiterentwicklung des rechtlichen Rahmens zur Wasserverwendung in der Landwirtschaft 84
5.5 Rechtliche Grundlagen und Richtlinien zur Löschwasserbereitstellung 86
5.5.1 Gesetzliche Grundlagen 86
5.5.2 Ausgewählte Normen und Richtlinien 86
5.6 Ergänzendes Landes- und Kommunalrecht 88
5.7 Fazit 89
6 Technische Grundlagen zur Wasserstofferzeugung durch Wasserelektrolyse 91
6.1 Spezifische Energieverbräuche 92
6.2 Wasserverbräuche 93
6.3 Nebenprodukte der Elektrolyse 93

6.4 Wasseraufbereitung zur Herstellung des Elektrolysespeisewassers 94
7 Beschreibung der wasserwirtschaftlichen Ausgangssituation 97
7.1 Darstellung der Abwassermengen und deren Verfügbarkeit 98
7.1.1 Zentrale Kläranlage Görlitz-Nord 98
7.1.2 Zentrale Kläranlage Niesky 100
7.1.3 Zentrale Kläranlage Rothenburg/O.L. 102
7.1.4 Zentrale Kläranlage Kodersdorf 105
7.1.5 Nutzbare Wassermengen der vier Kläranlagenstandorte 107
7.2 Beschaffenheit der Kläranlagenabläufe 108
7.2.1 Überwachungswerte nach biologischer Behandlung 108
7.2.2 Vergleich der Kläranlagenabläufe 110
7.2.3 Spurenstoffanalytik 113
7.2.4 Zusammenfassende Bewertung der Wasserbeschaffenheit 115
7.3 Wasserhaushalt im Landkreis Görlitz 115
7.3.1 Wasserhaushaltsbilanzierung 115
7.3.2 Hydrologie und Gewässerstruktur 117
7.3.3 Kurzbeschreibung der Einzugsgebiete der Kläranlagen 119
7.3.4 Abflusssituation an den Einleitgewässern 121
7.3.5 Aktuelle Abflussbeeinflussung durch die Kläranlagen 122
7.3.6 Erfassung des Ist-Zustandes 124
8 Beschreibung der zukünftigen Entwicklungen in der Region 129
8.1 Demografische Entwicklung im Landkreis Görlitz 129
8.2 Wirtschaftliche Entwicklung des Landkreises Görlitz 131
8.2.1 Strukturwandel im Lausitzer Revier 131
8.2.2 Net Zero Valley Lausitz 134
8.2.3 Zwischenfazit 135
8.3 Naturräumliche Entwicklung im Landkreis Görlitz 136
8.4 Berücksichtigung der Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Wasserressourcen 137
8.4.1 Projektion der Temperatur und der Grundwasserneubildungsrate 138
8.4.2 Projektionen der klimatischen Wasserbilanz 140
8.4.3 Auswirkungen des Klimawandels auf die Fließgewässer 140
8.4.4 Perspektivische Auswirkungen der WRRL-Maßnahmen auf den chemischen Zustand und die Wasserbewirtschaftung 145

8.4.5 Auswirkungen der Veränderungen des Wasserhaushaltes auf Bevölkerung und Wirtschaft 146
8.4.6 Umgang mit den Herausforderungen der klimatisch bedingten Veränderungen des WasserhaushaltesRessource Wasser auch unter den Bedingungen eines sich verknappenden Wasserhaushaltes sicherzustellen, wurde von der Sächsischen Staatsregierung das "Handlungsprogramm Zukunft Wasser für Sachsen" beschlossen 149
9 Wasserbedarf nach Nutzungsklassen und Anforderungen der Wassernutzer bzgl. Menge und Qualität 150
9.1 Wasserstoffelektrolyse 150
9.1.1 Wasserbedarf 150
9.1.2 Qualitätsanforderungen 152
9.2 Landwirtschaft 152
9.2.1 Wasserbedarf 152
9.2.2 Qualitätsanforderungen 155
9.3 Löschwasser 155
9.3.1 Wasserbedarf 155
9.3.2 Qualitätsanforderungen 156
9.4 Industrie 156
9.4.1 Wasserbedarf 156
9.4.2 Qualitätsanforderungen 157
9.5 Zusammenfassung zu Wasserbedarf und Qualitätsanforderungen nach Nutzungsklassen 157
10 Bewertung der Umweltauswirkungen 159
10.1 Nutzungsklassenbezogene Auswirkungen 159
10.2 Fallbetrachtung Aufbereitung von Klarwasser zu Wasserstofferzeugung 161
10.2.1 Methodisches Vorgehen bei der Gewässerbewertung 162
10.2.2 Auswirkungen der Klarwasserentnahme auf den mengenmäßigen Zustand 164
10.2.3 Auswirkungen der Klarwasserentnahme auf den chemischen Zustand 166
10.3 Empfehlung einer Entscheidungslogik zur Bewertung der Umweltauswirkungen von zukünftigen Projekten der Wasserwiederverwendung aus Kläranlagen 172
10.3.1 Erster Prüfschritt: Erfassung der Hydrologischen Ausgangssituation 172
10.3.2 Zweiter Prüfschritt: Stoffliche Belastung und UQN 173
10.3.3 Dritter Prüfschritt: Kausalitätsprüfung 173
10.3.4 Vierter Prüfschritt: Bewertung der Entnahmemengen 173
10.3.5 Bewertung der Umweltauswirkungen 173
10.4 Abschließende Bewertung der Umweltauswirkungen 174

11 Technisches Konzept 175
11.1 Standortbetrachtungen und Infrastruktur 176
11.1.1 Variante A: Wasserstoffelektrolyse und zentrale Wasseraufbereitung am Standort Horka 176
11.1.2 Variante B: Wasserstoffelektrolyse und zentrale Wasseraufbereitung am Standort Niesky 176
11.1.3 Variante C: Dezentrale Wasseraufbereitung an mehreren kläranlagennahen Standorten 178
11.2 Auswahl der Aufbereitungsverfahren 178
11.2.1 Nutzungsklassen Landwirtschaft, Löschwasser und industrielles Brauchwasser 179
11.2.2 Nutzungsklasse Elektrolysewasser für die Wasserstofferzeugung 182
11.2.3 Konzentrataufbereitung 183
11.3 Flächenbedarf 184
11.4 Energiebedarf 185
11.5 Vorschlag für ein Löschwasserkonzept 186
11.6 Machbarkeitsbewertung aus technischer Sicht 188
11.6.1 Technisches Konzept und Verfahrensrobustheit 188
11.6.2 Speicher- und Hydraulikkonzept 188
11.6.3 Wirtschaftliche Bewertung und Systemeinordnung 188
11.6.4 Vollkosten und Lebenszyklusbetrachtung 189
11.6.5 Preisstrategie und Marktintegration 189
11.6.6 Abschließende Machbarkeitsbeurteilung 189
12 Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsbewertung 190
12.1 Nutzungsklassenbezogene Kostenschätzungen 190
12.1.1 Nutzungsklassen Landwirtschaft, industrielles Brauchwasser und Löschwasser 190
12.1.2 Aufbereitung von Klarwasser zu Elektrolysewasser 195
12.2 Baubezogene Kostenansätze 197
12.2.1 Baukosten 197
12.2.2 Löschwasserwasserzisternen 198
12.2.3 Speicherbehälter 199
12.3 Kostenanalyse 200
12.4 Zentrale oder dezentrale Aufbereitung - Varianten A und C 202
12.4.1 Betrachtete Varianten 202
12.4.2 Eingangsdaten für die LCC-Rechnung 202
12.4.3 Ergebnisse der LCC-Rechnung – zentrale Variante 202

12.4.4 Vergleich mit der dezentralen Variante 203
12.4.5 Gesamtbewertung 203
12.5 Wasserwiederverwendung und Abwasserabgabe 204
12.5.1 Grundlegende Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit der Abwasserabgabe 204
12.5.2 Standortbezogene Einordnung 204
12.5.3 Kläranlage Niesky: 204
12.5.4 Kläranlagen Rothenburg/O.L. und Kodersdorf: 205
12.5.5 Bewertung der Betreibermodelle in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der Abwasserabgabe 205
12.5.6 Gesamtbewertung und Empfehlung 207
13 Betreibermodelle und Anforderungen an Organisationsstrukturen 208
13.1 Gegenwärtige Betreiberform der Kläranlagen 208
13.2 Trennung hoheitlicher Aufgaben und wirtschaftlicher Tätigkeiten 208
13.3 Betreibermodelle 209
13.3.1 Kommunale Betreibermodelle 209
13.3.2 Betrieb durch kommunale Unternehmen (z. B. Stadtwerke Görlitz AG) 209
13.3.3 Betrieb durch Unternehmen nach Privatrecht 209
13.4 Bewertung der Betreibermodelle und Betreiberempfehlung 210
13.5 Fazit 211
14 Genehmigungsverfahren: Raumordnungs-, Planfeststellungsverfahren, UVP, BImschV, und notwendige Einzelzulassungen 212
14.1 Errichtung und Änderung einer kommunalen Kläranlage 214
14.2 Änderung Abwassermenge und -zusammensetzung 215
14.3 Errichtung und Betrieb der Anlage zur Aufbereitung von Klarwasser 216
14.4 Errichtung und Betrieb der Infrastruktur für Speicherung und Verteilung des aufbereiteten Abwassers 216
14.5 Einsatz des aufbereiteten Klarwassers bezogen auf den Nutzungszweck 217
14.5.1 Nutzung des aufbereiteten Wassers als Brauchwasser für die Industrie und für die Herstellung von Elektrolysewasser für die Wasserstofferzeugung 217
14.5.2 Nutzung des aufbereiteten Wassers für landwirtschaftliche Bewässerung 218
14.5.3 Nutzung des aufbereiteten Wassers als Löschwasser 218
15 Gesamtbewertung der Machbarkeit des Vorhabens 219
15.1 Integrierte Gesamtbewertung unter Einbeziehung der Varianten A–C 219
15.2 Standortbezogene Bewertung der dezentralen Lösung (Variante C) 220
15.2.1 Standort Görlitz 220

15.2.2 Standort Niesky 221
15.3 Gesamtaussage 221
16 Förderrechtliche Prüfung 223
16.1 Nutzungsklasse Wasserstofferzeugung 223
16.2 Nutzungsklasse Landwirtschaftliche Nutzung 223
16.3 Nutzungsklasse Industrie und Gewerbe 224
16.4 Nutzungsklasse Löschwasserversorgung 224
16.5 Zusammenfassende Empfehlung 224
16.6 Darstellung von Zielkonflikten 229
16.6.1 Mehrdimensionale Zielsysteme im Strukturwandel 229
16.6.2 Wasserwiederverwendung als wasserwirtschaftliche Kernmaßnahme 229
16.6.3 Struktur- und energiepolitische Maßnahmen 229
16.6.4 Zielkonflikte in der Förderpraxis 230
16.6.5 Methodischer Umgang mit Zielkonflikten 230
17 Konzept zur Prüfung der Machbarkeit eines Vorhabens 231
17.1 Betrachtungen zu Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der Wasserwiederverwendung nach Nutzungsklassen 231
17.1.1 Nutzungsklasse Wasserstofferzeugung (Elektrolyse) 231
17.1.2 Nutzungsklasse Landwirtschaft 233
17.1.3 Nutzungsklasse Trinkwasserähnliches Brauchwasser 233
17.1.4 Industrielles Brauchwasser 234
17.1.5 Löschwasserbereitstellung 235
17.2 Potenzielle Herausforderungen, Risiken und Bewältigungsstrategien für Projekte der Wasserwiederverwendung im Landkreis Görlitz 235
17.2.1 Strategisch-konzeptionelle Risiken 236
17.2.2 Technisch-betriebliche Risiken 236
17.2.3 Wirtschaftliche Risiken 237
17.2.4 Rechtliche und regulatorische Risiken 238
17.2.5 Akzeptanz- und Kommunikationsrisiken 238
17.2.6 Förder- und Finanzierungsrisiken 239
17.3 Prüfschema zur Beurteilung von Vorhaben der Wasserwiederverwendung 239
17.3.1 Unterstützende Einbindung des MultiReUse-Tools 239
17.3.2 Vorbereitung und Abgrenzung des Prüfumfangs 240
17.3.3 Analyse der Ausgangslage und Rahmenbedingungen 240
17.3.4 Nutzungsklassenbezogene Anforderungen 240

17.3.5 Technische Machbarkeit und Verfahrenskombinationen 241
17.3.6 Wirtschaftliche Bewertung 241
17.3.7 SWOT-Analyse und Risikobetrachtung 241
17.3.8 Analyse von Zielkonflikten 241
17.3.9 Integrierte Gesamtbewertung und Machbarkeitsaussage 241
17.3.10 Verknüpfung mit der Standortbewertung 241
17.3.11 Zusammenführung im Entscheidungsprozess 242
18 Schlussfolgerungen 244
19 Ausblick 246
Literaturverzeichnis 248
Anhang A – Rechtliche Grundlagen (Tabellen) 259
A 1 Spurenelemente und Leitsubstanzen in kommunalem Abwasser 259
A 2 Güteklassen und Qualitätsanforderungen nach EU-WWVO 273
A 3 Güteklassen und Qualitätsanforderungen nach DWA 275
A 4 Monitoring und Überwachung 281
Anhang B 284
B 1 Interview zur Gewässerbewertung am 28.04.205 284
B 2 Interview zum Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft - Agrargenossenschaft Kodersdorf 285
B 3 Notiz zur Vorbereitung der Interviews WWV in der Landwirtschaft 286
B 4 Interview zum Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft - Agrargenossenschaft Jänkendorf 287
B 5 Interview zum Löschwasserbedarf im Landkreis Görlitz 288
B 6 Interview Landkreis Görlitz zur demografischen - und Strukturentwicklung 289
B 7 Kommunikation und Dokumentenaustausch 290
B 8 Kurzprofile des Landkreises Görlitz sowie der Stadt Görlitz, Niesky und Rothenburg/O.L. sowie der Gemeinden Kodersdorf, Horka 291
B 9 Überblick über das geltende Recht für die Wasserwiederverwendung in Deutschland 294
B 10 Datenbasis –Kläranlagen 298
B 11 Trinkwasseranalysen Landkreis Görlitz 300
B 12 Formelsammlung – Kosten- und Bewertungsmodell Wasserwiederverwendung 301
B 13 Quellenmatrix zu Kostenansätzen der Wasseraufbereitung 304
B 14 Stoffstromtabellen Herstellung Elektrolyse-Speisewasser KA Görlitz Nord 305
B 15 Stoffstromtabellen Herstellung Elektrolyse-Speisewasser KA Niesky 306
B 16 Stoffstromtabellen Herstellung Elektrolyse-Speisewasser KA Rothenburg/O.L. 307

B 17 Stoffstromtabellen Herstellung Elektrolyse-Speisewasser KA Kodersdorf.....308
B 18 Klimasteckbriefe Görlitz, Niesky, Horka, Kodersdorf und Rothenburg/O.L. 309
Anhang C 310
C 1 Fotodokumentation Probenahme und Vor-Ort-Begehungen der Einleitstellen 310
C 2 Probenahmeprotokolle vom 12. August ZKA Görlitz Nord und Rothenburg/O.L. 311
C 3 Probenahmeprotokolle 19. August 2025 Niesky, Kodersdorf, OBF 312
Anhang D 313
D 1 Standortübersicht.....313
D 2 Beschaffenheitsmessstellen und Pegel 314
D 3 Fließgewässerstruktur.....315
D 4 Fischregionen.....316
D 5 Gewässerzustand- Bewertung nach WRRL Zyklus 2022-2027.....317
D 6 Gewässersteckbriefe.....318
D 7 Mischungsrechnung WRRL.....319

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bearbeitungsschema Arbeitspakete API und APII 38

Abbildung 2: Bearbeitungsschema Arbeitspakete AP III.a, III.b, III.c, III.d, III.h 39

Abbildung 3: Bearbeitungsschema Arbeitspakete AP III.e, III.f, III.g, III.i 40

Abbildung 4: Bearbeitungsschema Arbeitspakete AP III.i, APIV 40

Abbildung 5: Bearbeitungsschema Arbeitspakete AP III.i, AP III.d, III.h, III.j 41

Abbildung 6: Lage der Kläranlagen Görlitz, Niesky, Rothenburg/O.L. und Kodersdorf im Landkreis Görlitz, Standorte der geplanten Gewerbegebiete, Pegel sowie Grenzen der Oberflächenwasserkörper nach Wasserrahmenrichtlinie mit Angabe der Gebietskennzahl 42

Abbildung 7: Luftbild der Gemeinde Horka, Industriegebiet am Güterbahnhof mit roter Umrandung gekennzeichnet 43

Abbildung 8: Luftbild der Stadt Niesky, Industriegebiet Waggonbau Teil II, die Lage der Kläranlage, der Molkerei und Wäscherei sind gekennzeichnet 44

Abbildung 9: Standortbeispiele der Wasserwiederverwendung in Europa und in Deutschland 49

Abbildung 10: Verfahrensschema der Pilotanlage in Braunschweig 53

Abbildung 11: Luftbild der Kläranlage in Wolfsburg (mit freundlicher Genehmigung der Wolfsburger Entwässerungsbetriebe) 55

Abbildung 12: Schematische Darstellung der Demonstrationsanlage in Schweinfurt 57

Abbildung 13: Luftbild der Demonstrationsanlage in Schweinfurt 58

Abbildung 14: Herstellung von Grünem Wasserstoff 69

Abbildung 15: Bespiel für die Identifizierung potenzieller Wege von aufbereitetem Wasser in die umgebende Umwelt (Oberflächenwasser und Grundwasser) und der möglicherweise geltenden Vorschriften und Richtlinien 73

Abbildung 16: Elemente, Systemgrenzen und Schutzgüter einer Wasserwiederverwendung am Beispiel der landwirtschaftlichen Bewässerung 78

Abbildung 17: Bewertungsrahmen für die Erstellung eines Risikomanagementplans sowie einzelner KRM (engl. „Key Etements of Risk Management“) bei der Wasserwiederverwendung nach Vorgaben der EU-WWVO (Verordnung (EU)2020/741) und ISO 20426:2018 mit Verweisen auf die vertiefenden Abschnitte im Merkblatte DWA-M-1200-1 79

Abbildung 18: Vereinfachter schematischer Ablauf der Vorbereitung sowie der Durchführung des Genehmigungsverfahrens für ein Vorhaben zur Wasserwiederverwendung mit den jeweiligen Zuständigkeiten 80

Abbildung 19: Hauptelemente eines Wasserwiederverwendungssystems 82

Abbildung 20: Schematische Darstellung einer AEL-Zelle 91

Abbildung 21: Schematische Darstellung einer PEM-Zelle 92

Abbildung 22: Ganglinie der Tagesdurchflussmengen KA Görlitz vom 01.01.2022 bis 31.12.2024 99

Abbildung 23: Perzentile der Tagesmengen KA Görlitz im Zeitraum vom 01.01.2022 bis 31.12.2024 99

Abbildung 24: Tagesganglinien der KA Görlitz bei Trockenwetter (TW) und Regenwetter (RW) 100

Abbildung 25: Ganglinie der Tagesdurchflussmengen KA Niesky vom 01.01.2021 bis 31.12.2024 101

Abbildung 26: Perzentile der Tagesdurchflussmengen KA Niesky vom 01.01.2021 bis 31.12.2024 (außerhalb der Bewässerungsperioden) 102

Abbildung 27: Ganglinie der Tagesdurchflussmengen KA Rothenburg/O.L. vom 01.01.2021 bis 31.12.2024 103

Abbildung 28: Perzentile der Tagesdurchflussmengen KA Rothenburg/O.L. vom 01.01.2021 bis 31.12.2024 104

Abbildung 29: Tagesganglinien der KA Rothenburg/O.L. bei Trockenwetter (TW) und Regenwetter (RW) 104

Abbildung 30: Ganglinie der Tagesdurchflussmengen KA Kodersdorf vom 01.01.2021 bis 31.12.2024 106

Abbildung 31: Perzentile der Tagesdurchflussmengen KA Kodersdorf vom 01.01.2021 bis 31.12.2024 106

Abbildung 32: Übersichtskarte der Oberflächenwasserkörper 119

Abbildung 33: Lage der hydrologischen Teileinzugsgebiete (schwarze Umrandung), der Kläranlagenstandorte und deren Einleitstellen (gelber Kreis), der Pegel (grüne Kreise bzw. Rechtecke) und der Referenzmessstellen zur Beurteilung der Oberflächenwasserbeschaffenheit (OBF) 125

Abbildung 34: Entwicklung der Carbamazepin-Konzentration an den betrachteten OBF's in den OWK im Bereich der Kläranlagen 127

Abbildung 35: Entwicklung der Diclofenac-Konzentration an den betrachteten OBF's in den OWK im Bereich der Kläranlagen 127

Abbildung 36: Anstieg der mittleren Monatstemperatur im Landkreis Görlitz im Zeitraum 1961-2100 basierend auf der Projektion WETTREG_r85_r1 138

Abbildung 37: Entwicklung monatlichen Grundwasserneubildung im Landkreis Görlitz für das Klimaszenario WETTREG_r85_r1 im Zeitraum 1961-2100 2100 basierend auf 10-jährigen Mittelwerten 139

Abbildung 38: Monatliche KWB – Projektion für den Zeitraum 1961-2100 140

Abbildung 39: Konzentration von Carbamazepin bei verschiedenen Szenarien 167

Abbildung 40: Konzentration von Diclofenac und Chlorid bei verschiedenen Szenarien 169

Abbildung 41: Konzentration von Sulfat und Nitrat bei verschiedenen Szenarien 170

Abbildung 42: Lage der Kläranlagen und Rohrleitungstrasse 177

Abbildung 43: Übersicht Wasserwiederverwendung nach Nutzungsklassen und Qualitätsanforderungen 178

Abbildung 44: Fließschema - Mehrbarrierensystem für die landwirtschaftliche Bewässerung 181

Abbildung 45: Fließschema - Herstellung industriellen Brauchwassers in Trinkwasserqualität 181

Abbildung 46: Verfahrensschema Aufbereitung Elektrolyse-Speisewasser 183

Abbildung 47: Bandbreite der Investitionskosten für die Kombiverfahren (je 3500 m^3/d) 192

Abbildung 48: Investitionskosten-Skalierung für die Kombiverfahren in Abhängigkeit vom Durchsatz (CAPEX) 193

Abbildung 49: Spezifische Kosten für die Kombiverfahren in Abhängigkeit von der Klarwassermenge Durchsatz (OPEX) 194

Abbildung 50: Vergleich der spezifischen Jahreskosten 195

Abbildung 51: spezifische Produktionskosten bei der Wasserstofferzeugung 196

Abbildung 52: Schema von Faktoren mit Relevanz auf die Wasserwiederverwendung 243

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abkürzungen und Formelzeichen.....20

Tabelle 2: Daten- und Qualitätsanforderungen je Nutzungsklasse der Abwasserwiederverwendung als Grundlage der fachlichen Bewertung.....36

Tabelle 3: Technische Angaben zu den Kläranlagen im Betrachtungsgebiet aus der kommunalen Abwasserdatenbank (Stand 2023) 45

Tabelle 4: Stand der Abwasserwiederverwendung in der EU (Fabregat, 2025; DWA, 2020; EEA, 2020).....50

Tabelle 5: Fakten der Wasserwiederverwendung in Braunschweig 54

Tabelle 6: Fakten der Wasserwiederverwendung in Wolfsburg.....56

Tabelle 7: Fakten der Wasserwiederverwendung in Bad Münder.....56

Tabelle 8: Fakten der Wasserwiederverwendung in Nordenham 57

Tabelle 9: Fakten der Wasserwiederverwendung in Schweinfurt.....58

Tabelle 10: Fakten der Kläranlage Weißenberge 59

Tabelle 11: Gegenüberstellung der Inhalte der EU-Verordnung VO 2020/741/EU und den Empfehlungen im LAWA-Endbericht 75

Tabelle 12: Speichersysteme für zu verwendende Güteklassen 83

Tabelle 13: Erwartete rechtliche Entwicklungen und Auswirkungen bis zur kommunalen Ebene 85

Tabelle 14: Überblick über maßgebliche Rechtsgrundlagen, Zuständigkeiten und Projekt-Relevanz.....89

Tabelle 15: Qualitätsanforderungen an das Elektrolyse-Speisewasser 96

Tabelle 16: Datenbasis zur Mengenermittlung und Frachtberechnung 97

Tabelle 17: ZKA Görlitz-Nord mittlere stündliche Abwassermengen $Q_{h,m}$, JAM und Verfügbarkeit 98

Tabelle 18: ZKA Niesky Abwassermengen mittlere stündliche Abwassermengen $Q_{h,m}$ und JAM 100

Tabelle 19: ZKA Rothenburg/O.L. mittlere stündliche Abwassermengen $Q_{h,m}$ und JAM und Verfügbarkeit 102

Tabelle 20: ZKA Kodersdorf mittlere stündliche Abwassermengen $Q_{h,m}$ und JAM und Verfügbarkeit 105

Tabelle 21: Zu- und Ablaufwerte der Überwachungsparameter an den Kläranlagen Görlitz, Niesky, Rothenburg/O.L. und Kodersdorf (Stand 2023) 108

Tabelle 22: Überwachungswerte ZKA Görlitz-Nord 109

Tabelle 23: Überwachungswerte ZKA Niesky 109

Tabelle 24: Überwachungswerte ZKA Rothenburg/O.L. 109

Tabelle 25: Überwachungswerte ZKA Kodersdorf 109

Tabelle 26: Gegenüberstellung Kläranlagenabläufe anhand der Probenahme am 12.08.2025 bzw. 19.08.2025 mit Grenzwerten der Trinkwasserverordnung 110

Tabelle 27: Medikamentenrückstände im Ablauf der ZKA Görlitz und Rothenburg/O.L. 113

Tabelle 28: Wasserhaushaltliche Kenngrößen der betroffenen Teileinzugsgebiete 116

Tabelle 29: Übersicht der Fließgewässer 117

Tabelle 30: Hydrologische Werte für die Basispegel Särichen und Görlitz 122

Tabelle 31: Jahresabwassermengen (JAM), MNQ, MQ und Anteil des JAM für den Bezugszeitraum 2021 bis 2024 (gemittelt) 123

Tabelle 32: Oberflächenwasserkörper (OWK) und Referenzmessstellen für die Oberflächenwasserbeschaffenheit (OBF) der betrachten Kläranlagen 124

Tabelle 33: Anzahl verfügbarer Datensätze ausgewählter Spurenstoffe anthropogener Herkunft an den Referenzmessstellen zur Beurteilung der Oberflächenwasserbeschaffenheit (OBF) des Untersuchungsgebietes 126

Tabelle 34: Bevölkerungsentwicklung im Landkreis Görlitz 2040 gegenüber 2021 130

Tabelle 35: Auswahl von Fördermaßnahmen im Landkreis Görlitz 133

Tabelle 36: Zukünftige Kernflächen Net Zero Valley Lausitz im LK Görlitz - Flächen für Industriegebiete 135

Tabelle 37: Wasserhaushaltsdaten für Istzustand sowie Klimaprojektionen für die Teileinzugsgebiete aus KliWES 3.0 (A: Kalib_beo_ERA 5, Simulation Ist-Klima 1988-2020, B: WETTREG_r85_r1, trockenste Projektion 2020-2050, C: WETT-REG_r85_r1, trockenste Projektion 2071-2100) 143

Tabelle 38: MNQ und MQ, Projektionen auf Basis der Projektion WETTREG_r85_r1 144

Tabelle 39: Jahresabwassermengen (2040), MNQ2100, MQ2100 und Anteil der JAM an der Wasserführung der Fließgewässer Bezugszeitraum 2071 bis 2100 145

Tabelle 40: Bemessungsdaten und Wasserverbräuche der Wasserstoffelektrolyse 151

Tabelle 41: Wasserbedarfe nach Nutzungsklassen 158

Tabelle 42: Nutzungsklassenbezogene Auswirkungen auf den Wasserhaushalt 160

Tabelle 43: Wirkungsmatrix möglicher Wirkfaktoren und ihre Bewertung für den betrachteten OWK 164

Tabelle 44: Anteile zur Abdeckung des Wasserbedarfes zur 1. Ausbaustufe der AEL durch die Abwassermengen der einzelnen Kläranlagen 165

Tabelle 45: Prozentuale Veränderung der Spurenstoffkonzentrationen im Vergleich MNQ(Ist) und MNQ2100 (Kläranlageneinleitung ohne Wasserwiederverwendung), nur klimabedingte Effekte 166

Tabelle 46: Maximale prozentuale Veränderung der Spurenstoffkonzentrationen im Falle einer Wasserwiederverwendung, 1. Stufe (MNQ, ohne klimabedingte Effekte) 167

Tabelle 47: Einordnung der Fließgewässer 175

Tabelle 48: Auswahl von Einzelverfahren und Verfahrenskombinationen 179

Tabelle 49: Zuordnung der Kombiverfahren zu Nutzungsklassen 180

Tabelle 50: Spezifischer Flächenbedarf von Einzel-/Kombiverfahren und Speichern 185

Tabelle 51: Spezifischer Energieverbrauch für Aufbereitungsverfahren 186

Tabelle 52: Parameter für Potenzfunktion, Bandbreite der Skalierungsparameter und Quellen 191
Tabelle 53: Kostenschätzung Wasserstoffelektrolyse 196
Tabelle 54: Kosten für die Herstellung des Elektrolysewassers 197
Tabelle 55: Baukostenanteile nach Verfahrenskombination 198
Tabelle 56: Abschätzung der Baukosten für Löschwasserzisternen 198
Tabelle 57: KostenansatzTabelle Speicherbauwerke (Preisstand 2024/2025, Deutschland) 200
Tabelle 58: Variantenvergleich 203
Tabelle 59: Betreiber und technische Betriebsführung der Kläranlagen 208
Tabelle 60: Vergleichende Bewertung der Betreibermodelle 210
Tabelle 61: Genehmigungsfähigkeit der Wasserwiederverwendung 213
Tabelle 62: Förderübersicht (Nutzungsklassen und Fördergeber) 223
Tabelle 63: Fördermaßnahmen im Überblick 225
Tabelle 64: Struktureller Zielkonflikt zwischen Kostenstruktur und Nutzererwartung 230
Tabelle 65: SWOT-Analyse Nutzungsklasse Wasserstofferzeugung (Elektrolyse) 231
Tabelle 66: SWOT-Analyse Nutzungsklasse Landwirtschaft 233
Tabelle 67: SWOT-Analyse Nutzungsklasse Trinkwasserähnliches Brauchwasser 233
Tabelle 68: SWOT-Analyse Nutzungsklasse Industrielles Brauchwasser 234
Tabelle 69: SWOT-Analyse Nutzungsklasse Löschwasserbereitstellung 235
Tabelle 70: Einordnung der Standortprüfung in das Prüfschema 242
Tabelle 71: Wesentliche Annahmen und Vereinfachungen und daraus resultierender Untersuchungs- und Präzisierungsbedarf 246
Tabelle A 72: Konzentrationsbereiche ausgewählter Pathogene bzw. Indikatororganismen in kommunalem Rohabwasser nach internationalen und nationalen Studien; Quelle: (DWA, 2025a, S. 22) 259
Tabelle A 73: Gruppeneinteilung untersuchter organischer Spurenstoffe gemäß ihrem Rückhalt aufgrund von Sorption und biologischem Abbau im Belebungsverfahren 261

Tabelle A 74: Liste empfohlener Leitsubstanzen für die Abschätzung betroffener Schutzgüter und Expositionswege für ein Wasserwiederverwendungssystem 264

Tabelle A 75: Güteklassen von aufbereitetem Wasser und zulässige landwirtschaftliche Verwendungszwecke und Bewässerungsmethoden nach EU-WWVO und EU-Leitlinien 2022/C 298/01 273

Tabelle A 76: Anforderungen an die Qualität von aufbereitetem Wasser für die landwirtschaftliche Bewässerung nach EU-WasserWVO 274

Tabelle A 77: Anwendungsbereiche der Wasserwiederverwendung in Deutschtand in Bezug zu den Güteklassen nach EU-WWVO und weitere Spezifikationen unter Berücksichtigung von DIN 19650:1999, lSO 16075-2:2020 sowie EU Leitlinien 2O22/C 299/01 und DIN 18035-2:2020 275

Tabelle A 78: Mindestanforderungen an die Quatität von aufbereitetem Wasser für die landwirtschafttiche und urbane Wasserwiederverwendung sowie Leistungsziele für Aufbereitungseinrichtungen in Deutschland 277

Tabelle A 79: Mindesthäufigkeit der Routineüberwachung von aufbereitetem Wasser (Quelle: in Anlehnung an Anhang I Abschnitt 2b EU-WasserWVO, Tabelle 3, sowie Bundes-WasserWVO) 281

Tabelle B 80: Kommunikation und Dokumente 290

Tabelle B 81: Überblick über das geltende Recht für die Wasserwiederverwendung in Deutschland 294

Tabelle B 82: Auflistung der zur Auswertung bereitgestellten Datensätze 298

Tabelle B 83: Quellenmatrix zu Kostensätzen der Wasseraufbereitung 304

Abkürzungsverzeichnis

Tabelle 1: Abkürzungen und Formelzeichen

Kurzzeichen	Erläuterung
°dH	Grad deutsche Härte
AbfKlärV	Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch, Klärschlammkompost, kurz Klärschlammverordnung
AbwAG	Abwasserabgabengesetz
AbwV	Abwasserverordnung
AEL	Alkalische Elektrolyse
AOF	adsorbierbares organisches Fluor
ASTM	American Society for Testing and Materials
AZV	Abwasserzweckverband
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BAK	Biologisch aktivierte Aktivkohle
BBodschG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BfUL	Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMUKN	Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BSB	Biologischer Sauerstoffbedarf
C	Kohlenstoff
CAPEX	Capital Expenditures (Kapitalkosten)
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DüngG	Düngegesetz
DüV	Düngeverordnung
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
E. Coli	Escherichia coli
EDI	Elektrodeionisation
EE	erneuerbaren Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EG	Europäische Gemeinschaft
EigenkontrollVO	Eigenkontrollverordnung
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
EU	Europäische Union
EW	Einwohnerwerte

Kurzzeichen	Erläuterung
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
EWI	Energiewirtschaftliches Institut
F&E	Forschungs- und Entwicklung
FuttMV	Futtermittelverordnung
GAK	Granulierte Aktivkohle
GaLa-Bau	Garten- und Landschaftsbau
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GH	Gesamthärte
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GOW	Gesundheitliche Orientierungswerte
GrwV	Grundwasserverordnung
GWN	Grundwasserneubildung
HadGEM2	Hadley Centre Global Environment Model Version 2, globales Klimamodell
Hex	hexadezimal
HkNRG	Herkunftsnachweisregistergesetz
HQ	Hochwasserabfluss
HTW	Hochschule für Technik und Wirtschaft
HTWD	Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
ICL	Ingenieur Consult GmbH
IfSG	Infektionsschutzgesetz
IKTS	Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (ugs. Weltklimarat)
ISE	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme
IZÜV	Industriekläranlagen-Zulassungs- und Überwachungsverordnung
JAM	Jahresabwassermenge
JD-UQN	UQN für die mittlere Konzentration eines Stoffes im Gewässer über ein Jahr
JSM	Jahresschmutzwassermenge
JTF	Just Transition Fund der EU
KA	Kläranlage
KARL	Kommunalabwasserrichtlinie
KB(8,2)	Basenkapazität bis zu einem pH-Wert von 8,2
KliWES	Projekt „Klimawandel und Wasserhaushalt in Sachsen“
KMU	Klein- und Mittlere Unternehmen
KmV	Verordnung zur Begrenzung von Kontaminanten in Lebensmitteln
KS(4,3)	Säurekapazität bis zu einem pH-Wert von 4,3
kWDC	Kilowatt Gleichstrom
kWp, MWp	Gibt die Spitzenleistung einer Photovoltaikanlage unter genormten Bedingungen an
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

Kurzzeichen	Erläuterung
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft
LDS	Landesdirektion Sachsen
LF	Leitfähigkeit
LFGB	Lebens- und Futtermittelgesetzbuch
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LK	Landkreis
LPG	Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft
LRA	Landratsamt
MF	Mikrofiltration
MHQ	Mittlerer Hochwasserabfluss
Mio.	Millionen
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss
MQ	Mittlerer Abfluss
MS	Mitgliedsstaaten
nFK	Nutzbare Feldkapazität
N_{ges}	Stickstoff gesamt
NH_4-N	Ammonium-Stickstoff
NZV	NetZeroValley
OGewV	Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer
OPEX	Operational Expenditures (Betriebskosten)
OWK	Oberflächenwasserkörper
P	Phosphor
PAK	Pulveraktivkohle
PFAS	Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen
P_{ges}	Gesamtphosphor
pH	pH-Wert
PN	Phosphorentfernung, Nitrifikation
PND	Phosphorentfernung, Nitrifikation, Denitrifikation
PNEC	Predicted-No-Effect-Concentration
ProdHaftG	Produkthaftungsgesetz
PtX	Power-to-X-Anwendungen
PV	Photovoltaik
QA	Qualitätsanforderungen
QK	Qualitätskomponente
RCP	Representative Concentration Pathways (Repräsentative Konzentrations-pfade)
RGB	Rot, Grün, Blau
RHmV	Rückstands-Höchstmengenverordnung
RL	Richtlinie

Kurzzeichen	Erläuterung
SächsAbwAG	Sächsisches Ausführungsgesetz zum Abwasserabgabengesetz
SächsWasserZuVO	Sächsische Wasserzuständigkeitsverordnung
SächsWG	Sächsisches Gesetz über den Brandschutz, Rettungsdienst und Katastrophenschutz in der Fassung der Bekanntmachung vom 4. März 2024 (Sächs-GVBl. S. 289)
SMEKUL	Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft
SMIL	Sächsisches Staatsministerium für Infrastruktur und Landesentwicklung
SMWA	Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Klimaschutz
SWG	Stadtwerke Görlitz AG
SWOT	Strengths (Stärken), Weaknesses (Schwächen), Opportunities (Chancen) und Threats (Risiken)
T	Temperatur
TEZG	Teileinzugsgebiet
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
TW	Trinkwasser
TWZ	Trinkwasserzweckverband
UF	Ultrafiltration
UO	Umkehrosmose
UQN	Umweltqualitätsnormen
UV	ultraviolette Strahlung
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UWB	Untere Wasserbehörde
VAwS	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
VO	Verordnung
WasgefStAnlV	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
WETTREG	WETTerlagenbasierte REGionalisierungsmethode, statistisches regionales Klimamodell
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WindBG	Windenergieflächenbedarfsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WWVO	Wasserwiederverwendungsverordnung
ZHK-UQN	UQN anhand der zulässigen Höchstkonzentration
ZKA	Zentrale Kläranlage
ZLD	Zero-Liquid-Discharge-Systems
WavE	Wassertechnologien: Wiederverwendung

Definitionen und Begriffe

Klarwasser/Rohwasser:

Mit dem Begriff *Klarwasser* wird in vorliegender Machbarkeitsstudie das aus dem Nachklärbecken der kommunalen Kläranlage ablaufende gereinigte Abwasser bezeichnet.

Aufbereitetes Klarwasser:

Mit dem Begriff aufbereitetes Klarwasser wird in vorliegender Machbarkeitsstudie kommunales Abwasser bezeichnet, das in einer Kläranlage gereinigt wurde und in einer Aufbereitungseinrichtung weiterbehandelt wurde. Im weitesten Sinne entspricht dieses Begriffsverständnis der Definition von aufbereitetem Wasser gemäß EU-WWVO.

Wasserwiederverwendung (WWV):

In vorliegender Machbarkeitsstudie wird damit die Verwendung von aufbereitetem Abwasser bezeichnet.

Aufbereitungsanlage:

Bezeichnet eine Abwasserbehandlungsanlage oder andere Einrichtung zur Weiterbehandlung von kommunalem Abwasser mit dem Ziel der Herstellung einer Wasserqualität, die für einen der vorgenannten Verwendungszwecke geeignet ist.

Elektrolysewasser:

Damit wird das in der Aufbereitungsanlage bis zur geforderten Reinheit aufbereitete Klarwasser bezeichnet, das der Anlage zur Wasserstofferzeugung durch Elektrolyse zugeführt wird.

Elektrolyseanlage:

Alternativ zu „Anlage zur Wasserstofferzeugung durch Elektrolyse“

Zusammenfassung

Die vorliegende Machbarkeitsstudie untersucht die Potenziale der Nutzung aufbereiteter kommunaler Abwässer als alternative Wasserressource im Landkreis Görlitz und leistet damit einen Beitrag zur nachhaltigen Gestaltung des regionalen Strukturwandels im Lausitzer Revier sowie zur strategischen Weiterentwicklung der Wasserbewirtschaftung im Freistaat Sachsen. Vor dem Hintergrund zunehmender klimatischer Veränderungen, wachsender Nutzungskonkurrenzen um verfügbare Wasserressourcen sowie der wirtschaftlichen Transformation infolge des Kohleausstiegs gewinnt ein zukunftsfähiges, resilientes Wassermanagement zunehmend an Bedeutung für die Sicherung der regionalen Entwicklungsperspektiven.

Sie fügt sich in die Zielsetzungen des vom Freistaat Sachsen beschlossenen Handlungsprogramms „Zukunft Wasser Sachsen“ ein, das auf die langfristige Sicherung ausreichender und qualitativ hochwertiger Wasserressourcen sowie auf die nachhaltige Bewirtschaftung der Gewässer ausgerichtet ist. Insbesondere adressiert die Untersuchung die Entwicklung zusätzlicher Wasserdargebote, die nachhaltige Gestaltung der öffentlichen Wasserversorgung, die Weiterentwicklung der Abwasserbewirtschaftung sowie Maßnahmen zur Stützung des Wasserhaushalts in Strukturwandelregionen. Vor diesem Hintergrund werden Möglichkeiten und Grenzen der Bereitstellung und Nutzung aufbereiteter kommunaler Abwässer als Brauchwasser systematisch analysiert und deren Beitrag zur nachhaltigen Ressourcennutzung, zur Entwicklung neuer Wertschöpfungspotenziale sowie zur langfristigen Sicherung wasserwirtschaftlicher Grundlagen bewertet.

Im Mittelpunkt der Untersuchung steht die Prüfung, ob und unter welchen technischen, rechtlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Voraussetzungen gereinigte Abwässer aus den kommunalen Kläranlagen Görlitz-Nord, Niesky, Rothenburg/O.L. und Kodersdorf aufbereitet und für unterschiedliche Nutzungszwecke bereitgestellt werden können. Betrachtet werden insbesondere die Nutzung für die Wasserstofferzeugung aus erneuerbaren Energien, weitere industrielle Anwendungen in bestehenden und zukünftigen Industrie- und Gewerbestandorten, die landwirtschaftliche Bewässerung sowie die Bereitstellung von Löschwasser. Damit werden unterschiedliche Nutzungsklassen mit spezifischen Anforderungen an Wasserqualität, Versorgungssicherheit und Infrastruktur systematisch untersucht.

Die Untersuchung erfolgt im Kontext der regionalen Entwicklungsstrategien im Lausitzer Revier und berücksichtigt insbesondere die Anforderungen des wirtschaftlichen Strukturwandels sowie die Entwicklung neuer energie- und ressourcenintensiver Industriezweige. Ein besonderer Bezug besteht zum Vorhaben „Net Zero Valley Lausitz“, das den Aufbau klimaneutraler Industrie- und Energiesysteme sowie innovativer Wertschöpfungsketten im Bereich erneuerbarer Energien und der Wasserstoffwirtschaft unterstützt. Die Bereitstellung gesicherter Wasserressourcen stellt hierbei eine wesentliche

Voraussetzung für die Ansiedlung entsprechender Technologien dar. Die Studie untersucht daher auch die Rolle der Wasserwiederverwendung als infrastrukturelle Grundlage für die Umsetzung dieser Transformationsprozesse.

Zur fachlichen Einordnung wird zunächst der Stand von Wissenschaft und Technik sowie der aktuelle Entwicklungsstand der Wasserwiederverwendung in Deutschland und Europa aufgearbeitet. Hierzu werden bestehende Pilotprojekte, Referenzanlagen und technische Lösungsansätze analysiert und hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf die regionalen Rahmenbedingungen bewertet. Aufbauend darauf werden geeignete Aufbereitungsverfahren und Verfahrenskombinationen untersucht, mit denen gereinigte kommunale Abwässer in Qualitäten bereitgestellt werden können, die den Anforderungen der jeweiligen Nutzungsklasse entsprechen. Die Betrachtung umfasst mehrstufige Aufbereitungskonzepte sowie weitergehende Verfahren zur Herstellung definierter Wasserqualitäten.

Ein weiterer Schwerpunkt der Studie liegt in der systematischen Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen der Wasserwiederverwendung. Hierzu werden die maßgeblichen Vorgaben auf europäischer, bundesrechtlicher, landesrechtlicher und kommunaler Ebene dargestellt und hinsichtlich ihrer Bedeutung für Planung, Genehmigung und Betrieb entsprechender Anlagen bewertet. Ergänzend werden Anforderungen an Genehmigungsverfahren, organisatorische Rahmenbedingungen sowie mögliche Betreiber- und Betriebsmodelle untersucht.

Die Bewertung der technischen und rechtlichen Machbarkeit wird durch eine umfassende Analyse der regionalen Ausgangssituation ergänzt. Diese umfasst die Untersuchung verfügbarer Abwassermengen und deren stofflicher Beschaffenheit, die Bewertung des regionalen Wasserhaushalts sowie die Betrachtung zukünftiger Entwicklungen hinsichtlich demografischer Trends, wirtschaftlicher Strukturveränderungen und klimatischer Einflüsse auf die Wasserressourcen. Darauf aufbauend werden Nutzungspotenziale, Infrastruktur- und Speicherbedarfe, Energie- und Flächenanforderungen sowie Investitions- und Betriebskosten abgeschätzt und unterschiedliche Varianten der Wasseraufbereitung und -bereitstellung vergleichend bewertet.

Darüber hinaus werden die möglichen Auswirkungen der Wasserwiederverwendung auf den Wasserhaushalt und den ökologischen Zustand der Gewässer untersucht sowie wirtschaftliche Rahmenbedingungen, Fördermöglichkeiten und potenzielle Zielkonflikte betrachtet. Auf dieser Grundlage werden Konzepte, Bewertungsansätze und Prüfschemata entwickelt, die eine systematische Beurteilung zukünftiger Vorhaben der Wasserwiederverwendung ermöglichen und als Grundlage für Planungs-, Förder- und Entscheidungsprozesse dienen können.

Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie zeigen, in welchem Umfang die Wasserwiederverwendung zur Sicherung begrenzter Wasserressourcen beitragen, die Entwicklung nachhaltiger Industrie- und

Gewerbestandorte unterstützen und die Umsetzung innovativer Zukunftstechnologien im Kontext der Energiewende und des regionalen Strukturwandels fördern kann. Gleichzeitig werden Herausforderungen, Risiken und Umsetzungsanforderungen aufgezeigt sowie Handlungsempfehlungen für eine schrittweise Realisierung abgeleitet.

Über den regionalen Betrachtungsraum hinaus besitzt die Studie Modellcharakter für vergleichbare wasserwirtschaftliche Fragestellungen im Freistaat Sachsen. Die entwickelten Bewertungsansätze, technischen Konzepte und Prüfschemata bieten grundsätzlich übertragbare Grundlagen für die Prüfung und Umsetzung von Vorhaben der Wasserwiederverwendung in anderen Regionen mit ähnlichen wasserwirtschaftlichen und strukturellen Rahmenbedingungen. Die Machbarkeitsstudie stellt damit nicht nur eine fundierte Entscheidungsgrundlage für den Landkreis Görlitz dar, sondern liefert zugleich Impulse für die Weiterentwicklung nachhaltiger Wasserbewirtschaftungsstrategien auf Landesebene.

Die Studie unterstützt somit die Entwicklung einer langfristig nachhaltigen, resilienten Wasserinfrastruktur als Bestandteil der Transformationsprozesse im Landkreis Görlitz, im Lausitzer Revier und im Freistaat Sachsen insgesamt.

Die nachfolgenden Kernaussagen fassen die wesentlichen Ergebnisse der Machbarkeitsuntersuchung zur Wiederverwendung gereinigter kommunaler Abwässer im Landkreis Görlitz zusammen und ordnen diese im Hinblick auf technische, hydrologische, wirtschaftliche und regulatorische Aspekte ein:

- **Grundsätzliche technische Realisierbarkeit**
  Die Wiederverwendung von aufbereitetem Klarwasser im Landkreis Görlitz ist für die untersuchten Nutzungsklassen Wasserstofferzeugung, landwirtschaftliche Bewässerung, Brauchwasser für Industrie und Löschwasser grundsätzlich technisch umsetzbar.
- **Standortspezifische Mengenverfügbarkeit**
  Die nutzbaren Abwassermengen sind standortabhängig unterschiedlich ausgeprägt. Die Kläranlage Görlitz weist die größte potenziell nutzbare Abwassermenge auf. An den Standorten Niesky, Rothenburg/O.L., und Kodersdorf ist das Potenzial standortspezifisch und mengenmäßig begrenzt zu bewerten.
- **Hydrologische Einordnung**
  An der Lausitzer Neiße ist der Anteil des Kläranlagenablaufs am Gesamtabfluss gering; eine signifikante negative Beeinträchtigung des Vorfluters wurde nicht identifiziert. An kleineren Fließgewässern können in Trockenphasen hydrologische Restriktionen auftreten, die eine mengenmäßige Begrenzung der Nutzung des Klarwassers erforderlich machen.

- **Hydrologische und stoffliche Randbedingungen**

  Die Umsetzung ist standort- und szenarioabhängig zu bewerten. Maßgeblich sind die Einhaltung hydrologischer Entnahmegrenzen sowie die Sicherstellung der erforderlichen Wasserqualität durch geeignete Aufbereitungsverfahren. Insbesondere an Standorten mit kleineren Vorflutern ist die Niedrigwasserbetrachtung von besonderer Bedeutung. Für Standorte mit kleineren Vorflutern (ZKA Niesky/ ZKA Kodersdorf) ist die Niedrigwasserbetrachtung besonders relevant.

- **Rechtliche Rahmenbedingungen**

  Die Wasserwiederverwendung ist unter Beachtung der einschlägigen wasserrechtlichen Vorgaben grundsätzlich zulässig. Maßgeblich sind insbesondere die Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), das Verschlechterungsverbot, nationale wasserrechtliche Regelungen sowie – bei landwirtschaftlicher Nutzung – die EU-Verordnung 2020/741. Es wurden keine grundsätzlichen rechtlichen Ausschlusskriterien identifiziert.

- **Technischer Aufbereitungsbedarf**

  Der erforderliche Aufbereitungsumfang variiert je Nutzungsklasse deutlich. Höhere Qualitätsanforderungen führen zu erhöhtem technischem und energetischem Aufwand.

- **Wirtschaftliche Tragfähigkeit**

  Die wirtschaftliche Bewertung erfolgt nutzungsklassen-, auslastungs- und standortabhängig auf Basis einer Lebenszykluskostenanalyse (LCC) unter Berücksichtigung von Investitions- und Betriebskosten (CAPEX/OPEX). Energiebedarf, Förderkulisse und Projektstruktur sind maßgebliche Einflussfaktoren.

- **Dezentrale gegenüber zentraler Aufbereitung**

  Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt, dass dezentrale, zweckgebundene Aufbereitungsanlagen an den Kläranlagenstandorten Görlitz, Niesky, Kodersdorf und Rothenburg/O.L. unter den untersuchten Randbedingungen wirtschaftliche Vorteile gegenüber einer zentralen Lösung aufweisen können. Insbesondere reduzierte Transportaufwendungen sowie eine standortspezifische und nutzungsgerechte Dimensionierung sprechen für eine dezentrale Umsetzung.

- **Genehmigungs- und Förderfähigkeit**

  Die Umsetzung ist bei Einhaltung der wasserrechtlichen Anforderungen grundsätzlich genehmigungsfähig, jedoch bestehen derzeit in der Umweltgesetzgebung hinsichtlich der Wasserwiederverwendung Defizite und Regelungsbedarfe. Förderprogramme können die wirtschaftliche Realisierbarkeit wesentlich beeinflussen.

- **Gesamteinordnung**

  Unter definierten technischen, hydrologischen und wirtschaftlichen und - mit Einschränkungen auch regulatorischen - Randbedingungen ist die Wasserwiederverwendung im Landkreis Görlitz grundsätzlich realisierbar. Eine standortspezifische Detailprüfung bleibt erforderlich.

1 Hintergrund und Zielstellung

1.1 Hintergrund

Die verfügbaren Ressourcen des Oberflächen- und Grundwassers sind als wichtiger Standortfaktor maßgeblich für die Attraktivität einer Region bei industriellen Neuansiedlungen. Im Umgang mit den begrenzten Wasserressourcen besteht zum einen durch den Klimawandel, verbunden mit vermehrt auftretenden Extremsituationen, wie Starkniederschlägen, Hochwasser sowie Dürren und Niedrigwasser, erhöhter Handlungsdruck. Zum anderen ergeben sich mit dem Ausstieg aus der Kohleverstromung, dem damit einhergehenden Strukturwandel, der Notwendigkeit zur Diversifizierung der Wirtschaftsstruktur sowie dem Erfordernis zur Umstellung der Energiesysteme auf regenerative Erzeugungsquellen wasserwirtschaftliche Herausforderungen in der Oberlausitz. Es gilt neue oder alternative Wasserdargebote aufzuzeigen, um den knapper werdenden Wasserressourcen und konkurrierenden Wassernutzungen zu begegnen.

Die Ausrichtung vorliegender Machbarkeitsstudie fügt sich in das vom sächsischen Kabinett im Januar 2024 beschlossene Handlungsprogramm „Zukunft Wasser für Sachsen“ ein. Darin wurden für den Freistaat Sachsen zehn Handlungsfelder definiert, um „auch in Zukunft ausreichende und saubere Wasserressourcen sowie ökologisch intakte Gewässer- und Auensysteme als Lebensgrundlage in Sachsen verfügbar zu haben“. Besondere Relevanz für das Projekt haben die Handlungsfelder 1, 3, 4 und 5. Das Handlungsfeld 1 „Öffentliche Wasserversorgung“ adressiert die Notwendigkeit einer „langfristigen Sicherstellung der bestehenden Wasserversorgung für die Allgemeinheit (öffentliche Wasserversorgung)“ und damit den Bedarf an “Maßnahmen zur nachhaltigen Ausgestaltung des Wassermanagements“. Als ein zukünftiger Investitionsbereich wird die Erkundung zusätzlicher Wasserdargebote (Trinkwasserversorgung, Brauchwasserversorgung) genannt. Handlungsfeld 3 „Abwasserbeseitigung“ widmet sich u. a. dem Handlungsbedarf zur Entwicklung von „Möglichkeiten/ Konzeptionen/ Leitlinien für die weitere Nutzung von aufbereitetem Abwasser […], welche sowohl technologische als auch rechtliche Aspekte berücksichtigen“ auf Grundlage von Potenzialanalysen von potentiellen Wasserverbrauchern. Zudem berührt das Projekt unmittelbar das Handlungsfeld 4 „Wassermanagement für Bergbaufolgeregionen Braunkohle“. Für die erfolgreiche Bewältigung der Herausforderungen des Braunkohlebergbaus und des -ausstiegs, des Strukturwandels und des überlagernden Klimawandels wurde der Handlungsbedarf zur „Umsetzung nachhaltiger wasserwirtschaftlicher Projekte bzw. Baumaßnahmen zur Stützung des Wasserhaushaltes mit dem Ziel der Deckung von Wasserbedarfen, die sich aus neuen/geänderten Nutzungen infolge des Strukturwandels ergeben […]“ abgeleitet. Im Handlungsfeld 5 „Qualitäts- und Mengenziele für Oberflächengewässer und Grundwasser“ wird der Bedarf für eine „Nachhaltig angepasste Grundwasserbewirtschaftung“ angeführt.

In dem in 2022/23 erstellten Energiegesamtkonzept (Kneiske, 2024) für den Landkreis Görlitz wurden unter Einbindung der energiewirtschaftlichen Fachkräftepotenziale und gleichzeitig verfügbaren Flächen für die Erzeugung erneuerbarer Energien explizit die Produktion grünen Wasserstoffs als wichtigem Wertschöpfungsschritt für die Region analysiert und Handlungsempfehlungen gegeben. Dabei wurde ein Produktionspotenzial von bis zu 100.000 Tonnen jährlich identifiziert, ohne die dafür zusätzlich benötigten Wasserbedarfe und die möglichen Ansiedlungen von Verwertern des grünen Wasserstoffes zu betrachten.

Im Landkreis Görlitz soll zukünftig ein neues Industrie- und Gewerbegebiet entstehen, für welches in dem hier ausgeschriebenen Projekt mit Horka und Niesky zwei Standorte zu betrachten sind. Durch die Lage an der Niederschlesischen Magistrale und in direkter Nachbarschaft zu Erneuerbare-Energie-Anlagen bieten sie sich zur Wasserstofferzeugung an. Unternehmen zeigten bereits Interesse und schlossen eine Ansiedlung nicht aus. Voraussetzung ist dabei allerdings die ausreichende Verfügbarkeit von Wasser für die Produktion. Die Nutzung von aufbereitetem Klarwasser kommunaler Kläranlagen (KA) bietet die Chance, wassernutzende lokale Wirtschaftsbereiche zukunftssicher zu entwickeln, den Wirtschaftsstandort Landkreis Görlitz zu stärken und einen Beitrag für einen gelingenden Strukturwandel zu leisten.

Angestrebt wird mit den Studienerkenntnissen, dass nachhaltige Gewerbegebiete etabliert werden können, die durch die Nutzung geklärter Abwässer ihren Brauchwasserbedarf für Produktionsprozesse bei weitestgehendem Erhalt der natürlichen Grundwasservorkommen decken können. Es ist weiterhin zu prüfen, inwieweit überschüssiges aufbereitetes Abwasser zur Beregnung von landwirtschaftlichen Flächen oder als Löschwasser, beispielsweise entlang von Verbindungstrassen im Verbundraum, verwendet werden kann. Für das Gewerbegebiet Horka soll insbesondere die Ansiedlung einer Anlage zur Wasserstoffproduktion und die Deckung deren Wasserbedarfs geprüft werden. Angedacht ist eine zweistufige Ausbauphase der Wasserstoffanlage, deren Wasserbedarf sich in der ersten Phase auf ungefähr 150.000 m^3 und in Phase zwei auf 1,5 Mio. m^3 pro Jahr belaufen könnte.

Gespräche mit Investoren, Kommunen, Stadtwerken und Abwasserzweckverbänden wurden im Vorfeld der Machbarkeitsstudie bereits geführt. Die Akteure unterstützten das Vorhaben gemeinschaftlich.

1.2 Zielstellung

Im Landkreis Görlitz besteht die Überlegung, mit der Bereitstellung von aufbereitetem Abwasser für industrielle Anwendungen den Brauchwasserbedarf für bestehende und zukünftige Industrieansiedlungen zu sichern. Im Rahmen der zu erstellenden Machbarkeitsstudie sind die Potentiale und Grenzen der Bereitstellung und Verwendung von gereinigten kommunalen Abwässern / Klarwasser herauszustellen für:

- die Wasserstofferzeugung aus erneuerbaren Energien,
- weitere industrielle Anwendungen in Industrie- und Gewerbegebieten,
- die Nutzung zur landwirtschaftlichen Bewässerung,
- sowie die Nutzung als Löschwasser.

Hierbei sind Erkenntnisse u.a. aus bereits in Umsetzung befindlichen Pilotprojekten einzubinden, die zeigen, unter welchen Voraussetzungen eine Wiederverwendung von aufbereitetem Klarwasser in der industriellen Produktion, auch unter Einbeziehung wasserintensiver Verbraucher wie der Wasserstofferzeugung, erfolgen kann. Ziel des gegenständlichen Projektes ist die Prüfung der Bereitstellung und des Einsatzes von aufbereitetem Klarwasser kommunaler Kläranlagen definierter Qualitäten für industrielle Zwecke im Sinne einer Art „Wasserrecycling“ und der effizienten Nutzung begrenzter natürlicher Wasserressourcen.

Eine besondere Herausforderung ist dabei die Betrachtung mehrerer Klarwasserlieferanten (Kläranlagen Görlitz-Nord, Niesky, Rothenburg/O.L. und Kodersdorf) und die Verwendung dieser Abwässer für unterschiedliche, zum aktuellen Zeitpunkt teilweise noch nicht genau definierbare Produktionsprozesse am Beispiel eines zukünftigen Industriegebietes am Standort Horka bzw. Niesky.

Ein Aspekt der Studie bestand darin, zu untersuchen, ob es möglich ist, das gereinigte kommunale Abwasser der KA Görlitz, Niesky, Rothenburg/O.L. und Kodersdorf zu sammeln, es in einer zentralen Aufbereitungsanlage im Industriegebiet Horka aufzubereiten und der Wasserwiederverwendung zuzuführen.

Das aufbereitete Klarwasser muss für die Wasserwiederverwendung in Qualitäten bereitgestellt werden, die den verschiedenen Anwendungszwecken entspricht. Mit der Wiederverwendung von gereinigten kommunalen Abwässern in industriellen Anwendungen verändern sich Menge und Qualität des der Vorflut zugeführten Kläranlagenablaufs. Daher wurden neben der verfahrenstechnischen Machbarkeit des Vorhabens ebenso die Umweltauswirkungen im Untersuchungsgebiet geprüft.

Bei positiver Bewertung der Machbarkeit ist zudem die Herleitung von Umsetzungsschritten und die Ermittlung von Kosten der Wasserwiederverwendung zur Etablierung eines Abwasserverbunds im nächsten Schritt erforderlich. Darauf basierend war ein Konzept als Grundlage für die Beurteilung der Machbarkeit

von zukünftigen Vorhaben zur Nutzung aufbereiteter Abwässer i. S. eines Prüfschemas zu entwickeln, welches die identifizierten ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekte berücksichtigt.

Die Machbarkeitsstudie wurde durch das LfULG im Rahmen des Projektes RegioNet WasserBoden – „Regionale Netzwerke für ein nachhaltiges Wasser- und Bodenmanagement“ beauftragt.

Das Projekt RegioNet WasserBoden unterstützt den Strukturwandel in den sächsischen Braunkohlerevieren, indem es benötigte Grundlagendaten, Fachinformationen und Konzepte für eine nachhaltige Nutzung und Entwicklung der Umweltressourcen Wasser, Boden und Natur erarbeitet und den regionalen Akteuren für Entscheidungsprozesse zur Verfügung stellt. Das Projekt RegioNet WasserBoden erfolgt in Kooperation zwischen dem Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) und der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV). Das Projektteam beschäftigt sich mit unterschiedlichen Fragestellungen aus den Bereichen der Hydrogeologie, Hydrologie, Wasserhaushalt, Gewässerbewirtschaftung sowie des Gewässer-, Boden- und Naturschutzes in den Strukturwandelregionen Sachsens im Mitteldeutschen Revier und im Lausitzer Revier.

Die organisatorische und fachliche Begleitung der Studie erfolgte durch das LfULG gemeinsam mit der Flächenentwicklungsgesellschaft Niederschlesische Oberlausitz mbH (ENO), wobei die Bearbeitung in enger Zusammenarbeit mit den Abwasserzweckverbänden und Stadtwerken des Bearbeitungsgebietes, der Landesdirektion Sachsen, dem Landratsamt Görlitz, der Gemeinde Horka und der Stadt Niesky erfolgte.

2 Vorgehensweise bei Projektbearbeitung

Dieses Kapitel gibt zunächst einen Überblick über die Rahmenbedingungen und Festlegungen, die während der Erarbeitung dieser Machbarkeitsstudie getroffen worden. Es werden die Datengrundlagen vorgestellt, die die Basis für alle Arbeiten bilden. Abschließend wird das detaillierte Bearbeitungsschema vorgestellt.

2.1 Meilensteine und Kommunikationspfade

Zur Erfassung der standortkonkreten Informationen wurde mit den Akteuren im Landkreis Görlitz eine Reihe von Beratungen, Interviews und Vor-Ort-Begehungen durchgeführt:

- Anlaufberatung am 12.02.2025, online
- 1. Stakeholder Workshop am 13.03.2025 in Görlitz
- Vor-Ort-Begehung der Kläranlagen Rothenburg/O.L. und Görlitz am 13.03.2025
- Interview mit den Genehmigungsbehörden zur Gewässerbewertung am 28.04.2025, online
- Interview zum Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft am 28.04.2025 mit der Agrargenossenschaft Kodersdorf, online
- Interview zum Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft am 14.05.2025 bei der Agrargenossenschaft Jänkendorf in Waldhufen
- Vor-Ort Begehung der Kläranlagen Niesky und Kodersdorf am 14.05.2025
- Interview zum Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft am 14.05.2025 bei der Agrargenossenschaft Zodel in Neißeaue
- Interview zum Löschwasserbedarf am 19.05.2025, online
- Interview Landkreis Görlitz zur demografischen - und Strukturentwicklung am 19.05.2025, online
- Zeitgleiche Beprobung - Probenahme KA-Ablauf (G.E.O.S.) und Referenzmessstelle (BfUL) am 12.08.2025 KA Görlitz und Rothenburg/O.L.
- Zeitgleiche Beprobung - Probenahme KA-Ablauf (G.E.O.S.) und Referenzmessstelle (BfUL) am 19.08.2025 KA Niesky und Kodersdorf
- 2. Stakeholder Workshop am 25.09.2025 in Horka
- 3. Stakeholder Workshop / Abschlusspräsentation am 25.02.2026 in Görlitz

Auf Informationen, die in den Veranstaltungen ausgetauscht wurden, wird themenbezogen in den betreffenden Kapiteln verwiesen. Die Erkenntnisse der in den Stakeholder-Workshops und Interviews geführten Diskussionen sind in die Erstellung der Studie eingeflossen.

2.2 Rahmenbedingungen und Festlegungen für die Bearbeitung der Machbarkeitsstudie

2.2.1 Festlegungen der Auftaktveranstaltung

Im Zuge der Anlaufberatung zur Machbarkeitsstudie am 12.02.2025 wurde durch das LfULG und durch die ENO mitgeteilt, dass der Investor sein ursprüngliches Vorhaben zur Errichtung der Wasserstofferzeugungsanlage am Standort Horka inzwischen zurückgestellt hat. Die anwesenden Beteiligten stimmten sich ab, dass der Machbarkeitsstudie auch weiterhin das Mengengerüst für einen zweistufigen Ausbau der Wasserstoffelektrolyse zugrunde gelegt wird, deren Wasserbedarf in der ersten Phase ungefähr 150.000 m^3 und in Phase zwei ca. 1,5 Mio. m^3 pro Jahr beträgt.

Es wurde weiterhin festgelegt, dass die Aufbereitung des gereinigten kommunalen Abwassers mit dem Ziel der Wiederverwendung im industriellen Sektor so erfolgen soll, dass Trinkwasserqualität gewährleistet werden kann.

2.2.2 Festlegungen des 1. Stakeholder-Workshops in Görlitz

Für den Anwendungsfall der landwirtschaftlichen Bewässerung war die Veröffentlichung des DWA-Merkblattes M1200 „Wasserwiederverwendung für landwirtschaftliche und urbane Zwecke in Deutschland“ richtungsweisend. Als möglicher Veröffentlichungstermin für den Gelbdruck war der Februar 2025 angekündigt worden. Es wurde festgelegt, dass die Inhalte dieses Merkblattes nach Erscheinen in die Bewertung der rechtlichen Grundlagen einfließen müssen.

Grundlage für die in der Machbarkeitsstudie erforderlichen Betrachtungen sollten die Ansiedlungsziele und Wasserbedarfe sein, die in den Studien Net Zero Valley dargestellt werden.

Anhand der Ergebnisse der im Rahmen der Studie vorzunehmenden verfahrenstechnischen Betrachtungen sollte die Bewertung der Auswirkungen der Abwasserwiederverwendung auf den Gewässerzustand erfolgen. Dabei sollte der Belastungsgrad der Gewässer als Grundlage zur Ermittlung des maximal möglichen Abwasserwiederverwendungsgrades genutzt werden. Vor dem Hintergrund der bis zu diesem Zeitpunkt zur Verfügung stehenden Analysendaten war das Erfordernis einer Probenahme am Kläranlagenablauf sowie den Vorflutern zu prüfen.

2.2.3 Festlegungen Ort mit der LDS und UWB am 28.04.2025 zur Gewässerbewertung

Um die Auswirkungen der Wiederverwendung von aufbereitetem Klarwasser auf den mengen- und gütemäßigen Zustand der Einleitgewässer bewerten zu können, war zunächst der Bewertungsrahmen festzulegen. Hierfür sollte in der Besprechung mit den Vertretern der Genehmigungsbehörden der für die Machbarkeitsstudie heranzuziehende Ort der Bewertung und der Umfang zusätzlich benötigter Untersuchungen abgestimmt werden. Es wurde vereinbart, dass für die Machbarkeitsstudie weitestgehend auf vorhandene Daten zurückgegriffen werden kann. Um die Beurteilung der vorhabenbezogenen Auswirkungen auf die Einleitgewässer zu untersetzen, sollten Referenzmessstellen zur Wasserbeschaffenheit der Oberflächenwasserkörper nach Wasserrahmenrichtlinie sowie die Pegelmessstellen zur

mengenmäßigen Betrachtung herangezogen werden. Es wurde darauf hingewiesen, dass die staatlichen Messstellen (sowohl hinsichtlich Beschaffenheit als auch Pegel) teils mehrere Kilometer weit von den Einleitstellen der Kläranlagen entfernt liegen. Für die Durchführung einer Probenahmekampagne i. R. des Projektes sollte eine zeitgleiche Beprobung der Kläranlagenabläufe durch G.E.O.S. und der Referenzmessstellen durch die Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) erfolgen.

Im Zuge eines konkreten Genehmigungsverfahrens wäre jedoch die ortskonkrete Betrachtung an den einzelnen Einleitstellen unumgänglich und hierfür der Ausgangszustand des Gewässers an der Einleitstelle (oberhalb und unterhalb der Einleitstelle) zu erfassen. Zur Untersuchung der Gewässerauswirkungen an der Einleitstelle i. R. eines Genehmigungsverfahrens wären Durchfluss- und Konzentrationsdaten bei vollständigem Parameterumfang zu erheben. In diesem Fall wären hinsichtlich der Messhäufigkeit einer Ausgangserhebung 4 bis 6 Messkampagnen pro Jahr aus Sicht der Genehmigungsbehörden angebracht. Für die ökologische Betrachtung möglicher Auswirkungen sollten neben biologischen Referenzmessstellen auch die Befischungsstrecken berücksichtigt werden.

2.3 Datenbasis

Für die Bearbeitung der Machbarkeitsstudie waren zahlreiche und vielfältige Datengrundlagen erforderlich, die sowohl Umweltdaten als auch technische Anlagendaten umfassten. Die nachfolgend aufgeführten Daten und Arbeitsmittel standen im Rahmen der Erstellung der Machbarkeitsstudie zur Verfügung:

- Kläranlagenparameter und Abwasserdaten auf der Basis der durch die Kläranlagenbetreiber und das LfULG zur Verfügung gestellten Datensätze (Tabelle B 82)
- Daten der kommunalen Abwasserdatenbank (siehe Anhang B 10), die Daten zur Reinigungsleistung stammen aus dem Jahr 2023 (Datenerfassung in Datenbank ca. Mitte 2024)
- Ergebnisse der Stakeholder-Workshops und Interviews
- Bevölkerungsprognosen, Statistiken zum Wasserverbrauch Abwasseranfall und des Statistischen Landesamtes Sachsen
- Informationen zur Entwicklung des Wasserhaushalts unter Annahme von Klimaprojektionen (Ergebnisse des Projektes KliWES 3.0 auf der Plattform GWN Viewer)
- Homepages u. a. des LfULG, des Landkreises Görlitz, der DWA, des LANUV-NRW, des UBA
- das sächsische Datenportal iDA (interdisziplinäre Daten und Auswertungen)
- Probenahmeergebnisse an den WRRL-Referenzmessstellen der BfUL zur Gewässergüte und aus Messkampagnen an den Kläranlagenabläufen im Rahmen dieser Studie
- Spezifische Bemessungsdaten für die Bemessung von Wasseraufbereitungsanlagen und -prozessen sowie Kostenfunktionen und Richtpreise aus zurückliegenden Planungsprojekten

Im Laufe der Bearbeitung der Studie und der Auswertung der vorhandenen Daten kristallisierte sich heraus, dass die Aussagekraft der Kläranlagenablaufdaten für die Fragestellungeingeschränkt war, bspw. im Hinblick auf die verfügbaren Zeitreihen, zeitliche Auflösung und Analyseumfang. Auf der Basis von Annahmen wurde eine erste überschlägige Auslegung für eine Anlage zur Aufbereitung gereinigten kommunalen Abwassers zur Wasserstoffherstellung vorgenommen sowie eine Aufstellung der als Grundlage für die nutzungsartabhängige Aufbereitung benötigten Daten und Qualitätsanforderungen erarbeitet (Tabelle 2).

Die Wasserinhaltstoffe wurden identifiziert, die für die technische Auslegung und auch für die Beurteilung der Auswirkungen auf Produktqualität und Umwelt notwendig sind. Neben stofflichen Komponenten, die sich u. a. auch störend auf Aufbereitungstechnologien auswirken, betraf das vor allen Dingen anthropogene Spurenstoffe, die aufgrund der gesetzlichen Rahmenbedingungen (DWA, 2025e; Europäische Kommission, 2020) vor einer Wiederverwendung aus dem aufzubereitenden Klarwasser zu entfernen sind. Dabei ist der Aufwand für die Wasseraufbereitung des Abwassers mit dem Ziel der Wiederverwendung abhängig von der Ablaufqualität und der Nutzungsklasse.

Tabelle 2: Daten- und Qualitätsanforderungen je Nutzungsklasse der Abwasserwiederverwendung als Grundlage der fachlichen Bewertung

Nutzungsklassen	Anforderung an Wasserqualität	Anmerkungen
Wasserstofferzeugung	Reinstwasser	Anforderungen bekannt, Qualität Kläranlagenabläufe Analytik kritischer Prozessparameter erforderlich
Brauchwasser Industrie	anwendungsspezifische Anforderungen	Kritische Parameter müssen vom Anwender definiert werden
Landwirtschaft	Spurenstoffproblematik, Hygiene	DWA, WavE-Projekte, Lokale Akzeptanz erfragen, Analytik (Spurenstoffe, Hygiene)
Kommune (Grünflächen)	Spurenstoffproblematik, Hygiene	
Löschwasser	Hygienische Anforderungen	

Die mit der Abwasserwiederverwendung oftmals verbundene Reduzierung der Einleitmenge in den Vorfluter kann insbesondere in kleinen Fließgewässern zu signifikanten Veränderungen der Wasserführung und bei gleichbleibender Fracht der Einleitungen zu Konzentrationserhöhungen im Gewässer führen. Dies und auch die Qualität des aufbereiteten Klarwassers müssen insbesondere in Hinsicht auf Medikamentenrückstände, PFAS etc. kritisch geprüft werden. Der bestehende Parameterumfang der Einleiterüberwachung der Landesdirektion Sachsen (LDS) und der Eigenkontrolle der Anlagenbetreiber ist zum einen für eine Beurteilung der Auswirkungen auf die Einleitgewässer und zum anderen zur Einschätzung des Aufbereitungsaufwandes im Rahmen dieser Studie nicht ausreichend.

Daher wurde der Umfang weiterer erforderlicher Analysen mit dem LfULG und der LDS abgestimmt und auch Spurenstoffe wie Medikamentenrückstände und PFAS mit aufgenommen. Der vereinbarte Parameterumfang ist in Tabelle 26 dargestellt.

Diclofenac und Carbamazepin wurden dabei als stellvertretende Indikatorsubstanzen für Medikamentenrückstände ausgewählt. Zusätzlich wurden Terbutryn, Glyphosat und Imidacloprid stellvertretend für Herbizide sowie PFAS und AOF in die Spurenstoffanalytik aufgenommen. Diese Indikatorsubstanzen wurden ausgewählt, da sie unterschiedliche Eintragspfade, Persistenzen und Eliminationsgrade repräsentieren. Sie ermöglichen eine bemessungsrelevante Bewertung der Wirksamkeit konventioneller und weitergehender Aufbereitungsverfahren sowie eine abschätzende Beurteilung der stofflichen Belastung und Wirkung im Vorfluter.

Die Probenahmekampagne wurde am 12.08.2025 und 19.08.2025 gemeinsam mit der BfUL durchgeführt. Dabei wurden parallel sowohl die Abläufe der vier Kläranlagen als auch die staatlichen Referenzmeßstellen an den Einleitpunkten der Vorfluter (siehe Tabelle 32) beprobt. Der Umfang der Probenahme wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber aufgrund eingeschränkter zeitlicher und finanzieller Ressourcen sowie vor dem Hintergrund des Studiencharakters einer Machbarkeitsstudie auf eine einzelne Messkampagne beschränkt. Mit den Untersuchungen im August liegen Daten zum Niedrigwasserabfluss vor, die eine Worst-Case-Betrachtung erlauben. Bei Weiterführung des Projektes sind jedoch ortskonkrete Betrachtungen notwendig, die aus Datenerhebungen an der Einleitstelle zu gewinnen sind. Für das Gewässer sollten dabei die Konzentrationen im Gewässer vor und nach der Einleitstelle-, sowie der zugehörige Durchfluss erfasst werden

2.4 Bearbeitungsschema

Im Folgenden wird die Bearbeitung der vier Arbeitspakete (AP) dieser Studie beschrieben. In Kapitel 3 dieses Berichts wird das Betrachtungsgebiet vorgestellt.

2.4.1 API Literaturstudie – Wiederverwendung gereinigten kommunalen Abwassers

Zu Beginn der Machbarkeitsstudie wurde zunächst eine Literaturrecherche zur Abwasserwiederverwendung im europäischen und bundesdeutschen Umfeld durchgeführt (AP I) (Abbildung 1).

In Kapitel 4 wird im Ergebnis dessen die Wiederverwendung von aufbereitetem Klarwasser für die Wasserstoffelektrolyse, für die landwirtschaftliche Bewässerung sowie als Brauchwasser für die Industrie anhand von Praxisbeispielen, Pilot- und Forschungsprojekten vorgestellt.

In Arbeitspaket II wurden die rechtlichen Regelungen eruiert, die für die Nutzung aufbereiteter Abwässer für die verschiedenen Anwendungszwecke relevant sind. Die Ergebnisse sind in Kapitel 5 dargestellt.

Projektrelevante Aussagen zu den technischen Grundlagen der Wasserstofferzeugung sind in Kapitel 6 zusammengefasst.

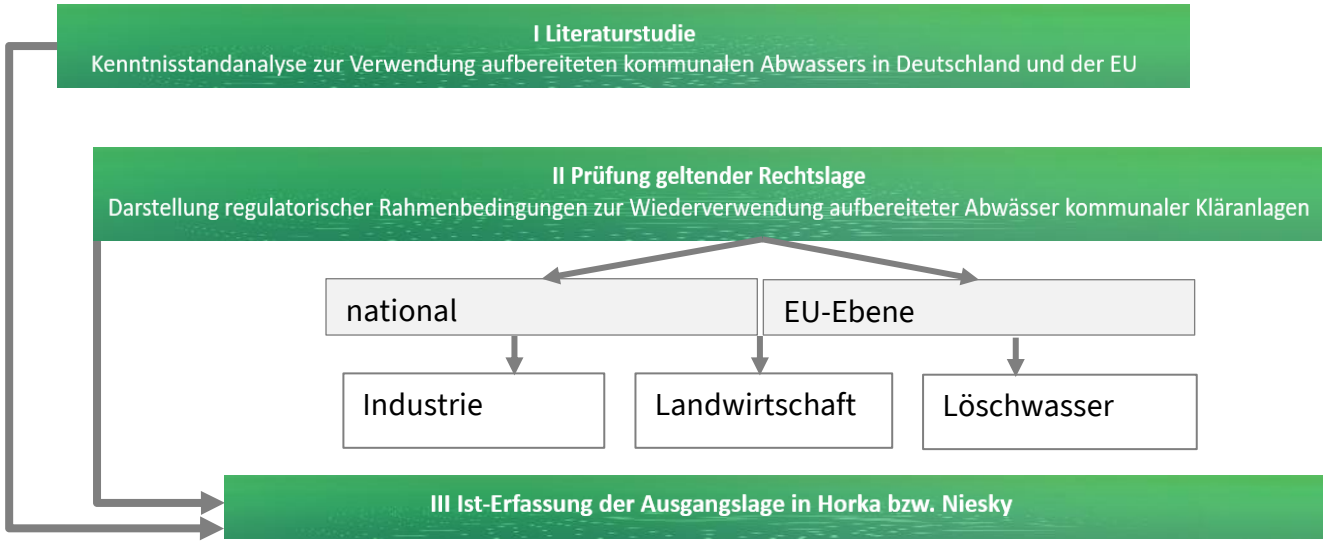


Abbildung 1: Bearbeitungsschema Arbeitspakete API und APII

2.4.2 Ist-Erfassung der Ausgangslage - APIII

Wie Abbildung 2 bis Abbildung 5 zeigen, ist das Arbeitspaket III das komplexeste Arbeitspaket dieser Studie. Es setzt sich mit den fachinhaltlichen Grundlagen auseinander, um die Ausgangslage auf vielfältigen Ebenen in der Gemeinde Horka und der Stadt Niesky zu erfassen. In Kapitel 7 wird die wasserwirtschaftliche Ausgangssituation im Ist-Zustand dargestellt. Zur zukünftigen Entwicklung des Landkreises Görlitz werden in Kapitel 8 Informationen zur zukünftigen Bevölkerungsentwicklung, die wirtschaftliche Entwicklung sowie die zu erwartenden Auswirkungen der klimatischen Veränderungen auf den Wasserhaushalt ausgewertet.

Die nutzungsartabhängigen Wasserbedarfe und erforderliche Aufbereitungsverfahren werden in Kapitel 9 zusammengestellt, die Auswirkungen der Wasserwiederverwendung auf die Einleitgewässer werden in Kapitel 10 abgeleitet.

2.4.3 Bewertung der Machbarkeit (AP IV)

In Kapitel 11 wird ein technisches Konzept erstellt, für das in Kapitel 12 eine Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsbewertung vorgenommen wird. Das Betreibermodell wird in Kapitel 13 erarbeitet, die Prüfung der genehmigungsrechtlichen Grundlagen ist Bestandteil von Kapitel 14. Diese Kapitel münden in Kapitel 15 mit der Bewertung der Machbarkeit des Vorhabens. Die Prüfung der anwendbaren förderrechtlichen Möglichkeiten erfolgt dann in Kapitel 16.

In Kapitel 16.6 wird eine Betrachtung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Einflüsse vorgenommen, welche in eine Risikobewertung einfließt. Dabei werden betrachtet:

- Stärken und Schwächen des Ansatzes
- Chancen und Risiken im Umfeld der jeweiligen Standorte.

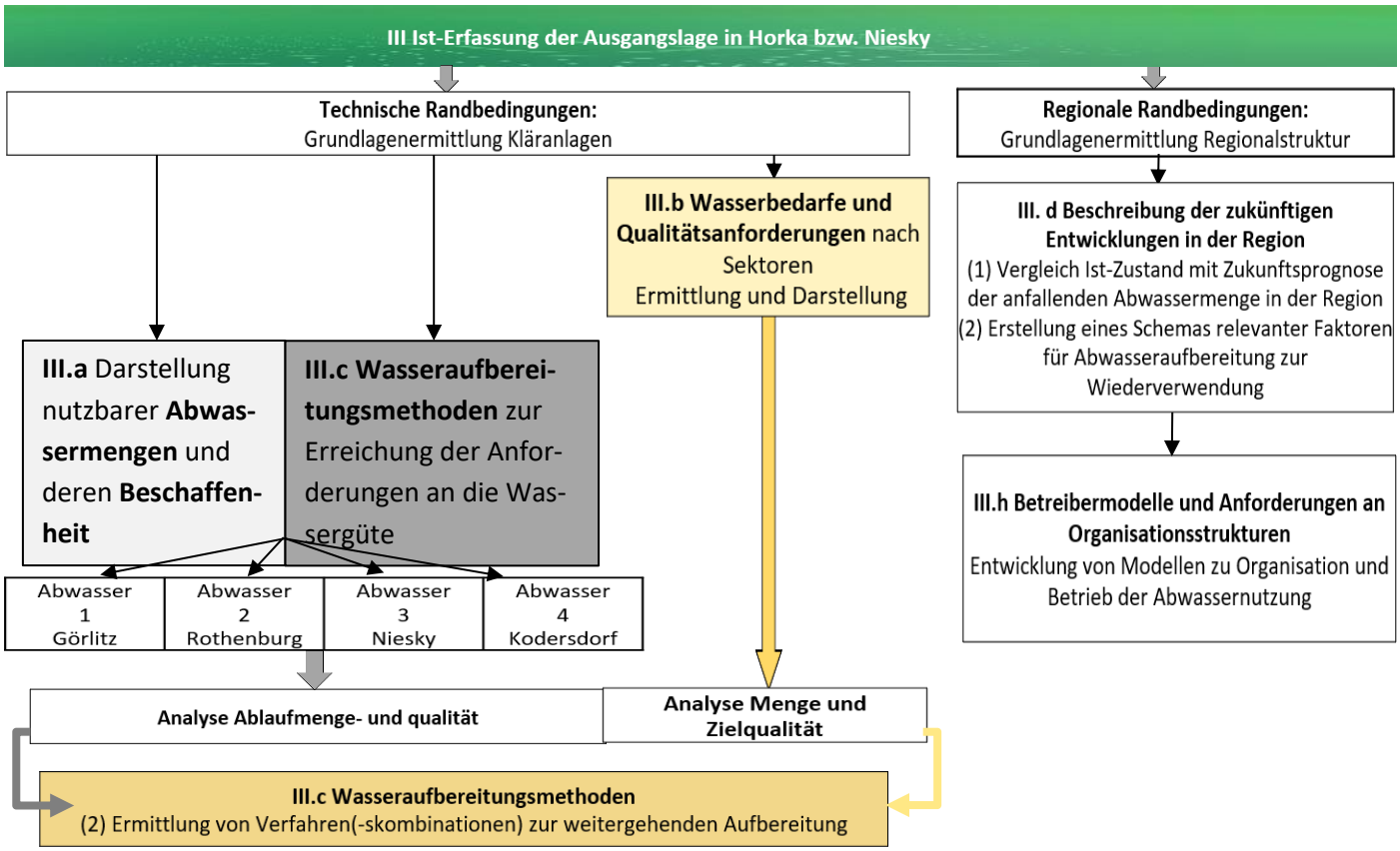


Abbildung 2: Bearbeitungsschema Arbeitspakete AP III.a, III.b, III.c, III.d, III.h

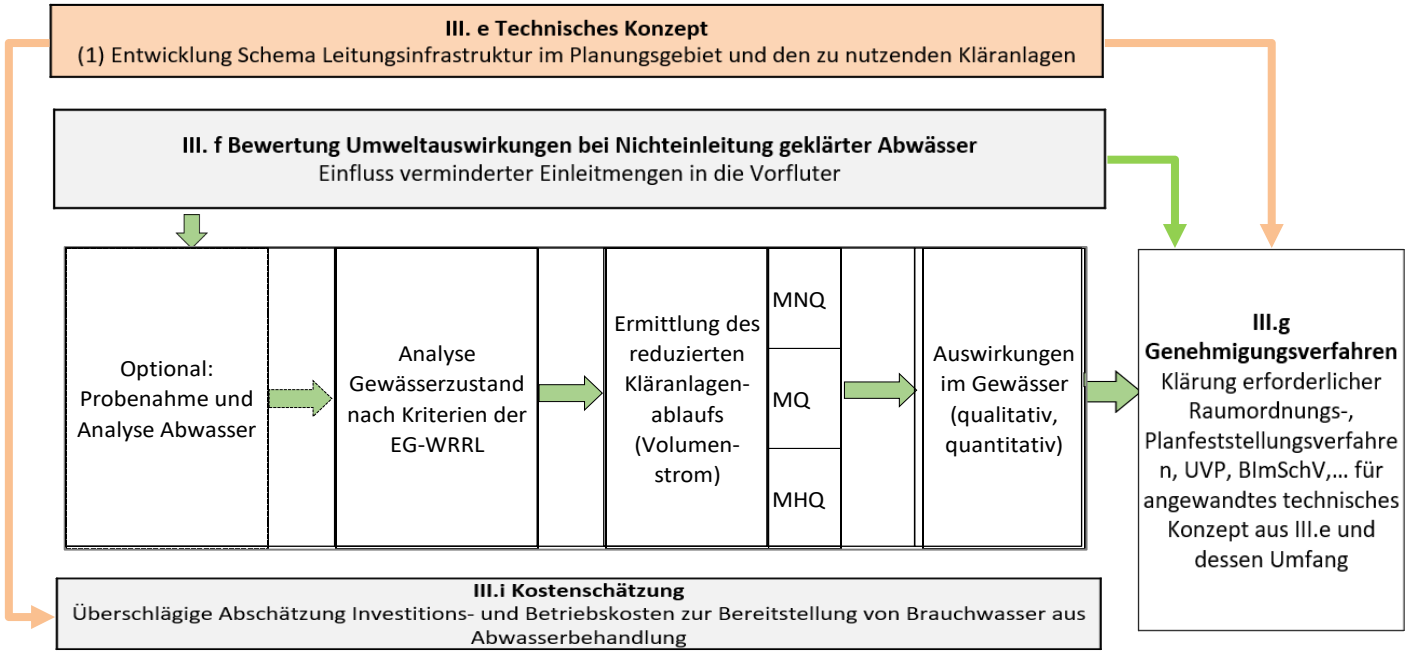


Abbildung 3: Bearbeitungsschema Arbeitspakete AP III.e, III.f, III.g, III.i

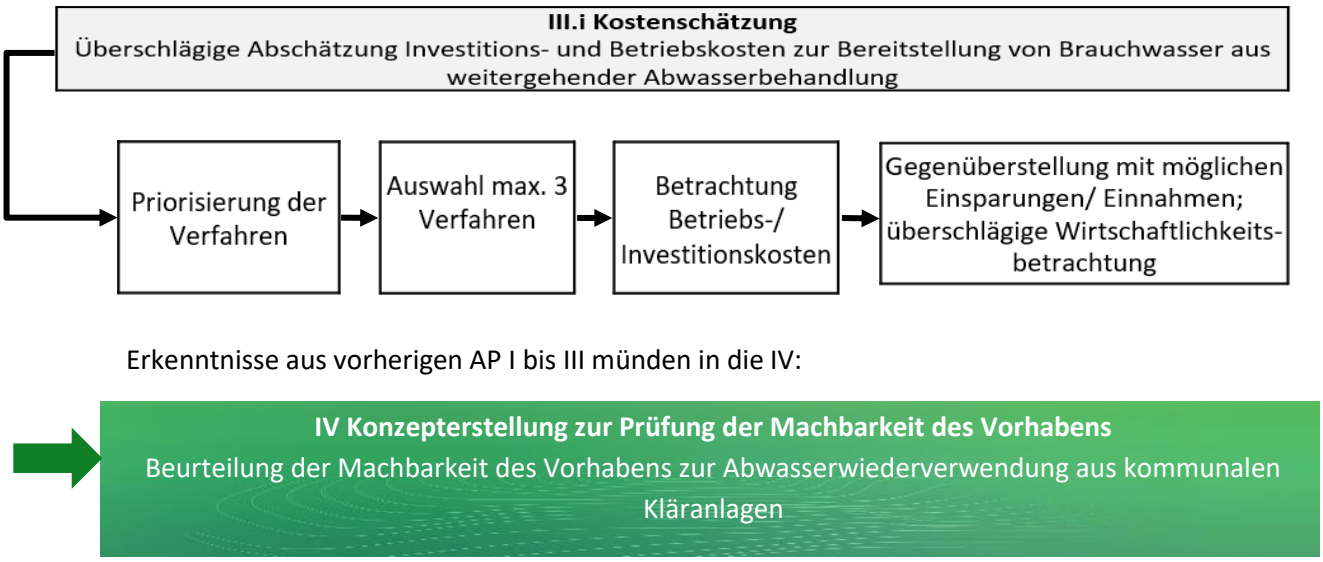


Abbildung 4: Bearbeitungsschema Arbeitspakete AP III.i, APIV

Mit dieser Art der Analyse soll eine Strategie für die Ableitung der Machbarkeit der Wasserwiederverwendung und der Einsatz den Ressourcen und Budgets ermittelt werden.

Zum Abschluss wird in Kapitel 17 aus allen gewonnenen Erkenntnissen ein Prüfschema zur systematischen Beurteilung der Machbarkeit von Vorhaben zur Wasserwiederverwendung erstellt. Damit soll eine Hilfestellung zur Übertragbarkeit auf andere Standorte gegeben werden.

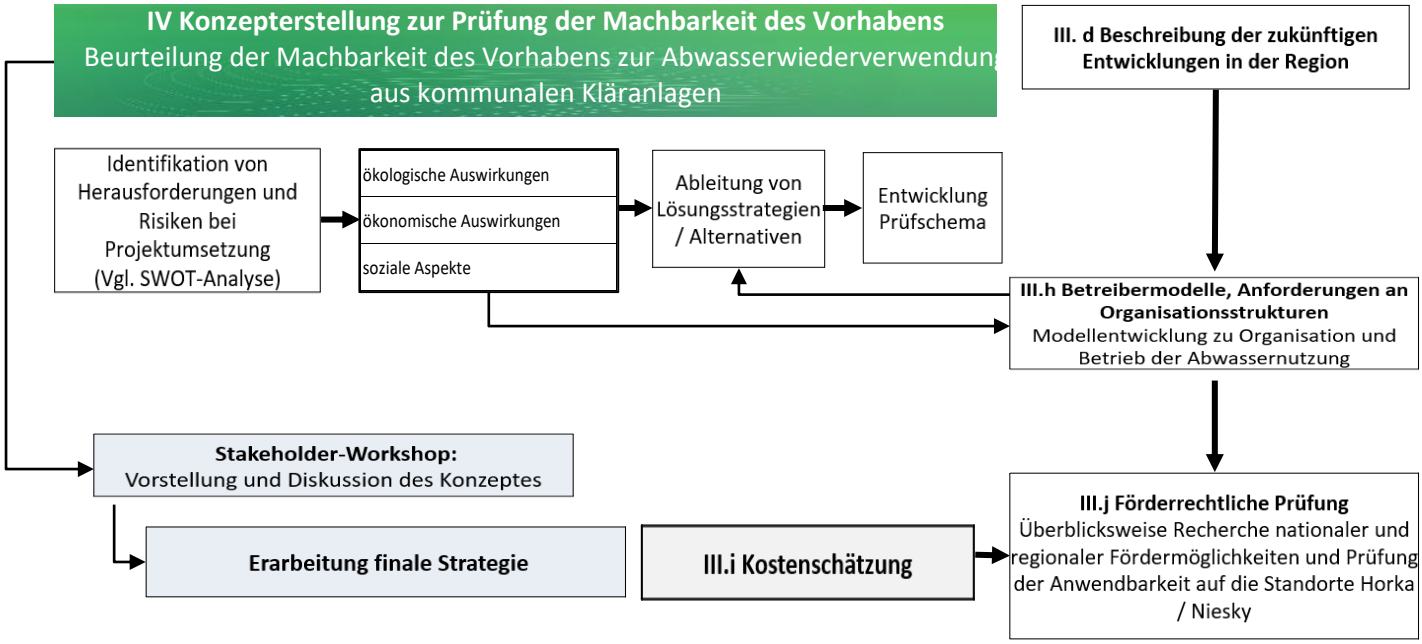
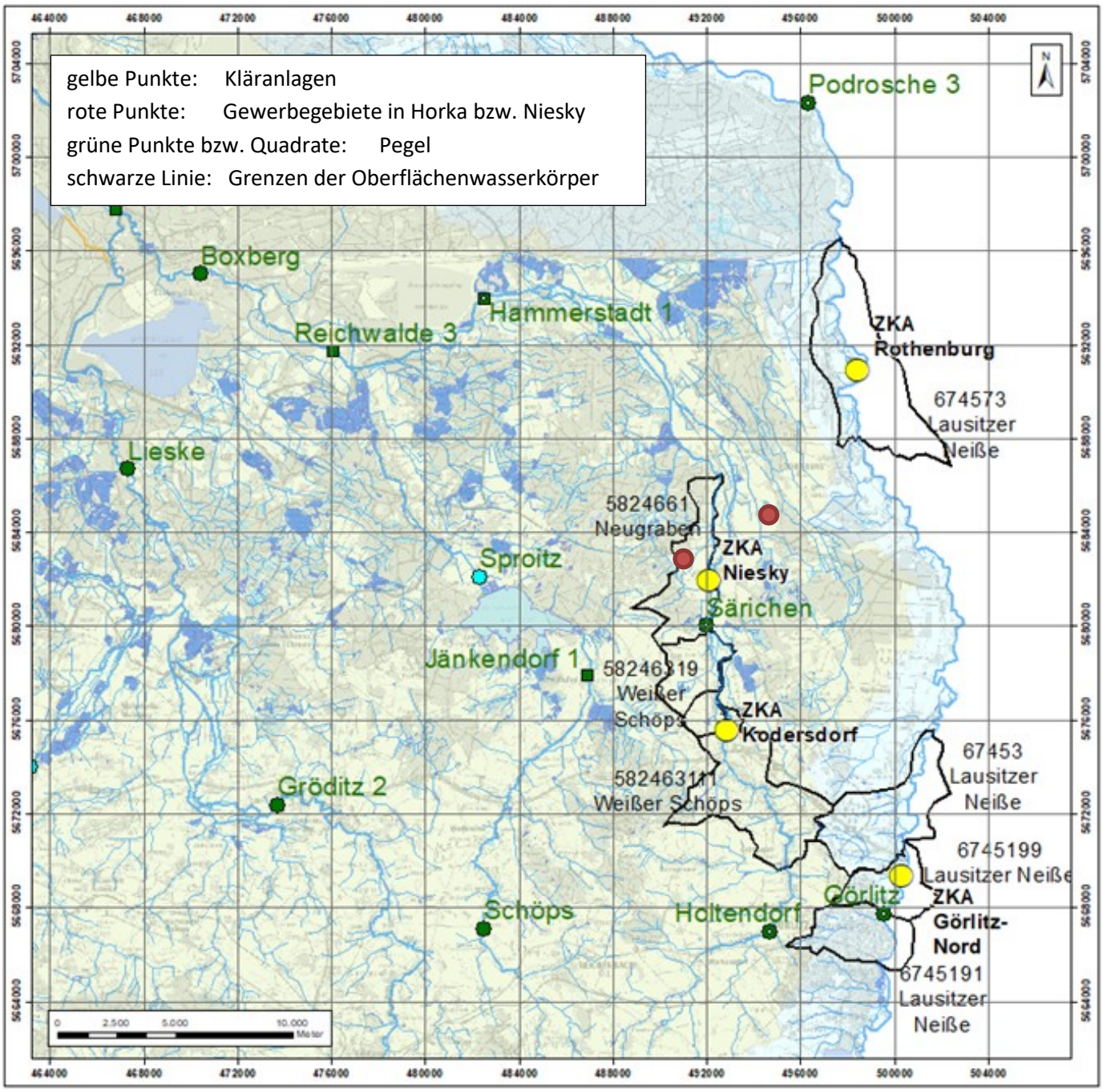


Abbildung 5: Bearbeitungsschema Arbeitspakete AP III.i, AP III.d, III.h, III.j

3 Vorstellung des Betrachtungsgebietes

Der Landkreis Görlitz gehört zu den Regionen im Lausitzer Revier, die durch den Ausstieg aus der Braunkohleverstromung unmittelbar betroffen sind.



(Quelle: iDA – Datenportal)

Abbildung 6: Lage der Kläranlagen Görlitz, Niesky, Rothenburg/O.L. und Kodersdorf im Landkreis Görlitz, Standorte der geplanten Gewerbegebiete, Pegel sowie Grenzen der Oberflächenwasserkörper nach Wasserrahmenrichtlinie mit Angabe der Gebietskennzahl

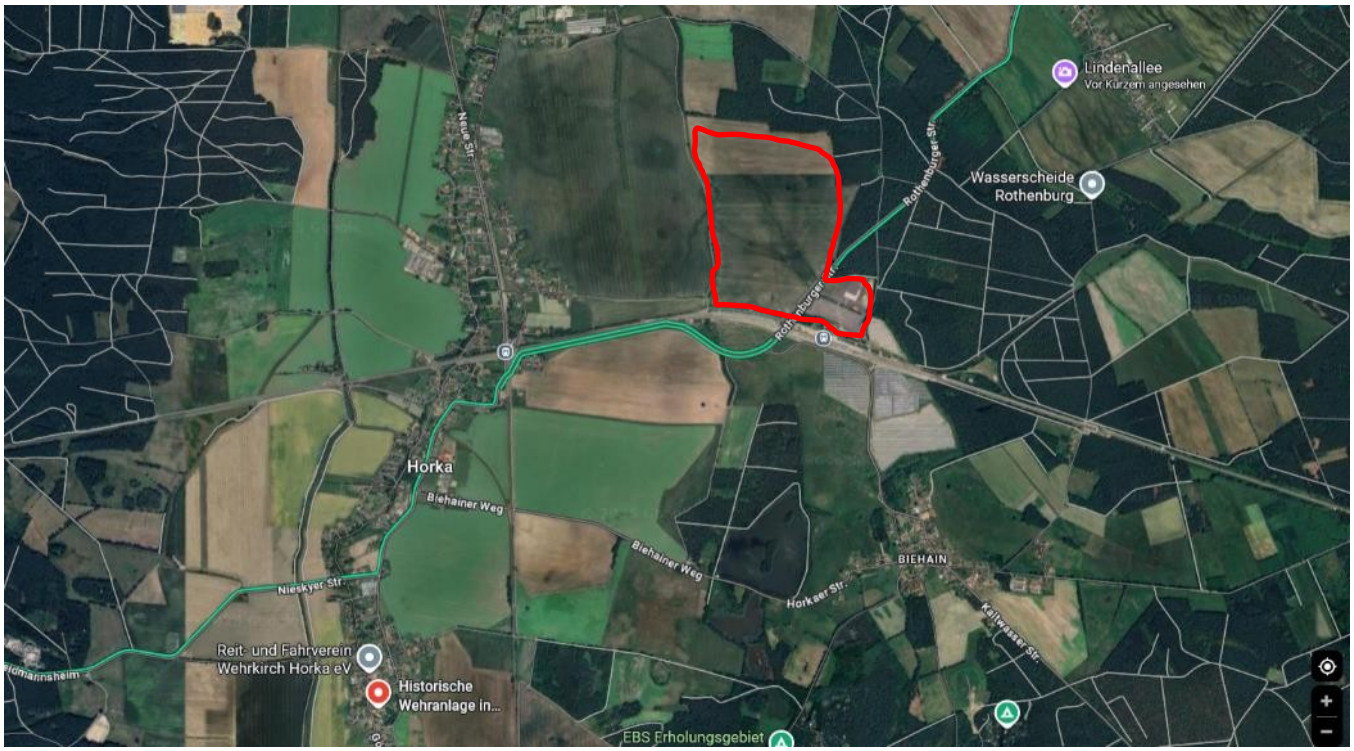
Das Betrachtungsgebiet für vorliegende Machbarkeitsstudie umfasst die im Landkreis Görlitz gelegenen Städte Görlitz, Niesky und Rothenburg/O.L. sowie die Gemeinden Horka und Kodersdorf (Kurzprofile im Anhang B 8). (Quelle: iDA – Datenportal)

Abbildung 6 zeigt die Lage der vier hier betrachteten Kläranlagen im Landkreis Görlitz, die Standorte der geplanten Gewerbegebiete in Horka und Niesky, die Grenzen der Oberflächenwasserkörper der Einleitgewässer der Kläranlagen und die Durchflusspegel, die maßgeblich für diese Studie sind.

3.1 Gewerbestandorte Horka und Niesky

Die Ortschaften Horka und Niesky haben in ihrem Gemeindegebiet Flächen für die potentielle Ansiedlung von Industrie und Gewerbe ausgewiesen. Für den Standort Horka hat sich ein potentieller Investor mit bereits sehr konkreten Vorstellungen zur Anlagengröße interessiert. In der Gemeinde ist die Fläche am Güterbahnhof als Industriegebiet zur Ansiedlung von Industrie und Gewerbe ausgewiesen (siehe Abbildung 7). Das Gewerbegebiet ist eine zukünftige Kernfläche des Net Zero Valley Lausitz.

In der Gemeinde Horka ist die Fläche am Güterbahnhof mit ca. 80 ha als Industriegebiet zur Ansiedlung von Industrie und Gewerbe ausgewiesen. Das Gewerbegebiet ist eine zukünftige Kernfläche des Net Zero Valley Lausitz. Eigentümer ist die Gemeinde Horka. Für das B-Plan-Verfahren liegt ein Aufstellungsbeschluss vor.

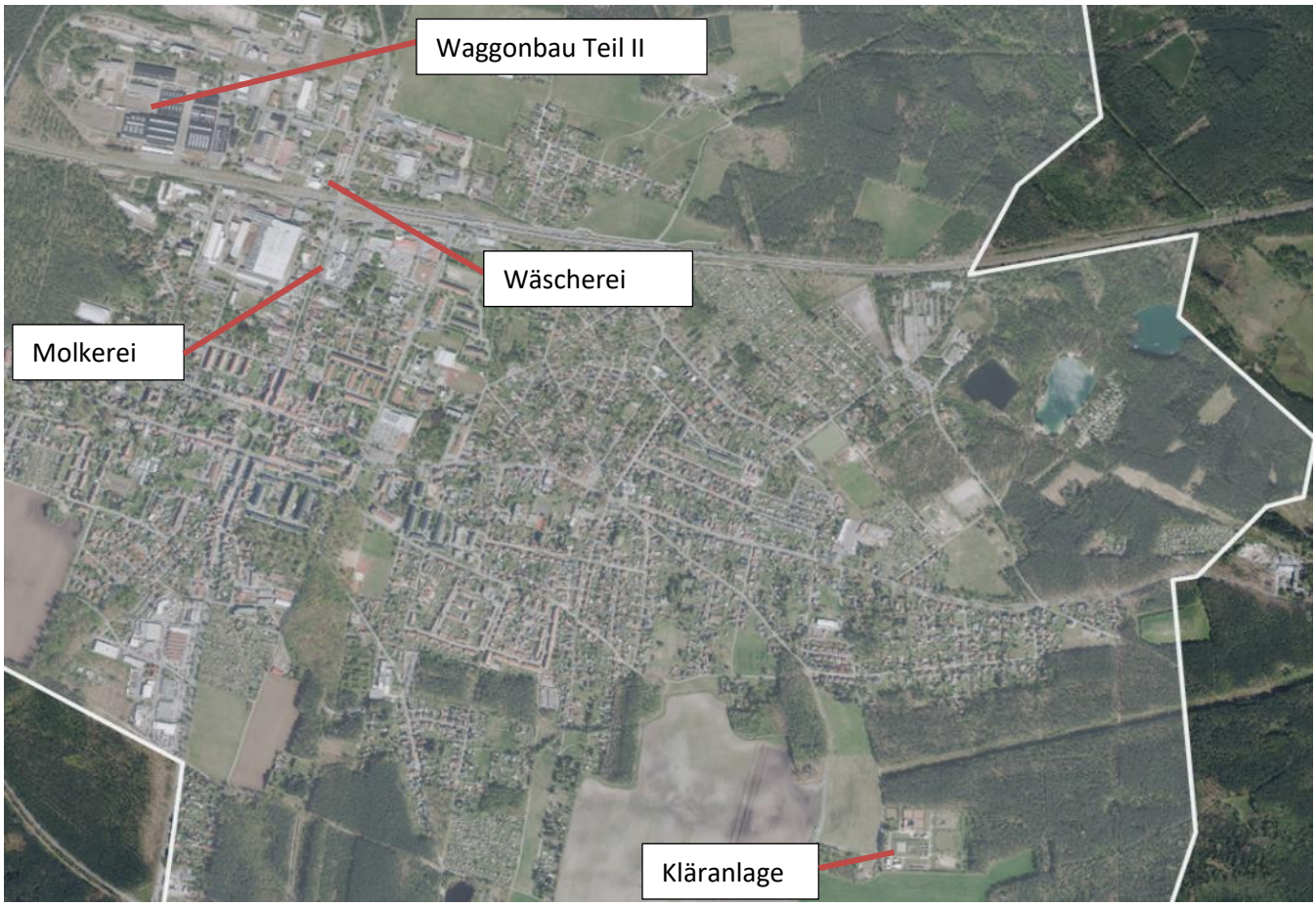


Quelle: Google maps

Abbildung 7: Luftbild der Gemeinde Horka, Industriegebiet am Güterbahnhof mit roter Umrandung gekennzeichnet

Die Lage des Gewerbegebietes in Niesky, der kommunalen Kläranlage, sowie der Molkerei Niesky und der Wäscherei als größtem Indirekteinleiter der Stadt sind in Abbildung 8 gekennzeichnet. Das Gutachten zu den Flächenpotentialen in der Lausitz (PETERSEN HARDRAHT PRUGGMAYER 2019) beziffert auf

der Fläche des Waggonbau Niesky – Teil II eine erschlossene Gewerbe- und Industriefläche von insgesamt 14,4 ha (brutto) bzw. 8,9 ha (netto). Die noch verfügbare Fläche beläuft sich auf 4,6 ha; die größte zusammenhängende Teilfläche beträgt 2,7 ha. Es ist Baurecht geschaffen.



Quelle: Google maps

Abbildung 8: Luftbild der Stadt Niesky, Industriegebiet Waggonbau Teil II, die Lage der Kläranlage, der Molkerei und Wäscherei sind gekennzeichnet

3.2 Kurzprofile der vier Kläranlagenstandorte

(Quelle: iDA – Datenportal)

Abbildung 6 zeigt die Lage der vier Kläranlagen (gelb markiert) im Landkreis Görlitz sowie die angrenzenden Oberflächenwasserkörper (schwarz umrahmt). In Tabelle 3 sind die wesentlichen Daten der zu betrachtenden Kläranlagen Görlitz, Niesky, Rothenburg/O.L. und Kodersdorf zusammengefasst. Diesen Angaben liegen die Daten der Jahresberichte, Betriebstagebücher und Datensammlungen zugrunde, die durch die Kläranlagenbetreiber bereitgestellt wurden (Anhang B 10).

Tabelle 3: Technische Angaben zu den Kläranlagen im Betrachtungsgebiet aus der kommunalen Abwasserdatenbank (Stand 2023)

Kläranlagenname	Einheit	ZKA Görlitz-Nord	ZKA Niesky	ZKA Rothenburg/O.L.	ZKA Kodersdorf
Datensatz		2023	2023	2023	2023
Kläranlagennummer		718	717	730	1006
Vorflut		Lausitzer Neiße-6	Neugraben	Lausitzer Neiße-8	Weißer Schöps-2
Inbetriebnahme		1997	2003	1993	2001
Kapazität		140.000 EW	29.000 EW	17.000 EW	2025 von einer Kapazität von 4500 EW auf 7400 EW erweitert
Betreiber		Stadtwerke Görlitz AG in Partnerschaft mit VEOLIA	Stadtwerke Niesky GmbH	Zweckverband Abwasser Rothenburg/O.L.	Gemeinde Kodersdorf
Technische Betriebsführung		Stadtwerke Görlitz AG	Stadtwerke Niesky GmbH	Stadtwerke Görlitz AG	Stadtwerke Görlitz AG
Ausbau		Aufgrund rückläufiger demografischer Entwicklung sind keine Ausbaupläne vorgesehen	Nicht bekannt	Aufgrund rückläufiger demografischer Entwicklung sind keine Ausbaupläne vorgesehen	Bereits kürzlich erweitert
Auslastung		74.838 EW = 53 %	28.872 EW = 100 %	5.348 EW = 31 %	3.412 EW = 46 %
Reinigungsstufen		PND	PND	PND	PN
Jahresabwassermenge	m^3/a	3.573.525	821.597	257.274	180.001
Jahresschmutzwassermenge	m^3/a	3.107.003	807.636	221.128	173.995
Jahresfremdwassermenge	m^3/a	466.522	55.119	36.146	6.006
Tagesmenge	m^3/d	9790	2251	705	493

Quelle: Kommunale Abwasserdatenbank 2024

Zusatzinformationen zu den Kläranlagenstandorten:

ZKA Görlitz- Nord:

- Ein Gebäude zur Unterbringung der vierten Reinigungsstufe am Kläranlagenstandort ist bereits vorbereitet. Der Zeitpunkt der Umsetzung der vierten Reinigungsstufe nach EU-Kommunalabwasserrichtlinie ist derzeit noch offen.
- Vor 1989 wurde das Wasser aus der Vorklärung von der benachbarten LPG zur Bewässerung der Felder genutzt. Im Zuge der Wiedervereinigung wurde die Nutzung des vorgeklärten Abwassers aufgrund umweltrechtlicher und hygienischer Regelungen eingestellt. Das Pumpwerk und der Anschluss an die ehemalige erdverlegte Rohrleitung sind noch vorhanden. Es ist allerdings fraglich, ob die Rohrleitung nach mehr als 30 Jahren Stillstand noch intakt ist.
- Die Platzverhältnisse auf dem Kläranlagengelände bieten das Potential für die Aufbereitung des gereinigten Wassers für die Wiederverwendung.

ZKA Niesky:

- Das in die Kläranlage gelangende Abwasser ist durch die Indirekteinleitung aus der Molkerei Niesky sowie der Wäscherei organisch sehr hoch belastet.
- Im wasserrechtlichen Bescheid der Kläranlage Niesky ist die Wiederverwendung des gereinigten Abwassers für landwirtschaftliche Bedarfsberegnung in der Agrargenossenschaft Jänkendorf verankert.
- Die Bereitstellung des Beregnungswassers erfolgt in der Regel ab der zweiten Junihälfte bis Ende August für eine Zeitdauer von ca. 60 Tagen (siehe Ganglinie 2021 bis 2024, Abbildung 25).
- Das Beregnungswasser wird in einem Speicherbecken im Gelände der KA über Nacht zwischengespeichert, von wo es dann während der täglichen Bewässerungszeit von 08:00 bis 20:00 zu den bewässerten Schlägen gefördert wird. In den Sommermonaten ist ein starkes Algenwachstum in diesen Becken zu verzeichnen. Die Algen müssen regelmäßig beräumt werden.
- Die Platzverhältnisse auf dem Kläranlagengelände bieten das Potential für die Aufbereitung des gereinigten kommunalen Abwassers für die Wiederverwendung

ZKA Rothenburg/O.L.:

- Das Kläranlagengelände ist weiträumig und bietet ausreichend Platz für eventuelle Anlagen zur Aufbereitung von gereinigtem Abwasser für die Wiederverwendung.
- Es wird erwartet, dass die Auslastung der Kläranlage im Falle von Gewerbeansiedlungen im 45 ha großen Gewerbegebiet Flugplatz höher wird.

ZKA Kodersdorf:

- Im Zuge der Anlagenerweiterung wurde das Belebungsbecken bei zeitgleicher Sanierung der Bestandsanlage um eine zusätzliche Beckenstraße erweitert, die Phosphorelimination eingeführt und eine neue solare Klärschlammtrocknungsanlage errichtet.
- In Kodersdorf, ist vorgesehen eine 60,6 MW Windkraftanlage zu errichten (Kneiske, 2024). Das Potential, erneuerbare Energien für die Wasseraufbereitung und/oder eine Wasserstoffelektrolyse zu nutzen, ist am Standort vorhanden.
- Die Gemeinde Kodersdorf beabsichtigt, langfristig das Industrie- und Gewerbegebiet auf 192 ha zu erweitern und zu entwickeln (ICL Ingenieur Consult GmbH, 2023) und dort Industriebetriebe anzusiedeln.
- Die Platzverhältnisse am Standort der Kläranlage sind u.a. durch den Bau des neuen Belebungsbeckens sowie eine Glashalle zur solaren Schlammtrocknung limitiert. Aus aktueller Sicht ist die zur Verfügung stehende Fläche nicht ausreichend, eine zusätzliche Aufbereitungsanlage auf dem Kläranlagengelände unterzubringen.

4 Ergebnisse der Literaturstudie zur Nutzung aufbereiteter Abwässer

Die Abwasserwiederverwendung gewinnt sowohl in Deutschland als auch in der Europäischen Union zunehmend an Bedeutung (BMBF, 2021; Europäische Kommission, 2020). Zunehmende Wasserknappheit, auch in Folge des Klimawandels, und das Streben nach nachhaltigen Produktionsmethoden führen dazu, dass aufbereitetes Abwasser als wertvolle Ressource betrachtet wird (EEA, 2020; DWA, 2020). Neben der Nutzung als Bewässerungswasser in der Landwirtschaft rückt insbesondere der industrielle Einsatz – etwa für Kühlprozesse und wasserintensive Sektoren aus den Bereichen Wasserstofferzeugung, Chemie, Stahl und Papier in den Fokus (BMBF, 2021; ArcelorMittal & Thyssenkrupp, 2021). Verfahren wie Membranfiltration, Umkehrosmose und Destillation ermöglichen geschlossene Wasserkreisläufe, wodurch der Frischwasserbedarf möglichst auf ein notwendiges Minimum reduziert wird (DWA, 2020).

4.1 Stand der Abwasserwiederverwendung in der Europäischen Union und in Deutschland

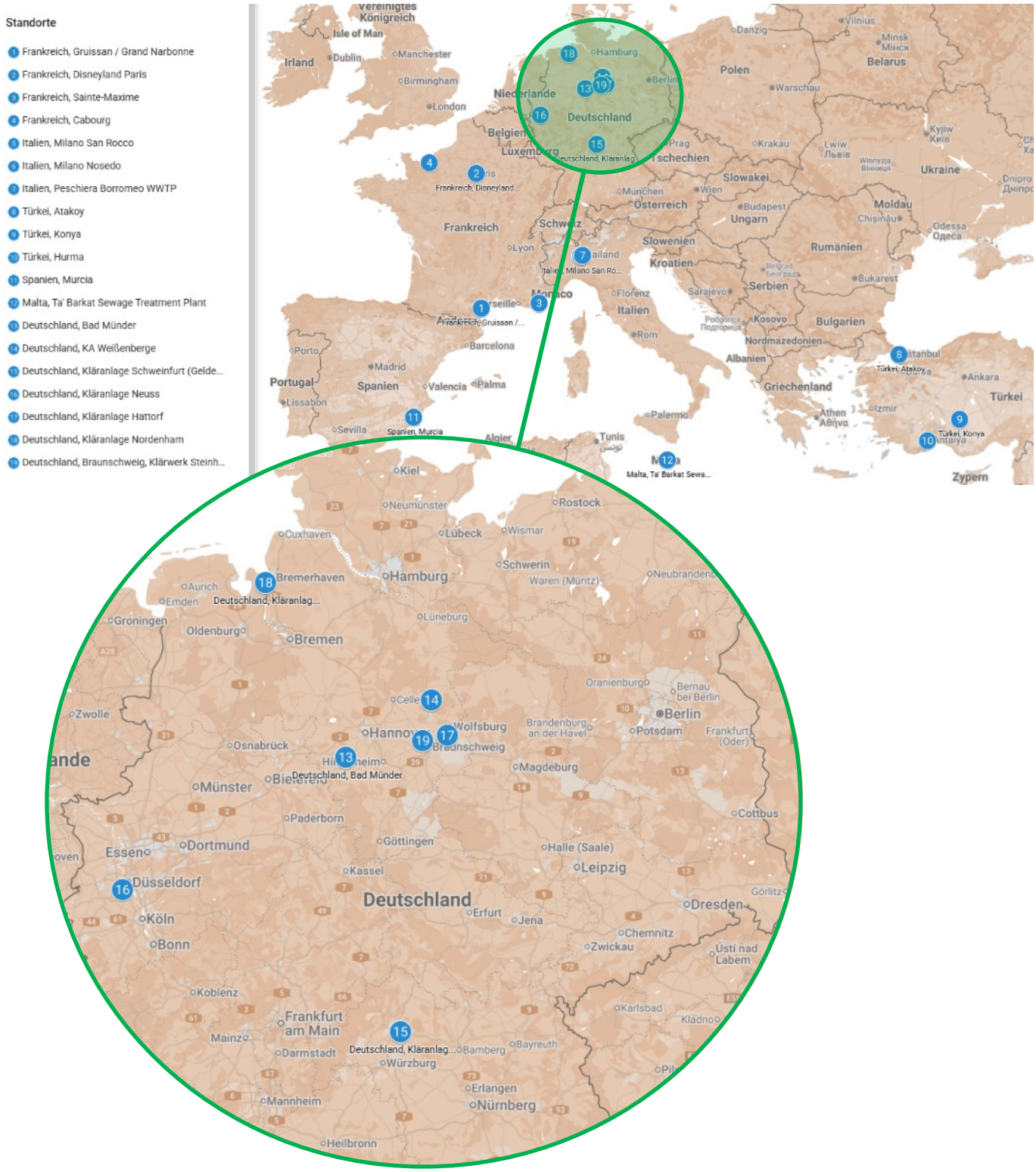
Die Europäische Union (EU) hat mit der Verordnung (EU) 2020/741 (Europäische Kommission, 2020) einen einheitlichen rechtlichen Rahmen für die Wiederverwendung von behandeltem Abwasser geschaffen, der seit dem 26. Juni 2023 verbindlich gilt. Ziel ist die Förderung der sicheren Nutzung von Klarwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung, um Wasserressourcen zu schonen und den Klimawandelanpassungen Rechnung zu tragen (Europäische Kommission, 2020; EEA, 2020). Mit der Verordnung werden Qualitäts- und Hygienestandards für aufbereitetes Abwasser festgelegt, das zur landwirtschaftlichen Bewässerung verwendet werden soll (Europäische Kommission, 2020). Das Thema der Abwasserwiederverwendung im landwirtschaftlichen Sektor wurde damit auf europäischer Ebene maßgeblich vorangetrieben.

In der gesamten EU werden aktuell rund 1 Milliarde m^3 gereinigte kommunale Abwässer pro Jahr wiederverwendet, was etwa 2–3 % der insgesamt behandelten Abwassermenge entspricht. Wie in Tabelle 4 ersichtlich, ist besonders in südeuropäischen Ländern wie Zypern, Malta, Spanien, Italien und Griechenland die Wiederverwendungsrate deutlich höher als in nördlichen Mitgliedstaaten wie etwa Deutschland (Europäische Kommission, 2020; EEA, 2020; DWA, 2020; Interreg Europe, 2023).

In Quelle:
Abbildung 9 sind einige beispielhafte Standorte der landwirtschaftlichen Abwasserwiederverwendung in Europa und speziell in Deutschland abgebildet, wobei die Darstellung nicht vollständig ist und somit nicht die prozentuale Verteilung von Tabelle 4 wiederspiegelt.

Ein Beispielprojekt zur praktischen Anwendung ist das in Spanien umgesetzte Vorhaben RECLAIM WATER, das die Nutzung aufbereiteter Abwässer aus Kläranlagen in Murcia zur Bewässerung von Feldern

untersucht (Projekt RECLAIM WATER, 2019). In Griechenland und Italien (Apulien) wird gereinigtes Abwasser zur Bewässerung von Obst- und Gemüseplantagen genutzt und ein Beispiel für eine nachhaltige Lösung zur landwirtschaftlichen Bewässerung in wasserarmen Regionen gezeigt (EEA, 2020).



Quelle: (DWA, 2025b) (Google My Maps - H., Nane, 2023)

Abbildung 9: Standortbeispiele der Wasserwiederverwendung in Europa und in Deutschland

Im Baltischen Raum (Dänemark, Polen, Schweden und Deutschland) hat sich mit dem Projekt WaterMan ein Verbundvorhaben etabliert, das 16 Verbundpartner vereint, die die Wasserversorgung im Ostseeraum durch Wasserwiederverwendung klimaresilienter gestalten wollen. Die Finanzierung des Projektes erfolgt im Rahmen von Interreg BalticSea durch die EU (KWB, 2023).

Das Ziel der Akteure besteht darin, anfallende kommunale Abwasserströme bedarfsgerecht auf lokaler Ebene für die Wiederverwendung aufzubereiten und für unterschiedliche Nutzungszwecke, wie Grünflächenbewässerung, Verwendung als Kühlwasser in der Industrie, Toilettenspülung und z. B. die Straßenreinigung einzusetzen. Dabei werden Maßnahmen zur Wiederverwendung von Klarwasser, von zurückgehaltenem Grauwasser und der Förderung der Akzeptanz bei Stakeholdern und Verbrauchern kombiniert.

Beispiele für weitere Anwendungsfälle:

- Italien (Apulien): Nutzung gereinigten Abwassers zur Bewässerung von Olivenhainen und Gemüseplantagen (EEA, 2020)
- Griechenland: Wiederverwendung von aufbereitetem Abwasser in Thessaloniki zur Bewässerung von Baumschulen und Gemüsefeldern (EEA, 2020)
- Deutschland: Pilotprojekte in Brandenburg (Maisbewässerung mit gereinigtem Abwasser) und Baden-Württemberg (landwirtschaftliche Bewässerung in Trockenphasen mit gefiltertem Kläranlagenabwasser) (Fraunhofer IGB, 2020; DWA, 2020).

Insgesamt zeigt sich, dass die EU durch die rechtliche Harmonisierung der Wasserwiederverwendung einen wichtigen Schritt in Richtung nachhaltiger Wassernutzung in der Landwirtschaft unternommen hat. Deutschland verfügt über eine fortschrittliche und effiziente Abwasserbehandlung, das Potenzial der Wiederverwendung wird gegenwärtig jedoch hauptsächlich im industriellen Bereich (z. B. Kühl- und Prozesswasser in Chemie, Stahl, Lebensmittelproduktion) genutzt (BMBF, 2021).

Tabelle 4: Stand der Abwasserwiederverwendung in der EU (Fabregat, 2025; DWA, 2020; EEA, 2020)

Region/Land	Anteil wiederverwendeten Abwassers	Hauptanwendungsbereiche
EU- Durchschnitt	ca. 2-3 %	Landwirtschaft, Industrie, kommunale Nutzung
Deutschland	sehr gering	nur Pilotprojekte Landwirtschaft
Spanien	>10 %	Landwirtschaft (Murcia, Andalusien)
Italien (Apulien)	ca. 8 %	Obst- und Gemüsebewässerung
Zypern/ Malta	>90 %	nahezu vollständige landwirtschaftliche Nutzung

4.2 Wasserwiederverwendung zur Wasserstofferzeugung

Die Elektrolyse von Wasser zur Herstellung von Wasserstoff ist mit einem erheblichen Wasserbedarf verbunden (siehe dazu Kapitel 6.2).

In wasserarmen Regionen oder bei steigender industrieller Nachfrage kann die Bereitstellung der benötigten Wassermengen eine erhebliche Belastung für die lokale Wasserversorgung darstellen. Durch den Einsatz von Abwasser als alternative Wasserquelle lassen sich diese Zielkonflikte verringern und gleichzeitig neue Ansätze der Kreislaufwirtschaft etablieren (Europäische Kommission, 2020; DWA, 2020).

Die Nutzung von aufbereitetem kommunalem Abwasser für die Wasserstoffproduktion gewinnt zunehmend an Bedeutung, da sie zwei zentrale Herausforderungen adressiert: die Schonung von Süßwasserressourcen und die nachhaltige Energieerzeugung (Projekt KA4H2, 2024; Projekt DemoMeth, 2023).

4.2.1 Europäische Initiativen

Auch auf europäischer Ebene wächst das Interesse an der Integration von Wasserwiederverwendung in Wasserstoffprojekte. Es werden zunehmend Forschungsprogramme aufgelegt, die Synergien zwischen Wasserwirtschaft und Energiewende fördern (EEA, 2020).

- Projekt RECLAIM H_2 (Spanien): In Spanien wird im Rahmen des Projekts RECLAIM H_2 untersucht, wie aufbereitetes Abwasser aus Kläranlagen in der Region Murcia für Elektrolyseprozesse eingesetzt werden kann (Projekt RECLAIM H_2, 2022).
- Projekt HYDROUSA (Griechenland und Italien): Das EU-Projekt HYDROUSA verbindet die Abwasseraufbereitung mit der Erzeugung von grünem Wasserstoff in Mittelmeerregionen (HYDROUSA Consortium, 2021). Dabei wird gereinigtes kommunales Abwasser sowohl zur Bewässerung als auch zur Energieproduktion eingesetzt.
- Projekt GREEN H_2 CIRCULAR (EU-Konsortium): Das europäische Konsortium GREEN H_2 CIRCULAR entwickelt Verfahren zur Nutzung industrieller Abwässer für die Wasserstoffproduktion (GREEN H_2 CIRCULAR Consortium, 2023). Hierbei werden Technologien der Membranfiltration und elektrochemischen Reinigung kombiniert.

4.2.2 Deutsche Forschungs- und Pilotprojekte

Deutschland zählt zu den führenden Forschungsländern im Bereich der Wasserwirtschaft und Wasserstofftechnologien. Dies zeigt sich u. a. an national geförderten Forschungsprogrammen zur Wasserwiederverwendung sowie an einer ausgeprägten Wasserstoffforschungsstrategie mit umfangreicher nationaler Förderung und aktiven Forschungsnetzwerken. Zahlreiche Forschungs- und Entwicklungs- (F&E-)-Projekte zeigen, wie Abwasser zur nachhaltigen Produktion von grünem Wasserstoff genutzt werden kann:

- HyWater: Das vom BMBF geförderte Projekt HyWater erforscht die Integration von Abwasseraufbereitung und Elektrolyse in industriellen Anwendungen (Projekt HyWater, 2022). Ziel ist es, Kläranlagenabwässer aufzubereiten und als Rohstoff für die Elektrolyse zu verwenden. Pilotanlagen wurden an mehreren Standorten in Deutschland errichtet, um die technische und wirtschaftliche Machbarkeit zu prüfen.
- KA4H2: Im Projekt KA4H2 wird der Einsatz von PEM-Elektrolyseuren mit vorgereinigtem kommunalem Abwasser getestet (Projekt KA4H2, 2024). Das Projekt untersucht, wie das Klarwasser direkt als Rohstoffquelle für die Wasserstoffproduktion genutzt werden kann, ohne die Leistungsfähigkeit der Elektrolyse zu beeinträchtigen.
- DemoMeth: Das Projekt DemoMeth kombiniert Biogas- und Abwasserströme zur gleichzeitigen Produktion von Wasserstoff aus nicht genutztem regenerativem Strom durch Elektrolyse und die mikrobiologische Umwandlung von H_2 und CO_2 zu CH_4 (Projekt DemoMeth, 2023).
- E-MetO – Klärwerk Schönerlinde (Berlin): Im Berliner Klärwerk Schönerlinde wird mit dem Projekt E-MetO die Kopplung von Abwasseraufbereitung, Elektrolyse und biologischer Methanisierung erprobt (Berliner Wasserbetriebe, 2023). Hier wird Abwasser direkt zur Wasserstoffproduktion genutzt.
- HYPOS-Initiative: Ozon wird zur Entfernung von Spurenstoffen aus gereinigtem kommunalem Abwasser benötigt. Die Spurenstoffentfernung wird in den nächsten Jahren im Rahmen der Umsetzung der Kommunalen Abwasserrichtlinie (KARL) in vielen Kläranlagen umgesetzt (siehe 5.2.1). Im Rahmen der HYPOS-Initiative („Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany“) entwickelte der Wirtschaftsbetrieb Mainz AöR (WBM) ein Konzept zur Elektrolyse am Kläranlagenstandort, um Synergien zwischen Abwasserreinigung, Energieerzeugung und Wasserstoffwirtschaft zu nutzen. Geplant war eine 1,25-MW-Elektrolyseanlage, die jährlich rund 600 t Sauerstoff für die Ozonung der vierten Reinigungsstufe (zur Spurenstoff-, Keim- und Mikroplastikelimination) und etwa 75 t Wasserstoff als Nebenprodukt erzeugen sollte. Das Projekt wurde durch das Umweltinnovationsprogramm (UIP) mit bis zu 5,7 Mio. € und durch die Förderrichtlinie Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz (FöRiWWV-RP) mit 10,5 Mio. € unterstützt. Aufgrund stark gestiegener Investitions- und Energiekosten sowie unsicherer Vermarktungsperspektiven wurde die Umsetzung der Elektrolyse Ende 2023 zunächst zurückgestellt. Dennoch gilt das Vorhaben als Pionierprojekt der Sektorenkopplung. Das zeigt, wie kommunale Kläranlagen künftig aktiv zur Energiewende beitragen können, indem sie regenerative Überschussenergie in Wasserstoff und Sauerstoff umwandeln.

4.3 Projekte für die Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft und für urbane Zwecke in Deutschland

In Deutschland wird im Gegensatz zu anderen Ländern aktuell noch wenig behandeltes Abwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung genutzt, da hygienische Anforderungen, Investitionskosten und rechtliche Unsicherheiten die Umsetzung maßgeblich erschweren (DWA, 2020; ArcelorMittal & Thyssenkrupp, 2021). Eine breitere Einführung hängt künftig von ökonomischen Anreizen, Akzeptanz in der Landwirtschaft sowie der Weiterentwicklung effizienter Aufbereitungsverfahren ab.

Die größten und bekanntesten praktizierenden Standorte sind Braunschweig und Wolfsburg, wo die Wasserwiederverwendung für landwirtschaftliche Zwecke historisch gewachsen ist (UBA, 2016, S. 22).

4.3.1 Wasserwiederverwendung am Standort Braunschweig

In Braunschweig wird das gereinigte Abwasser der Kläranlage Braunschweig-Steinhof (Betreiber: Abwasserverband Braunschweig) seit über 65 Jahren zur Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen verwendet. Von den jährlich rund 20 Mio. m^3 anfallendem Abwasser werden etwa 11 Mio. m^3 nach mechanisch-biologischer Reinigung, weitergehender Filtration und hygienischer Aufbereitung mittels UV-Desinfektion für die Bewässerung von Industrie- und Energiepflanzen wiederverwendet. Diese werden dann in einer Biogasanlage zu Strom und Wärme für die Haushalte in Braunschweig umgewandelt – ein in Deutschland bisher einzigartiger „Wasser-Nährstoff-Energiekreislauf“. Das aufbereitete Wasser wird über Freigefälleleitungen transportiert und mit Hilfe von Zwischenpumpwerken verteilt. Im Zuge des Projektes „FlexTreat“ (BMBF-Fördermaßnahme „Wassertechnologien: Wiederverwendung“ WavE II) wurde von 05/2022 bis 12/2023 im Pilotmaßstab das Wasser aus dem Ablauf der Kläranlage weiter aufbereitet, ozonisiert und UV-desinfiziert (siehe Abbildung 10), um die Wasserqualität zu verbessern, Prozesse zu optimieren und die Keimzahl zu verringern.

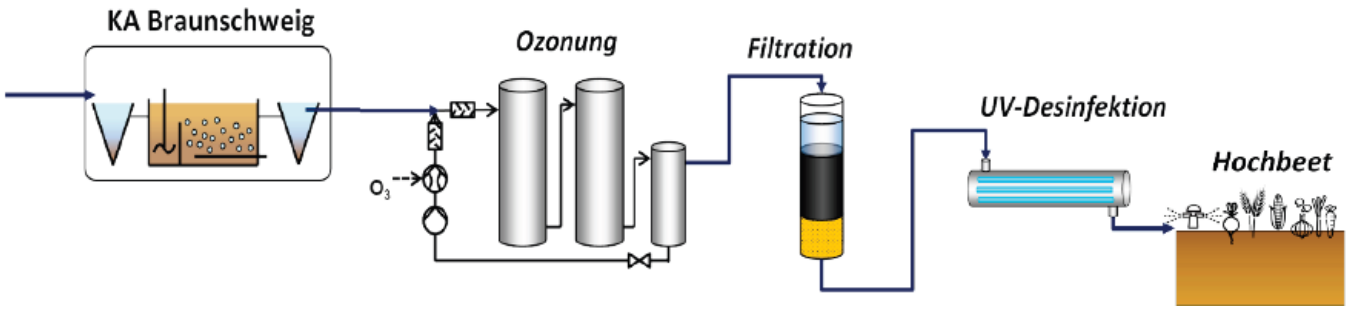


Abbildung 10: Verfahrensschema der Pilotanlage in Braunschweig

Quelle: (BMBF, 2025a)

Dazu wurden an fünf Probenahmestellen (Zulauf Kläranlage, Ablauf Kläranlage, nach Ozonung, nach Filtration und nach UV-Desinfektion) 24-Stunden-Mioschproben entnommen und auf Spurenstoffe und mikrobielle Indikatororganismen untersucht. Die Messwerte zeigen, dass durch die Ozonung Spuren-

stoffe aus dem Abwasser entfernt werden und somit die UV-Transmission verbessert und die UV-Desinfektion effizienter wird (BMBF, 2025a; BMBF, 2025b; BMBF, k.A.; DWA, 2025c; Veolia Deutschland, 2022).

Die Ozonung führt zur signifikanten Reduktion UV-absorbierender Spurenstoffe und verbessert dadurch die UV-Transmission sowie die Effizienz der nachgeschalteten UV-Desinfektion. Begleitend werden die Umweltauswirkungen der Abwasserwiederverwendung über pfadspezifische Monitoringprogramme erfasst. Diese umfassen Bodenuntersuchungen auf den Bewässerungsflächen, die Überwachung des Grundwassers mittels Messstellen sowie die Bewertung der Auswirkungen auf den Vorfluter im Rahmen des regulären Gewässermonitorings. Hinweise auf relevante nachteilige Umweltauswirkungen wurden bislang nicht festgestellt.

Tabelle 5: Fakten der Wasserwiederverwendung in Braunschweig

Parameter	Wert
Größenordnung Kläranlage	2400 m^3/h
Verfahrenskette	Mechanische Vorbehandlung – biologische Abbaustufen Weitergehend: Ozonung – Filtration – UV-Desinfektion (Pilotprojekt)
Landwirtschaftliche Fläche	2700 ha

Quelle: (BMBF, 2025a; DWA, 2025c; UBA, 2016)

4.3.2 Wasserwiederverwendung am Standort Wolfsburg

In Wolfsburg wird das behandelte Abwasser zur landwirtschaftlichen Beregnung seit den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts wiederverwendet. Heute wird das Abwasser biologisch vollgereinigt und in Schönungsteichen nachbehandelt. In Abbildung 11 ist eine Luftaufnahme der Kläranlage zu sehen.



Abbildung 11: Luftbild der Kläranlage in Wolfsburg (mit freundlicher Genehmigung der Wolfsburger Entwässerungsbetriebe) Quelle: (UBA, 2016)

Im Winter wird das behandelte Abwasser einem Waldgebiet zur Grundwasseranreicherung zugeführt. In dem vom BMBF geförderten Verbundprojekt „HypoWave“ wurde zwischen 2017 und 2019 in Wolfsburg eine Pilotanlage zur anaeroben Vorbehandlung des kommunalen Abwassers betrieben, bei der organische Verbindungen in Biogas umgewandelt wurden, die Nährstoffe für die Pflanzendüngung jedoch im Wasser verblieben. Das so aufbereitete Wasser wurde für eine hydroponische Pflanzenproduktion[1] im Gewächshaus eingesetzt (DWA, 2025c; Fraunhofer IGB, 2020). Das so aufbereitete Wasser wird dafür mittels des Hauptpumpwerks der Kläranlage bedarfsgerecht zum Einsatzort transportiert, wo es über Feldern verregnet wird. Die Bewässerung erfolgt ausschließlich für Energie-, Industrie- und Futterpflanzen; eine Nutzung für Obst oder Gemüse zum Rohverzehr ist ausgeschlossen.

Die Überwachung der Umweltschutzgüter erfolgt pfadspezifisch und umfasst Boden-, Grundwasser- und Oberflächengewässeruntersuchungen auf den Bewässerungsflächen und im Abstrom. Dabei werden insbesondere Nährstoffe, ausgewählte organische Spurenstoffe sowie Leitparameter erfasst und

[1] Die Pflanzen (Gemüsepflanzen wie Salat und Tomaten sowie Schnittblumen) werden in Pflanzgefäßen ohne Erde über eine Nährlösung versorgt.

in Langzeitreihen bewertet. Hinweise auf relevante nachteilige Umweltauswirkungen wurden bislang nicht festgestellt.

Tabelle 6: Fakten der Wasserwiederverwendung in Wolfsburg

Parameter	Wert
Größenordnung Kläranlage	ca. 830 m^3/h
Verfahrenskette	Vollständige Abwasserbehandlung
Landwirtschaftliche Fläche	1550 ha

Quelle: (DWA, 2025c; UBA, 2016)

4.3.3 Wasserwiederverwendung am Standort Bad Münder

In Bad Münder wird das Wasser aus dem Ablauf des Nachklärbeckens der Kläranlage aufbereitet und zur saisonalen und bedarfsgerechten Bewässerung (April bis Oktober) eines 70 Hektar großen Golfplatzes außerhalb der Öffnungszeiten verwendet. Hierzu wird das aufbereitete Abwasser mittels Scheibenfilter und UV-Desinfektion nachbehandelt. Es erfolgt eine Zwischenspeicherung in einem Teich (DWA, 2025b; Veolia Deutschland, 2022).

Tabelle 7: Fakten der Wasserwiederverwendung in Bad Münder

Parameter	Wert
Größenordnung Kläranlage	30 m^3/h
Verfahrenskette	Mechanische Vorbehandlung – Belebungsverfahren – Scheibenfiltration – UV-Desinfektion
In Betrieb	seit 2018

Quelle: (DWA, 2025b)

4.3.4 Wasserwiederverwendung am Standort Nordenham

In Nordenham wurde in einem Pilotprojekt („MULTI-ReUse“) das Wasser aus dem Ablauf des Nachklärbeckens der Kläranlage durch Ultrafiltration und Umkehrosmose weiter aufbereitet, um partikel-, keim- und salzarmes Wasser zu erzeugen, und zur Brauchwasserversorgung der Industrie als Substitution von bisher genutztem Trinkwasser verwendet. Es erfolgte eine Zwischenspeicherung vor und nach der weitergehenden Aufbereitung. Das Brauchwasser wird anschließend in ein separates Brauchwassernetz eingespeist.

Aktuell entsteht eine modular aufgebaute Brauchwasseranlage, welche Ende 2026 in Betrieb genommen werden soll. Nach Fertigstellung bereitet dieses Brauchwasserwerk aus gereinigtem Abwasser über Ultrafiltration und Umkehrosmose bis zu 1,1 Mio. m^3 partikel- und pathogenfreies, enthärtetes und weitgehend entsalztes Brauchwasser auf. Davon werden mindestens 0,5 Mio. m^3 für industrielle Prozesse eines Chemieunternehmen genutzt (DWA, 2025b; ENVIRO CHEMIE, 2025).

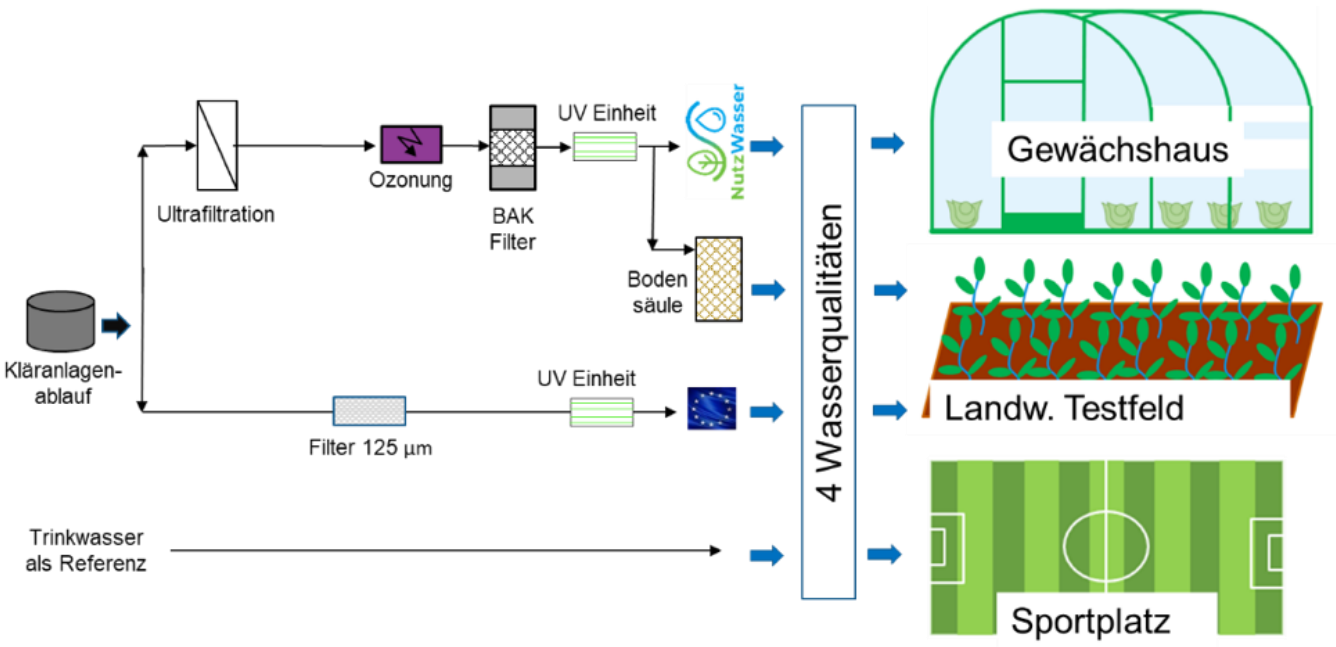
Tabelle 8: Fakten der Wasserwiederverwendung in Nordenham

Parameter	Wert
Größenordnung Kläranlage	11,2 m^3/h (Pilotanlage)
Verfahrenskette	Mechanische Vorbehandlung – Belebungsverfahren – Vorfiltration – Flockung – Ultrafiltration - Umkehrosmose
In Betrieb	2016 - 2019

Quelle: (DWA, 2025b)

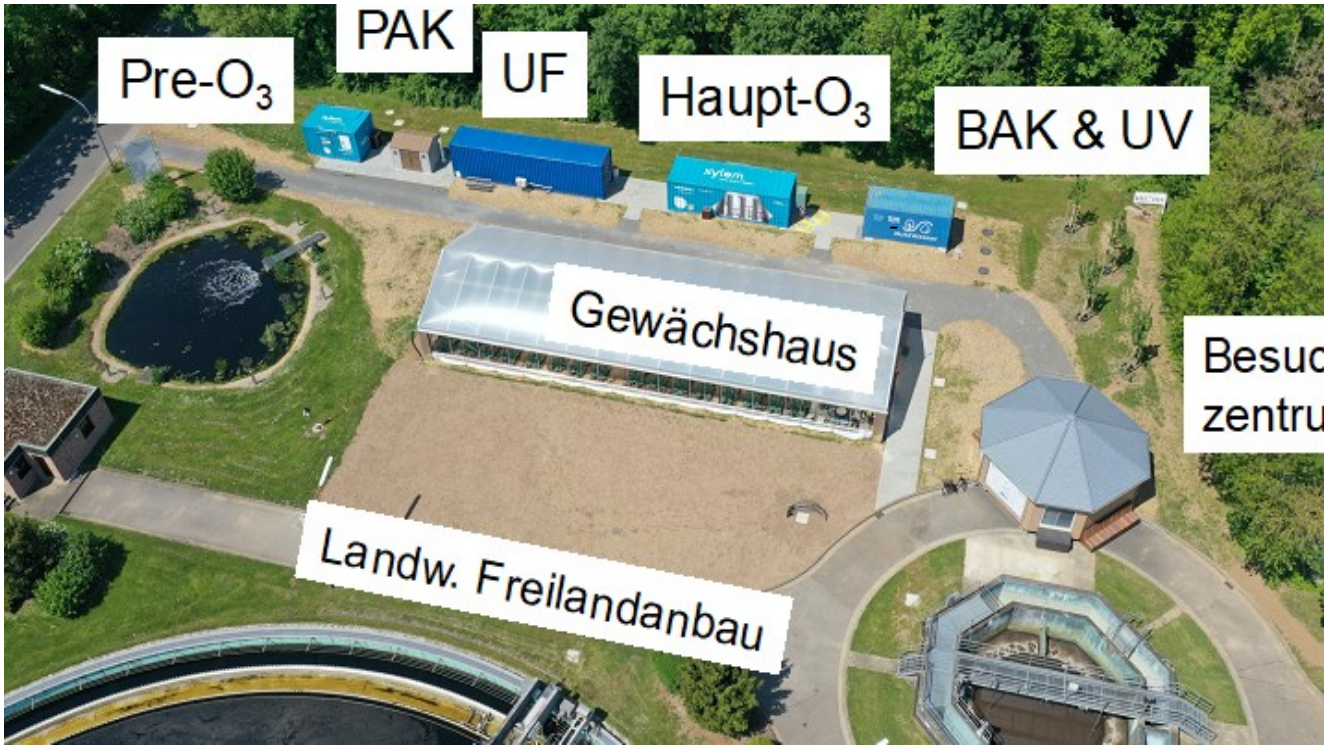
4.3.5 Wasserwiederverwendung am Standort Schweinfurt

In Schweinfurt wird das Wasser in einer Demonstrationsanlage (siehe Abbildung 12 und Quelle: Abbildung 13) aus dem Ablauf der Kläranlage mittels Ultrafiltration, Ozonung und nachgeschalteter biologisch aktivierter Aktivkohlefiltration mit abschließender UV-Desinfektion aufbereitet. Es wird zur Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen wie Kohlrabi oder Melonen sowohl im Gewächshaus als auch auf einem landwirtschaftlichen Testfeld und auch für urbane Anwendungen wie die Bewässerung von Grünanlagen und Sportplätzen verwendet. Künftig soll das Nutzwasser auch als Brauchwasser für das Eisstadion Schweinfurt genutzt werden. Neben der Aufbereitungsanlagentechnik wurde auch eine vollautomatische, digitale Bedarfsbestimmung und -erfassung etabliert, welche mithilfe von Echtzeit-Wetterdaten, Wettervorhersagedaten, Grundwasserdaten und Wasseruhrendaten eine Prognose des kurzfristigen landwirtschaftlichen Bewässerungsbedarf errechnet (DWA, 2025b; BMBF, 2022).



Quelle: (BMBF, 2022)

Abbildung 12: Schematische Darstellung der Demonstrationsanlage in Schweinfurt



Quelle: (BMBF, 2022)

Abbildung 13: Luftbild der Demonstrationsanlage in Schweinfurt

Das Monitoring der Abwasserwiederverwendung erfolgt mehrstufig und schutzgutbezogen. Neben der kontinuierlichen prozess- und qualitätsbezogenen Überwachung der Ozon- und UV-Behandlungsstufen werden Boden, Grundwasser und Oberflächengewässer im Rahmen etablierter Messprogramme regelmäßig kontrolliert. Ergänzend sichern nutzungsbezogene Vorgaben den Schutz des Menschen. Das Monitoring ist langfristig angelegt und in bestehende behördliche Überwachungsstrukturen integriert.

Tabelle 9: Fakten der Wasserwiederverwendung in Schweinfurt

Parameter	Wert
Größenordnung Kläranlage	1000 m^3/h (konventionell) 5 – 7,3 m^3/h (weitergehend)
Verfahrenskette	Mechanische Vorbehandlung – vorgeschaltete Denitrifikation – Belebungsverfahren – Nachklärung + weitergehend: Ultrafiltration - Ozonung - BAK-Filtration[2] – UV-Desinfektion
In Betrieb	seit 2021

Quelle: (DWA, 2025b)

[2] biologisch aktivierter Aktivkohlefiltration

4.3.6 Wasserwiederverwendung am Standort Weißenberge

In Weißenberge wird für das Forschungsprojekt "HypoWave +" das Wasser aus dem Ablauf der Teichkläranlage weitergehend aufbereitet, indem es ein mehrstufiges Aufbereitungsverfahren mit Tuchfilterung, Aktivkohle-Biofilterung zur Adsorption von Spurenstoffen, optionaler Sandfilterung und UV-Desinfektion durchläuft. Aufgrund der Qualität des aufbereiteten Wassers, welches weitestgehend frei von Schadstoffen, pathogenen Keimen und gleichzeitig nährstoffreich ist, kann zur Bewässerung eines hydroponischen Gewächshaussystems mit 4 Hektar Fläche das Frischwasser vollständig ersetzt werden. Das Projekt arbeitet mit einer Duldungsgenehmigung des Landkreises Gifhorn und erfüllt die Überwachungsparameter der EU-Güteklasse A (DWA, 2025b; Landkreis Gifhorn, 2025).

Tabelle 10: Fakten der Kläranlage Weißenberge

Parameter	Wert
Größenordnung Kläranlage	20 m^3/h
Verfahrenskette	3-stufige Abwasserteichanlage – Tuchfiltration – Aktivkohle-Biofilter – Sandfiltration – UV-Desinfektion – Nährstoffabreicherung durch Pflanzen im hydroponischen System
In Betrieb	seit 2024

Quelle: (DWA, 2025b)

4.3.7 Nutzung von gereinigtem Abwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung im Landkreis Görlitz

Im Landkreis Görlitz wird die Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen mit geklärtem Abwasser bereits seit vielen Jahren durch die Jänkendorfer Agrar GmbH praktiziert. Hierfür liegt eine wasserrechtliche Erlaubnis aus dem Jahr 2000 vor. Die Bewässerung mit dem in der Kläranlage Niesky aufbereiteten Abwasser erfolgt ausschließlich während der Vegetationsperiode. Außerhalb der Vegetationsperiode wird das geklärte Abwasser in den Neugraben eingeleitet.

Durch Studierende der HTW Dresden wurde ein Planungsprojekt zur Optimierung des Bewässerungssystems der Jänkendorfer Agrar GmbH durchgeführt, das exemplarisch die wirtschaftlichen und technischen Herausforderungen der landwirtschaftlichen Bewässerung unter zunehmender Wasserknappheit zeigt. Im Fokus standen dabei die Analyse der Bewässerungskosten sowie Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz der eingesetzten Systeme (Rodigast, Synde, Huhn, Krumnow, & Preußker, 2025).

Die Kosten der Bewässerung variieren in Abhängigkeit vom eingesetzten System, der Energieversorgung und, im Rahmen der HTW-Studie, auch der Wasserquelle.

Die Ergebnisse der Studie für die Jänkendorfer Agrar GmbH verdeutlichen, dass durch den kombinierten Einsatz effizienter Bewässerungstechnik, digitaler Steuerungssysteme und optimierter Betriebs-

führung sowohl Kosten gesenkt als auch Wasserressourcen geschont werden können. Das aufgezeigte Einsparpotential bei Anwendung der vorgeschlagenen Bewässerungstechnik kann auch auf andere landwirtschaftliche Betriebe übertragen werden (Rodigast, Synde, Huhn, Krumnow, & Preußker, 2025; DWA, 2020; Nitsch, 2020).

4.3.8 Innovative Ansätze zur Abwasserwiederverwendung in der Landwirtschaft

Innovative Ansätze zur Abwasserwiederverwendung in der Landwirtschaft wurden insbesondere unter den BMBF-Fördermaßnahmen WavE I und WavEII entwickelt (BMBF, 2021). Dazu zählen u. a.:

- HypoWave+: Nutzung Hydroponischer Systeme zur Gemüseproduktion mit aufbereitetem Abwasser. Neben Untersuchungen zur verfahrenstechnischen Umsetzung wurden bspw. im Projekt HypoWave auch Betrachtungen zur Übertragbarkeit und Marktperspektive u. a. im In- und Ausland vorgenommen und Fallstudien entwickelt.
- FlexTreat: Flexible und zuverlässige Konzepte für nachhaltige Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft.
- Nutzwasser: Planung und Nutzung von alternativen Wasserressourcen zur urbanen und landwirtschaftlichen Bewässerung.
- PU2R: Dezentrale landwirtschaftliche Nutzung von häuslichem Abwasser zur Entlastung von Frischwasserressourcen.

4.4 Wasserwiederverwendung in der Industrie

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt macht die interne Wasserwiederverwendung in der Industrie bereits einen Großteil der Wasseraufbereitung aus. Kreislaufführung von Wasser ist, z. B. in der Papierherstellung und der Keramischen Industrie, im Sinne der Wiederverwendung bereits seit Langem gängige Praxis.

Dabei kann auch aufbereitetes Wasser aus kommunalen Kläranlagen, aus industriellen Prozessen, aus Kondensations-, Reinigungs- und Spülvorgängen sowie aus Kühlkreisläufen und Grundwasser wieder verwendet werden (Deutscher Bundestag, 2025b). Die erforderlichen Techniken liegen vor und können bei Bedarf auch kombiniert werden (Deutscher Bundestag, 2025a).

Neben klassischen Wasseraufbereitungsverfahren kommen dabei hochwirksame Verfahren, wie Umkehrosmose, Ultrafiltration, Elektrodeionisation bis hin zu wirkungsvollen Verfahrenskombinationen in sogenannten Zero-Liquid-Discharge-Systems (ZLD) zum Einsatz. In Letzteren wird das Wasser so weit von allen Störstoffen befreit, dass sauberes Wasser in beliebig hoher Qualität in den Produktionskreislauf zurückgeführt und die festen Reststoffe einer Verwertung zugeführt werden können.

Die Qualität des betriebsintern in die Produktion zurückgeführten Wassers richtet sich dabei jeweils nach den Qualitätsanforderungen der einzelnen Produktionsprozesse. Das kann Brauchwasser sein,

Kühlwasser, aber auch ultrareines Wasser, das für hochsensible Produktionsprozesse in der Halbleiterindustrie und für die Wasserstofferzeugung benötigt wird.

Die nach dem gegenwärtigen „Stand der Technik“ in der Industrie zur Anwendung kommenden Technologien zur Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung, bis hin zur Wasserwiederverwendung aus Abwasser und prozessinternen Kreisläufen sind in den Merkblättern über beste verfügbare Techniken (BVT) zusammengefasst. Sie basieren auf den Regelungen der europäischen Industrieemissionsrichtlinie (Richtlinie 2010/75/EU).

Mit den Programmen WavE I und II (Wasser- und Abwassertechnologien in der industriellen Anwendung) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) wurden ebenfalls zahlreiche innovative Projekte zur industriellen Abwasserwiederverwendung gefördert (BMBF, 2021; Projekt HyWater, 2022). Dabei lag der Schwerpunkt vorrangig in der innerbetrieblichen Wiederverwendung der im Produktionsprozess erzeugten Abwasserströme.

Eine Auswahl der unter der Fördermaßnahme WavE I und II geförderten Projekte zur industriellen Wasserwiederverwendung zeigt folgende Auflistung (BMBF, 2021):

- ReUse: Ressourcenschonende Abwasseraufbereitung in der chemischen Industrie mit Fokus auf Membranfiltration und Kreislaufsysteme
- Water2Value: Wasserwiederverwendung in der Lebensmittelindustrie mit Schwerpunkt auf Nährstoffrückgewinnung (Phosphor, Stickstoff)
- Smart Water: Entwicklung intelligenter, sensorgestützter Wasseraufbereitungssysteme für Echtzeitanpassung in industriellen Prozessen
- Aquasys: Wiederverwendung von Abwasser in industriellen Kühlprozessen, einschließlich Filtration, Desinfektion und Wärmerückgewinnung
- FITWAS: Wiederverwendung von Filterspülwässern aus der Grundwasseraufbereitung durch Kreislaufführung zur Sicherung der Trinkwasserversorgung
- Med zeroSolvent: Innovative Verfahren für abwasserfreie Produktion in der Medizintechnik durch energieeffiziente Behandlung von Prozesswässern
- HaSiMem: Rückgewinnung von Wasser aus Haldensickerwässern mittels Membrandestillation und Kristallisation.

4.5 Fazit

Mit der Wiederverwendung des gereinigten kommunalen Abwassers kann ein wertvoller Beitrag zur Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft geleistet (BMBF, 2021; EEA, 2020) und der Frischwasserverbrauch reduziert werden.

Dadurch wird eine geringere Umweltbelastung erreicht (DWA, 2020), die auch wirtschaftliche Vorteile für wasserintensive Industrien bedeuten kann (ArcelorMittal & Thyssenkrupp, 2021). Die Abwasserwiederverwendung eröffnet neue Perspektiven für eine nachhaltige Energie- und Ressourcenpolitik (Projekt KA4H2, 2024; Projekt HyWater, 2022; Projekt DemoMeth, 2023).

Herausforderungen bestehen hauptsächlich in:

- der Sicherstellung hygienischer Standards (Europäische Kommission, 2020) (DWA, 2020),
- der Akzeptanz der Anwendung der Abwasserwiederverwendung in Bevölkerung, Landwirtschaft und Industrie (EEA, 2020),
- sowie dem hohen technischen und finanziellen Aufwand für die verfahrenstechnische Aufbereitung und Infrastruktur (DWA, 2020).

Die Abwasserwiederverwendung in Deutschland und der EU befindet sich auf einem dynamischen Entwicklungspfad (BMBF, 2021) (Europäische Kommission, 2020). Während erste Pilotprojekte und Forschungsprogramme ihre Praxistauglichkeit bereits unter Beweis stellen konnten, sind der Ausbau technischer Infrastrukturen, die Schaffung klarer rechtlicher Rahmenbedingungen und eine stärkere gesellschaftliche Akzeptanz entscheidend für die flächendeckende Umsetzung (BMBF, 2021) (Europäische Kommission, 2020) (EEA, 2020).

Die Nutzung von Klarwasser für die Wasserstoffproduktion stellt einen wesentlichen Schritt hin zu einer ressourceneffizienten, klimaneutralen Industrie dar. Deutsche und europäische Pilotprojekte zeigen, dass die Verwendung von Klarwasser als nachhaltige Wasserquelle für Elektrolyseprozesse technisch umsetzbar ist. Zukünftige Herausforderungen liegen in der Standardisierung der Wasserqualitätsanforderungen, der wirtschaftlichen Skalierbarkeit sowie in der gesellschaftlichen Akzeptanz dieser neuen Technologien (Europäische Kommission, 2020; EEA, 2020; GREEN H_2 CIRCULAR Consortium, 2023). Die Wasserstofferzeugung aus Klarwasser ist daher fallspezifisch und ganzheitlich zu betrachten. Standortspezifik, Energie- und/oder Wasserverbrauch für die Kühlung, Umweltauswirkungen der verminderten Abwassermenge auf den Vorfluter, Kosten für zusätzliche Infrastruktur müssen dazu ermittelt und bewertet werden.

5 Rechtliche Grundlagen

Dieses Kapitel stellt das für die Wasserwiederverwendung maßgebliche Regelungssystem aus europäischem, bundesrechtlichem, landesrechtlichem sowie kommunalem Recht dar. Dabei werden die unmittelbar geltenden europäischen Vorgaben, insbesondere die Verordnung (EU) 2020/741 über Mindestanforderungen an die Wasserwiederverwendung, den nationalen Regelungen des Wasserhaushaltsgesetzes sowie den landesrechtlichen Ausgestaltungen im Freistaat Sachsen gegenübergestellt. Ergänzend wird die Bedeutung des kommunalen Satzungsrechts betrachtet, das für die konkrete Umsetzung und den Betrieb von Anlagen zur Wasserwiederverwendung von wesentlicher Relevanz ist.

Ziel des Kapitels ist es, den rechtlichen Rahmen abzustecken, innerhalb dessen eine Wasserwiederverwendung grundsätzlich zulässig sein kann, und die für nachfolgende technische, genehmigungsrechtliche und wirtschaftliche Bewertungen maßgeblichen Randbedingungen darzustellen.

5.1 Definition von Abwasser

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Abwassereigenschaft basieren auf deutschen und europäischen Vorschriften:

5.1.1 Europäisches Recht

Die Europäische Wasserwiederverwendungsverordnung (EU-WWVO) regelt die Mindestanforderungen für die Wiederverwendung von aufbereitetem Wasser für die landwirtschaftliche Bewässerung. Sie unterscheidet zwischen behandeltem Abwasser und dem daraus aufbereitetem Wasser (Art. 3 Nr. 3 bis Nr. 5 EU-WWVO).

Der Fachausschuss RE-4 „Rechtsfragen zu Kreislaufwirtschaft und Bodenschutz“ der DWA hat sich mit der Frage beschäftigt, „ab welchem Zeitpunkt in einem Wasserwiederverwendungssystem noch von Abwasser gesprochen werden kann“ (DWA, 2024). Es wird herausgearbeitet, dass nach Lesart der EU-WWVO das kommunale Abwasser „bereits abwasserrechtskonform behandelt worden sein [muss] - und somit letztlich die Qualitätsanforderungen für eine direkte Einleitung in ein Gewässer erfüllen [muss]-, bevor es im Sinne der EU-WWVO aufbereitet werden kann. Die Aufbereitung schließt sich in zeitlicher Hinsicht also an eine abwasserrechtskonforme Abwasser-Behandlung an und setzt in qualitativer Hinsicht direkteinleitungsfähiges Wasser voraus.“ Im Ergebnis der zusätzlichen wasserwiederverwendungsrechtlichen Aufbereitung ist eine Wasserqualität erreicht, die für eine landwirtschaftliche Nutzung geeignet ist (DWA, 2024).

Folgende Begriffsbestimmungen gelten nach EU-WWVO:

- „Kommunales Abwasser“ ist gemäß Art. 3 Nr. 3 EU-WWVO kommunales Abwasser im Sinne von Art. 2 Nr. 1 KARL.
- „Aufbereitetes Wasser“ ist gemäß Art. 3 Nr. 4 EU-WWVO kommunales Abwasser, das gemäß den Anforderungen der KARL behandelt wurde und in einer Aufbereitungseinrichtung gemäß Anhang I Abschnitt 2 der EU-WWVO weiterbehandelt wurde.
- „Aufbereitungseinrichtung“ ist gemäß Art. 3 Nr. 5 EU-WWVO eine kommunale Abwasserbehandlungsanlage oder andere Einrichtung zur Weiterbehandlung von kommunalem Abwasser, die die Anforderungen der KARL erfüllt, um Wasser zu erzeugen, das für einen in Anhang I Abschnitt 1 der EU-WWVO aufgeführten Verwendungszweck geeignet ist.

Im Fazit der Bewertung der EU-WWVO wird das in einer Aufbereitungsanlage aus Abwasser aufbereitete Wasser spätestens ab der „Stelle der Einhaltung“ der Mindestanforderungen der EU-WWVO (DWA, 2024) unionsweit verbindlich nicht mehr als Abwasser qualifiziert, sondern als (wieder-) verwendungsfähiges Wasser im Sinne von Nicht-Abwasser (DWA, 2024).

5.1.2 Bundesrecht

Laut § 54 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) wird Abwasser als Niederschlagswasser und Schmutzwasser, das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen und sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften verändert wurde, definiert.

Die Abwasserbeseitigungspflicht ist in den §§ 54 ff. WHG geregelt. Diese Vorschriften legen fest, dass Abwasser, das entsteht, beseitigt werden muss, es sei denn, es gibt spezifische Ausnahmen.

Das Ende der Abwassereigenschaft lässt sich aus den Vorschriften des WHG zur Abwasserbeseitigung nicht ableiten (DWA, 2024). „Vielmehr muss eine teleologische Reduktion des § 54 Abs. 1 Nr. 1 WHG vorgenommen werden, damit Abwasser, das aufgrund einer positiven anthropogenen Veränderung nicht mehr als Schmutzwasser betrachtet werden kann, folgerichtig auch nicht mehr als Abwasser qualifiziert wird und nicht mehr unter die Beseitigungspflicht fällt.“ (DWA, 2024).

Die Autoren des DWA-Arbeitsberichtes erkennen, „dass das deutsche Wasserrecht (noch) nicht auf die Verwertung von Wasser als Sekundärrohstoff ausgerichtet [ist]“ (DWA, 2024). Eine Anwendung des § 5 des KrWG auf Abwasser, mit dem Ziel der Ableitung des Endes der Abwassereigenschaft, ist derzeit nicht gegeben (DWA, 2024).

5.1.3 Zusammenfassung

Zusammenfassend wird die Abwassereigenschaft durch die rechtlichen Vorgaben des WHG und der EU-WWVO sowie durch technische und rechtliche Anforderungen definiert und geregelt. Die Abwassereigenschaft endet, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Abschluss des Aufbereitungsverfahrens: Das Abwasser muss entsprechend dem vorgesehenen Zweck aufbereitet worden sein.
- Erfüllung technischer und rechtlicher Anforderungen: Die verbindlichen Vorschriften für das Wasserwiederverwendungssystem müssen eingehalten werden.
- Eindeutige Zweckbestimmung: Eine bestimmte Menge des aufbereiteten Wassers muss einem klar definierten Verwendungszweck zugeführt werden können, was in der Regel mit dem Verlassen der Abwasseranlage geschieht.
- Positive Risikobewertung: Falls rechtlich erforderlich, muss eine Risikobewertung eine positive Prognose für die Sicherheit des Wassers in Bezug auf Umwelt und menschliche Gesundheit ergeben (DWA, 2024).

Um diesen komplexen Zusammenhang darzustellen, sagt beispielgebend Dr. Sandro Köpper von der KPMG Law Rechtsanwaltsgesellschaft mbH aus, dass „das vorgereinigte Wasser nach der Abwasserbehandlung im Klärwerk voraussichtlich nicht mehr als „Abwasser“ im Sinne von § 54 Abs. 1 WHG einzustufen ist. Denn eine mechanische und biologische Reinigung des Abwassers, wie sie regelmäßig in Klärwerken vollzogen wird, ist unseres Erachtens eine „Behandlung“ gemäß § 54 Abs. 2 Satz 1 WHG, da sie den Schadstoffgehalt reduziert und die Schädlichkeit des Abwassers mindert. Abwasser kann nicht nur durch Einleiten, Versickern, Verregnen oder Verrieseln beseitigt werden, sondern explizit auch durch das Behandeln.“ (Meyer, Köpper, & Wahnschaffe, 2025).

5.2 Allgemeine rechtliche Grundlagen im Kontext der Wasserwiederverwendung nach Europäischem Recht

5.2.1 Kommunalabwasserrichtlinie „KARL“

Als maßgebend für die Wiederverwendung von aufbereitetem Wasser stellt sich die EU-Kommunalabwasserrichtlinie dar. Die überarbeitete Kommunalabwasserrichtlinie (KARL) RL 2024/3019/EU ist seit dem 01.01.2025 in Kraft und löst damit die seit 1991 geltende Kommunalabwasserrichtlinie RL 91/271/EWG ab. Als EU-Richtlinie ist sie jedoch noch nicht unmittelbar im deutschen Bundes- und Landesrecht umgesetzt; die nationale Umsetzung hat bis 31.07.2027 zu erfolgen. Ein abschließend konkretisierter Rechtsrahmen liegt derzeit noch nicht vor.

Sie ist die zentrale Richtlinie, die die vierte Reinigungsstufe in der EU einführt und die Betreiber von Kläranlagen ab 1.000 Einwohnerwerten (EW) zur Nachrüstung verpflichtet.

Die Zielsetzung besteht darin:

- Mikroverunreinigungen in Form von Arzneimitteln, Kosmetika, Pestiziden und anderen Quellen effektiv aus dem Abwasser entfernen, um die Gewässer und die Trinkwasserqualität zu schützen,
- die Grenzwerte für Stickstoff und Phosphor zu verschärfen,
- Kläranlagen energieeffizienter zu betreiben oder sogar energetisch neutral zu gestalten
- und die Wiederverwendung von aufbereitetem Wasser zu erleichtern (UBA, 2025a).

Die Umsetzung der Maßnahmen sind je nach Größe der Kläranlage und deren Einwohnerwerte (EW) zeitlich bis 2045 gestaffelt. Kläranlagen mit über 150.000 EW haben Priorität und sollen umgehend angepasst werden, da aus ihnen ein erheblicher Teil der Verschmutzungen kommt. Bis 2030 sollen 50 % der Kläranlagen > 150.000 EW über eine vierte Reinigungsstufe verfügen, bis 2035 sollen es 100 % sein.

Die Einführung ist risikobasiert für Kläranlagen zwischen 10.000 und 100.000 Einwohnergleichwerten vorgesehen. Welche Kläranlagen dieser Größenklasse es betrifft, soll bis Ende 2030 ermittelt werden. Bis 2045 soll die Nachrüstung abgeschlossen sein.

Die Anpassungen auf nationaler Ebene sind gestaffelt in:

- 20 % der Anlagen bis zum 31. Dezember 2033,
- 60 % der Anlagen bis zum 31. Dezember 2039,
- 100 % der Anlagen bis zum 31. Dezember 2045.

Die daraus resultierenden Änderungen der Ablaufqualität von Kläranlagen beeinflussen unmittelbar die Anforderungen an eine mögliche weitergehende Aufbereitung und Wiederverwendung von Klarwasser. Diese Wechselwirkungen sind daher frühzeitig in die technische, wirtschaftliche und strategische Bewertung einer potenziellen Nutzung einzubeziehen.

5.2.2 Wasserrahmenrichtlinie „WRRL“

Zur Vereinheitlichung des europäischen Gewässerschutzrechts wurde am 23. Oktober 2000 die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates erlassen und ist seitdem das Fundament des europäischen Gewässerschutzes. Viele der alten Gewässerschutzrichtlinien werden durch sie ersetzt und durch Tochterrichtlinien ergänzt. Aufgrund ihres ganzheitlichen Ansatzes hat die WRRL Auswirkungen auf fast alle Regelungen, den Gewässerschutz betreffend. In der WRRL sind Umweltziele für die Bewirtschaftung von Binnenoberflächengewässern, Übergangsgewässern, Küstengewässern und des Grundwassers enthalten.

Die Vorgaben der WRRL finden sich national nicht nur im WHG und im Abwasserabgabengesetz, sondern auch in zahlreichen Verordnungen wieder.

Mit Einführung der Wasserrahmenrichtlinie wurde europaweit angestrebt, alle Flüsse, Seen, Grundwasser und Küstengewässer bis spätestens 2027 in einen "guten Zustand" zu überführen. Für die Mitgliedstaaten besteht in Ausnahmefällen die Möglichkeit, die Frist für die gesetzten Ziele zu verlängern, weniger strenge Bewirtschaftungsziele festzulegen und vorübergehende oder fortwährende Verschlechterungen zuzulassen.

Oberflächengewässer

Nach Art. 2 Abs. 1 WRRL sind Oberflächengewässer „Binnengewässer mit Ausnahme des Grundwassers sowie die Übergangsgewässer und Küstengewässer, wobei im Hinblick auf den chemischen Zustand ausnahmsweise auch die Hoheitsgewässer eingeschlossen sind“. Der Oberflächenwasserkörper (OWK) ist dabei „ein einheitlicher und bedeutender Abschnitt eine[s] Oberflächengewässers, z. B. ein See, ein Speicherbecken, ein Strom, Fluss oder Kanal, ein Teil eines Stroms, Flusses oder Kanals, ein Übergangsgewässer oder ein Küstengewässerstreifen“ (Art. 2 Abs. 10 WRRL).

Die Mitgliedstaaten sind gemäß Art. 4 Abs.1 Buchst. a) WRRL verpflichtet, anhand der festgelegten Maßnahmenprogramme für die Einzugsgebiete eine Verschlechterung des Zustandes aller OWK zu verhindern, sie zu schützen und zu sanieren. Für alle OWK besteht das Ziel darin, einen guten Zustand zu erhalten oder zu erreichen. Der Zustand eines Oberflächengewässers wird auf der Grundlage des jeweils schlechteren Werts für den ökologischen und den chemischen Zustand ermittelt. Ein OWK befindet sich in einem guten Zustand, wenn er sich in einem zumindest „guten“ ökologischen und chemischen Zustand befindet (Art. 2 Abs.18 WRRL) (Europäische Kommission, 2000).

Für prioritäre Stoffe und bestimmte andere Schadstoffe legt die Richtlinie 2008/105/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 16.12.2008 (im Folgenden: Umweltqualitätsnormenrichtlinie – UQN-Richtlinie) Umweltqualitätsnormen fest, um einen guten chemischen Zustand für Oberflächengewässer zu erreichen. Die Richtlinie 2013/39/EU zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG wurde in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik vom 12.08.2013 geändert und ergänzt die UQN-Richtlinie.

Grundwasser

Der Grundwasserleiter ist „eine unter der Oberfläche liegende Schicht oder Schichten von Felsen oder anderen geologischen Formationen mit hinreichender Porosität und Permeabilität, sodass entweder ein nennenswerter Grundwasserstrom oder die Entnahme erheblicher Grundwassermengen möglich ist“ (Art. 2 Abs. 11 WRRL). Ein abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter wird als Grundwasserkörper (GWK) bezeichnet (Art. 2 Abs. 12 WRRL).

Die Mitgliedstaaten führen gemäß Art. 4 Buchst. b) erforderliche Maßnahmen durch, um die Einleitung von Schadstoffen in das Grundwasser zu verhindern oder zu begrenzen und eine Verschlechterung des Zustands aller GWK zu verhindern. Daher sind die Mitgliedstaaten verpflichtet, alle GWK zu schützen, zu verbessern, zu sanieren und zu gewährleisten, ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und -neubildung zu erreichen (Art. 4 Buchst. b) (Europäische Kommission, 2000).

Bewertungsziele für Fachbeiträge nach WRRL

Im Rahmen eines Fachbeitrages nach WRRL zur Prüfung der vorhabenbedingten Auswirkungen auf die Gewässer sind unter Berücksichtigung der voranstehenden gesetzlichen Rahmenbedingungen folgende Fragen zu prüfen:

- Sind Verschlechterungen des chemischen Zustands und des ökologischen Zustands (Potenzials) der Oberflächengewässer durch das Vorhaben zu erwarten? (Verschlechterungsverbot)
- Sind Verschlechterungen des mengenmäßigen und chemischen Zustandes des Grundwassers durch das Vorhaben zu erwarten? (Verschlechterungsverbot)
- Steht das Vorhaben im Widerspruch zu den Bewirtschaftungszielen für die betroffenen Wasserkörper? Sind der gute chemische und ökologische Zustand (bzw. Potenzial) der Oberflächenwasserkörper sowie der gute chemische und mengenmäßige Zustand der Grundwasserkörper zu erreichen? (Verbesserungsgebot)

5.3 Rechtliche Grundlagen hinsichtlich Grünem Wasserstoff

Die rechtlichen Grundlagen für die Wasserwiederverwendung zur Herstellung von grünem Wasserstoff sind vielschichtig und umfassen zahlreiche internationale, europäische sowie nationale Vorschriften aus dem Umwelt-, Energie-, Sicherheits- und Infrastrukturrecht. Wesentliche Aspekte sind die EU-Verordnung 2020/741 über die Mindestanforderungen für die Wasserwiederverwendung (Kapitel 5.1.1), das deutsche Wasserhaushaltsgesetz (siehe 5.4.2.1) und das Kreislaufwirtschaftsgesetz (Horak. Rechtsanwälte, 2025).

5.3.1 Erneuerbare-Energien-Gesetz

Laut dem EEG 2023 (ErneuerbareEnergien-Gesetz) wird Wasserstoff als grün definiert, wenn er elektrochemisch durch den Verbrauch von Strom aus Erneuerbaren Energien hergestellt wird (siehe Abbildung 14) (Breuer & Dlouhy, 2024).

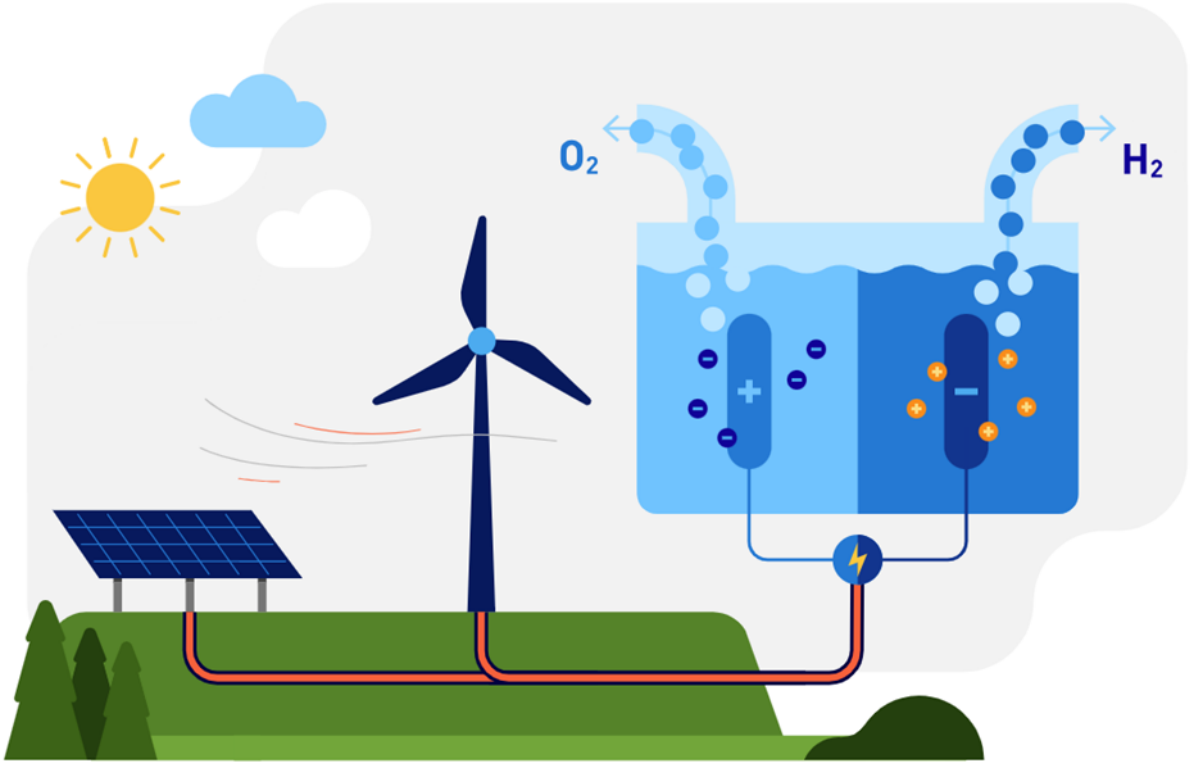


Abbildung 14: Herstellung von Grünem Wasserstoff

Quelle: (EnBW, 2024)

Das EEG 2023 zielt auf einen beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien ab und definiert für 2030 den Gewinn von 80 % des Stroms aus erneuerbaren Quellen. Zudem soll die deutsche Stromversorgung bis 2035 treibhausgasneutral werden. Die EEG-Umlage wurde am 1. Januar 2023 abgeschafft; die Förderung erneuerbarer Energien wird nun aus dem Bundeshaushalt finanziert.

5.3.2 RED I, RED II und RED III

RED (Renewable Energy Directive) sind Europäische Richtlinien zur Förderung erneuerbarer Energien.

RED I wurde 2009 verabschiedet, definiert verbindliche Ziele für den Anteil erneuerbarer Energien in der EU und legte länderspezifische Ziele fest.

2018 wurde RED II verabschiedet. Darin wurden das Erneuerbare-Energien-Ziel für 2030 (Anteil erneuerbarer Energien soll mindesten 32 % betragen) festgelegt, Nachhaltigkeitsstandards verschärft und die Förderung von fortschrittlichen Biokraftstoffen gefordert.

In der 2023 verabschiedeten RED III wurde das Erneuerbare-Energien-Ziel für 2030 auf 42,5 % erhöht und fordert einen höheren Anteil erneuerbarer Energien im Verkehrs- und Industriesektor sowie in Gebäuden und Heizsystemen (INERATEC, 2025).

5.3.3 Herkunftsnachweisregistergesetz für Gas, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien

Das HkNRG (Herkunftsnachweisregistergesetz) schafft den regulatorischen Rahmen für ein Register für Gas-Herkunftsnachweise und trat am 25.04.2024 in Kraft. Die zuständige Stelle ist das Umweltbundesamt. Gas-Herkunftsnachweise werden geplant ab 2026 für mit oder aus erneuerbaren Energien hergestelltem Gas ausgestellt (§ 3 (2) HkNRG). Aufgrund der Klassifizierung ergeben sich 2 Kategorien – Grüner Wasserstoff gehört zur Kategorie 1 (§2 (4) HkNRG): aus/auf Basis erneuerbarer Energie (UBA, 2025b).

5.3.4 Bundes-Immissionsschutzgesetz

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) regelt auf nationaler Ebene den Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen wie Luftverunreinigungen, Geräuschen, Erschütterungen u. ä. und dient der Umsetzung der Vorgaben der EU Richtlinie (EU) 2023/2413. In der aktuellen, überarbeiteten 4. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) vom 14.08.2025 sollen Genehmigungsverfahren beschleunigt und die bürokratischen Voraussetzungen vereinfacht werden. Sie beschreibt, welche Anlagen eine Genehmigung für die Errichtung und den Betrieb nach dem BImSchG benötigen.

Laut Dr. Sandro Köpper von der KPMG Law Rechtsanwaltsgesellschaft mbH „[sieht] die kürzlich geänderte [4. BImSchV] eine Erleichterung bei der Genehmigung der Wasserstoffproduktion [vor]. Künftig gilt ein vereinfachtes Genehmigungsverfahren für Elektrolyseure mit einer täglichen Produktionskapazität von bis zu 50 Tonnen Wasserstoff. Elektrolyseure mit einer elektrischen Nennleistung von weniger als fünf Megawatt sind von der Genehmigungspflicht befreit.“ (Meyer, Köpper, & Wahnschaffe, 2025).

Bei einer Produktionskapazität von 50 Tonnen Wasserstoff pro Tag und mehr ist ein förmliches Verfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung notwendig, welches jedoch beschleunigt wurde. Bei einer geringeren Produktionskapazität und elektrischen Nennleistung ab fünf Megawatt ist ein vereinfachtes Verfahren der BImSchG-Genehmigung ohne Öffentlichkeitsbeteiligung erforderlich.

Anstelle der BImSchG-Genehmigung ist für Elektrolyseure unterhalb der 50-Tonnen- und fünf-Megawatt-Grenze nur eine Baugenehmigung nach der entsprechenden Landesbauordnung erforderlich (Kopplow, Nathalie; Beckmann, Jennifer, 2025).

5.4 Rechtliche Grundlagen und Richtlinien zur Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft

5.4.1 Europäisches Recht - Verordnung (EU) 2020/741

Die rechtlichen Grundlagen für die Wiederverwendung von aufbereitetem kommunalem Abwasser in der Landwirtschaft sind in der Verordnung (EU) 2020/741 (EU-Wasserwiederverwendungsverordnung, EU-WWVO) festgelegt. Diese Verordnung definiert Mindestanforderungen an die Wasserqualität, die Überwachung, das Risikomanagement und die sichere Nutzung von aufbereitetem Abwasser im Kontext einer integrierten Wasserbewirtschaftung. Das Ziel ist die Förderung der Kreislaufwirtschaft und die Gewährleistung einer sicheren landwirtschaftlichen Bewässerung, um damit die Umwelt und die Gesundheit von Mensch und Tier zu schützen. Wichtige Aspekte sind die Einhaltung von festgelegten Qualitätsklassen und Grenzwerten, die spezifische Risikobewertung, die Festlegung von geeigneten Bewässerungsmethoden und die Überwachung der Wasserqualität durch routinemäßige Kontrollen. Die EU-Wasserwiederverwendungsverordnung (EU-Wasser-WWVO) könnte die Notwendigkeit einer höheren Reinigungsleistung für die Wiederverwendung von Wasser beeinflussen, was die vierte Reinigungsstufe weiter stärken könnte (siehe 5.2.1).

Das aufbereitete Wasser muss entsprechend der EU-Wasser-WWVO spezifische Güteklassen erfüllen, die je nach Art der Kulturpflanzen und Bewässerungsmethode variieren. Es gibt vier Güteklassen A bis D (siehe Tabelle A 75), die unterschiedliche Anforderungen an mikrobiologische und physikalische Parameter wie E. coli und Trübung stellen (siehe Tabelle A 76).

Die Erzeugung und Nutzung von aufbereitetem Abwasser für die landwirtschaftliche Bewässerung erfordert eine Genehmigung durch die zuständige Behörde. Diese Genehmigung basiert auf dem Risikomanagementplan und enthält spezifische Bedingungen zur Wasserqualität und Überwachung. In dem Risikomanagementplan werden Gefahren identifiziert, Risiken bewertet und Vorsorgemaßnahmen festlegt. Dieser Plan umfasst die gesamte Wasserwiederverwendungskette, von der Abwasserbehandlung bis zur landwirtschaftlichen Nutzung.

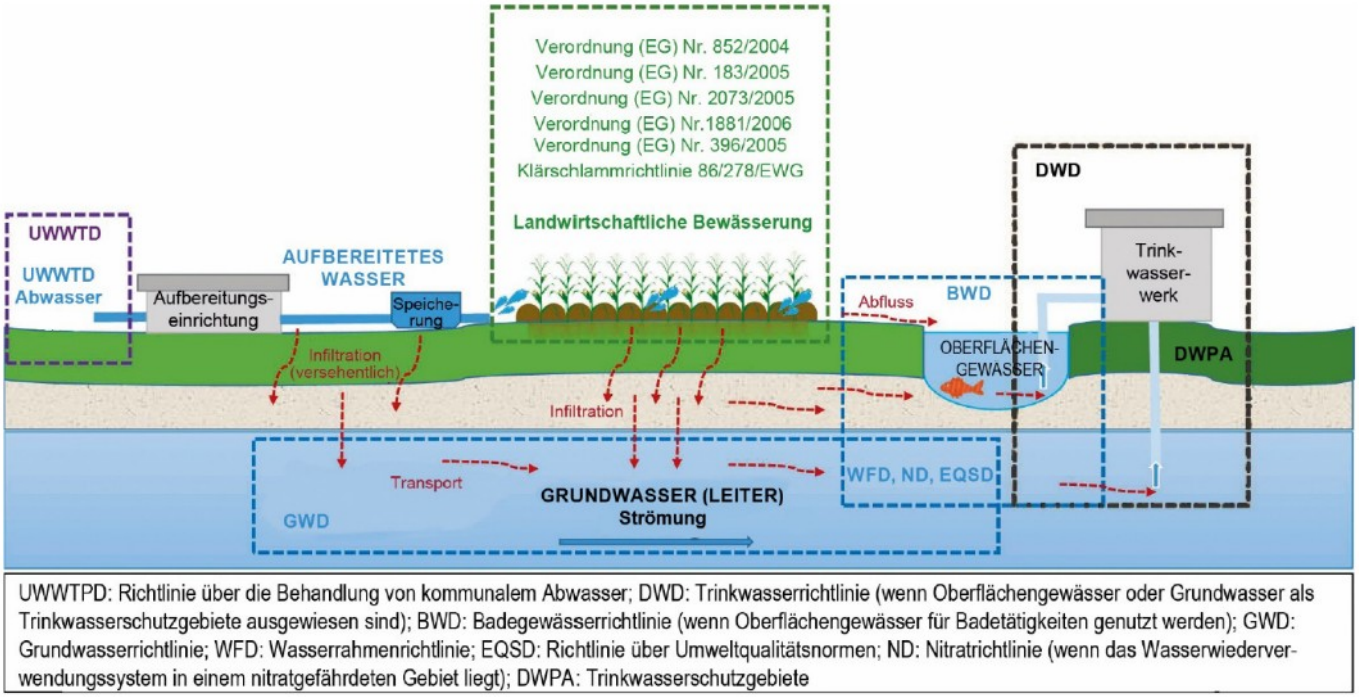
Die Betreiber von Aufbereitungseinrichtungen müssen die Wasserqualität regelmäßig überwachen. Es gibt Anforderungen für Routineüberwachung und Validierungsüberwachung, um sicherzustellen, dass die Wasserqualität den festgelegten Standards entspricht. Um Risiken zu minimieren, müssen Maßnahmen wie Zugangskontrollen, spezielle Bewässerungstechniken und Sicherheitsabstände eingeführt werden. Besondere Vorsichtsmaßnahmen gelten für bestimmte Güteklassen, z. B. für die Bewässerung von Futterpflanzen.

Die EU-Verordnung 2020/741 zielt darauf ab, die Wasserwiederverwendung sicher und nachhaltig zu gestalten, insbesondere in Regionen mit Wasserknappheit. Sie gilt seit dem 26.06.2023 für alle Mitgliedsstaaten der Europäischen Union und ergänzt die bestehenden EU-Regelungen zum europäischen Umweltrecht wie der Kommunalabwasserrichtlinie (91/271/EWG), der Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG), der Grundwasserrichtlinie (2006/118/EG , geändert durch 2014/80/EU) und der Nitratrichtlinie (91/676/EWG) (Europäische Kommission, 2020; DWA, 2025a).

Auch in den anderen EU-Mitgliedsstaaten wird die EU-Verordnung 2020/741 durch nationale Gesetze und Maßnahmen umgesetzt, wodurch Mindeststandards in Abhängigkeit der verfügbaren Wasserressourcen festgelegt werden. Grundsätzlich ist die Wiederverwendung von aufbereitetem Abwasser für die Mitgliedsstaaten freiwillig. Bei der praktischen Abwasserwiederverwendung sind jedoch die festgelegten Regelungen und Anforderungen rechtlich bindend. Die Verordnung zielt darauf ab, die Nutzung von aufbereitetem Abwasser in allen EU-Mitgliedsstaaten voranzutreiben bzw. zu etablieren. Der Geltungsbereich der EU-Verordnung liegt vorerst in der Wiederverwendung von behandeltem Abwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung. Die Mitgliedsstaaten erhalten aber die Möglichkeit, den Anwendungsbereich der Wasserwiederverwendung auch auf weitere spezifische Zwecke wie industrielle oder urbane Nutzung auszuweiten (VKU Positionspapier, 2023).

Weitere wichtige rechtliche Grundlagen auf europäischer Ebene mit Bezug zur Wasserwiederverwendung für die landwirtschaftliche Bewässerung sind (siehe auch Abbildung 15):

- Richtlinie 91/271/EWG über die Behandlung von kommunalem Abwasser: Diese regelt die Behandlung von kommunalem Abwasser und fordert, dass gereinigtes Abwasser nach Möglichkeit wiederverwendet wird.
- Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik: Diese fördert die Wasserwiederverwendung mit effizienten Techniken als ergänzende Maßnahme zur Erreichung eines guten Zustands der Gewässer.
- Lebensmittelhygieneverordnung (EG) Nr. 852/2004: Diese legt Anforderungen an die Lebensmittelhygiene fest, die auch für die Bewässerung mit aufbereitetem Wasser relevant sind.
- Futtermittelhygieneverordnung (EG) Nr. 183/2005: Sie enthält Vorschriften zur Futtermittelhygiene.
- Verordnung (EG) Nr. 396/2005 über Höchstgehalte an Pestizidrückständen in oder auf Lebens- und Futtermitteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs: Diese regelt Höchstgehalte an Pestizidrückständen in Lebens- und Futtermitteln.
- Richtlinie 2006/118/EG zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung: Diese schützt das Grundwasser vor Verschmutzung und Verschlechterung.
- Richtlinie 2008/105/EG über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik legt Umweltqualitätsnormen für prioritäre Stoffe fest.



UWWTPD: Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser; DWD: Trinkwasserrichtlinie (wenn Oberflächengewässer oder Grundwasser als Trinkwasserschutzgebiete ausgewiesen sind); BWD: Badegewässerrichtlinie (wenn Oberflächengewässer für Badetätigkeiten genutzt werden); GWD: Grundwasserrichtlinie; WFD: Wasserrahmenrichtlinie; EQSD: Richtlinie über Umweltqualitätsnormen; ND: Nitratrichtlinie (wenn das Wasserwiederverwendungssystem in einem nitratgefährdeten Gebiet liegt); DWPA: Trinkwasserschutzgebiete

Abbildung 15: Bespiel für die Identifizierung potenzieller Wege von aufbereitetem Wasser in die umgebende Umwelt (Oberflächenwasser und Grundwasser) und der möglicherweise geltenden Vorschriften und Richtlinien

Quelle: (Amtsblatt der EU 2022/C 298/01, 2022)

5.4.2 Bundesrecht

5.4.2.1 Wasserhaushaltsgesetz

Die Wasserwiederverwendung zur landwirtschaftlichen Bewässerung unterliegt in Deutschland grundsätzlich einer wasserrechtlichen Zulassung. Zur Anpassung an die europäischen Vorgaben der unmittelbar geltenden EU- Verordnung (EU) 2020/741 wurde in Deutschland eine Aktualisierung des Wasserhaushaltsgesetzes erforderlich. Der Referentenentwurf zur Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) vom 28. Februar 2024 (vorgelegt vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)) ergänzt die europarechtlichen Vorgaben insbesondere durch nationale Zuständigkeits- und Verfahrensregelungen sowie durch die Möglichkeit der Länder, die Wasserwiederverwendung in bestimmten Flussgebietseinheiten oder Teilen davon einzuschränken oder auszuschließen, sofern wasserwirtschaftliche oder ökologische Gründe dies erfordern. Er enthält konkrete Vorgaben und Rahmenbedingungen für die Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft. Der Entwurf sieht vor, dass zusätzlich zu den Mindestanforderungen der EU-Verordnung 2020/741 weitergehende „ Anforderungen an die Aufbereitung, Speicherung und Verteilung von Abwasser sowie an die Wiederverwendung von aufbereitetem Abwasser zu Bewässerungszwecken bestimmt werden [können], um ein hohes Schutzniveau für die Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen sowie der

Umwelt, insbesondere von Boden und Grundwasser, sicherzustellen“. Eine konkrete Definition für das Ende der Abwassereigenschaft ist nicht Gegenstand des Referentenentwurfs.

Die Inhalte des Referentenentwurfs lassen sich wie folgt einordnen:

- Zentrale Voraussetzung für die Zulassung ist die Durchführung eines Risikomanagements gemäß der EU-Verordnung. Eine ausdrückliche gesetzliche Vorgabe zur Erhaltung des Versickerungs- oder Rückhaltevermögens des Bodens enthält der Referentenentwurf jedoch nicht; entsprechende Aspekte können im Rahmen der Risikobewertung oder sonstiger fachrechtlicher Prüfungen berücksichtigt werden.
- Die Wasserwiederverwendung darf nicht zu einer Gefährdung oder Verschlechterung des Zustands von Gewässern führen. Maßgeblich sind insoweit die allgemeinen Bewirtschaftungsziele des Wasserhaushaltsgesetzes sowie die unionsrechtlichen Vorgaben zum Verschlechterungsverbot. Eine generelle Ausnahme im Sinne einer „gesamtökologisch günstigeren Maßnahme“ ist im Referentenentwurf nicht ausdrücklich geregelt; vielmehr ist im Einzelfall zu prüfen, ob die wasserrechtlichen Anforderungen und die Qualitätsvorgaben der EU-Verordnung eingehalten werden.
- Soweit Flächen in Überschwemmungsgebieten betroffen sind, gelten zusätzlich die allgemeinen Schutzvorschriften des Wasserhaushaltsgesetzes für diese Gebiete. Eine Wasserwiederverwendung ist dort nur zulässig, wenn sie nicht zu einer Beeinträchtigung der Hochwasserrückhaltung oder zu einer Gefährdung von Leben, Gesundheit oder erheblichen Sachwerten führt. Diese Anforderungen ergeben sich jedoch aus den bestehenden Regelungen zum Hochwasserschutz und nicht aus spezifischen Sondervorschriften zur Wasserwiederverwendung.
- Eine eigenständige, ausdrücklich normierte Pflicht zur frühzeitigen und transparenten Öffentlichkeitsbeteiligung enthält der Referentenentwurf zur Wasserwiederverwendung nicht. Öffentlichkeits- und Informationsrechte ergeben sich vielmehr aus den allgemeinen verfahrensrechtlichen Vorschriften des Wasserrechts sowie aus unionsrechtlichen Transparenz- und Berichtspflichten.

5.4.2.2 LAWA-Empfehlung

Aufgrund der Bedeutung und Aktualität der Wasserwiederverwendung zur Schonung der Wasserressourcen hat die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft (LAWA) im Februar 2022 einen Bericht zur Wasserwiederverwendung in Deutschland mit dem Ziel der Erarbeitung gemeinsamer, länderübergreifender Lösungen für Wasserwirtschafts- und Wasserrechtsfragen herausgegeben. Demnach sind die bisherigen nationalen Rechtsgrundlagen nicht mit der neuen EU-WWVO vereinbar und bedürfen Anpassungen. Die Arbeitsgruppe „Water-Re-Use“ der LAWA hat Lösungsvorschläge erarbeitet, um die Wasserwiederverwendung in Deutschland zu ermöglichen und den entsprechenden Rechtsrahmen zu geben (siehe Tabelle 11). Es wird die Notwendigkeit eines ganzheitlichen Ansatzes betont, der nicht nur technische Aspekte, sondern auch rechtliche Rahmenbedingungen und die Auswirkungen auf die

Wasserressourcen berücksichtigt. Eine konkrete Umsetzung der LAWA-Empfehlungen findet Anwendung im DWA-Merkblatt 1200 (LAWA, 2022; VKU Positionspapier, 2023; Europäische Kommission, 2020; DWA, 2025a).

Tabelle 11: Gegenüberstellung der Inhalte der EU-Verordnung VO 2020/741/EU und den Empfehlungen im LAWA-Endbericht

Regelungsgegenstand	EU-VO 2020/741	LAWA-Endbericht	Charakter der Abweichung	Bedeutung für Vollzug
Zuständige Behörde	Mitgliedstaaten benennen eine oder mehrere zuständige Behörden	Wasserbehörde als federführend, im Einvernehmen mit Gesundheits-, Landwirtschafts- und ggf. Bodenschutzbehörden	Konkretisierung der Zuständigkeit	Stärker koordinierter Genehmigungsprozess
Genehmigungsstruktur	Genehmigung für Aufbereitung und Bereitstellung von aufbereitetem Wasser	Trennung in Aufbereitungsgenehmigung und Aufbringungserlaubnis	Verwaltungsrechtliche Differenzierung	Klarere Zuständigkeiten, getrennte Prüfmaßstäbe
Räumliche Ausschlussgebiete	Ausschluss bestimmter (Teil-) Flussgebietseinheiten nach Art. 2 Abs. 2	Ausschluss in Wasserschutzgebieten Zone I und II; weitere Ausschlüsse landesrechtlich zu regeln	Teilweise Verschärfung	Erhöhte Vorsorge für Trinkwasserressourcen
Qualitätsanforderungen / Güteklassen	Vier Güteklassen (A–D) mit Parametern u. a. E. coli, BSB_5, TSS, Trübung; zusätzliche Parameter wie Legionellen, Nematoden	Zusätzlicher bzw. strengerer Trübungswert vor Desinfektion; Ausschluss roh verzehrbarer Pflanzen bei direktem Kontakt oder hydroponischem Anbau (sofern kein Erregernachweis)	Verschärfung + Nutzungseinschränkung	Höhere Anforderungen an Vorbehandlung und Nutzungskonzepte
Validierungsmonitoring	Nur für Güteklasse A (u. a. E. coli, Coliphagen, Clostridium perfringens)	Ausweitung des Validierungsmonitorings auf alle Kulturen, die zum Verzehr bestimmt sind, auch bei Güteklasse B und C	Deutliche Verschärfung	Erhöhter Monitoring- und Dokumentationsaufwand
Risikobewertung / zusätzliche Anforderungen	Weitere Anforderungen abhängig von standortspezifischer Risikobewertung	Explizite Einbindung von Boden- und Grundwasserschutz (Vorsorgewerte BBodSchV, Geringfügigkeitsschwellen), bedarfsgerechte Bewässerung, Monitoring von Boden und Grundwasser	Konkretisierung und Ausweitung	Stärkere Umweltprüfung, höhere Genehmigungstiefe
Spurenstoffe / PFAS	Keine numerischen Grenz- oder Orientierungswerte	Einführung eines Orientierungsmaßstabs für PFAS (Σ20 = 0,10 µg/l) sowie Betrachtung der Spurenstoffelimination	Zusätzliche nationale Vorsorgeanforderung	Relevanz für weitergehende Abwasserbehandlung

Regelungs-gegenstand	EU-VO 2020/741	LAWA-Endbericht	Charakter der Abwei-chung	Bedeutung für Vollzug
Pflanzenge-sundheit	Nur implizit über Risi-kobewertung	Explizite Berücksichtigung pflanzenhygienischer Aspekte	Präzisie-rung	Schnittstelle Wasser- und Pflanzen-schutzrecht

5.4.2.3 DWA-Merkblatt 1200

Für die nationale Umsetzung der EU-Verordnung (EU) 2020/741 hat die DWA[3] eine dreiteilige Merkblattreihe „DWA-M 1200: Wasserwiederverwendung für landwirtschaftliche und urbane Zwecke in Deutschland“ als Handlungshilfe erarbeitet, welche den künftigen Anwendern bei der Planung, Genehmigung und Betreiben von Anlagen in der Wasserwiederverwendung in Deutschland eine Orientierung gibt. Die Merkblätter richten sich an Betreiber von Abwasserbehandlungsanlagen, Genehmigungsbehörden, Ingenieurbüros und potenzielle Endnutzer und bieten eine strukturierte Vorgehensweise zur sicheren und nachhaltigen Wasserwiederverwendung und schließen Regelungslücken in diesem Bereich. Die Gelbdrucke (Entwürfe) zu den Teilen eins bis drei wurden im Juli 2025 veröffentlicht (DWA, 2025a; DWA, 2025b; DWA, 2025c).

5.4.2.3.1 M 1200-1: Grundsätze zur Wasserwiederverwendung für unterschiedliche Nutzungen

Das Dokument „DWA-M 1200-1: Wasserwiederverwendung für landwirtschaftliche und urbane Zwecke in Deutschland – Teil 1: Grundsätze zur Wasserwiederverwendung für unterschiedliche Nutzungen“ betrachtet die relevanten **Wasserinhaltsstoffe** näher, die bei einer mechanisch-biologischen Abwasserbehandlung nicht vollständig entfernt oder abgebaut werden können und somit bei einer Wasserwiederverwendung nachteilige Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt haben können.

Diese Wasserinhaltsstoffe können sein:

- Krankheitserreger
- antibiotikaresistente Organismen
- Schwermetalle
- Salze
- Nährstoffe
- organische Stoffe
- Spurenstoffe

[3] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

Mikroplastik

Ohne spezielle Anforderungen an die Wasseraufbereitung wird bei einer mechanisch-biologischen Abwasserbehandlung keine Desinfektion des Klarwassers durchgeführt, wodurch im Ablauf dieser Kläranlagen eine hohe Mikroorganismenbelastung nachweisbar ist. Die Zusammensetzung und Quantität der Krankheitserreger (Bakterien, Viren, Protozoen und Helminthen) hängt stark vom Standort der Kläranlage und dem damit verbundenen Einzugsgebiet ab. Typische Konzentrationswerte der Krankheitserreger sind in Tabelle A 72 zusammengefasst.

Bei der mechanisch-biologischen Abwasserbehandlung werden auch die organischen Spurenstoffe nicht ausreichend entfernt. Die Tabelle A 73 zeigt eine Übersicht über verschiedene Spurenstoffe und ihr Potential, durch Sorptionsprozesse und biologischen Abbau im Belebungsverfahren mechanisch-biologischer Kläranlagen zurückgehalten bzw. abgebaut zu werden. Bei einer Wasserwiederverwendung müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um das Risiko bei vorhandenen Spurenstoffen zu minimieren.

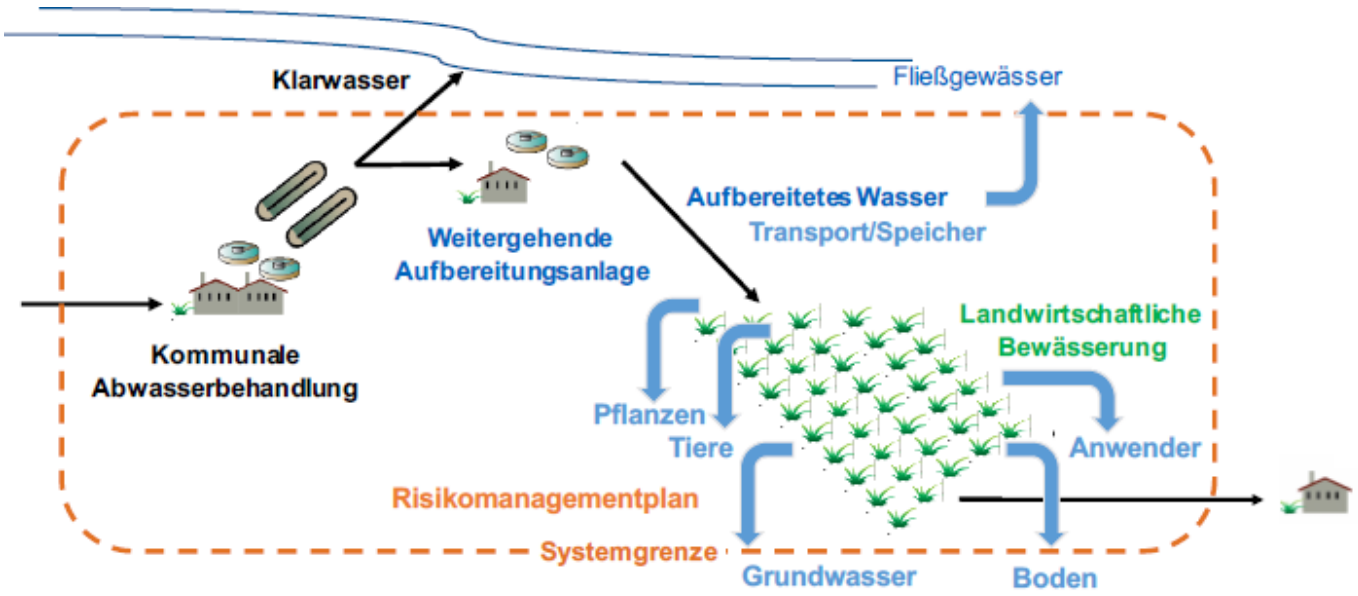
Für eine Risikobewertung im Rahmen der Wasserwiederverwendung ist eine Auswahl potenziell relevanter chemischer Wasserinhaltsstoffe, die in kommunalem Abwasser auftreten können, notwendig. Nach Prüfung der Indirekteinleiter wie chemische, pharmazeutische und biotechnologische Industrie sowie medizinische Einrichtungen sollen die in (DWA, 2025a) aufgeführten Leitsubstanzen unterschiedlicher Stoffklassen für die Gefahrenanalyse berücksichtigt werden. Auf Basis dieser Beurteilung der Leitsubstanzen muss ein Screening im Kläranlagenablauf durchgeführt werden.

Im Zuge einer Erweiterung der Regularien auf urbane Zwecke wurden die Güteklassen B und C untergliedert (siehe Tabelle A 77) und auf die Anwendungsbereiche Landschaftsbau und Freiflächenpflege angepasst. Die Qualitätsanforderungen der einzelnen Güteklassen sind in Tabelle A 78 spezifiziert.

Die Anforderungen und Leistungsziele für aufbereitetes Wasser sind im DWA-Merkblatt im Vergleich zu den EU-Regeln auf weitere Anwendungsfelder erweitert und teilweise mit abweichenden Grenzwerten belegt worden.

Voraussetzung für eine Genehmigung ist das standortbezogene **Risikomanagement**. Um die erforderlichen Qualitätsstandards von aufbereitetem Wasser dauerhaft zu gewährleisten, ist ein Management der möglichen Risiken unabdingbar. Dabei stellt die Charakterisierung und Einordnung der Risiken die Grundlage für daraus resultierende notwendige technische und administrative Maßnahmen in der Wasserwiederverwendung dar. In diesem Zuge muss ein Risikomanagementplan erstellt werden, welcher die Art, das Ausmaß und die Häufigkeit potenzieller Risiken darstellt und Maßnahmen zur Risikominimierung aufzeigt. Neben der Risikocharakterisierung ist eine Systemanalyse essentiell. Nach

Artikel 3 Nr. 15 EU-WWVO umfasst ein Wasserwiederverwendungssystem für den Anwendungsfall einer landwirtschaftlichen Bewässerung alle technischen Einrichtungen von der kommunalen Abwasserbehandlungsanlage bis zu dem Punkt, an dem aufbereitetes Wasser für die Bewässerung verwendet wird (siehe Quelle:
Abbildung 16).



Quelle: (DWA, 2025a, S. 44)

Abbildung 16: Elemente, Systemgrenzen und Schutzgüter einer Wasserwiederverwendung am Beispiel der landwirtschaftlichen Bewässerung

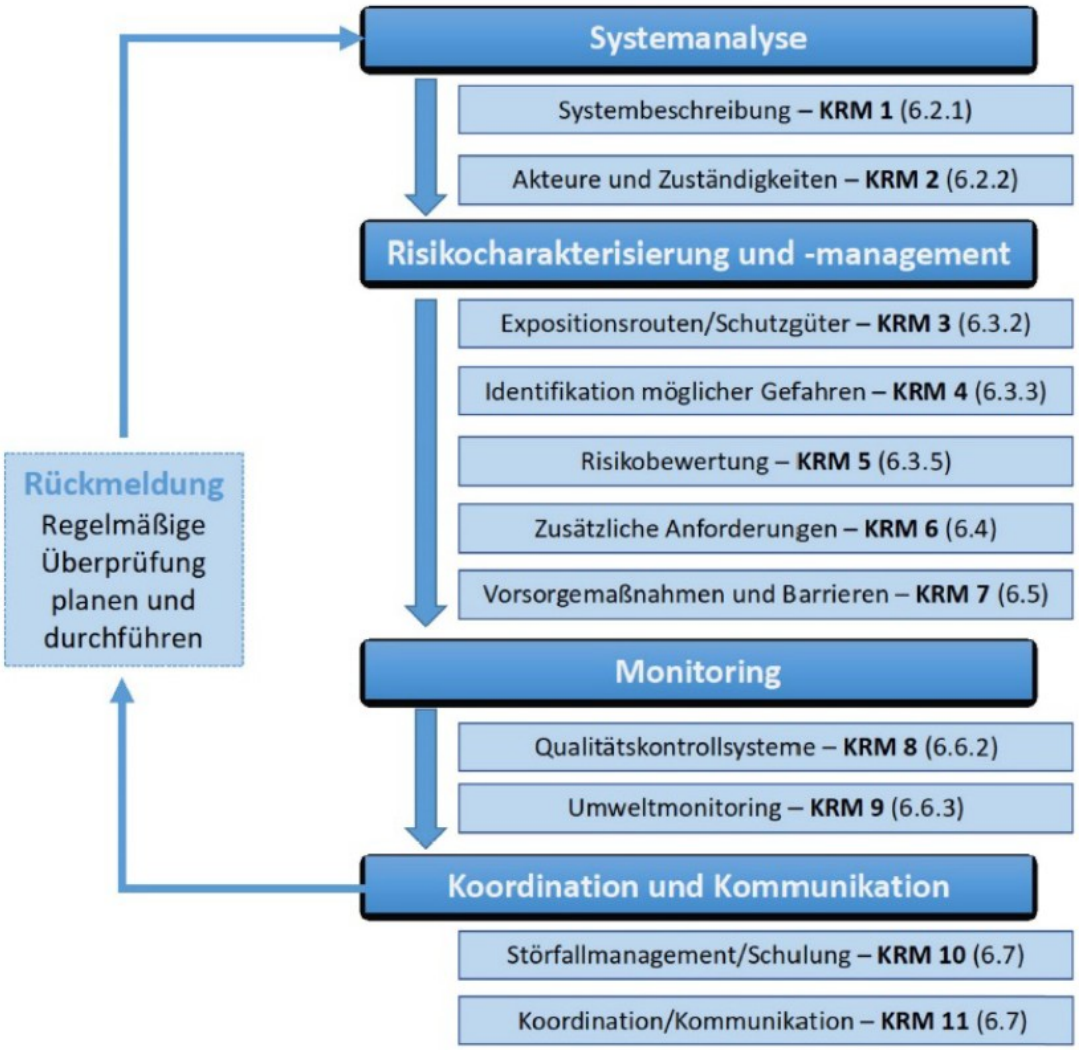
Neben der Beschreibung der Systemgrenzen müssen drei grenzüberschreitende Randbedingungen in Form von Leitfragen definiert werden:

- Charakteristik der Wasserqualität und Verfügbarkeit des Kläranlagenzulaufs
- Definition der Vulnerabilität des betroffenen Vorfluters bezüglich Trockenheit und Niedrigwasser
- Spezifizierung der Verwertungswege bei Bewässerungsanwendungen

Für die Beschreibung des Wasserwiederverwendungssystems müssen folgende Kernelemente näher betrachtet werden:

- Beschreibung der bestehenden Kläranlage
- Beschreibung der weitergehenden Aufbereitung
- Konkretisierung der Verteil- und Speicherinfrastruktur
- Beschreibung der geplanten Bewässerung
- Charakterisierung des Umfelds der Bewässerungsflächen

In Abbildung 17 sieht man eine Übersicht über die Kernelemente des Risikomanagements von der Systemanalyse über die Risikocharakterisierung sowie das Monitoring bis hin zur Koordination und Kommunikation.



Quelle: (DWA, 2025a)

Abbildung 17: Bewertungsrahmen für die Erstellung eines Risikomanagementplans sowie einzelner KRM (engl. „Key Etements of Risk Management“) bei der Wasserwiederverwendung nach Vorgaben der EU-WWVO (Verordnung (EU)2020/741) und ISO 20426:2018 mit Verweisen auf die vertiefenden Abschnitte im Merkblatte DWA-M-1200-1

Für die Erstellung eines Risikomanagementplans sind folgende rechtlichen Grundlagen zu beachten:

- EU Leitlinie (EU 2022/C 298/01)
- Technischer Leitfaden (DWA, 2025e)
- delegierte Verordnung (EU 2024/1765)

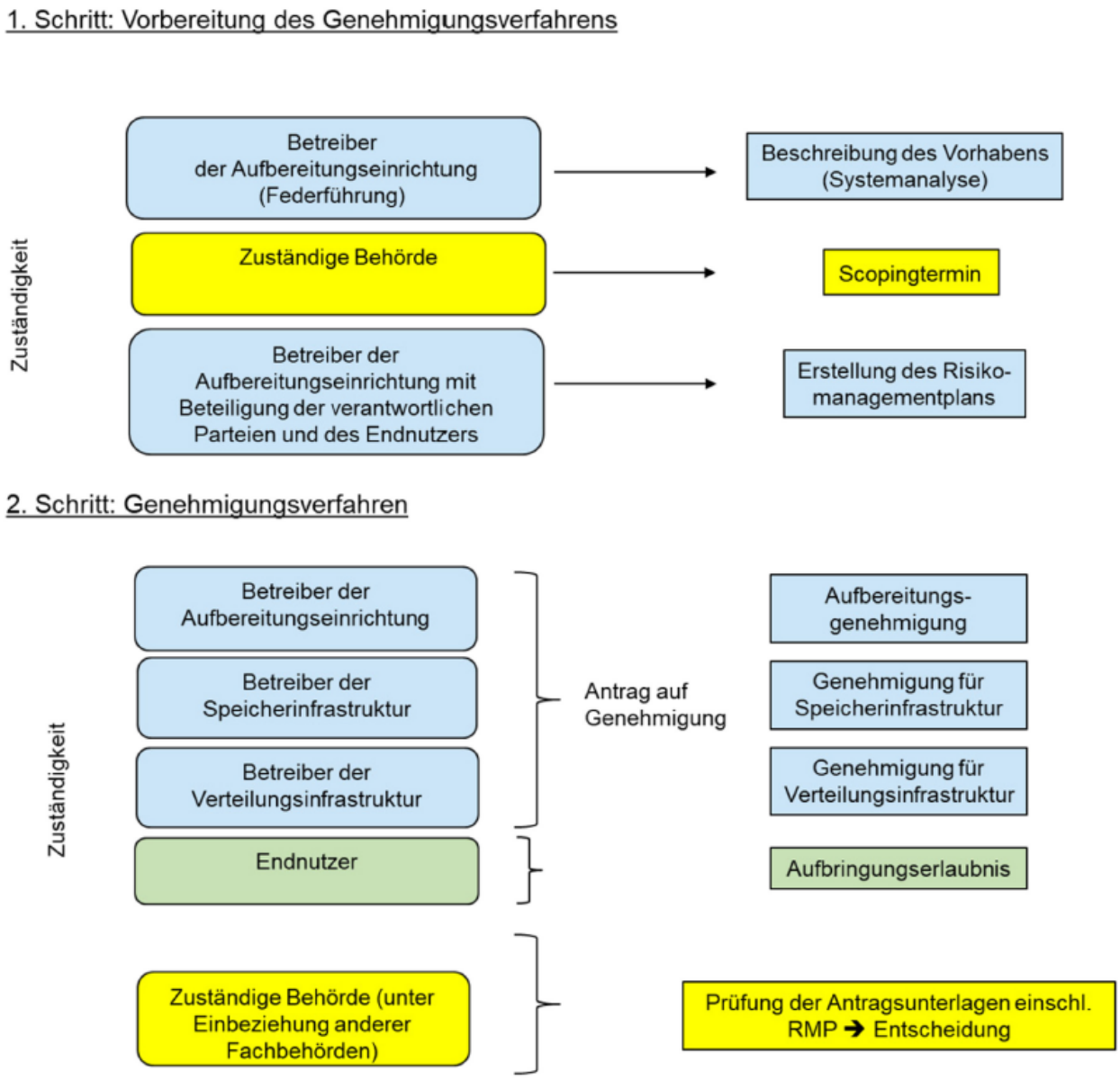
Für die Wasserwiederverwendung sind verschiedene **Genehmigungsverfahren** notwendig.

- Wasseraufbereitungsgenehmigung nach EU-WWVO

- Genehmigung der Verteilungs- und Speicherinfrastruktur nach § 61b WHG
- Aufbringungserlaubnis nach § 61c WHG

Diese Genehmigungen können zum Teil gemeinsam oder in getrennten Verfahren beantragt werden. Die Basis jeden Genehmigungsantrags stellt der bereits erwähnte Risikomanagementplan dar.

In Abbildung 17 sind die notwendigen Vorbereitungs- und Durchführungsschritte eines Genehmigungsverfahrens für eine Wasserwiederverwendung dargestellt. In der Vorbereitungsphase wird das Vorhaben zur Wasserwiederverwendung inklusive einer Systemanalyse und der Zuständigkeiten beschrieben und die entsprechende Behörde über das Vorhaben informiert.



Quelle: (DWA, 2025a)

Abbildung 18: Vereinfachter schematischer Ablauf der Vorbereitung sowie der Durchführung des Genehmigungsverfahrens für ein Vorhaben zur Wasserwiederverwendung mit den jeweiligen Zuständigkeiten

Bei einem Scoping-Termin mit allen verantwortlichen Parteien und den zuständigen Fachbehörden werden Anforderungen an das Wasserwiederverwendungssystem formuliert und der Umfang der erforderlichen Unterlagen und Prüfungen frühzeitig festgelegt. Der Betreiber der Aufbereitungseinrichtung hat im Anschluss den Risikomanagementplan als Grundlage für die Genehmigungsverfahren zu erstellen. Die erforderlichen Antragsunterlagen (wie Bauzeichnungen, Funktionsschemata, Lagepläne, Erläuterungen, Sicherheitsbescheinigungen etc.) sind im Vorfeld mit den zuständigen Behörden abzustimmen, da gemeindeabhängige Unterschiede bei den Anforderungen möglich sind.

5.4.2.3.2 M 1200-2: Anforderungen an die weitergehende Wasseraufbereitung (DWA, 2025b)

Das Dokument „DWA-M 1200-2: Wasserwiederverwendung für landwirtschaftliche und urbane Zwecke in Deutschland – Teil 2: Anforderungen an die weitergehende Wasseraufbereitung“ behandelt die Anforderungen und Verfahren zur Wasserwiederverwendung für urbane, gartenbauliche und landwirtschaftliche Zwecke in Deutschland. Es befasst sich mit der Planung, der Validierung und dem Betrieb der Aufbereitungsverfahren und Infrastruktur zur sicheren Einhaltung der Anforderung.

Wie bereits unter 5.1.1 erläutert, gibt es Mindestanforderungen an die Wasserqualität bei der Wasserwiederverwendung gemäß EU-WWVO und Bundes-WWVO. Dafür wurden spezifische Anforderungen für die Wassergüteklassen (A, B-1, B-2, C-1, C-2 und D) festgelegt. Die Güteklasse A erfordert die höchste Qualität des aufbereiteten Wassers für roh verzehrte Nahrungsmittel. Die geringsten Anforderungen weist die Güteklasse D für Industrie- und Energiepflanzen auf.

In Tabelle A 77 werden die Wassergüteklassen für unterschiedliche Nutzungskategorien dargestellt. Als Erweiterung der EU-WWVO sind die Güteklassen B und C jeweils unterteilt in B-1/B-2 sowie C-1/C-2 und abgestuft in ihren Anforderungen. Die Mindestanforderung an die Wasserqualität der einzelnen Kategorien werden in der Tabelle A 78 näher beschrieben.

Über die Mindestanforderungen an die Wasserqualität bei der Wasserwiederverwendung hinausgehend können im Rahmen des Risikomanagementplans weitere betriebliche oder behördliche Vorgaben gemacht werden, wie z. B.:

- Humanpathogene Mikroorganismen
- Pflanzenviren
- Salze und Ionen
- Organische Stoffe
- Organische Spurenstoffe
- Nährstoffe
- Schwermetalle
- Mikroplastik

Hierdurch können sich weitere Anforderungen an die Aufbereitungstechnik, eingesetzte Materialien und Betriebschemikalien ergeben. Die technische Infrastruktur eines Wasserwiederverwendungssystems beinhaltet alle Bestandteile von der Zulaufstelle des kommunalen Abwassers in die Abwasserbehandlungsanlage über Aufbereitungseinrichtungen, Transport-, Speicher- und Verteilersysteme bis zur Aufbringung des behandelten Wassers durch den Endnutzer. Klar definierte Systemgrenzen, Verantwortlichkeiten und Übergabepunkte sind entscheidend für die Qualitätssicherung. Das gesamte Wasserwiederverwendungssystem ist im Risikomanagementplan detailliert zu beschreiben. Der Übergabepunkt „Stelle der Einhaltung“ in Abbildung 19 ist bindend für die Einhaltung der Qualitätsanforderungen des Wasserwiederverwendungssystems aus Tabelle A 78.

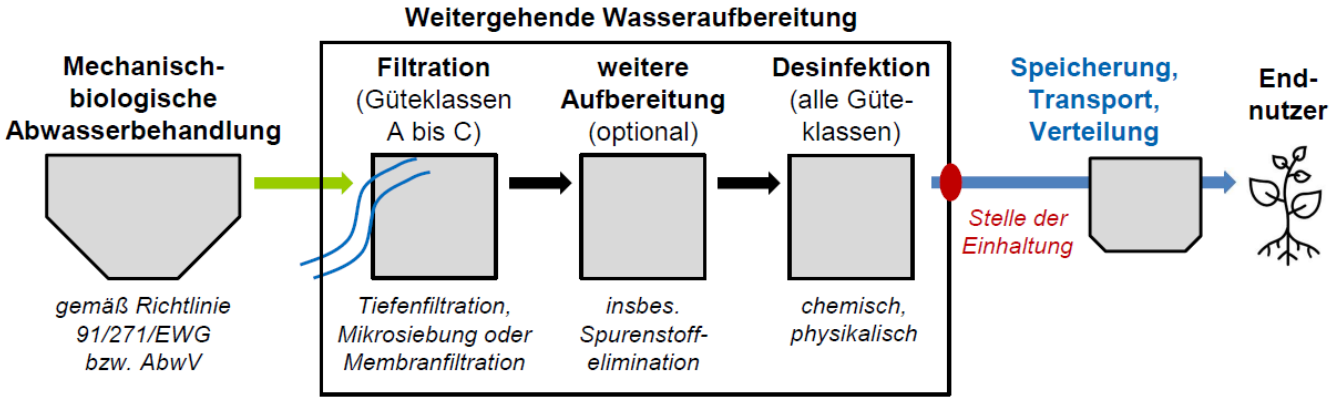


Abbildung 19: Hauptelemente eines Wasserwiederverwendungssystems

Quelle: (DWA, 2025b, S. 29); angepasst von Tim Fuhrmann, 2025

Zusätzlich zu der mechanisch-biologischen Abwasserbehandlung ist für alle Wassergüteklassen eine Desinfektion des aufbereiteten Wassers vorgeschrieben. Diese kann beispielsweise durch folgende Verfahren durchgeführt werden:

- Membranfiltration
- UV-Bestrahlung
- Ozonung
- Chlor und Chlordioxid als Desinfektionsmittel
- Persäuren (Peroxycarbonsäuren) als Desinfektionsmittel
- Wasserstoffperoxid als Desinfektionsmittel

Je nach Anforderungen an die Wasserqualität sind weitere Aufbereitungsmaßnahmen vorzusehen. Um die Einhaltung der Wasserqualitätsstandards dauerhaft zu gewährleisten, sind bei der Wasserwiederverwendung ein übergeordnetes Monitoring und die Überwachung der Aufbereitungsanlagen notwendig. Mithilfe der Überwachung der Betriebsparameter ist eine frühzeitige Erkennung von Abweichungen im Betriebsablauf und etwaige Havarien und somit eine Risikominimierung für Umwelt und Endnutzer möglich. Hierzu sind regelmäßige Probenahmen an definierten Kontrollpunkten (Zu- und Ablauf der

Aufbereitungsstufen, Stelle der Einhaltung) ähnlich des Kläranlagenmonitorings durch den Betreiber und die zuständige Behörde notwendig. Die zu analysierenden Parameter, wie z. B. Durchfluss, Trübung, Licht-Transmission, Leitfähigkeit etc., und die Probenahmehäufigkeit (siehe Tabelle A 79) ergeben sich aus den gesetzlich vorgegebenen Mindestanforderungen an die Wasserqualität und aus dem Risikomanagementplan. Mithilfe von Online-Monitoring ist eine kontinuierliche Überwachung sicherzustellen, die bei Abweichungen der Messparameter Alarme auslöst. Hierdurch ist eine schnelle Einleitung von Gegenmaßnahmen möglich.

5.4.2.3.3 M 1200-3: Verwendung von aufbereitetem Wasser für die Bewässerung in Landwirtschaft, Gartenbau und Grünflächen

Das Dokument „DWA-M 1200-3: Wasserwiederverwendung für landwirtschaftliche und urbane Zwecke in Deutschland – Teil 3: Verwendung von aufbereitetem Wasser für die Bewässerung in Landwirtschaft, Gartenbau und Grünflächen“ beinhaltet Empfehlungen und Regeln für die Bewässerung in:

- Landwirtschaft
- Gartenbau
- urbanen Gebieten
- allgemeiner GaLa-Bau (auch außerhalb urbaner Gebiete)

Das Merkblatt richtet sich vorwiegend an die Anwender des aufbereiteten Wassers. Neben dem aktuellen Stand der Bewässerungstechnik wird die notwendige Wassergüteklasse in Abhängigkeit zum Aufbringungsverfahren betrachtet. Um den Wasserbedarf auch zu Spitzenzeiten absichern zu können, kann eine temporäre **Speicherung** von aufbereitetem Wasser für die Wasserwiederverwendung notwendig sein. Dafür stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- offene ortsfeste Speicher
- geschlossene ortsfeste Speicher
- Transportbehälter

Wie in Tabelle 12 ersichtlich, wird die Wahl des Speichers anhand der zu verwendenden Güteklasse empfohlen.

Tabelle 12: Speichersysteme für zu verwendende Güteklassen

Speichersystem	Zulässige Güteklassen des aufbereiteten Wassers
Geschlossene Speicher	A, B
Offene Speicher	C, D
Transportbehälter	Nach Bedarf

Quelle: (DWA, 2025c, S. 22)

Der **Transport** des aufbereiteten Wassers von der Aufbereitung zum Ort der Anwendung erfolgt über:

- Gerinne
- Druckleitungen
- Transportbehälter

Je nach Verweilzeit des aufbereiteten Wassers zur Bewässerung in Speichern und Leitungen können sich die mikrobiologischen Parameter verändern. Um dem entgegen zu wirken, ist eine **Desinfektion** des Bewässerungswassers notwendig. Je nach technischen Voraussetzungen und Einsatzort kann eine der folgenden möglichen Desinfektionsmaßnahmen oder eine Kombination eingesetzt werden:

- Chlorung
- Ozonung
- Peressigsäure (PES-)Behandlung
- Ultrafiltration
- UV-Bestrahlung
- Wasserstoffperoxid (H_2O_2) Behandlung

Zu beachten beim Umgang mit aufbereitetem Wasser in bewässernden Betrieben ist ein geeigneter **Arbeitsschutz** im Hinblick auf die möglichen Expositionswege.

5.4.3 Weiterentwicklung des rechtlichen Rahmens zur Wasserverwendung in der Landwirtschaft

Die rechtlichen Rahmenbedingungen zur Wasserwiederverwendung befinden sich derzeit in einem dynamischen Entwicklungsprozess. Auslöser ist insbesondere die Umsetzung der Verordnung (EU) 2020/741 über Mindestanforderungen an die Wasserwiederverwendung für die landwirtschaftliche Bewässerung, die eine systematische Trennung zwischen der Abwasserbehandlung und der anschließenden Nutzung von aufbereitetem Wasser vorsieht. Die bislang im nationalen Recht fehlende eindeutige Abgrenzung des Endes der Abwassereigenschaft wird in der fachlichen und gesetzgeberischen Diskussion zunehmend als Hemmnis für Planungssicherheit, Investitionen und eine einheitliche Vollzugspraxis bewertet.

Mit dem Referentenentwurf zur Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes (Kapitel 5.4.2.1) wird angestrebt, die Wasserwiederverwendung als eigenständigen wasserwirtschaftlichen Nutzungszweck zu etablieren. Dabei zeichnet sich ab, dass die Abwassereigenschaft künftig nicht mehr pauschal mit dem Durchlaufen einer Abwasserbehandlungsanlage endet, sondern an das Erreichen definierter Qualitätsanforderungen sowie an eine genehmigte Zweckbindung des aufbereiteten Wassers geknüpft wird. Der Risikomanagementplan soll hierbei eine zentrale Steuerungsfunktion einnehmen und als maßgebliche Entscheidungsgrundlage für Genehmigung, Betrieb und Überwachung dienen.

Für die wasserwirtschaftliche Praxis ist davon auszugehen, dass sich die rechtlichen Anforderungen an die Wasserwiederverwendung in den kommenden Jahren weiter konkretisieren und vereinheitlichen. Auf Landesebene ist mit einer Präzisierung der Zuständigkeiten, der Vollzugshinweise und der fachlichen Bewertungsmaßstäbe zu rechnen. Auf kommunaler Ebene wird sich insbesondere ein Anpassungsbedarf bei Abwasser- und Entwässerungssatzungen ergeben, um Übergabepunkte, Verantwortlichkeiten und Betreiberpflichten rechtssicher zu regeln.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Wasserwiederverwendung perspektivisch von einem bislang einzelfallgeprägten Sonderanwendungsfall zu einem regulären Instrument der integrierten Wasserbewirtschaftung weiterentwickelt wird. Die damit verbundenen rechtlichen Anpassungen sind als steuerbar einzustufen, sofern sie frühzeitig in die Projektplanung integriert und im Dialog mit den zuständigen Fach- und Genehmigungsbehörden berücksichtigt werden.

Die Tabelle 13 dient der strategischen Einordnung der rechtlichen Entwicklungsperspektive sowie der Unterstützung für die frühzeitige Identifikation von Handlungsbedarfen auf kommunaler und Projektebene.

Tabelle 13: Erwartete rechtliche Entwicklungen und Auswirkungen bis zur kommunalen Ebene

Regelungsebene	Zentrale Diskussion / Entwicklung	Erwartete Auswirkungen	Bedeutung für Kommunen und Projekte
EU	Weiterentwicklung und Präzisierung der Anwendung der Verordnung (EU) 2020/741	Vereinheitlichung von Qualitätsanforderungen und Risikomanagement	Klare Mindeststandards, eingeschränkter nationaler Gestaltungsspielraum
Bund	Änderung des WHG (Referentenentwurf) mit Einführung eigenständiger Genehmigungstatbestände	Rechtssichere Abgrenzung der Abwassereigenschaft, höhere Planungs- und Investitionssicherheit	Neue Genehmigungslogik, Trennung von Abwasserbeseitigung und Wasserbereitstellung
Länder	Konkretisierung der Zuständigkeiten und Vollzugshinweise	Vereinheitlichter Vollzug, reduzierte Ermessensspielräume	Frühzeitige fachliche Abstimmung erforderlich
Kommunen	Anpassung von Abwasser- und Entwässerungssatzungen	Neuregelung von Übergabepunkten, Betreiber- und Haftungsfragen	Satzungsrechtlicher Anpassungsbedarf, neue Rollenverteilung
Gebühren- und Abgabenrecht	Diskussion zur Anpassung der Gebührenmaßstäbe	Vermeidung von Fehlanreizen gegen Wasserwiederverwendung	Überprüfung bestehender Gebührenmodelle erforderlich

5.5 Rechtliche Grundlagen und Richtlinien zur Löschwasserbereitstellung

Die rechtlichen Grundlagen für die Löschwasserversorgung in Deutschland sind vielschichtig und umfassen Landesgesetze (insbesondere Feuerwehr- und Baugesetze) sowie technische Normen und Richtlinien, die den benötigten Bedarf und die Umsetzung regeln. Die Bereitstellung einer ausreichenden Löschwasserversorgung ist eine kommunale Pflicht, die auf Landesrecht basiert. Die konkrete Umsetzung und Bedarfsermittlung erfolgt nach den anerkannten Regeln der Technik, insbesondere dem DVGW Arbeitsblatt W 405 und relevanten DIN-Normen. Die Brandschutzdienststellen sind die zuständigen Ansprechpartner bei Fragen und im Genehmigungsprozess.

5.5.1 Gesetzliche Grundlagen

- Landesfeuerwehrgesetze: Die Verpflichtung zur Bereitstellung einer ausreichenden Löschwasserversorgung obliegt grundsätzlich den Gemeinden nach den jeweiligen Feuerwehrgesetzen der Bundesländer. (SächsBRKG)
- Landesbauordnungen: Im Rahmen von Genehmigungsverfahren für Bauvorhaben (Brandschutznachweis/Brandschutzkonzept) werden die Anforderungen an den Brandschutz, einschließlich der Löschwasserversorgung, durch die Bauaufsichtsbehörden und Brandschutzdienststellen geprüft. (Sächsische Bauordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 11. Mai 2016 (SächsGVBl. S. 186), die zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 1. März 2024 (SächsGVBl. S. 169) geändert worden ist)
- Baunutzungsverordnung (§ 17 BauNVO): Diese Verordnung klassifiziert Baugebiete, was wiederum Einfluss auf die Bemessung des Löschwasserbedarfs hat, oft in Verbindung mit technischen Regeln. (Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786), die zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 3. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 176) geändert worden ist)

5.5.2 Ausgewählte Normen und Richtlinien

Der tatsächliche Bedarf und die technischen Details sind in einer Reihe von Normen und Arbeitsblättern festgelegt. Diese sind zwar rechtlich nicht bindend wie Gesetze, werden aber im Genehmigungsprozess und in der Praxis als anerkannte Regeln der Technik herangezogen.

Das DVGW Arbeitsblatt W 405 ist zentral für die Bemessung des Löschwasserbedarfs (Grundschutz und ggf. Objektschutz). Die dort ermittelten Werte sind im Brandschutznachweis anzugeben.

DIN-Normen für Entnahmestellen:

- DIN 4066-B3: Legt die Kennzeichnung von Löschwasserentnahmestellen durch Schilder fest,
- DIN EN 14384 / DIN EN 14339: Regeln die Ausführung von Überflur- bzw. Unterflurhydranten im Trinkwassernetz,
- DIN 14210: Legt Anforderungen an Löschwasserteiche fest,

- DIN 14220: Regelt Löschwasserbrunnen,
- DIN 14230: Behandelt unterirdische Löschwasserbehälter (künstlich angelegte, überdeckte Behälter),
- DIN 14244: Definiert Sauganschlüsse an offenen Gewässern,
- DIN 4066-B3: Legt die Kennzeichnung von Löschwasserentnahmestellen durch Schilder fest.

Nach (FA VB/G, 2018) bestehen seitens der Feuerwehren folgende Anforderungen:

- Hydranten so anzuordnen, dass eine Wasserentnahme durch die Feuerwehr jederzeit leicht möglich ist.
- Für den ersten Löschangriff zur Brandbekämpfung und zur Rettung von Personen ist eine Löschwasserentnahmestelle in einer Entfernung von in der Regel höchstens 75 m Lauflinie zwischen öffentlicher Verkehrsfläche und Grundstückszugang bereitzustellen.
- Die Sicherstellung der Löschwasserversorgung für den Grundschutz kann auch über mehrere Entnahmestellen erfolgen. Dabei sind Entnahmestellen mit einer Leistung von jeweils etwa 400 l/min zulässig, sofern die erforderliche Gesamtlöschwassermenge innerhalb eines Radius von 300 m aus maximal zwei Entnahmestellen bereitgestellt werden kann.
- In Ortsnetzen, die auch der Löschwasserversorgung dienen, soll der Abstand zwischen Hydranten 150 m nicht überschreiten. Größere Abstände sind durch geeignete alternative Löschwasserentnahmestellen zu kompensieren.
- Der Löschwasserbedarf für den Grundschutz beträgt bei niedriger, in der Regel freistehender Bebauung (bis zu drei Vollgeschossen) mindestens 800 l/min. Bei dichterer oder höherer Bebauung ist ein Bedarf von mindestens 1.600 l/min anzusetzen. Die Bereitstellung ist jeweils über eine Dauer von mindestens zwei Stunden sicherzustellen.
- Der erforderliche Löschwasserbedarf ist innerhalb eines Umkreises von 300 m nachzuweisen. Dabei sind tatsächliche Laufwege zu berücksichtigen; unüberwindbare Hindernisse wie Bahntrassen, mehrspurige Verkehrswege oder großflächige Gebäudekomplexe dürfen nicht überschritten werden.
- Bei der Wasserentnahme aus Hydranten ist ein Mindestbetriebsdruck von 1,5 bar sicherzustellen.
- Für Gewerbe- und Industriegebiete können sich aufgrund spezieller rechtlicher Vorgaben, beispielsweise der Muster-Industriebau-Richtlinie, erhöhte Anforderungen an die Löschwasserversorgung ergeben.

5.6 Ergänzendes Landes- und Kommunalrecht

Die bundesrechtlichen Vorgaben des Wasserhaushaltsgesetzes werden im Freistaat Sachsen insbesondere durch das Sächsische Wassergesetz (SächsWG) konkretisiert. Das SächsWG regelt die Zuständigkeiten der Wasserbehörden, die Ausgestaltung wasserrechtlicher Zulassungsverfahren sowie ergänzende Anforderungen an den Schutz von Oberflächen- und Grundwasser. Für Vorhaben der Wasserwiederverwendung sind hierbei insbesondere die Regelungen zu Erlaubnis- und Bewilligungsverfahren, zu Überwachungs- und Anzeigepflichten sowie zu besonderen Schutzgebieten relevant.

Die Zuständigkeiten der Behörden ergeben sich aus der Sächsischen Wasserzuständigkeitsverordnung (SächsWasserZuVO). In der Regel sind die unteren Wasserbehörden bei den Landkreisen bzw. Kreisfreien Städten für Genehmigungen und Überwachungen zuständig. Fachaufsicht und Grundsatzfragen obliegen der oberen Wasserbehörde bei der Landesdirektion Sachsen. Das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) nimmt fachliche Beratungs-, Bewertungs- und Vollzugsunterstützungsaufgaben wahr, insbesondere im Hinblick auf Gewässerzustand, Wasserbewirtschaftung und fachtechnische Standards.

Ergänzend ist das Sächsische Ausführungsgesetz zum Abwasserabgabengesetz (SächsAbwAG) zu berücksichtigen. Änderungen der Abwassermengen oder der Einleitungsfrachten infolge einer Wasserwiederverwendung können Auswirkungen auf die abgabenrechtliche Bewertung haben und sind im Rahmen der Machbarkeitsprüfung zu berücksichtigen.

Auf kommunaler Ebene kommt dem Satzungsrecht eine wesentliche Steuerungsfunktion zu. Abwasser- und Entwässerungssatzungen der Gemeinden bzw. Zweckverbände konkretisieren die Abwasserbeseitigungspflicht, regeln Anschluss- und Benutzungszwänge sowie Anforderungen an Vorbehandlung, Eigenkontrolle und Indirekteinleitungen. Für Projekte der Wasserwiederverwendung sind diese Satzungen maßgeblich, da sie den Übergang von der öffentlichen Abwasserbeseitigung zur weitergehenden Aufbereitung und Nutzung sowie die Abgrenzung der Betreiberverantwortung festlegen. Abweichungen oder Ergänzungen können im Einzelfall satzungsrechtliche Anpassungen erforderlich machen.

Vor dem Hintergrund der Wasserwiederverwendung besteht ein Anpassungsbedarf im kommunalen Satzungsrecht, insbesondere hinsichtlich Abwasserbeseitigungspflicht, Anschluss- und Benutzungszwang sowie Gebührenregelungen. Dabei können Konflikte mit bestehenden Gebührenmodellen entstehen, insbesondere im Hinblick auf das Kostendeckungsprinzip bei sinkenden Einleitungsmengen und unverändertem Infrastrukturbedarf.

Tabelle 14 stellt die für die Wasserwiederverwendung relevanten rechtlichen Ebenen und Regelwerke unter besonderer Berücksichtigung des Landesrechts im Freistaat Sachsen zusammen. Sie ordnet die europäischen und bundesrechtlichen Vorgaben sowie deren landesrechtliche Konkretisierung,

insbesondere durch das Sächsische Wassergesetz und die zuständigen Vollzugsbehörden, ein. Die ausgewiesene Projekt-Relevanz dient der priorisierten Berücksichtigung rechtlicher Anforderungen im weiteren Planungs- und Genehmigungsprozess.

Tabelle 14: Überblick über maßgebliche Rechtsgrundlagen, Zuständigkeiten und Projekt-Relevanz

Ebene	Zentrale Rechtsgrundlagen	Zuständige Stellen in Sachsen	Bedeutung	Relevanz
EU	Verordnung (EU) 2020/741; Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG; Kommunalabwasserrichtlinie RL 2024/3019/EU		Mindestanforderungen, Risikomanagement, Gewässerschutz	hoch
Bund	Wasserhaushaltsgesetz (WHG); Abwasserverordnung (AbwV); Grundwasserverordnung (GrwV); DüngeG / DüV		Genehmigungstatbestände, Schutzgüter	hoch
Land Sachsen	SächsWG; SächsAbwAG; SächsWasserZuVO; EigenkontrollVO	Untere Wasserbehörden; Landesdirektion Sachsen; LfULG	Konkretisierung von Zulassung und Überwachung	hoch
Kommunal	Abwasser- und Entwässerungssatzungen; Zweckverbandssatzungen	Gemeinden; Abwasserzweckverbände	Betreiberpflichten, Anschluss- und Nutzungsfragen	mittel bis hoch
Technische Regeln	DWA-M 1200; DIN- und ISO-Normen	Betreiber / Behörden	Auslegung, Betrieb, Stand der Technik	mittel

Eine ausführliche tabellarische Übersicht der rechtlichen Regelungen auf europäischer, Bundes- und sächsischer Landesebene kann in Anhang B 9 eingesehen werden.

5.7 Fazit

Die Untersuchungen zu den rechtlichen Grundlagen zeigen, dass die Wasserwiederverwendung aufbereiteten kommunalen Abwassers bereits heute in einen weitgehend bestehenden, jedoch fortentwicklungsbedürftigen rechtlichen Rahmen eingebettet ist. Dabei ist zu betonen, dass die meisten Ausführungen und Regelungen in den vorherigen Abschnitten den Anwendungsfall der landwirtschaftlichen Bewässerung betreffen und hier auf Bundes- und Landesebene durchaus noch immenser Regelungsbedarf besteht. Für den Anwendungsfall der Nutzung von kommunalem Abwasser als Brauchwasser für die Industrie gibt es bislang keine expliziten rechtlichen Vorgaben.

Auf europäischer Ebene bestehen mit der Verordnung (EU) 2020/741 verbindliche Mindestanforderungen, die durch das nationale Wasserrecht sowie die landesrechtlichen Regelungen im Freistaat Sachsen konkretisiert werden. Grundlegende rechtliche Ausschlusskriterien für die Wasserwiederverwendung sind im untersuchten Kontext nicht ersichtlich.

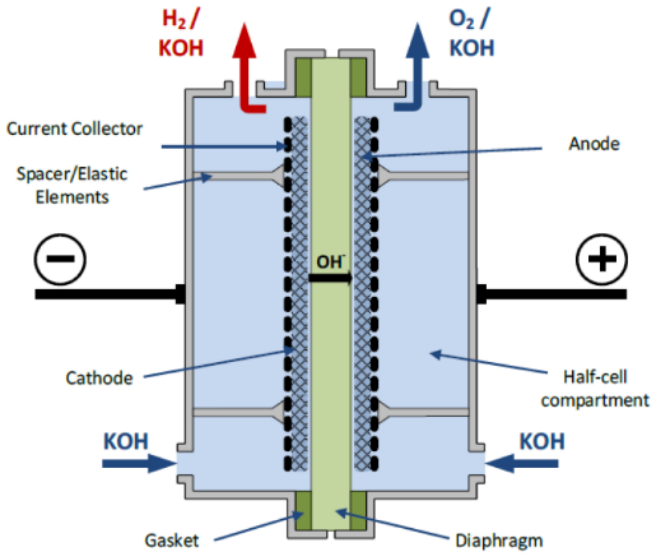
Gleichzeitig wurde aufgezeigt, dass sich die rechtlichen Rahmenbedingungen derzeit weiterentwickeln, insbesondere im Hinblick auf die Abgrenzung der Abwassereigenschaft und die geplanten Anpassungen des Wasserhaushaltsgesetzes. Diese Entwicklungen zielen auf eine klarere rechtliche Einordnung und eine Vereinheitlichung der Genehmigungspraxis ab.

Auf Landes- und kommunaler Ebene ist mittelfristig mit punktuellen Anpassungen von Zuständigkeiten, Vollzugshinweisen und Satzungen zu rechnen. Insgesamt erscheint die Wasserwiederverwendung rechtlich grundsätzlich umsetzbar. Bei der Planung von Wasserwiederverwendungsprojekten sollten die zuständigen Fach- und Genehmigungsbehörden frühzeitig eingebunden werden.

6 Technische Grundlagen zur Wasserstofferzeugung durch Wasserelektrolyse

Zum besseren Verständnis der nachfolgenden Kapitel mit dem Fokus der wasserwirtschaftlichen Betrachtungen werden zunächst die technischen Grundlagen der Wasserstofferzeugung mittels Elektrolyse erläutert.

Die bisher bekannteste und am meisten etablierte Form der Wasserelektrolyse ist die alkalische Elektrolyse (AEL). Entsprechend der Leistungsbeschreibung, die vorliegender Machbarkeitsstudie zugrunde gelegt ist, war der Schwerpunkt der Betrachtungen auf die alkalische Elektrolyse AEL zu richten. Bereits Mitte des 20. Jahrhunderts erreichte sie Marktreife und findet Anwendung in Elektrolyse-Anlagen mit einer Leistung von bis zu 130 MW. Eine Besonderheit der AEL ist die Verwendung von wässriger Kalilauge als Elektrolyt (Quelle:
Abbildung 20). Der hohe technologische Reifegrad und die daraus resultierenden, vergleichsweise niedrigen Investitionskosten, gepaart mit verhältnismäßig hoher Langzeitstabilität, sind die wesentlichen Vorteile dieser Technologie (Nasser, Megahed, Ookawara, & Hassan, 2022; Lange, Klose, Lippmann, & Urbas, 2023; Holst, Aschbrenner, Smolinka, Voglstätter, & Grimm, 2021).



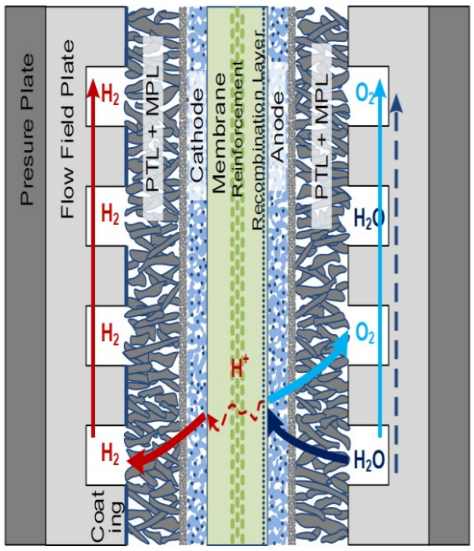
Quelle: (Holst, Aschbrenner, Smolinka, Voglstätter, & Grimm, 2021)

Abbildung 20: Schematische Darstellung einer AEL-Zelle

Ein weiteres Verfahren, das zur Wasserstoffherstellung kommerziell einsetzbar ist, ist die Elektrolyse mit „Polymer-Elektrolyt-Membran“, beziehungsweise „Protonen-Austausch-Membran“ (PEM). Hauptmerkmal der PEM ist die Benutzung eines festen Elektrolyten, der von Wasser umspült wird und einer festen Membran, die Anode und Kathode räumlich voneinander trennt.

Die PEM ist im Vergleich zur AEL eine eher junge Technologie und geht aus diesem Grund und wegen Verwendung kritischer Rohmaterialien (insb. Iridium, Titan, Platin als Katalysatoren) bisher mit eher

höheren Investitionskosten einher. Dafür besitzt die PEM ein gutes Lastwechselverhalten und kann somit schnell auf Schwankungen der zugeführten Energiemenge reagieren und gut in Teillast arbeiten (Nasser, Megahed, Ookawara, & Hassan, 2022; Holst, Aschbrenner, Smolinka, Voglstätter, & Grimm, 2021; Buttler & Spliethoff, 2017). Aufgrund des hohen Katalysatoreinsatzes stellt die PEM höhere Anforderungen an die Qualität des eingesetzten Elektrolysewassers.



Quelle: nach (Holst, Aschbrenner, Smolinka, Voglstätter, & Grimm, 2021)

Abbildung 21: Schematische Darstellung einer PEM-Zelle

Aufgrund der derzeitigen Bemühungen, die Effizienz durch Technologieentwicklung deutlich zu steigern, ist davon auszugehen, dass sich beide Verfahren in puncto Gesamt-Systemkosten in wenigen Jahren nahezu angenähert haben werden (Holst, Aschbrenner, Smolinka, Voglstätter, & Grimm, 2021).

6.1 Spezifische Energieverbräuche

Der Strombedarf der Wasserstoffelektrolyse liegt für die Erzeugung von 1 kg Wasserstoff bei der klassischen Alkalischen Elektrolyse (AEL) im Bereich von etwa 40 bis 80 kWh Strom (Holst, Aschbrenner, Smolinka, Voglstätter, & Grimm, 2021). Moderne AEL-Anlagen aber erreichen bereits einen Wirkungsgrad von ca. 60-70 % in Bezug auf den Brennwert des Wasserstoffs. Der typische Strombedarf für die alkalische Elektrolyse (AEL) in kommerziellen Anlagen liegt dann bei etwa 50 bis 53 Kilowattstunden (kWh) pro Kilogramm Wasserstoff. Dies entspricht einem elektrischen Wirkungsgrad von etwa 74 % (bei 53 kWh Verbrauch) bis 79 % (bei 50 kWh Verbrauch).

Die Effizienz der Wasserstofferzeugung ist ein Schwerpunkt intensiver Forschungsaktivitäten. Zukünftige Technologien könnten Wirkungsgrade von bis zu 98 % erreichen. Dann würden nur noch 40,4 Kilowattstunden Strom für ein Kilogramm Wasserstoff benötigt, was zu einer signifikanten Reduzierung des Energieverbrauchs führt (Energy boosted, 2024).

6.2 Wasserverbräuche

Eine 100-MW-Elektrolyseanlage verbraucht bei 4.000 Betriebsstunden pro Jahr etwa 76 Millionen Liter Wasser, wie eine Schätzung des GET H2 zeigt (GET H2, 2025).

Im Vergleich zu anderen heute üblichen großtechnischen Prozessen, die viel Wasser verbrauchen, benötigt die Produktion von Wasserstoff durch Elektrolyse für die gleiche Energiemenge weniger als die Hälfte des Wassers, das für die Stromerzeugung aus Kohle oder Kernkraft benötigt wird (GET H2, 2025).

Zur Herstellung von 1 kg Wasserstoff werden rein stöchiometrisch 8,92 kg (9 Liter) Wasser benötigt. In der Praxis ist der tatsächliche Wasserverbrauch jedoch deutlich höher. Dies ist durch den Wirkungsgrad der Elektrolyseverfahren und Verdunstungsverluste bedingt. Letztere betragen ca. 7,4 % des eingesetzten Reinstwassers.

Der prozessbedingte Wasserverbrauch der Alkalischen Elektrolyse liegt gegenwärtig bei 22,3 Litern Wasser pro Kilogramm Wasserstoff. Die PEM-Elektrolyse hat mit durchschnittlich etwa 17,5 Litern pro Kilogramm Wasserstoff den geringeren spezifischen Wasserverbrauch unter beiden Methoden. Für die Wasseraufbereitung zur Herstellung des für die Elektrolyse benötigten Reinstwassers sowie für die Prozesskühlung (Gaskompressoren etc.) kann für beide Verfahren ein zusätzlicher Wasserverbrauch von 12 - 30 l/kg H_2 anfallen (DVGW, 2023). Je nach Kühlsystem fällt dabei der Kühlwasserbedarf recht unterschiedlich aus.

Im Falle einer Durchlaufkühlung wären 930 - 2.460 kg H_2O/kg H_2 notwendig. Die Durchlaufkühlung ist aber nur anwendbar, wenn große Mengen Oberflächenwasser in der unmittelbaren Umgebung zur Kühlwasserentnahme und Wiedereinleitung zur Verfügung stehen. Die Abwärmebelastung für das aufnehmende Gewässer kann durch die Abgabe der Abwärme durch Verdunstungskühlung in einem Kühlturm reduziert werden (Ablaufkühlung). Durch Kreislaufkühlung kann der Kühlwasserbedarf auf 17 – 40 kg H_2O/kg H_2 drastisch verringert werden (DVGW , 2024).

Bei Nutzung von Luftkühlung (Trockenkühlsysteme) wird kein Wasser für die Prozesskühlung verbraucht (DVGW , 2024).

6.3 Nebenprodukte der Elektrolyse

Bei der Erzeugung von Wasserstoff in Elektrolyseanlagen fällt als Nebenprodukt Sauerstoff an. So entstehen ca. 15 t Sauerstoff pro Stunde in einer 100 MW-Anlage und werden in der Regel in die Atmosphäre abgegeben (Fraunhofer IKTS, 2025).

Großtechnisch wird Sauerstoff bisher kostenintensiv durch Druckwechseladsorption, Vakuumwechseladsorption und kryogene Luftzerlegung hergestellt. Je nach Verfahren liegen die Erzeugungskosten

zwischen 8,5 und 22,5 ct/Nm³. Die Verwendung des elektrolytisch hergestellten Sauerstoffes könnte eine kostengünstige Alternative hierzu darstellen.

Als Hauptabnehmer wurden die Metallurgie, Glas- und Keramikindustrie, Zementindustrie, dezentrale medizinische Versorgung, Aquafarming und Abwasserbehandlungsanlagen identifiziert (Fraunhofer IKTS, 2025).

In Abwasserbehandlungsanlagen könnte Sauerstoff unmittelbar zu Ozon umgewandelt und dieses zur Spurenstoffentfernung in der vierten Reinigungsstufe einer kommunalen Kläranlage eingesetzt werden. Darüber hinaus bestünde die Möglichkeit, ihn direkt in die aerobe Belebungsstufe einzutragen. Auf den energieintensiven Lufteintrag durch Gebläse könnte so verzichtet werden.

Wärme, ein weiteres Nebenprodukt, wird, wenn sie nicht genutzt wird, schlimmstenfalls in die Atmosphäre abgegeben. Allein mit der Prozesswärme stünde bei einer 100 MW-Anlage ein Rückgewinnungspotenzial von 31 MW zur Verfügung (GET H2, 2025).

Durch die Rückgewinnung dieser Abwärme können Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Wasserstofferzeugung gesteigert werden. Hierfür müssen jedoch bestimmte Voraussetzungen, wie ein in der Nähe gelegenes Fernwärmenetz oder andere Einsatzmöglichkeiten gegeben sein. Außerdem ist die Temperatur der Abwärme mit 50-60 Grad vergleichsweise niedrig und muss eventuell durch Wärmepumpen auf 90 °C angehoben werden. Denkbar wäre die Abwärmenutzung ebenfalls für:

- Vorwärmen des Elektrolyse-Speisewassers
- Verwendung in Nah- und Fernwärmenetzen
- Erhöhung der Quelltemperatur und Effizienzsteigerung von Wärmepumpen
- Nutzung in benachbarten Industriebetrieben

Werden die Wasserstoffelektrolyseanlagen mit Erneuerbaren Energien betrieben, so steht die Abwärme jedoch nur diskontinuierlich und daher nicht als Grundlast zur Verfügung (Klaas, Leibfritz, & Walde, 2025a).

6.4 Wasseraufbereitung zur Herstellung des Elektrolysespeisewassers

Zur Herstellung von Wasserstoff durch Elektrolyse wird hochreines Wasser (Tabelle 15) als Ausgangsmaterial benötigt, das jedoch nicht zwingend aus Süßwasserquellen stammen muss. Ohne eine ordnungsgemäße Wasseraufbereitung können Verunreinigungen im Speisewasser die für die Wasserstoffelektrolyse eingesetzten Katalysatoren vergiften und deaktivieren, was infolge höherer Zellspannungen zu einer starken Verschlechterung des Wirkungsgrades der Elektrolysezellen führt. Daher ist die Wasseraufbereitungsanlage als grundlegender Bestandteil eines jeden Elektrolysesystems zu betrachten. Nur so kann sichergestellt werden, die Qualitätsanforderungen an das benötigte ultrareine Wasser

zu garantieren. Mit Hilfe dieser Systeme kann Wasser nahezu jeder Qualität in dem für die Elektrolyse erforderlichen Umfang gereinigt werden.

Es gibt bewährte Technologien, mit denen sich Meerwasser, Industrieabwasser, kommunales Abwasser oder Wasser aus Lebensmittelabfällen so weit aufbereiten lassen, dass sie als Reinstwasser zur Wasserstofferzeugung eingesetzt werden können. Diese Technologien sind kommerziell ausgereift und werden bereits industriell im großen Maßstab eingesetzt. Ihr Einsatz ist mit geringen zusätzlichen Kosten und einem niedrigen Energiebedarf verbunden. Oft erhöht sich der Wasserstoffpreis um nicht mehr als 0,10 $/kg und der Stromverbrauch beträgt nur ein Prozent des für die Elektrolyse benötigten Stroms. Der Kostenanteil des Wasseraufbereitungssystems an den Gesamtkosten von großtechnischen Elektrolysesystemen beträgt in der Regel 1–2 % mit abnehmender Tendenz bei höheren Systemkapazitäten (Holst, Aschbrenner, Smolinka, Voglstätter, & Grimm, 2021).

Betrachtet man potenzielle Wasserquellen, so wird für die Herstellung des Elektrolyse-Speisewassers aufgrund der Vorteile einer stabilen Versorgung, allgemein niedriger Kosten und geringeren Aufwands für behördliche Genehmigungen, gegenwärtig am häufigsten Leitungswasser (elektrische Leitfähigkeit typischerweise 100-1.000 µS/cm) aus öffentlichen Netzen verwendet. Die Verwendung von Meer- und Abwasser ist ebenfalls möglich, jedoch verursachen die Vorbehandlungsprozesse zusätzliche Kosten. Letztere hängen in hohem Maße von der Wasserquelle, der Transportentfernung und der möglichen Abfallentsorgung ab.

Die Herstellung von Elektrolysewasser unterteilt sich in der Regel in eine Vorbehandlungsstufe und eine Reinstwasserstufe. Die Vorbehandlungsstufe kann je nach Wasserqualität, einzeln oder in Kombination aus Enteisenung, Tiefen- oder Membranfiltration, Enthärtung, Aktivkohlefiltration und Entkeimung bestehen. Die nachgeschaltete Reinstwasserstufe besteht dann aus einer zweistufigen Umkehrosmose (UO), Membranentgasung, Elektrodeionisation, UV-Desinfektion und Sterilfilter (UF <0,2 µm), bevor das Prozesswasser der Elektrolyse zugeführt werden kann. Um den Rohwasserverbrauch deutlich zu reduzieren, empfiehlt es sich, einzelne Teilströme der Vorbehandlung und Reinstwasserstufe prozessintern im Kreislauf zu führen. So kann eine zusätzliche Wasserspar- oder Konzentratstufe zwischen den beiden UO-Stufen der Reinstwasserstufe zu einer deutlichen Erhöhung der Wasserausbeute beitragen. Die Produktwasserausbeute nur der UO-Stufe lässt sich so von üblicherweise 70 - 80 % auf bis zu 94 % steigern.

Obwohl die erforderliche Wasserleitfähigkeit für Wasserelektrolysesysteme vom Hersteller festgelegt wird, wird für die meisten Systeme eine Leitfähigkeit des Speisewassers von max. 1 µS/cm gemäß ASTM D1193-99e1 Typ II und eine Gesamtmenge an gelösten Feststoffen von <0,5 ppm empfohlen. Insbesondere die PEM-Elektrolyse kann jedoch niedrigere Leitfähigkeiten (< 0,1 µS/cm) erfordern. Tabelle 15 gibt eine Übersicht zur Qualität des Wassers, das zur Speisung von Wasserstoffelektrolyseanlagen benötigt wird.

Tabelle 15: Qualitätsanforderungen an das Elektrolyse-Speisewasser

Parameter	PEM	AEL
Leitfähigkeit [µS/cm]	< 0,08 bei 25 °C	< 0,5 bei 20 °C
Kieselsäure (SiO2) [µg/l]	< 3	< 1000
Sulfate ($SO4^{2-}$) [µg/l]	k. A.	< 800
Eisen (Fe) [µg/l]	<5	k. A.
Aluminium (Al3+) [µg/l]	0,7	0,7
Chrom (Cr) [µg/l]	<5	K. A.
Kupfer (Cu) [µg/1]	< 5	K. A.
Zink (Zn) [µg/l]	< 5	K. A.
Natrium (Na) [µg/l]	< 5	K. A.
Chlorid (Cl-) [µg/l]	< 5	<10
Kohlenstoffdioxid (CO2) [µg/l]	k. A.	<1000
Carbonat ($CO3^{2-}$) [µg/l]	k. A.	<2000
Total Organic Carbon (TOC) [µg/l]	<200	k. A.
Partikel frei von Partikeln	frei	k. A.
Druck Eingang Elektrolyse [barü]	2	34
Temperatur Eingang Elektrolyseur	2-50	5-40

Quelle: Herstelleranforderungen

7 Beschreibung der wasserwirtschaftlichen Ausgangssituation

Damit eine Einschätzung der Machbarkeit der Abwasserwiederverwendung aus wasserseitiger Sicht getroffen werden kann, erfolgt in vorliegendem Kapitel die Darstellung der Abwassermengen und deren Qualitäten an den vier betreffenden Kläranlagen Görlitz-Nord, Niesky, Rothenburg/O.L. und Kodersdorf. Ebenfalls betrachtet wurde der gegenwärtige Wasserhaushalt in den Einzugsgebieten der betroffenen Oberflächenwasserkörper (OWK) und Fließgewässer, ihr gegenwärtiger Zustand und der aktuelle mengenmäßige Einfluss der Kläranlageneinleitungen auf diese.

Die Ermittlung der Abwassermengen sowie der chemischen Beschaffenheit erfolgte auf der Basis der Betriebsprotokolle (siehe Anhang B 10) der einzelnen Kläranlagen für die genannten Zeiträume:

- ZKA Görlitz vom 01.01.2022 - 31.12.2024,
- ZKA Niesky, ZKA Rothenburg/O.L., ZKA Kodersdorf vom 01.01.2021 - 31.12.2024
- ZKA Görlitz, ZKA Rothenburg/O.L. 15-Minuten-Messwerte vom 18.10.2025 bis 31.10.2025

Die Tabelle 16 zeigt auf, welche Parameter als Grundlage für die Berechnungen verschiedener Aspekte wie Frachtermittlung, Speichergrößenbemessung etc. verwendet wurden.

Darüber hinaus lagen keine Informationen für weitere Parameter (z. B. Spurenstoffe, Salze, Metalle) vor, die hinsichtlich der Bemessung der Aufbereitungsstufen, für die Beurteilung des chemischen Zustands der Fließgewässer oder für Aussagen zu erreichbaren Wasserqualitäten benötigt wurden. Auf Beschluss des 1. Stakeholderworkshops sowie im Ergebnis der Abstimmungen mit dem LfULG, der Landesdirektion Sachsen sowie mit der zuständigen unteren Wasserbehörde (Anhang B 1) wurde eine zusätzliche Beprobung der Kläranlagenabläufe (Anhänge C 1, C 2, und C 3) vorgenommen. Die Analysenwerte der Beprobungen der Klarwasserabläufe der Kläranlagen sowie der Fließgewässer wurden den nachfolgenden Betrachtungen zugrunde gelegt.

Tabelle 16: Datenbasis zur Mengenermittlung und Frachtberechnung

Parameter	Berechnungsgrundlage für
Tagesablaufmenge (Niesky, Rothenburg/O.L., Kodersdorf) Tageszulaufmenge (Görlitz)	Stündlicher Durchsatz, Frachten, statistische Auswertung, Ermittlung der nutzbaren Wassermengen Tagesganglinien, Speichergröße (Görlitz, Rothenburg/O.L.)
Konzentrationen der Überwachungswerte, wie CSB, BSB, N, P, TOC im Anlagenablauf	Frachtermittlung und Prozesssimulationen der Aufbereitungsanlagen

7.1 Darstellung der Abwassermengen und deren Verfügbarkeit

Die Darstellung der verfügbaren Abwassermengen ist eine der Hauptgrundlagen zur Beurteilung der Machbarkeit des Vorhabens. Dieses Kapitel betrachtet zunächst die Abwasserverhältnisse an den vier einzelnen Kläranlagen, bevor die für das Vorhaben nutzbaren Wassermengen aufgezeigt werden.

So beträgt der Mindest-Rohwasserbedarf z.B. für die Aufbereitung von Klarwasser zur Wasserstoffelektrolyse in der ersten Phase einer Größenordnung von ca. 20 m^3/h. In der zweiten Phase werden ca. 200 m^3/h benötigt (siehe Kapitel 1.1). In den nachfolgenden Abschnitten wird betrachtet, an wie vielen Tagen diese Mengen an den einzelnen Standorten zur Verfügung stehen.

Zusätzlich ist die Anzahl der Trockenwettertage aufgeführt. Sie kennzeichnet die Tage, an denen die Kläranlagen im Wesentlichen mit Schmutzwasser aus Haushalten, Gewerbe und Industrie sowie einem weitgehend konstanten Fremdwasserzufluss belastet wird, ohne signifikanten Niederschlagseinfluss. Zusätzlich gibt sie Aufschluss über die Stabilität der niederschlagsunabhängigen Basisabflüsse und damit über die Mindestverfügbarkeit der Abwassermengen. Trockenwetterphasen fallen häufig mit Niedrigwasserperioden im Vorfluter zusammen. In diesen Zeiträumen können trotz vorhandener Ablaufmengen hydrologische Entnahmerestriktionen relevant werden.

7.1.1 Zentrale Kläranlage Görlitz-Nord

Die mittleren stündlichen Abwassermengen $Q_{h,m}$ für die Kläranlage Görlitz wurden anhand der Tagesdurchflüsse (Anlagenzulauf) im Zeitraum vom 01.01.2022 bis zum 31.12.2024 ermittelt. Die Jahresabwassermengen (JAM) sowie die mittleren stündlichen Abwassermengen sind in Tabelle 17 dargestellt.

Der minimale Tagesabfluss $Q_{d,min}$ über den Beobachtungszeitraum betrug 6.130 m^3/d bzw. 255 m^3/h (23.11.2023) und der Maximaldurchfluss betrug ca. $Q_{d,max}$ 27.600 m^3/d bzw. 1.150 m^3/h (13.09.2024). (Abbildung 22). Abbildung 23 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Tagesmengen der ZKA Görlitz anhand von Perzentilen.

Tabelle 17: ZKA Görlitz-Nord mittlere stündliche Abwassermengen $Q_{h,m}$, JAM und Verfügbarkeit

Parameter	2022	2023	2024
$Q_{h,m}$	384 m^3/h	408 m^3/h	415 m^3/h
Jahresabwassermenge	3.362.900 m^3	3.573.500 m^3	3.658.150 m^3
Trockenwettertage	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben

Die maximal zur Wasserwiederverwendung genutzte Wassermenge am Standort Görlitz sollte den minimalen Tagesabfluss nicht überschreiten. Allerdings sollte der oben genannte Minimaldurchfluss von 255 m^3/h nur als Orientierungswert betrachtet werden.

Für die exakte Festlegung der verfügbaren Wassermenge sollten in anknüpfenden Studien

unterschiedliche Tagesganglinien über einen längeren Zeitraum statistisch bewertet werden. Die den Tagesganglinien zugrunde liegenden Messwerte können zur Bemessung von ggf. Vergleichmäßigungsbecken verwendet werden.

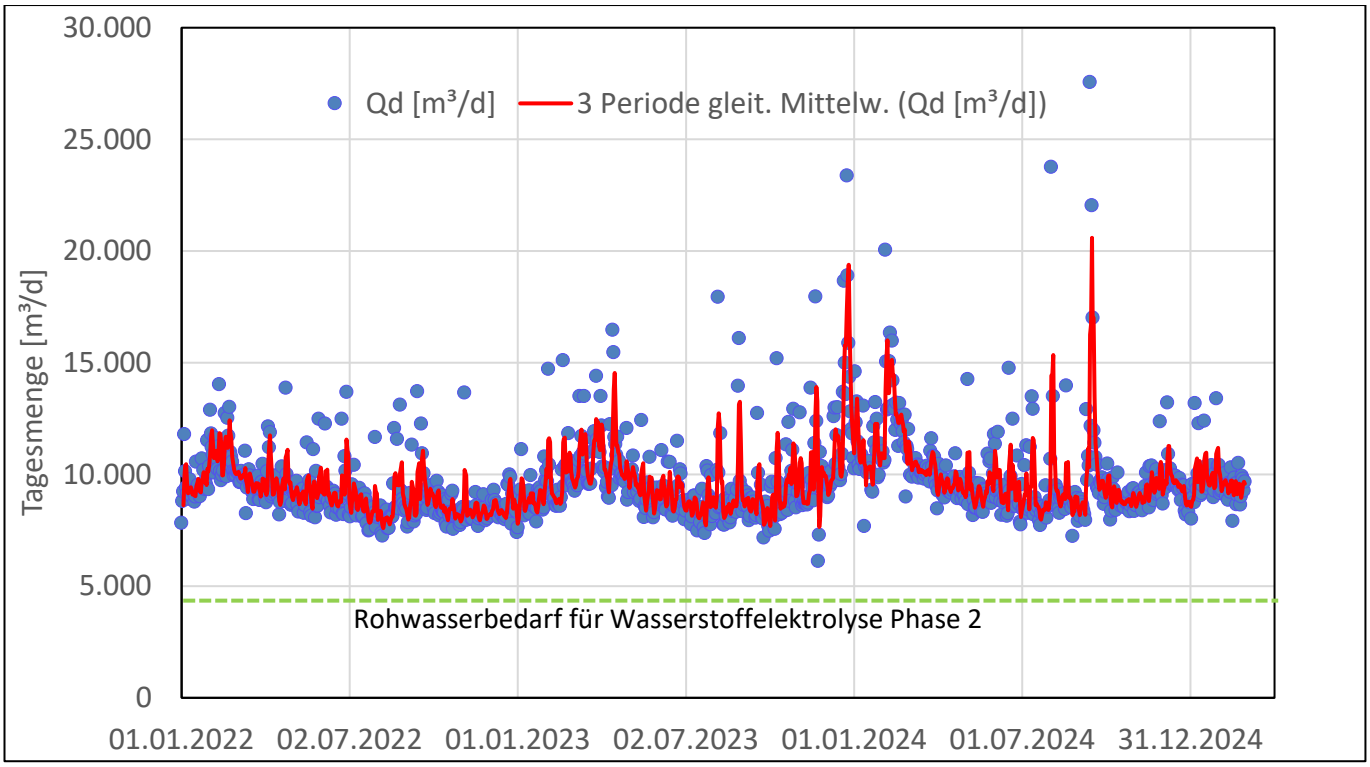


Abbildung 22: Ganglinie der Tagesdurchflussmengen KA Görlitz vom 01.01.2022 bis 31.12.2024

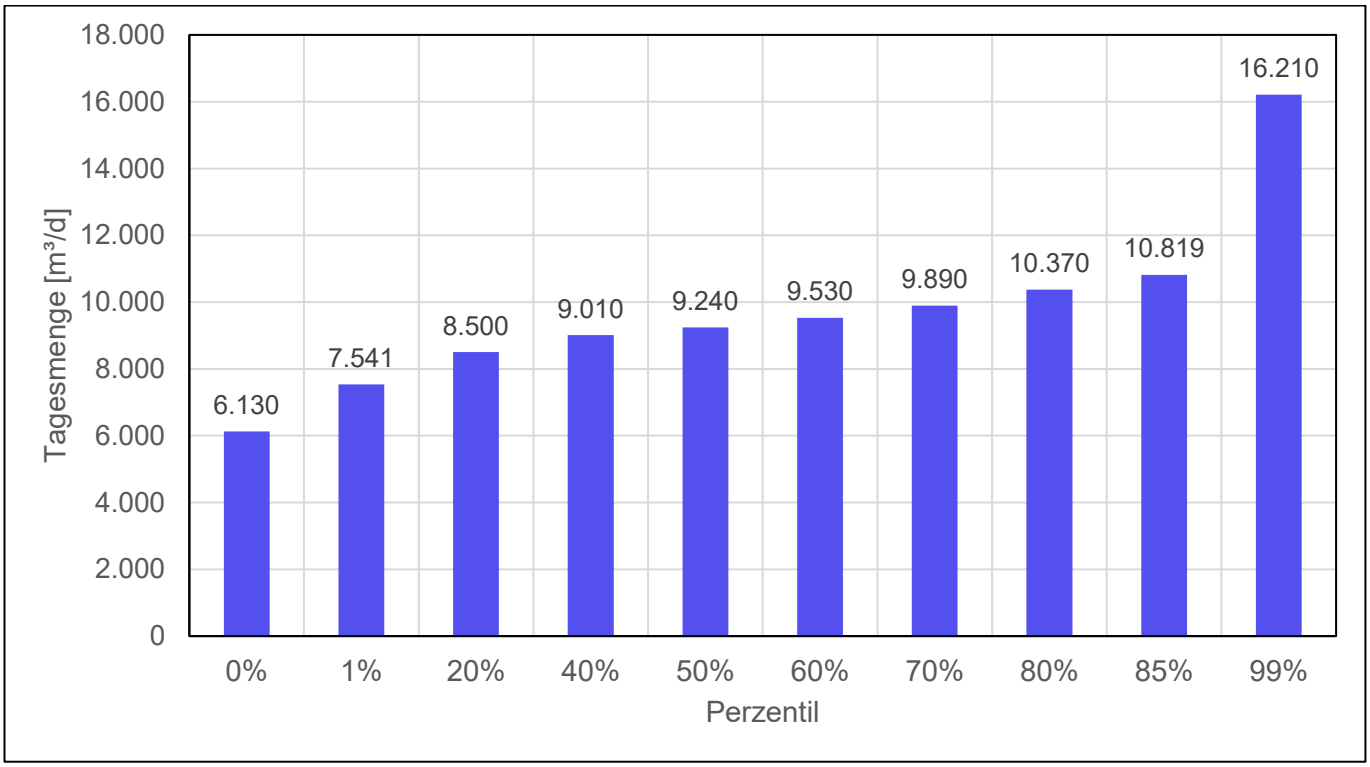


Abbildung 23: Perzentile der Tagesmengen KA Görlitz im Zeitraum vom 01.01.2022 bis 31.12.2024

In Abbildung 24 sind für die ZKA Görlitz-Nord sowohl eine Tagesganglinie bei Trockenwetter als auch eine bei Regenwetter gezeigt, die im Zeitraum vom 18.10.2025 bis 31.10.2025 auf der Basis von 15-Minuten-Messwerten ermittelt wurden. Für die Absicherung eines vergleichmäßigten Klarwasservolumenstromes zur Wasserstoffherstellung (Phase 2: 200 m³/h) wäre demnach in den Nachtstunden ein entsprechend dimensionierter Zwischenbehälter erforderlich.

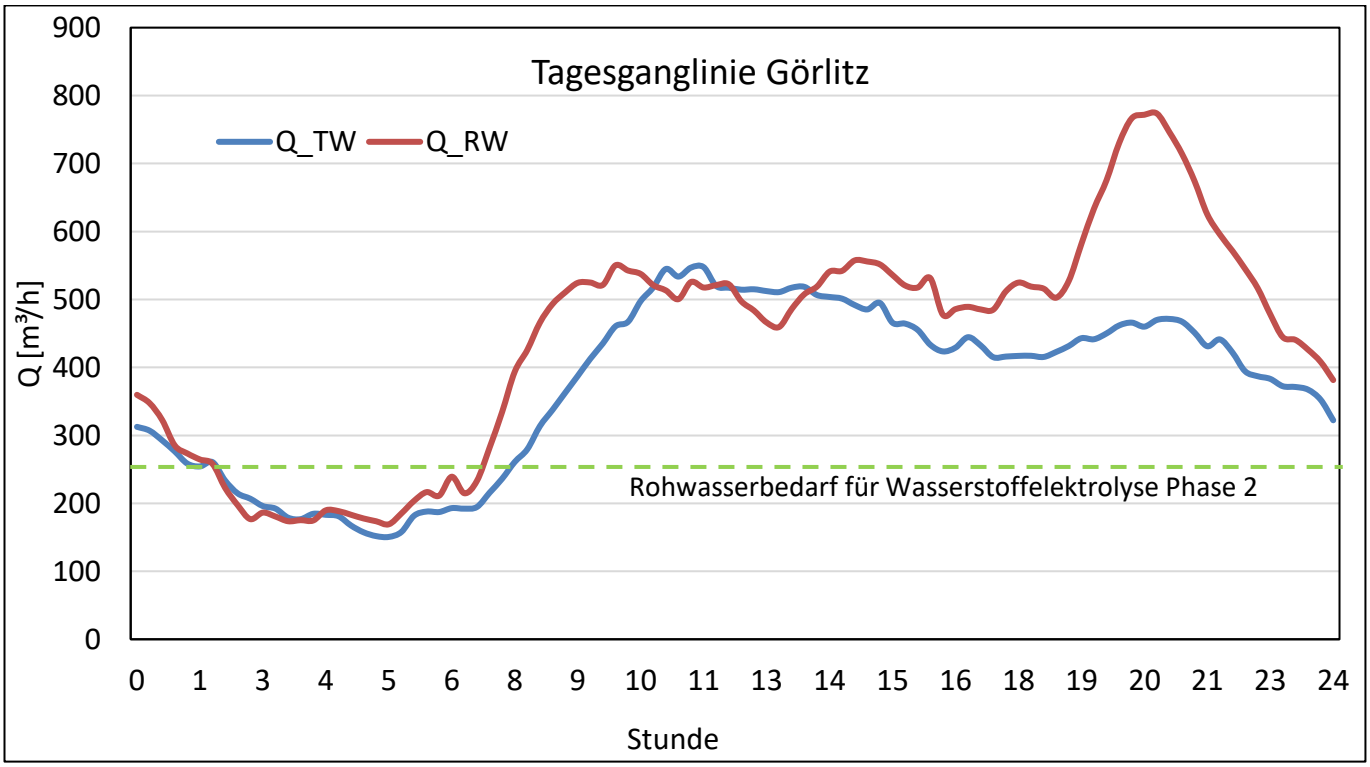


Abbildung 24: Tagesganglinien der KA Görlitz bei Trockenwetter (TW) und Regenwetter (RW)

7.1.2 Zentrale Kläranlage Niesky

Ein Großteil der Abwassermenge in der ZKA Niesky wird durch die Indirekteinleitungen der Molkerei und Wäscherei bestimmt. Die mittleren stündlichen Abwassermengen $Q_{h,m}$ sowie die Jahresabwassermengen der KA Niesky im Zeitraum vom 01.01.2021 bis zum 31.12.2024 sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 18: ZKA Niesky Abwassermengen mittlere stündliche Abwassermengen $Q_{h,m}$ und JAM

Parameter	2021	2022	2023	2024
$Q_{h,m}$	98 m³/h	89 m³/h	94 m³/h	95 m³/h
Jahresabwassermenge	859.128 m³	783.028 m³	821.597 m³	831.230 m³
$Q_{h,m}$ < 65 m³/h	18 Tage	18 Tage	22 Tage	18 Tage
Trockenwettertage	240	253	225	253

Der Minimalzufluss $Q_{d,min}$ betrug über den gesamten Zeitraum mit wenigen Unterschreitungen 1.560 m^3/d bzw. 65 m^3/h und der Maximalabfluss betrug bis zu 6.039 m^3/d bzw. $Q_{h,max}$ = 252 m^3/h (Abbildung 25). Abbildung 26 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Tagesabflüsse anhand von Perzentilen.

Die tägliche Entnahmemenge der Jänkendorfer Agrargenossenschaft während der ca. 60-tägigen Bewässerungsperiode von Juni bis August beträgt ca. 1.800 m^3/d, erkennbar anhand der Tiefpunkte in Abbildung 25. In dieser Zeit ist eine zusätzliche Entnahme von Klarwasser nicht möglich, der Volumenstrom am Kläranlagenablauf in den Neugraben liegt während der Bewässerungsperiode bei < 10 m^3/h. Die Entnahme von Klarwasser für zusätzliche Wasserwiederverwendungszwecke ist bei dieser Betriebsweise nur an ca. 300 Tagen jährlich möglich.

Um eine ganzjährige Vergleichmäßigung der Entnahme von Klarwasser zu erzielen, müssten nach Angaben der Agrargenossenschaft Jänkendorf zur Abdeckung des Bewässerungsbedarfes Speicherkapazitäten von 120.000 m^3 geschaffen werden. Dieses Volumen entspräche 3 Lagerbehältern mit einem Volumen von je 40.000 m^3. Für die Aufstellung von Behältern dieser Größenordnung ist das Gelände der Kläranlage Niesky nicht geeignet. Das Befüllen dieser Behälter würde bei einer vergleichmäßigten Förderrate von 15 m^3/h gereinigten Klarwassers fast ein Jahr in Anspruch nehmen. Unter Berücksichtigung einer vergleichmäßigten Entnahme von 15 m^3/h sollten weitere 50 m^3/h für die Wasserwiederverwendung in einer anderen Nutzungsklasse zur Verfügung stehen können. Damit könnte würde genügend Klarwasser für eine Wasserstoffelektrolyse mit einer Kapazität von ca. 200 MW zur Verfügung stehen.

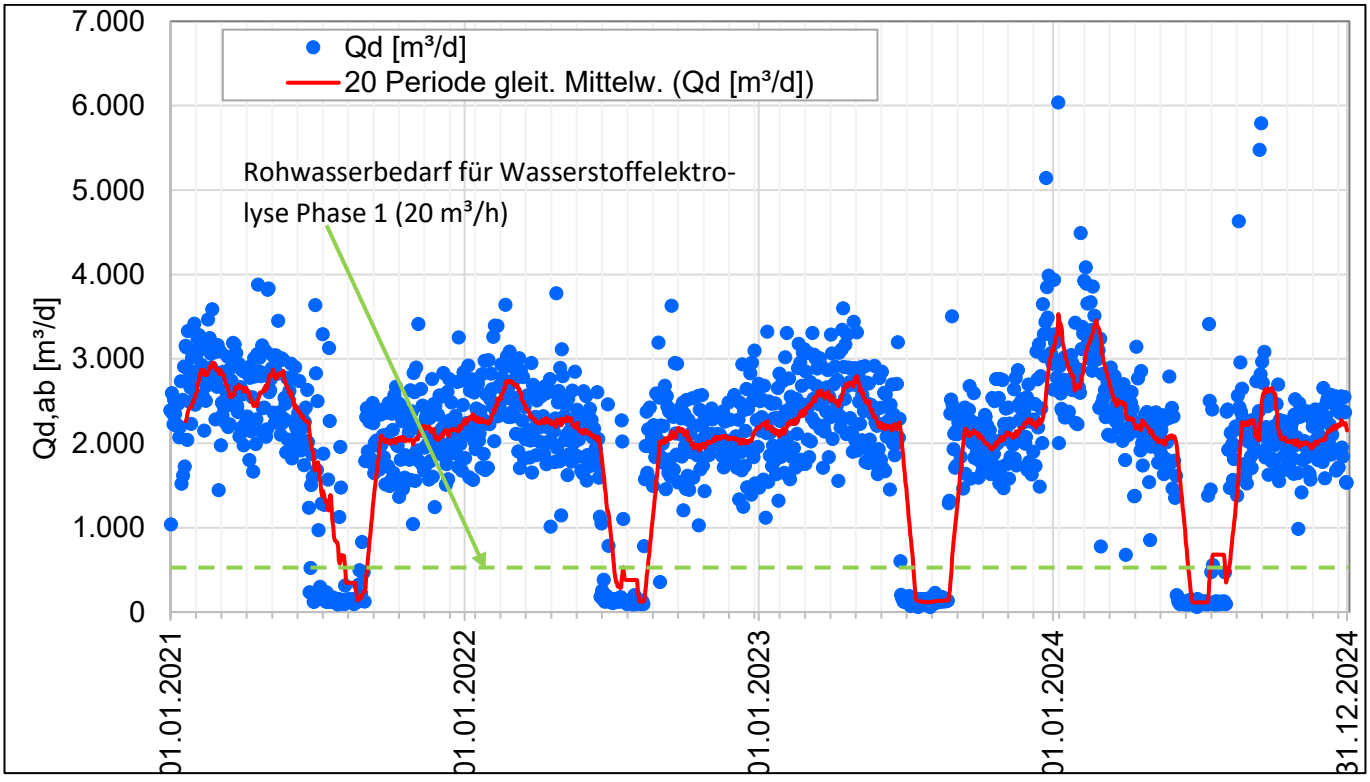


Abbildung 25: Ganglinie der Tagesdurchflussmengen KA Niesky vom 01.01.2021 bis 31.12.2024

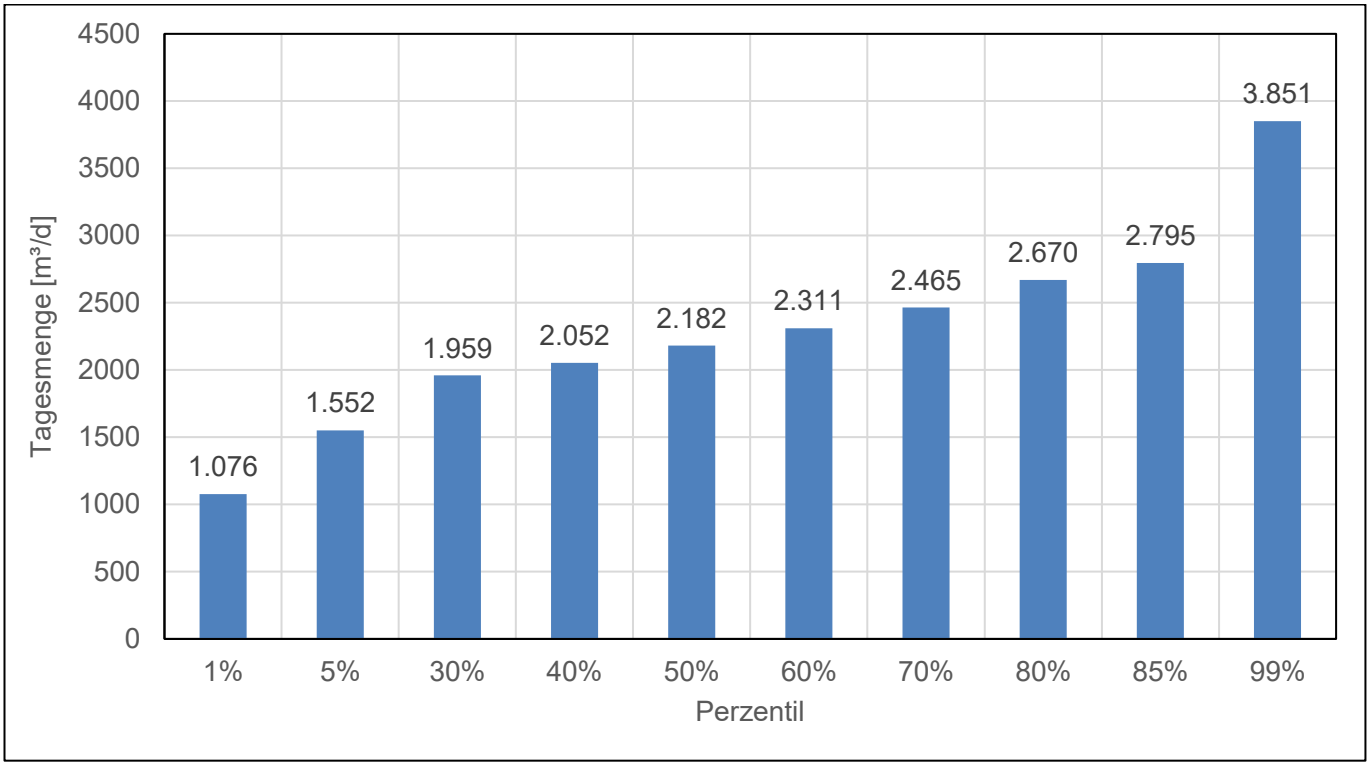


Abbildung 26: Perzentile der Tagesdurchflussmengen KA Niesky vom 01.01.2021 bis 31.12.2024 (außerhalb der Bewässerungsperioden)

7.1.3 Zentrale Kläranlage Rothenburg/O.L.

Die mittleren stündlichen Abwassermengen $Q_{h,m}$ sowie die Jahresabwassermengen der KA Rothenburg/O.L. im Zeitraum vom 01.01.2021 bis zum 31.12.2024 sind in Tabelle 19 zusammengestellt. Der Minimalabfluss über den gesamten Zeitraum betrug $Q_{h,min}$ = 4,4 m³/h bzw. 105 m³/d und der Maximalabfluss betrug ca. $Q_{h,max}$ = 80,5 m³/h bzw. 1.930 m³/d (Abbildung 27).

Tabelle 19: ZKA Rothenburg/O.L. mittlere stündliche Abwassermengen $Q_{h,m}$ und JAM und Verfügbarkeit

Parameter	2021	2022	2023	2024
$Q_{h,m}$	30 m³/h	28 m³/h	29 m³/h	31 m³/h
Jahresabwassermenge	266.400 m³	241.890 m³	257.270 m³	272.800 m³
$Q_{h,m}$ < 20 m³/h	22 Tage	40 Tage	37 Tage	29 Tage
Trockenwettertage	116	124	129	176

Der Parameter $Q_{h,m}$ < 20 m³/h in Tabelle 19 kennzeichnet die Anzahl der Tage, an denen ein mittlerer stündlicher Durchfluss von weniger als 20 m³/h beobachtet wurde. Aus Abbildung 28 ergibt sich, dass der Betrieb einer Wasseraufbereitungsanlage mit 20 m³/h Klarwasserbeschickung (Phase 1) anhand der statistischen Schwellenwerte (hier 5 % -Perzentil) aufgrund der Datenlage mit 7800 bis 8200

Volllaststunden[4] möglich ist, die jährliche Verfügbarkeit beträgt demnach ca. 90 bis 95 %. Eine Klarwasseraufbereitungsanlage mit einer Kapazität von 25 m³/h wäre jährlich nur noch zu 50 % ausgelastet.

Sie müsste an diesen Tagen mit reduzierter Leistung betrieben oder zeitweise heruntergefahren werden. Diese mengenmäßigen Schwankungen sind bei der Bemessung von Aufbereitungsanlagen für die Wasserwiederverwendung – auch für andere Nutzungsklassen – entsprechend zu berücksichtigen.

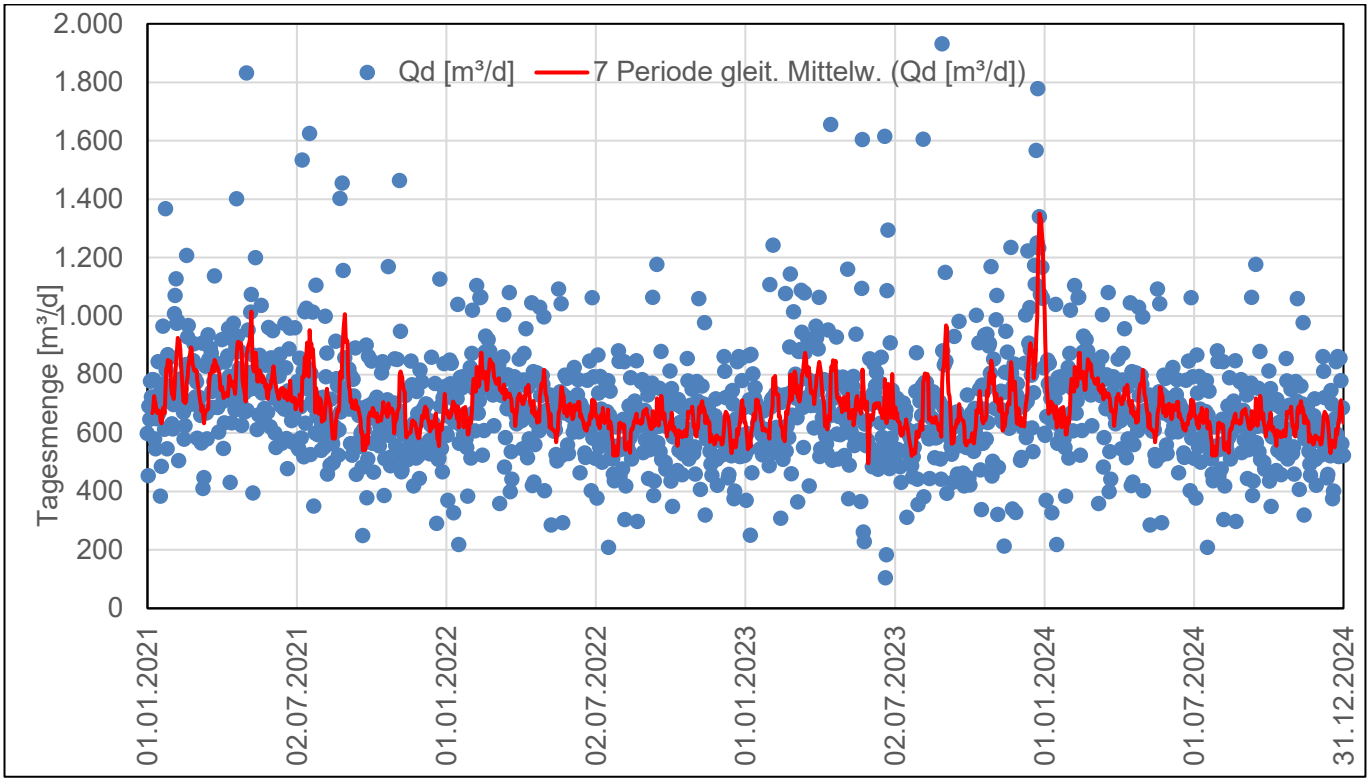


Abbildung 27: Ganglinie der Tagesdurchflussmengen KA Rothenburg/O.L. vom 01.01.2021 bis 31.12.2024

Abbildung 28 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Tagesabflüsse anhand von Perzentilen. In Abbildung 29 wird die Tagesganglinie der Kläranlage Rothenburg/O.L. an Trocken- und Regenwettertagen dargestellt.

[4] Volllaststunden bezeichnen die durchschnittliche Auslastung einer technischen Anlage über einen bestimmten Zeitraum (meist ein Jahr), indem die erzeugte Gesamtenergie durch die Nennleistung der Anlage geteilt wird. Dies gibt die theoretische Betriebsdauer bei maximaler Leistung an. Sie helfen, den Nutzungsgrad zu bestimmen, wobei ein Jahr maximal 8.760 Stunden hat und die Zahl die Effizienz einer Anlage im Vergleich zu ihrer maximalen Kapazität abbildet

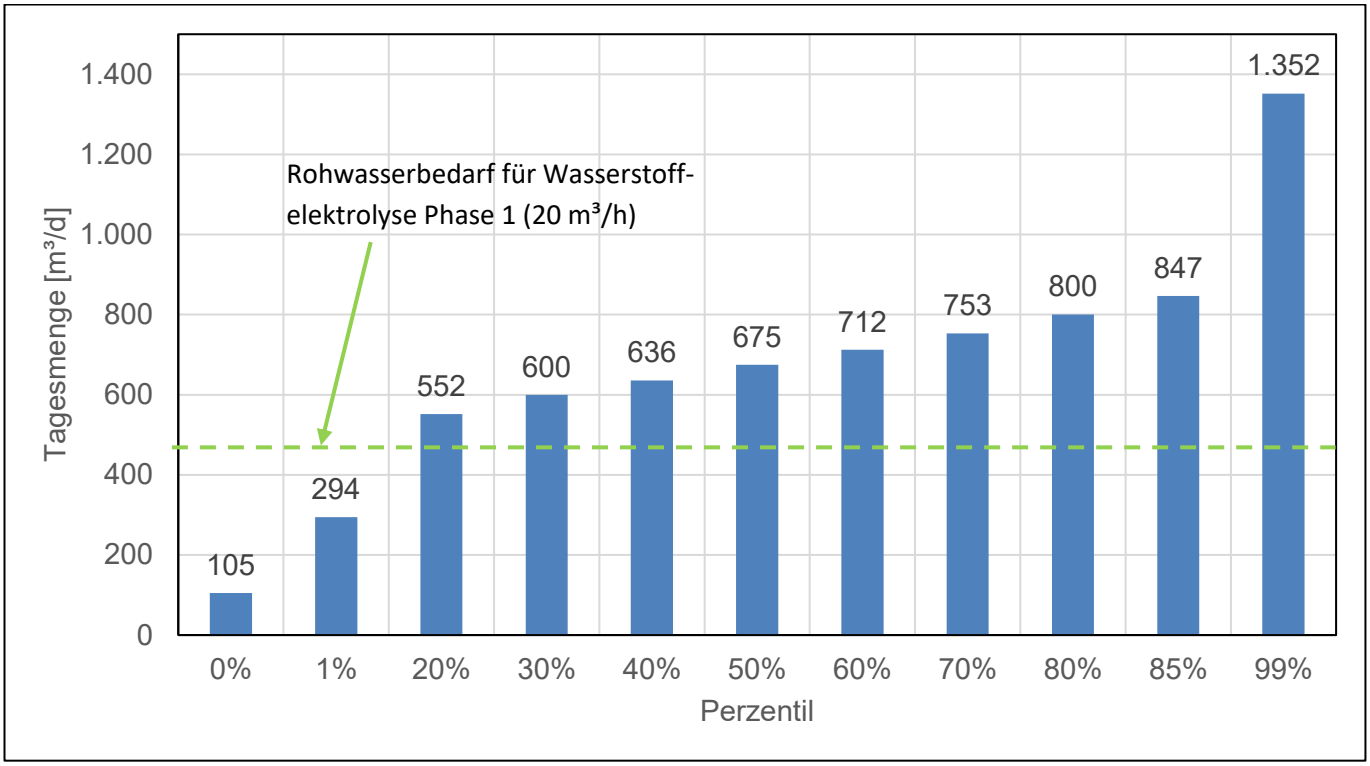


Abbildung 28: Perzentile der Tagesdurchflussmengen KA Rothenburg/O.L. vom 01.01.2021 bis 31.12.2024

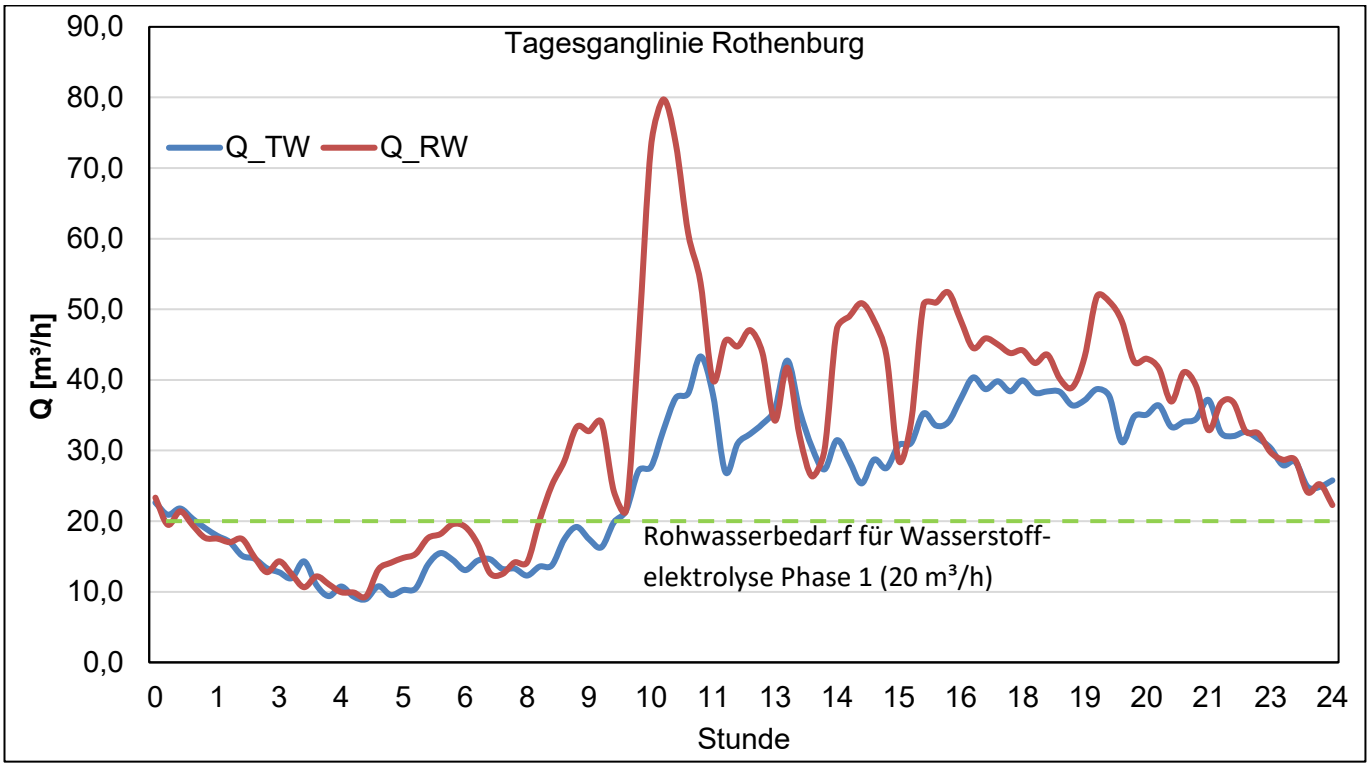


Abbildung 29: Tagesganglinien der KA Rothenburg/O.L. bei Trockenwetter (TW) und Regenwetter (RW)

7.1.4 Zentrale Kläranlage Kodersdorf

Die mittleren stündlichen Abwassermengen $Q_{h,m}$ sowie die Jahresabwassermengen der KA Kodersdorf im Zeitraum vom 01.01.2021 bis zum 31.12.2024 sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 20: ZKA Kodersdorf mittlere stündliche Abwassermengen $Q_{h,m}$ und JAM und Verfügbarkeit

Parameter	2021	2022	2023	2024
$Q_{h,m}$	19,1 m^3/h	18,1 m^3/h	20,5 m^3/h	21,7 m^3/h
Jahresabwassermenge	158.100 m^3	152.865 m^3	180.001 m^3	183.420 m^3
$Q_{h,m}$ < 20 m^3/d	220 Tage (60 %)	255 Tage (70 %)	165 Tage (45 %)	165 (45 %)

Der Minimalabfluss der Kläranlage betrug $Q_{h,min}$ = 4,5 m^3/h und der Maximalabfluss ca. $Q_{h,max}$ = 70 m^3/h (Abbildung 30).

Eine Aufbereitungsanlage mit einer Kapazität von 20 m^3/h könnte anhand der in den Jahren 2023/2024 ermittelten Verfügbarkeit maximal 165 Tage mit ihrer Bemessungsleistung betrieben werden. An ca. 73 Tagen im Jahr lagen die Durchsätze unterhalb von 15 m^3/h (15%-Perzentil). Anhand der Betriebstagebücher können die Tage mit niedrigen Tagesdurchsätzen eindeutig Trockenwettertagen zu geordnet werden.

Anhand des mittleren stündlichen Durchflusses (Tabelle 20) ist innerhalb von vier Jahren eine Erhöhung des Anlagendurchsatzes von ca. 10 % zu beobachten. Die vierjährige Ganglinie (Abbildung 30) verdeutlicht diesen Trend.

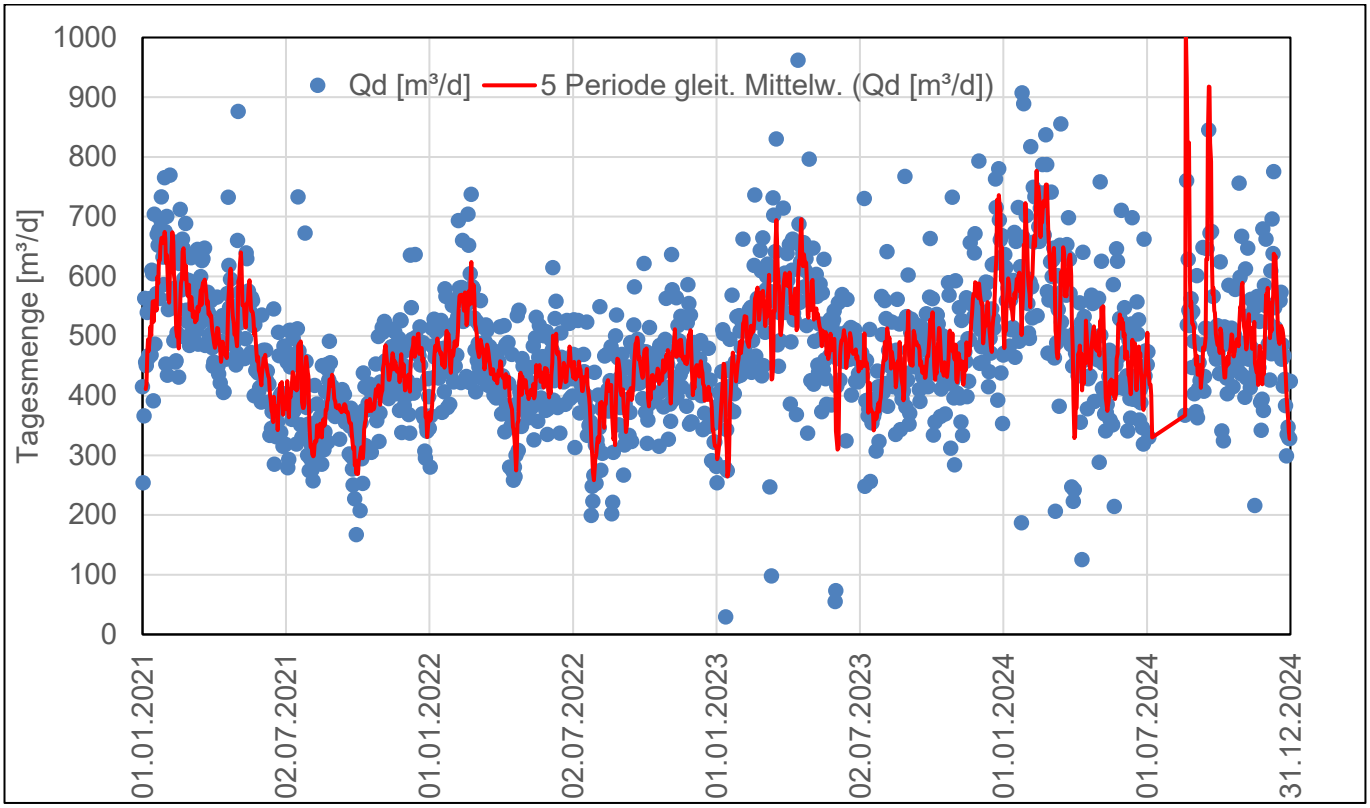


Abbildung 30: Ganglinie der Tagesdurchflussmengen KA Kodersdorf vom 01.01.2021 bis 31.12.2024

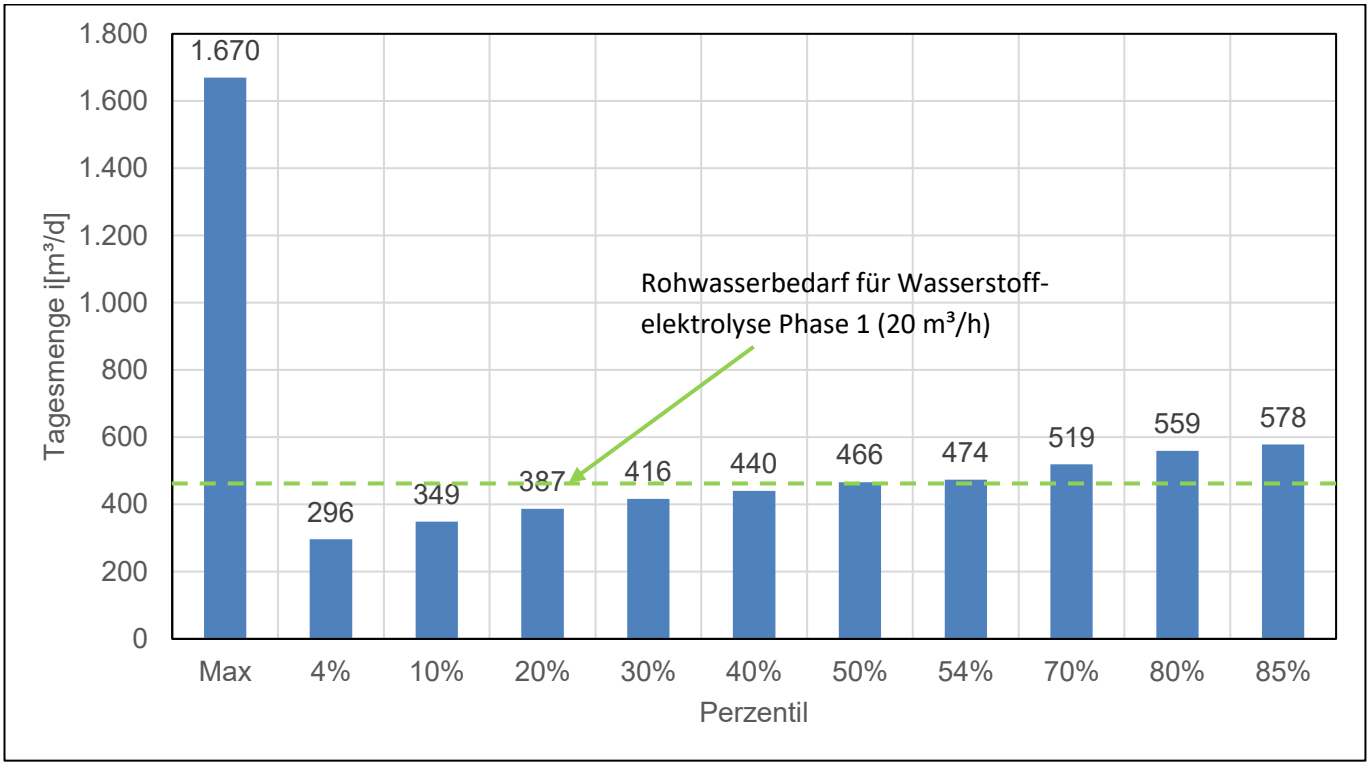


Abbildung 31: Perzentile der Tagesdurchflussmengen KA Kodersdorf vom 01.01.2021 bis 31.12.2024

7.1.5 Nutzbare Wassermengen der vier Kläranlagenstandorte

In Bezug auf die Abschätzung der nutzbaren Menge an gereinigtem kommunalem Abwasser ist zu beachten:

- In Trockenwetterperioden besteht eine eingeschränkte Verfügbarkeit an nutzbarem Klarwasser an den Kläranlagen Kodersdorf und Rothenburg/O.L.
- In Kodersdorf stand in den Jahren 2023 und 2024 nur 45 % des Jahres ein nutzbarer Volumenstrom von ca. 20 m^3/h zur Verfügung. In den Jahren 2021 und 2022 war die Wasserverfügbarkeit noch deutlich geringer (Tabelle 20).
- In Rothenburg/O.L. kann anhand der statistischen Auswertung ein Volumenstrom von 20 m^3/h an ca. 330 Tagen im Jahr einer Wiederverwendung zugeführt werden.
- In Niesky stünde ohne Verwendung des Klarwassers zur landwirtschaftlichen Bewässerung und mit einer Verfügbarkeit von 95 % ein nutzbarer Volumenstrom von ca. 65 m^3/h an. Auch hier sind Einflüsse durch Trockenwetter und Tagesganglinie zu beachten.
- Die größte Teilmenge an gereinigtem kommunalem Abwasser fließt aus der Kläranlage Görlitz-Nord ab. Hier kann zunächst von einem verfügbaren Stundenmittel von ca. 255 m^3/h ausgegangen werden.

Die Ausführungen der Kapitel 7.1.1 bis 7.1.4 zusammenfassend, kann man von den nachfolgend aufgeführten Wassermengen für die Wasserwiederverwendung in den Nutzungsklassen Wasserstoffelektrolyse, Landwirtschaft, Löschwasser und Industrie ausgehen:

- Görlitz-Nord: Q = 6.130m^3/d = 255 m^3/h; kontinuierlich
- Niesky: Q = 1.560 m^3/d = 50 m^3/h; plus 15 m^3/h Bewässerungswasser
- Rothenburg/O.L.: Q = 480 m^3/d = 20 m^3/h; wird an 33 Tagen im Jahr unterschritten
- Kodersdorf: Q = 360 m^3/d = 15 m^3/h; wird an 73 Tagen im Jahr unterschritten

Daraus ergibt sich eine Gesamtmenge potentiell nutzbaren Wassers von 355 m^3/h, was letztendlich einer Jahresmenge von ca. 3.109.800 m^3/a entspricht. Die Betrachtung der Auswirkungen der Wasserentnahme auf die Vorfluter wird in Kapitel 7.3 vorgenommen.

Die mittlere stündliche Abwassermenge stellt nur einen Tagesmittelwert dar. Es ist zu berücksichtigen, dass der tatsächliche Stundendurchfluss, abhängig von der Tagesganglinie, stark von diesem Mittelwert abweichen kann. Im Falle einer dezentralen Lösung der Wasserwiederverwendung und je nach Anlagengröße und ortstypischen Tagesganglinien sowie dem Volumenstrom, der wiederverwendet werden soll, sind entsprechend dimensionierte Ausgleichsbehälter vorzusehen. Für die einzelnen Standorte sind im Vorfeld etwaiger Projektrealisierungen diesbezügliche Studien durchzuführen.

7.2 Beschaffenheit der Kläranlagenabläufe

Tabelle 21 stellt die Zu- und Ablaufkonzentrationen ausgewählter Überwachungsparameter an den Kläranlagen Görlitz-Nord, Niesky, Rothenburg/O.L. und Kodersdorf für das Jahr 2023 dar. Die aufgeführten Parameter (BSB_5, CSB, NH_4-N, Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor) bilden die maßgeblichen Kenngrößen zur Beurteilung der Reinigungsleistung der Anlagen sowie der Ablaufqualität im Hinblick auf wasserrechtliche Anforderungen. Die Gegenüberstellung von Zulauf- und Ablaufwerten ermöglicht eine Bewertung der Eliminationsleistung und liefert eine wesentliche Grundlage für die Einordnung der stofflichen Ausgangssituation im Kontext der Wasserwiederverwendung.

Tabelle 21: Zu- und Ablaufwerte der Überwachungsparameter an den Kläranlagen Görlitz, Niesky, Rothenburg/O.L. und Kodersdorf (Stand 2023)

Kläranlagenname	Einheit	ZKA Görlitz-Nord	ZKA Niesky	ZKA Rothenburg/O.L.	ZKA Kodersdorf
Datensatz		2023	2023	2023	2023
BSB_5 Zulauf	mg/l	492,00	720,39	528,00	252,2
BSB_5 Ablauf	mg/l	2,19	4,00	2,20	8
CSB Zulauf	mg/l	921,00	1.298,74	1.135,00	579,25
CSB Ablauf	mg/l	31,33	20,00	30,00	62,5
NH_4-N Zulauf	mg/l	61,70	47,50	76,00	30,8
NH_4-N Ablauf	mg/l	0,13	0,27	0,15	0,2
N_{ges} Zulauf	mg/l	91,40	73,49	129,20	52,36
N_{ges} Ablauf	mg/l	5,19	3,53	4,60	8,25
P_{ges} Zulauf	mg/l	13,11	18,11	15,50	4,04
P_{ges} Ablauf	mg/l	0,42	0,65	0,41	2,99

Quelle: Kommunale Abwasserdatenbank 2024

7.2.1 Überwachungswerte nach biologischer Behandlung

In Tabelle 22 bis Tabelle 25 sind die Mittelwerte aus den Messwerten der Eigenüberwachung (verfügbare Datensätze siehe Tabelle B 82) dargestellt. Die Überwachungswerte nach Anhang 1 der Abwasserverordnung und auch in Bezug auf die überarbeitete Kommunalabwasserrichtlinie (KARL) RL 2024/3019/EU werden durch alle vier Kläranlagen eingehalten, wobei die Kläranlagen Görlitz (Tabelle 22), Niesky (Tabelle 23) und Rothenburg/O.L. (Tabelle 24) mit den drei Reinigungsstufen Phosphor-Elimination, Nitrifikation und Denitrifikation (PND) ausgestattet sind und in Kodersdorf (Tabelle 25), bezogen auf die Größenklasse nur Kohlenstoffabbau und Nitrifikation erforderlich sind.

Tabelle 22: Überwachungswerte ZKA Görlitz-Nord

Parameter	Grenz-wert	Einheit	2022	2023	2024
CSB (AbwV)	75	mg/l	33,05	31,32	32,53
BSB_5(AbwV)	15	mg/l	2,35	2,19	2,56
NH_4-N	--	mg/l	0,15	0,13	0,29
N_{ges} (RL 2024/3019/EU)	10	mg/l	6,18	5,62	6,52
P_{ges} (RL 2024/3019/EU)	0,7	mg/l	0,43	0,42	0,52

Tabelle 23: Überwachungswerte ZKA Niesky

Parameter	Grenz-wert	Einheit	2021	2022	2023	2024
CSB (AbwV)	90	mg/l	19,13	20,06	20,07	19,54
BSB_5(AbwV)	20	mg/l	3,62	3,58	3,86	3,65
NH_4-N	--	mg/l	0,2	0,13	0,40	0,47
N_{ges} (RL 2024/3019/EU)	10	mg/l	2,10	1,34	1,52	1,37
P_{ges} (RL 2024/3019/EU)	0,7	mg/l	0,59	0,71	0,55	0,53

Tabelle 24: Überwachungswerte ZKA Rothenburg/O.L.

Parameter	Grenz-wert	Einheit	2021	2022	2023	2024
CSB (AbwV)	90	mg/l	34,94	32,25	29,5	31,41
BSB_5 (AbwV)	20	mg/l	2,49	2,54	2,22	2,37
NH_4-N (AbwV)	--	mg/l	0,07	0,13	0,20	0,12
N_{ges} (RL 2024/3019/EU)	18	mg/l	4,27	4,49	4,54	4,89
P_{ges} (RL 2024/3019/EU)	2	mg/l	0,26	0,24	0,44	0,56

Tabelle 25: Überwachungswerte ZKA Kodersdorf

Parameter	Grenz-wert	Einheit	2021	2022	2023	2024	Jan25 bis Jul 25
CSB (AbwV)	90	mg/l	25,6	29,60	24,50	38,65	29,70
BSB_5 (AbwV)	20	mg/l	4,56	5,36	5,40	13,40	3,04
NH_4-N (AbwV)	10	mg/l	0,24	0,09	0,25	4,93	0,49
N_{ges}	--	mg/l	15,30	11,46	10,54	10,62	1,86
P_{ges}	--	mg/l	5,12	5,64	4,67	2,53	0,89

Die durch die RL 2024/3019/EU vorgegebenen Grenzwerte für P und N werden an den Standorten Görlitz-Nord, Niesky und Rothenburg/O.L. eingehalten.

Durch die Erweiterung der Kläranlage Kodersdorf im Jahr 2024 und der Inbetriebnahme der Phosphorelimination wurde in der ersten Jahreshälfte 2025, im Vergleich zu den Vorjahren, eine deutliche Verbesserung der überwachungspflichtigen Ablaufwerte erreicht.

7.2.2 Vergleich der Kläranlagenabläufe

Im Ergebnis der am 12.08.2025 und 19.08.2025 gemeinsam mit der BfUL durchgeführten Probenahmekampagne (siehe auch Kapitel 10) wurden zeitgleich sowohl die Abläufe der Kläranlagen als auch die staatlichen Referenzmessstellen beprobt (Entfernung zwischen Einleit- und Referenzmessstellen siehe Tabelle 32).

Die Ergebnisse der Analysen für alle vier Kläranlagenabläufe sind in Tabelle 26 dargestellt, in der die erhaltenen Messdaten den referierenden Grenzwerten sowie Orientierungs- und Besorgniswerten der Trinkwasserverordnung gegenübergestellt werden.

Das ermöglicht zum einen die Beurteilung der Ablaufqualitäten für jede einzelne Anlage und zum anderen eröffnet sich die Möglichkeit, den verfahrenstechnischen Aufwand für die Herstellung der für die Wiederverwendung benötigten Produktqualitäten abzuleiten.

Vergleicht man die Kläranlagenabläufe mit den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung, so bekommt man den ersten Eindruck, dass die Wasserzusammensetzung in wesentlichen Punkten der des originären Trinkwassers im Einzugsgebiet entspricht (Trinkwasseranalytik siehe Anhang B 11), jedoch nach dem Weg über Verbraucher, Kanalisation und Kläranlage in einigen kritischen chemischen Komponenten von seiner ursprünglichen Zusammensetzung bzw. den Anforderungen der TrinkwV abweicht. Diese sind farblich hervorgehoben und werden in den nachfolgenden Kapiteln diskutiert.

Tabelle 26: Gegenüberstellung Kläranlagenabläufe anhand der Probenahme am 12.08.2025 bzw. 19.08.2025 mit Grenzwerten der Trinkwasserverordnung

Parameter-Name	Einheit	TrinkwV	ZKA Görlitz	ZKA Niesky	ZKA Rothenburg/O.L.	ZKA Kodersdorf
pH-Wert		6,5<pH<9,5	7,5	7,9	7,3	7,3
Leitfähigkeit bei 25°C	mS/cm	2790	1100	1560	1270	1770
Gesamthärte	mg/l	k.A.	10,2	7,54	9,26	25,2
Fluorid	mg/l	1,5	0,20	< 0,050	< 0,050	3,0
Chlorid (Cl)	mg/l	250	150	180	200	290
Chlorid (Cl)	mg/l	250	150	190	210	300
Nitrat (NO_3)	mg/l	50	28	1,1	21	17
Nitrat-Stickstoff (NO_3-N)	mg/l	k.A.	6,3	0,25	4,7	3,8

Parameter-Name	Einheit	TrinkwV	ZKA Görlitz	ZKA Niesky	ZKA Rothenburg/O.L.	ZKA Kodersdorf
Sulfat (SO_4)	mg/l	250	120	88	140	260
Sulfid, gesamt	mg/l	k.A.	0,27	0,01	0,03	0,01
ortho-Phosphat	mg/l	k.A.	0,89	1,3	0,33	0,86
Ammonium	mg/l	0,5	< 0,06	0,67	< 0,06	0,67
Eisen (Fe)	mg/l	0,2	0,096	0,016	0,509	0,011
Aluminium (Al)	mg/l	0,2	0,11	0,12	0,20	0,11
Arsen (As)	mg/l	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Blei (Pb)	mg/l	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cadmium (Cd)	mg/l	0,003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Chrom (Cr)	mg/l	0,025	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001
Kupfer (Cu)	mg/l	2	0,005	0,001	0,002	< 0,001
Mangan (Mn)	mg/l	0,05	0,091	0,007	0,068	0,131
Natrium (Na)	mg/l	200	130	274	173	187
Nickel (Ni)	mg/l	0,02	0,005	0,006	0,006	0,010
Quecksilber (Hg)	mg/l	0,001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Sauerstoff (O_2)	mg/l	k.A.	8,8	5,0	8,0	6,6
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	mg/l	k.A.	30	19	32	20
Biochem. Sauerstoffbedarf (BSB_5)	mg/l	k.A.	< 3	< 3	< 3	< 3
adsorbierbares organisches Fluor (AOF)	µg/l	k.A.	0,009	0,004	0,009	0,006
Terbutryn	µg/l	k.A.	< 0,025	< 0,025	0,026	< 0,025
Glyphosat	µg/l	k.A.	< 0,05	0,12	< 0,05	< 0,05
Imidacloprid	µg/l	k.A.	0,062	0,027	< 0,025	< 0,025
Summe Herbizide	µg/l	0,5	0,0620	0,1470	0,0260	0
Summe PFAS (20) exkl. LOQ	µg/l	0,1	0,098	0,012	0,055	(n. b.)
Carbamazepin (GOW,)	µg/l	0,3	0,87	0,81	3,5	0,34
Diclofenac (GOW,)	µg/l	0,3	4,0	1,3	1,8	1,1
Escherichia coli	Keime/100 ml	0	11560	412	28050	5700

7.2.2.1 Mangan und Eisen

Der Vergleichswert (TrinkwV) für Mangan wurde in den Abläufen der Kläranlagen Görlitz, Rothenburg/O.L. und Kodersdorf überschritten, Eisen nur im Ablauf der KA Rothenburg/O.L. Ausschlaggebend für die Bewertung ist, dass Eisen und Mangan sich negativ sowohl auf die Wasseraufbereitung von Elektrolysespeisewasser als auch auf die Aufbereitung von Industriewasser auswirken können.

7.2.2.2 Ammonium-Stickstoff und Natrium

NH_4-N wurde am Ausgang der Kläranlagen Niesky und Kodersdorf mit einer zu hohen Konzentration im Vergleich mit den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung nachgewiesen, Natrium nur in Niesky.

Im Falle der Wiederverwendung als Elektrolyse-Speisewasser bzw. als Industriewasser ist NH_4-N als Störstoff zu betrachten und kann durch die gängigen, zum Einsatz kommenden Verfahren zurückgehalten werden. Besser wäre noch - eine Erhöhung der Effektivität der Nitrifikationsstufe in den Kläranlagen.

Im Falle der Herstellung von Elektrolyse-Speisewasser wird Natrium in der Regel bereits mit einer zweistufigen Umkehrosmose nahezu komplett zurückgehalten, kann sich aber in sehr hohen Konzentration nachteilhaft auf die nachgeschalteten Stufen der Reinstwasserproduktion auswirken. Für den Einsatz als Industriewasser kann es einzelfallspezifisch notwendig sein, Natrium zu entfernen.

7.2.2.3 Keimbelastung

Gegenüber dem Ablauf aus der Kläranlage Niesky weisen die Kläranlagenabläufe der KA Görlitz, Rothenburg/O.L. und Kodersdorf mehr als eine 10-fach höhere Keimbelastung durch E. Coli auf (siehe Anhang C 3.4). Im Falle der Wasserwiederverwendung ist, ebenso, wie für Spurenstoffe, in jedem Fall eine vorhergehende Desinfektion notwendig.

7.2.2.4 F^-, Cl^-, SO_4^{2-}

Es fällt auf, dass der Ablauf der Kläranlage Kodersdorf, insbesondere in Hinsicht auf Chlorid-, Fluorid- und Sulfat Werte aufzeigt, die deutlich über den in Tabelle 26 gezeigten Grenzwerten liegen.

7.2.2.5 Wasserhärte

Die Wasserhärte wird in Deutschland folgendermaßen kategorisiert:

- Weich: bis 7,3 °dH
- Mittel: 7,3 bis 14 °dH
- Hart: ab 14 °dH (21,3 °dH als "sehr hart")

Auf dieser Grundlage können die Kläranlagenabläufe in Niesky, Görlitz und Rothenburg/O.L. als „Mittelhart“ sowie der Kläranlagenablauf in Kodersdorf als „Sehr hart“ bezeichnet werden. Die hohe Wasserhärte am Ablauf der Kläranlage Kodersdorf, gepaart mit einer vergleichsweise hohen Calciumkonzentration (siehe Anhang C 3.3) kann entweder auf zu hohe Kalkdosierung oder aber auch auf gewerblichen Einfluss zurückzuführen sein.

7.2.3 Spurenstoffanalytik

Im Zuge eines Programmes zur Erfassung der anthropogen verursachter Spurenstoffeinträge durch Medikamentenrückstände in die Ostsee führte das LfULG für die HELCOM (Helsinki-Kommission; Organisation zum Schutz der Meeresumwelt der Ostsee) im Jahr 2022 eine einjährige Messkampagne am Auslauf der Kläranlagen Rothenburg/O.L. und Görlitz durch. Dabei wurden die Abläufe beider Kläranlagen alle zwei Monate beprobt und die Konzentrationen der Medikamentenrückstände bestimmt. Tabelle 28 zeigt die Tagesfrachten, die über die Mittelwerte der damals gemessenen Konzentrationen berechnet wurden.

Aus den Messwerten und den taggenauen Durchflussmengen ergeben sich für die in Tabelle 27 aufgeführten Wirkstoffe in Görlitz eine Tagesfracht von ca. 605 g/d Medikamentenrückständen und in Rothenburg/O.L. von 33 g/d, die letztendlich über Neiße und Oder in die Ostsee gelangen.

Tabelle 27: Medikamentenrückstände im Ablauf der ZKA Görlitz und Rothenburg/O.L.

	ZKA Görlitz		ZKA Rothenburg/O.L.	
Wirkstoff	Mittelwert [µg/l]	Tagesfracht [g/d]	Mittelwert [µg/l]	Tagesfracht [g/d]
10,11-trans-dihydroxy-10,11-dihydrocarbamazepine	5,2	49,9	10,0	6,6
4-Formylaminoantipyrin	5,3	50,6	2,4	1,8
Amisulprid	1,0	9,9	1,3	0,8
Azithromycin	0,4	3,9	0,4	0,2
Candesartan	4,5	43,7	6,7	3,2
Carbamazepin	1,3	12,8	3,7	2,5
Citalopram	0,3	2,6	0,3	0,5
Clarithromycin	0,3	2,8	0,4	0,2
Diclofenac	6,1	59,2	4,8	2,8
Erythromycin	0,0	0,4	0,0	0,6
Gabapentin	4,5	44,5	1,6	1,0
Ibuprofen	0,0	0,5	0,0	0,3
Irbesartan	0,9	8,5	0,8	0,5
Metformin	0,6	6,7	4,9	3,4

	ZKA Görlitz		ZKA Rothenburg/O.L.	
Metoprolol	2,4	24,3	0,8	0,5
Olmesartan	3,5	34,5	2,4	1,3
Sulfamethoxazol	0,3	2,9	0,2	0,2
Valsartan	17,9	170,7	3,7	1,9
Valsartansäure	6,9	66,2	8,3	4,6
Venlafaxine	1,1	10,8	1,2	0,8

Quelle: (LfULG, 2022)

Für die im Rahmen der Machbarkeitsstudie als Indikatorsubstanzen ausgewählten Wirkstoffe Diclofenac und Carbamazepin (siehe Kapitel 7.3.6) bewegten sich die im Rahmen der HELCOM-Kampagne gemessenen Werte für:

- Diclofenac: in Görlitz im Bereich von 4,5 µg/l bis 7,8 µg/l, in Rothenburg/O.L. 2,8 µg/l bis 7,8 µg/l
- Carbamazepin: in Görlitz im Bereich von 1,1 µg/l bis 1,6 µg/l, in Rothenburg/O.L. 2,4 µg/l bis 6,0 µg/l

Vergleicht man die gemessenen Konzentrationen der aktuellen Beprobung im Jahr 2025 mit denen der HELCOM-Kampagne, so lässt sich in Bezug auf die Konzentrationen von Diclofenac und Carbamazepin ableiten, dass sie sich nicht in Größenordnungen unterscheiden (vgl. Tabelle 26) (LfULG, 2022).

In Hinsicht auf Terbutryn, Glyphosat, Imidacloprid sowie PFAS und AOF konnten keine überhöhten Konzentrationen in den Kläranlagenabläufen nachgewiesen werden. Anders verhielt es sich jedoch mit den Arzneimittelrückständen Carbamazepin und Diclofenac.

Im Ablauf aller 4 Kläranlagen wurden für Carbamezepin Werte nachgewiesen, die den für Trinkwasser erlaubten Gesundheitlichen Orientierungswert (GOW) von 0,3 µg/l (UBA, 2023d) bei Weitem übersteigen. Diclofenac liegt über dem für Trinkwasser empfohlenen GOW von 0,3 µg/l, der den akzeptablen Gehalt im Trinkwasser beschreibt.

Die vom Umweltbundesamt abgeschätzte Nicht-Effekt-Konzentration PNEC für Diclofenac in Oberflächengewässern beträgt 0,05 µg/l. Als JD-UQN für Carbamazepin in Oberflächengewässern wurde ein Grenzwert von 2,5 µg/l und für Diclofenac 0,04 µg/l vorgeschlagen (Europäische Kommission, 2022).

Wie die in Kapitel 9 später noch formulierten Qualitätsanforderungen an die Wasserqualität der Aufbereitung des Abwassers für Wasserstoffproduktion, den Einsatz in der Landwirtschaft, den Einsatz als Löschwasser oder die Verwendung in der Industrie zeigen, ist die Entfernung der Spurenstoffe in jedem Fall gefordert.

7.2.4 Zusammenfassende Bewertung der Wasserbeschaffenheit

Den Kläranlagenabläufen an allen vier Standorten ist gemeinsam, dass sie hohe Konzentrationen von Carbamazepin und Diclofenac sowie hohe Keimzahlen aufweisen.

Wie die voranstehenden Ausführungen zeigen, liegen die Analysenwerte der anorganischen Parameter für die Kläranlagenabläufe in Niesky, Görlitz und Rothenburg/O.L. allerdings nur zum Teil über den Werten, die in der Trinkwasserverordnung als Grenzwerte festgelegt sind. Das begrenzt den Aufwand, der im Rahmen der Wasseraufbereitung zu betreiben ist. Das aus diesen Kläranlagen ablaufende Wasser ist sowohl für die Aufbereitung zu Beregnungswasser, Löschwasser und Brauchwasser für die Industrie (Trinkwasserqualität) als auch für die Aufbereitung zu Elektrolysespeisewasser geeignet.

Angesichts seiner Zusammensetzung ist der Ablauf der KA Kodersdorf speziell in Hinsicht auf die sehr hohe Gesamthärte und die hohe Chlorid- und Sulfatkonzentration nur bedingt für die nutzungsklassenbezogene Aufbereitung geeignet. Eine Löschwasserherstellung wäre denkbar. Eine Bewertung der Auswirkungen der Wasserentnahme auf den Vorfluter wird in Kapitel 10 vorgenommen.

7.3 Wasserhaushalt im Landkreis Görlitz

Der Wasserhaushalt im Landkreis Görlitz wird durch ein komplexes Zusammenspiel aus Flusseinzugsgebieten, Grundwasserleitern, anthropogenen Eingriffen und wasserwirtschaftlichen Steuerungsmaßnahmen bestimmt. Die Region ist geprägt durch ein ausgedehntes Fließgewässernetz, in dem die Lausitzer Neiße, der Neugraben und der Weiße Schöps eine zentrale Rolle einnehmen. Diese Gewässer sind sowohl für die ökologische Stabilität als auch für die Wasserversorgung und den Hochwasserschutz entscheidend (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz Brandenburg, 2023; Landestalsperrenverwaltung Sachsen, 2019).

7.3.1 Wasserhaushaltsbilanzierung

Die Wasserhaushaltsbilanz wird bestimmt durch klimatische Kenngrößen wie Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchte sowie Einflussparameter, die das Abflussverhalten beeinflussen, wie u. a. die Bodenart, das Relief, die Geologie sowie die Landnutzungsart. Anhand der aus den Gebietseigenschaften resultierenden Abflussgrößen (oberirdischer Abfluss, Sickerwasser, Kanalisationsabfluss, Grundwasserabfluss) und den klimatischen Randbedingungen wird mit geeigneten Modellansätzen eine Wasserhaushaltsbilanz erstellt.

Grundlage für die vorliegende Wasserhaushaltsbetrachtung ist das aktuell gültige Modell aus dem Projekt KLiWES3.0, das auf Ergebnissen des Wasserhaushaltsmodells ArcEGMO beruht. Die Daten für den Ist-Zustand (Betrachtungszeitraum 1988 – 2020) wurden aus dem GWN Viewer des LfULG exportiert.

Tabelle 28 führt die betrachteten Wasserhaushaltskomponenten für die Teileinzugsgebiete der Oberflächengewässer auf, in welche die vier betrachteten Kläranlagen einleiten.

Tabelle 28: Wasserhaushaltliche Kenngrößen der betroffenen Teileinzugsgebiete

Wasserhaushaltskomponente	Einheit	ZKA Görlitz	ZKA Rothenburg/O.L.	ZKA Niesky	ZKA Kodersdorf
OWK		Lausitzer Neiße - 6	Lausitzer Neiße - 8	Neugraben	Weißer Schöps - 3 (An der Grenze zu Weißer Schöps 2)
Gebietskennzahl		6745199	674573	5824661	582463111
Niederschlag P	mm/a	742,08	762,14	756,50	761,57
Sommerniederschlag SP	mm/a	429,72	429,77	430,00	435,90
Winterniederschlag WP	mm/a	312,36	332,38	326,49	325,68
Nebelniederschlag FP	mm/a	1,92	9,81	7,26	1,77
Jahresmitteltemperatur TEMP	°	9,47	9,67	9,68	9,41
Bodenfeuchte BF	mm	369,26	304,94	212,62	396,58
Relative Luftfeuchte rF	%	77,39	77,76	78,05	77,55
Potenzielle Evapotranspiration ETp	mm/a	613,26	663,99	646,83	619,28
Evapotranspiration ETa	mm/a	492,47	668,88	604,33	551,98
Grundwasserneubildung GWN	mm/a	78,34	72,56	134,86	20,38
Zufluss Schneller GW-Speicher rg1	mm/a	80,04	43,22	65,63	129,35
Zufluss Langsamer GW-Speicher rg2	mm/a	59,85	29,34	84,35	15,38
Sickerwasserrate SW	mm/a	139,77	72,52	149,89	144,61
Gesamtspeicherzufluss r	mm/a	252,39	103,79	159,91	212,49
Hypodermischer Abfluss RH	mm/a	7,99	4,13	3,52	24,56
Landoberflächenabfluss RO	mm/a	11,79	8,70	2,01	3,56
Klimatische Wasserbilanz KWB	mm/a	130,74	107,97	116,94	144,07
Mischkanalisationsabfluss MKR	mm/a	0,00	0,00	0,00	0,00
Kanalisationsabfluss KR	mm/a	92,83	18,44	4,51	39,77
Abflussbeiwert r/P		0,34	0,14	0,21	0,28

Wasserhaushaltskomponente	Ein-heit	ZKA Görlitz	ZKA Rothen-burg/O.L.	ZKA Niesky	ZKA Koders-dorf
Abflussbeiwert GWN/P		0,11	0,10	0,18	0,03
Abflussbeiwert rg1/P		0,11	0,06	0,09	0,17
Abflussbeiwert rg2/P		0,08	0,04	0,11	0,02
Abflussbeiwert (rg1+rg2)/P		0,19	0,10	0,20	0,19

Anhand Tabelle 28 wird deutlich, dass die Niederschlagsmengen im Bereich 742,08 mm/a bis 762,14 mm/a für die vier Teileinzugsgebiete (TEZG) in etwa ähnlich hoch sind. Besonders auffallend sind die Unterschiede hinsichtlich der Grundwasserneubildung. Bei den beiden TEZG 6745199 und 674573 an der Lausitzer Neiße liegt diese bei ca. 77 mm/a. Im Gegensatz dazu weist das TEZG 5824661 am Neugraben eine hohe Grundwasserneubildung von 135 mm/a und das TEZG 582463111 am Weißen Schöps eine sehr geringe Grundwasserneubildungsrate von 20 mm/a auf.

Für die Oberflächengewässer sind insbesondere der Landoberflächenabfluss (auch Direktabfluss genannt) und der hypodermische Abfluss (auch Bodenwasserabfluss oder Zwischenabfluss genannt) essentielle Parameter.

An den Standorten der Kläranlage Niesky fällt der Landoberflächenabfluss mit 2,01 mm/a und in Kodersdorf mit 3,56 mm/a sehr gering aus, sodass von den Niederschlagsmengen im Teileinzugsgebiet nur geringe Wassermenge direkt in die Gewässer gelangen. Höher fällt bei den Standorten der Kläranlage Görlitz-Nord und Rothenburg/O.L. der Landoberflächenabfluss aus.

Einen sehr geringen hypodermischen Abfluss weisen die OWK Neugraben und Lausitzer Neiße 8 (KA Niesky, KA Rothenburg/O.L.) auf, d. h. das wenig Wassermengen die oberen Bodenschichten infiltrieren und verzögert in die jeweiligen Vorfluter gelangen. Auffallend hoch ist der hypodermische Abfluss im Vergleich zu den restlichen Standorten beim OWK Weißer Schöps 3 (KA Kodersdorf) mit 24,56 mm/a.

7.3.2 Hydrologie und Gewässerstruktur

Einen zusammenfassenden Überblick über die betrachteten Gewässer zeigt Tabelle 29.

Tabelle 29: Übersicht der Fließgewässer

Gewässer	Hydrologische Funktion	Ökologische Situation	Wasserwirtschaftliche Nutzung / Maßnahmen
Lausitzer Neiße	Grenzfluss, Hauptabfluss	mäßig verändert, Belastung durch Einträge aus Landwirtschaft	Hochwasserschutz, Wasserüberleitung
Neugraben	Verbindung Neiße → Weißer Schöps	stark kanalisiert, morphologisch verändert	Wasserüberleitung, regulierter Abfluss, Trinkwasserversorgung

Gewässer	Hydrologische Funktion	Ökologische Situation	Wasserwirtschaftliche Nutzung / Maßnahmen
Weißer Schöps	Abfluss, Speisung Trinkwassernetz	biologisch „schlecht“, chemisch „nicht gut“	Trinkwasserversorgung, Abwasserüberleitung, Renaturierung geplant
Schwarzer Schöps	Verbindungssystem	mäßig beeinträchtigt	Regulierte Abflussführung
Nebenbäche	Lokalabfluss, Ökosysteme	variabel, Daten begrenzt	Teilweise Renaturierung und Pflege durch Gewässermeisterei

Die Lausitzer Neiße ist das dominierende Fließgewässer der Region und fungiert als Grenzfluss zu Polen. Die Gewässer im Landkreis Görlitz sind umfangreich durch die Eingriffe des Braunkohlebergbaus überprägt. Das Fließgewässernetz mit den betrachteten Teileinzugsgebieten sowie den relevanten Pegel- und Beschaffenheitsmessstellen der zugehörigen Oberflächenwasserkörper sind in Anhang D 2 dargestellt.

Aufgrund der fehlenden konsolidierten Daten sind detaillierte hydrologische Charakterisierungen der Nebenflüsse nur eingeschränkt verfügbar. Die Fließgewässerstruktur, die Fischgemeinschaften und der ökologische Zustand der betrachteten Gewässerabschnitte sind in Anhang D 3, D 4 und D 5 kartografisch dargestellt.

Die Beurteilung des Zustandes eines Fließgewässers nach WRRL erfolgt anhand von Teilabschnitten, den sogenannten Oberflächenwasserkörpern (OWK). Die geografische Zuordnung der im Rahmen der Studie betrachteten OWK erfolgt in Abbildung 32 (Gewässersteckbriefe siehe Anhang D 6).

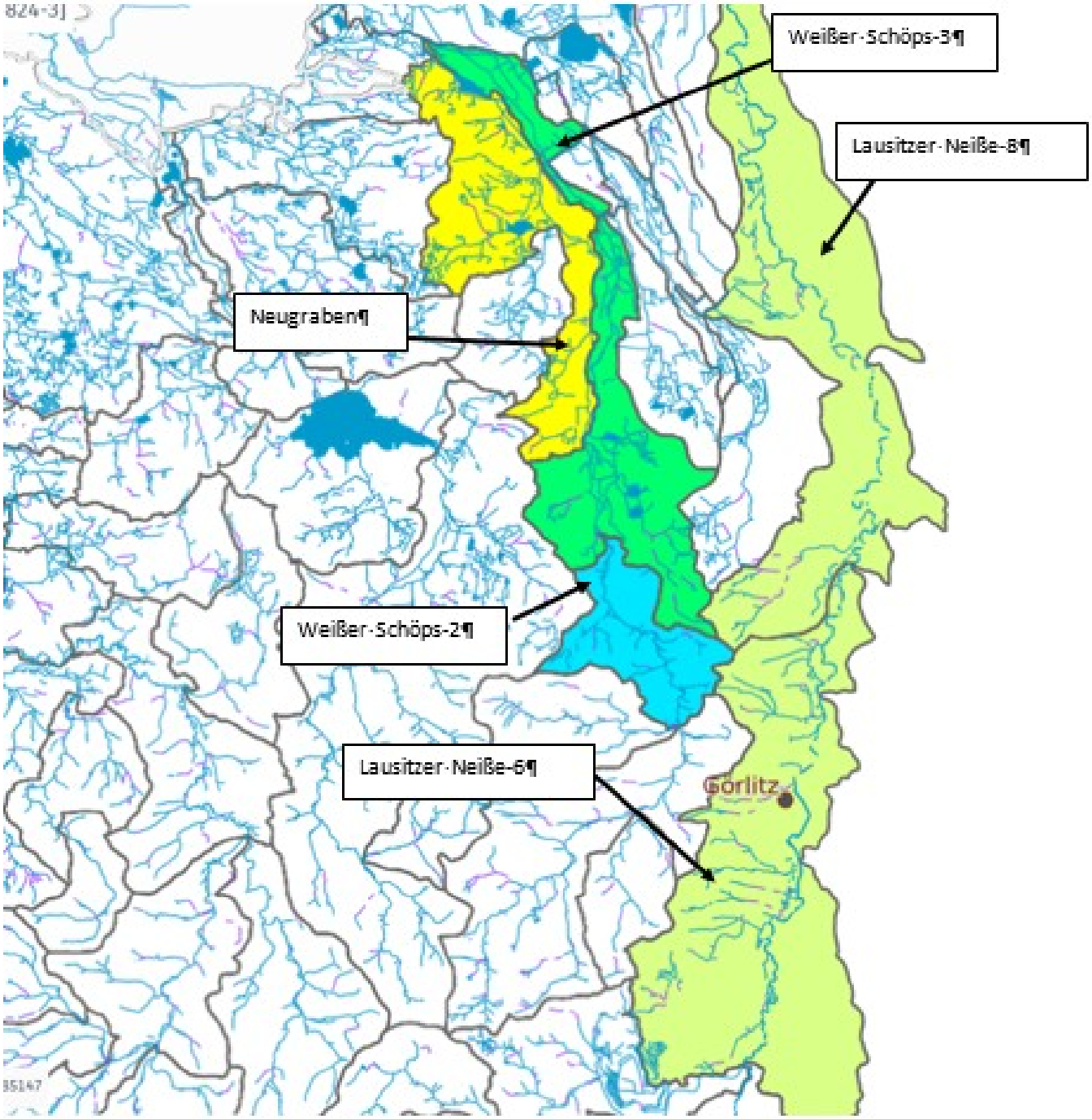


Abbildung 32: Übersichtskarte der Oberflächenwasserkörper

7.3.3 Kurzbeschreibung der Einzugsgebiete der Kläranlagen

Die den Einleitgewässern zugeordneten Oberflächenwasserkörper sind in dargestellt Abbildung 32 und im Folgenden beschrieben.

Lausitzer Neiße – 6

Die Kläranlage Görlitz-Nord befindet sich im Oberflächenwasserkörper Lausitzer Neiße 6 (DESN_674-6), mit einer Gesamteinzugsgebietsgröße von 1.715,62 km². Der OWK gehört zur Flussgebietseinheit der

Oder und liegt im Koordinierungsraum sowie Teilbearbeitungsgebiet der Lausitzer Neiße. Der Wasserkörper beginnt ab der Mündung der Pließnitz und endet mit der Mündung von Zarecki Potok. Die Lausitzer Neiße – 6 ist dem LAWA-Gewässertyp Große Flüsse des Mittelgebirges (Typ 9.2) zu zuordnen, welcher sich insbesondere durch die Fischgemeinschaft Cyprinidengeprägte Gewässer des Rhithrals auszeichnet.

Für den aktuellen Bewirtschaftungszeitraum (2022 – 2027) weist die Lausitzer Neiße – 6 einen unbefriedigenden ökologischen Zustand sowie einen chemisch schlechten Zustand auf (siehe Gewässersteckbrief Anhang D 6.1). Bei den nicht eingehaltenen Orientierungswerten der allgemein physikalisch-chemischen Parameter sind insbesondere Ammonium-Stickstoff, Eisen und Gesamtphosphor zu nennen sowie die flussspezifischen Schadstoffe Imidacloprid und Nicosulfuron. Bei den nicht eingehaltenen Orientierungswerten der allgemein physikalisch-chemischen Parameter sind insbesondere Ammonium-Stickstoff, Eisen und Gesamtphosphor zu nennen sowie die flussspezifischen Schadstoffe Imidacloprid und Nicosulfuron.

Lausitzer Neiße – 8

Die Kläranlage Rothenburg/O.L. befindet sich im OWK Lausitzer Neiße – 8 (DESN_674-8), mit einer Gesamteinzugsgebietsgröße von 1.928,70 km². Der OWK gehört zur Flussgebietseinheit der Oder und liegt im Koordinierungsraum sowie Teilbearbeitungsgebiet der Lausitzer Neiße. Der Wasserkörper beginnt ab der Mündung Zarecki Potok und endet mit der Mündung des Welschgraben. Die Lausitzer Neiße – 8 ist dem LAWA-Gewässertyp Kiesgeprägte Tieflandflüsse (Typ 17) zuzuordnen, welcher sich insbesondere durch die Fischgemeinschaft Gewässer des Epipotamals auszeichnet. Für den aktuellen Bewirtschaftungszeitraum (2022 - 2027) weist die Lausitzer Neiße – 8 einen mäßigen ökologischen Zustand sowie einen chemisch schlechten Zustand auf (siehe Gewässersteckbrief Anhang D 6.2). Bei den nicht eingehaltenen Orientierungswerten der allgemein physikalisch-chemischen Parameter ist insbesondere Gesamtphosphor zu nennen sowie den flussspezifischen Schadstoff Imidacloprid.

Weißer Schöps – 3

Die Kläranlage Kodersdorf befindet sich im befindet sich im Einzugsgebiet des OWK Weißer Schöps – 2 (DESN_58248-2, Gewässersteckbrief Anhang D 6.3). Für die Beurteilung der Einleitung der Kläranlage wird jedoch die Referenzmessstelle im abstromig gelegenen OWK Weißer Schöps – 3 (DESN_58248-3) herangezogen, mit einer Gesamteinzugsgebietsgröße von 175,22 km². Der OWK gehört zur Flussgebietseinheit der Elbe und liegt im Koordinierungsraum der Havel und im Teilbearbeitungsgebiet der Oberen Spree. Der Wasserkörper beginnt ab der Ortsmitte Kodersdorf und endet mit der Mündung des Neugrabens. Der Weiße Schöps - 3 ist dem LAWA-Gewässertyp Sandgeprägte Tieflandbäche (Typ 14) zuzuordnen, welcher sich insbesondere durch die Fischgemeinschaft Gewässer des Epipotamals auszeichnet. Für den aktuellen Bewirtschaftungszeitraum (2022 – 2027) weist der Weiße Schöps - 3 einen

schlechten ökologischen Zustand sowie auch einen chemisch schlechten Zustand auf (Gewässersteckbrief Anhang D 6.4). Bei den nicht eingehaltenen Orientierungswerten der allgemein physikalisch-chemischen Parameter sind insbesondere Sauerstoff, gesamter organischer Kohlenstoff und ein minimaler pH-Wert zu nennen.

Neugraben

Die Kläranlage Niesky befindet sich im OWK Neugraben (DESN_582486), mit einer Gesamteinzugsgebietsgröße von 57,01 km². Der OWK gehört zur Flussgebietseinheit der Elbe und liegt im Koordinierungsraum der Havel und im Teilbearbeitungsgebiet der Oberen Spree. Der Wasserkörper beginnt mit dem Abzweig aus dem Weißen Schöps und endet auf Höhe der Messstelle OBF25700 mit der Mündung in den Weißen Schöps. Der Neugraben ist dem LAWA-Gewässertyp Sandgeprägte Tieflandbäche (Typ 14) zu zuordnen, welcher sich insbesondere durch die Fischgemeinschaft Gewässer des Epipotamals auszeichnet.

Für den aktuellen Bewirtschaftungszeitraum (2022 - 2027) weist der Neugraben einen unbefriedigenden ökologischen Zustand sowie einen chemisch schlechten Zustand auf (siehe Gewässersteckbrief Anhang D 6.5). Bei den nicht eingehaltenen Orientierungswerten der allgemein physikalisch-chemischen Parameter sind insbesondere Sauerstoff und gesamter organischer Kohlenstoff zu nennen sowie den flussspezifischen Schadstoff Nicosulfuron.

7.3.4 Abflusssituation an den Einleitgewässern

Die Bewertung der Abflusssituation an den Einleitgewässern wird auf Grundlage der hydrologischen Hauptwerte der Pegel des sächsischen Landesmessnetzes vorgenommen. Dafür werden für die betrachteten Einleitgewässer der Pegel Särichen am Weißen Schöps für die Kläranlagen Niesky (ca. 2,1 km stromaufwärts) und Kodersdorf (ca. 6,4 km stromabwärts) sowie der Pegel Görlitz an der Lausitzer Neiße für die Kläranlagen Görlitz (ca. 2,3 km stromaufwärts) und Rothenburg/O.L. (ca. 34,7 km stromaufwärts) verwendet. Die hydrologischen Hauptwerte mittlerer Niedrigwasserabfluss (MNQ), mittlerer Abfluss (MQ) und mittlerer Hochwasserabfluss (MHQ), sowie die zugehörigen Wasserstände der Basispegel werden in Tabelle 30 zusammengefasst. Da im Neugraben kein Pegel verortet ist, wird als Referenz auf den oberhalb liegenden Pegel Särichen in der Weißen Schöps zurückgegriffen.

Tabelle 30: Hydrologische Werte für die Basispegel Särichen und Görlitz

Pegelname	Särichen	Görlitz
Pegelkennziffer	583290	660160
Gewässer	Weißer Schöps	Lausitzer Neiße
Pegelordnung	Basispegel	Basispegel

Hydrologische Hauptwerte	Wasserstand (cm) in Särichen	Durchfluss (Q) m^3/s in Särichen	Wasserstand (cm) in Görlitz	Durchfluss (Q) m^3/s in Görlitz
MNQ	27	0,112	130	4,77
MQ	49	0,788	162	16,8
MHQ	164	14,7	363	178
HQ	260	34,6	720	1010

Quelle: (Sächsisches Landeshochwasserzentrum, k.A.)

Dabei zeigt sich eine klare hydrologische Differenzierung: Der Weiße Schöps ist ein kleines, dynamisches Gewässer mit niedrigen Basisabflüssen und moderaten Hochwassern, während die Lausitzer Neiße als deutlich größerer Fluss hohe Wasserführungen und ausgeprägte Hochwasserereignisse aufweist. Diese Unterschiede sind in wasserwirtschaftlichen Fragestellungen und insbesondere in Bezug auf die zu bewertenden Auswirkungen der Abwasserwiederverwendung wesentlich zu berücksichtigen.

Zur Erfassung des Ausgangszustandes wurde im Rahmen der Studie zusätzlich eine Vor-Ort-Begehung durchgeführt. Die Ergebnisse der Begehung wurden in einer Fotodokumentation (siehe Anhang C 1) festgehalten. Aus den Darstellungen und auch zahlreichen Gesprächen mit Akteuren vor Ort wird die besondere Situation am Weißen Schöps sowie am Neugraben deutlich, der infolge zunehmender Trockenheit über die Sommermonate durch Niedrigwasserführung geprägt ist.

7.3.5 Aktuelle Abflussbeeinflussung durch die Kläranlagen

Zur Einordnung der aktuellen Auswirkungen der Kläranlageneinleitungen auf die Abflusssituation der betrachteten Gewässer wurden die Jahresabwassermengen (JAM) der Einleiterstandorte Görlitz, Niesky, und Rothenburg/O.L. und Kodersdorf (vgl. Kapitel 7) den hydrologischen Hauptwerten der nächst gelegenen Basispegel der Gewässer gegenübergestellt (Basispegel des Landeshochwasserzentrums).

Als Referenzwert für das betrachtete Gewässer dienen der mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ) sowie der mittlere Abfluss (MQ). Aus der Gegenüberstellung (Tabelle 31) kann abgeleitet werden, wie stark die Wasserführung der Gewässer durch die eingeleiteten Abwassermengen beeinflusst wird.

Tabelle 31: Jahresabwassermengen (JAM), MNQ, MQ und Anteil des JAM für den Bezugszeitraum 2021 bis 2024 (gemittelt)

	JAM [m³/s]	MNQ [m³/s]	Anteil JAM an MNQ	MQ [m³/s]	Anteil JAM an MQ
Görlitz	0,11332	4,77 am Pegel Görlitz	2,4 %	16,8	0,7 %
Niesky	0,02605	0,112 am Pegel Särichen	23,3 %	0,788	3,3 %
Rothenburg/O.L.	0,00816	4,77 am Pegel Görlitz	0,2 %	16,8	0,1 %
Kodersdorf	0,00571	0,112 am Pegel Särichen	5,1 %	0,788	0,7 %

Die mengenmäßigen Beeinflussungen der Kläranlageneinleitungen an den Standorten Görlitz und Rothenburg/O.L. fallen aufgrund der hohen Wasserführung der Lausitzer Neiße gering aus. Am Kläranlagenstandort Görlitz liegt der Anteil der eingeleiteten Jahresabwassermenge an der Wasserführung bei ca. 2 % am MNQ und ca. 1 % am MQ.

Der Anteil des eingeleiteten Abwassers am Kläranlagenstandort Rothenburg/O.L. hingegen beträgt 0,2 % des MNQ und 0,1 % des MQ der Lausitzer Neiße und ist damit hydrologisch weder bei Niedrigwasser noch bei mittleren Abflussverhältnissen von Bedeutung.

Der Anteil des durch die Kläranlage Niesky in den Neugraben eingeleiteten Abwassers am MNQ am Pegel Särichen beträgt 23 % und liegt damit fast bei einem Viertel des Niedrigwasserabflusses. Bezogen auf den mittleren Abfluss beträgt der Anteil der Abwassereinleitung immerhin noch ca. 3 %. Dies ist der höchste relative Einleitungsanteil unter den betrachteten Standorten und verdeutlicht die vergleichsweise große hydrologische Bedeutung dieser Einleitung, insbesondere in Niedrigwasserphasen. Da der Durchfluss am Neugraben noch geringer ausfällt als der des Weißen Schöps fällt der Anteil der Kläranlageneinleitungen hier in jedem Fall noch höher aus.

Die durch die Kläranlage Kodersdorf in den Weißen Schöps eingeleitete Abwassermenge entspricht einem Anteil von rund 5 % an der Gewässerführung bei MNQ am Pegel Särichen und weniger als 1 % bei MQ. Damit zeigt sich, dass die Einleitung unter Niedrigwasserbedingungen einen relevanten Anteil der Vorflut ausmacht, während sie im regulären Mittelabfluss kaum relevant ist.

7.3.6 Erfassung des Ist-Zustandes

Für die Bewertung der Auswirkungen des Vorhabens erfolgt zunächst die Erfassung des Ausgangszustandes der Gewässer unter Beachtung der gegenwärtigen Beeinflussung aus den Kläranlagen.

Im Jahr 2023 wurde im Rahmen des durch das LfULG durchgeführte Forschungsvorhaben „INDIPRO – INDIzienPROzess“ eine Handlungsempfehlung erarbeitet, die eine strukturierte und vereinfachte Auswertung von Gewässergütedaten über öffentlich zugängliche Online-Datenportale (hier: iDa) ermöglicht, um erforderliche Maßnahmen nach der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) gezielt zu identifizieren (LAWA, 2020).

Das in der Veröffentlichung (LAWA, 2020) dargestellte Vorgehen sollte als methodische Grundlage für die in der vorliegenden Machbarkeitsstudie durchgeführte Bewertung der Umweltauswirkungen genutzt werden. In einem ersten Schritt erfolgte die Recherche vorhandener Messstellen des staatlichen Messnetzes und zugehöriger Messdaten.

Die Lage der Messstellen, der Kläranlagen und der Einleitstellen ist in Abbildung 33 dargestellt. Die Zuordnung der Einleitgewässer und der Referenzmessstellen zur Bewertung des Gewässerzustandes sowie der Abstand zwischen Einleit- und Referenzmessstelle erfolgt in Tabelle 32.

Tabelle 32: Oberflächenwasserkörper (OWK) und Referenzmessstellen für die Oberflächenwasserbeschaffenheit (OBF) der betrachten Kläranlagen

Kläranlage	OWK	Referenzmessstelle	OWK-ID	Distanz KA-OBF [km]
Görlitz	Lausitzer Neiße-6	OBF17500[5]	DESN_647-6	9,1
Rothenburg/O.L.	Lausitzer Neiße-8	OBF17600	DESN_647-8	5,4
Kodersdorf	Weißer Schöps-3	OBF24650	DESN_58248-3	1,5
Niesky	Neugraben	OBF25700	DESN_582486	13,2

[5] Die Referenzmessstelle OBF17400 liegt näher zur ZKA Görlitz, allerdings lagen für diese keine Analysedaten parallel zur Beprobung der KA-Abläufe vor.

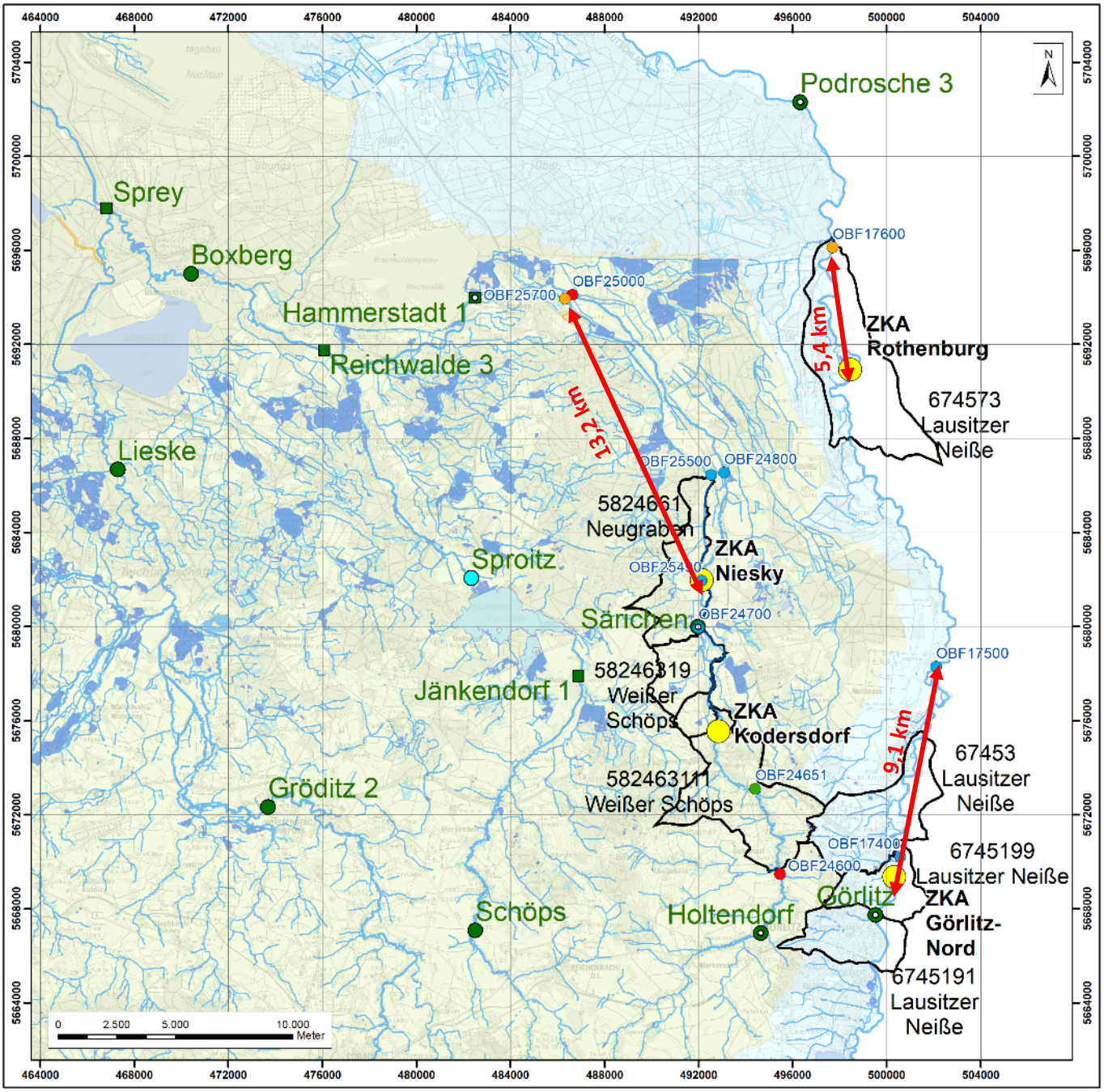


Abbildung 33: Lage der hydrologischen Teileinzugsgebiete (schwarze Umrandung), der Kläranlagenstandorte und deren Einleitstellen (gelber Kreis), der Pegel (grüne Kreise bzw. Rechtecke) und der Referenzmessstellen zur Beurteilung der Oberflächenwasserbeschaffenheit (OBF)

Zur Bewertung der Ausgangslage der Oberflächenwasserbeschaffenheit der betrachteten Gewässer im Landkreis Görlitz wurden die für die staatlichen Referenzmessstellen der OBF verfügbaren Daten herangezogen. Aus der Analyse dieser Daten wird deutlich, dass die Belastungen der Oberflächenwasserkörper vorrangig auf anthropogenen Spurenstoffeintrag zurückzuführen sind (vgl. Tabelle 26). Daher wurde der Fokus der Betrachtungen zum Ausgangszustand der Oberflächenwasserkörper auf Spurenstoffe gerichtet.

Die Anzahl an Datensätzen für Acesulfam, Carbamazepin, Diclofenac, Metformin und Nicosulfuron, die Kläranlageneinleitungen zugeordnet werden können, ist in Tabelle 33 für alle im Untersuchungsgebiet vorhandenen Messstellen dargestellt.

Die umfangreichsten Datensätze liegen für die Parameter Carbamazepin mit insgesamt 707 Datensätzen und Diclofenac mit insgesamt 309 Datensätzen vor. Die Entwicklung der Konzentrationen über die Zeit ist für die relevanten Oberflächenwasserbeschaffenheitsmessstellen im Umfeld der untersuchten Kläranlagen in Abbildung 34 und Abbildung 35 dargestellt. Die roten Kreise in diesen Abbildungen markieren die für die Einleitung relevanten Referenzmessstellen.

Tabelle 33: Anzahl verfügbarer Datensätze ausgewählter Spurenstoffe anthropogener Herkunft an den Referenzmessstellen zur Beurteilung der Oberflächenwasserbeschaffenheit (OBF) des Untersuchungsgebietes

Messstelle / Parameter	Acesulfam	Carbamazepin	Diclofenac	Ibuprofen	Metformin	Nicosulfuron	Gesamt
Lausitzer Neiße	159	579	246	231	9	144	1368
OBF17300	98	276	149	138		83	744
OBF17400	9	47	9	9	9	9	92
OBF17500		76	4	4		12	96
OBF17600	52	180	84	80		40	436
Neugraben	6	36	21	13	12	7	95
OBF25500		4					4
OBF25700	6	32	21	13	12	7	91
Weißer Schöps	35	75	42	25	43	24	244
OBF24700							
OBF24600	13	23	20	10	13	8	87
OBF24650	11	19	11	7	15	7	70
OBF25000	11	27	11	8	15	9	81
OBF24800		6					6
Gesamtergebnis	200	707	309	269	67	178	1730

Aufgrund der vergleichsweise umfangreichen Datenbasis wurden Diclofenac und Carbamazepin als stellvertretende Indikatorsubstanzen für die weiteren Betrachtungen zur Gewässerbelastung durch Spurenstoffe ausgewählt. Aus dem zeitlichen Verlauf der Carbamazepin-Konzentration ist an allen betrachteten Messstellen ein abnehmender Trend zu beobachten. Für Diclofenac zeichnet sich eher ein zunehmender Trend ab.

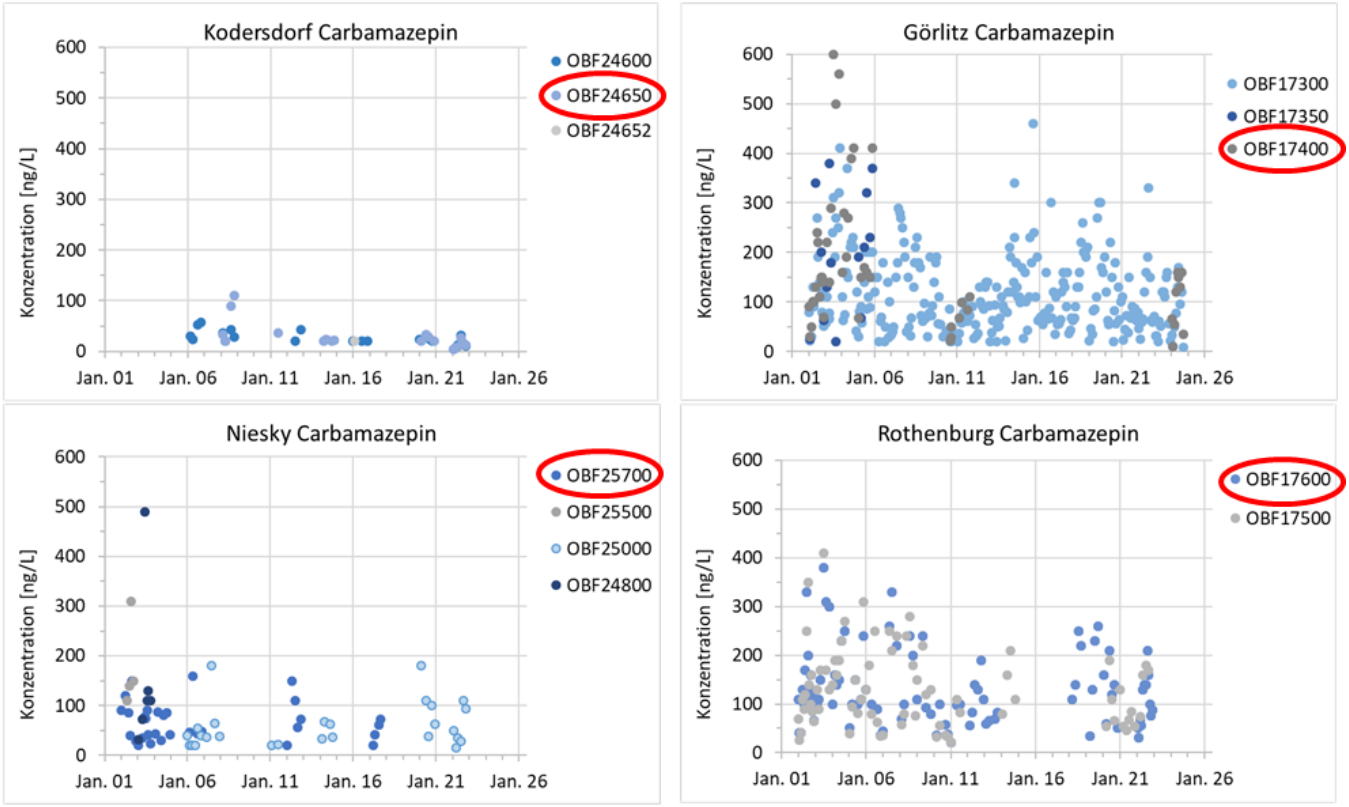


Abbildung 34: Entwicklung der Carbamazepin-Konzentration an den betrachteten OBF's in den OWK im Bereich der Kläranlagen

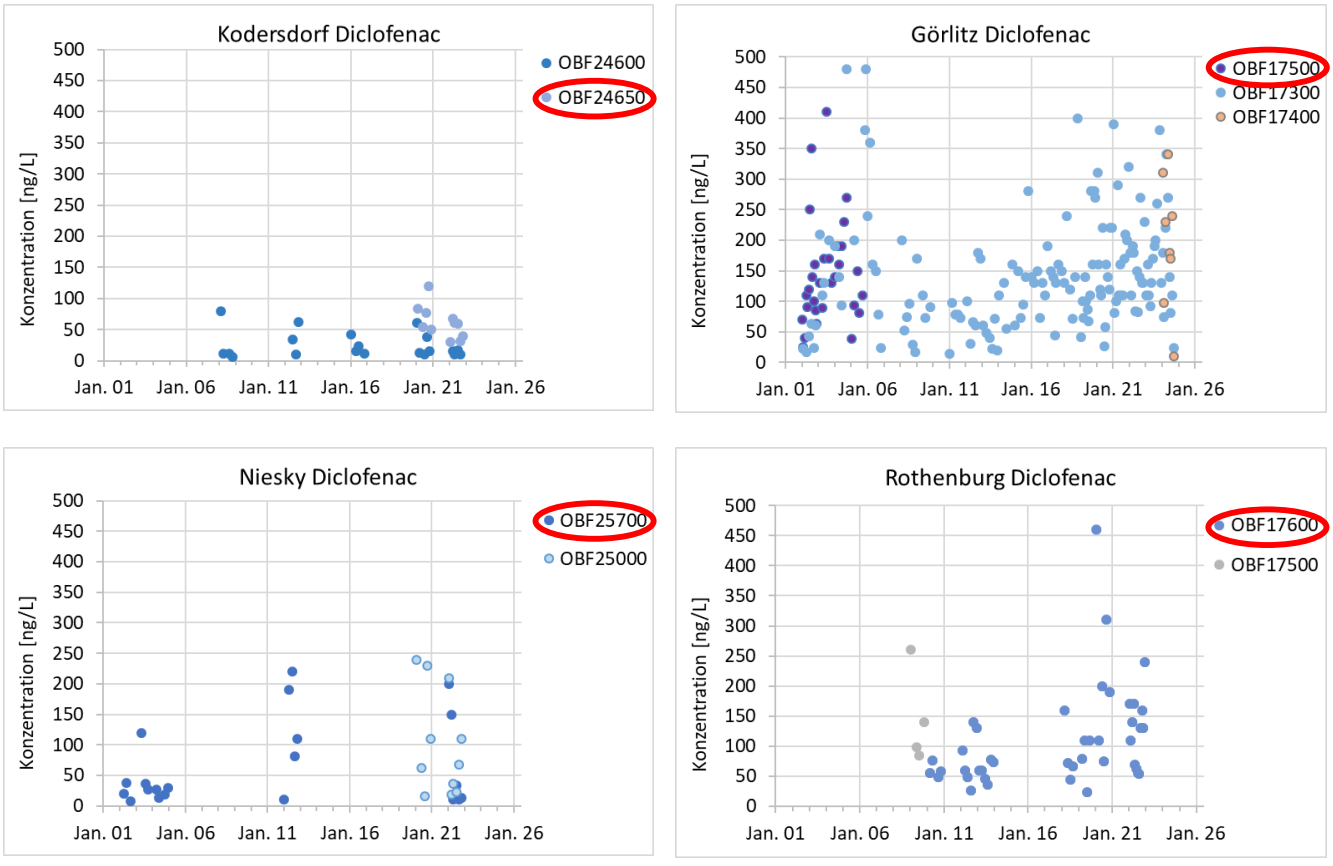


Abbildung 35: Entwicklung der Diclofenac-Konzentration an den betrachteten OBF's in den OWK im Bereich der Kläranlagen

Für die Standorte Niesky, Rothenburg/O.L. und Kodersdorf wurden Messungen im Rahmen zeitlich begrenzter Kampagnen vorgenommen, von denen die letzte im Jahre 2021 stattfand.

Im Ergebnis ist, bedingt durch die bei der Erfassung der Spurenstoffe vorhandenen Datenlücken, eine Anwendung des in INDIPRO dargestellten Vorgehens für die betrachteten Standorte wenig zielbringend.

Die Bewertung der Beeinflussung der Oberflächenwasserkörper durch die Einleitungen der Kläranlagen wird in Kapitel 10 anhand der Ergebnisse der durchgeführten Beprobung der Kläranlagenabläufe und Referenzmessstellen durchgeführt.

8 Beschreibung der zukünftigen Entwicklungen in der Region

Die demografische Entwicklung im Landkreis Görlitz, der Einfluss der wirtschaftlichen Entwicklung der Region, Änderungen des Wasserhaushaltes infolge klimatischer Veränderungen – all das sind Faktoren, die einen Einfluss auf die zukünftige Verfügbarkeit von kommunalem Abwasser für die Wasserwiederverwendung haben können. Diese Einflussfaktoren werden in den folgenden Kapiteln beschrieben.

8.1 Demografische Entwicklung im Landkreis Görlitz

Der Landkreis Görlitz wird bis 2040 voraussichtlich einen weiteren, teils dramatischen Bevölkerungsrückgang und eine fortschreitende Überalterung erfahren haben. Die Prognosen des Statistischen Landesamtes Sachsen deuten auf eine Fortsetzung des Schrumpfungsprozesses in den meisten Gemeinden hin (Sachsen, 2023).

Die Schlüsseltrends der demographischen Entwicklung im Landkreis Görlitz sind die Folgenden:

- Bevölkerungsschwund: Für den Landkreis Görlitz wird insgesamt mit einer schrumpfenden Einwohnerzahl gerechnet, wobei die Prognosen von einem Rückgang zwischen 2020 und 2040 um 16,2 bis 21,1 Prozent ausgehen (Sachsen, 2023).
- Überalterung: Der Anteil älterer Menschen an der Gesamtbevölkerung wird deutlich ansteigen, während der Anteil jüngerer Altersgruppen tendenziell sinkt. Das Durchschnittsalter, das 2021 bereits hoch war (Männer 47,9 Jahre, Frauen 51,2 Jahre), wird weiter steigen. Für das Jahr 2040 wird ein Durchschnittsalter von 48,9 Jahren für Männer und von 52 Jahren für Frauen erwartet.
- Natürlicher Bevölkerungssaldo: Der Haupttreiber für den Bevölkerungsrückgang ist der sogenannte natürliche Saldo, bei dem die Zahl der Sterbefälle die der Geburten deutlich übersteigt.
- Wanderungssaldo: Geburtenrate und positiver Wanderungssaldo können den Bevölkerungsrückgang durch die hohe Sterberate nicht kompensieren.

Abschätzungen zu zukünftigen Zuwanderungsraten liegen gegenwärtig nicht vor.

Die Prognosen zur demographischen Entwicklung basieren auf drei verschiedenen Varianten, die unter anderem unterschiedliche Annahmen zur Entwicklung der Lebenserwartung und den Wanderungsbewegungen treffen. Unabhängig von der genauen Variante wird jedoch übereinstimmend von einer alternden und insgesamt schrumpfenden Bevölkerung im Landkreis ausgegangen. Dabei stellt die Variante 3 ein Worst-Case-Szenario dar. Sie bildet eine demografisch ungünstige, aber plausible Entwicklung ab und dient der vorsorgenden Planung unter restriktiven Annahmen. Sie ist nicht als eine „vorhersagte Zukunft“ zu verstehen, sondern als ein Szenario innerhalb eines Prognosekorridors – und zwar mit vergleichsweise starkem Bevölkerungsrückgang bis 2040. Die Bevölkerungsentwicklung auf Basis

von Variante 3 für den Landkreis Görlitz sowie für die Städte Görlitz, Niesky und Rothenburg/O.L. sowie die Gemeinden Kodersdorf und Horka ist in Tabelle 34 dargestellt.

Die Landkreisverwaltung Görlitz kämpft mit den rückläufigen Einwohnerzahlen, dem steigenden Durchschnittsalter und abnehmender Bevölkerungsdichte und reagiert auf diese demografischen Herausforderungen mit einer proaktiven Politik, die auf strategischer Planung, lokaler Einbindung und gezielter Förderung basiert, um die Zukunftsfähigkeit der Region zu sichern und die Lebensqualität zu erhöhen. Dazu werden Ansätze verfolgt, wie:

- Fachkräftesicherung und nachhaltige Wirtschaftsentwicklung,
- Investitionen in Infrastruktur und Rettungswesen,
- Demokratieförderung und Zusammenhalt.

Tabelle 34: Bevölkerungsentwicklung im Landkreis Görlitz 2040 gegenüber 2021

Landkreis/Gemeinde/Stadt	2021	2030	2035	2040	Bevölkerungsrückgang
Landkreis Görlitz, Einwohner	248.273	231.410	220.280	209.810	-15,5 %
Stadt Görlitz	55.519	54.450	52.780	51.280	-7,6 %
Stadt Niesky	9.130	8.550	8.130	7.730	-15,3 %
Stadt Rothenburg/O.L.	4.385	3.980	3.730	3500	-20,2 %
Gemeinde Kodersdorf	2.365	2.200	2.110	2.020	-14,6 %
Gemeinde Horka	1.656	1.510	1.420	1.340	-19,1 %

Quelle: (Sachsen, 2023)

Der Freistaat Sachsen bietet mit der Förderrichtlinie „Demografie“ Möglichkeiten, Maßnahmen und Projekte zu unterstützen, die eine nachhaltige Anpassung von Kommunen und Regionen an den demografischen Wandel zum Ziel haben (Freistaat Sachsen, 2024). Die in Kapitel 7.1.5 ermittelten, für die Wasserwiederverwendung nutzbaren Abwassermengen basieren daher vorerst ausschließlich auf den Daten für den Ist-Zustand. Mit der für den „Worst-Case“ prognostizierten Bevölkerungsabnahme von – 15,5 % für den Landkreis Görlitz bis zum Jahr 2040 ist auch eine damit korrelierende Abnahme der Abwässer aus privaten Haushalten und Kleingewerbe zu erwarten. Neben den klimabedingten Veränderungen ist davon auszugehen, dass auch die demographische Entwicklung die Wasserführung der Fließgewässer beeinflussen wird. Der in Tabelle 33 dargestellte Bevölkerungsrückgang führt voraussichtlich zu einem proportionalen Rückgang der Jahresabwassermengen.

Eine verlässliche Prognose der zukünftig nutzbaren Abwassermengen aufgrund der Bevölkerungsprognosen ist nicht möglich. Diese Voraussage würde sich nur auf den zukünftig schwindenden Anteil kommunalen Abwassers beziehen. Zunahmen von Industrie- und Gewerbeabwässern infolge von Firmen-

ansiedlungen und Erweiterung von Produktionsflächen können den demografischen Effekt der Entwicklung der kommunalen Abwassermengen lokal vollständig kompensieren oder überlagern.

Die Kopplung von Abwasserprognose und der Prognose der Wiederverwendungsraten von Klarwasser kann eine realistische Dimensionierung der Aufbereitungstechnik und eine zielgerichtete Priorisierung der Nutzungsklassen ermöglichen. Sie kann zugleich eine belastbare Grundlage für fördertechnische Abwägungen zwischen wasserwirtschaftlichen und strukturpolitischen Zielsetzungen bilden. Für konkrete Maßnahmen der Wasserwiederverwendung sind daher gemessene Jahresmengen und Lastprofile (monatlich/täglich, Industrie-Spitzen) entscheidend — eine reine demografische Skalierung liefert nur die Größenordnung.

8.2 Wirtschaftliche Entwicklung des Landkreises Görlitz

8.2.1 Strukturwandel im Lausitzer Revier

Im sächsischen Teil des Lausitzer Braunkohlereviers, innerhalb dessen sich insbesondere die nördlichen Teile des Landkreise Görlitz befinden, sind mehrere zehntausend Arbeitsplätze direkt oder indirekt mit der Braunkohlegewinnung und -verstromung verbunden bzw. historisch daraus hervorgegangen. Der schrittweise Ausstieg aus der Braunkohlegewinnung und -verstromung erfordert Aufbau gleichwertiger, zukunftsfähiger Beschäftigungs- und Wertschöpfungsstrukturen, um wirtschaftliche Stabilität und soziale Kohäsion in der Region zu sichern.

Ziel des Strukturwandels ist es, die Region von fossilen Energieträgern zu lösen und sie systematisch in Richtung nachhaltiger, innovationsgetriebener Wirtschaftssektoren zu entwickeln. Dazu zählen insbesondere erneuerbare Energien, Wasserstoffwirtschaft, Energie- und Umwelttechnik, nachhaltige Mobilität, Kreislaufwirtschaft sowie Forschung und angewandte Entwicklung. Bestehende industrielle Standorte, Infrastrukturen und Kompetenzen – etwa in der Energieerzeugung, im Maschinen- und Anlagenbau, in der Forst- und Holzwirtschaft sowie in der grenznahen Zusammenarbeit – sollen gezielt für neue Geschäftsmodelle genutzt werden. Insgesamt ist der Strukturwandel im Landkreis Görlitz als langfristiger, integrierter Transformationsprozess angelegt, der wirtschaftliche, ökologische und gesellschaftliche Aspekte verbindet und durch ein eng verzahntes Fördergefüge von EU, Bund und Freistaat Sachsen getragen wird.

Der Strukturwandel im sächsischen Teil des Lausitzer Reviers wird durch umfangreiche **Bundes-, Landes- und EU-Förderinstrumente** flankiert. Zentrale Programme und Initiativen sind:

- Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen (StStG):
- Das zentrale Förderinstrument für die deutschen Kohleregionen. Für den Freistaat Sachsen stehen bis 2038 insgesamt rund 1,9 Milliarden Euro zur Verfügung, ein erheblicher Anteil davon für Maßnahmen im Landkreis Görlitz. Gefördert werden unter anderem Verkehrsinfrastruktur, wirtschaftsnahe Infrastruktur, Forschungs- und Innovationsvorhaben sowie kommunale Investitionen.
- Bundesmodellvorhaben „Unternehmen Revier“:
- Das Programm unterstützt innovative Vorhaben von Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen zur Erschließung neuer Wertschöpfungsketten. Im Landkreis Görlitz werden insbesondere Projekte in den Bereichen Energie- und Umwelttechnik, Digitalisierung sowie grenzüberschreitende Kooperationen gefördert.
- Just Transition Fund (JTF):
- Der europäische Fonds unterstützt gezielt Regionen im Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft. Im sächsischen Lausitzer Revier werden JTF-Mittel unter anderem für Qualifizierung, Unternehmensgründungen, Innovation sowie die Stärkung kleiner und mittlerer Unternehmen eingesetzt.
- Sächsische Strukturentwicklungsprogramme (SMR/SMWA):
- Der Freistaat Sachsen ergänzt die Bundes- und EU-Förderung durch eigene Programme zur Regional- und Wirtschaftsentwicklung, etwa zur Ansiedlung von Unternehmen, zur Fachkräftesicherung und zur kommunalen Entwicklung im Landkreis Görlitz.
- Kultur- und Beteiligungsfonds Lausitz (Sachsen):
- Spezifische Förderlinien unterstützen kulturelle, gesellschaftliche und partizipative Projekte, die den Strukturwandel begleiten und zur Identifikation der Bevölkerung mit dem Transformationsprozess beitragen.

Die Gründe für die Förderung bestehen in:

- Aufbau wirtschaftlicher Stabilität durch die Kompensation der wegfallenden Wertschöpfung und Arbeitsplätze durch die Braunkohleindustrie,
- Attraktivitätssteigerung durch die Ansiedlung und den Ausbau zukunftsorientierter Einrichtungen in den Bereichen Forschung, Bildung und Industrie, um Fachkräfte zu halten und neue zu gewinnen – auch im Wettbewerb mit anderen Regionen,
- Ökologische und energetische Transformation durch Entwicklung des sächsischen Lausitzer Reviers zu einer Modellregion für erneuerbare Energien, nachhaltige Industrieprozesse und klimaneutrale Wertschöpfung,
- Landschaftlicher Wandel durch die Umgestaltung ehemaliger Tagebaue zur größten künstlichen Wasserlandschaft Europas (Lausitzer Seenland), um den Tourismus als neuen Wirtschaftszweig zu stärken.

Im Landkreis Görlitz werden die genannten Initiativen im Rahmen des Strukturwandels durch spezifische sächsische Programme und bedeutende Leuchtturmprojekte konkretisiert. Die auf den Landkreis Görlitz anwendbaren Fördermaßnahmen sind in Tabelle 35 aufgelistet.

Tabelle 35: Auswahl von Fördermaßnahmen im Landkreis Görlitz

Initiative/Förderprogramm	Konkrete Anwendung im Landkreis Görlitz
Strukturstärkungsgesetz (InvKG)	Finanzierung von Großprojekten wie dem Deutschen Zentrum für Astrophysik (DZA) in Görlitz und Infrastrukturmaßnahmen wie dem Ausbau der Schienenstrecke Berlin–Görlitz
Just Transition Fund (JTF)	Unterstützung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) sowie Investitionen in berufsbildende Schulen im Landkreis zur Qualifizierung von Fachkräften
STARK-Programm	Förderung der Taskforce Strukturwandel der Entwicklungsgesellschaft Niederschlesische Oberlausitz (ENO), die Kommunen bei der Projektentwicklung berät
Unternehmen Revier	Regionale Budgets für innovative Projekte; im Landkreis Görlitz oft über Wettbewerbe der Wirtschaftsregion Lausitz gesteuert

Für den Landkreis Görlitz leitet die Politik aus diesen Maßnahmen ab, dass die Region nicht nur den Ausstieg aus der Kohle bewältigt, sondern zum Pionier einer klimafreundlichen Transformation in Europa wird, was langfristig die globale Wettbewerbsfähigkeit der lokalen Industrie sichern soll. Leuchtturmprojekte im Landkreis Görlitz, die über das Strukturstärkungsgesetzt realisiert werden, setzen insbesondere auf Forschung, innovative Mobilität und die Nachnutzung von Industrieflächen. Dazu gehören:

- Der Landkreis ist Teil der Wasserstoff-Roadmap „H2-Region Lausitz“, die den Aufbau einer flächendeckenden Infrastruktur für grünen Wasserstoff vorsieht, um Industrie und ÖPNV klimaneutral zu machen.
- Das Deutsche Zentrum für Astrophysik (DZA) soll ab 2026 in Görlitz errichtet werden.
- Die Weiterentwicklung des Lausitzer Seenlands (z. B. Bärwalder See) wird als wirtschaftliches Standbein gezielt gefördert, um den Landkreis als Lebens- und Erholungsort attraktiver zu machen.
- Das Center for Advanced Systems Understanding (CASUS) in Görlitz widmet sich der digitalen Systemforschung.
- Das Fraunhofer-Kunststoffzentrum Oberlausitz (FKO), in Zittau beheimatet, forscht an nachhaltigen Kunststoffen und Leichtbautechnologien für die Industrie.
- Die Construction Future Lab (CFLab) in Görlitz entsteht als Forschungszentrum für automatisiertes Bauen, das moderne 3D-Druck-Verfahren und Robotik auf die Baustelle der Zukunft bringen soll.

- Die Carbon LabFactory entsteht auf dem Gelände des Kraftwerksstandorts Boxberg als Innovationszentrum für die Herstellung und Anwendung von Carbonfasern, um neue industrielle Wertschöpfung nach dem Kohleausstieg zu sichern.
- Erschließung und Erweiterung von Industrieflächen für die Ansiedlung von Hochtechnologieunternehmen im Landkreis, unterstützt durch Mittel der Strukturförderung.

8.2.2 Net Zero Valley Lausitz

Am 16. Dezember 2025 wurde die Lausitz offiziell als erstes Net Zero Valley Europas ausgewiesen. Das Net Zero Valley Lausitz (NZVL) basiert auf dem Net-Zero Industry Act (NZIA) der EU. Das Net Zero Valley Lausitz ist als strategischer "Beschleuniger" innerhalb des Strukturwandels einzuordnen. Es fungiert nicht als ein einzelnes Bauprojekt, sondern primär als ein sonderrechtlicher Status für die gesamte Region (Brandenburgische und Sächsische Lausitz), um die Ansiedlung grüner Industrien (Netto-Null-Technologien) massiv zu beschleunigen.

Das Valley konzentriert sich auf nachfolgende Kernbereiche (Net Zero Valley Lausitz, 2025):

- Batterien und Speicher
- Wasserstoff & Power-to-X (PtX)
- Stromnetztechnologien
- Sektorenkopplung (z. B. Herstellung von strombasierten Treibstoffen).

Im Betrachtungsgebiet dieser Studie sind die in Tabelle 36 aufgeführten Gewerbegebiete als zukünftige Kernflächen des Net Zero Valley ausgewiesen. Bei der Auswahl der Valley-Flächen wurde ein Schwerpunkt auf das Szenario einer zeitnahen Vorhabenrealisierung infolge einer zeitnahen Flächenbereitstellung und zügigen Genehmigungsplanung abgestellt.

Tabelle 36: Zukünftige Kernflächen Net Zero Valley Lausitz im LK Görlitz - Flächen für Industriegebiete

Gemeinde	Horka	Rothenburg/O.L.
Fläche gesamt	59,4 ha	310 ha
Verfügbar	39,2 ha	130 ha
Windkraft (<10 km)	18 MW	n.a.
Photovoltaik (<5 km)	15,5 MW	38,6 MW
B-Plan	GI (Industriegebiet)	GE (Gewerbegebiet)
FNP	Aufstellungsbeschluss	genehmigt
Verfügbarkeit	4-6 Jahre	1-3 Jahre
Typ	In Entwicklung	In Entwicklung
Info	Änderung FNP im Parallelverfahren (Ziel Industriegebiet)	Landkreis setzt auf Luftfahrtaffine Industrie

Für den Landkreis Görlitz bedeutet die Zugehörigkeit zum NZVL eine enorme Aufwertung im Wettbewerb um internationale Investoren:

- **Planungssicherheit:** Beschleunigung langwieriger Genehmigungsverfahren, koordinierter und beschleunigter Verfahrensrahmen des NZIA,
- **Sogwirkung:** Förderung industrieller Clusterbildung,
- **Infrastruktur-Fokus:** gezielter Ausbau Energie- und Digitalinfrastruktur, dort ausgebaut, wo grüne Industrien entstehen,
- **Fachkräftesicherung:** Fachkräftesicherung, gezielte Qualifizierung für neue Cleantech-Industrien.

8.2.3 Zwischenfazit

Von der Umsetzung der Maßnahmen (Strukturwandel und Net Zero Valley) werden für den Landkreis Görlitz im Jahr 2026 signifikante Impulse für die industrielle Erneuerung und wirtschaftliche Stabilisierung abgeleitet:

- **Beschleunigte industrielle Erneuerung:** Durch den Status als erstes Net Zero Valley Europas (offiziell seit Dezember 2025) verfügt der Landkreis nun über einen sonderrechtlichen Rahmen.
- **Wissenschaft als Wirtschaftsfaktor:** Großforschungszentren, wie das Deutschen Zentrum für Astrophysik (DZA) und das CASUS im Jahr 2026
- **Aufbau neuer Wertschöpfungsketten:** Netto-Null-Technologien,
- **Stabilisierung des Arbeitsmarktes:** prognostizierten Bevölkerungsrückgang durch attraktive, zukunftssichere Arbeitsplätze in der "Green Economy" abfedern.

Langfristig leitet die Politik ab, dass der Landkreis Görlitz nicht nur den Verlust der Kohleindustrie kompensiert, sondern eine qualitativ höherwertige, diversifizierte und zukunftsfeste Wirtschaftsstruktur aufbaut. Der Wandel von einer Energieregion zu einer Technologie- und Wissensregion ist das oberste Ziel. Die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Maßnahmen sind darauf ausgelegt, die Region bis 2040 zu einer nachhaltigen, wissenschaftsgetriebenen und international wettbewerbsfähigen Modellregion Europas zu transformieren. Dabei sind die Standbeine der wirtschaftlichen Entwicklung der Region:

- Dekarbonisierung der Industrie
- Etablierung von Wissenschaftsstandorten in Görlitz und Zittau
- Tourismus als stabiles Standbein
- Demografischer Wandel und Fachkräftebasis

Die Umsetzung der Maßnahmen des Strukturwandels (Kapitel 8.2.1) sowie des strategischen Gesamtkonzeptes Net Zero Valley Lausitz (NZVL) (Kapitel 8.2.2) können langfristig für einen Bevölkerungszuwachs sorgen.

8.3 Naturräumliche Entwicklung im Landkreis Görlitz

Für den Naturraum der östlichen Oberlausitz ist vor dem Hintergrund des Klimawandels, der Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie sowie der demografischen Entwicklung von Veränderungen in der Landnutzung und der Gewässerentwicklung auszugehen. Die konkrete Ausgestaltung dieser Entwicklungen hängt jedoch wesentlich von den jeweiligen planerischen Vorgaben und agrar- bzw. förderpolitischen Rahmenbedingungen ab.

Im Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße und ihrer Zuflüsse zeigen die Bewirtschaftungspläne gemäß Wasserrahmenrichtlinie weiterhin Defizite hinsichtlich des ökologischen Zustands beziehungsweise Potenzials. Ursachen hierfür liegen insbesondere in hydromorphologischen Beeinträchtigungen sowie stofflichen Belastungen (LfULG, 2021 a). Daraus ergibt sich die fachliche Notwendigkeit für Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur, zur Reaktivierung von Auenbereichen sowie zur Wiederanbindung natürlicher Retentionsräume, wie sie auch durch die Zielsetzungen des Wasserhaushaltsgesetzes und der Oberflächengewässerverordnung gestützt werden.

Die Wiederherstellung von Überschwemmungsflächen und funktionalen Auen kann zur Dämpfung von Hochwasserspitzen beitragen und stellt einen zentralen Baustein integrierter Hochwasserschutzstrategien im Sinne der Richtlinie 2007/60/EG dar. Gleichzeitig ergeben sich Nutzungskonflikte mit der landwirtschaftlichen Flächenbewirtschaftung. Daher sollten entsprechende Maßnahmen bevorzugt in Gebieten umgesetzt werden, in denen ausreichende Flächenverfügbarkeit besteht und die Nutzungskonkurrenz vergleichsweise gering ist (LfULG, 2021 a). Die in der Region verbreiteten Teichlandschaften, insbesondere im Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet, besitzen sowohl eine hohe

naturschutzfachliche Bedeutung als auch eine wirtschaftliche Funktion. Maßnahmen zur Verbesserung der ökologischen Durchgängigkeit und zur Reduzierung von Stoffeinträgen sind daher mit den Anforderungen der Teichwirtschaft abzustimmen.

Für landwirtschaftlich genutzte Flächen ist im Zuge klimatischer Veränderungen mit einer Zunahme von Trockenperioden sowie einer erhöhten Erosionsgefährdung zu rechnen (siehe Kapitel 8.4). Anpassungsmaßnahmen wie die stärkere Gliederung der Agrarlandschaft, die Anlage von Gewässerrandstreifen oder Extensivierungsstrategien können zur Stabilisierung der Produktionssysteme beitragen. Deren Umsetzung ist jedoch in hohem Maße von den verfügbaren agrarpolitischen Förderinstrumenten abhängig.

Im Tourismussektor wird im Landkreis Görlitz gemäß regionalen Entwicklungskonzepten eine qualitative Weiterentwicklung mit Schwerpunkt auf naturverträglichen Angeboten angestrebt. Eine Ausdehnung touristischer Nutzungen ist jedoch an die Belastbarkeit sensibler Naturräume gebunden und erfordert gezielte Konzepte zur Besucherlenkung (RPV, 2023).

Die demografische Entwicklung, insbesondere Bevölkerungsrückgang und Alterungsprozesse, führt zu räumlich differenzierten Effekten: Während in gut angebundenen Lagen eine Intensivierung der Nutzung zu beobachten ist, kommt es in peripheren Regionen teilweise zu Nutzungsaufgaben (Sachsen, 2023).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die zukünftige Entwicklung des Naturraums maßgeblich durch die Umsetzung bestehender Fachplanungen, insbesondere im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie, der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie, von Natura 2000 sowie der Regionalplanung, beeinflusst wird. Eine integrierte Entwicklung im Sinne einer multifunktionalen Landschaftsnutzung erscheint grundsätzlich möglich, ist jedoch nicht sicher prognostizierbar. Sie hängt vielmehr von konkreten Steuerungsinstrumenten, der Verfügbarkeit geeigneter Flächen sowie der Ausprägung bestehender Nutzungskonflikte ab (LfULG, 2021 a).

8.4 Berücksichtigung der Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Wasserressourcen

Bereits heute stellen der Klimawandel und die mit ihm einhergehenden negativen Effekte die Menschheit vor große Schwierigkeiten. Für Deutschland sagen allgemeine Klimaprojektionen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts längere und intensivere Hitzeperioden, mehr Dürren, Starkregenereignisse mit Hochwassergefahr sowie Veränderungen in Landwirtschaft (Ertragsverluste), Forstwirtschaft (Waldbrandrisiko) und Wasserverfügbarkeit voraus.

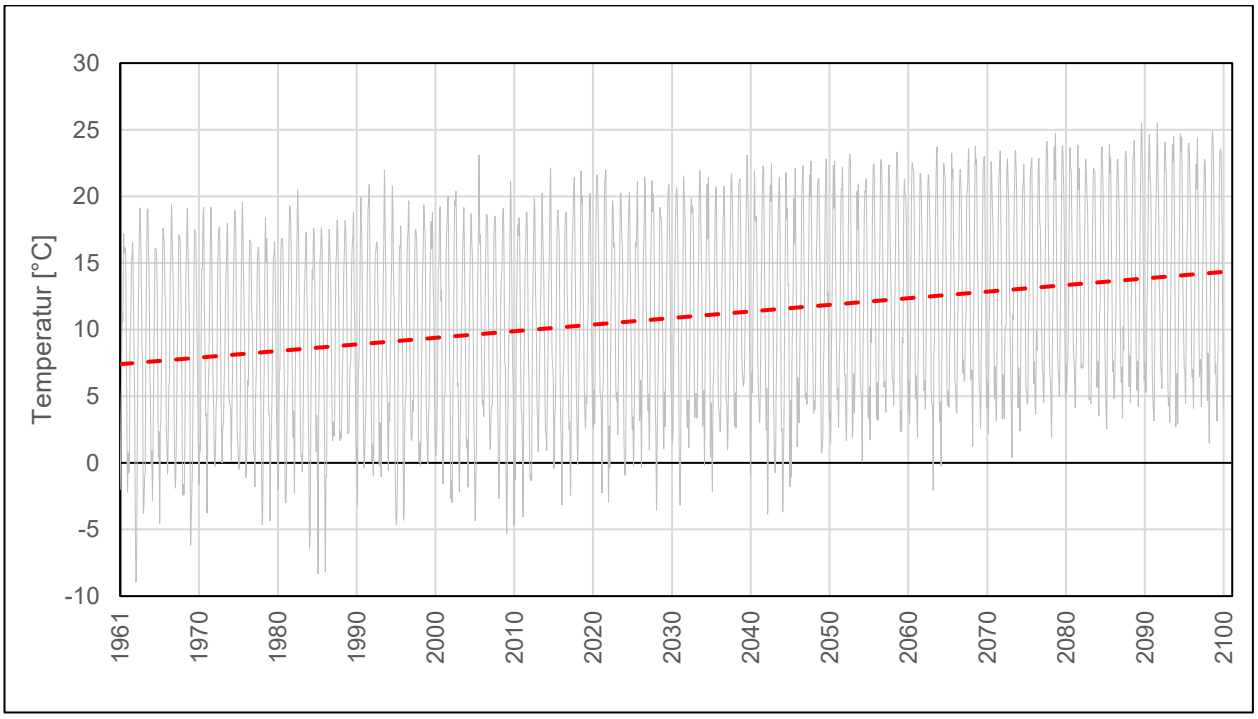
Für den Landkreis Görlitz bedeutet das, sich perspektivisch ebenfalls auf eine signifikante Erwärmung und grundlegende Veränderungen des Wasserhaushalts einstellen zu müssen (Klimasteckbriefe der Gemeindegebiete Görlitz, Niesky, Rothenburg/O.L., Kodersdorf und Horka und in Anhang B 18).

Zur Abschätzung möglicher Auswirkungen der Klimaveränderungen auf den Wasserhaushalt im Landkreis Görlitz wurde im Rahmen vorliegender Machbarkeitsstudie das Online-Tool „GWN Viewer Sachsen“ des Freistaates Sachsen verwendet. Der GWN Viewer Sachsen stellt Wasserhaushaltsdaten aus dem Projekt KliWES 3.0 für Ist-Zustände und Klimaprojektionen bis 2100 bereit.

Im GWN Viewer kann der Anwender für die Darstellung der Entwicklung der Wasserhaushaltsgrößen bis zum Jahr 2100 zwischen unterschiedlichen Klimaprojektionen wählen. Für die folgenden Ausführungen wurde das Klimaszenario WETTREG_r85_r1 gewählt. Es basiert auf dem spezifischen "Worst-Case"-Emissionspfad „Weiter wie bisher“ und einem statistischen Regionalisierungsmodell. Es stellt die trockenste Projektion innerhalb des in KliWES 3.0 betrachten Ensembles dar.

Die nachfolgenden Aussagen bezüglich der Entwicklung des Wasserhaushalts sind als eine mögliche Variante zu betrachten, die nur für die angenommenen Klimabedingungen der betreffenden Klimaprojektion gelten. Es ist nicht zulässig, einzelne Absolutwerte zu verwenden, um Aussagen zu speziellen Aspekten an Einzelstandorten abzuleiten. Es ist immer eine Bandbreite der Wasserhaushaltsgrößen zu betrachten. Bei den Ergebnissen handelt es sich um Modellwerte, die immer mit gewissen Aussageunsicherheiten, aufgrund von Modellfehlern, Datenungenauigkeiten, Annahmen zu der Entwicklung des Klimas, u. a. behaftet sind.

8.4.1 Projektion der Temperatur und der Grundwasserneubildungsrate



Quelle: GWN Viewer

Abbildung 36: Anstieg der mittleren Monatstemperatur im Landkreis Görlitz im Zeitraum 1961-2100 basierend auf der Projektion WETTREG_r85_r1

Bis zum Jahr 2100 wird für den Landkreis Görlitz eine signifikante Erwärmung projiziert (Quelle: GWN Viewer

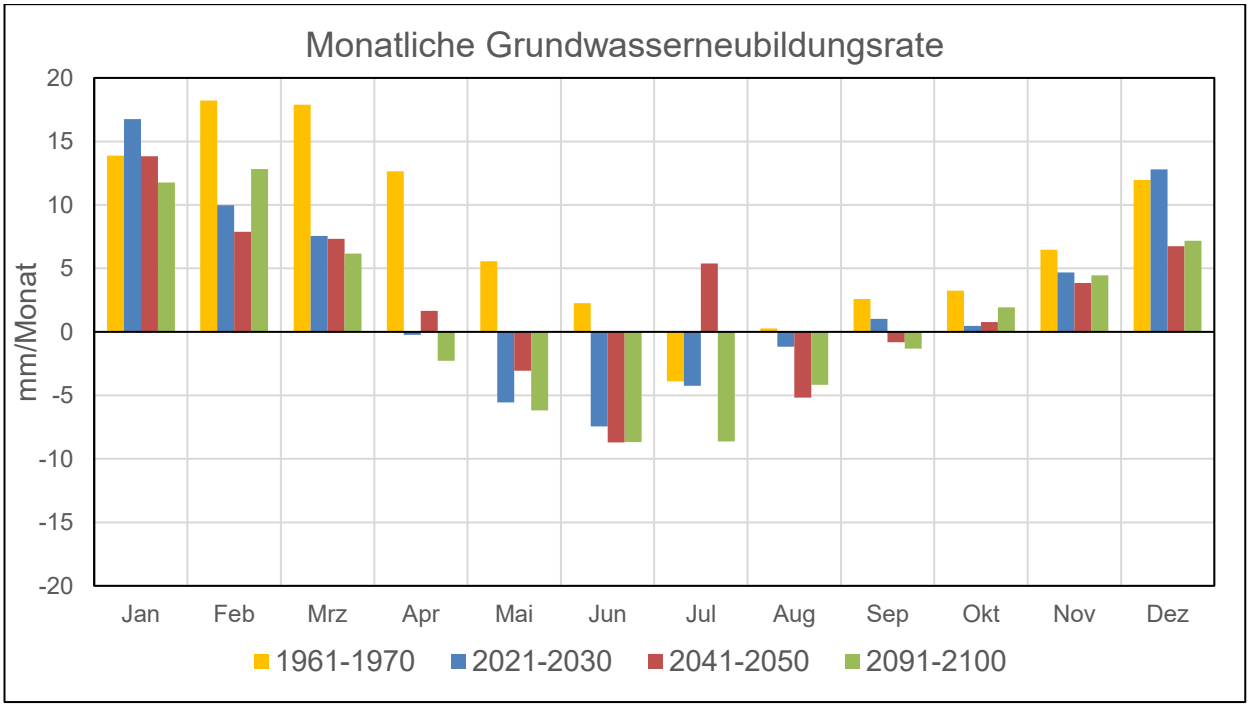
Abbildung 36). Die Projektion WETTREG_r85_r1 geht von 1961 bis 2100 von einem mittleren Temperaturanstieg um 5 K und einer tendenziellen Niederschlagsabnahme aus. Die regionalen Klimaprojektionen für den Landkreis Görlitz zeichnen bis zum Jahr 2100 ein Bild zunehmenden Wasserstresses.

In Abbildung 37 ist eine Veränderung der saisonalen Verteilung und der Höhe der Grundwasserneubildung erkennbar. Langfristig drohen damit sinkende Grundwasserstände, was die Versorgungssicherheit gefährden kann. In den trockenen Sommermonaten steigt der Bedarf (z. B. für Bewässerung in der Landwirtschaft), während gleichzeitig das natürliche Dargebot sinkt.

Das sinkende Grundwasserdargebot kann für die Wasserversorger Millioneninvestitionen in die Infrastruktur erfordern. Einhergehend mit den steigenden Temperaturen ist auch ein Anstieg der projizierten Verdunstungsraten verbunden. Insbesondere in den Sommermonaten wird es wärmer. Längere Trockenphasen und erhöhte Verdunstung erhöhen das Risiko für Dürreperioden, was die Wasserversorgung und Landwirtschaft beeinträchtigt.

Während die jährlichen Niederschlagsmengen geringfügig abnehmen könnten, verschlechtert sich die Bilanz der Grundwasserneubildung infolge veränderter saisonaler Verteilungen (Quelle: GWN Viewer

Abbildung 37) und höherer Verdunstungsraten viel deutlicher. Insbesondere in der ersten Jahreshälfte, in der es aufgrund der Wachstumsphase zu einem erhöhten Wasserbedarf der Pflanzen kommt, wird ein kritischer Rückgang der Grundwasserneubildung projiziert.



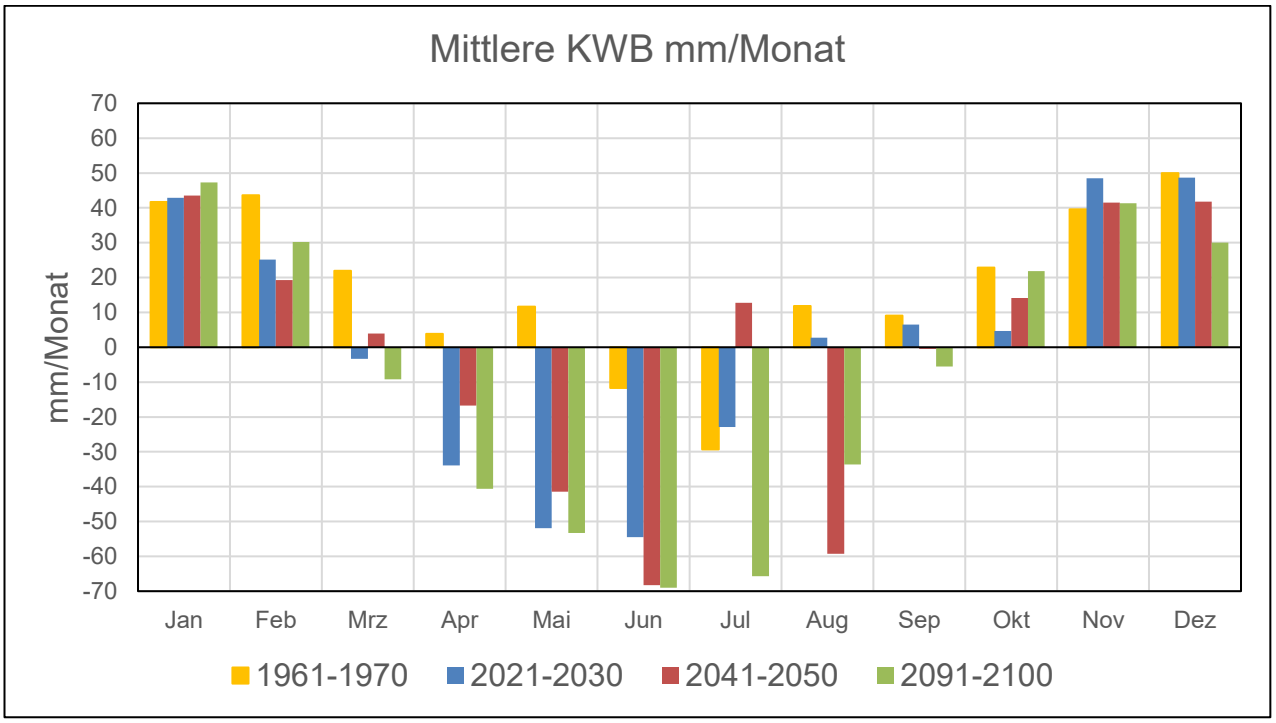
Quelle: GWN Viewer

Abbildung 37: Entwicklung monatlichen Grundwasserneubildung im Landkreis Görlitz für das Klimaszenario WETTREG_r85_r1 im Zeitraum 1961-2100 2100 basierend auf 10-jährigen Mittelwerten

8.4.2 Projektionen der klimatischen Wasserbilanz

Die klimatische Wasserbilanz (KWB) wird im Klimaszenario WETTREG_r85_r1 besonders in den Sommermonaten negativ (siehe Quelle: GWN Viewer

Abbildung 38), was die Wasserverfügbarkeit reduziert sowie Ökosysteme und Infrastruktur belastet. Das Dürrejahr 2019 könnte bis 2100 zum neuen Normalzustand werden.



Quelle: GWN Viewer

Abbildung 38: Monatliche KWB – Projektion für den Zeitraum 1961-2100

8.4.3 Auswirkungen des Klimawandels auf die Fließgewässer

Für die vier betroffenen Einzugsgebiete im Untersuchungsgebiet wurden die Wasserhaushaltsdaten aus KliWES 3.0 für den Istzustand (Kalib_beo_ERA 5) sowie das Klimaszenario WETTREG_r85_r1 für drei Zeiträume (1988–2020, 2020–2050 und 2071–2100) ermittelt.

Die Ergebnisse der Wasserhaushaltsgrößen sind in Tabelle 37 dargestellt. Die Daten zeigen übereinstimmend, dass sich bei steigenden Lufttemperaturen, leicht abnehmenden Jahresniederschlagsmengen, steigenden Verdunstungsraten, einer abnehmenden Grundwasserneubildung sowie einer zunehmend negativen klimatischen Wasserbilanz Veränderungen ergeben, die sich kritisch auf die Fließgewässer auswirken. Insbesondere sind folgende Entwicklungen zu erwarten:

- Niedrigwasser und Austrocknung: Der Rückgang der Grundwasserneubildung führt zu einer Verringerung des Basisabflusses. Dies äußert sich in einer deutlichen Abnahme des mittleren Niedrigwasserabflusses (MNQ). Insbesondere kleine Fließgewässer sind im Sommerhalbjahr zunehmend von sehr geringen Abflüssen bis hin zum zeitweisen Trockenfallen betroffen.

- Thermische Belastung: Geringere Wassermengen erwärmen sich schneller, wodurch der Sauerstoffgehalt sinkt und die Gewässerökologie erheblich beeinträchtigt wird.
- Veränderte Abflussdynamik: Trotz zunehmender Trockenheit steigt die Intensität von Starkregenereignissen. Diese können zu kurzzeitigen, aber ausgeprägten Hochwasserabflüssen führen, da ausgetrocknete Böden eine geringere Infiltrationsfähigkeit aufweisen.
- Wasserqualität: Niedrigwasserperioden mit reduziertem MNQ gehen mit einer verminderten Verdünnungswirkung einher und begünstigen erhöhte Konzentrationen von Nähr- und Schadstoffen.

Zur quantitativen Einordnung der Niedrigwasserentwicklung wurde der Kennwert MNQ herangezogen. Der MNQ beschreibt den mittleren der jeweils niedrigsten jährlichen Abflüsse und stellt einen etablierten, gut nachvollziehbaren Maßstab zur Bewertung klimabedingter Niedrigwasserentwicklungen dar. Die Ableitung der zukünftigen MNQ-Werte erfolgte auf Basis der projizierten Änderungen der Niedrigwasserabflüsse aus KliWES 3.0. Die aus der Projektion für die Zukunft abgeleiteten MNQ-Werte stellen lediglich eine grobe, mögliche Abschätzung dar und liefern keine Information zur tatsächlichen Entwicklung des MNQ.

8.4.3.1 Lausitzer Neiße

Die in KliWES-3.0 verwendeten Projektionen zeigen für die Teileinzugsgebiete der Lausitzer Neiße eine Abnahme der mittleren und niedrigen Abflüsse, insbesondere im Sommerhalbjahr (Tabelle 38). Der Basisabfluss aus dem Grundwasser nimmt deutlich ab. Am Pegel Görlitz ist auf Basis der Projektion WETTREG-r85-r1 von einer Reduktion des MNQ um etwa 30 % im Zeitraum 2020–2050 und um etwa 40 % im Zeitraum 2071–2100 gegenüber dem Referenzzeitraum (1988-2020) auszugehen. Die Zunahme langanhaltender Niedrigwasserphasen erhöht das Risiko von Nutzungskonflikten zwischen ökologischen Anforderungen sowie industriellen und landwirtschaftlichen Nutzungen.

Für den mittleren Abfluss MQ am Pegel Görlitz wird gegenüber dem Referenzzeitraum von einer Abnahme um 10% - 15% im Zeitraum 2020–2050 ausgegangen und um 15% bis 25% im Zeitraum 2071–2100.

8.4.3.2 Weißer Schöps

Der Weiße Schöps ist als anthropogen überprägtes Gewässer besonders sensibel gegenüber klimatischen Veränderungen.

Die Projektion WETTREG-r85-r1 projiziert für das Einzugsgebiet eine deutlich negative klimatische Wasserbilanz. Für den Pegel Särichen ergibt sich eine Reduktion des MNQ um etwa 30–40 % bis 2020–2050 und um etwa 45–60 % bis 2071–2100. Damit steigt das Risiko für temporäres Trockenfallen im Sommerhalbjahr erheblich. Für den mittleren Abfluss MQ am Pegel Särichen wird gegenüber

dem Referenzzeitraum von einer Abnahme um 10% - 20% im Zeitraum 2020–2050 ausgegangen und um 20 bis 30% im Zeitraum 2071–2100.

8.4.3.3 Neugraben

Der Neugraben ist ein sehr kleines Fließgewässer und reagiert besonders empfindlich auf Veränderungen der klimatischen Wasserbilanz. Die KliWES-3.0-Ergebnisse zeigen, dass der Basisabfluss aus dem Grundwasser im Sommerhalbjahr stark zurückgehen kann. Für solche Gewässer ist bis zum Ende des Jahrhunderts mit einer deutlichen Abnahme des MNQ bis hin zu regelmäßigem Trockenfallen zu rechnen. Dies hat erhebliche ökologische Konsequenzen, insbesondere für die Durchgängigkeit des Gewässers sowie für Fische und benthische Organismen.

Tabelle 37: Wasserhaushaltsdaten für Istzustand sowie Klimaprojektionen für die Teileinzugsgebiete aus KliWES 3.0 (A: Kalib_beo_ERA 5, Simulation Ist-Klima 1988-2020, B: WETTREG_r85_r1, trockenste Projektion 2020-2050, C: WETT-REG_r85_r1, trockenste Projektion 2071-2100)

ZKA		Görlitz			Rothenburg/O.L.			Niesky			Kodersdorf		
KliWES 3.0, Szenarien		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
OWK		Lausitzer Neiße - 6			Lausitzer Neiße - 8			Neugraben			Weißer Schöps - 3		
Gebietskennzahl		6745199			674573			5824661			582463111		
Fläche	km^2	7,5			24,7			11,6			20,6		
Niederschlag P	mm/a	742	653	606	762	663	617	756	644	588	761	643	589
Sommerniederschlag SP	mm/a	430	365	326	429	359	315	430	352	310	435	355	314
Winterniederschlag WP	mm/a	312	287	280	332	304	301	326	291	278	325	288	275
Jahresmitteltemperatur TEMP	°	9,5	10	13	9	11	14	9	11	13	9	11	13
Potenzielle Evapotranspiration ETp	mm/a	613,	660	742	663	669	751	646	669	752	619	666	749
Grundwasserneubildung GWN	mm/a	78	46	20	72	43	19	134	88	55	20	8	3
Gesamtspeicherzufluss r	mm/a	252	187	137	103	70	44	159	107	69	212	138	99
Klimatische Wasserbilanz KWB	mm/a	130	-0	-125	107	7	-116	116	-10	-143	144	-9	-140
Abflussbeiwert (rg1+rg2)/P		0,190	0,139	0,085	0,100	0,065	0,032	0,200	0,154	0,108	0,190	0,136	0,100

8.4.3.4 Projektion des mittleren Niedrigwasserabflusses (MNQ)

Zur quantitativen Einordnung der vorstehend beschriebenen klimabedingten Auswirkungen auf die Fließgewässer wird in Tabelle 38 eine szenariobasierte Abschätzung des mittleren Niedrigwasserabflusses (MNQ) und des mittleren Abflusses (MQ) auf Grundlage des Klimaszenarios WETTREG_r85_r1 durchgeführt. Diese grobe Abschätzung wird den weiteren Betrachtungen im Rahmen dieser Studie zugrunde gelegt.

Tabelle 38: MNQ und MQ, Projektionen auf Basis der Projektion WETTREG_r85_r1

Gewässer / Pegel	MNQ 1988–2020 [m^3/s]	MNQ 2050–2070 [m^3/s]	MNQ 2071–2100 [m^3/s]
Lausitzer Neiße / Görlitz	4,77 (Referenzwert)	4,05 (-15%)	3,33 (-30%)
Weißer Schöps / Särichen	0,112 (Referenzwert)	0,07 (-40%)	0,04 (-60%)

Gewässer / Pegel	MQ 1988–2020 [m^3/s]	MQ 2050–2070 [m^3/s]	MQ 2071–2100 [m^3/s]
Lausitzer Neiße / Görlitz	16,80 (Referenzwert)	14,28 (-15%)	12,60 (-25%)
Weißer Schöps / Särichen	0,788 (Referenzwert)	0,63 (-20%)	0,55 (-30%)

Die klimawandelbasierten Abflussszenarien zeigen eine deutliche Abnahme insbesondere der Niedrigwasserabflüsse bis zum Ende des Jahrhunderts. Damit kann sich trotz sinkender Abwassermengen der relative Anteil der Kläranlageneinleitungen an der Wasserführung erhöhen. Dies kann – insbesondere in Niedrigwasserphasen – zu einer Verschlechterung des mengenmäßigen Zustands beitragen.

Auf Grundlage der szenariobasierten Abschätzung des mittleren Niedrigwasserabflusses (MNQ2100) sowie des mittleren Abflusses (MQ2100) für den Bezugszeitraum 2071–2100 (Tabelle 37) wurde der prozentuale Anteil der für 2040 prognostizierten Jahresabwassermengen (siehe Kapitel 8.1) an der Wasserführung der jeweiligen Vorfluter berechnet (Tabelle 39). Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Differenzierung zwischen den Standorten:

- Görlitz und Rothenburg / Lausitzer Neiße (Pegel Görlitz): Aufgrund der deutlich höheren Wasserführung der Lausitzer Neiße bleiben die relativen Anteile selbst bei MNQ2100 mit 3,7 % (Görlitz) bzw. 0,2 % (Rothenburg/O.L.) gering. Eine mengenmäßige Dominanz der Einleitungen ist hier nicht zu erwarten.
- Niesky / Weißer Schöps (Bezugspegel Särichen): Hier kann der Anteil der Kläranlageneinleitung am MNQ2100 zukünftig rund 50 % erreichen. Damit wird die Wasserführung in Niedrigwasserphasen maßgeblich durch den Ablauf der Kläranlage geprägt. Beim MQ2100 liegt der Anteil bei 4,0 % und ist damit deutlich geringer, jedoch nicht vollständig vernachlässigbar.

- Kodersdorf / Weißer Schöps (Pegel Särichen): Trotz rückläufiger Abwassermenge steigt der Anteil am MNQ2100 von 5,1 % (Bezugszeitraum 2021–2024, siehe Tabelle 31) auf 10,9 %. Beim MQ2100 beträgt der Anteil lediglich 0,9 % und ist hydrologisch als untergeordnet einzustufen.

Insgesamt wird deutlich, dass die hydrologische Relevanz der Kläranlageneinleitungen künftig weniger von der absoluten Abwassermenge als vielmehr von der klimabedingten Reduktion der Niedrigwasserabflüsse bestimmt wird. Besonders im Einzugsgebiet des Weißen Schöps ist in Niedrigwasserperioden mit einer deutlichen Zunahme der relativen Einflussnahme zu rechnen.

Tabelle 39: Jahresabwassermengen (2040), MNQ2100, MQ2100 und Anteil der JAM an der Wasserführung der Fließgewässer Bezugszeitraum 2071 bis 2100

	JAM (2040) [m³/s]	MNQ2100 [m³/s]	Anteil JAM an MNQ2100	MQ2100 [m³/s]	Anteil JAM an MQ
Görlitz	0,105	3,3 am Pegel Görlitz	3,1%	12,6	0,8%
Niesky	0,022	0,04 am Pegel Särichen	49,3%	0,55	4,00%
Rothenburg/O.L.	0,007	3,3 am Pegel Görlitz	0,2%	12,6	0,05%
Kodersdorf	0,005	0,04 am Pegel Särichen	10,9%	0,55	0,88%

8.4.4 Perspektivische Auswirkungen der WRRL-Maßnahmen auf den chemischen Zustand und die Wasserbewirtschaftung

Die Oberflächenwasserkörper Lausitzer Neiße-6, Lausitzer Neiße-8, Weißer Schöps-3 und Neugraben weisen derzeit einen chemisch schlechten Zustand auf (siehe Kapitel 7.3.3). Das im sächsischen Maßnahmenprogramm zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie verankerte Ziel, für alle Oberflächengewässer einen guten chemischen Zustand zu erreichen, ist vor dem Hintergrund des demografischen Wandels und der klimatischen Veränderungen von strategischer Bedeutung für die langfristige Resilienz der Gewässer (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 2022).

Während ein Bevölkerungsrückgang perspektivisch zu einer Entlastung stofflicher Einträge aus Siedlungs- und Abwasserbereichen führen kann, erhöhen veränderte Abflussregime, verlängerte Niedrigwasserphasen und steigende Wassertemperaturen die Vulnerabilität der Gewässer gegenüber bestehenden Stoffbelastungen.

In diesem Zusammenhang ist die Wiederverwendung von Klarwasser als Bestandteil integrierter Wasserbewirtschaftungskonzepte zu betrachten, da sie zur Stabilisierung regionaler Wasserverfügbarkeiten beitragen kann.

Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass hohe Ablaufqualitäten dauerhaft sichergestellt werden und eine Beeinträchtigung der Zielerreichung des guten chemischen Zustands ausgeschlossen ist. Maßnahmen

zur Abwasserwiederverwendung sind daher im Rahmen der Bewirtschaftungsplanung und der Genehmigungsentscheidungen standortbezogen abzuwägen und mit den Zielen des Maßnahmenprogramms abzustimmen.

8.4.5 Auswirkungen der Veränderungen des Wasserhaushaltes auf Bevölkerung und Wirtschaft

8.4.5.1 Bevölkerung und Wasserversorgung

Der projizierte Temperaturanstieg wird neben gesundheitlichen Auswirkungen insbesondere zu einer Erhöhung des Pro-Kopf-Verbrauchs an Trinkwasser aus dem öffentlichen Versorgungsnetz führen. Für Deutschland wird festgestellt, dass steigende Temperaturen und zunehmende Hitzeperioden zu veränderten Wasserbedarfen führen und insbesondere zu höheren zeitlich konzentrierten Verbrauchsspitzen in der öffentlichen Wasserversorgung beitragen (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 2020).

Obwohl die Trinkwasserversorgung in der Region derzeit als gesichert gilt, nehmen die Herausforderungen infolge klimatischer Veränderungen zu. In ausgeprägten Trockenphasen kann es örtlich und zeitlich begrenzt zu Versorgungsengpässen kommen. Vor diesem Hintergrund investieren die Wasserversorger in der Oberlausitz bereits in erheblichem Umfang in die Anpassung der Infrastruktur an Hitzewellen und sinkende Grundwasserspiegel.

Die Anpassungsstrategien umfassen insbesondere die Realisierung von Fernwasserverbünden zum Ausgleich regionaler Defizite, Maßnahmen zur Leitungssanierung zur Reduzierung von Netzverlusten und zur Erhöhung der Transportkapazitäten, ein optimiertes Speichermanagement zur Nutzung von Talsperren und Bergbaufolgeseen als Puffer in Dürrephasen sowie die Erkundung zusätzlicher Wasserdargebote.

Ergänzend hat die sächsische Landesregierung im Jahr 2024 das Handlungsprogramm „Zukunft Wasser für Sachsen“ beschlossen, mit dem die Klimawandelresilienz der Wasserinfrastrukturen gestärkt und die Versorgungssicherheit bis 2030 und darüber hinaus gesichert werden soll. Die darin gebündelten Maßnahmen sind Teil einer langfristigen wasserwirtschaftlichen Anpassungsstrategie, die u. a. darauf abzielt, den Wasserhaushalt der Lausitz nach dem Ende des Braunkohleabbaus auch unter ungünstigen Klimaszenarien (z. B. RCP 8.5) zu stabilisieren.

8.4.5.2 Industrie und Gewerbe

Mit steigender Außentemperatur sinkt die Effizienz von Kühlsystemen. Insbesondere wassergeführte Kühlsysteme benötigen bei Hitzewellen größere Wassermengen, um die erforderliche Kühlleistung für Produktionsanlagen oder Rechenzentren zu erbringen. In offenen Kühlsystemen sowie bei industriellen

Prozessen, die Wasser zur Reinigung oder Befeuchtung nutzen, nehmen die Verdunstungsraten infolge der Erwärmung deutlich zu.

Prognostiziert sinkende Grundwasserspiegel und niedrigere Wasserstände in Fließgewässern wie der Lausitzer Neiße können die Wasserdargebotssicherheit für industrielle Wasserentnahmen, insbesondere zur Kühlwasserversorgung, beeinträchtigen. Gleichzeitig können bei erhöhten Wassertemperaturen in den Vorflutern Einleitbeschränkungen für erwärmtes Abwasser aus Kühlkreisläufen erforderlich werden, um nachteilige Auswirkungen auf die Gewässerökologie zu vermeiden. In der Folge können Produktionsmöglichkeiten auch bei grundsätzlich vorhandener Wasserverfügbarkeit eingeschränkt sein.

Vor diesem Hintergrund gewinnt die Ausgestaltung einer wasserhaushaltsangepassten Flächenentwicklung an Bedeutung. Die Planung und Errichtung neuer Industrie- und Gewerbegebiete ist regelmäßig mit einer zusätzlichen Versiegelung von Flächen und einer Erhöhung des anfallenden Oberflächenabflusses aus Niederschlagswasser verbunden. Angesichts klimatisch bedingter Veränderungen des Wasserhaushaltes sind daher frühzeitig nachhaltige Konzepte zum Umgang mit Niederschlagswasser zu berücksichtigen. Hierzu zählen insbesondere Maßnahmen zum Rückhalt und zur Versickerung von Niederschlagswasser in der Fläche sowie die Nutzung von Regenwasser, um Abflussspitzen zu reduzieren, die Grundwasserneubildung zu unterstützen und die Wasserführung der Fließgewässer insbesondere in Niedrigwasserphasen zu stabilisieren.

Ergänzend ist zu berücksichtigen, dass bei niedriger Wasserführung nicht nur die verfügbare Wassermenge, sondern auch die Wasserqualität der Fließgewässer für industrielle Nutzungen an Bedeutung gewinnt, da sich stoffliche Belastungen und zunehmende Wassertemperaturen verstärken und die Eignung als Kühl- oder Prozesswasser einschränken können. Zudem können sich die Wirkungen mehrerer industrieller Wasserentnahmen und Abwassereinleitungen innerhalb eines Einzugsgebietes kumulieren und die gewässerökologische Belastbarkeit insbesondere in Niedrigwasserphasen überschreiten, auch wenn einzelne Vorhaben jeweils genehmigungsfähig erscheinen.

Durch das sinkende Wasserdargebot bei gleichzeitig steigendem Bedarf in der öffentlichen Trinkwasserversorgung und in der Landwirtschaft können behördliche Nutzungseinschränkungen für industrielle Wasserentnahmen künftig an Bedeutung gewinnen. Vor dem Hintergrund der Zielstellungen des Strukturwandels im Lausitzer Revier sowie der Entwicklung des Net Zero Valley Lausitz kommt der langfristigen Sicherung wasserwirtschaftlicher Rahmenbedingungen daher eine besondere Bedeutung zu. Insbesondere für wasser- und energieintensive Industrieansiedlungen sind Maßnahmen zur Zwischenspeicherung von Wasser, zur Nutzung alternativer Wasserressourcen sowie zur Anpassung von Kühl- und Prozesswassersystemen erforderlich, um Nutzungskonflikte zu begrenzen, die Resilienz von

Produktionsstandorten zu erhöhen und die Umsetzbarkeit strukturpolitischer Entwicklungsziele unter veränderten klimatischen Bedingungen dauerhaft zu gewährleisten.

8.4.5.3 Landwirtschaft

Für die Landwirtschaft bedeuten die Klimaprojektionen, dass Wasser in der maßgeblichen Vegetationsperiode von Mai bis September langfristig zunehmend knapper verfügbar sein wird. Während die jährlichen Gesamtniederschläge weitgehend stabil bleiben können, zeigen regionale Klimaprojektionen eine Abnahme der Sommerniederschläge um bis zu 18% (LfULG, 2025a). Dies trifft landwirtschaftliche Kulturen insbesondere in der entscheidenden Wachstumsphase.

Ohne zusätzliche Anpassungsmaßnahmen wird der Anbau traditioneller Kulturen wie Weizen oder Raps im trockenen Osten Sachsens zunehmend unter wirtschaftlichen Druck geraten. Investitionen in effiziente Bewässerungssysteme können einen Beitrag zur Ertragssicherung leisten, stoßen jedoch bei sinkenden Grundwasserständen sowie unter wasserrechtlichen Restriktionen an physikalische und rechtliche Grenzen.

Durch steigende Temperaturen und erhöhte Verdunstung nimmt zudem die nutzbare Feldkapazität der Böden ab. Werden Bodenfeuchtewerte von etwa 30 % der nutzbaren Feldkapazität unterschritten, kommt es insbesondere bei Kulturen wie Winterweizen zu ausgeprägtem Wasserstress mit entsprechenden Ertragseinbußen. Vor diesem Hintergrund gewinnen bodenbezogene Anpassungsmaßnahmen, wie der Erhalt und Aufbau der Bodenstruktur und des Humusgehalts zur Verbesserung der Wasserspeicherfähigkeit, an Bedeutung.

Hohe Temperaturen wirken sich darüber hinaus nachteilig auf die Tierhaltung aus und können zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen sowie Leistungsrückgängen, beispielsweise in der Milchproduktion, führen. Dies macht zusätzliche Investitionen in bauliche und technische Maßnahmen zur Kühlung von Stallanlagen erforderlich.

Ergänzend ist zu berücksichtigen, dass der steigende Wasserbedarf der Landwirtschaft in Trockenperioden zeitlich mit einer insgesamt geringeren Wasserverfügbarkeit zusammenfällt und damit bestehende Nutzungskonkurrenzen mit anderen Wasserbedarfen verstärken kann. Eine integrierte Betrachtung im Rahmen der Wasserbewirtschaftung ist daher erforderlich.

8.4.6 Umgang mit den Herausforderungen der klimatisch bedingten Veränderungen des WasserhaushaltesRessource Wasser auch unter den Bedingungen eines sich verknappenden Wasserhaushaltes sicherzustellen, wurde von der Sächsischen Staatsregierung das "Handlungsprogramm Zukunft Wasser für Sachsen" beschlossen

Um eine Bewirtschaftung der. Dabei handelt es sich um ein strategisches Programm (Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, 2024), das zehn zentrale Handlungsfelder identifiziert, um die Herausforderungen des Klimawandels, demografischen Wandels und Strukturwandels (Kohleausstieg) für die Wasserversorgung und den Umgang mit Wasser in Sachsen zu bewältigen, mit dem Ziel einer nachhaltigen und sicheren Wasserzukunft im Freistaat.

Das Handlungsprogramm „Zukunft Wasser für Sachsen“ wurde mit dem übergeordneten Ziel erarbeitet, eine nachhaltige Bewirtschaftung der Ressource Wasser sicherzustellen, damit auch künftig ausreichend qualitativ hochwertiges Wasser für Natur und Mensch zur Verfügung steht.

Ein weiteres wesentliches Ziel besteht in der proaktiven Steuerung von Ziel- und Nutzungskonflikten. Da die Ressource knapper wird, soll das Programm Leitlinien bieten, um Konkurrenzen zwischen der öffentlichen Wasserversorgung, der Landwirtschaft und dem Naturschutz rechtzeitig aufzulösen.

9 Wasserbedarf nach Nutzungsklassen und Anforderungen der Wassernutzer bzgl. Menge und Qualität

Die Ermittlung des Wasserbedarfes für die Wasserstoffelektrolyse, landwirtschaftliche Bewässerung, für den Einsatz in Industriebetrieben und die Nutzung als Löschwasser erfolgte auf der Basis von:

- Angaben zum anwendungsspezifischen Wasserbedarf in der Literatur
- Prozessberechnung über Massenbilanzen unter Verwendung technologischer Einsatzbedingungen und Prozessparameter
- Angaben durch die Nutzergruppen in den Interviews und Stakeholder-Workshops
- eigenen Erfahrungswerten.

9.1 Wasserstoffelektrolyse

9.1.1 Wasserbedarf

Entsprechend der Zielstellung der Machbarkeitsstudie soll die Wasserstoffelektrolyse, so wie sie ursprünglich für den Standort Horka geplant war, in zwei Ausbauphasen umgesetzt werden. In der ersten Ausbauphase war vom Investor geplant, könnte sich nach Planungen des Investors der Bedarf an Elektrolyse-Speisewasser auf 150.000 m^3 und in Phase zwei auf 1,5 Mio. m^3 pro Jahr belaufen. Bei kontinuierlicher Wasserstoffproduktion entspräche die Anschlussleistung in der ersten Ausbauphase einer Elektrolyse in der Größenordnung von 100 MW (DC). Zur Ermittlung des Rohwasserbedarfes wurden durch G.E.O.S. Berechnungen in nachfolgend beschriebener Reihenfolge durchgeführt:

1. Ermittlung der Wasserstoffmenge, die dem Elektrolyse-Speisewasserbedarf der oben genannten Ausbaustufen entspricht, unter Berücksichtigung von 74% Wirkungsgrad (bezogen auf den Brennwert siehe Kapitel 6.1) und 7,4 % Verdampfungsverlust bei der Gasaufbereitung (siehe Kapitel 6.2)
2. Annahme einer Anlagenverfügbarkeit von 4000 bzw. 8000 Volllaststunden jährlich
3. Einhaltung der Qualitätsanforderungen für das Elektrolyse-Speisewasser (siehe Tabelle 15)

Der rechnerisch ermittelte Rohwasser-Jahresbedarf beträgt in der ersten Ausbauphase ca. 70.000 m^3/a, in der zweiten Ausbauphase 1.700.000 m^3/a. Durch ressourcenschonenden Einsatz einer Luft-Kühlanlage kann die Elektrolyse ohne zusätzlichen Bedarf an Kühlwasser betrieben werden (Tabelle 40).

Bei ganzjährig kontinuierlicher Rohwasserentnahme (8760 h/a) beträgt die stündlich benötigte Wassermenge, bezogen auf die erste Ausbaustufe, ca. 19,5 m^3/h (vgl. auch Abbildung 46 sowie Anhang B 14 - B 17), in der zweiten Ausbaustufe entsprechend 195 m^3/h.

Die tatsächliche Anzahl der jährlich möglichen Volllaststunden der Wasserstoffelektrolyse hängt direkt von der Verfügbarkeit der Stromquelle ab. Für den Betrieb eines Wasserstoffelektrolyseurs ausschließlich mit Strom aus Erneuerbaren Energien werden gegenwärtig ca. 3000 bis 4000 Volllaststunden als realistisch für eine systemdienliche und zugleich betriebswirtschaftliche Elektrolyse angesehen (Fischer, Matthiessen, & Widdel, 2024).

Tabelle 40: Bemessungsdaten und Wasserverbräuche der Wasserstoffelektrolyse

	1.Ausbaustufe	**2.Ausbaustufe**	
Reinstwassermenge für H_2-Erzeugung	150.000	1.500.000	m^3/a
Wasserstoffelektrolyse	AEL		
Überschlägige Prozesscharakteristik			
Wirkungsgrad bezogen auf Brennwert	74 %		
Energieverbrauch pro kg H2	53	53	kWh/kg
Energieverbrauch Elektrolyseur	94	944	MW
Verdampfungsverluste Wasser	7,4 %		
Reinstwasser Aufbereitung	17	171	m^3/h
Reinstwasser zu H2	16	159	m^3/h
Verdampfungsverlust	1269	12687	kg/h
Wasserstoffproduktion	19704	197042	Nm^3/h
Betriebstemperatur	50 - 80	50 - 80	°C
Rohwasserbedarf	19,5	195	m^3/h
Abwasser	3	27	m^3/h
Kühlwasserverbrauch bei Verdunstungskühlung			
Kühlwasser	75,0	750	m^3/h
Verdampftes Kühlwasser	51,0	510	m^3/h
Abwasser aus Kühlkreislauf	25,0	250	m^3/h
Kühlwasserverbrauch bei Luftkühlung			
Kühlwasser	0	0	m^3/h

Muss die Anschlussleistung des Elektrolyseurs bei gleichbleibender Wasserstoff-Produktionsmenge an die zur Verfügung stehenden Volllaststunden angeglichen werden, dann wird zwangsläufig auch der stündliche Wasserbedarf höher (Angaben für die 1. Ausbaustufe):

- im Falle von 8000 Volllaststunden/a: 21,3 m^3/h
- im Falle von 4000 Volllaststunden/a: 42,6 m^3/h

9.1.2 Qualitätsanforderungen

Die Anforderungen an das Elektrolyse-Speisewasser für die Wasserstoffherstellung wurden in Tabelle 15 beschrieben.

9.2 Landwirtschaft

Angesichts der klimatischen Veränderungen infolge des Klimawandels werden die Niederschlagsmengen während der Vegetationsperiode in der Region immer geringer und die Verdunstungsraten immer höher. Die künstliche Bewässerung von Feldfrüchten gewinnt daher zunehmend an Bedeutung. Landwirtschaftsbetriebe ohne Möglichkeiten der Wasserentnahme für Bewässerungszwecke während der Vegetationsperiode sind bereits bei Niederschlägen unter 600 bis 650 mm benachteiligt (siehe Anhang B 4).

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden Interviews mit drei Agrarbetrieben geführt, wobei die Jänkendorfer Agrargenossenschaft Teilflächen beregnet und die Kodersdorfer Agrargenossenschaft keinen Zugriff auf Wasserressourcen für Bewässerungszwecke hat (Anhänge B 2, B 4).

9.2.1 Wasserbedarf

9.2.1.1 Agrargenossenschaft Jänkendorf

Die Jänkendorfer Agrargenossenschaft praktiziert die Beregnung landwirtschaftlicher Flächen mit gereinigtem kommunalem Abwasser bereits seit langer Zeit.

Durch die Hochschule für Technik und Wirtschaft in Dresden (HTW) wurde in Zusammenarbeit mit der Jänkendorfer Agrar GmbH eine Studie zur Optimierung des Bewässerungssystems für verschiedene Kulturen in der Agrargenossenschaft angefertigt (Rodigast, Synde, Huhn, Krumnow, & Preußker, 2025). Die folgenden Angaben entstammen dem Bericht der HTW bzw. wurden im Interview vor Ort zusammengetragen.

Von ca. 1200 ha Betriebsfläche sind 320 ha beregnungsfähige Fläche. Zum Zeitpunkt der Ausarbeitung des Planungsprojektes der Jänkendorfer Agrar GmbH wurden 15 ha Speisekartoffeln und 25 ha Dauergrünland bewässert. Der Start der Beregnung der Speisekartoffeln erfolgt erst ab einer Sprossenlänge von 20 cm und beginnender Knollenanlage.

Ist der Boden aufgrund von Niederschlägen zu feucht, wird die Bewässerung eingestellt. Die Hauptbewässerungsperiode startet mit der beginnenden Knollenentwicklung und endet mit dem beginnenden Absterben der Pflanze, d.h. im Zeitraum von 40 bis 91 Tagen nach dem Setzen. In dieser Zeit wird der Bewässerungsbedarf mit 20-30 Liter Wasser pro Quadratmeter angesetzt.

Während der Beregnungssaison stehen ca. 1800 m^3 - 2500 m^3 Klarwasser täglich für die Verregnung zur Verfügung. Die KA Niesky betreibt 2 Speicherbehälter, um den Unterschied zwischen Nacht- und Tagesganglinie auszugleichen. Im Bewässerungszeitraum von Ende Mai/ Mitte Juni bis Anfang/Mitte August startet die Bewässerungszeit ca. 08:00 und dauert ca. 12 h.

Für die Abdeckung des gesamten Bewässerungsbedarfes wären Speicherbecken mit einem Volumen von 3x35.000 m^3 erforderlich, das entspräche einem Wasserbedarf von 120.000 m^3 (Aussage Herr Schade, Jänkendorf, siehe Anhang B8) (Kapitel 7.1.2).

Demnach beträgt der Bewässerungsbedarf während der Vegetationsdauer für:

- Kartoffeln:430 mm entspricht einem Wasserumsatz von: 4300 m^3/ha
- Mais: 350 bis 500 mm entspricht einem Wasserumsatz von: 3500 – 5000 m^3/ha
- Sojabohne: 90 bis 229 mm entspricht einem Wasserumsatz von: 900 – 2290 m^3/ha
- Luzernegras:550 mm entspricht einem Wasserumsatz von: 5500 m^3/ha
- Grünland: 700 bis 750 mm entspricht einem Wasserumsatz von: 7000 – 7500 m^3/ha.

Den Aufzeichnungen der KA Niesky zufolge wurden im Zeitraum 2021 bis 2024 folgende Mengen gereinigtes kommunales Abwasser an die Agrargenossenschaft abgegeben:

- 2021 106.550 m^3
- 2022 86.585 m^3
- 2023 101.340 m^3
- 2024 96.455 m^3

Davon entfielen im Jahr 2024 insgesamt 116,7 mm/m^2 auf die Bewässerung von Speisekartoffeln und 315,8 mm/m^2 auf die Bewässerung von Grünland. Im Fazit der Studie der HTW lässt sich unter den am Standort gegebenen technisch/organisatorischen Bedingungen die Bewässerung von maximal 22,7 ha einer der betrachteten Kulturen (Kartoffel, Sojabohne, Silomais, Ackerfutter) auf den Flächen der Agrargenossenschaft realisieren. Dabei wurde die Bewässerung von Speisekartoffeln als ökonomisch wirtschaftlich eingestuft. Aufgrund des geringeren Zusatzwasserbedarfs wären bis zu 36 ha Grünland bewässerbar.

9.2.1.2 Agrargenossenschaft Kodersdorf

Auf den Flächen der Agrargenossenschaft Kodersdorf wurden vor der Wiedervereinigung Deutschlands Zuckerrüben mit Wasser aus dem Weißen Schöps bewässert. Hierfür besteht jedoch kein Wasserrecht mehr. Bewässerungsbedarf besteht theoretisch für 1.800 ha mit Marktfrucht, zuzüglich weitere 230 ha Grünland. Während der Vegetationsperiode wäre ein Wasserbedarf von 50-60 l/m^2 für 100 ha Bewässerungsfläche anzunehmen (siehe Anhang B6: Interview zum Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft –

Agrargenossenschaft Kodersdorf). Als grundsätzlich bewässerungswürdig wird der Anbau von Kartoffeln oder auch von Raps, Sonderkulturen, Gemüse und Weizen bewertet. Um den abnehmenden Niederschlagsmengen in der Lausitz zu begegnen, werden Versuche mit neuen Sorten, wie dem Kamelweizen durchgeführt.

Eine Bewässerungsgabe für die Speisekartoffel wird konservativ mit 20 bis 30 l/m² angesetzt. Pro Hektar Bewässerungsfläche würden diesem Ansatz zufolge 200 m³ Wasser täglich benötigt.

9.2.1.3 Abschätzung des Bewässerungsbedarfes für den Landkreis Görlitz

Tendenziell wird eingeschätzt, dass der Wasserbedarf in der Landwirtschaft durch größere Trockenheit steigen wird (GICON, 2025).

Wie die vorangegangenen Ausführungen zeigen, ist bei einem Beregnungsansatz von 20 l/m²/d von einem täglichen Bewässerungsbedarf von 200 m³/ha/d auszugehen. Bei vollständiger Entnahme der verfügbaren Tagesmengen der vier betrachteten Kläranlagen (in Summe ca. 8.500 m³/d, siehe Kapitel 7.1.5) und ohne Vorhaltung von Speichermöglichkeiten könnte, gemessen an o.g. Tagesbedarf pro Hektar, eine Fläche von gerade einmal ca. 43 ha bewässert werden.

Im Landkreis Görlitz sind nach Angaben des statistischen Landesamtes im Jahr 2022 insgesamt 31 Abwasserbehandlungsanlagen in Betrieb gewesen (STLA Sachsen, 2025), die in Summe durchschnittlich ca. 41.600 m³/d Abwasser behandelten. Wäre all dieses Wasser für Beregnungszwecke genutzt worden, hätten damit ca. 210 ha landwirtschaftliche Fläche bewässert werden können.

Nach statistischen Erhebungen betrug die im Jahr 2009 im Landkreis Görlitz landwirtschaftlich genutzte Fläche im Freiland mit Bewässerungsmöglichkeit 977 ha und die bewässerte Fläche 380 ha. Es ist bekannt, dass im mittleren Landkreis Görlitz 3 – 4 Betriebe bestehen, die Beregnungsmöglichkeiten haben. Nach Mitteilung des LfULG ergibt sich auf der Grundlage der Zahlen des Statistischen Landesamtes von Sachsen zur Bodennutzungshaupterhebung 2024 für den Landkreis Görlitz und auf Angaben der LfULG Schriftenreihe Heft 17/2014 „Bewässerung in Sachsen“ der Anhaltspunkt, dass die tatsächliche Beregnungsfläche von rund 400 ha aus dem Jahr 2009 auch aktuell anzunehmen ist.

Da die Kartoffel die mit Abstand beregnungswürdigste Kultur ist, kann deren Anbaufläche zur Ermittlung der potentiellen Beregnungsfläche herangezogen werden. Im Jahr 2024 wurden im Landkreis Görlitz auf 600 ha Kartoffeln angebaut. Hinzu kommt die Fläche für die Gemüseproduktion auf 100 ha, die ebenfalls potentiell beregnungswürdig ist (Fischer, K., 2025). Im Fazit schätzt das LfULG, dass die potentielle Beregnungsfläche im Landkreis Görlitz nicht größer als 1.000 ha ist.

2009 wurden im LK Görlitz 41.790 m³ Grundwasser und 14.630 m³ aus Oberflächenwasser entnommen, im Jahr 2010 hat sich die Menge der Entnahme aus dem Oberflächenwasser mit 96.510 m³ mehr als

verdoppelt, die Entnahmemengen aus dem Grundwasser blieben mit 16.710 m^3 in etwa in der Größenordnung des Vorjahres (LfULG, 2014).

Bei einem Bewässerungsbedarf von 20 $l/m^2/d$ und einer bewässerten Fläche von 600 ha betrüge die täglich benötigte Wassermenge 120.000 m^3/d. Allerdings ist die Bewässerung mit hohen Anschaffungs- und Betriebskosten für Beregnungstechnik, Arbeitskraft etc. verbunden. Die hohen Kosten für die Beregnung sowie Erzeugerpreise, die heute kaum kostendeckend sind, werden aus Sicht des LfULG eher zum Anbau trockenheitsangepasster Kulturen / Sorten oder/und oder/und zum Einsatz wassersparender Produktionsverfahren (z. B. Bodenbearbeitung, geringere Bestandsdichten) führen.

Ob die Ertragskosten für die Landwirtschaftsbetriebe zukünftig noch wirtschaftlich darstellbar sind, müsste fallspezifisch untersucht werden.

9.2.2 Qualitätsanforderungen

Über die Mindestanforderungen an die Wasserqualität bei der Wasserwiederverwendung hinausgehend können im Rahmen des Risikomanagementplans entsprechend dem DWA M-1200 weitere betriebliche oder behördliche Vorgaben an die Zusammensetzung des aufbereiteten Klarwassers gemacht werden, wie z. B. die Konzentration an:

- Humanpathogene Mikroorganismen
- Salze und Ionen
- Organische Stoffe
- Organische Spurenstoffe (Medikamentenrückstände und ihre Metaboliten, Biozide, PFAS, AOF)
- Nährstoffe
- Schwermetalle
- Mikroplastik

9.3 Löschwasser

9.3.1 Wasserbedarf

Im Interview am 19.05.2025 (siehe Anhang B 5) mit zwei Vertretern des Landratsamtes Görlitz Sachgebiet Brand-, Katastrophenschutz und Rettungswesen wurde der Bedarf an Löschwasser in der Region als sehr hoch eingeschätzt.

Bei einem Löschangriff in weniger dicht besiedelten Gebieten muss ein Grundfluss von 48 m^3/h über mindestens 2 Stunden gewährleistet sein, 96 m^3/h in dicht besiedelten Gebieten. In Industriegebieten muss ein Grundfluss von 192 m^3/h gewährleistet sein.

Zwischen den Hydranten besteht als Minimalanforderung ein Abstand von 600 m (Luftlinie). Die 48 m^3/h werden allein durch den Einsatz einer Drehleiter benötigt. Diese Bedingungen sind im ländlichen Raum heute nicht mehr gegeben. Die Trinkwasserzweckverbände passen die Trinkwasserversorgung entsprechend dem zurückgehenden Bedarf der Bevölkerung an, ohne Löschwasserreserven zu berücksichtigen. Dies kann durchaus dazu führen, dass Baugenehmigungen abgelehnt werden, da die Verfügbarkeit von Löschwasser nicht gegeben ist. Die Stadt Görlitz hat geregelt, dass der Wasserversorger die Löschwasserreserve abdeckt, auf dem Land fehlen jedoch entsprechende Regelungen (siehe Anhang B 5).

Obwohl eine exakte Mengenangabe des Wasserbedarfes für Löschwasser im ländlichen Raum im Landkreis Görlitz aufgrund der momentanen Datenlage nicht ermittelt werden konnte, besteht nach Angaben des Sachgebietes Brand- u. Katastrophenschutz/ Zivilschutz immenser Bedarf an Löschwasser, vor allen Dingen im ländlichen Raum.

9.3.2 Qualitätsanforderungen

Nach Angaben des LRA Görlitz SG Brand-, Katastrophenschutz und Rettungswesen (siehe Anhang B 5) sind die Anforderungen an die Qualität des Löschwassers gering, Trinkwasserqualität ist nicht notwendig.

Die beim Löschangriff entstehenden Aerosole können eingeatmet werden. Das Löschwasser wird im Bedarfsfall auch in Gebäuden ausgebracht. Es sollte daher mikrobiologisch unbedenklich sein und möglichst keine Medikamentenrückstände enthalten.

9.4 Industrie

9.4.1 Wasserbedarf

In den Jahren 2016 bis 2022 gaben die öffentlichen Wasserversorgungsunternehmen im Landkreis Görlitz folgende Jahreswassermengen an gewerbliche Verbraucher ab (STLA Sachsen, 2025):

- 2016: ca. 2.500.000 m^3 (= 6.900 m^3/d); Abgabe an Haushalte und Kleingewerbe ca. 30.200 m^3/d
- 2019: ca. 2.400.000 m^3 (= 6.400 m^3/d); Abgabe an Haushalte und Kleingewerbe ca. 32.400 m^3/d
- 2022: ca. 1.800.000 m^3 (= 4.900 m^3/d); Abgabe an Haushalte und Kleingewerbe ca. 30.800 m^3/d

Damit wurden im Landkreis Görlitz 20 – 30% der an Haushalte und Kleingewerbe abgegebenen Wassermenge nochmals zusätzlich für gewerbliche Zwecke abgegeben. Aussagen in Bezug auf die zukünftig an das Gewerbe abzugebende Wassermengen lassen sich anhand von Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung (Tabelle 34) in den Einzugsgebieten der vier zu betrachtenden Kläranlagen nur überschlägig ableiten.

Setzt man im Landkreis Görlitz bei einer Einwohnerzahl von 242.284 (Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen, 2025 b) einen pro Kopf-Verbrauch von 105 l pro Einwohner und Tag voraus und

einen zusätzlichen gewerblichen Anteil von 20 % kann man von einer Reduzierung der Gesamt-Tageswassermenge von 30.500 m^3/d im Jahr 2025 auf 26.400 m^3/d im Jahr 2040 ausgehen. Die durch die Wasserversorger an das Gewerbe abzugebende Tagesmenge betrüge dann im Jahr 2025 ca. 5.100 m^3/d und 2040 ca. 4.400 m^3/d.

Allerdings besteht im Zuge der Strukturentwicklung und von Net Zero Valley Lausitz die Zielstellung, die Region zu stärken, und Industriebetriebe in dafür vorgesehenen Gewerbegebieten anzusiedeln. So wird für die Gemeinde Kodersdorf beispielsweise die Verfügbarkeit von täglich 30.000 m^3 Wasser für die Erweiterung des Industrie- und Gewerbegebietes und die Versorgung durch den Trinkwasserzweckverband Neiße-Schöps diskutiert (ICL Ingenieur Consult GmbH, 2023).

Für eine hinreichend genaue Ermittlung des Wasserbedarfes sind einzelfallspezifische Machbarkeitsstudien für die geplanten Gewerbeflächen bzw. Industrieansiedlungen durchzuführen, die aufgrund der Datenlage im Rahmen vorliegender Machbarkeitsstudie nicht realisierbar waren.

9.4.2 Qualitätsanforderungen

Um potentiellen Industrien einen bekannten Mindeststandard anzubieten, wurde zur Auftaktveranstaltung beschlossen, das vorgereinigte kommunale Abwasser auf Trinkwasserqualität zu reinigen (Abschnitt 2.2.1). Bei der Aufbereitung gereinigten Kläranlagenablaufes sind daher die Vorgaben der Trinkwasserverordnung zu beachten. Die vorgegebenen Grenzwerte sind in Tabelle 26 aufgezeigt. Zusätzlich sind die Gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW) für Spurenstoffe sowie Keimfreiheit im Trinkwasser zu beachten.

Sollten neben Industriewasser in Trinkwasserqualität auch andere Wasserqualitäten, wie z. B.

- Brauchwasser,
- Rohwasser,
- Kesselspeisewasser

für eine zukünftigen Industrieansiedlung benötigt werden, so müssten die entsprechenden Qualitätsanforderungen einzelfallspezifisch abgestimmt werden.

9.5 Zusammenfassung zu Wasserbedarf und Qualitätsanforderungen nach Nutzungsklassen

In Tabelle 41 sind die Aussagen der Kapitel 9.1 bis 9.4 tabellarisch zusammengefasst. Anhand dieser Daten kann man im Einzugsgebiet der Kläranlagen Görlitz, Niesky, Kodersdorf und Rothenburg/O.L. für die Verfügbarkeit von Klarwasser für die Wasserwiederverwendung zur Wasserstofferzeugung, in der Landwirtschaft und der ansässigen Industrie überschlägig von einem Wasserbedarf von ca. 3,5 bis 4,0

Mio. m^3/a ausgehen, ohne dabei die potenzielle Ansiedlung von Industrie im Rahmen des Strukturwandels zu berücksichtigen.

Bei vollständiger Ausnutzung der in 7.1.5 aufgezeigten Verfügbarkeit von gereinigtem kommunalem Abwasser zur Wasserwiederverwendung könnten mit 3.109.800 m^3/a etwa 75 % bis 90 % des dargestellten Bedarfes aus dieser Quelle gedeckt werden.

Tabelle 41: Wasserbedarfe nach Nutzungsklassen

Nutzungsklasse	Jahreswasserbedarf	Qualitätsanforderung
Wasserstofferzeugung 1. Ausbauphase	170.000 m^3/a	Reinstwasser für Wasserstoff-elektrolyse
Wasserstofferzeugung 2. Ausbauphase	1,7 Mio. m^3/a	Reinstwasser für Wasserstoff-elektrolyse
Agrargenossenschaften (600 ha, 20 l/m^2/d) bzw. (600 ha, 50 l/m^2/d)	120.000 m^3/a 300.000 m^3/a	Keimfreiheit, keine Spurenstoffe
Löschwasser	keine Mengengabe möglich	Keimfreiheit, keine Spurenstoffe
Industriewasser 2025 (Abgabe an Gewerbe) 2040 (Abgabe an Gewerbe) im Einzugsgebiet der Kläranlagen	1,86 Mio. m^3/a (5.100 m^3/d] 1,61 Mio. m^3/a (4.400 m^3/d]	Trinkwasserqualität
Großverbraucher Industrie (30.000 m^3/d)?	10,95 Mio. m^3/a	Kühlwasser Brauchwasser Trinkwasserqualität

10 Bewertung der Umweltauswirkungen

Die Abwasserbehandlung in kommunalen Kläranlagen ist ein wichtiges Element für den Gewässerschutz und für die Wasserbewirtschaftung. Mit der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) stehen Betreiber, Genehmigungsbehörden und alle anderen Beteiligten vor der Herausforderung, vorhabensbedingte Auswirkungen auf den Zustand der Fließgewässer zu prüfen bzw. Verschlechterungen des Gewässerzustandes zu vermeiden. Insbesondere in Zeiten häufiger Trockenperioden gewinnt die Frage an Bedeutung, welche Rolle gereinigtes Abwasser für den Wasserhaushalt der Gewässer und für eine nachhaltige Nutzung der Ressource Wasser spielen kann.

Die Grundlage für die Bewertung der vorhabenbezogenen Umweltauswirkungen bilden die in Kapitel 2.3 beschriebene Datenbasis sowie die Ergebnisse der Probenahmekampagnen am 12.08.2025 und 19.08.2025 (Probenahmeprotokolle siehe Anhänge C 1 bis C 3). Dabei wurden die Proben zur Bestimmung der Ablaufqualität der Kläranlagen Görlitz, Rothenburg/O.L. und Kodersdorf jeweils am Anlagenablauf entnommen.

An der Kläranlage Niesky wurde das gereinigte Abwasser zum Probenahmezeitpunkt für Bewässerungszwecke in den Zwischenspeicher geleitet. Eine Einleitung in den Vorfluter erfolgte zu diesem Zeitpunkt nicht, die Probe wurde daher aus dem Speicherbecken genommen.

Die Analytik erfolgte entsprechend des mit dem LfULG und der LDS abgestimmten Parameterumfanges (siehe Tabelle 26).

Parallel zur Beprobung der Anlagenabläufe führte die BfUL die Beprobung der festgelegten Referenzmessstellen (vgl. Tabelle 32) durch.

Da die Referenzmessstellen in beträchtlichen Entfernungen zu den Einleitstellen liegen (siehe Tabelle 32), wird darauf hingewiesen, dass zur Beurteilung der Daten keine Betrachtung der Wirksamkeit von Verdünnungseffekten entlang des Fließweges der OWK erfolgte, sondern angenommen wurde, dass Einleitung direkt an der Messstelle erfolgt.

10.1 Nutzungsklassenbezogene Auswirkungen

Das Klarwasser vieler Kläranlagen trägt erheblich zur Wasserführung von Flüssen bei, insbesondere in kleineren Einzugsgebieten und während Niedrigwasserphasen. Die Anforderungen an die Ablaufqualität bzgl. der Konzentrationen von Nährstoffen, Spurenstoffen und hygienische Parameter steigen. Die Entscheidung, ob und in welchem Umfang gereinigtes Abwasser wiederverwendet oder in ein Oberflächengewässer eingeleitet wird, hat unmittelbare Auswirkungen auf den Gewässerzustand, den Wasserhaushalt im Gebiet und auch den Betrieb der Kläranlagen.

Die Nutzung aufbereiteten Klarwassers kann je nach Anwendungsfall, im Folgenden Nutzungsklasse genannt, unterschiedliche unmittelbare Auswirkungen auf den lokalen Wasserhaushalt entfalten. Die nachfolgende tabellarische Übersicht stellt diese Effekte systematisch dar und ordnet sie wasserwirtschaftlich ein.

Die Nutzung von aufbereitetem Klarwasser für landwirtschaftliche Bewässerung weist aufgrund der saisonalen Nutzung und der teilweisen Rückführung über Boden und Grundwasser eine mittlere wasserhaushaltliche Relevanz auf, die stark standortabhängig ist. Sie kann die Wasserverfügbarkeit in Trockenzeiten stabilisieren.

Tabelle 42: Nutzungsklassenbezogene Auswirkungen auf den Wasserhaushalt

Nutzungsklasse	Art der Nutzung	Auswirkung auf Vorflut	Auswirkung auf Wasserbilanz	Wasserwirtschaftliche Bewertung	Relevante Quellen
Wasserstofferzeugung	Elektrolyse (kontinuierlich oder flexibel)	Potentiell deutliche Reduktion der Einleitmenge	Weitgehend konsumtiv, kaum Rückführung	hoch bis sehr hoch – kritisch bei geringer Vorflut	WRRL; WHG; EU-JRC
Landwirtschaftliche Bewässerung	Saisonale Ausbringung auf landwirtschaftliche Flächen	Reduzierte Einleitmenge während der Vegetationsperiode	Teilweise Rückführung über Boden/Grundwasser	mittel – standort- und bodenabhängig	EU 2020/741; WHG; DWA-M 1200
Industrielles Brauchwasser	Prozess-, Kühl- und Betriebswasser	Dauerhafte Reduktion der Vorfluteinleitung	Überwiegend konsumtiv, geringe Rückführung	hoch – abhängig von Mengen und Vorflut	WHG; WRRL; DWA-M 1200
Kommunale Löschwasserversorgung	Bereitstellung in Speichern, Nutzung nur im Ereignisfall	Keine dauerhafte Auswirkung	Keine relevante Veränderung der Wasserbilanz	sehr gering – wasserhaushaltlich unkritisch	WHG; DVGW/vfdb

Wasserstofferzeugung und industrielle Nutzungen sind aufgrund ihres konsumtiven Charakters wasserwirtschaftlich deutlich relevanter und erfordern eine sorgfältige Vorflut- und Mengenbewertung.

Dabei stellt die Wasserstofferzeugung für jeden der in Betracht gezogenen Kläranlagenstandorte ein Worst-Case-Szenario dar. Ungefähr 74 % des eingesetzten Rohwassers werden in Wasserstoff umgewandelt und ca. 7,4 % verdampfen (Kapitel 6). Sie werden dem regionalen Wasserhaushalt dauerhaft entzogen. Weitere 15 % fallen als Abprodukt der Wasseraufbereitung (Konzentrat) an und können nach Spurenstoffentfernung an den Kopf der Kläranlage zurückgeführt werden.

Die Nutzung von aufbereitetem Klarwasser als Löschwasser ist wasserhaushaltlich weitgehend unkritisch, da sie keine dauerhafte Entnahme darstellt und ausschließlich ereignisbezogen erfolgt.

10.2 Fallbetrachtung Aufbereitung von Klarwasser zu Wasserstofferzeugung

Dieser Anwendungsfall geht mit den größten zu erwartenden Änderungen des mengenmäßigen und chemischen Zustandes für den betreffenden Vorfluter einher und wurde daher in der Studie als worst case näher betrachtet. Für jeden Kläranlagenstandort wurde anhand der in Tabelle 26 dargestellten Zusammensetzungen eine Prozesssimulation mit dem Kläranlagenablauf als Feed vorgenommen. Abbildung 46 zeigt das Verfahrensschema, das der verfahrenstechnischen Bemessung für die Wasseraufbereitung des Elektrolyse-Speisewassers zugrunde gelegt wurde. Für jede Prozessstufe wurden Zu- und Ablauffrachten anhand spezifischer Anlagenparameter sowie der Konzentrationen in Zu- und Ablaufströmen bilanziert. Die zugehörigen Stoffstromtabellen, in denen die Teilstrombilanzierungen für jede Verfahrensstufe sowie das anfallende Konzentrat abgebildet sind, können in den Anhängen B 14 bis B 17 eingesehen werden.

Für dieses Szenario wurden folgenden Randbedingungen betrachtet:

- 1. Ausbaustufe der Wasserstofferzeugung: ca. 19,5 m^3/h Klarwasser werden benötigt, um den Betrieb der 100 MW-Anlage abzusichern (Tabelle 40). Dabei entstehen ca. 2,7 m^3/h Konzentrat (siehe Kapitel 11.1.1) → dieser Prozess wurde auf alle vier Kläranlagen und die zugehörigen Oberflächenwasserkörper projiziert (Tabelle 31)
- 2. Ausbaustufe der Wasserstofferzeugung: hier werden ca. 195 m^3/h Klarwasser benötigt. Es fallen ca. 27 m^3/h Konzentrat an (Tabelle 40) → dieses Szenario ließe sich allein von der Verfügbarkeit von Klarwasser nur auf die Kläranlage Görlitz projizieren (siehe Kapitel 7.1.5)
- Die Ermittlung der Auswirkungen auf den chemischen Zustand der Vorfluter wurde für den aktuellen Zustand MNQ und MQ durchgeführt.
- Zusätzlich wurden die Berechnungen durchgeführt für die MNQ2100 und MQ2100, die aufgrund der Klimaprojektionen für das Jahr 2100 eintreten können (vgl. Kapitel 8.4)
- Diese Betrachtungen erweiternd wurden jeweils für MNQ/MNQ2100 und für MQ/MQ2100 Fallstudien durchgeführt, in denen die Wasserzusammensetzung im Vorfluter nach Klarwasserentnahme und nach Rückführung der Konzentrate in die Kläranlage mit und ohne Konzentratbehandlung ermittelt wurde.

10.2.1 Methodisches Vorgehen bei der Gewässerbewertung

Für die Prüfung des Verschlechterungsverbotes nach Artikel 4 der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und § 27 WHG, wurde durch die LAWA im Jahr 2020 die Handlungshilfe „Fachtechnische Hinweise für die Erstellung der Prognose im Rahmen des Vollzugs des Verschlechterungsverbots“ erstellt, mit dem Ziel, ein bundesweit einheitliches, fachlich fundiertes, standardisiertes Vorgehen zur Prüfung des Verschlechterungsverbotes zu ermöglichen (LAWA, 2020).

In der LAWA-Unterlage wurde mit der Definition von Fallgruppen ein zentrales Strukturierungselement geschaffen, dass typische Vorhabenarten nach ähnlichen Wirkpfaden ordnet, um sie systematisch prüfen zu können. Für die Fallgruppen wurden Steckbriefe erstellt, die in Anhang 1 der LAWA-Unterlage enthalten sind. Die Steckbriefe bilden die methodische Grundlage zur Bewertung der Auswirkungen der Abwasserwiederverwendung auf die Einleitgewässer. Für das vorliegende Vorhaben der Abwasserwiederverwendung sind zwei der in der LAWA-Unterlage genannten Fallgruppen zutreffend:

- Einleitung: Kommunale Kläranlagen (Fallgruppe E-1)
- Ausleitung/ Entnahme: Brauchwasserentnahmen (Fallgruppe A-2).

Der Fall „Wasserwiederverwendung“ selbst ist in der LAWA-Unterlage nicht enthalten. Die Brauchwasserentnahme (Fallgruppe A-2) entspricht dem vorliegenden Tatbestand der Verringerung der Wasserführung des Gewässers jedoch im Wesentlichen und wird für die Bewertung der Vorhabenauswirkungen in der Machbarkeitsstudie analog angewendet.

Für beide oben genannten Fallgruppen gilt die LAWA Vorgehensweise der wirkpfadbasierten Prüfung. Diese umfasst:

- Identifikation relevanter Wirkfaktoren,
- Ermittlung potenzieller abiotischer Wirkungen,
- funktionale Systemanalyse und räumliche Gliederung des Gewässers,
- Bewertung der Auswirkungen auf Qualitätskomponenten und ökologische Bewertungsmodule,
- abschließende Prognoseentscheidung gemäß § 27 WHG, ob eine Verschlechterung ausgeschlossen werden kann (LAWA, 2020).

(1) Einleitungen kommunaler Kläranlagen (Fallgruppe E-1) stellen Vorhaben mit vorrangig stofflichen Wirkungen dar. Relevante Wirkfaktoren umfassen insbesondere Nährstoffe, organische Stoffe, Schadstoffe, Schwebstoffe sowie mögliche Änderungen der Temperatur. Diese beeinflussen die unterstützenden Qualitätskomponenten (z. B. Nährstoffverhältnisse, Sauerstoffhaushalt, Temperatur, Schwebstoffe) des Wasserkörpers. Im Rahmen der Wirkpfadanalyse werden zunächst die vorhabenbedingten Wirkfaktoren bestimmt und anschließend der Wirkraum funktional abgegrenzt (z. B. oberhalb/unterhalb der Einleitung unter Berücksichtigung relevanter Zuflüsse). Die Quantifizierung der

stofflichen Wirkungen erfolgt mittels abflussgewichteter Mischungsrechnung, die aus dem Abfluss des Gewässers, dem Abfluss aus der Einleitung sowie deren jeweiligen Konzentrationen eine Mischungskonzentration bestimmt. Die Berechnung erfolgt mit folgender in (LfULG, 2023) angegebener Formel:

$$C_{Misch} = \frac{(C_V \; x \; Q_V) + (C_E \; x \; Q_E)}{\sum Q_{V+E}} \qquad \textbf{Gleichung 1}$$

C_{Misch} = *Mischungskonzentration [mg/l]*
C_V = *Konzentration im Gewässer/Vorfluter (Ausgangszustand) [mg/l]*
C_E = *Konzentration in der Einleitung [mg/l]*
Q_V = *Abfluss im Gewässer/Vorfluter (Ausgangszustand) [l/s]*
Q_E = *Zufluss durch die Einleitung [l/s]*

Die so ermittelte Mischungskonzentration wird anschließend mit Bewertungs- oder Orientierungswerten verglichen, um zu klären, ob eine Verschlechterung der ökologischen Zustandsklasse wahrscheinlich ist. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Anhang D 7.1 bis Anhang D 7.4 für jeden Kläranlagenauslauf an den vier Standorten zusammengestellt. Im vorliegenden Fall werden die Konzentration an den Referenzmessstellen (OBF) unterhalb der Einleitstellen sowie der Durchfluss an den zugeordneten Messpegeln für die Betrachtung des Ausgangszustandes der Gewässer genutzt. Für die Bewertung des Einflusses der Einleitung aus der Kläranlage werden die an den Kläranlagen erhobenen Werte (Konzentrationen und Einleitmengen) verwendet.

Eine besondere Bedeutung bei der Bewertung hat die Lage des Ausgangszustands in Bezug auf die Klassengrenzen zur Beurteilung der Gewässergüte: eine Verschlechterung des Zustandes ist umso wahrscheinlicher, je näher der Ausgangszustand bereits im Grenzbereich zur nächst schlechteren Zustandsklasse liegt. Bei Lage des Ausgangszustandes im Grenzbereich zur nächst besseren Klasse ist eine Zustandsverschlechterung entsprechend umso unwahrscheinlicher (LfULG, 2023).

(2) Brauchwasserentnahmen (Fallgruppe A-2) wirken primär über eine Reduktion des Abflusses, im Betrachtungsfall der Wasserwiederverwendung ist dies bedingt durch die fehlende Einleitung von geklärten Abwässern / Klarwasser. Dies beeinflusst Abflussdynamik, Verdünnungsfähigkeit des Wasserkörpers, Schwebstofftransport, Temperaturentwicklung sowie – indirekt – morphologische und ökologische Prozesse im Gewässer. Die Entnahme ist funktionsräumlich zu betrachten, insbesondere im Abschnitt zwischen Entnahmestelle und dem nächsten mengenrelevanten Zufluss. Eine Abflussreduktion kann zu Konzentrationserhöhungen stofflicher Belastungen führen und damit eine Verschlechterung wahrscheinlicher machen. Laut LAWA kann eine Verschlechterung jedoch unwahrscheinlich sein, wenn Mindestwasserführungen eingehalten werden (LfULG, 2023).Die Wirkungsmatrix zu potentiell abio-

tischen Wirkungen für die betrachteten Fallgruppen der Einleitung aus kommunalen Kläranlagen und der Brauchwasserentnahme zur Wiederverwendung wird in Tabelle 43 zusammengefasst.

Tabelle 43: Wirkungsmatrix möglicher Wirkfaktoren und ihre Bewertung für den betrachteten OWK

Einzelmaßnahmen (Potenzielle Wirkfaktoren)	Ökologischer Zustand: Gewässerflora (Makrophyten / Phytobenthos)	Ökologischer Zustand: Gewässerfauna (Makrozoobenthos, Fische)	Ökologischer Zustand: Wasserhaushalt/Menge	Ökologischer Zustand: Durchgängigkeit	Ökologischer Zustand: Hydromorphologie	Ökologischer Zustand: Flussgebietsspez. Schadstoffe	Ökologischer Zustand: Allg. Phys.-chem. QK	Chemischer Zustand
Abfluss- und Fließverhalten:								
Abfluss	-	x	x	x	-	-	x	x
Wasserbeschaffenheit:								
Salzgehalt	x	x	-	-	-	-	x	x
Nährstoffverhältnisse	x	x	-	-	-	-	x	x
Schwebstoffgehalt	-	x	-	-	-	-	x	-
Schadstoffgehalt	x	x	-	-	-	-	x	x

Legende: -… keine Auswirkungen, x… hat Auswirkungen, 0… geringe/temporäre Auswirkungen, (+)…positiv, (- -)…negativ, QK…Qualitätskomponente

10.2.2 Auswirkungen der Klarwasserentnahme auf den mengenmäßigen Zustand

Um festzustellen, ob an den Kläranlagenstandorten ausreichende Abwassermengen zur Deckung des Prozesswasserbedarfs einer geplanten alkalischen Elektrolyse (AEL) bereitgestellt werden können oder nicht, wurden die Jahresabwassermengen (JAM) der Standorte mit dem Wasserbedarf der 1. Ausbaustufe (siehe Kapitel 2.2) verglichen. Die in Tabelle 44 aufgeführten Angaben weisen den Anteil aus, welcher der Jahresabwassermenge entnommen werden müsste, um den Wasserbedarf der ersten Ausbaustufe der Elektrolyse vollständig zu decken. Effektiv wird in der 1. Ausbaustufe ein Klarwasserstrom von 170.000 m^3/a zur Wiederverwendung benötigt (Tabelle 40).

Tabelle 44: Anteile zur Abdeckung des Wasserbedarfes zur 1. Ausbaustufe der AEL durch die Abwassermengen der einzelnen Kläranlagen

Kläranlage	Görlitz	Niesky	Rothen-burg	Koders-dorf
Pegel	Görlitz	Särichen	Görlitz	Särichen
JAM [m^3/a]	3.573.525	821.597	257.274	180.001
Abdeckung Bedarf AEL 1.Stufe (150.000 m^3/a)*	4 %	18 %	58 %	83 %

*Frischwasserbedarf: 170.000 m^3/a

Maß der Belastung auf die Vorfluter: … stark, … moderat, … minimal

Nach aktuellem Stand gibt es für die Gewässer keinen festgelegten ökologischen Mindestwasserabfluss ($Q_{öko}$), im Allgemeinen kann sich an einem Wert für $Q_{öko} \geq$ MNQ orientiert werden (LfULG, 2021).

Der Standort **Görlitz** weist mit einer Abdeckungsquote von lediglich rund 4 % der Jahresabwassermenge ein sehr hohes mengenmäßiges Potenzial auf. Die Entnahme führt weder unter MNQ- noch unter MQ- oder MHQ-Bedingungen zu einer relevanten Reduktion der Wasserführung des Vorfluters. Eine Beeinträchtigung der ökologischen Mindestwasserführung ist nicht zu erwarten. Görlitz ist daher aus mengenmäßiger Sicht als uneingeschränkt geeignet einzustufen (siehe Kapitel 7.3.5).

Am Standort **Niesky** beträgt der erforderliche Anteil zur Deckung des Elektrolysewasserbedarfs etwa 18 % der Jahresabwassermenge. Die mengenmäßige Belastung des Vorfluters ist damit moderat. Unter mittleren Abflussbedingungen ist keine relevante Beeinträchtigung des Wasserhaushalts zu erwarten. Unter MNQ-Bedingungen kann die Reduktion der Einleitmenge jedoch lokal wirksam werden, so dass eine weitergehende Prüfung der Mindestwasserführung erforderlich ist. Insgesamt ist der Standort mengenmäßig als bedingt geeignet zu bewerten (siehe Kapitel 7.3.5).

In **Rothenburg/O.L.** würden etwa 58 % der Ablaufmenge zur Deckung des Wasserbedarfs benötigt. Aufgrund der hydrologischen Situation der Neiße sind jedoch auch bei reduzierter Einleitung keine relevanten Auswirkungen auf den mengenmäßigen Zustand des Vorfluters zu erwarten (siehe Kapitel 7.3.5). Der Standort ist mengenmäßig als grundsätzlich geeignet, jedoch mit Blick auf Niedrigwasserszenarien weiterhin prüfpflichtig, zu bewerten.

Der Standort **Kodersdorf** ist aus mengenmäßiger Sicht als nicht geeignet für eine Abwasserwiederverwendung im Rahmen der Wasserstofferzeugung zu bewerten. Bereits in der ersten Ausbaustufe würde der Wasserbedarf der Elektrolyse rund 83 % der jährlichen Ablaufmenge der Kläranlage beanspruchen (siehe Kapitel 7.3.5). Damit würde dem Vorfluter ein wesentlicher Anteil des Abflusses entzogen. Insbesondere unter MNQ-Bedingungen ist mit einer relevanten Beeinträchtigung der Abflussdynamik, der ökologischen Mindestwasserführung sowie der Verdünnungsfähigkeit zu rechnen. Vor dem Hintergrund des Verschlechterungsverbots nach § 27 WHG ist der Standort mengenmäßig als kritisch bis unzulässig einzustufen.

10.2.3 Auswirkungen der Klarwasserentnahme auf den chemischen Zustand

Für die Bewertung der Auswirkungen auf den chemischen Zustand der Oberflächengewässer wurde ausgehend von den Analysendaten der Kläranlagenabläufe (Anhang C 2.3 und Anhang C 3.3) sowie der Oberflächengewässer (Anhänge C 3.5 bis C 3.7) eine abflussgewichtete Mischungsrechnung durchgeführt. Berechnet wurden die Konzentrationen für den aktuellen Ist-Zustand, den Zustand ohne Kläranlageneinleitung, sowie den Zustand bei Abwasserwiederverwendung unter Beachtung (a) reduzierter Ablaufmengen der KA anhand des prognostizierten Bevölkerungsrückganges (siehe Tabelle 34) und (b) erhöhter Frachten durch Rückführung der Konzentrate aus der weitergehenden Aufbereitung zur Wasserwiederverwendung. Betrachtet wurden jeweils vier Abflussszenarien: MNQ, MQ sowie die Projektionen (KliWES 3.0, WETTREG) MNQ2100 und MQ2100 (siehe Kapitel 8.4.3). Die Ergebnisse der Mischungsrechnungen sind im Anhang D 7 dokumentiert. Tabelle 45 und Tabelle 46 stellen die prozentualen Veränderungen der Konzentrationen explizit dar und differenzieren zwischen klimabedingtem Effekt und zusätzlichem Effekt der Wasserwiederverwendung. Die Mischungskonzentrationen wurden dabei nach Gleichung 1 durchgeführt.

Tabelle 45: Prozentuale Veränderung der Spurenstoffkonzentrationen im Vergleich MNQ(Ist) und MNQ2100 (Kläranlageneinleitung ohne Wasserwiederverwendung), nur klimabedingte Effekte

Stoff	Görlitz	Rothenburg/O.L.	Kodersdorf	Niesky
Diclofenac	+44 %	+43 %	+150 %	+112 %
Carbamazepin	+44 %	+43 %	+150 %	+112 %
Chlorid	+44 %	+43 %	+155 %	+152 %
Nitrat	+44 %	+43 %	+155 %	+153 %

Die prozentualen Anstiege in Tabelle 45 korrespondieren mit der Reduktion des MNQ(Ist) um bis zu 60% (siehe Tabelle 38). Bei annähernd konstanter Stofffracht ergibt sich eine deutliche Verringerung der Verdünnungswirkung. Die beobachteten Steigerungen der Spurenstoffkonzentrationen von 40–155 % entsprechen dieser hydraulischen Systemreaktion. Die Beeinflussung durch die Kläranlageneinleitung wird vor allem bei MNQ sichtbar, da der geringe Abfluss eine stärkere relative Anreicherung der Stoffe verursacht. Bei MQ und MHQ dagegen ist die Verdünnung höher. In Abbildung 39 bis Abbildung 41 sind die Ergebnisse der Berechnungen für Carbamazepin, Diclofenac, Chlorid, Sulfat und Nitrat bei MNQ/MNQ2100 den Ergebnissen bei MQ/MQ2100 gegenübergestellt. Am Standort Niesky zeigt Carbamazepin aufgrund des hohen relativen Einleitanteils eine stärkere Zusatzwirkung (Abbildung 39).

Tabelle 46: Maximale prozentuale Veränderung der Spurenstoffkonzentrationen im Falle einer Wasserwiederverwendung, 1. Stufe (MNQ, ohne klimabedingte Effekte)

Stoff	Görlitz	Rothenburg/O.L.	Kodersdorf	Niesky
Diclofenac	+ 4,9 %	+ 2,4 %	+ 4,5 %	+ 5,7 %
Carbamazepin	+ 1,5 %	+ 5,3 %	+ 4,5 %	+ 5,7 %*
Chlorid	+ 0,5 %	+ 0,7 %	+ 38 %	+ 18 %
Nitrat	+ 0,4 %	+ 0,4 %	+ 14 %	+ 6,7 %

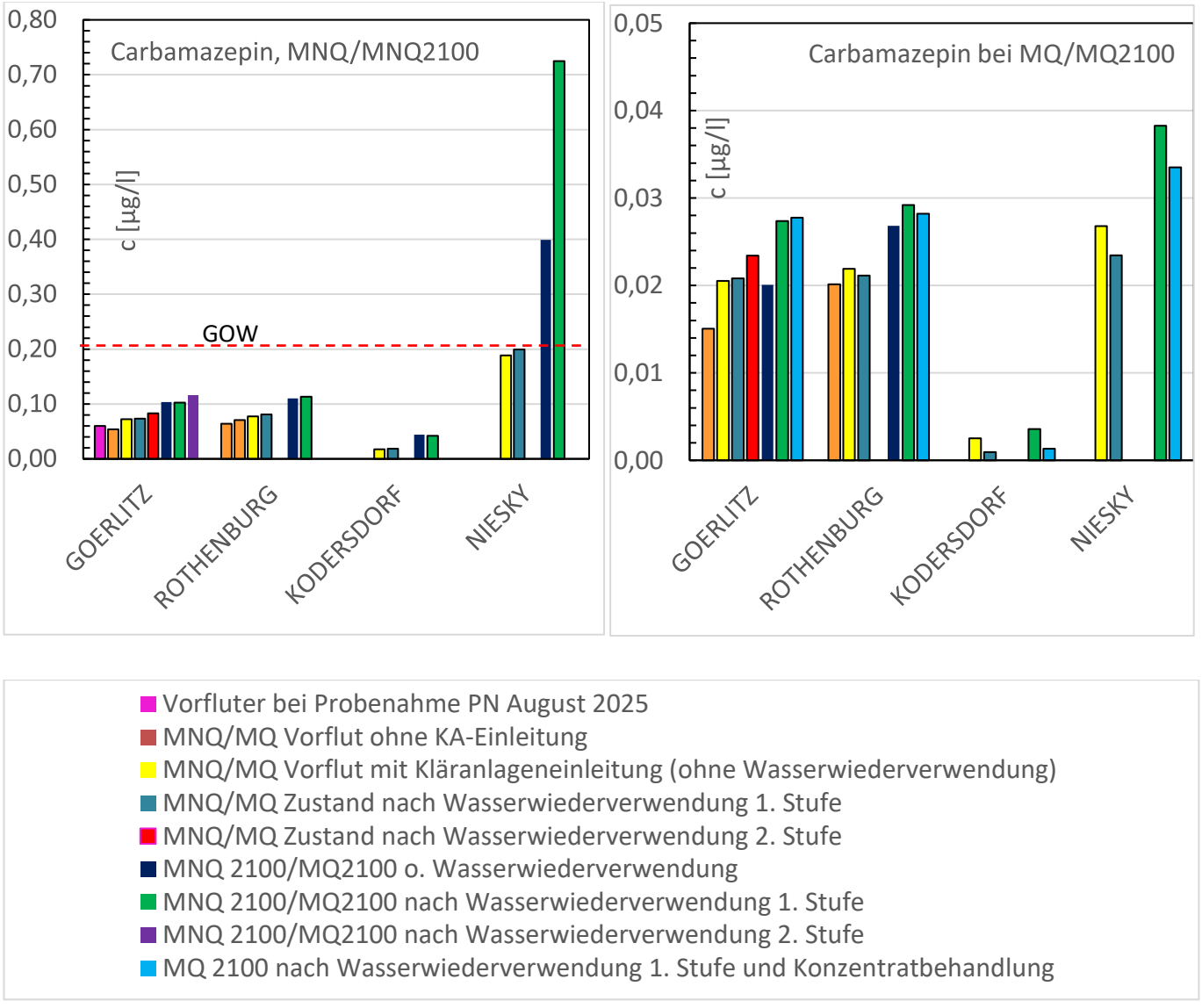
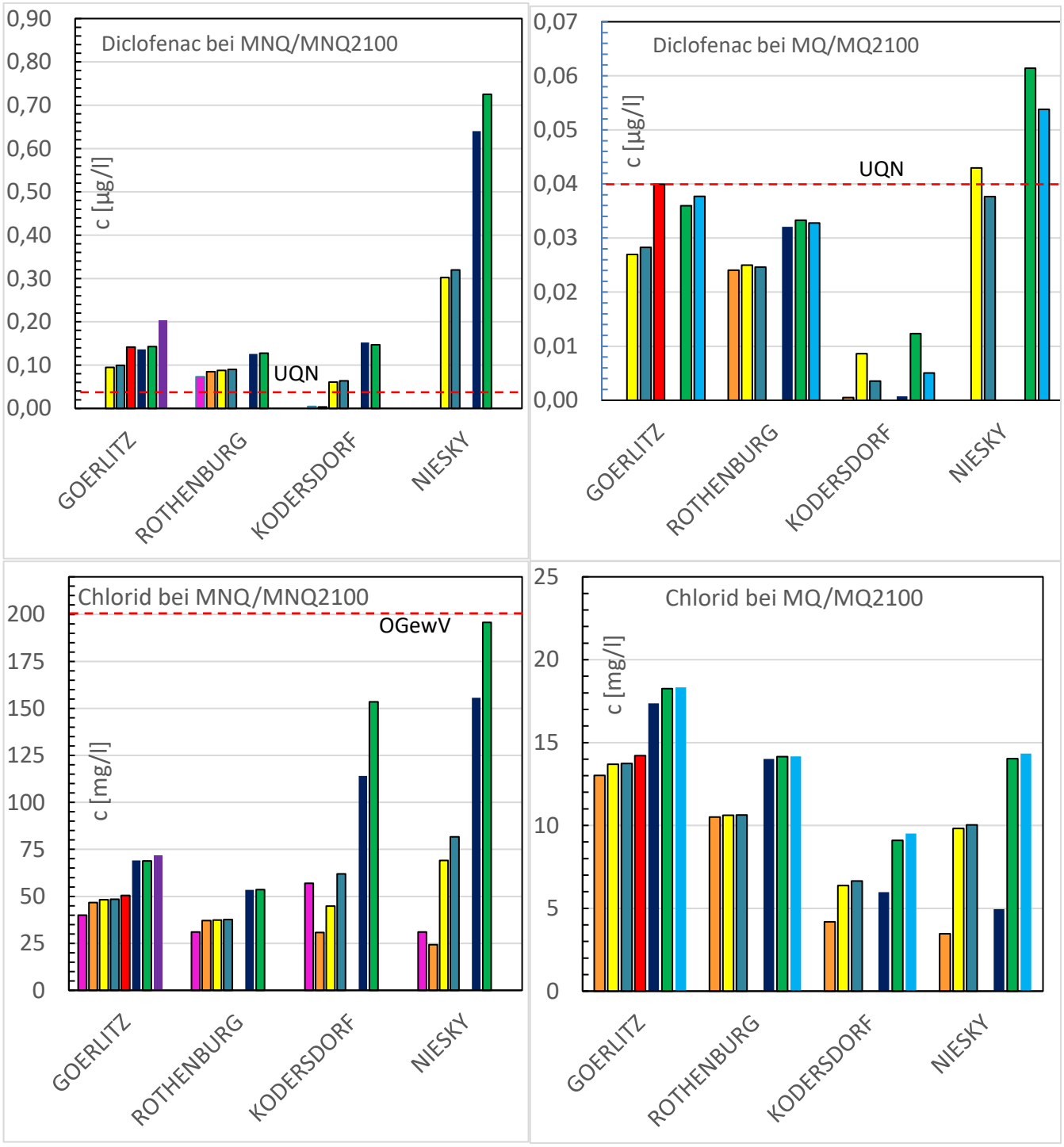


Abbildung 39: Konzentration von Carbamazepin bei verschiedenen Szenarien

Die Auswertung der Mischungskonzentrationen für den **Standort Görlitz** zeigt im Vergleich der drei Abflusssituationen nur geringe Veränderungen zwischen den Abflusszuständen MNQ und MQ aktuell sowie MNQ2100 und MQ2100, insbesondere im Szenario ohne Kläranlageneinleitung (siehe Anhang D 7.1). Die Vorbelastung des Gewässers durch anthropogen bedingte Einleitungen im Oberlauf ist relativ

niedrig, und selbst im Ist-Zustand sind Veränderungen in den Konzentrationen der relevanten Parameter nur moderat.



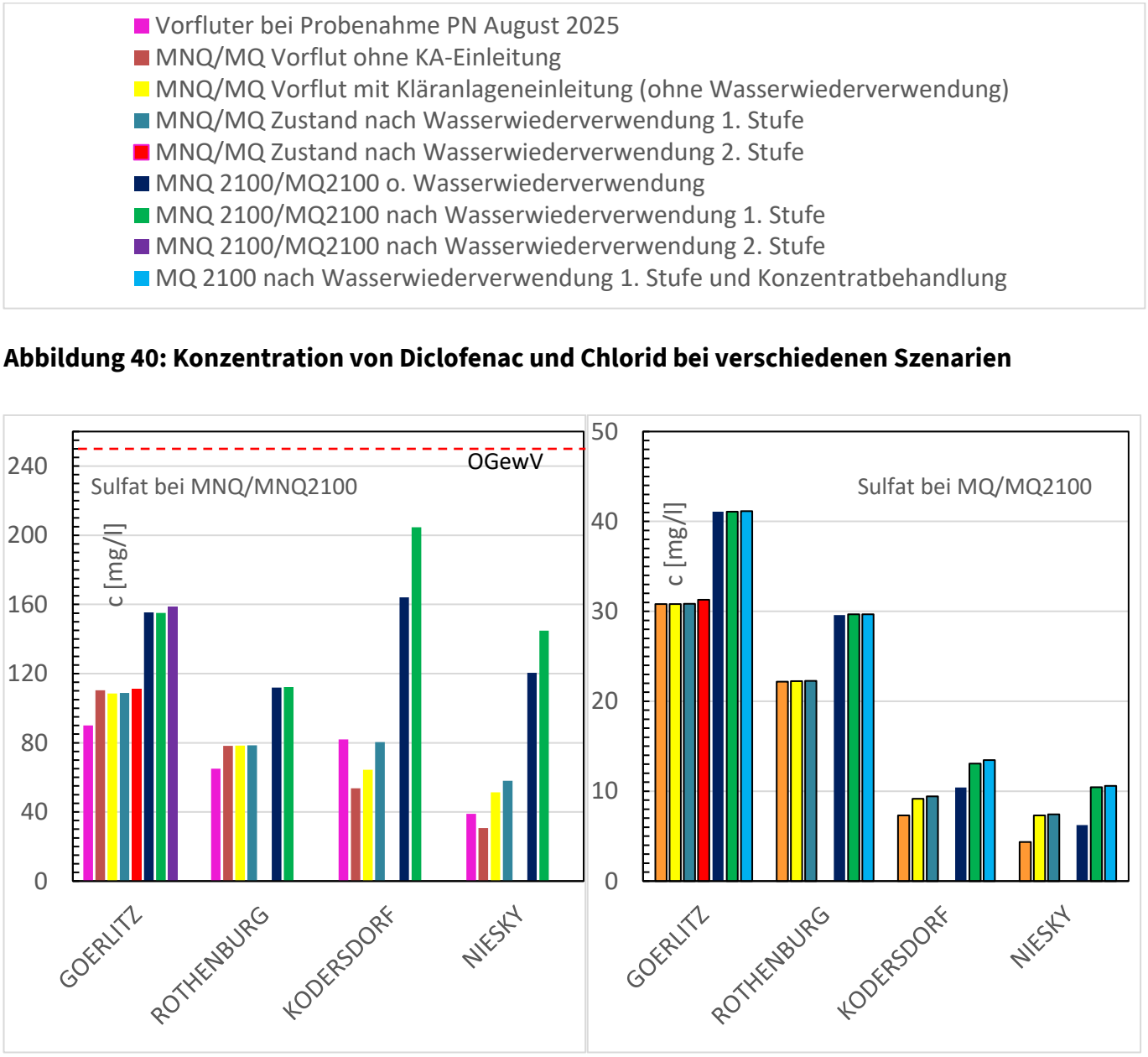


Abbildung 40: Konzentration von Diclofenac und Chlorid bei verschiedenen Szenarien

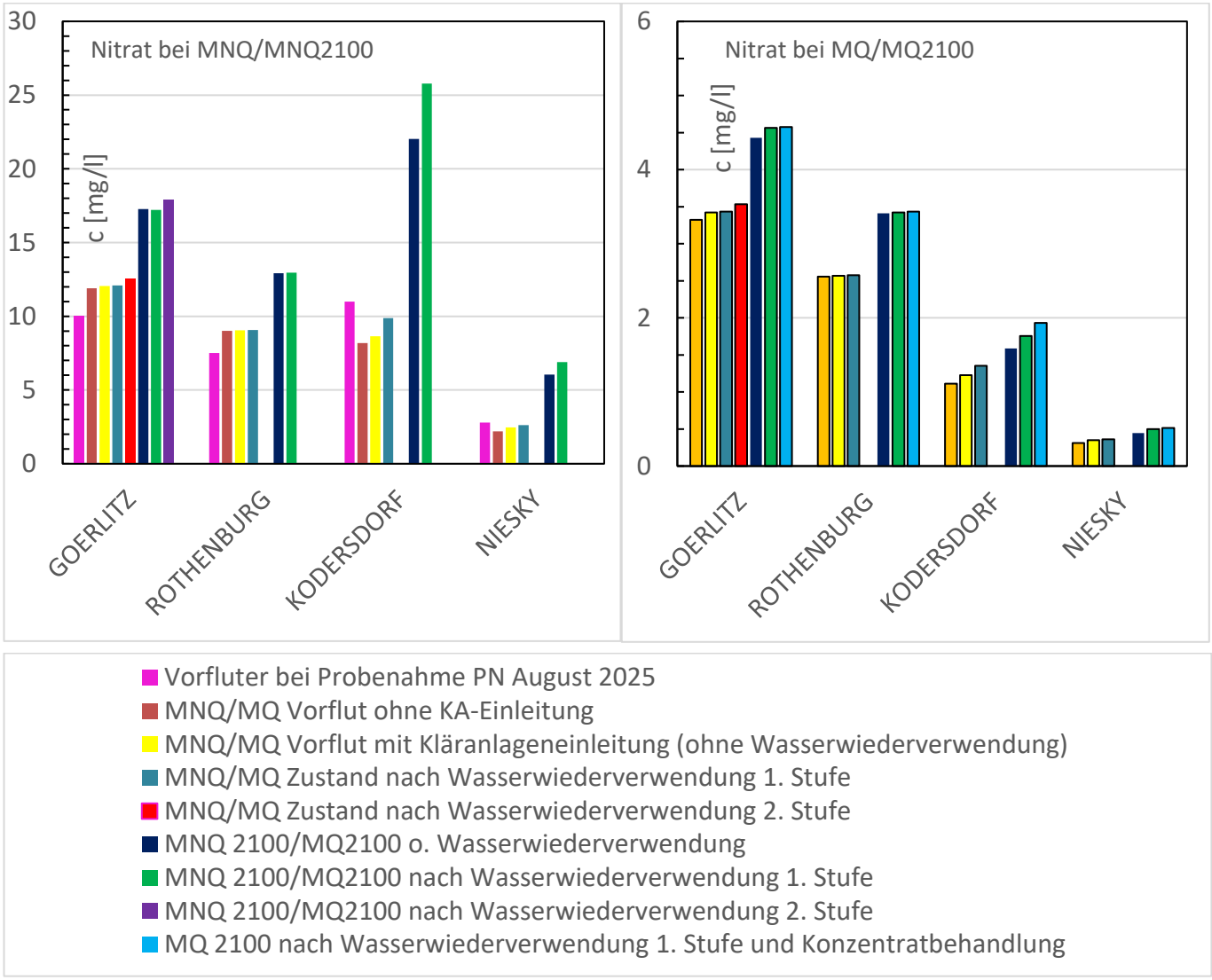


Abbildung 41: Konzentration von Sulfat und Nitrat bei verschiedenen Szenarien

Die **Kläranlage Niesky** leitet in den Neugraben ein, der eine deutlich geringere Wasserführung und damit auch eine deutlich geringere Verdünnungskapazität als der Weiße Schöps aufweist. Die Mischungsrechnungen (siehe Anhang D 7.2) beziehen sich gemäß der getroffenen Festlegungen auf den Durchfluss des Weißen Schöps am Bezugspegel Särichen sowie die Konzentrationen der Wasserinhaltsstoffe an der 13,2 km entfernten Referenzmessstelle OBF 25700 (siehe Tabelle 32). Die ermittelten Werte sind damit als relativ zu betrachten, die Grundaussagen treffen jedoch gleichermaßen auf den Neugraben zu.

Ob Neugraben oder Weißer Schöps, bei Niedrigwasserführung MNQ im Ist-Zustand sowie bei MNQ2100 wird die chemische Zusammensetzung des Vorfluters durch die Einleitung der Kläranlage Niesky dominiert. Insbesondere in Bezug auf Diclofenac kommt es zur Überschreitung der Umweltqualitätsnorm (UQN = 0,04 µg/l). Chlorid, Sulfat, Nitrat können Werte oberhalb der Grenzwerte nach OGewV erreichen.

Bei mittlerer Wasserführung hingegen reicht die Verdünnungskapazität des Vorfluters aus, um Chlorid, Sulfat, Nitrat auf ein unkritisches Niveau unterhalb der Grenzwerte nach OGewV zu verdünnen. Eine signifikante Verschlechterung des aktuellen chemischen Ausgangszustandes durch die Wasserwiederverwendung kann anhand der Mischungsrechnung nicht abgeleitet werden.

Die ermittelten Veränderungen durch die Abwasserwiederverwendung am **Standort Rothenburg/O.L.** (siehe Anhang D 7.3) sind sehr gering und bewegen sich nur im Bereich weniger Milligramm pro Liter. Die Gewässerkonzentrationen unterscheiden sich zwischen dem Ist-Zustand und dem Szenario der Abwasserwiederverwendung nur minimal, was darauf hinweist, dass der Einfluss der Kläranlage auf die Verdünnungskapazität in Rothenburg/O.L. vergleichsweise gering ist. Der Abfluss ist dort stabil genug, um selbst bei reduzierter Einleitung weitgehend konstante Konzentrationen im Gewässer zu gewährleisten.

Kodersdorf stellt unter allen untersuchten Standorten den eindeutig kritischsten Fall dar. Die Ablaufkonzentrationen der Kläranlage liegen insbesondere für CSB, Sulfat, Natrium und Chlorid extrem hoch, und der Einfluss auf das Gewässer im Ist-Zustand ist erheblich (siehe Anhang D 7.4). Bei MNQ werden die OGewV-Grenzwerte für mehrere Parameter deutlich überschritten, was auf eine starke Dominanz der Einleitung hinweist. Bei MQ und MHQ sinken die Konzentrationen zwar erheblich, sie bleiben jedoch insbesondere im MNQ problematisch. Die Abwasserwiederverwendung zeigt in den vorliegenden Berechnungen einen sehr deutlichen Effekt. Ohne die Klarwasserentnahme sinken die MNQ-Konzentrationen so stark ab, dass eine Einhaltung der maßgeblichen Grenzwerte wieder möglich erscheint. Der Standort benötigt jedoch dringend technische oder strukturelle Maßnahmen, da der Ist-Zustand dauerhaft nicht mit den Anforderungen der Gewässerökologie und der OGewV vereinbar ist.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Eignung der Abwasserwiederverwendung maßgeblich durch die hydrologische Leistungsfähigkeit des Vorfluters und den relativen Anteil der Einleitmenge bestimmt wird. Während Görlitz sowohl mengenmäßig als auch chemisch eindeutig geeignet ist, ist Kodersdorf aus beiden Betrachtungsebenen heraus als ungeeignet zu bewerten. Niesky und Rothenburg/O.L. erfordern standortangepasste Randbedingungen und weiterführende Prüfungen, insbesondere unter Niedrigwasserbedingungen.

Entsprechend der Ergebnisse der wirkpfadbasierten Prüfung zur Bewertung der Vorhabenauswirkungen (Verschlechterungsprüfung (§ 27 WHG)) in der Machbarkeitsstudie ergeben sich für die beiden Fallgruppen (LAWA, 2020) folgende Aussagen:

- Fallgruppe E-1 (Einleitung): Die Kläranlagen stellen bestehende Einleitungen dar. Die Konzentrationssteigerungen im Szenario MNQ2100 resultieren primär aus verringerter Verdünnung. Eine signifikante Erhöhung der Stofffracht durch Wiederverwendung des Klarwassers ist nicht erkennbar.

- Fallgruppe A-2 (Entnahme): Die Wiederverwendung des Klarwassers führt zu einer zusätzlichen Abflussreduktion. Diese liegt jedoch deutlich unter der klimabedingten Reduktion (vgl. Tabelle 39). Der überwiegende Teil der Konzentrationsänderung ist somit klimatisch bedingt.
- Eine vorhabenbedingte Verschlechterung liegt nur vor, wenn die isolierte Wirkung der Wasserwiederverwendung eine Zustandsklassenverschlechterung verursacht. Der Vergleich der Ergebnisse der Beprobung der Referenzmessstellen (Ist-Zustand) mit den Ergebnissen der Mischungsrechnungen deutet nicht auf Zustandsklassenverschlechterung infolge der isolierten, vorhabenbezogenen Wirkung der Wasserwiederverwendung hin. Die Wasserwiederverwendung führt zu keiner eigenständigen neuen Zustandsklassenverschlechterung.

10.3 Empfehlung einer Entscheidungslogik zur Bewertung der Umweltauswirkungen von zukünftigen Projekten der Wasserwiederverwendung aus Kläranlagen

Die nachfolgend beschriebene Entscheidungslogik dient der strukturierten Bewertung der Umweltauswirkungen mit Blick auf die Genehmigungsfähigkeit von Vorhaben zur Wasserwiederverwendung aus kommunalen Kläranlagen im Betrachtungsgebiet unter Berücksichtigung der Anforderungen des § 27 WHG (Verschlechterungsverbot) sowie der fachlichen Hinweise der LAWA (Fallgruppen E-1 – Einleitung und A-2 – Entnahme). Sie kann projektvorbereitend oder im Rahmen der Erstellung eines Risikomanagementplans nach EU-WWVO (siehe auch Kapitel 5.4.2.3.1) herangezogen werden.

10.3.1 Erster Prüfschritt: Erfassung der Hydrologischen Ausgangssituation

Grundlage für die Bewertung der hydrologischen Ausgangssituation ist die Erfassung von:

- Abflusskennwerten (MNQ, MQ, MNQ2100, MQ2100),
- Ablaufmengen der Kläranlagen,
- Bestimmung des relativen Anteils der Kläranlageneinleitung am Gewässerabfluss,
- Bewertung der Verdünnungskapazität des Vorfluters,
- Prüfung der Einhaltung einer ökologischen Mindestwasserführung.

Hinweise zur Bewertung:

– Hohe Verdünnungskapazität (z. B. große Vorfluter wie Lausitzer Neiße): günstige Ausgangssituation.

– Geringe Verdünnungskapazität (kleine Gewässer, hoher KA-Anteil): erhöhte Prüfanforderungen.

10.3.2 Zweiter Prüfschritt: Stoffliche Belastung und UQN

Dem zweiten Prüfschritt werden die Änderung der Ablaufmengen aus den Kläranlagen durch die Klarwasseraufbereitung sowie eventuelle Konzentrationsänderungen zugrunde gelegt. Folgende Vorgehensweise wird für den zweiten Prüfschritt empfohlen:

- Berechnung der Mischungskonzentrationen für relevante Stoffe,
- Vergleich mit Umweltqualitätsnormen (UQN) und Orientierungswerten,
- Bewertung des Ausgangszustands des Gewässers,
- Prüfung, ob zusätzliche Konzentrationssteigerungen durch Wasserwiederverwendung zustandsrelevant sind.

10.3.3 Dritter Prüfschritt: Kausalitätsprüfung

Es ist zu prüfen, ob mögliche Zustandsänderungen kausal durch die Wasserwiederverwendung verursacht werden oder überwiegend auf klimabedingte Veränderungen der Abflussverhältnisse zurückzuführen sind. Eine Verschlechterung im Sinne des § 27 WHG liegt nur vor, wenn die isolierte Wirkung des Vorhabens eine Zustandsklassenverschlechterung bewirkt.

10.3.4 Vierter Prüfschritt: Bewertung der Entnahmemengen

Die Bewertung der Entnahmemengen sollte mindestens nach folgenden Kriterien vorgenommen werden.:

- Quantifizierung der Abflussreduktion durch Wasserwiederverwendung,
- Vergleich mit klimabedingten Abflussänderungen,
- Bewertung der Auswirkungen auf Verdünnung und Stoffkonzentrationen,
- Prüfung standortspezifischer Schwellenwerte für Entnahmebegrenzungen.

10.3.5 Bewertung der Umweltauswirkungen

Wenn das Ergebnis der Bewertung positiv ausfällt, weil:

- keine eigenständige Zustandsverschlechterung verursacht wird,
- die Mindestwasserführung eingehalten wird,
- ein Monitoring- und Betriebsregelungskonzept vorliegt,
- standortspezifische Auflagen berücksichtigt werden.

und die Wasserwiederverwendung als Bestandteil einer integrierten Wasserbewirtschaftung wasserwirtschaftlich machbar nachgewiesen wurde ist das Vorhaben grundsätzlich als genehmigungsfähig zu betrachten.

10.4 Abschließende Bewertung der Umweltauswirkungen

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung war die Bewertung der Auswirkungen der Abwasserwiederverwendung aus kommunalen Kläranlagen auf den mengenmäßigen und chemischen Zustand der Vorfluter unter aktuellen hydrologischen Bedingungen (MNQ, MQ) sowie unter klimawandelbedingten Abflussbedingungen bis zum Ende des Jahrhunderts (MNQ2100, MQ2100 nach KliWES 3.0). Untersucht wurden die Standorte Görlitz, Niesky, Rothenburg/O.L. und Kodersdorf.

Die zentralen hydrologischen Erkenntnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die klimabedingte Reduktion der Abflüsse stellt den dominierenden Einflussfaktor auf die zukünftige Gewässerentwicklung dar.
- Bis 2100 wird eine deutliche Abnahme der Niedrigwasserabflüsse projiziert (z. B. Reduktion des MNQ um bis zu 40 - 60 %).
- Die Verdünnungskapazität der Gewässer nimmt dadurch deutlich ab.
- Der relative Einfluss der Kläranlageneinleitungen steigt insbesondere in kleinen Gewässern stark an.
- Große Vorfluter wie die Lausitzer Neiße weisen weiterhin eine hohe Verdünnungskapazität auf.

Die Auswirkungen der Wasserwiederverwendung auf den mengenmäßigen Zustand der Gewässer sind stark standortabhängig. Während an großen Gewässern keine relevante Beeinträchtigung der Wasserführung zu erwarten ist, können in kleinen Gewässern unter Niedrigwasserbedingungen hydrologisch relevante Veränderungen auftreten.

Standortbezogen ergibt sich folgende Bewertung:

- Görlitz: Sehr hohe Wasserführung der Lausitzer Neiße, keine relevante Beeinträchtigung der Mindestwasserführung.
- Niesky: Moderater Einfluss, insbesondere unter MNQ-Bedingungen prüfpflichtig.
- Rothenburg/O.L.: Hydrologisch grundsätzlich geeignet, jedoch weiterhin prüfpflichtig bei Niedrigwasser.
- Kodersdorf: Kritische hydrologische Situation aufgrund geringer Verdünnungskapazität.

Konzentrationsänderungen sind maßgeblich durch die hydrologischen Randbedingungen bestimmt. Die Wasserwiederverwendung führt überwiegend nur zu moderaten zusätzlichen Änderungen, während die klimabedingte Abflussreduktion die dominierende Ursache für erhöhte Stoffkonzentrationen darstellt.

Eine Überschreitung einzelner Umweltqualitätsnormen liegt unter Niedrigwasserbedingungen bereits im Ist-Zustand vor. Die Wasserwiederverwendung führt überwiegend zu keiner eigenständigen neuen Zustandsklassenverschlechterung. Unter Anwendung der LAWA-Fallgruppen E-1 (Einleitung) und A-2

(Entnahme) zeigt die wirkpfadbasierte Bewertung, dass die Wasserwiederverwendung grundsätzlich mit dem Verschlechterungsverbot vereinbar ist, sofern keine eigenständige Zustandsverschlechterung verursacht wird und geeignete Betriebs- und Vorsorgemaßnahmen umgesetzt werden.

Zusammenfassend zeigt die Untersuchung, dass die Wasserwiederverwendung im Untersuchungsgebiet unter Berücksichtigung geeigneter Betriebs- und Vorsorgemaßnahmen grundsätzlich umsetzbar ist. Die wesentlichen Risiken für den Gewässerzustand ergeben sich nicht primär aus der Wasserwiederverwendung selbst, sondern aus den klimawandelbedingten Veränderungen des Abflussregimes. Die Genehmigungsfähigkeit hängt maßgeblich von der hydrologischen Leistungsfähigkeit des jeweiligen Vorfluters, der Entnahmemenge sowie der Einhaltung standortspezifischer Randbedingungen ab.

Für künftige Projekte der Wiederverwendung gereinigten kommunalen Abwassers im Betrachtungsgebiet (oder auch außerhalb) kann eine Einordnung nach Tabelle 47 vorgenommen werden:

Tabelle 47: Einordnung der Fließgewässer

Kläranlagenstandort	Hydrologische Eignung	Genehmigungsbewertung
Görlitz	Sehr hohe Verdünnungs-kapazität des Einleitgewässers Lausitzer Neiße	Uneingeschränkt geeignet
Rothenburg/O.L.	Hohe Verdünnungskapazität des Einleitgewässers Lausitzer Neiße	Grundsätzlich geeignet
Niesky	Mittlere Verdünnungskapazität hier anhand des Weißen Schöps	Bedingt geeignet, Auflagen erforderlich
Kodersdorf	Geringe Verdünnungskapazität des Weißen Schöps	Kritisch, vertiefte Prüfung erforderlich

Die Wasserwiederverwendung kann daher als ein wasserwirtschaftlich tragfähiger Baustein einer langfristigen regionalen Wasserbewirtschaftungsstrategie bewertet werden.

11 Technisches Konzept

Das technische Konzept bildet die Grundlage für die im nächsten Kapitel folgenden Machbarkeitsuntersuchungen. Zunächst werden bewertungsfrei zwei Lösungsansätze für die zentrale und dezentrale Aufbereitung des Klarwassers vorgestellt. Anschließend werden die Aufbereitungsverfahren aufgezeigt, die für die Aufbereitung des gereinigten kommunalen Abwassers zur Wiederverwendung in den einzelnen Nutzungsklassen ausgewählt wurden.

11.1 Standortbetrachtungen und Infrastruktur

In diesem Kapitel werden drei Standortvarianten der Wasseraufbereitung benannt. In Kapitel 12.4 werden die Varianten aus wirtschaftlicher Sicht verglichen und eine Gesamtbewertung mit Empfehlung vorgenommen.

11.1.1 Variante A: Wasserstoffelektrolyse und zentrale Wasseraufbereitung am Standort Horka

Abbildung 42 spiegelt die ursprüngliche Idee von einer möglichen Leitungsführung im Abwasserverbund und der zentralen Aufbereitung des Abwassers am Standort Horka wieder. Die Trasse (in Abbildung 42 blau gekennzeichnet) verbindet die Kläranlagen Niesky, Görlitz und Rothenburg/O.L. mit dem ursprünglich als der Ort der Ansiedlung der Wasserstofferzeugungsanlage vorgesehenen Industriegebiet „Am Güterbahnhof“ in Horka. Die gewählte Trassenführung entspricht einem groben Vorentwurf, ohne Höhenprofile und infrastrukturelle Besonderheiten sowie das zu fördernde Medium zu berücksichtigen. Die Trasse ist untergliedert in drei Teilabschnitte. Der längste Teilabschnitt führt in Nord-Süd-Ausrichtung von Görlitz nach Horka. Angesichts des Volumenstromes von 255 m^3/h ist ein Rohrleitungsdurchmesser von mindestens DN 300 mm notwendig (Kapitel 7.1.5). Der aus westlicher Richtung aus Niesky kommende Teilstrang (ca. 20 m^3/h) mit einem Leitungsdurchmesser von DN150 und einer Länge von 5,2 km könnte auf Höhe des südlichen Ortschaftsendes in Horka in die Hauptleitung einmünden. Der von Rothenburg/O.L. kommende Teilstrang mit DN125 hat eine Länge von ca. 8 km. Ca. 31 Kontroll- und Armaturenschächte müssten vorgesehen werden. Speicher und Pumpstationen wurden zunächst nicht berücksichtigt. Bei der Aufbereitung des gereinigten kommunalen Abwassers fällt Konzentrat an. Im Falle der Realisierung der ersten Ausbaustufe der Wasserstofferzeugung wird Konzentrat mit einem Volumenstrom von 2,7 m^3/h anfallen, in der finalen Ausbaustufe sind es dann 27 m^3/h. Dieses Wasser muss nach Konzentratbehandlung an eine Kläranlage abgegeben werden. Hierfür ist, von der Anlagengröße her, nur die Kläranlage in Görlitz geeignet. Zur Konzentrat-Rückleitung wäre ein zweiter Strang parallel zur „Hinleitung“ zu verlegen. Aufgrund der Länge sind beide Leitungen genehmigungspflichtig.

11.1.2 Variante B: Wasserstoffelektrolyse und zentrale Wasseraufbereitung am Standort Niesky

Von der Flächenentwicklungsgesellschaft ENO wurde im Vorfeld des Projektes vorgeschlagen, das Gewerbegebiet Waggonbau II parallel zum Standort Horka als Standort für eine Wasserstofferzeugungsanlage zu betrachten. Eine mögliche Trassenführung ist in Abbildung 42 rot dargestellt. Die Haupttrasse mit einer Länge von 19,5 km geht von Görlitz bis zur Einbindung des kurzen Teilstückes von der Kläranlage in Niesky. Auf Höhe Kodersdorf wird der Teilstrom der dortigen Kläranlage in die Hauptleitung eingebunden. Der von Rothenburg/O.L. kommende Teilstrang mit DN125 hat eine Länge von ca. 11 km und bindet ebenfalls in die Hauptleitung ein. Ab der Einbindungsstelle der KA Niesky sollte die Rohrleitung einen Durchmesser von mindestens DN450 haben.

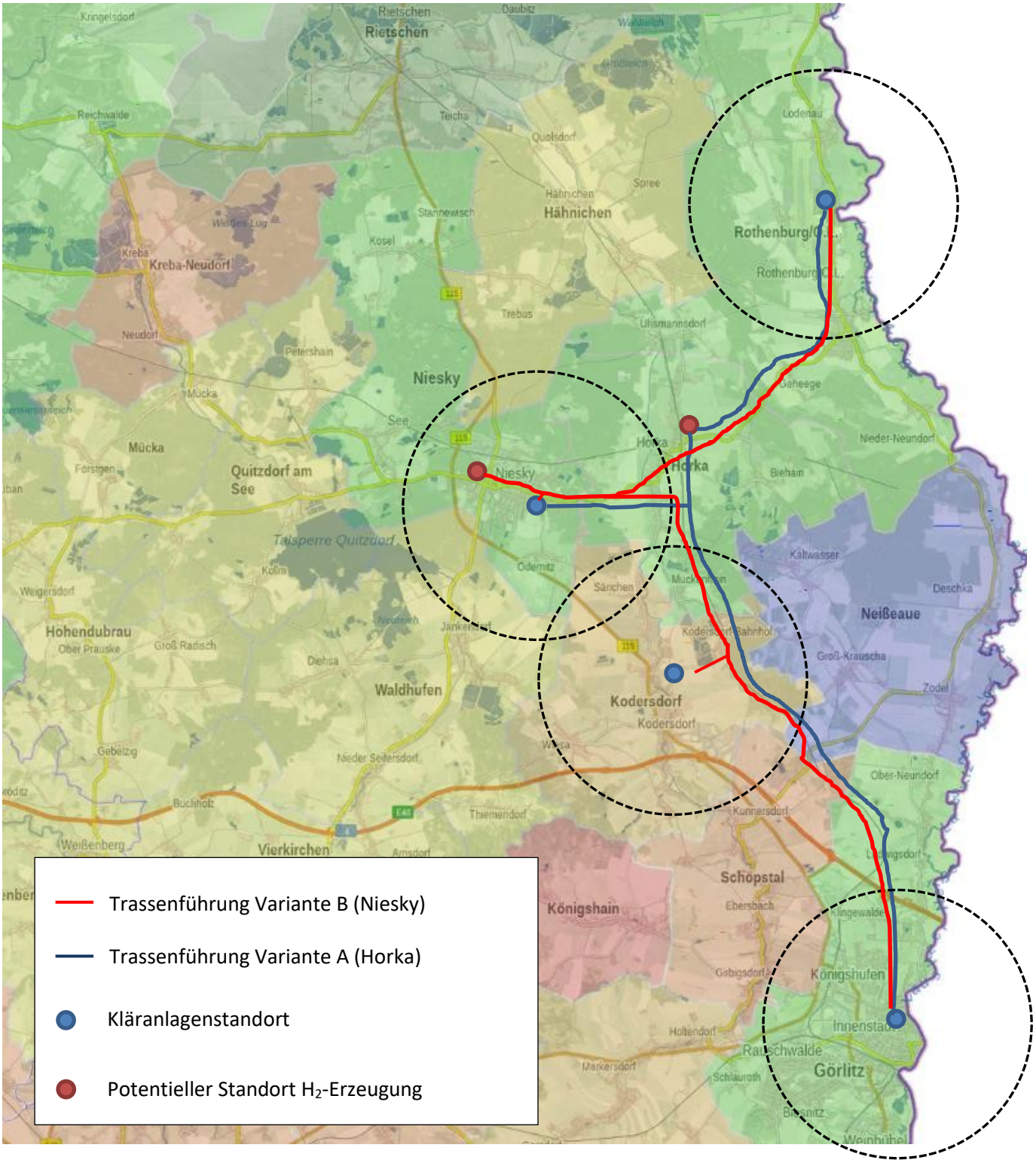


Abbildung 42: Lage der Kläranlagen und Rohrleitungstrasse

Die Länge dieses letzten Abschnittes beträgt dann ca. 3,5 km. Nicht nur angesichts einer Gesamtlänge von ca. 36 km Gesamtlänge erscheint Variante B als die aufwändigere von Beiden, die letzten 3,5 km müssten durch das Stadtgebiet von Niesky geführt werden. Ein Außenumgehung der Stadt wäre mindestens doppelt so lang. Auch hier wäre eine Rückleitung des Konzentrates erforderlich.

11.1.3 Variante C: Dezentrale Wasseraufbereitung an mehreren kläranlagennahen Standorten

Alternativ zum soeben diskutierten „zentralen“ Konzept wurde die Variante betrachtet, die Wasseraufbereitungsanlagen auf einen oder mehrere kläranlagennahe Standorte zu verteilen. Solche Standorte könnten Gewerbeflächen in unmittelbarer Nähe zu den Kläranlagen sein oder aber Standorte direkt auf dem Gelände der Kläranlage. Die Aufbereitung des Klarwassers kann zweckgebunden und modular je nach Nutzungsklasse erfolgen. Wie die später in Kapitel 12.1.1 vorgenommenen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zeigen werden, kann eine Aufbereitung/Wiederverwendung maximal innerhalb eines Umkreises von 5 km um die betreffenden Kläranlagen herum wirtschaftlich sinnvoll betrieben werden. In Abbildung 42 sind diese Umkreise um die Kläranlagen Görlitz, Niesky, Kodersdorf und Rothenburg/O.L. aufgezeigt.

11.2 Auswahl der Aufbereitungsverfahren

In Abbildung 43 sind Verfahrenskombinationen aufgezeigt, die eingesetzt werden können, um das Klarwasser entsprechend der für die einzelnen Nutzungsklassen erforderlichen Qualitätsanforderungen aufzubereiten.

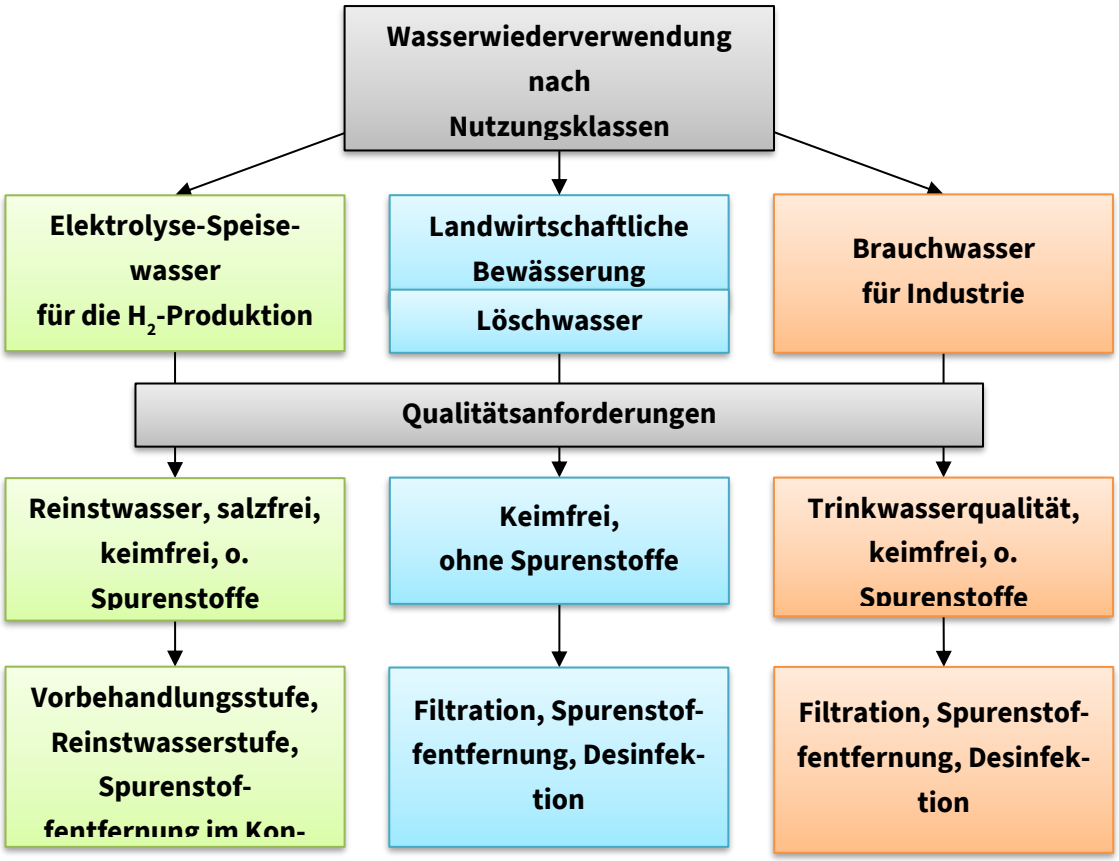


Abbildung 43: Übersicht Wasserwiederverwendung nach Nutzungsklassen und Qualitätsanforderungen

Die Auswahl der Aufbereitungsverfahren und der zugehörigen Infrastruktur wurde im Rahmen vorliegender Machbarkeitsstudie gezielt auf die betrachteten Nutzungsklassen der Wasserwiederverwendung ausgerichtet. Maßgeblich sind dabei die rechtlichen Grundlagen zur Wasserwiederverwendung (Kapitel 5), der Stand der Technik (Kapitel 4) sowie die Anforderungen an Wasserqualität, Verfahrenssicherheit und wirtschaftliche Auslegung (BMBF, k.A.; BMBF, 2021; Drewes, 2024; Asano, 2007; DWA, 2025a; Drewes, 2024; LANUV, 2025; UBA, 2025; EU-JRC, 2025; Projekt RECLAIM H_2, 2022).

11.2.1 Nutzungsklassen Landwirtschaft, Löschwasser und industrielles Brauchwasser

Die Auswahl der für die Aufbereitung von Klarwasser in Betracht gezogenen Technologien fiel auf die in Tabelle 48 aufgeführten Einzelverfahren und Verfahrenskombinationen sowie die Zuordnung der Funktionen im System.

Tabelle 48: Auswahl von Einzelverfahren und Verfahrenskombinationen

Kategorie	Verfahren / Kombination	Funktion im System	Verfahrenssicherheit
Einzel-verfahren	Sandfiltration (SF)	Vorreinigung, Partikel- und Trübungsentfernung	mittel
Einzel-verfahren	Mikrofiltration (MF)	Vorreinigung, Feinpartikel, Keime	hoch
Einzel-verfahren	Ultrafiltration (UF)	Bakterien, Viren, Trübung	hoch
Einzel-verfahren	Keramische UF (CUO)	robuste Membranfiltration	hoch
Einzel-verfahren	Granulierte Aktivkohle (GAK)	Organik, Spurenstoffe	mittel–hoch
Einzel-verfahren	Umkehrosmose (UO)	Salze, Mikroschadstoffe	sehr hoch
Einzel-verfahren	UV-Desinfektion (hyg.)	Inaktivierung Keime	hoch
Einzel-verfahren	Chlordioxid-Desinfektion (ClO_2)	Hygienische Sicherung	hoch
Kombination	MF + UV + ClO2	Hygiene	mittel-hoch
Kombination	SF + UV (hyg.) + UF	Filtration + Hygiene	hoch, kompakter Aufbau, geringere Investkosten
Kombination	SF + GAK + UV (hyg.) + UF	Filtration + Spurenstoffe + Hygiene	hoch, Mehrbarrierenkonzept, sehr robust
Kombination	SF + UO + UV (hyg.)	Entsalzung + Hygiene	sehr hoch, technisch sehr wirksam, aber kosten- und energieintensiv
Kombination	MF + UO + UV (hyg.)	kompakte Hochaufbereitung	sehr hoch, technisch sehr wirksam, aber kosten- und energieintensiv

Die Verfahrenskombinationen MF+GAK+UV, SF+UV+UF, SF+GAK+UV+UF, SF+UO+UV sowie MF+UO+UV sind kompatibel mit den Multibarrieresystemen in aktuellen Machbarkeitsstudien (DWA, 2025e; LANUV, 2025). Die aufgeführten Einzelverfahren können fallspezifisch zu beliebigen anderen Kombinationen zusammengestellt werden. Für den Fall, dass für nachgeschaltete Transport- und Verteilungssysteme, Speicher sowie die Güteklassen C und D nach (Europäische Kommission, 2024) eine zusätzliche Desinfektion erforderlich ist, wurde das Chlordioxid-Verfahren als Einzelverfahren in die Untersuchungen einbezogen.

In Tabelle 49 wird eine Bewertung beispielhafter Verfahrenskombinationen der Wasseraufbereitung im Hinblick auf ihre Eignung für definierte Nutzungsklassen vorgenommen. Grundlage der Zuordnung sind verfahrenstechnische Kriterien wie die Entfernung von Partikeln, Mikroorganismen, gelösten Inhaltsstoffen und organischen Spurenstoffen sowie Aspekte der hygienischen Stabilität. Die Darstellung dient als Orientierung für die Auswahl anwendungsspezifischer Aufbereitungssysteme.

Tabelle 49: Zuordnung der Kombiverfahren zu Nutzungsklassen

Verfahrenskombination	Empfohlene Nutzungsklasse	Begründung
SF + UV (hyg.) + UF	NK-L (eingeschränkt)	Gute Partikel- und Keimentfernung; keine gezielte Spurenstoffreduktion, keine Speicherstabilität → nur für einfache technische Anwendungen
SF + GAK + UV (hyg.) + UF	NK-L NK-C NK-B	Zusätzliche organische Spurenstoff- und Geruchsreduktion; UF sichert Hygienisierung → geeignet für Löschwasser und industrielles Brauchwasser
SF + UO + UV (hyg.)	NK-B NK-C NK-K	Umkehrosmose reduziert Salze & organische Stoffe; keine absolute Keimbarriere → für hochwertige industrielle Nutzung mit nachgeschalteter Hygieneabsicherung
MF + UO + UV (hyg.)	NK-C – NK-H – NK-ITW	Sehr hohe Wasserqualität; Salz- & Spurenstoffentfernung + gute Hygiene → technisch überdimensioniert für Löschwasser
MF + GAK + UV (hyg.)	NK-L – NK-B (Best Practice)	Robuste Kombination: Trübungsreduktion, Spurenstoffminderung, Hygienisierung → optimal für Löschwasser mit Speicherfähigkeit

NK-L Löschwasser; NK-C Güteklasse C, NK-ITW Industrie Trinkwasserqualität,

NK-B Industrielles Brauchwasser (Kühlung, Prozesswasser ohne Produktkontakt)

Für die Nutzungsklasse landwirtschaftliche Bewässerung wurden robuste Mehrbarrierensysteme in Betracht gezogen, die aus einer mechanischen Vorbehandlung (z. B. Sand- oder Mikrofiltration), einer weitergehenden Spurenstoffentfernung (Aktivkohle) und Keimentfernung (z. B. Ultrafiltration) sowie einer hygienischen Desinfektionsstufe bestehen (Abbildung 44). Für die höhere Güteklassen A und B (nach EU-WWVO) ist eine zusätzliche Desinfektion zwingend erforderlich. Aus wirtschaftlicher Sicht erlauben

die Güteklassen C und D den Einsatz kostengünstigerer Verfahren, da die Anforderungen an die Aufbereitung geringer sind. Die Güteklassen A und B erfordern dagegen höhere Investitionen, bieten jedoch eine größere Nutzungssicherheit und Akzeptanz.



Abbildung 44: Fließschema - Mehrbarrierensystem für die landwirtschaftliche Bewässerung

In Bezug auf die industrielle Wiederverwendung wurde ein modularer Ansatz verfolgt, bei dem die Aufbereitung gezielt an die jeweilige industrielle Nutzung angepasst wird. Typische Verfahrenskombinationen umfassen Filtrationsstufen, Aktivkohle sowie membranbasierte Verfahren bis hin zur Umkehrosmose. Eine hygienische Desinfektion dient in erster Linie der Betriebssicherheit. Die Wirtschaftlichkeit industrieller Brauchwassernutzung ist stark vom geforderten Qualitätsniveau abhängig.

Höhere Aufbereitungsstufen erhöhen die Kosten, ermöglichen jedoch eine sichere und kontinuierliche Nutzung, was insbesondere bei wasserintensiven Prozessen wirtschaftliche Vorteile bietet. Dabei stellt die Herstellung von Brauchwasser in Trinkwasserqualität die höchsten Anforderungen an die Aufbereitung. Hierfür kommen mehrstufige, hochrobuste Verfahrenskombinationen zum Einsatz, die typischerweise aus Filtration, Aktivkohle, Membranverfahren (insbesondere Umkehrosmose) sowie einer abschließenden Desinfektion bestehen (Abbildung 45). Die hohen Anforderungen führen zu erhöhten Investitions- und Betriebskosten. Gleichzeitig bietet die Auslegung auf Trinkwasserqualität die größtmögliche Flexibilität in der Nutzung und eine hohe regulatorische Sicherheit, was sich langfristig positiv auf die Genehmigungsfähigkeit und Akzeptanz auswirkt.



Abbildung 45: Fließschema - Herstellung industriellen Brauchwassers in Trinkwasserqualität

Wiederverwendetes Klarwasser aus kommunalen Kläranlagen eignet sich grundsätzlich sehr gut für die Löschwasserbereitstellung. Für Löschwasser gelten keine Trinkwasseranforderungen. Entscheidend sind vielmehr die technische Verwendbarkeit, Betriebssicherheit und der Schutz der Einsatzkräfte. Es werden die geringsten Anforderungen an die Aufbereitung für die Nutzungsklasse Löschwasser gestellt.

Als ausreichend gelten in der Regel:

- Entfernung von Grobstoffen und Feststoffen (z. B. Sandfiltration oder Ultrafiltration)
- Vermeidung korrosiver oder aggressiver Inhaltsstoffe
- Optional: hygienische Absicherung durch UV-Desinfektion
- Dosierung von Chlordioxid, um eine Wiederverkeimung der Löschwasserreservoire zu verhindern

Eine Aufbereitung bis Trinkwasserqualität ist für Löschwasser nicht erforderlich. Für eine sichere und genehmigungsfähige Umsetzung sind folgende infrastrukturelle Maßnahmen empfehlenswert:

- Separate Löschwasserspeicher (Zisternen, Erdbecken, Hochbehälter oder unterirdische Speicher)
- Getrennte Löschwasserleitungen ohne Verbindung zum Trinkwassernetz
- Eindeutig gekennzeichnete Löschwasserhydranten oder Feuerwehr-Saugstellen
- Technische Sicherungen zur Systemtrennung (z. B. Rückflussverhinderer)

Die Dimensionierung der Speicher erfolgt auf Grundlage der örtlichen Feuerwehrbedarfsplanung und der brandschutztechnischen Anforderungen der jeweiligen Nutzung.

11.2.2 Nutzungsklasse Elektrolysewasser für die Wasserstofferzeugung

Die Aufbereitung des gereinigten kommunalen Abwassers für die Wasserstofferzeugung stellt in Bezug auf die regionale Wasserbilanz einen besonderen Anwendungsfall dar (siehe Kapitel 10).

In Abbildung 46 wird das Verfahrensschema einer typischen Aufbereitungsanlage für die Herstellung von Elektrolysewasser aus Klarwasser gezeigt (Verfahrensbeschreibung siehe Kapitel 6.4).

Durch die Kombination der beiden UO-Anlagen mit einer zusätzlichen Wassersparstufe und interner Rezirkulation können Ausbeuten bis zu 94 % vom eingesetzten Rohwasser erzielt werden.

Über die in Abbildung 46 abgebildeten Hauptkomponenten hinaus gehören zu einer solchen Anlage noch Zwischenbehälter, Pumpen, Automatisierungstechnik, periphere Ver- und Entsorgungseinrichtungen und Reinstwasser-Speicherbehälter. Die im Rohwasser enthaltenen Ionen, Spurenstoffe und andere gelöste organische Substanzen (hier inerter CSB, meist in Form von Huminsäuren) werden letztendlich 10-fach aufkonzentriert im Konzentrat der Umkehrosmose UO1 zurückgehalten, welches aus dem Prozess ausgekoppelt und einer weiteren Behandlung unterzogen werden muss.

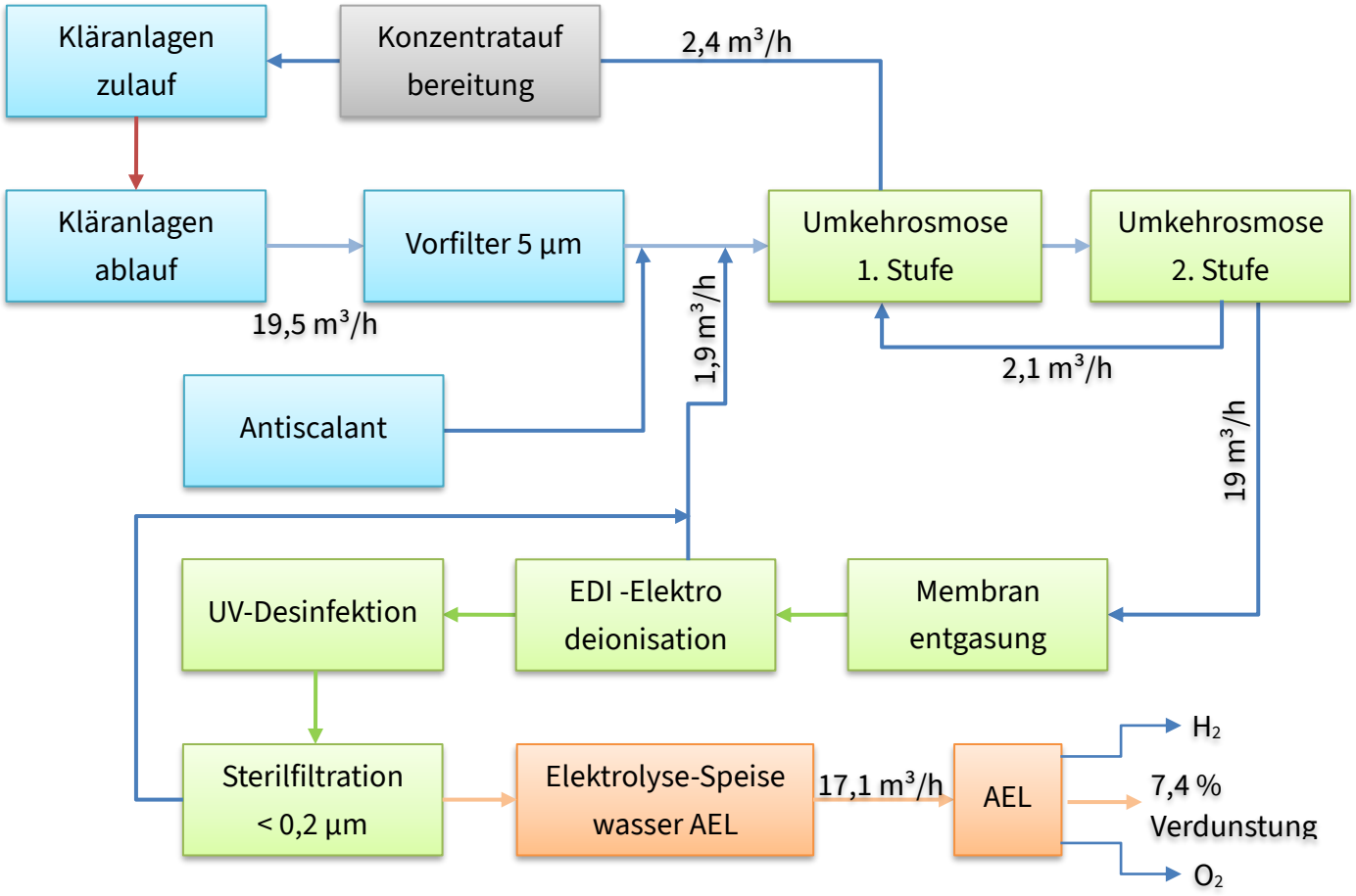


Abbildung 46: Verfahrensschema Aufbereitung Elektrolyse-Speisewasser

11.2.3 Konzentrataufbereitung

Im Zuge der membranbasierten Aufbereitung von Klarwasser (z. B. Ultrafiltration, Nanofiltration oder Umkehrosmose in Multibarrieresystemen) fallen geringe Teilströme an Konzentraten an. Diese sind durch erhöhte Gehalte an organischen Spurenstoffen, gelösten Salzen sowie einen überwiegend biologisch schwer abbaubaren CSB gekennzeichnet. Der mengenmäßige Anteil am Gesamtzulauf der Kläranlage liegt typischerweise unter 1 - 2 %, wodurch die zusätzlichen Stofffrachten im Verhältnis zur Gesamtfracht gering bleiben.

Zur Behandlung dieser Konzentrate stehen grundsätzlich verschiedene Verfahren zur Verfügung. Technisch wirksame Verfahren zur Spurenstoffminderung, insbesondere die Ozonung, entsprechen dem Stand der Technik und ermöglichen eine gezielte Reduktion organischer Mikroverunreinigungen. Aufgrund der geringen Konzentratmengen sind diese Verfahren jedoch mit unverhältnismäßig hohen Investitions- und Betriebskosten verbunden, insbesondere bei kleineren Anlagen. Biologische Verfahren sind aufgrund der überwiegend schwer abbaubaren organischen Inhaltsstoffe nicht geeignet und scheiden als eigenständige Behandlungsoption aus.

Vor diesem Hintergrund wird als Vorzugsvariante eine gezielt gesteuerte Rückführung der Konzentrate in den bestehenden Kläranlagenprozess vorgesehen. Aufgrund des geringen Mengenanteils und der im Vergleich zur Gesamtfracht niedrigen Zusatzbelastung kann die Rückführung so erfolgen, dass keine nachteiligen Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb oder die Ablaufqualität zu erwarten sind. Voraussetzung hierfür ist die Einhaltung definierter betrieblicher Randbedingungen, insbesondere hinsichtlich Volumenstrom, zeitlicher Steuerung und geeignetem Einleitpunkt. Unter diesen Bedingungen verbleiben die zusätzlichen Stofffrachten innerhalb der natürlichen Schwankungsbreite des Zulaufs.

Ergänzend wird die Ozonung als optionale Maßnahme für Sonder- oder Belastungssituationen vorgesehen. Dies betrifft insbesondere Fälle mit erhöhter Sensibilität des Vorfluters, niedrigen Abflüssen oder spezifischen behördlichen Anforderungen. Eine bedarfsorientierte, zeitlich begrenzte oder intermittierende Anwendung ermöglicht eine weitergehende Spurenstoffminderung, ohne dauerhaft hohe Fixkosten zu verursachen.

Genehmigungsseitig ist die Rückführung als anlageninterne Betriebsweise zu bewerten, sofern nachgewiesen wird, dass keine nachteiligen Auswirkungen auf den Gewässerzustand auftreten. Maßgeblich ist die Einhaltung der Anforderungen des Wasserhaushaltsgesetzes, der Abwasserverordnung sowie der bestehenden wasserrechtlichen Erlaubnis. Durch die Kombination aus begrenzter Rückführung und optionaler weitergehender Behandlung wird dem Vorsorge- und Verhältnismäßigkeitsprinzip in geeigneter Weise Rechnung getragen.

11.3 Flächenbedarf

Für die Bewertung der Umsetzbarkeit der Wasserwiederverwendung wurden neben den wirtschaftlichen Aspekten auch die Flächenanforderungen der Aufbereitungsverfahren und der erforderlichen Speicherbehälter untersucht. Die Angaben in Tabelle 50 basieren auf einschlägigen Regelwerken, behördlichen Fachberichten sowie zusammengefassten Hersteller- und Praxiserfahrungen. Der spezifische Flächenbedarf der Aufbereitung wird auf den maximalen Tagesdurchsatz bezogen angegeben.

Tabelle 50: Spezifischer Flächenbedarf von Einzel-/Kombiverfahren und Speichern

Verfahren / Bauwerk	Spezifischer Flächenbedarf	Einheit	Einordnung
Sandfiltration (SF)	0.05	$m^2/(m^3/d)$	platzintensiv
Mikrofiltration (MF)	0.03	$m^2/(m^3/d)$	kompakt
Ultrafiltration (UF)	0.02	$m^2/(m^3/d)$	sehr kompakt
Keramische UF (CUO)	0.025	$m^2/(m^3/d)$	robust, etwas größer
Granulierte Aktivkohle (GAK)	0.1	$m^2/(m^3/d)$	hoher Platzbedarf
Umkehrosmose (UO)	0.015	$m^2/(m^3/d)$	sehr kompakt
UV-Desinfektion (hyg.)	0.003	$m^2/(m^3/d)$	vernachlässigbar
Chlordioxid-Desinfektion	0.001	$m^2/(m^3/d)$	Technikschrank
Klarwasserspeicher (erdüberdeckt)	0.5	m^2/m^3 Speicher	dominanter Flächenbedarf
MF+GAK+ $UV_{(hyg.)}$	0,133	$m^2/(m^3/d)$	hoher Platzbedarf
SF + $UV_{(hyg.)}$ + UF	0,073	$m^2/(m^3/d)$	hoher Platzbedarf
SF + GAK + $UV_{(hyg.)}$ + UF	0,173	$m^2/(m^3/d)$	Sehr hoher Platzbedarf
SF + UO + $UV_{(hyg.)}$	0,068	$m^2/(m^3/d)$	hoher Platzbedarf
MF + UO + $UV_{(hyg.)}$	0,048	$m^2/(m^3/d)$	platzintensiv

Er beschreibt die reine Anlagenfläche einschließlich Bedien- und Wartungsflächen, jedoch ohne Gebäudehülle. Speicherbehälter werden über ihre erforderliche Grundfläche bewertet.

Die Ergebnisse zeigen, dass membranbasierte Verfahren wie Mikrofiltration, Ultrafiltration und Umkehrosmose sehr kompakt ausgeführt werden können. Der Gesamtflächenbedarf einer Wasserwiederverwendungsanlage wird daher in der Regel nicht durch die Aufbereitung, sondern durch die erforderlichen Speicherbehälter bestimmt.

11.4 Energiebedarf

Die Tabelle 51 gibt eine überschlägige Gegenüberstellung der betrachteten Einzel- und Kombiverfahren hinsichtlich ihres spezifischen Energieverbrauchs wieder. Die angegebenen Ansatzwerte beziehen sich auf einen typischen Anlagenbetrieb und berücksichtigen die maßgeblichen elektrischen Hauptverbraucher, insbesondere Förderpumpen, Filtrations- bzw. Transmembrandruckerzeugung sowie Rückspül- und Reinigungsprozesse. Die Darstellung dient der energetischen Einordnung auf einer frühen Planungs- und Vergleichsebene, ohne eine detaillierte verfahrensspezifische Auslegung vorwegzunehmen.

Die angesetzten spezifischen Energieverbräuche für Mikrofiltration und keramische Ultrafiltration orientieren sich an allgemein verfügbaren Angaben aus der Fachliteratur zur Membranwasseraufbereitung. Grundlage bilden veröffentlichte Erfahrungswerte aus Praxisanlagen, technische Herstellerangaben sowie Auswertungen von Energieverbräuchen vergleichbarer kommunaler und industrieller

Anwendungen. In der Literatur werden für MF und UF üblicherweise Energieverbräuche im unteren Zehntel-kWh-Bereich pro Kubikmeter behandelt, wobei die Bandbreiten maßgeblich durch Anlagengröße, Betriebsweise und Rohwasserqualität beeinflusst werden.

Tabelle 51: Spezifischer Energieverbrauch für Aufbereitungsverfahren

Verfahren	Typischer Bereich [kWh/m³]	Empfohlener Ansatz	Hauptverbraucher
Sandfiltration (SF)	0,03 – 0,08	**0,05**	Rückspülpumpen
Ultrafiltration (UF)	0,12 – 0,30	**0,18**	Filtrationsdruck, Rückspülung
PAK (Dosierung + Abtrennung)	0,02 – 0,06	**0,04**	Rührwerke, Abtrennung
GAK (Festbett / Kontaktfilter)	0,05 – 0,15	**0,10**	Durchströmung, Rückspülung
Ozonung	0,35 – 0,60	**0,45**	Ozonerzeugung
UV-Desinfektion	0,02 – 0,06	**0,04**	UV-Strahler
Umkehrosmose (UO / RO)	0,8 – 1,8	**1,2**	Hochdruckpumpen
MF (Mikrofiltration)	0,05 – 0,20	**0,1**	Filtrationsdruck, Rückspülung
keramische UF (CUO)	**0,15 – 0,40**	**0,25**	Filtrationsdruck, Rückspülung

11.5 Vorschlag für ein Löschwasserkonzept

Im Landkreis Görlitz nehmen Trockenphasen zu, während gleichzeitig der Druck auf die vorhandenen Wasserressourcen wächst. Besonders die Trinkwasserversorgung steht immer häufiger im Spannungsfeld zwischen Versorgungssicherheit, Klimawandel und steigenden Anforderungen durch neue Industrie- und Gewerbeansiedlungen. Parallel dazu steigen bei größeren Betrieben die Anforderungen an die Löschwasserversorgung – oft mit sehr hohen Volumenströmen über kurze Zeiträume. Diese Mengen ausschließlich aus dem Trinkwassernetz bereitzustellen, ist langfristig weder wirtschaftlich noch nachhaltig.

Vor diesem Hintergrund bietet sich der Einsatz von aufbereitetem Klarwasser aus kommunalen Kläranlagen als praxisnahe und robuste Alternative für die Löschwasserversorgung an, wenn:

- Wasserknappheit oder Nutzungskonflikte absehbar sind,
- große Löschwassermengen kurzfristig bereitgestellt werden müssen,
- neue Industrie- oder Gewerbeflächen entwickelt werden,
- Kläranlagen mit stabil verfügbaren Klarwassermengen vorhanden sind.

Besondere Vorteile bieten sich mit der Nutzung von aufbereitetem Klarwasser für Industrie- und Gewerbeansiedlungen. Hier ergeben sich durch die Nutzung von Klarwasser als Löschwasser mehrere Vorteile:

- hohe Versorgungssicherheit unabhängig vom Trinkwassernetz,
- geringerer Ausbaubedarf der Trinkwasserinfrastruktur,
- bessere Plan- und Genehmigungsfähigkeit,
- positiver Beitrag zu Umwelt-, Klima- und ESG-Zielen.

Nachfolgender Konzeptvorschlag kann als Vorlage für neue oder erweiterte Industrieansiedlungen dienen:

1. Bedarfsermittlung:

- Ermittlung des erforderlichen Löschwasserbedarfs (m^3/h, Dauer)
- Abstimmung mit Feuerwehr und Brandschutzbehörde

2. Wasserquelle:

- Nutzung von aufbereitetem Klarwasser aus kommunaler Kläranlage
- Nachweis der ganzjährigen Verfügbarkeit

3. Aufbereitung:

- Mechanische Filtration (SF oder UF)
- Optional: UV-Desinfektion (hygienisch)
- Optional: Verhinderung der Neuverkeimung von Rohrleitungen und Löschwasserzisternen mit ClO_2

4. Speicherung:

- Separater Löschwasserspeicher (z. B. 1.000–3.000 m^3)
- Auslegung gemäß Feuerwehrbedarfsplanung

5. Verteilung:

- Getrenntes Löschwassernetz
- Löschwasserhydranten / Saugstellen auf dem Betriebsgelände

6. Betrieb und Wartung:

- Regelmäßige Kontrolle der Speicher und Leitungen
- Dokumentation der Betriebsbereitschaft

11.6 Machbarkeitsbewertung aus technischer Sicht

Auf Basis der zuvor dargestellten Rahmenbedingungen, Variantenbetrachtungen und Kostenschätzungen erfolgt nachfolgend die zusammenfassende technische Machbarkeitsbewertung. Die bisherigen Analysen werden integrativ zusammengeführt und hinsichtlich Umsetzbarkeit, Systemauslegung und wirtschaftlicher Tragfähigkeit bewertet. Ziel ist eine abschließende Einordnung der technischen Realisierbarkeit der Wasserwiederverwendung im Landkreis Görlitz.

11.6.1 Technisches Konzept und Verfahrensrobustheit

Die betrachteten Aufbereitungslinien basieren auf Mehrbarrierensystemen mit mechanischer Vorfiltration, weitergehender Filtration (z. B. Tuch- oder Scheibenfilter), Aktivkohleadsorption sowie – je nach Nutzung – Membranverfahren (UF/RO). Optional kann eine weitergehende Oxidationsstufe zur Erhöhung der Spurenstoffsicherheit integriert werden.

Die gewählten Kombinationen entsprechen dem Stand der Technik gemäß einschlägiger wasserwirtschaftlicher Praxis. Die Systemauslegung ist modular konzipiert, wodurch eine Anpassung an unterschiedliche Qualitätsanforderungen und Ausbaugrößen möglich ist. Kritische Betriebspunkte (z. B. Membranbelastung, Konzentratführung, Druckverluste) sind technisch beherrschbar und genehmigungsrechtlich grundsätzlich lösbar.

Die dezentrale Umsetzung an bestehenden Kläranlagenstandorten reduziert hydraulische und logistische Komplexität. Gleichzeitig wird die Resilienz gegenüber Teilausfällen erhöht, da keine singuläre Systemabhängigkeit entsteht.

11.6.2 Speicher- und Hydraulikkonzept

Zur Vergleichmäßigung von Abflussspitzen, zur Abbildung von Tagesganglinien sowie zur bedarfsgerechten Bereitstellung ist eine Zwischenspeicherung erforderlich. Die Auslegung der Speicher erfolgt volumetrisch unter Berücksichtigung hydraulischer Schwankungen sowie saisonaler Nachfrage. Die spezifischen Investitionskosten für Speicherbauwerke variieren je nach Bauart erheblich (Erdbecken, offene oder geschlossene Stahlbetonbehälter). Für geschlossene Betonbehälter liegen typische Bandbreiten bei 300–600 €/m^3 (Brauchwasser), während offene Bauweisen deutlich darunter liegen können. Baugrundrisiken können Mehrkosten von 10 – 40 % verursachen.

11.6.3 Wirtschaftliche Bewertung und Systemeinordnung

Die ermittelten spezifischen Aufbereitungskosten bewegen sich – je nach Qualitätsanforderung – im Bereich von ca. 0,20 bis 0,80 €/m^3. Hochaufbereitete Anwendungen (z. B. RO für Elektrolysewasser) liegen darüber, bleiben jedoch im Verhältnis zu den Gesamtprozesskosten der jeweiligen Nutzung untergeordnet.

Im Vergleich dazu liegen Trinkwasserpreise typischerweise bei 1,50–2,00 €/m³, zuzüglich Abwassergebühren von häufig 2,50 bis 4,00 €/m³. Der substituierbare Kostenblock beträgt somit regelmäßig 4,00 bis 6,00 €/m³. Die Wasserwiederverwendung kann daher – insbesondere bei industrieller Nutzung – wirtschaftlich konkurrenzfähig ausgestaltet werden.

Ein zusätzlicher wirtschaftlicher Hebel ergibt sich aus der Reduktion der Einleitmengen. Einsparungen bei der Abwasserabgabe wirken wie ein dauerhafter Refinanzierungsbeitrag und verbessern die Investitionsattraktivität.

11.6.4 Vollkosten und Lebenszyklusbetrachtung

Neben den Investitionskosten sind Energiebedarf, Personalaufwand, Laboranalytik, Verbrauchsmittel sowie Ersatz- und Verschleißteile zu berücksichtigen. Bei Membranverfahren ist ein turnusmäßiger Membranersatz einzuplanen. Dieser stellt einen planbaren Kostenbestandteil dar, beeinflusst jedoch die Gesamtkostenstruktur nicht dominierend. Für eine nachfolgende Planungsstufe empfiehlt sich eine detaillierte Lebenszykluskostenanalyse mit Sensitivitätsbetrachtungen zu Energiepreisen, Auslastungsgrad, Ersatzintervallen und Finanzierungsmodellen.

11.6.5 Preisstrategie und Marktintegration

Eine kostenorientierte Preisbildung erscheint strategisch weniger sinnvoll als eine nutzenorientierte Preisstrategie. Ein Preisniveau von 60 - 75 % des substituierten Trink- und Abwasserkostenblocks ermöglicht Anwendern einen wirtschaftlichen Vorteil, während gleichzeitig eine stabile Refinanzierung gewährleistet bleibt.

Langfristige Lieferverträge mit industriellen Großabnehmern erhöhen Planungssicherheit und reduzieren Absatzrisiken.

11.6.6 Abschließende Machbarkeitsbeurteilung

Aus technischer Sicht ist die Wasserwiederverwendung umsetzbar und auf Basis etablierter Verfahren realisierbar. Systemische Risiken erscheinen beherrschbar, sofern Auslegung, Baugrund und Betriebsführung fachgerecht geplant werden.

Aus wirtschaftlicher Sicht ist insbesondere die dezentrale Variante tragfähig. Die Kombination aus wettbewerbsfähigen spezifischen Kosten, Substitutionspotenzial gegenüber Trinkwasser und Abwassergebühren sowie möglichen Einsparungen bei der Abwasserabgabe spricht für eine Weiterverfolgung des Projekts.

Eine vertiefte Vorplanung sollte insbesondere hydraulische Detailnachweise, Baugrunduntersuchungen, Genehmigungsfragen sowie eine präzisierte Lebenszykluskostenanalyse umfassen.

12 Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsbewertung

Aufbauend auf dem in Kapitel 11 entwickelten technischen Konzept werden im folgenden Kapitel die zu erwartenden Investitions- und Betriebskosten abgeschätzt und einer wirtschaftlichen Bewertung unterzogen. Ziel ist es, die nutzungsklassenspezifischen Kostenstrukturen transparent darzustellen, Varianten miteinander zu vergleichen und die wirtschaftliche Tragfähigkeit der Wasserwiederverwendung unter den definierten Randbedingungen zu beurteilen. Grundlage bilden überschlägige Kostenschätzungen, baubezogene Ansätze sowie Lebenszyklusbetrachtungen.

12.1 Nutzungsklassenbezogene Kostenschätzungen

12.1.1 Nutzungsklassen Landwirtschaft, industrielles Brauchwasser und Löschwasser

Die Investitionskosten der betrachteten Einzelverfahren und Verfahrenskombinationen wurden mittels einer skalierbaren Potenzfunktion der Form $CAPEX = a \cdot Q^b$ abgeschätzt. Die Parameter a und b wurden aus veröffentlichten Kostenkennlinien, Diagrammen und Richtwerten der DWA, des LANUV Nordrhein-Westfalen sowie internationaler Übersichtsarbeiten abgeleitet und für die vorliegende Machbarkeitsstudie auf konservative Mittelwerte festgelegt (Tabelle 52). Die für die Kostenberechnungen verwendeten Quellen sind in Anhang B 13 dokumentiert.

Die ermittelten Investitionskosten beinhalten die verfahrenstechnische Ausrüstung, Rohrleitungen innerhalb der Anlage, Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Elektrotechnik, Schaltschränke, Montage der Verfahrenstechnik und Inbetriebnahme. Maßgebliche Bezugsgröße der Kostenfunktionen ist der Auslegungsdurchfluss Q, da dieser die Dimensionierung der verfahrenstechnischen Hauptkomponenten (Filterflächen, Membranmodule, Pumpenleistung, Reaktorvolumina) bestimmt. Entsprechend beziehen sich die verwendeten Kostenfunktionen auf einen stündlichen Durchsatz Q_h [m^3/h].

Tabelle 52: Parameter für Potenzfunktion, Bandbreite der Skalierungsparameter und Quellen

Verfahren	a_{min}	a_{ref}	a_{max}	b_{min}	b_{ref}	b_{max}	Quelle
Sandfiltration	15.000	18.000	25.000	0,60	0,68	0,75	DWA-A 131, DWA-M 210, Praxis Kläranlagen; LANUV NRW
Ultrafiltration	35.000	50.000	70.000	0,55	0,6	0,7	DWA-M 204, DWA-M 269, Praxis 4. Reinigungsstufe
GAK (Festbett)	20.000	30.000	45.000	0,60	0,65	0,75	DWA-M 272, DWA-M 380, Spurenstoffentfernung
PAK (Dosierung und Abtrennung)	8.000		15.000	0,65	0,70	0,75	LANUV NRW
Ozon	60.000	90.000	120.000	0,50	0,55	0,65	DWA-M 209; LANUV NRW
UV (hyg.)	5.000	12.500	15.000	0,75	0,83	0,9	DVGW W 294, DWA-M 205
UO	80.000	120.000	150.000	0,45	0,55	0,65	DWA-M 204, DWA-M 272 (indirekt), WHO, internationale Reviews
MF	8.000	13.000	18.000	0,6	0,65	0,7	DWA-M 204, DWA-M 272 (technische Einordnung)
ClO_2	3.000	6.500	1.0000	0,7	0,73	0,85	DWA-M 202, DWA-M 205

Die Wirtschaftlichkeit der Wasserwiederverwendung aus Klarwasser wurde anhand der spezifischen Gesamtkosten [€/m³] abgeleitet. Diese wurden als Vollkosten (CAPEX + OPEX) je behandeltem Kubikmeter Wasser ermittelt. Die Investitionskosten der jeweiligen Aufbereitungs- und Infrastrukturelemente wurden mittels Annuitätenmethode unter Ansatz nutzungsklassenspezifischer Nutzungsdauern und Zinssätze in jährliche Kosten (CAPEX) überführt. Die laufenden Betriebskosten (OPEX) umfassen insbesondere Energie-, Chemikalien-, Wartungs-, Personal- sowie Entsorgungskosten.

Die Division der jährlichen Gesamtkosten durch die jährlich behandelte Wassermenge ergibt die spezifischen Gesamtkosten [€/m³]. Zur Abbildung von Unsicherheiten werden Bandbreiten-Szenarien (min / ref / max) mit variierenden Annahmen zu Investitionskosten, Energiepreisen, Auslastung und Zinssätzen gebildet. Die verwendeten Formeln sind in Anhang B 12 dargestellt. Neben einem Referenzszenario wurden ein konservatives und ein optimistisches Szenario auf Grundlage der Skalierungsparameter a, b (siehe Tabelle 52) sowie OPEX-Kennwerte berechnet. Insbesondere bei membranbasierten Verfahren zeigt sich ein erhöhter OPEX-Anteil infolge des Energie- und Membranbedarfs

In Abbildung 47 sind die Bandbreiten der Investitionskosten für die fünf betrachteten Aufbereitungsverfahren für eine beispielhaft gewählte Anlagenkapazität von jeweils 3500 m³/d dargestellt. Abbildung 48 zeigt ein Diagramm zur Investitionskosten-Skalierung. Beide Diagramme ergänzen sich in ihrer Aussage und ermöglichen gemeinsam eine fundierte wirtschaftliche Bewertung der betrachteten Verfahrenskombinationen. Während das erste Diagramm die Investitionsbandbreiten (Minimum, Referenz, Maximum) der einzelnen Varianten gegenüberstellt und damit insbesondere Aussagen zur absoluten

Investitionshöhe sowie zur Kostenunsicherheit zulässt, verdeutlicht das zweite Diagramm die systematische Abhängigkeit der Investitionskosten vom Durchsatz über mehrere Größenordnungen hinweg.

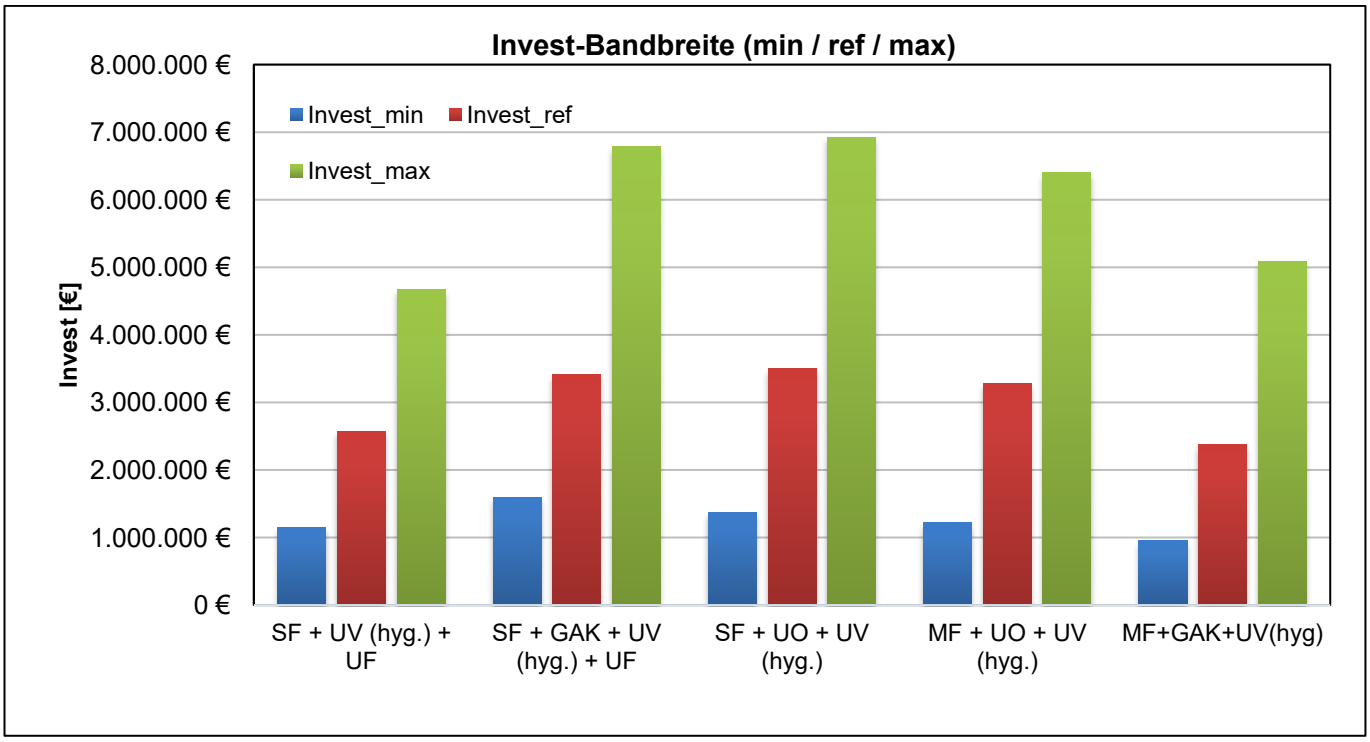


Abbildung 47: Bandbreite der Investitionskosten für die Kombiverfahren (je 3500 m³/d)

Das Bandbreitendiagramm (Abbildung 47) zeigt anhand der beispielhaft gewählten Anlagenkapazität, dass Verfahrenskombinationen mit zusätzlichen Aufbereitungs- und Hygienestufen – insbesondere GAK- und UF-haltige Varianten – mit deutlich höheren Investitionskosten verbunden sind und zugleich eine größere Kostenstreuung aufweisen. Dies weist auf ein erhöhtes Planungs- und Standortrisiko hin, das maßgeblich durch bauliche Anforderungen, Redundanzen und betriebstechnische Zusatzkomponenten beeinflusst wird. Demgegenüber zeichnen sich mechanisch einfachere Verfahrenskombinationen, insbesondere MF-basierte Varianten mit UV-Desinfektion, durch geringere absolute Investitionskosten und eine höhere Kostensicherheit aus.

Das Diagramm in Abbildung 48 ergänzt diese Betrachtung, indem es zeigt, dass alle untersuchten Varianten einer vergleichbaren Skalierungslogik folgen. Die nahezu linearen Verläufe im doppelt logarithmischen Maßstab bestätigen, dass sich die Investitionskosten über eine Potenzfunktion mit ähnlichen Skalierungsexponenten beschreiben lassen. Gleichzeitig wird deutlich, dass die im Bandbreitendiagramm identifizierte Rangfolge der Varianten über den gesamten betrachteten Durchsatzbereich hinweg stabil bleibt. Die Unterschiede zwischen den Verfahrenskombinationen sind somit strukturell bedingt und nicht primär eine Folge der Anlagengröße. Die im Bandbreitendiagramm dargestellten Minimal-, Referenz- und Maximalwerte spiegeln die in der frühen Planungsphase übliche Kostenunsicher-

heit wider. Entsprechend ist für die dargestellten Investitionskosten von einer Planungsgenauigkeit im Bereich einer Machbarkeits- bzw. Vorplanung auszugehen (typisch ±30 %).

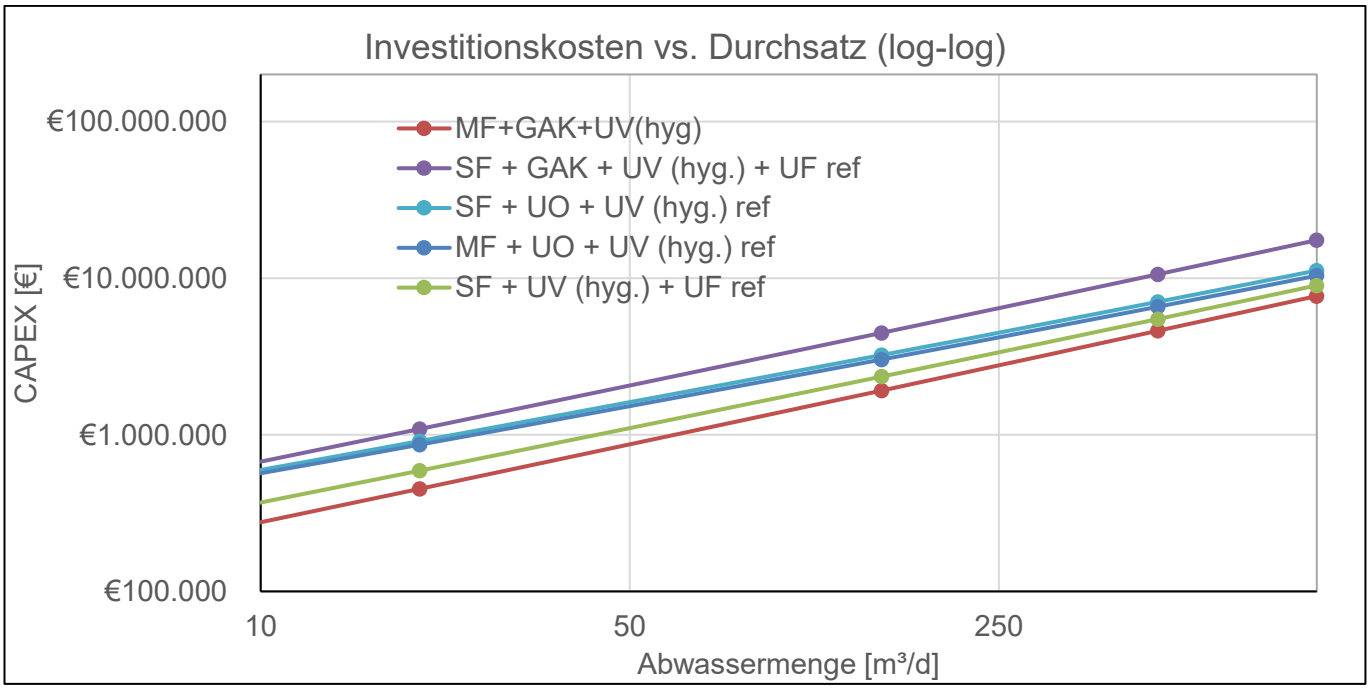


Abbildung 48: Investitionskosten-Skalierung für die Kombiverfahren in Abhängigkeit vom Durchsatz (CAPEX)

Die in Abbildung 49 dargestellten spezifischen Kosten sind konsistent zu den zuvor gezeigten Investitionskostendiagrammen und bilden deren Skalierungslogik in normierter Form ab. Die Rangfolge der Verfahrenskombinationen bleibt über alle betrachteten Durchsatzstufen erhalten und bestätigt die identifizierten verfahrensbedingten Kostentreiber.

Der systematische Rückgang der spezifischen Kosten mit zunehmendem Durchsatz entspricht den im Skalierungsdiagramm dargestellten Potenzfunktionen. Damit stellen die spezifischen Kosten eine belastbare Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsbewertung dar, während die Diagramme die Herleitung und Plausibilität der Kostenansätze transparent machen.

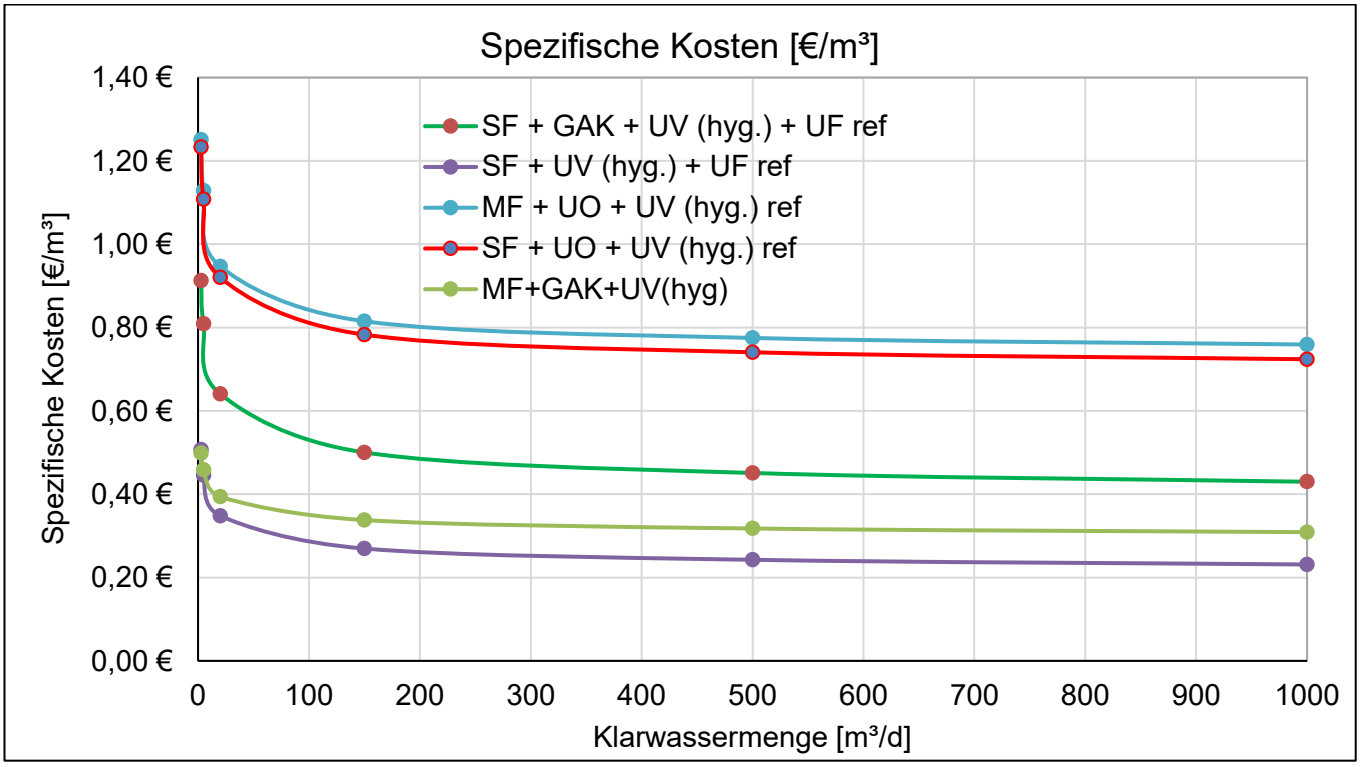


Abbildung 49: Spezifische Kosten für die Kombiverfahren in Abhängigkeit von der Klarwassermenge Durchsatz (OPEX)

Die Auswertung zeigt, dass die wirtschaftlich und technisch sinnvolle Verfahrenswahl stark vom Nutzungsszenario abhängt. Während für Löschwasser einfache mechanische Filtration mit UV-Desinfektion ausreichend ist, stellt für Anwendungen der Güteklasse C die Kombination aus Sandfiltration, Ultrafiltration und UV die Vorzugsvariante dar. Für industrielles Brauchwasser mit erhöhten Qualitätsanforderungen ist der Einsatz einer Umkehrosmose technisch erforderlich, auch wenn dies mit höheren Investitions- und Betriebskosten verbunden ist.

Abbildung 50 stellt die spezifischen Jahreskosten ausgewählter Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit von der Anlagengröße dar. Grundlage bilden zwei Referenzfälle mit Volumenströmen von 255 m³/h und 20 m³/h (entsprechend den Klarwassermengen der ZKA Görlitz-Nord und ZKA Rothenburg/O.L.). Die Darstellung ermöglicht eine Einordnung des wirtschaftlichen Aufwands in Relation zur verfahrenstechnisch erreichbaren Produktwasserqualität.

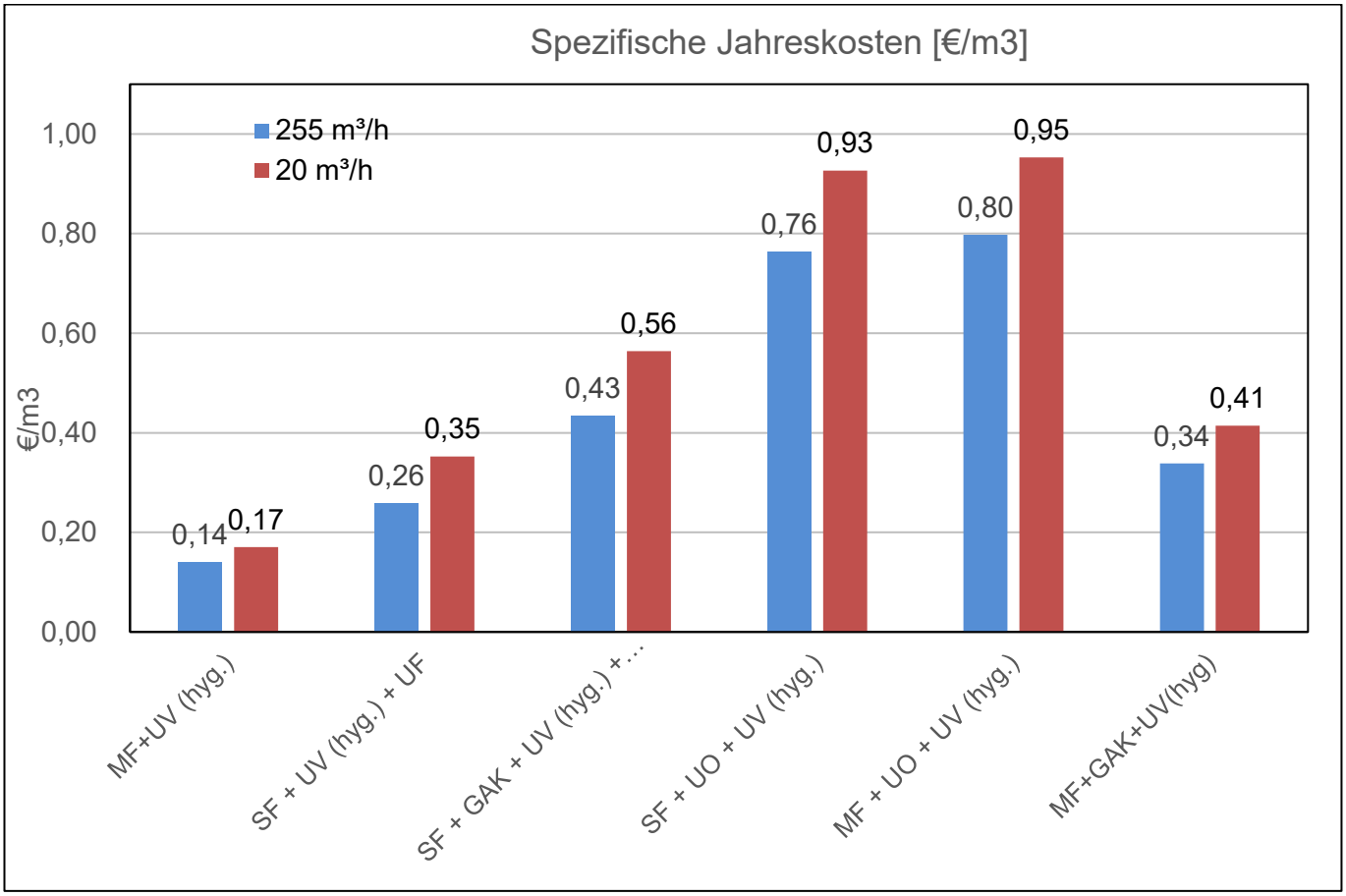


Abbildung 50: Vergleich der spezifischen Jahreskosten

12.1.2 Aufbereitung von Klarwasser zu Elektrolysewasser

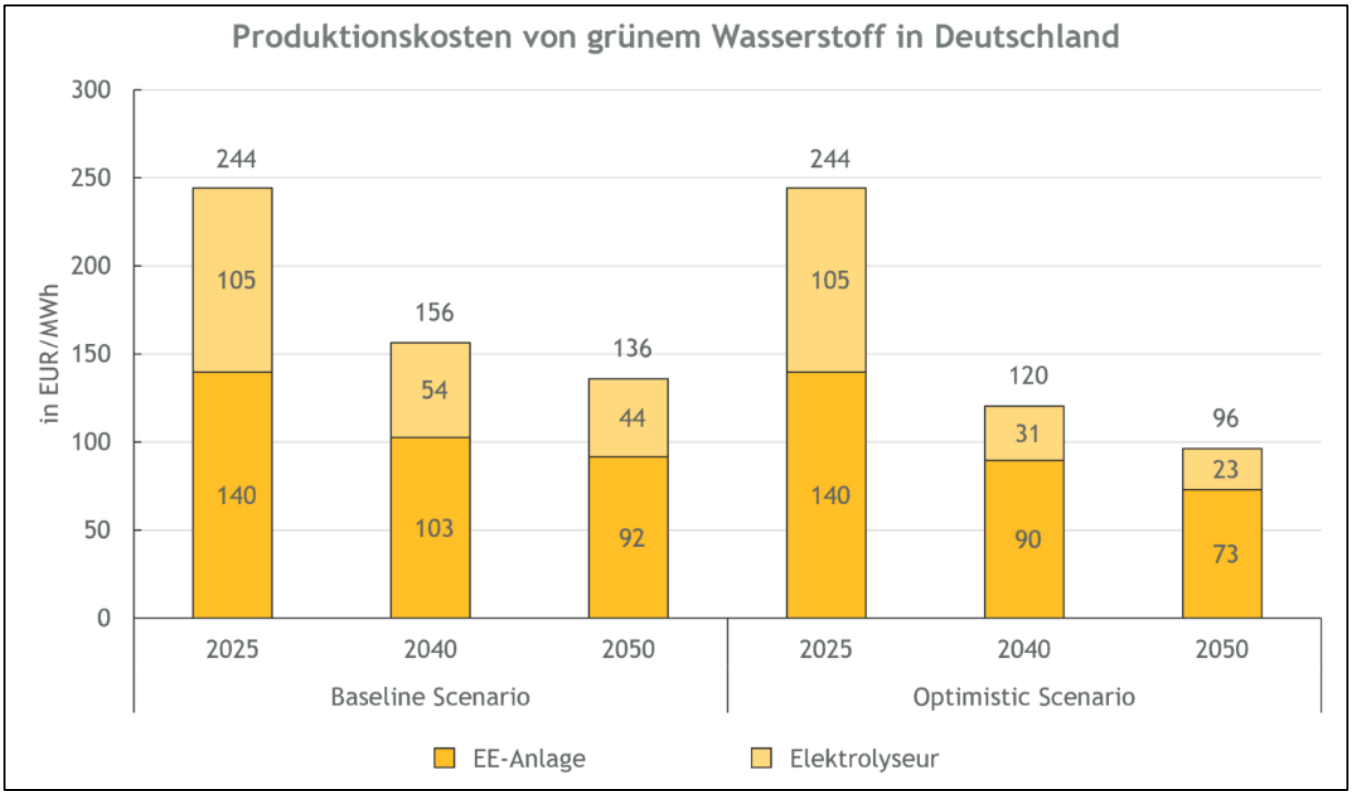
Die Kostenstudie des Fraunhofer-Institutes für Solare gibt einen Überblick zur Kostensituation bei Elektrolysesystemen. Die Kostenanalyse wird mit Hilfe eines Bottom-up-Kostenmodells durchgeführt, das vom Fraunhofer ISE entwickelt wurde und bereits in anderen Studien angewendet wurde.

12.1.2.1 Investitionskosten

Wie in (Holst, Aschbrenner, Smolinka, Voglstätter, & Grimm, 2021) beschrieben, beträgt der Kostenanteil des Wasseraufbereitungssystems an den Gesamtkosten von großtechnischen Elektrolysesystemen in der Regel 1 - 2 % mit abnehmender Tendenz bei höheren Systemkapazitäten. Da zur Aufbereitung gereinigten kommunalen Abwassers für die Wiederverwendung zur Wasserstofferzeugung keine Kostenfunktionen ermittelt werden konnten, wurde dieser Wert sowohl für die Schätzung der Investitions- als auch der Betriebskosten verwendet. Dabei wurden für die Berechnung der Investitionskosten für die Wasserstoffelektrolyse ein Faktor von 450,00 €/kW DC (EWI, 2025) zugrunde gelegt. Die in Tabelle 53 abgebildeten Kosten beziehen sich auf die Gesamtinvestition für die Elektrolyse inklusive der Wasseraufbereitung.

12.1.2.2 Betriebskosten

Die Wasserstoffproduktionskosten umfassen nicht nur die Energie für die eigentliche Wasserspaltung. Zusätzliche Energie wird für Nebenkomponenten wie Pumpen, Verdichter und Steuerungssysteme benötigt. Laut Berechnungen des Energiewirtschaftlichen Instituts (EWI) liegen die aktuellen Systemkosten für die Produktion von grünem Wasserstoff bei ca. 105 €/MWh (EWI, 2025).



Quelle: (EWI, 2025)

Abbildung 51: spezifische Produktionskosten bei der Wasserstofferzeugung

Löst man die Wasseraufbereitung aus dem Gesamtsystem heraus, stellen sich inklusive der Ausgaben für Energie, Personal und Chemikalien Aufbereitungskosten in Höhe von 4,31 € dar (Tabelle 54).

Tabelle 53: Kostenschätzung Wasserstoffelektrolyse

Kostenschätzung Elektrolyse-anlage	1. Ausbaustufe	2. Ausbaustufe
Elektrolyse Gesamt-Systempreis	1.200,00 €/kWh	1.200,00 €/kWh
Installierte elektrische Leistung	100.000 kW	1.000.000 kW
Wasserstoffproduktion	14.186 t/a	141.862 t/a
Sauerstoffproduktion	112.591 t/a	1.125.910 t/a
Brennwert des Wasserstoffes	558 GWh/a	5,6 TWh/a
Nutzbare Abwärme	1,5 %	1,5 %
Systempreis Elektrolyse	120.000.000 €	1.200.000.000 €
Betriebskosten spezifisch	105,00 €/MW (H_2)	105,00 €/MW (H_2)
Jährliche Produktionskosten (2025)	58.592.402 €/a	585.924.000 €/a

Tabelle 54: Kosten für die Herstellung des Elektrolysewassers

Kostenschätzung Wasseraufbereitung	1. Ausbaustufe	2. Ausbaustufe
Reinstwasserstufe, Investitionskosten	1.800.000 €	18.000.000,00 €
Jahreswassermenge, Rohwasser m^3	170.820 m^3/a	1.708.200 m^3/a
Jahreswassermenge, Reinstwasser m^3	150.000 m^3/a	1.500.000 m^3/a
Jahresmenge, Konzentrat	23.650 m^3/a	236.500 m^3/a
Betriebskosten Reinstwasserherstellung	585.924 €/a	5.859.240 €/a
Jahreskosten Reinstwasserherstellung	645.924 €	6.45.924 €
Spezifische Reinstwasserkosten	4,31 €/m^3	4,31 €/m^3

12.2 Baubezogene Kostenansätze

12.2.1 Baukosten

Tabelle 55 zeigt die den jeweiligen Verfahrenskombinationen zuzuordnenden Baukostenanteile. Diese Baukosten sind in der Kostenplanung zusätzlich zu den verfahrenstechnischen Investitionskosten zu berücksichtigen. Die angegebenen Anteile stellen pauschale Zuschläge auf die Investitionen der mechanisch-elektrotechnischen Ausrüstung dar und bilden die für die jeweilige Verfahrenstiefe typischen Anforderungen an Hoch- und Tiefbau ab. Die Baukostenanteile beruhen auf Erfahrungswerten aus vergleichbaren wasser- und abwassertechnischen Anlagen und berücksichtigen insbesondere den Flächen- und Raumbedarf der einzelnen Verfahrensstufen, den Umfang erforderlicher Bauwerke (z. B. Filterkörper, Einhausungen, Fundamente), den baulichen Aufwand für Medienführung und Rückspültechnik sowie die Integrationsmöglichkeiten in bestehende Anlagenstrukturen. Unterschiede zwischen den Verfahrenskombinationen ergeben sich dabei vor allem aus großvolumigen Stufen wie Sandfiltration und GAK sowie aus zusätzlichen Anforderungen an Redundanz und Betriebssicherheit. Die Baukostenanteile dienen der überschlägigen Kostenermittlung im Rahmen der Machbarkeits- und Vorplanung. Standort- und projektspezifische Besonderheiten können im weiteren Planungsverlauf zu Abweichungen führen und sind in der Entwurfs- und Genehmigungsplanung gesondert zu konkretisieren.

Tabelle 55: Baukostenanteile nach Verfahrenskombination

Verfahrenskombination	Typische Anwendung	Baukostenanteil am Gesamt-INVEST	Einordnung
MF + UV	Löschwasserherstellung	20 – 30 %	sehr kompakt, kaum Becken
SF + UV + UF	Güteklasse C	30 – 40 %	Filter + Membran, mittlerer Bauaufwand
SF + GAK + UV (hyg) + UF	erhöhte Hygiene / Spurenstoffe	35 – 45 %	GAK + UF bauintensiv
SF + UO + UV (hyg)	industrielles Brauchwasser	25 – 35 %	UO techniklastig
MF + UO + UV (hyg)	industrielles Brauchwasser	20 – 30 %	kompakte Linie

12.2.2 Löschwasserwasserzisternen

Um aufzuzeigen, welche Kosten mit dem Bau neuer Zisternen zur Bereitstellung von Löschwasser verbunden sein können, wurde eine Kostenschätzung für Zisternen verschiedener Größen erstellt (siehe Tabelle 56).

Tabelle 56: Abschätzung der Baukosten für Löschwasserzisternen

Nutzvolumen m^3	ca. €/m^3	Baukosten min.	Baukosten max.
100	480-750	48.000 €	75.000 €
300	320-550	96.000 €	165.000 €
500	280-420	140.000 €	210.000 €
1000	180-310	180.000 €	310.000 €
5000	140-230	700.000 €	1.150.000 €

Die dargestellten Kostenansätze für abgedeckte bzw. erdeingebaute Löschwasserzisternen stellen überschlägige Orientierungswerte dar und dienen der Vollständigkeit der wirtschaftlichen Betrachtung. Sie basieren auf typischen Baukostenkennwerten vergleichbarer Anlagen und bilden die Größenordnung der zu erwartenden Investitionskosten in Abhängigkeit vom jeweiligen Nutzvolumen ab. Abweichungen im Einzelfall können sich insbesondere aus standortbezogenen Randbedingungen (Baugrund, Grundwasserverhältnisse, Zugänglichkeit, Bauweise und Ausstattungsgrad) ergeben.

Ergänzend ist zu berücksichtigen, dass für die Einbindung der Löschwasserzisternen in das Gesamtsystem zusätzliche Investitionen in eine parallele Infrastruktur erforderlich sind. Hierzu zählen insbesondere Leitungen zur Wasserzuführung, Entnahmestellen, Armaturen sowie gegebenenfalls Pumpen- und Steuerungstechnik. Diese Kosten sind in den dargestellten Baukosten der Zisternen nicht enthalten und sind projektbezogen gesondert zu ermitteln.

Aus wirtschaftlichen Gründen sollte der Abstand zwischen Aufbereitungsanlage und Löschwasserzisterne begrenzt werden. Vor dem Hintergrund der zu erwartenden Leitungs- und Erschließungskosten wird ein maximaler wirtschaftlicher Einzugsradius von etwa 5 km angesetzt. Größere Entfernungen führen in der Regel zu überproportional steigenden Investitionskosten und sind daher nur in begründeten Ausnahmefällen sinnvoll.

12.2.3 Speicherbehälter

Im Zuge der Aufbereitung und Wiederverwendung von Abwasser sind regelmäßig Speicherbauwerke erforderlich. Diese dienen der Vergleichmäßigung von Abflussspitzen und Tagesganglinien sowie der Zwischenspeicherung aufbereiteten Wassers zur bedarfsgerechten Bereitstellung. Abhängig von Nutzungsanforderungen, Bauart und Baugrundverhältnissen kommen geschlossene oder offene Stahlbetonbehälter sowie Erdbecken mit Abdichtungssystemen in Betracht.

Die in Tabelle 57 dargestellten spezifischen Kostenansätze in €/m³ nutzbarem Speichervolumen dienen der preislichen Orientierung im Rahmen der Machbarkeitsstudie. Sie basieren auf aktuellen Erfahrungswerten für vergleichbare Bauwerke und sind als Bandbreiten mit einer projektphasenüblichen Kostenunsicherheit von ±30 % zu verstehen. Baugrundrisiken, erhöhte statische Anforderungen oder besondere hygienische Anforderungen können die Investitionskosten zusätzlich beeinflussen. Die Investitionskosten für Speicherbauwerke variieren stark in Abhängigkeit von Bauart, Nutzungsanforderungen und Baugrundverhältnissen. Geschlossene Stahlbetonbehälter liegen typischerweise im Bereich von 300–600 €/m³ (Brauchwasser) bzw. 600–1000 €/m³ (Trinkwasser). Offene Stahlbetonbecken sind mit 180–400 €/m³ günstiger, während Erdbecken mit Folienabdichtung bereits ab 40 €/m³ realisierbar sind. Baugrundrisiken (Grundwasser, weiche Böden, Pfahlgründung) können die Investitionskosten um 10–40 % erhöhen. Die angegebenen Werte stellen Erfahrungsbereiche für den Planungsstand einer Machbarkeitsstudie dar (Kostenunsicherheit ±30 %).

Tabelle 57: KostenansatzTabelle Speicherbauwerke (Preisstand 2024/2025, Deutschland)

Bauart	Nutzung / Ausführung	von €/m³	ref €/m³	bis €/m³
Geschlossener Stahlbetonbehälter	Brauchwasser	300	450	600
	Brauchwasser, erhöhte statische Anforderungen	450	550	700
	Trinkwasser (DVGW-konform)	600	800	1000
	Trinkwasser, hohe Hygieneanforderungen / Kammerbauweise	750	950	1200
	Industrie-/Prozesswasser (mit Beschichtung)	500	700	950
Offener Stahlbetonbehälter	Einfaches Becken	180	250	350
	Industriewasser, verstärkte Bauweise	250	325	400
	Mit Teilabdeckung / Membransystem	280	380	500
Erdbecken / Dammbauwerk	Folienabdichtung (PE-HD)	40	80	120
	Geomembran mit Schutzlage	60	100	150
	Asphaltabdichtung	90	140	200
	Spritzbeton / Betonverbund	120	180	250

12.3 Kostenanalyse

In Kapitel 12.1.1 wurde eine Schätzung von Investitions-, Betriebs- und spezifischen Kosten vorgenommen für die Verfahrenskombinationen:

- SF + UF + $UV_{(hyg.)}$
- SF + GAK + UF + $UV_{(hyg.)}$
- SF + UO + $UV_{(hyg.)}$
- MF + UO + $UV_{(hyg.)}$
- MF+GAK+$UV_{(hyg.)}$.

Die modellgestützte Kostenrechnung zeigt, dass die spezifischen Jahreskosten der Wasserwiederverwendung – abhängig von der Nutzungsklasse und der gewählten Aufbereitungskombination – typischerweise im Bereich von etwa 0,20 bis 0,80 €/m³ liegen (vgl. Abbildung 50). Varianten mit Umkehrosmose weisen höhere Kosten auf, bieten dafür jedoch ein maximales Sicherheitsniveau.

Zum Vergleich liegen die Trinkwasserpreise in Sachsen – und damit auch im Landkreis Görlitz – im Bereich von rund 1,50 bis 2,00 €/m³ (ohne Abwassergebühren). Damit ist die Wasserwiederverwendung in vielen Anwendungsfällen bereits heute wirtschaftlich günstiger als der Bezug von Trinkwasser.

Auf die Nutzungsklassen bezogen, bedeutet das im Detail:

- Landwirtschaftliche Nutzung: Für Bewässerungszwecke sind die Varianten SF + UF + UV sowie SF + GAK + UF + UV wirtschaftlich besonders vorteilhaft. Die Kosten liegen deutlich unter dem Trinkwasserpreis, während die hygienischen Anforderungen zuverlässig eingehalten werden.
- Industrielle Brauchwassernutzung: Hier bietet insbesondere die Kombination SF + GAK + UF + UV ein ausgewogenes Verhältnis aus Kosten und Sicherheit. Umkehrosmose ist nur bei hohen prozessspezifischen Qualitätsanforderungen wirtschaftlich zu rechtfertigen.
- Brauchwasser in trinkwasserähnlicher Qualität: Diese Nutzungsklasse erfordert den Einsatz der Umkehrosmose. Die Kosten liegen näher am Trinkwasserpreis, sind jedoch bei Substitution von Trinkwasser aus strategischer Sicht vertretbar.

Die Untersuchung zeigt, dass die Verfahrenskombination aus Sandfiltration, Aktivkohlefiltration, hygienischer UV-Desinfektion und Ultrafiltration ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Investitionskosten, Betriebskosten, Energiebedarf und Reinigungsleistung bietet und sich als bevorzugte Variante für eine weiterführende Planung empfiehlt.

Vergleich der Varianten

Die Varianten mit Umkehrosmose (SF + UO + UV sowie MF + UO + UV) erreichen die höchste Verfahrenssicherheit und ermöglichen die Einhaltung anspruchsvollster Qualitätsanforderungen bis hin zu trinkwasserähnlichem Brauchwasser. Demgegenüber stehen jedoch deutlich höhere spezifische Jahreskosten. Die Kombination SF + GAK + UF + UV stellt einen ausgewogenen Kompromiss dar. Sie erreicht ein hohes Sicherheitsniveau bei moderaten Kosten und ist besonders geeignet für Förderprojekte sowie die landwirtschaftliche und industrielle Wasserwiederverwendung.

Die Variante SF + UF + UV weist die geringsten Kosten auf, bietet jedoch eine eingeschränktere Barrierewirkung gegenüber gelösten Spurenstoffen und ist daher primär für weniger anspruchsvolle Wiederverwendungszwecke geeignet.

Empfehlung

Aus wirtschaftlicher Sicht wird für die Mehrzahl der Anwendungen die Variante SF + GAK + UF + UV empfohlen. Varianten mit Umkehrosmose sind gezielt dort einzusetzen, wo regulatorische oder qualitative Anforderungen dies zwingend erfordern.

12.4 Zentrale oder dezentrale Aufbereitung - Varianten A und C

Zur Beantwortung der Fragestellung wurde eine Lebenszykluskostenrechnung (LCC) für die zentrale Klarwasseraufbereitung an einem Standort (Horka) im Vergleich zu einer dezentralen, zweckgebundenen Aufbereitung an den Kläranlagen Görlitz, Niesky, Kodersdorf und Rothenburg/O.L. durchgeführt.

12.4.1 Betrachtete Varianten

Variante A – Zentrale Aufbereitung in Horka:

- Transport des Klarwassers aus den Kläranlagen Niesky, Görlitz und Rothenburg/O.L. über Druckleitungen nach Horka
- Zentrale Aufbereitung und anschließende Weiterverteilung

Variante C – Dezentrale Aufbereitung:

- Aufbereitung des Klarwassers direkt an den jeweiligen Kläranlagen
- Zweckgebundene, modulare Aufbereitung je Nutzung (Industrie, Landwirtschaft, Löschwasser)
- Keine Fernleitungen für Klarwasser erforderlich

12.4.2 Eingangsdaten für die LCC-Rechnung

Für die zentrale Variante wurden folgende Leitungsabschnitte betrachtet:

- Niesky – Horka: 5,2 km, DN125
- Görlitz – Horka: 16,8 km, DN350
- Rothenburg/O.L. – Horka: 8,0 km, DN150

Weitere Annahmen:

- Energiepreis: 0,25 €/kWh
- Förderhöhe: Leitungsverluste (keine geodätische Höhe)
- Nutzungsdauer Rohrleitungen: 40 Jahre
- Kalkulationszins: 3 %
- Referenzdurchsatz: 1,0 Mio. m^3/a

12.4.3 Ergebnisse der LCC-Rechnung – zentrale Variante

Die Investitionskosten der betrachteten Rohrleitungen belaufen sich auf rund 19 Mio. €. Daraus resultieren jährliche Annuitäten von etwa 830.000 €/a. Bereits allein aus den Leitungsinvestitionen ergeben sich spezifische Kosten in der Größenordnung von rund 0,8 €/m^3 (bei 1,0 Mio. m^3/a). Hinzu kommen die laufenden Energiekosten für den Transport des Wassers, die insbesondere durch den Abschnitt Görlitz – Horka dominiert werden. Wichtig ist: In diesen Kosten sind weder die zentrale Aufbereitungstechnik,

noch Speicher, Verteilung, Redundanzen oder zusätzliche Betriebskosten enthalten. Die realen Gesamtkosten der Zentralvariante würden daher deutlich oberhalb der hier ausgewiesenen Werte liegen.

12.4.4 Vergleich mit der dezentralen Variante

Die dezentrale Aufbereitung vermeidet die kostenintensiven Fernleitungen vollständig. Die Mehrkosten für mehrere kleinere Aufbereitungsmodule werden durch die Einsparungen bei Rohrleitungsbau, Pumpenergie und Wartung deutlich überkompensiert.

Tabelle 58: Variantenvergleich

Kriterium	Zentral (Horka)	Dezentral
Rohrleitungsinvestitionen	sehr hoch (~19 Mio. €)	entfallen
Spez. Leitungskosten	~0,8 €/m³	~0 €/m³
Aufbereitungskosten	zusätzlich	integriert, bedarfsgerecht
Energiekosten	hoch (Transport)	niedrig
Flexibilität	gering	hoch
Resilienz	gering (Single Point of Failure)	hoch

12.4.5 Gesamtbewertung

Die Lebenszykluskostenrechnung zeigt eindeutig, dass die zentrale Aufbereitung in Horka wirtschaftlich nicht konkurrenzfähig ist. Bereits die reinen Leitungskosten erreichen oder überschreiten die Gesamtkosten einer dezentralen Wasserwiederverwendung inklusive Aufbereitung.

Die zuvor hergeleitete Praxis-Faustregel, dass ab Entfernungen von etwa 3–5 km dezentrale Lösungen wirtschaftlich günstiger sind, wird durch die konkreten Berechnungen für den Landkreis Görlitz deutlich bestätigt – insbesondere durch die 16,8 km lange DN350-Leitung von Görlitz nach Horka.

Die aus dem Variantenvergleich abgeleitete Empfehlung lautet eindeutig:

- Verzicht auf eine zentrale Klarwasseraufbereitung in Horka bzw. Niesky
- Umsetzung dezentraler, zweckgebundener Aufbereitungsanlagen an den Kläranlagen Görlitz, Niesky, Kodersdorf und Rothenburg/O.L.
- Ergänzung durch eine zentrale Koordination und Betriebsführung, um betriebliche Skaleneffekte zu nutzen z.B. durch eine kommunale Betreibergesellschaft

12.5 Wasserwiederverwendung und Abwasserabgabe

Das Ziel dieses Kapitels besteht darin, die wirtschaftliche Relevanz der Abwasserabgabe darzustellen, eine standortbezogene Einordnung vorzunehmen und daraus präferierte Betreibermodelle für ausgewählte Kläranlagen abzuleiten.

12.5.1 Grundlegende Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit der Abwasserabgabe

Die Abwasserabgabe wird auf Grundlage der genehmigten Einleitung von gereinigtem Abwasser in ein Gewässer erhoben. Maßgeblich sind dabei sowohl die Einleitmenge als auch die festgelegten Überwachungs- bzw. Schadstoffwerte. Für die Wirtschaftlichkeit der Wasserwiederverwendung ist entscheidend:

- Jede Reduktion der Einleitmenge mindert die abgabenpflichtige Fracht,
- die Abgabenersparnis wirkt dauerhaft und jährlich,
- der wirtschaftliche Effekt entsteht nur dann, wenn der formelle Einleiter von der Reduktion profitiert,
- Einleiter bleibt formal der Verband,
- Eine Abgabenminderung tritt nur ein, soweit die Reduktion der Einleitmenge wasserrechtlich anerkannt und dauerhaft festgeschrieben ist; eine lediglich faktische Verringerung der Einleitung, etwa durch Abgabe von Ablaufwasser, ist insoweit unbeachtlich.

12.5.2 Standortbezogene Einordnung

Kläranlage Görlitz:

Aufgrund des hohen Abwasservolumens weist der Standort Görlitz das mit Abstand größte Einsparpotenzial auf. Bereits bei moderaten Wiederverwendungsanteilen können jährliche Abgabenersparnisse im hohen fünf- bis sechsstelligen Bereich erzielt werden. Diese Größenordnung erlaubt es, einen substanziellen Anteil der laufenden Kosten weitergehender Aufbereitungstechnologien (z. B. Filtration, Desinfektion, Membrantechnik) zu kompensieren.

12.5.3 Kläranlage Niesky:

Für Niesky ergeben sich mittlere Einsparpotenziale. Die Abwasserabgabe kann hier nicht allein die Wirtschaftlichkeit einer Wasserwiederverwendung tragen, stellt jedoch einen stabilisierenden Beitrag dar, insbesondere in Kombination mit weiteren Nutzenkomponenten (z. B. Wassernutzung vor Ort, regionale Kooperationen).

12.5.4 Kläranlagen Rothenburg/O.L. und Kodersdorf:

Die kleineren Anlagen weisen nur geringe absolute Einsparpotenziale aus der Abwasserabgabe auf. Für diese Standorte ist eine eigenständige, technisch anspruchsvolle Wasserwiederverwendung allein aus Abgabensicht in der Regel nicht wirtschaftlich. Sinnvoll erscheinen hier vor allem Verbundlösungen, Pilotvorhaben oder fördergestützte Projekte. Für kleinere Kläranlagen wird eine standortübergreifende Betrachtung empfohlen, insbesondere in Form technischer oder organisatorischer Verbünde (z. B. zentrale Aufbereitung an größeren Standorten oder Zweckverbandslösungen), um Skaleneffekte zu erzielen und die Abgabenwirkung wirtschaftlich nutzbar zu machen. Hier ist nicht die Rechtsform entscheidend, sondern ob Abwassermenge, Einleiterstellung und Abgabenwirkung gebündelt werden

12.5.5 Bewertung der Betreibermodelle in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der Abwasserabgabe

a) Kommunale Betreibermodelle (siehe 13.3.1)

- Charakteristik: Der Betrieb der Kläranlage und der Wasserwiederverwendung erfolgt durch einen öffentlich-rechtlich organisierten Träger (z. B. Zweckverband) oder eine vollständig kommunal beherrschte Beteiligungsgesellschaft. Der Betreiber ist zugleich formeller Einleiter im Sinne des Wasser- und Abgabenrechts.
- Abgabenrechtliche Bewertung:Dieses Modell ermöglicht die vollständige und direkte Nutzung der Abgabenersparnis, da die reduzierte Einleitmenge eindeutig dem abgabenpflichtigen Einleiter zugeordnet werden kann. Voraussetzung ist eine entsprechende Anpassung der wasserrechtlichen Erlaubnis sowie eine nachvollziehbare Bilanzierung der wiederverwendeten Teilströme.
- Genehmigungsrechtliche Aspekte: Die Integration der Wiederverwendung in den Anlagenbetrieb wird von Genehmigungsbehörden regelmäßig als systemisch schlüssig bewertet. Die Steuerbarkeit von Mengen, Qualitäten und Betriebszuständen liegt vollständig beim Betreiber.
- Wirtschaftliche Bewertung: Die Abwasserabgabe wirkt hier als dauerhafter, kalkulierbarer Wirtschaftlichkeitsbaustein. Das Modell ist besonders geeignet für größere Anlagen, bei denen die Abgabenersparnis einen relevanten Anteil der Betriebs- oder Kapitalkosten kompensieren kann

Das Kommunale Betreibermodell stellt das zu bevorzugende Modell dar, insbesondere für größere Standorte (z. B. Görlitz), da es rechtlich robust, wirtschaftlich transparent und strategisch steuerbar ist.

b) Betrieb durch kommunale Unternehmen (z. B. Stadtwerke, Eigenbetriebe)

- Charakteristik: Der Anlagenbetrieb erfolgt durch ein kommunales Unternehmen in privatrechtlicher Organisationsform, das vollständig oder mehrheitlich im Eigentum der öffentlichen Hand steht. Das Unternehmen tritt häufig als Betreiber, teilweise auch als formeller Einleiter auf.
- Abgabenrechtliche Bewertung: Sofern das kommunale Unternehmen selbst als Einleiter genehmigt ist, kann die Abgabenersparnis grundsätzlich analog zu Modell a) realisiert werden. Es ist dabei zu beachten, dass bei ausgelagerten Betriebsführungsmodellen die Einleiterstellung auch formal beim Zweckverband oder der Kommune verbleiben kann.
- Genehmigungsrechtliche Aspekte: Genehmigungsrechtlich ist eine klare Zuordnung von Betreiber- und Einleiterverantwortung erforderlich. Unklare Rollenverteilungen können dazu führen, dass die Abgabenersparnis nur eingeschränkt anerkannt wird.
- Wirtschaftliche Bewertung: Das Modell erlaubt eine betriebswirtschaftlich flexible Umsetzung (z. B. Querfinanzierung, interne Leistungsverrechnung). Die Abgabenersparnis kann wirksam werden, ist jedoch stärker von der vertraglichen und genehmigungsrechtlichen Ausgestaltung abhängig als bei rein öffentlich-rechtlichen Modellen.

Auch der Betrieb durch kommunale Unternehmen ist eine denkbare Variante. Diese ist gut geeignet, sofern Einleiterstellung, Genehmigung und Abgabenbescheid eindeutig auf das kommunale Unternehmen abgestimmt sind

c) Betrieb durch Unternehmen nach Privatrecht (private Betreiber, PPP-Modelle)

- Charakteristik: Der Betrieb der Kläranlage oder einzelner Aufbereitungsstufen erfolgt durch ein privates Unternehmen. Die Kommune bzw. der Zweckverband bleibt in der Regel formeller Einleiter.
- Abgabenrechtliche Bewertung: In diesem Modell fällt die Abgabenersparnis nicht automatisch dem Betreiber zu, da dieser regelmäßig nicht abgabenpflichtig ist. Ohne explizite Anpassung der Einleiterlaubnis und des Abgabenbescheids verbleibt der Abgabenvorteil beim öffentlichen Einleiter oder wird gar nicht realisiert.
- Genehmigungsrechtliche Aspekte: Die Wiederverwendung wird häufig als externe Nutzung oder Zusatzleistung behandelt. Damit besteht das Risiko, dass sie nicht als integraler Bestandteil der Abwasserbehandlung anerkannt wird.
- Wirtschaftliche Bewertung: Die Wirtschaftlichkeit muss primär über Vergütung, Wasserverkauf oder vertragliche Ausgleichsmechanismen hergestellt werden. Die Abwasserabgabe ist hier kein verlässlicher Wirtschaftlichkeitshebel, sondern allenfalls indirekt nutzbar.

Aus Abgaben- und Genehmigungssicht ist diese Variante als nachrangig zu betrachten, insbesondere für Standorte, bei denen die Abgabenersparnis ein zentrales Argument darstellt.

12.5.6 Gesamtbewertung und Empfehlung

Aus den vorangegangenen Ausführungen ergibt sich folgende strategische Bewertung:

- Die Abwasserabgabe stellt bei großen Kläranlagen einen relevanten, verlässlichen Wirtschaftlichkeitsbaustein dar.
- Die größten Vorteile entstehen bei einem kommunalen, integrierten Betreibermodell mit angepasster Einleiterlaubnis.
- Für kleinere Standorte ist die Abwasserabgabe allein kein tragfähiges Argument; hier sollten regionale Bündelungen, Förderansätze oder Demonstrationsprojekte verfolgt werden.

Für den Standort Görlitz (und eingeschränkt Niesky) sollte die Wasserwiederverwendung weiterverfolgt und vertieft untersucht werden, mit dem klaren Ziel, die Abgabenersparnis systematisch in die Wirtschaftlichkeitsrechnung einzubeziehen. Für kleinere Anlagen wird eine standortübergreifende Betrachtung empfohlen. Für große Anlagen stellt die Abwasserabgabe einen relevanten, verlässlichen Wirtschaftlichkeitsbaustein dar. Für kleinere Standorte sollten Verbund- oder Förderlösungen geprüft werden.

13 Betreibermodelle und Anforderungen an Organisationsstrukturen

Dieses Kapitel beschreibt die möglichen Betreibermodelle und organisatorischen Rahmenbedingungen für Vorhaben der Wasserwiederverwendung im Betrachtungsgebiet. Die Darstellung ist mit den Ergebnissen der SWOT-Analyse, der Bewertungsmatrix, der Förderlogik sowie der Risiko- und Maßnahmenbetrachtung (siehe Kapitel 17.1 und 17.2) abgestimmt und entsprechend präzisiert. Es dient als Grundlage im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen (Kapitel 12.5.5).

13.1 Gegenwärtige Betreiberform der Kläranlagen

Gegenwärtig werden die vier zu betrachtenden Kläranlagen durch die in Tabelle 59 aufgeführten Betreiber geführt. Die technische Betriebsführung obliegt bis auf die der Kläranlage Niesky der SWG.

Tabelle 59: Betreiber und technische Betriebsführung der Kläranlagen

Kläranlage	Betreiber	Technische Betriebsführung
Görlitz Nord	Stadtwerke Görlitz AG (SWG)	Stadtwerke Görlitz AG
Rothenburg/O.L.	Zweckverband Abwasser Rothenburg/O.L.	Stadtwerke Görlitz AG
Kodersdorf	Gemeinde Kodersdorf	Stadtwerke Görlitz AG
Niesky	Stadtwerke Niesky GmbH	Stadtwerke Niesky GmbH

Die betrachteten Kläranlagen werden überwiegend durch kommunale oder kommunal geprägte Unternehmen betrieben. Die Stadtwerke Görlitz AG sind als privatrechtlich organisiertes kommunales Unternehmen mit öffentlichem Auftrag tätig, während andere Betreiberstrukturen teilweise als Betriebe gewerblicher Art (BgA) einzuordnen sind.

Die jeweilige Rechtsform besitzt insbesondere steuer- und beihilferechtliche Relevanz. Sie stellt jedoch kein grundsätzliches Hindernis für eine Beteiligung an Anlagen zur Nutzwasseraufbereitung dar, sofern die organisatorische und wirtschaftliche Trennung hoheitlicher und wirtschaftlicher Tätigkeiten eingehalten wird.

13.2 Trennung hoheitlicher Aufgaben und wirtschaftlicher Tätigkeiten

Die Abwasserbehandlung in kommunalen Kläranlagen ist eine hoheitliche Aufgabe der Daseinsvorsorge. Die weitergehende Aufbereitung von Klarwasser zur Wiederverwendung ist hingegen als wirtschaftliche Tätigkeit einzuordnen.

Zwischen diesen beiden Aufgabenbereichen ist eine klare organisatorische, buchhalterische und rechtliche Trennung vorzunehmen. Insbesondere ist eine eindeutig definierte Übergabestelle zwischen Kläranlage und Aufbereitungsanlage festzulegen. Diese Übergabestelle regelt den Eigentumsübergang, die Qualitätsverantwortung sowie haftungs- und genehmigungsrechtliche Zuständigkeiten.

13.3 Betreibermodelle

Dieses Kapitel beschreibt die möglichen Betreibermodelle und organisatorischen Rahmenbedingungen für Vorhaben der Wasserwiederverwendung im Landkreis Görlitz. Die Darstellung ist mit den Ergebnissen der SWOT-Analyse, der Bewertungsmatrix, der Förderlogik sowie der Risiko- und Maßnahmenbetrachtung abgestimmt und entsprechend präzisiert.

13.3.1 Kommunale Betreibermodelle

Kommunale Betreibermodelle, beispielsweise in Form einer kommunalen Beteiligungsgesellschaft oder eines Zweckverbandes, weisen im Kontext der Wasserwiederverwendung besondere Vorteile auf. Sie ermöglichen eine enge Verzahnung mit wasserwirtschaftlichen, klimapolitischen und strukturpolitischen Zielsetzungen.

Das Konfliktpotenzial dieser Modelle ist im Vergleich zu rein privatwirtschaftlichen Ansätzen reduziert, da Gemeinwohlziele im Vordergrund stehen. Gleichwohl erfordern auch kommunale Modelle klare Governance-, Entscheidungs- und Controlling-Strukturen, um Zielkonflikte zwischen Wirtschaftlichkeit, Ressourcenschutz und kommunalen Interessen transparent zu steuern.

13.3.2 Betrieb durch kommunale Unternehmen (z. B. Stadtwerke Görlitz AG)

Ein Betrieb der Nutzwasseraufbereitung durch bestehende kommunale Unternehmen wie die Stadtwerke Görlitz AG bietet organisatorische und betriebliche Synergien. Hierzu zählen vorhandenes Fachpersonal, bestehende Betriebsinfrastruktur sowie Erfahrungen im Betrieb wasserwirtschaftlicher Anlagen.

Die Nutzwasserbereitstellung ist zwar nicht originärer Bestandteil der klassischen Daseinsvorsorge. Sie stellt jedoch einen mittelbaren Beitrag zur Sicherung der Wasserressourcen, zur Klimaanpassung und zur Erhöhung der regionalen Standortresilienz dar und ist damit förderlogisch gut einzuordnen.

13.3.3 Betrieb durch Unternehmen nach Privatrecht

Ein Betrieb durch private Unternehmen ist grundsätzlich möglich, insbesondere bei industriell geprägten Nutzungsklassen. Allerdings können hierbei Zielkonflikte zwischen Gewinnerzielung und Gemeinwohlzielen auftreten.

Zur Sicherstellung der wasserwirtschaftlichen und ökologischen Zielsetzungen sind in solchen Fällen klare vertragliche, regulatorische und organisatorische Rahmenbedingungen erforderlich. Diese betreffen insbesondere Qualitätsanforderungen, Preisgestaltung, Versorgungssicherheit sowie die Einbindung in kommunale Wasserstrategien.

13.4 Bewertung der Betreibermodelle und Betreiberempfehlung

Eine vergleichende Bewertung der Betreibermodelle erfolgt in Tabelle 60. Anhand dieser Bewertung wird empfohlen, für Vorhaben der Wasserwiederverwendung im Landkreis Görlitz primär auf kommunale oder kommunal dominierte Betreibermodelle zurückzugreifen.

Ein kommunaler Zweckverband oder eine kommunale Beteiligungsgesellschaft bietet die größte Flexibilität, um unterschiedliche Nutzungsklassen zu integrieren und gleichzeitig die Förderfähigkeit zu maximieren.

Tabelle 60: Vergleichende Bewertung der Betreibermodelle

Betreibermodell	Ökologie	Ökonomie	Technik	Förderfähigkeit	Gesamtbewertung
Kommunaler Zweckverband	hoch – Gemeinwohlorientierung, Ressourcenschutz	mittel – kostendeckend mit Förderung	hoch – bewährte Strukturen	sehr hoch (Land/Bund/EU)	sehr gut geeignet
Kommunale Beteiligungsgesellschaft	hoch	mittel bis gut	hoch	hoch	gut geeignet
Kommunales Unternehmen (z. B. Stadtwerke)	mittel bis hoch	gut	hoch	hoch	gut geeignet
Privater Betreiber	mittel	gut bis sehr gut	mittel bis hoch	eingeschränkt	bedingt geeignet

Der Betrieb durch bestehende kommunale Unternehmen, insbesondere die Stadtwerke Görlitz AG, stellt eine praxisnahe Alternative dar, wenn Synergieeffekte genutzt und klare organisatorische Trennungen zwischen hoheitlichen und wirtschaftlichen Tätigkeiten eingehalten werden.

Private Betreiber sollten – sofern sie eingebunden werden – ausschließlich ergänzend und unter klar definierten vertraglichen und regulatorischen Rahmenbedingungen eingesetzt werden.

13.5 Fazit

Die Bewertung der Betreibermodelle zeigt, dass kommunale oder kommunal dominierte Organisationsformen im Landkreis Görlitz besonders geeignet sind, die Ziele der Wasserwiederverwendung wirtschaftlich, ökologisch und förderkonform umzusetzen. Private Modelle können ergänzend eingesetzt werden, erfordern jedoch eine stärkere regulatorische Absicherung.

Die vorgeschlagene Betreiberstruktur unterstützt eine wirtschaftlich tragfähige, förderkonforme und langfristig resiliente Umsetzung der Wasserwiederverwendung in der Region.

14 Genehmigungsverfahren: Raumordnungs-, Planfeststellungsverfahren, UVP, BImschV, und notwendige Einzelzulassungen

Dieses Kapitel stellt die genehmigungsrechtlichen Anforderungen für Vorhaben der Wasserwiederverwendung dar. Es werden sowohl die Betreiber- als auch die Abnehmerperspektive unter Bezug auf die einschlägigen rechtlichen Regelwerke auf europäischer, bundes- und landesrechtlicher Ebene berücksichtigt (siehe Kapitel 5).

Für Vorhaben der Wasserwiederverwendung ist zu berücksichtigen, dass sich die Rahmenbedingungen der Abwasserbehandlung infolge der neuen Kommunalabwasserrichtlinie (EU) 2024/3019 (KARL) in den kommenden Jahren grundlegend verändern werden. Die Einführung zusätzlicher Reinigungsanforderungen führt zu neuen technischen und betrieblichen Pflichten für Kläranlagenbetreiber sowie zu langfristigen Investitions- und Planungserfordernissen.

Diese Entwicklungen wirken sich unmittelbar auf die Qualität des Kläranlagenablaufs aus und verändern damit die Ausgangsbedingungen für eine potenzielle Wasserwiederverwendung. Insbesondere beeinflussen zukünftige Reinigungsstufen und deren Ausgestaltung die Anforderungen an nachgeschaltete Aufbereitungstechnologien sowie deren wirtschaftliche Realisierbarkeit.

Für die Bewertung und Planung von Maßnahmen zur Wasserwiederverwendung sind daher zeitgerechte und fallspezifische Einzelfalluntersuchungen zwingend erforderlich, um die Wechselwirkungen zwischen zukünftigen regulatorischen Anforderungen, technischer Ausgestaltung der Abwasserbehandlung, Ablaufqualität sowie Aufbereitungstechnologien belastbar abzubilden.

Zentral für das Genehmigungsverfahren ist die Erstellung eines standortbezogenen Risikomanagementplans. Tabelle 61 verdeutlicht dessen Funktion als verbindliche Grundlage für die wasserrechtliche Bewertung und hilft dabei, Umfang und Zeitpunkt der erforderlichen Untersuchungen und Nachweise einzuordnen. Darüber hinaus weist sie auf die Notwendigkeit hin, mögliche Auswirkungen auf Abwasserabgabe, kommunale Satzungen sowie Betreiber- und Verantwortungsabgrenzungen frühzeitig zu prüfen.

Tabelle 61: Genehmigungsfähigkeit der Wasserwiederverwendung

Prüfaspekt	Maßgebliche Rechtsgrundlage	Zuständige Stelle (Sachsen)	Einschätzung Genehmigungsfähigkeit	Genehmigungsrisiko	Klärbedarf im Projektverlauf	Hinweise / Risiken
Grundsätzliche Zulässigkeit der Wasserwiederverwendung	Verordnung (EU) 2020/741; WHG	Untere Wasserbehörde; LDS	grundsätzlich möglich	niedrig	frühzeitig (Projektstart)	Zweckbindung und Güteklasse entscheidend
Vereinbarkeit mit Gewässerschutz (WRRL)	WRRL 2000/60/EG; OGewV; GrwV	Untere Wasserbehörde; LfULG	bedingt	mittel	frühzeitig bis Vorplanung	Verschlechterungsverbot maßgeblich
Schutz von Grundwasser und Boden	GrwV; BBodSchG; BBodSchV	Untere Wasserbehörde; LfULG	bedingt	mittel	standortbezogen (Vorplanung)	Boden- und hydrogeologische Abhängigkeiten
Erforderlichkeit wasserrechtlicher Erlaubnisse	WHG; SächsWG	Untere Wasserbehörde	erforderlich	niedrig	Vorplanung	Mehrere Teilgenehmigungen möglich
Risikomanagementplan	Verordnung (EU) 2020/741; DWA-M 1200	Untere Wasserbehörde	erforderlich	niedrig	Entwurfsplanung	Zentrale Genehmigungsvoraussetzung
Abwasserabgabe	AbwAG; SächsAbwAG	Untere Wasserbehörde	projektabhängig	niedrig	Vorplanung	Änderung von Fracht/Menge relevant
Kommunales Satzungsrecht	Abwasser- / Entwässerungssatzungen	Gemeinde / Zweckverband	bedingt	mittel	frühzeitig (Abstimmung)	Ggf. Satzungsanpassung erforderlich

14.1 Errichtung und Änderung einer kommunalen Kläranlage

Bei der Erweiterung einer kommunalen Kläranlage sind eine Vielzahl von rechtlichen Grundlagen und formellen Genehmigungsschritten zu beachten. Das Verfahren wird maßgeblich durch das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und die neue EU-Kommunalabwasserrichtlinie (EU 2024/3019) bestimmt. Die Errichtung und die Änderung einer kommunalen Kläranlage gelten rechtlich als wesentliche Änderungen und erfordern meist ein kombiniertes Zulassungsverfahren.

Das wasserrechtliche Erlaubnisverfahren ist zentral für die Genehmigung geänderter Einleitmengen oder neuer Reinigungsverfahren (§ 57 WHG). Bei wesentlichen Änderungen oder Erweiterungen muss geprüft werden, ob eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) oder eine Vorprüfung des Einzelfalls nach UVPG notwendig ist.

Ein Planfeststellungsverfahren ist das umfassendste Genehmigungsverfahren im deutschen Recht und wird bei der Erweiterung einer Kläranlage immer dann notwendig, wenn das Vorhaben eine erhebliche Bedeutung für die Umwelt oder die Allgemeinheit hat.

Das Planfeststellungsverfahren nach § 68 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ist erforderlich, wenn die Erweiterung der Kläranlage mit einem Gewässerausbau einhergeht. Das ist der Fall bei der Herstellung, Beseitigung oder wesentlichen Umgestaltung eines Gewässers oder seiner Ufer (z. B. Bau eines neuen, massiven Einleitbauwerks in einen Fluss) sowie bei Maßnahmen, die den Wasserabfluss oder den Wasserstand erheblich verändern.

In vielen Fällen kann anstelle der Planfeststellung eine Plangenehmigung nach § 70 WHG erfolgen. Diese ist ein „kleineres“ Verfahren und möglich, wenn keine UVP-Pflicht besteht und Rechte Dritter nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigt werden oder diese dem Vorhaben zugestimmt haben.

Neben der Genehmigungspflicht für UVP-pflichtige- und der Einleitungs-Erlaubnispflicht für alle Abwasserbehandlungsanlagen besteht für die Einleitung von Abwasser aus allen anderen Abwasseranlagen in ein Gewässer die Pflicht zur Durchführung von Erlaubnisverfahren nach §§ 2, 7 WHG; dies gilt auch für Änderungen von Einleitungen.

Insofern die zuständige Wasserbehörde feststellt, dass für die geplante Maßnahme keine UVP-Pflicht und damit auch keine Genehmigungspflicht besteht, sind die sonst erforderlichen Entscheidungen des Wasserrechts sowie anderer Rechtsbereiche in eigener Verantwortung des Vorhabensträgers bei den jeweils zuständigen Behörden und Stellen zu beantragen. Beispielhaft seien hier die Wasserbehörde (in Wasserschutz- und Überschwemmungsgebieten, bei Betriebswasserentnahmen, bei Grundwasserabsenkungen, etc.), die Naturschutzbehörde (bei Eingriff in Natur und Landschaft), die Bauaufsichtsbehörde sowie die Immissionsschutzbehörde genannt.

Im Falle einer bestehenden UVP-Pflicht ist dem Antragsteller für die zügige Abwicklung sowohl des Genehmigungs- als auch des Erlaubnisverfahrens anzuraten, die relevanten Unterlagen frühzeitig bei der zuständigen Wasserbehörde einzureichen. Die Antragsunterlagen sind nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik und Wasserwirtschaft zu erstellen; der Antragsteller muss als solcher eindeutig erkennbar sein. Der Antrag bedarf der Schriftform und ist gemeinsam mit den erforderlichen Unterlagen der jeweils zuständigen Wasserbehörde vorzulegen.

Im Falle von Umbauten oder dem Bau neuer Gebäude und Becken kann ein Baugenehmigungsverfahren notwendig sein.

Eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung nach BImschG wird notwendig, wenn durch die Erweiterung neue Emissionsquellen (z. B. Blockheizkraftwerke oder Ozonungsanlagen) entstehen.

14.2 Änderung Abwassermenge und -zusammensetzung

Durch die Wasserwiederverwendung kann sich die in die Vorflut eingeleitete Abwassermenge sowie deren stoffliche Zusammensetzung verändern. Solche Änderungen sind genehmigungsrechtlich relevant, wenn sie eine wesentliche Änderung der genehmigten Gewässerbenutzung darstellen (vgl. WHG §§ 8–9). Maßgeblich sind insbesondere die Auswirkungen auf die Abflussverhältnisse, die Stofffrachten sowie die Bewirtschaftungsziele nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG).

Änderungen der genehmigten Einleitmenge oder der stofflichen Zusammensetzung des in die Vorflut eingeleiteten Abwassers infolge von Maßnahmen zur Wasserwiederverwendung sind wasserrechtlich dem Inhaber der bestehenden Einleitungserlaubnis zuzuordnen. Antragspflichtig für die Änderung der genehmigten Gewässerbenutzung ist daher grundsätzlich der Betreiber der Kläranlage als Inhaber der wasserrechtlichen Erlaubnis nach §§ 8–9 Wasserhaushaltsgesetz (WHG).

Der Betreiber einer nachgeschalteten Aufbereitungsanlage zur Wasserwiederverwendung ist nicht selbst antragsberechtigt für die Änderung der Vorfluteinleitung, da er keine eigenständige Gewässerbenutzung im Sinne des WHG ausübt. Er ist jedoch fachlich in das wasserrechtliche Änderungsverfahren einzubeziehen, insbesondere im Hinblick auf die Bereitstellung von Angaben zur Betriebsweise der Aufbereitungsanlage sowie zu Mengen- und Stoffstrombilanzen.

In der Verwaltungspraxis erfolgt häufig ein koordiniertes Vorgehen, bei dem der Kläranlagenbetreiber den wasserrechtlichen Änderungsantrag stellt und die nachgeschaltete Wasserwiederverwendung als ursächlicher Bestandteil des Gesamtvorhabens mitbetrachtet wird. Sofern Kläranlage und Aufbereitungsanlage vom selben Rechtsträger betrieben werden, kann ein einheitlicher Änderungsantrag gestellt werden.

14.3 Errichtung und Betrieb der Anlage zur Aufbereitung von Klarwasser

Für den Betrieb einer Aufbereitungsanlage zur Wasserwiederverwendung ist eine Wasseraufbereitungsgenehmigung nach EU-WWVO notwendig. Die EU-WWVO gibt die Qualitätsanforderungen vor. Die nationale Genehmigungsbehörde entscheidet im Einzelfall, ob eine UVP notwendig ist, basierend auf den Projektmerkmalen und den nationalen UVP-Gesetzen (in Deutschland z. B. das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung - UVPG). Es ist daher immer eine Einzelfallprüfung durch die zuständige Behörde erforderlich, ob eine UVP durchgeführt werden muss.

Im Rahmen von Projekten zur Wasserwiederverwendung kann ein Planfeststellungsverfahren erforderlich sein. Dies liegt jedoch meist an den begleitenden baulichen Maßnahmen und deren Einordnung in das deutsche Wasserrecht (WHG) und das Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVPG).

Genehmigungs- und Beteiligungspflichten können insbesondere dann entstehen, wenn die Anlage eine industrielle Dimension erreicht oder mit erheblichen Umweltauswirkungen verbunden ist. Relevante Auslösekriterien sind unter anderem eine erhebliche Flächeninanspruchnahme, zusätzliche Emissionen, die Lage in oder in der Nähe von Schutzgebieten sowie das Erreichen von Schwellenwerten nach Anlage 1 des UVPG oder nach Anhang 1 der 4. BImSchV.

Kleinere Aufbereitungsanlagen, die als Nebenanlagen bestehender Kläranlagen betrieben werden und keine relevanten zusätzlichen Umweltauswirkungen verursachen, unterliegen in der Regel lediglich Anzeige- oder Genehmigungsverfahren ohne Öffentlichkeitsbeteiligung und ohne UVP.

14.4 Errichtung und Betrieb der Infrastruktur für Speicherung und Verteilung des aufbereiteten Abwassers

Die Errichtung und Betrieb einer Rohrleitungsanlage zum Transport des gereinigten kommunalen Abwassers bzw. von Rohrleitungen zum Transport des aufbereiteten Klarwassers ist UVP-Pflichtig.

Bei einer Länge einer Länge von 10 km oder mehr, ist eine allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls nach § 7 Absatz 1 Satz 1 UVPG erforderlich.

Bei einer Länge von 2 km bis weniger als 10 km ist eine standortbezogene Vorprüfung des Einzelfalls nach § 7 Absatz 1 Satz 1 UVPG erforderlich.

Für den Bau und die Errichtung und Betrieb von künstlichen Wasserspeichern mit 5 000 m3 bis weniger als 2 Mio. m^3 Wasser ist eine standortbezogene Vorprüfung des Einzelfalls nach § 7 Absatz 1 Satz 1 UVPG erforderlich. Auch hier können in Abhängigkeit der Ergebnisse der Vorprüfung Planfeststellungsverfahren erforderlich werden.

14.5 Einsatz des aufbereiteten Klarwassers bezogen auf den Nutzungszweck

Die genehmigungsrelevanten Gesetze und Regelwerke sind in Kapitel 5.2.2 aufgeführt. Der schematische Ablauf der Vorbereitung sowie der Durchführung des Genehmigungsverfahrens für ein Vorhaben zur Wasserwiederverwendung mit den jeweiligen Zuständigkeiten ist in Abbildung 17 vereinfacht dargestellt.

Für den Betreiber der Aufbereitungsanlage besteht eine Genehmigungspflicht - er muss eine Betriebsgenehmigung einholen, in der die spezifischen Parameter für das aufbereitete Wasser festlegt sind.

Der Empfänger benötigt zusätzlich ebenfalls eine wasserrechtliche Erlaubnis, falls die Ausbringung eine "Benutzung" des Grundwassers oder Bodens darstellt.

14.5.1 Nutzung des aufbereiteten Wassers als Brauchwasser für die Industrie und für die Herstellung von Elektrolysewasser für die Wasserstofferzeugung

Industrielle Nutzungen und Vorhaben zur Wasserstofferzeugung unterliegen eigenständigen Genehmigungspflichten, insbesondere nach dem Wasser- und Immissionsschutzrecht. Diese Pflichten bestehen unabhängig von der Herkunft des eingesetzten Wassers.

Öffentlichkeitsbeteiligung und UVP sind abhängig von Größe und Eingriffstiefe. Die Genehmigungspflicht obliegt hier dem Betreiber der Aufbereitungsanlage. Das kann ein Aufbereitungsunternehmen sein, welches dem Endnutzer das aufbereitete Klarwasser entgeltlich und unter Einhaltung der vereinbarten Qualitätsanforderungen überlässt ober aber ein Endnutzer, der die Aufbereitungsanlage selbst betreibt.

Für beide Betriebsformen sind die unter Kapitel 14.3 beschriebenen Genehmigungsverfahren erforderlich.

Die Prüfmatrix (Tabelle 61) wird zur strategischen Erstbewertung der Genehmigungsfähigkeit einer Wasserwiederverwendung vorgeschlagen. Sie soll einen Überblick geben über den Umfang von Genehmigungsverfahren zur Wasserwiederverwendung. Genehmigungsrelevante Fragestellungen sollen frühzeitig zu identifiziert und sachgerecht zu adressiert werden. Für eine Genehmigungsbeantragung ist insbesondere zu beachten, dass die Wasserwiederverwendung grundsätzlich zulässig sein kann, ihre konkrete Genehmigungsfähigkeit jedoch von der eindeutigen Festlegung des Verwendungszwecks, der anzuwendenden Wassergüteklasse sowie der Einhaltung der Anforderungen an den Gewässer-, Grundwasser- und Bodenschutz abhängt. Die Prüfmatrix macht deutlich, bei welchen Aspekten eine frühzeitige fachliche Abstimmung mit der zuständigen Wasserbehörde erforderlich ist und welche Punkte erst in späteren Planungsphasen vertieft zu bearbeiten sind.

14.5.2 Nutzung des aufbereiteten Wassers für landwirtschaftliche Bewässerung

Die landwirtschaftliche Bewässerung mit aufbereitetem Abwasser unterliegt einem spezialrechtlichen Regime nach der Verordnung (EU) 2020/741 und ist genehmigungsrechtlich privilegiert. Im Genehmigungsverfahren ist gemäß des im DWA-Merkblatt M1200 Teile 1 -3 (siehe auch 5.2.2.3) beschriebenen regulatorischen Rahmens vorzugehen. Generell ist eine Aufbringerlaubnis nach § 61c des WHG erforderlich. In der Regel sind UVP oder Öffentlichkeitsbeteiligungen nicht notwendig.

Die Nutzung von aufbereitetem Abwasser zur Bewässerung stellt regelmäßig keine zusätzliche genehmigungspflichtige Gewässerbenutzung dar, sofern keine Einleitung, Versickerung oder Entnahme aus oberirdischen Gewässern erfolgt (vgl. §§ 8–9 WHG).

Die Aufbringung von aufbereitetem Wasser fällt grundsätzlich unter die allgemeine Vorsorgepflicht des § 7 BBodSchG. Die stofflichen Maßstäbe des vorsorgenden Bodenschutzes sind die nach § 3 Absatz 1 Nr. 1 in Verbindung mit Anlage 1 Tabellen 1 und 2 der BBodSchV für bestimmte anorganische 29 und organische Schadstoffe festgesetzten Vorsorgewerte für Böden. Zusätzlich sind die in BBodSchV 27 Anlage 1 Tabelle 3 genannten zulässigen zusätzlichen jährlichen Schadstofffrachten zu berücksichtigen. Der Eintrag über aufbereitetes Wasser sollte maximal einem Drittel der dort genannten Frachten entsprechen |LAWA2022J.

14.5.3 Nutzung des aufbereiteten Wassers als Löschwasser

Die Nutzung zur kommunalen Löschwasserversorgung ist genehmigungsrechtlich unkritisch. Die Bereitstellung einer ausreichenden Löschwasserversorgung ist eine kommunale Pflicht, die auf Landesrecht basiert. Die Genehmigung von Löschwasserleitungen und Speicherbehältern bis zu einer Größe von 300 m^3 erfolgt meist über das Baugenehmigungsverfahren, wobei das Brandschutzkonzept und der Löschwassernachweis zentral sind. Die Bauaufsicht sowie Feuerwehr entscheiden, ob die Versorgung ausreichend ist.

Im Falle der Verwendung aufbereiteten Klarwassers ist zu prüfen, wer der Empfänger des aufbereiteten Abwassers ist und ob für die Verwendung als Löschwasser eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich ist.

15 Gesamtbewertung der Machbarkeit des Vorhabens

Die vorangegangenen Kapitel haben die technischen, wasserwirtschaftlichen, rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Wasserwiederverwendung im Landkreis Görlitz umfassend untersucht. Aufbauend auf der Analyse der Ausgangssituation, der Bewertung möglicher Umweltauswirkungen, der Entwicklung technischer Varianten sowie der Kostenschätzung erfolgt nachfolgend die integrierte Gesamtbewertung. Ziel dieses Kapitels ist es, die gewonnenen Erkenntnisse zusammenzuführen und eine standortbezogene Machbarkeitsaussage für die betrachteten Entwicklungsräume Horka und Niesky abzuleiten. Dabei werden die zentralen und dezentralen Systemvarianten vergleichend eingeordnet und hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit unter den definierten Randbedingungen bewertet.

15.1 Integrierte Gesamtbewertung unter Einbeziehung der Varianten A–C

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass die Wasserwiederverwendung im Landkreis Görlitz technisch grundsätzlich realisierbar ist. Die Machbarkeit ist jedoch stark von der gewählten Systemkonfiguration abhängig. Neben den zentralen Varianten A (Horka) und B (Niesky) stellt die dezentrale Variante C eine eigenständige, technisch und wirtschaftlich relevante Option dar.

Technische Bewertung

Die betrachteten Aufbereitungskonzepte ermöglichen – je nach Nutzungsklasse – die Herstellung von Bewässerungswasser, industriellem Brauchwasser bis hin zu Elektrolyse-Speisewasser. Alle untersuchten Verfahrenskombinationen entsprechen dem Stand der Technik und sind modular skalierbar.

- **Variante A (zentral Horka) & Variante B (zentral Niesky)**: Hohe technische Leistungsfähigkeit und Skalierbarkeit, jedoch mit erheblichem Infrastrukturaufwand (Sammelleitungen, Pumpwerke, zentrale Speicher).
- **Variante C (dezentrale Aufbereitung an mehreren Kläranlagenstandorten)**: Technisch besonders robust, da standortnahe Aufbereitung ohne überregionale Transportleitungen erfolgt. Die Anlagen können bedarfsgerecht dimensioniert und nutzungsspezifisch ausgelegt werden.

Die dezentrale Lösung reduziert die Systemkomplexität, hydraulische Abhängigkeiten und Störanfälligkeiten durch lange Transporttrassen.

Hydrologische Bewertung

Hydrologisch ist die Entnahme aus von Klarwassereinleitungen bei größeren Vorflutern (Lausitzer Neiße – Görlitz, Rothenburg/O.L.) deutlich weniger restriktiv als aus kleineren Gewässern (Neugraben – Niesky; Weißer Schöps – Kodersdorf). Die dezentrale Variante bietet hier Vorteile:

- Entnahmen erfolgen direkt standortbezogen.
- Mengen können an lokale Niedrigwasserbedingungen angepasst werden.
- Eine flexible, saisonale Steuerung ist einfacher umsetzbar.
- Die kumulative Belastung einzelner Gewässerabschnitte wird vermieden.

Somit stellt Variante C aus wasserwirtschaftlicher Sicht eine differenzierte, standortangepasste Lösung dar.

Wirtschaftliche Bewertung

Die wirtschaftliche Bewertung zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Systemansätzen:

- Zentrale Lösungen (A, B) verursachen hohe Investitionskosten für Transportleitungen, zentrale Speicher und Druckerhöhungsanlagen.
- Die Wirtschaftlichkeit zentraler Systeme ist stark abhängig von einer hohen und dauerhaft gesicherten Auslastung (insbesondere durch eine großskalige Wasserstoffproduktion).
- Die dezentrale Variante C reduziert Transportkosten erheblich und erlaubt eine schrittweise, modulare Entwicklung.

Insbesondere bei unsicherer industrieller Ansiedlung oder gestufter Entwicklung bietet die dezentrale Lösung ein geringeres wirtschaftliches Risiko. Die Variantenanalyse zeigt, dass Variante C unter den untersuchten Randbedingungen wirtschaftliche Vorteile aufweisen kann.

15.2 Standortbezogene Bewertung der dezentralen Lösung (Variante C)

15.2.1 Standort Görlitz

Der Standort Görlitz besitzt aufgrund der Nähe zur Kläranlage Görlitz-Nord und der robusten hydrologischen Situation der Lausitzer Neiße das größte Potenzial für eine großskalige Nutzung.

- Für eine umfangreiche Wasserstoffproduktion erscheint eine dezentrale Lösung (Variante C) technisch möglich.
- Allerdings ist die Wirtschaftlichkeit stark von der tatsächlichen Realisierung der industriellen Nachfrage abhängig.

Unter Unsicherheiten hinsichtlich Investitionsentscheidungen und Auslastung gewinnt die dezentrale Variante C an Bedeutung:

- Eine standortnahe Aufbereitung an der Kläranlage Görlitz-Nord mit direkter Nutzung oder begrenzter Weiterleitung reduziert Investitionsrisiken.
- Eine modulare Erweiterung ist möglich.
- Die Abhängigkeit von einem großdimensionierten Gesamtsystem entfällt.

Machbarkeitsaussage Görlitz

Die Wasserwiederverwendung ist grundsätzlich realisierbar. Bei gesicherter großindustrieller Entwicklung kann Variante C durchaus sinnvoll sein. Bei stufenweiser Entwicklung oder unsicherer Nachfrage ist Variante C als wirtschaftlich risikoärmere und systemrobustere Lösung zu bewerten.

15.2.2 Standort Niesky

Der Standort Niesky ist mengenmäßig begrenzter und hydrologisch sensibler.

- Eine dezentrale Lösung am Standort Niesky für großskalige Klarwasserentnahmen ist technisch möglich, jedoch aufgrund der begrenzten Abwassermengen und des kleineren Vorfluters Neugraben eingeschränkt skalierbar.
- Großindustrielle Anwendungen erscheinen daher nur begrenzt realistisch
- Konzentratbehandlung zwingend erforderlich

Für die Kläranlage Niesky bietet die dezentrale Variante C klare Vorteile:

- Anpassung an vorhandene Bewässerungspraxis.
- Nutzung für kleinere industrielle Anwendungen.
- Reduzierter infrastruktureller Aufwand.
- Geringere hydrologische Belastung.

Machbarkeitsaussage Niesky

Die Wasserwiederverwendung ist in begrenztem Umfang realisierbar. Variante C stellt hier die sachgerechteste und wirtschaftlich plausibelste Lösung dar, allerdings sind die geringen Abflussmengen des Neugrabens limitierend für einen Entzug des Klarwassers. Großskalige zentrale Konzepte sind standortbedingt weniger geeignet.

15.3 Gesamtaussage

Unter Einbeziehung aller technischen, hydrologischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Aspekte ergibt sich folgende integrierte Bewertung:

- Die Wasserwiederverwendung im Landkreis Görlitz ist grundsätzlich machbar.

- Zentrale Lösungen (Varianten A und B) sind insbesondere bei gesicherter, großskaliger industrieller Nachfrage vertretbar.
- Der Standort Horka besitzt das größere strategische Entwicklungspotenzial für Variante A.
- Die dezentrale Variante C stellt unter Risiko-, Flexibilitäts- und Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten eine besonders robuste und anpassungsfähige Systemlösung dar.
- Der Standort Görlitz besitzt das größere strategische Entwicklungspotenzial für Variante C
- Der Standort Niesky eignet sich für kleinere, modulare Anwendungen.
- Die Standorte Rothenburg/O.L. und Kodersdorf sind aufgrund ihrer mengenmäßigen Kapazität nur für kleinskalige, dezentrale Anwendungen geeignet, wobei Kodersdorf aufgrund des kleineren Vorfluters weitaus sensibler ist.

Eine schrittweise Umsetzung mit modularer Erweiterungsoption wird empfohlen. Die endgültige Realisierungsentscheidung sollte an konkrete Ansiedlungszusagen, aktualisierte Kostenannahmen sowie eine vertiefte Vorplanung geknüpft werden.

16 Förderrechtliche Prüfung

Dieses Kapitel fasst die förderstrategische Einordnung der Wasserwiederverwendung im Landkreis Görlitz zusammen. Es verbindet ein tabellarische Förderübersicht (Tabelle 62) mit einer konkreten Förderstrategie je Nutzungsklasse und dient als Entscheidungs- und Argumentationsgrundlage gegenüber Fördermittelgebern. Die Übersicht verdeutlicht, dass sich die Förderzugänge je Nutzungsklasse deutlich unterscheiden. Eine Kombination mehrerer Förderquellen ist insbesondere bei komplexen Vorhaben erforderlich.

Die detaillierte Aufstellung der einzelnen Förderrichtlinien bzw. Förderprogramme inkl. Förderzielen, Fördergegenständen, Höhe der Zuwendungen (%-Sätze, Mindestzuwendungshöhe), Zuwendungsempfängern, Förderausschlüssen, Antrags- und Bewilligungsbehörden findet sich in Tabelle 63.

Tabelle 62: Förderübersicht (Nutzungsklassen und Fördergeber)

Nutzungsklasse	Relevante Förderprogramme	Typische Antragsteller	Zentrale Förderausschlüsse
Wasserstoff / Energie	FRL Energie & Klima; KfW; BMWK-Programme; EU-IPCEI;	Energie- und Industrieunternehmen	EEG-/KWKG-pflichtige Anlagen; fehlender Energiebezug
Industrie / Gewerbe	GRW; FRL Energie & Klima; KfW-Umweltprogramm; EFRE	Industrie- und Gewerbebetriebe	Kommunale Pflichtaufgaben; reine Infrastruktur ohne Produktionsbezug
Landwirtschaft	FRL LIE; Landwirtschaftliche Rentenbank; ELER / GAP	Landwirtschaftliche Betriebe	Ersatzinvestitionen; fehlender Klimaanpassungsbezug; begrenzte Zahlungsfähigkeit
Löschwasserversorgung	RL InvKG; FRL Kreislaufwirtschaft; FRL WuF	Kommunen, Zweckverbände	Reine Betriebsaufwendungen; privatwirtschaftliche Einzelinteressen

16.1 Nutzungsklasse Wasserstofferzeugung

Die Nutzungsklasse Wasserstofferzeugung ist strategisch hoch relevant, jedoch stark förderabhängig. Die Wasserwiederverwendung sollte hier als flankierende Maßnahme positioniert werden. EU- und Bundesprogramme sind prioritär, Landesmittel ergänzend.

16.2 Nutzungsklasse Landwirtschaftliche Nutzung

Die landwirtschaftliche Nutzung ist aufgrund der begrenzten Zahlungsbereitschaft stark auf Fördermittel angewiesen. Primär sollten landes- und EU-Programme zur Klimaanpassung genutzt werden. Bundesprogramme können ergänzend zur Finanzierung von Speicher- und Verteilinfrastruktur eingesetzt werden.

16.3 Nutzungsklasse Industrie und Gewerbe

Für industrielle Nutzungen steht die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund. Fördermittel sollten gezielt eingesetzt werden, um Investitionshürden zu senken und Standortsicherung zu unterstützen. Die Kombination von Landesförderung (GRW, Energie & Klima) mit Bundesdarlehen ist empfehlenswert.

16.4 Nutzungsklasse Löschwasserversorgung

Die Nutzungsklasse Löschwasserversorgung stellt eine klassische kommunale Aufgabe dar. Die Finanzierung erfolgt vorrangig über Strukturwandel- und Daseinsvorsorgeprogramme des Landes. Eine wirtschaftliche Bewertung erfolgt primär qualitativ.

16.5 Zusammenfassende Empfehlung

Eine erfolgreiche Umsetzung der Wasserwiederverwendung im Landkreis Görlitz erfordert eine nutzungsklassenspezifische Förderstrategie. Die frühzeitige Berücksichtigung von Förderausschlüssen und Kombinationsmöglichkeiten erhöht die Förderwahrscheinlichkeit und reduziert Projektrisiken.

Tabelle 63: Fördermaßnahmen im Überblick

Förderprogramm	Fördermittelgeber	Antrags- und Bewilligungsbehörde	Fördergegenstand	Fördergebiet	Förderausschlüsse	Förderberechtigte[1]	Förderart	Förderhöhe	Förderlaufzeit
Förderrichtlinie Energie und Klima (FRL EuK/2023)	EU, JTF, EFRE	SAB	Investive und nichtinvestive Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels, Zukunftsfähige Energieversorgung, Schaffung neuer Wertschöpfungsketten	Landkreise Görlitz	Anlagen nach EEG und KWKG	U, Ö, B, F, H, K	Z	bis zu 80 % min. 20.000 € max. 2,5 Mio. €	2023 - 2027
Förderrichtlinie Landwirtschaft, Investition, Existenzgründung (FRL LIE/2023)	EU, ELER	Freistaat Sachsen, SMEKUL	Investitionsförderungen zur Stärkung sächsischer Betriebe der Landwirtschaft, des Gartenbaus und des Weinbaus in deren Wettbewerbsfähigkeit, Teil C1: Beregnungs-, Bewässerungs- und Speicheranlagen	Sachsen	Auswahlkriterien für Vorhabensauswahl nicht erfüllt	U	Z	bis zu 65 % min. 20.000 € max. 5 Mio. €	2023 - 2027

Förderprogramm	Fördermittelgeber	Antrags- und Bewilligungsbehörde	Fördergegenstand	Fördergebiet	Förderausschlüsse	Förderberechtigte[1]	Förderart	Förderhöhe	Förderlaufzeit
Agrar- und Ernährungswirtschaft – Betriebsmittel	BMUKN	Landwirtschaftliche Rentenbank	Nachhaltige Investitionen (Anlagen zur Wassereinsparung und -aufbereitung)	bundesweit	Kreditnehmer, die die KMU-Kriterien nicht erfüllen	U	D	bis 10 Mio. €	bis 2028
Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ (GRW)	BMWK	SAB	Investitionsvorhaben KMU, Lohnkosten	Sachsen			Z Kombinierbar mit D, T	bis zu 35 % min. 55.000 €	Keine Begrenzung
Klimaschutzoffensive für Unternehmen, Modul B4/B5	KfW Bankengruppe	KfW	Anlagen zur Wasserstoffherstellung	bundesweit	Anlagen nach EEG und KWKG	U, Ö	D	bis zu 100 % Max. 25 Mio. €	Keine Begrenzung
Förderrichtlinie für Zuwendungen nach dem Investitionsgesetz Kohleregionen (RL InvKG)	BMWK	SAS/SMIL	Investive Kommunal- und Landesprojekte	Landkreise Bautzen und Görlitz		K		bis zu 90 %	Bis 2037

Förderprogramm	Fördermittelgeber	Antrags- und Bewilligungsbehörde	Fördergegenstand	Fördergebiet	Förderausschlüsse	Förderberechtigte[1]	Förderart	Förderhöhe	Förderlaufzeit
Förderrichtlinie Darlehen für den Mittelstand	EU EFRE/JTF-Förderung	SAB	Finanzierung von Investitionen und Betriebsmitteln für Vorhaben von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU)	Sachsen	GRW-D-Fördergebiete	U	D	bis zu 80 % min. 5.000 € max. 2,3 Mio. €	
Förderrichtlinie Kreislaufwirtschaft – FRL KrW/2024	EU EFRE/JTF-Förderung	SAB	Finanzierung von investiven und nicht-investive Vorhaben zur Förderung des Übergangs zu einer ressourceneffizienten und emissionsarmen Kreislaufwirtschaft	Sachsen		U, K, Ö, G	Z, D	bis zu 70 % min. 500 € max. 2,3 Mio. €	2021 - 2027
Förderung von Investitionen mit Demonstrationscharakter zur Verminderung von Umweltbelastungen (Umweltinnovationsprogramm UIP)	BMUKN	KfW Bankengruppe	Energieeffizienz & Erneuerbare Energien, Forschung & Innovation (themenspezifisch), Umwelt- & Naturschutz, Smart Cities & Regionen	bundesweit		U, K, Ö, G	Z D, T	bis zu 30 % bis zu 70 %	

Förderprogramm	Fördermittelgeber	Antrags- und Bewilligungsbehörde	Fördergegenstand	Fördergebiet	Förderausschlüsse	Förderberechtigte[1]	Förderart	Förderhöhe	Förderlaufzeit
Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur" - Richtlinie GRW RIGA		SAB	Investitionsvorhaben KMU, Lohnkosten	C3, Landkreis Görlitz			Z Kombinierbar mit D, T	bis zu 35 %	
KfW-Umweltprogramm	BMUKN	KfW	Kreislaufwirtschaft: Abwasservermeidung, Abwasserbehandlung, Reduzierung des Wasserbedarfs und Wasserwiederverwendung	bundesweit	Bund, Länder, Kommunen	U	D	bis zu 100 % Max. 25 Mio. €	Keine Begrenzung
Sächsische Förderrichtlinie Wald und Forst, FRL WuF/2023	EU/ELER GAK-Rahmenplan		Brandschutzmaßnahmen, Zisternen	Sachsen		K, Ö, KU	Z		

[1] K = Kommune, P = Privatperson, U = Unternehmen, Ö = Körperschaften des öffentlichen Rechts, KU = Kommunale Unternehmen, B = Bildungseinrichtungen, F = Forschungseinrichtungen, H = Hochschule, G = Gemeinnützige Träger,

[2] Z = Zuschuss, D = Darlehen, T = Tilgungszuschuss

[3] Herstellung von für den Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft benötigter Ausrüstung: dies gilt für Batterien, Solarpaneele, Windturbinen, Wärmepumpen, Elektrolyseure und Ausrüstung für die Abscheidung, Nutzung und Speicherung von CO_2

[4] Herstellung von Schlüsselkomponenten, die als direkter Input für die Herstellung der in Ziffer [3] genannten Ausrüstung konzipiert wurden und primär als solcher verwendet werden

[5] Herstellung oder Rückgewinnung kritischer Rohstoffe, die für die Herstellung der in den Ziffern 3 und 4 genannten Ausrüstung und Schlüsselkomponenten benötigt werden

16.6 Darstellung von Zielkonflikten

Dieses Kapitel dient der Einordnung und Bewertung zentraler Zielkonflikte, die im Rahmen der Wasserwiederverwendung auftreten. Der Fokus liegt auf der Abgrenzung wasserwirtschaftlicher Zielsetzungen von struktur- und energiepolitischen Zielen sowie deren Bedeutung für politische Maßnahmen und Förderentscheidungen.

16.6.1 Mehrdimensionale Zielsysteme im Strukturwandel

Der Strukturwandel in Transformationsregionen ist durch das gleichzeitige Wirken mehrerer politischer Zielsysteme gekennzeichnet. Neben wirtschafts- und strukturpolitischen Zielen wie Wertschöpfung, Beschäftigung und Standortentwicklung spielen klima- und energiepolitische Zielsetzungen sowie wasserwirtschaftliche Anforderungen eine wesentliche Rolle.

Diese Zielsysteme sind nicht deckungsgleich. Vielmehr bestehen zwischen ihnen zielbedingte Spannungen, die bei der Bewertung einzelner Maßnahmen im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie explizit zu berücksichtigen sind.

16.6.2 Wasserwiederverwendung als wasserwirtschaftliche Kernmaßnahme

Maßnahmen zur Wasserwiederverwendung leisten einen unmittelbaren Beitrag zur Stabilisierung des regionalen Wasserhaushalts und zur Anpassung an klimabedingte Veränderungen. Ihr primärer Nutzen liegt in der Reduzierung von Trink- und Grundwasserentnahmen sowie in der Erhöhung der Versorgungssicherheit in Trockenperioden. Gleichzeitig ist festzuhalten, dass wasserwirtschaftliche Maßnahmen in der Regel nur begrenzte direkte Effekte auf industrielle Wertschöpfung und Beschäftigung entfalten.

16.6.3 Struktur- und energiepolitische Maßnahmen

Im Gegensatz dazu verfolgen struktur- und energiepolitische Maßnahmen – wie beispielsweise die Wasserstofferzeugung aus erneuerbaren Energien – primär das Ziel der industriellen Transformation und Dekarbonisierung. Diese Maßnahmen weisen häufig eine hohe Förderpriorität auf, entfalten jedoch nur geringe direkte Wirkungen auf den regionalen Wasserhaushalt.

Die Nutzung von aufbereitetem Klarwasser kann solche Projekte unterstützen, indem sie Nutzungskonflikte mit der Trinkwasserversorgung vermeidet. Sie stellt jedoch keinen eigenständigen wasserwirtschaftlichen Hauptnutzen dar.

16.6.4 Zielkonflikte in der Förderpraxis

Förderprogramme sind überwiegend sektoral ausgerichtet und an spezifische Indikatoren gebunden. Dies führt dazu, dass Maßnahmen im Rahmen von Förderverfahren oftmals nur an einem Zielsystem gemessen werden, während positive Wirkungen in anderen Bereichen nicht oder nur eingeschränkt berücksichtigt werden. Für die Machbarkeitsbewertung bedeutet dies, dass eine rein förderlogische Betrachtung nicht ausreicht, um die tatsächliche Systemwirkung einer Maßnahme angemessen zu erfassen.

16.6.5 Methodischer Umgang mit Zielkonflikten

Zur sachgerechten Bewertung der betrachteten Maßnahmen muss eine differenzierte Betrachtung vorgenommen werden. Dabei werden Primärziele, Sekundärnutzen und potenzielle Zielkonflikte systematisch voneinander getrennt und transparent dargestellt. Dieser Ansatz ermöglicht es, sowohl wasserwirtschaftlich als auch strukturpolitisch sinnvolle Maßnahmen zu identifizieren und in ein kohärentes Maßnahmenbündel zu integrieren. Tabelle 64 zeigt den strukturellen Zielkonflikt zwischen den Kosten der Wasserwiederverwendung und den Erwartungen potenzieller Nutzer. Im Mittelpunkt steht die Differenz zwischen den tatsächlichen Bereitstellungskosten von aufbereitetem Klarwasser und der begrenzten Zahlungsbereitschaft der Abnehmer. Die Einordnung erfolgt nach Bedeutung und Steuerbarkeit der einzelnen Risikobereiche und verdeutlicht, in welchen Feldern wesentliche Hemmnisse bestehen und inwieweit diese beeinflussbar sind.

Tabelle 64: Struktureller Zielkonflikt zwischen Kostenstruktur und Nutzererwartung

Risikobereich	Bedeutung	Steuerbarkeit
Zielkonflikte	hoch	hoch
Technik	mittel–hoch	hoch
Wirtschaftlichkeit	hoch	mittel
Förderung	mittel	gering–mittel
Recht	mittel	mittel
Akzeptanz	mittel	hoch
Langfristige Entwicklung	hoch	gering

17 Konzept zur Prüfung der Machbarkeit eines Vorhabens

In diesem Kapitel werden SWOT-Analysen zu jeder der bisher betrachteten Nutzungsklassen mit einer projektbezogenen Risiko- und Maßnahmenbetrachtung verknüpft. Ziel ist es, eine konsistente, nachvollziehbare und prüffähige Entscheidungsgrundlage für zukünftige Vorhaben der Wasserwiederverwendung zu schaffen. Zentrale Herausforderungen und Risiken im Projektverlauf zukünftiger Vorhaben zur Wasserwiederverwendung im Landkreis Görlitz werden identifiziert und geeignete Strategien zur Bewältigung sowie mögliche Alternativen dargestellt. Berücksichtigt werden technische, wirtschaftliche, rechtliche, ökologische und soziale Aspekte im Kontext von Klimaanpassung und Strukturwandel.

17.1 Betrachtungen zu Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der Wasserwiederverwendung nach Nutzungsklassen

Die SWOT-Analyse dient der strategischen Einordnung der betrachteten Nutzungsklassen der Wasserwiederverwendung. Sie berücksichtigt interne Faktoren (Stärken und Schwächen) sowie externe Rahmenbedingungen (Chancen und Risiken) im Kontext von Wasserhaushalt, Strukturwandel, Förderpolitik und Klimaanpassung. Die SWOT-Analyse erfolgt nutzungsklassenspezifisch und bildet die Grundlage für die Identifikation potenziell kritischer Aspekte, die im weiteren Projektverlauf relevant werden können.

17.1.1 Nutzungsklasse Wasserstofferzeugung (Elektrolyse)

Tabelle 65: SWOT-Analyse Nutzungsklasse Wasserstofferzeugung (Elektrolyse)

Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
▪ Sehr hoher Beitrag zum Strukturwandel und zur Energiewende ▪ Nutzung regionaler Energieüberschüsse ▪ Hohe politische und fördertechnische Relevanz	▪ Hohe direkte Wirkung auf den Wasserhaushalt ▪ Sehr hohe Anforderungen an die Wasserqualität ▪ Wirtschaftlichkeit stark energiepreisabhängig ▪ Förderabhängigkeit ▪ EE-abhängige Betriebsweise

Chancen (Opportunities)	Risiken (Threats)
▪ Aufbau neuer industrieller Wertschöpfungsketten ▪ Stärkung des Net Zero Valley Lausitz ▪ Vermeidung von Trinkwassernutzung durch Klarwasser	▪ Abhängigkeit von Förderkulissen und politischem Rahmen ▪ Unsicherheiten bei Abnehmern und Netzinfrastruktur ▪ Gefahr der Überfrachtung als Wassermaßnahme6 ▪ Abwasserwiederverwendung ist rechtlich außerhalb der Landwirtschaft nicht geregelt ▪ Abwasserwiederverwendung ist satzungsgemäß bei den Abwasserzweckverbänden nicht abgebildet

Einordnung: Struktur- und energiepolitischer Kernbaustein mit flankierendem wasserwirtschaftlichem Nutzen

Strategische Relevanz: Sehr hoch energiepolitisch, mittel wasserwirtschaftlich

Ableitung: getrennte Bewertung von Wasser- und Energiezielen

[6] Gefahr der Überfrachtung als Wassermaßnahme: Damit ist das Risiko gemeint, dass die Wasserstofferzeugung aufgrund ihres Wasserbezugs fälschlich als wasserwirtschaftliche Hauptmaßnahme eingeordnet wird. Tatsächlich liegt der Primärnutzen der Elektrolyse in der Energie- und Strukturpolitik. Die Nutzung von aufbereitetem Klarwasser stellt einen flankierenden Nachhaltigkeits- und Konfliktvermeidungsaspekt dar, jedoch keinen wesentlichen Beitrag zur Stabilisierung des regionalen Wasserhaushalts.

17.1.2 Nutzungsklasse Landwirtschaft

Tabelle 66: SWOT-Analyse Nutzungsklasse Landwirtschaft

Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
▪ Sehr hoher Beitrag zur Stabilisierung des regionalen Wasserhaushalts ▪ Direkte Klimaanpassungswirkung bei zunehmender Trockenheit ▪ Geringe technische Aufbereitungsanforderungen ▪ Flächenwirksame, regional breit einsetzbare Maßnahme	▪ Geringe direkte wirtschaftliche Wertschöpfung ▪ Saisonale Nachfrage und begrenzte Speichermöglichkeiten ▪ Abhängigkeit von Akzeptanz und Betriebsstrukturen der Landwirtschaft ▪ Aufbereitungskosten übersteigen Zahlungsbereitschaft
Chancen (Opportunities)	**Risiken (Threats)**
▪ Sicherung landwirtschaftlicher Produktion in Trockenjahren ▪ Reduktion von Nutzungskonflikten zwischen Landwirtschaft und Trinkwasserversorgung ▪ Positive Wahrnehmung als Klimaanpassungsmaßnahme ▪ Förderfähigkeit im Klimaanpassungskontext	▪ Akzeptanzprobleme bei Qualitätswahrnehmung ▪ Zunehmende Extremereignisse können Bewässerungswirkung begrenzen ▪ Wirtschaftlichkeit häufig förderabhängig

Einordnung: Wasserwirtschaftlich prioritäre Nutzung mit hoher Bedeutung für die Klimaanpassung, jedoch begrenzter strukturpolitischer Wirkung.

Strategische Relevanz: Hoch für Klimaanpassung; mittel für Wirtschaftlichkeit.

Ableitung: höhere Gewichtung ökologischer Kriterien

17.1.3 Nutzungsklasse Trinkwasserähnliches Brauchwasser

Tabelle 67: SWOT-Analyse Nutzungsklasse Trinkwasserähnliches Brauchwasser

Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
▪ Sehr hohe Versorgungs- und Qualitätsstandards ▪ Einsatzfähig für sensible industrielle oder institutionelle Anwendungen ▪ Rechtlich klar einordenbar	▪ Sehr hohe Investitions- und Betriebskosten ▪ Hoher Energiebedarf und komplexe Technik ▪ Geringe zusätzliche Entlastung des Wasserhaushalts
Chancen (Opportunities)	**Risiken (Threats)**
▪ Notfall- oder Engpasslösung bei regionalen Trinkwasserproblemen ▪ Spezielle industrielle Anwendungen mit hohen Qualitätsanforderungen	▪ Wirtschaftlich häufig nicht tragfähig ▪ Akzeptanzprobleme aufgrund hoher Kosten ▪ Konkurrenz zur Trinkwasserversorgung

Einordnung: Technisch mögliche, jedoch strategisch nachrangige Nischenlösung

Strategische Relevanz: Hoch für Strukturwandel und Wirtschaftlichkeit

Ableitung: hohe Gewichtung ökonomischer und technischer Kriterien

17.1.4 Industrielles Brauchwasser

Tabelle 68: SWOT-Analyse Nutzungsklasse Industrielles Brauchwasser

Stärken (Strengths)	**Schwächen (Weaknesses)**
▪ Hohe Entlastung des Wasserhaushalts durch große Volumina ▪ Direkte Relevanz für industrielle Bestands- und Neuansiedlungen ▪ Gute Verbindung von Wasserwirtschaft und Strukturwandel ▪ Planbare Wasserabnahme ▪ Höhere Zahlungsbereitschaft ▪ Standortsicherung	▪ Höhere Investitions- und Betriebskosten ▪ Abhängigkeit von industrieller Nachfrage und Konjunktur ▪ Teilweise komplexe Genehmigungs- und Betreiberstrukturen ▪ Abhängigkeit von Qualitätsanforderungen ▪ Schwächung der Vorfluter durch fehlende Einleitmengen insb. in Niedrigwasserzeiten
Chancen (Opportunities)	**Risiken (Threats)**
▪ Stärkung der regionalen Industrie und Standortsicherung ▪ Gute Förderfähigkeit durch Kombinationsnutzen (Wasser + Wirtschaft) ▪ Langfristige Nachfrage bei stabilen Industriepartnern ▪ Industrielle Kreislaufnutzung	▪ Strukturelle Abhängigkeit von einzelnen Abnehmern mit eingeschränkter Anpassungsfähigkeit bei Nachfrageänderungen ▪ Strukturwandelrisiken bei Branchenveränderungen ▪ Überdimensionierung bei Fehleinschätzung der Nachfrage

Einordnung: Schlüssel-Nutzungsklasse mit Doppelnutzen für Wasserhaushalt und Strukturwandel.

Strategische Relevanz: Hoch für Strukturwandel und Wirtschaftlichkeit

Ableitung: hohe Gewichtung ökonomischer und technischer Kriterien

17.1.5 Löschwasserbereitstellung

Tabelle 69: SWOT-Analyse Nutzungsklasse Löschwasserbereitstellung

Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
▪ Sehr hohe Bedeutung für kommunale und industrielle Sicherheit ▪ Erhöhung kommunaler Resilienz ▪ Geringe Qualitätsanforderungen an das Wasser ▪ Hohe Akzeptanz bei Kommunen, Feuerwehren und Industrie	▪ Geringer Wasserumsatz und keine laufende Wertschöpfung ▪ Nutzung erfolgt nur im Ereignisfall ▪ Wirtschaftliche Refinanzierung schwierig
Chancen (Opportunities)	**Risiken (Threats)**
▪ Verbesserung der Standortattraktivität für Industrieansiedlungen ▪ Synergien mit Speicher- und Infrastrukturmaßnahmen ▪ Reduktion der Vorhaltung von Trinkwasser für Löschzwecke	▪ Unterdimensionierung bei zunehmenden Extremwetterereignissen ▪ Politische Unterschätzung der strategischen Bedeutung ▪ Hoher Investitionsaufwand ohne direkte Erlöse

Einordnung: Infrastrukturell und sicherheitsrelevant, mit indirektem Nutzen für den Strukturwandel

Strategische Relevanz: mittel, für Daseinsvorsorge; qualitative Zusatzbewertung

17.2 Potenzielle Herausforderungen, Risiken und Bewältigungsstrategien für Projekte der Wasserwiederverwendung im Landkreis Görlitz

Aus den identifizierten Schwächen und Risiken der SWOT-Analyse werden projektspezifische Risiken abgeleitet. Hierbei erfolgt eine Überführung der strategischen Bewertung in konkrete, förderrelevante Risikokategorien, beispielsweise wirtschaftliche Risiken, technische Risiken oder Genehmigungsrisiken. Berücksichtigt werden technische, wirtschaftliche, rechtliche, ökologische und soziale Aspekte im Kontext von Klimaanpassung und Strukturwandel. Folgende Risiken wurden abgeleitet:

- Strategisch-konzeptionelle Risiken
- Technisch-betriebliche Risiken
- Wirtschaftliche Risiken
- Förder- und Finanzierungsrisiken
- Rechtliche und regulatorische Risiken
- Akzeptanz- und Kommunikationsrisiken
- Regionale Besonderheiten im Landkreis Görlitz

Wasserwiederverwendungsprojekte sind weniger durch technische Risiken als durch Zielkonflikte, Förderlogik und Unsicherheiten in der Nachfrage geprägt. Eine modulare, stufenweise Umsetzung mit

klarer Zieltrennung, flexibler Technik und frühzeitiger Einbindung von Fördergebern und Behörden stellt die wirksamste Strategie zur Risikominimierung dar.

17.2.1 Strategisch-konzeptionelle Risiken

Risiko 1: Zielkonflikte zwischen Wasserhaushalt, Strukturwandel und Förderung

In Hinsicht auf die strategisch konzeptionellen Risiken erwiesen sich Zielkonflikte zwischen Wasserhaushalt, Strukturwandel und Förderung als eine große Herausforderung. Unterschiedliche Zielsysteme (Gewässerschutz, Wiederverwendung, Industrieansiedlung, Klimaschutz) führen zu widersprüchlichen Erwartungen an das Projekt.

Unterschiedliche Zielsysteme	
Auswirkungen	▪ Verzögerungen in Entscheidungsprozessen ▪ Förderrechtliche Ablehnung einzelner Projektbestandteile ▪ politische Unsicherheit
Bewältigungsstrategie	▪ Verzögerungen in Entscheidungsprozessen ▪ Förderrechtliche Ablehnung einzelner Projektbestandteile ▪ politische Unsicherheit
Alternative:	Umsetzung als Maßnahmenbündel, z. B. Grundprojekt (initiale, funktionsfähige Mindestlösung) + optionale Erweiterungsstufen, die eine spätere technische, kapazitive oder qualitative Erweiterung bei veränderten Rahmenbedingungen ermöglichen

17.2.2 Technisch-betriebliche Risiken

Risiko 2: Unzureichende oder schwankende Ablaufwasserqualität

Dieses Risiko besteht z. B. in Schwankungen der Zulaufqualität infolge von Störfällen in der vorgeschalteten Kläranlage und Niederschlägen sowie in schwankenden Einleitmengen.

Schwankungen durch Industrieeinleiter, Niederschläge, Störfälle.	
Auswirkungen	▪ instabiler Betrieb der Aufbereitung ▪ erhöhte Betriebskosten ▪ Nichterfüllung von Nutzungsanforderungen
Bewältigungsstrategie	▪ Mehrbarrierenkonzept (z. B. SF/MF → UF → UV) ▪ Online-Monitoring (Trübung, DOC, Leitfähigkeit) ▪ Puffer- und Speicherstufen
Alternative:	Nutzung nur für robuste Nutzungsklassen (Industrie, Löschwasser) zeitweise Rückführung in Vorflut

Risiko 3: Überdimensionierung oder Fehldimensionierung der Aufbereitung

Dieses Risiko besteht in unsicheren Mengenprognosen in Hinsicht auf die verfügbaren Klarwassermengen in Abhängigkeit von der demografischen Entwicklung sowie von den Mengenbedarfen zukünftiger industrieller Ansiedlungen.

Unsichere Mengenprognosen (Demografie vs. Industrieentwicklung)	
Auswirkungen	▪ hohe CAPEX ohne Auslastung ▪ ineffizienter Betrieb
Bewältigungsstrategie	▪ modulare Bauweise (Skalierung nach Bedarf) ▪ Dimensionierung nach Mindestabnahme ▪ Szenarienrechnung (min / ref / max)
Alternative:	dezentrale, nutzungsspezifische Aufbereitung mobile / containerbasierte Technik

Risiko 4: Konzentrate aus UO, MF und UF

Die aus den Aufbereitungsstufen UO, MF und UF anfallenden Konzentrate stellen neben technischen Herausforderungen ebenso ein Entsorgungsrisiko, regulatorisches Risiko und ein Kostenrisiko dar.

Konzentrate aus UO, MF und UF	
Auswirkungen	▪ erhöhter apparativer Aufwand (zusätzliche Behandlungsstufe) ▪ erhöhter infrastruktureller Aufwand (Rückführung in die Kläranlage, Entsorgung) ▪ hohe OPEX
Bewältigungsstrategie	▪ frühzeitige Behördenabstimmung ▪ zentrale Entsorgung ▪ Rückführung in Kläranlage
Alternative:	zentrale Aufbereitung Verdünnungskonzepte

17.2.3 Wirtschaftliche Risiken

Risiko 5: Unzureichende Wirtschaftlichkeit / hohe spezifische Kosten

Hohe Investitions- und Betriebskosten bei begrenzter Nachfrage	
Auswirkungen	▪ fehlende Tragfähigkeit ▪ Förderabhängigkeit hohe OPEX
Bewältigungsstrategie	▪ Kopplung mit Industrieabnehmern (Take-or-Pay) ▪ Kombination mehrerer Nutzungsklassen ▪ Nutzung vorhandener Infrastruktur (Speicher, Leitungen)
Alternative:	Fokus auf wasserwirtschaftlichen Nutzen statt Erlösgenerierung Pilot- oder Demonstrationsprojekt

Risiko 6: Förder- und Finanzierungsrisiken

Zeitverzug, Programmänderungen, sektorale Förderlogik	
Auswirkungen	▪ Projektverzögerung ▪ Finanzierungsrisiken
Bewältigungsstrategie	▪ förderlogische Trennung (Gewässerschutz vs. Wiederverwendung) ▪ frühzeitige Fördermittelabstimmung ▪ parallele Antragstellung (Land / Bund / EU)
Alternative:	stufenweise Umsetzung Vorfinanzierung einzelner Module

17.2.4 Rechtliche und regulatorische Risiken

Risiko 7: Unklare Genehmigungsanforderungen

Abgrenzung zwischen Abwasser-, Wasser- und Hygienerecht	
Auswirkungen	▪ Verzögerungen ▪ zusätzliche Auflagen
Bewältigungsstrategie	▪ frühzeitige Einbindung der Genehmigungsbehörden ▪ Orientierung an EU-VO 2020/741 und DWA-M 1200 ▪ dokumentiertes Risikomanagement (WHO-Ansatz)
Alternative:	Start mit nicht genehmigungskritischen Nutzungen (z. B. Industrie intern)

17.2.5 Akzeptanz- und Kommunikationsrisiken

Risiko 8: Akzeptanzprobleme bei Öffentlichkeit oder Nutzern

Vorbehalte gegenüber „Abwasserwiederverwendung“	
Auswirkungen	▪ politischer Widerstand ▪ Verzögerungen
Bewältigungsstrategie	▪ transparente Kommunikation (Zweck, Qualität, Sicherheit) ▪ klare Abgrenzung zu Trinkwasser ▪ Referenzprojekte und Pilotbetrieb
Alternative:	Nutzung ausschließlich in industriellen Kreisläufen Keine öffentliche Beteiligung

17.2.6 Förder- und Finanzierungsrisiken

Risiko 9: Fehlanpassung an Klimawandel und Strukturwandel

Langfristige Veränderungen (Trockenheit, Industrieabwanderung)	
Auswirkungen	▪ sinkende Nachfrage ▪ veraltete Infrastruktur
Bewältigungsstrategie	▪ flexible Nutzungskonzepte ▪ Kombination zentraler und dezentraler Ansätze ▪ regelmäßige Re-Evaluation (z. B. alle 5 Jahre)
Alternative:	reversible Investitionen adaptive Betriebsstrategien

17.3 Prüfschema zur Beurteilung von Vorhaben der Wasserwiederverwendung

In vorliegendem Kapitel wird ein schrittweise Prüfschema zur systematischen Beurteilung der Machbarkeit von Vorhaben zur Wasserwiederverwendung vorgeschlagen. Ziel ist es, zukünftigen Anwendern eine konkrete Orientierung zu geben, wie der Prüfprozess eingebunden werden können.

Das Ablaufschema folgt einer sequenziellen Logik, bei der jede Prüfstufe auf den Ergebnissen der vorherigen Stufe aufbaut. Ein Rücksprung in frühere Stufen ist möglich, sofern sich neue Restriktionen oder Optimierungspotenziale ergeben.

- Schritt 1: Vorbereitung und Abgrenzung des Prüfumfangs
- Schritt 2: Analyse der Ausgangslage und Rahmenbedingungen
- Schritt 3: Nutzungsklassenbezogene Anforderungen
- Schritt 4: Technische Machbarkeit und Verfahrenskombinationen
- Schritt 5: Wirtschaftliche Bewertung inkl. Fördermöglichkeiten
- Schritt 6: SWOT-Analyse und Risikobetrachtung
- Schritt 7: Analyse von Zielkonflikten (Wasserhaushalt, Strukturwandel, Klimaziele)
- Schritt 8: Integrierte Gesamtbewertung und Machbarkeitsaussage

Die Standortbewertung stellt eine wichtige querschnittliche Prüfstufe dar. Das EU-MultiReUse-Tools kann unterstützend in den ersten Schritten des Prüfschemas eingesetzt werden.

17.3.1 Unterstützende Einbindung des MultiReUse-Tools

MultiReUse ist ein von der Europäischen Kommission (Joint Research Centre, JRC) im Rahmen von EU-Initiativen zur nachhaltigen Wassernutzung entwickeltes, offizielles Bewertungs- und Vergleichstool für Wasserwiederverwendungsstrategien. Es ermöglicht eine standardisierte, technologieübergreifende Analyse von Wasserwiederverwendungsoptionen hinsichtlich technischer Leistungskenngrößen, Kosten, Umweltwirkungen und Energiebedarf.

MultiReUse unterstützt Entscheider bei der Frühbewertung von Szenarien und Technologien, indem es vergleichbare Datengrundlagen und Modellannahmen liefert, die sowohl für kommunale als auch industrielle Nutzungsklassen einsetzbar sind. Aufgrund seines modulbasierten Aufbaus eignet sich das Tool zur Integration in größere Prüfprozesse, ist aber standortspezifisch zu parametrisieren, da es standardisierte Referenzannahmen verwendet.

Im Prüfschema kann das EU-Tool MultiReUse unterstützend eingesetzt werden. Es eignet sich insbesondere zur Unterstützung der frühen Prüfstufen 1-3. MultiReUse liefert standardisierte Annahmen zu Aufbereitungstechnologien, Wasserqualitäten, Kostenkennwerten und Umweltwirkungen. Im Prüfschema wird MultiReUse nicht als alleinige Entscheidungsgrundlage genutzt.

Konkret kann MultiReUse eingesetzt werden für:

- Plausibilisierung technischer Verfahrenskombinationen
- Erste Abschätzung von Kosten- und Energiebedarfen
- Vergleich alternativer Nutzungsklassen auf einheitlicher Datenbasis

Die Ergebnisse sind standortspezifisch zu überprüfen und bei Bedarf durch regionale Daten zu ersetzen.

17.3.2 Vorbereitung und Abgrenzung des Prüfumfangs

Im ersten Schritt ist der Prüfumfang eindeutig festzulegen. Hierzu gehören die Abgrenzung des Untersuchungsraums (z. B. Kläranlagenstandort, Einzugsgebiet, potenzielle Abnehmer) sowie die Definition der betrachteten Nutzungsklassen (z. B. Landwirtschaft, Industrie, Löschwasser, Wasserstofferzeugung). Parallel sind die zeitliche Perspektive (kurz-, mittel-, langfristig) und die Zielsetzung der Untersuchung (Vorprüfung, Machbarkeitsstudie, Förderantrag) festzulegen.

17.3.3 Analyse der Ausgangslage und Rahmenbedingungen

In einem zweiten Schritt sind die wasserwirtschaftlichen und räumlichen Rahmenbedingungen zu erfassen. Dazu zählen insbesondere die verfügbaren Klarwassermengen, deren saisonale Schwankungen, die bestehende Einleitpraxis in die Vorflut sowie die Bedeutung der Abwassermengen für den lokalen Wasserhaushalt. Ebenso sind bestehende Infrastrukturen, Flächenverfügbarkeiten und Anbindungen an Energie- und Verkehrsnetze zu berücksichtigen.

17.3.4 Nutzungsklassenbezogene Anforderungen

Auf Grundlage der Ausgangslage sind die Anforderungen der einzelnen Nutzungsklassen systematisch zu erfassen. Dies umfasst qualitative Anforderungen (z. B. hygienische Mindeststandards), quantitative Anforderungen (Versorgungssicherheit, Spitzenbedarfe) sowie rechtliche Vorgaben. Diese Anforderungen bilden die Referenzgröße für alle nachfolgenden Prüfungen.

17.3.5 Technische Machbarkeit und Verfahrenskombinationen

Die technische Prüfung erfolgt ausschließlich auf Ebene sinnvoller Verfahrenskombinationen. Einzelne Aufbereitungsverfahren (z. B. Sandfiltration, Mikro- oder Ultrafiltration, Aktivkohle, Umkehrosmose, Desinfektionsstufen) erfüllen jeweils nur Teilfunktionen und sind daher immer als Bestandteil einer mehrstufigen Aufbereitungskette zu betrachten. Zu prüfen ist, ob die Anforderungen der jeweiligen Nutzungsklasse durch robuste, betriebssichere Kombinationen dauerhaft eingehalten werden können.

17.3.6 Wirtschaftliche Bewertung

In diesem Schritt sind Investitions-, Jahres- und Betriebskosten der identifizierten Verfahrenskombinationen zu ermitteln und in Relation zur Nutzungsklasse zu bewerten. Maßgeblich ist nicht die absolute Kostenhöhe, sondern deren Angemessenheit im jeweiligen Nutzungskontext. Zusätzlich sind Fördermöglichkeiten zu identifizieren und ihre Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen.

17.3.7 SWOT-Analyse und Risikobetrachtung

Die SWOT-Analyse dient der strukturierten Bewertung von Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der Wasserwiederverwendung am betrachteten Standort. Ergänzend sind projektspezifische Risiken (technisch, wirtschaftlich, rechtlich, gesellschaftlich) zu identifizieren und geeignete Minderungs- oder Alternativmaßnahmen abzuleiten.

17.3.8 Analyse von Zielkonflikten

In dieser Prüfstufe sind Zielkonflikte zwischen Wasserhaushalt, Strukturwandel, Klimaschutz und wirtschaftlicher Entwicklung explizit zu analysieren. Es ist zu prüfen, inwieweit Förderprogramme diese Zielkonflikte verstärken oder abmildern und welche Nutzungsklassen aus regional-strategischer Sicht zu priorisieren sind.

17.3.9 Integrierte Gesamtbewertung und Machbarkeitsaussage

Abschließend werden die Ergebnisse aller Prüfschritte integriert zusammengeführt. Ziel ist eine nachvollziehbare Machbarkeitsaussage, die klar darlegt, welche Nutzungsklassen und Verfahrenskombinationen am Standort grundsätzlich geeignet sind, welche Rahmenbedingungen zwingend einzuhalten sind und wo wesentliche Restriktionen oder Unsicherheiten bestehen.

17.3.10 Verknüpfung mit der Standortbewertung

Die Standortbewertung ist als querschnittliche Prüfstufe konzipiert und verknüpft technische Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Wasserhaushalt, Genehmigungsrisiken sowie strategische Zielkonflikte. Sie wird methodisch durch den Gutachter durchgeführt und stützt sich auf Zuarbeiten der Kommunen, der wasserwirtschaftlichen Akteure und relevanter Fachbehörden. Ziel ist keine Standortentscheidung im engeren Sinne, sondern eine strukturierte, nachvollziehbare Einordnung der Standorte im Hinblick auf ihre Eignung für unterschiedliche Nutzungsklassen und Verfahrenspfade.

Die Ergebnisse der Standortbewertung beeinflussen insbesondere:

- die Auswahl geeigneter Nutzungsklassen,
- die Dimensionierung der Aufbereitung,
- die Bewertung der Wirtschaftlichkeit,
- sowie die Identifikation genehmigungsrechtlicher Risiken.

Tabelle 70: Einordnung der Standortprüfung in das Prüfschema

Prüfschritt	Rolle der Standortbewertung
Frühe Prüfung	Ausschluss / Fokussierung
Technik	Machbarkeit & Dimension
Wirtschaft	Kostenhebel
Umwelt	Wasserhaushalt
Recht	Risikoeinschätzung
Strategie	Zielkonflikte

17.3.11 Zusammenführung im Entscheidungsprozess

Im finalen Entscheidungsschritt werden die Ergebnisse des Prüfschemas, des MultiReUse-Screenings und der standortbezogenen Bewertung integriert zusammengeführt. Daraus ergibt sich eine transparente, begründete Machbarkeitsaussage, die sowohl technische als auch strategisch-politische Aspekte berücksichtigt. Abbildung 54 stellt das Schema der Faktoren dar, die wesentlichen Einfluss auf die Wiederverwendung kommunal gereinigten Abwassers haben, deren Beziehungen in vorliegender Machbarkeitsstudie dargestellt werden und im Prüfschema berücksichtigt werden müssen.

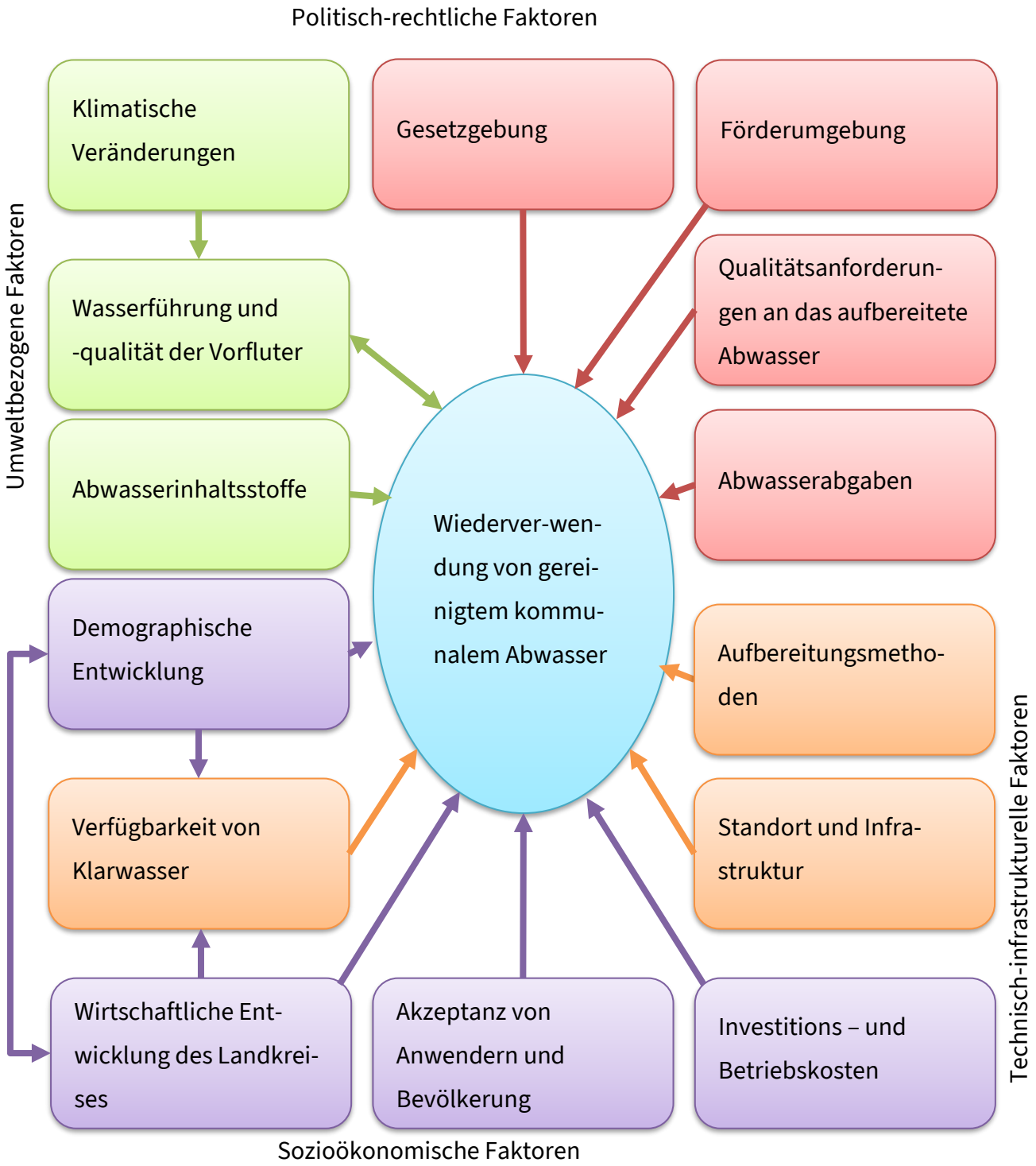


Abbildung 52: Schema von Faktoren mit Relevanz auf die Wasserwiederverwendung

18 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie belegen insgesamt ein erhebliches Potenzial der Wasserwiederverwendung zur Ergänzung bestehender Wasserressourcen im Landkreis Görlitz und zur Sicherung wasserwirtschaftlicher Grundlagen im Kontext regionaler Transformationsprozesse. Unter geeigneten technischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen kann die Nutzung aufbereiteter kommunaler Abwässer einen wirksamen Beitrag zur Stabilisierung der Wasserverfügbarkeit leisten und damit zur Anpassung an sich verändernde klimatische, demografische und wirtschaftliche Randbedingungen beitragen.

Von besonderer Bedeutung ist dabei das Zusammenspiel mehrerer Entwicklungen, die die zukünftige Wasserbewirtschaftung in der Region maßgeblich prägen. Einerseits ist infolge der prognostizierten demografischen Entwicklung langfristig von rückläufigen kommunalen Abwassermengen auszugehen. Andererseits führt der wirtschaftliche Strukturwandel im Lausitzer Revier zu neuen wasserintensiven Nutzungsanforderungen, insbesondere im Zusammenhang mit industriellen Entwicklungsimpulsen und der Etablierung klimaneutraler Produktionsprozesse. Hieraus ergibt sich eine strukturelle Verschiebung zwischen Wasserangebot und Wasserbedarf, die die Erschließung zusätzlicher Wasserdargebote zunehmend erforderlich macht. Diese Entwicklung wird durch die erwarteten Auswirkungen klimatischer Veränderungen weiter verstärkt. Zukünftig zunehmende Schwankungen der Wasserverfügbarkeit, Veränderungen der Grundwasserneubildung sowie veränderte Abflussverhältnisse führen zu erhöhten Anforderungen an die Anpassungsfähigkeit wasserwirtschaftlicher Systeme. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Nutzung aufbereiteter Abwässer als steuerbare und regional verfügbare Ressource an wasserwirtschaftlicher Bedeutung.

Gleichzeitig zeigen die Untersuchungen, dass wasserwirtschaftliche Maßnahmen nicht isoliert betrachtet werden können, sondern in komplexe ökologische und naturräumliche Wirkungszusammenhänge eingebunden sind. Veränderungen des Wasserhaushalts können Auswirkungen auf Gewässerökosysteme, Landschaftswasserhaushalt und bestehende Nutzungssysteme nach sich ziehen. Insbesondere die Reduzierung von Kläranlagenabläufen kann Veränderungen des mengenmäßigen und chemischen Zustands von Fließgewässern bewirken. Eine standortbezogene Bewertung möglicher Auswirkungen sowie die Sicherstellung wasserrechtlicher Umweltziele stellen daher grundlegende Voraussetzungen für die Umsetzung entsprechender Vorhaben dar.

Hinsichtlich der technischen Umsetzbarkeit konnte gezeigt werden, dass für unterschiedliche Nutzungsklassen geeignete Aufbereitungsverfahren und Verfahrenskombinationen zur Verfügung stehen. Durch mehrstufige Aufbereitungskonzepte lassen sich Wasserqualitäten erzeugen, die den jeweiligen Nutzungsanforderungen entsprechen. Dabei zeigen sich je nach Anwendungsbereich unterschiedliche Voraussetzungen für die Übertragbarkeit der entwickelten Ansätze. Für industrielle

Anwendungen sowie für die Wasserstofferzeugung bestehen aufgrund klar definierter Qualitätsanforderungen und kontinuierlicher Bedarfsstrukturen grundsätzlich günstige Rahmenbedingungen für eine Umsetzung, sofern eine zuverlässige Bereitstellung entsprechender Wasserqualitäten sichergestellt werden kann. Auch für die landwirtschaftliche Bewässerung ergeben sich grundsätzlich geeignete Anwendungsmöglichkeiten, wobei standortbezogene Anforderungen an Wasserqualität, saisonale Verfügbarkeit und bodenökologische Aspekte zu berücksichtigen sind. Für die Löschwasserbereitstellung bestehen vergleichsweise geringere Anforderungen an die Wasserqualität, während zugleich geeignete Speicher- und Bereitstellungskonzepte zur Sicherstellung der Versorgung im Ereignisfall erforderlich sind. Insgesamt hängt die technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit maßgeblich von den jeweiligen Nutzungsanforderungen, den verfügbaren Abwassermengen sowie den standörtlichen Rahmenbedingungen ab.

Die im Rahmen der Studie entwickelten technischen Lösungsansätze sowie die abgeleiteten skalierbaren Kostenfunktionen ermöglichen eine erste wirtschaftliche Einordnung und Dimensionierung zukünftiger Projekte und schaffen damit eine übertragbare Grundlage für Voruntersuchungen an vergleichbaren Standorten. Neben technischen Fragestellungen kommt den organisatorischen und institutionellen Rahmenbedingungen eine entscheidende Bedeutung zu. Unterschiedliche Betreiberstrukturen – von kommunalen Betriebsmodellen über kommunale Unternehmen bis hin zu kooperativen Organisationsformen – bieten grundsätzlich geeignete Ansätze für die Umsetzung entsprechender Vorhaben. Gleichzeitig sind wirtschaftliche Rahmenbedingungen, insbesondere mögliche Auswirkungen auf die Abwasserabgabe, in zukünftige Systembewertungen einzubeziehen.

Ein zentrales Ergebnis der Studie besteht in der Entwicklung eines strukturierten Bewertungs- und Prüfschemas zur systematischen Beurteilung zukünftiger Vorhaben der Wasserwiederverwendung. Hierdurch wird eine methodische Grundlage für transparente und nachvollziehbare Planungs- und Entscheidungsprozesse geschaffen, die eine integrierte Bewertung technischer, wirtschaftlicher und umweltbezogener Aspekte ermöglicht.

In der Gesamtbetrachtung zeigt sich, dass die Wasserwiederverwendung nicht ausschließlich als technische Einzelmaßnahme zu verstehen ist, sondern als Bestandteil einer integrierten wasserwirtschaftlichen Strategie zur Anpassung an langfristige strukturelle Veränderungen. Die entwickelten technischen Konzepte, Bewertungsverfahren und Kostenansätze besitzen über den regionalen Betrachtungsraum hinaus Modellcharakter und können grundsätzlich auf andere Regionen des Freistaates Sachsen übertragen werden. Damit ergibt sich ein Beitrag zur Weiterentwicklung landesweiter Strategien im Sinne des Handlungsprogramms „Zukunft Wasser Sachsen“.

19 Ausblick

Die in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Ergebnisse der Machbarkeitsstudie bilden eine fachlich fundierte Grundlage für die Bewertung der Wasserwiederverwendung im Landkreis Görlitz. Sie basieren auf der Auswertung der verfügbaren fachlichen, technischen und standortbezogenen Datengrundlagen sowie auf ergänzenden Untersuchungen im Rahmen der Studie.

In einzelnen Teilbereichen bestehen jedoch Einschränkungen, insbesondere hinsichtlich Datenverfügbarkeit, zeitlicher Auflösung, Analyseumfang sowie standortbezogener Vertiefung. Diese sind dem Maßstab der Untersuchung sowie der verfügbaren Datengrundlage geschuldet. Für eine weiterführende Planung sowie im Rahmen konkreter Genehmigungsverfahren ist daher eine standortspezifische Präzisierung und Vertiefung erforderlich.

Die Tabelle 71 fasst die wesentlichen Annahmen und Vereinfachungen der einzelnen Kapitel zusammen und stellt den daraus resultierenden Untersuchungs- und Präzisierungsbedarf dar.

Tabelle 71: Wesentliche Annahmen und Vereinfachungen und daraus resultierender Untersuchungs- und Präzisierungsbedarf

Kapitel / Bezug	Themenbereich	Annahmen / Vereinfachungen	Untersuchungsbedarf
Kapitel 2.3 / 7.2	Datenbasis Kläranlagenabläufe	Eingeschränkte Zeitreihen und Parameterumfang	Mehrjährige Messreihen und erweiterte Analytik
Kapitel 2.3 / 7.2	Probenahme und Analytik	Einmalige Messkampagne (Niedrigwasser)	Mehrere Kampagnen pro Jahr, saisonale Differenzierung
Kapitel 7.3 / 10.2	Gewässerbewertung	Referenzmessstellen, keine vollständige Einleitstellenbewertung	Standortbezogene Untersuchungen ober-/unterhalb Einleitstelle
Kapitel 7.3 / 10.2	Hydrologie	Vereinfachte Kennwerte (MNQ, MQ)	Detaillierte Niedrigwasser- und Klimaanalysen
Kapitel 9 / 11	Wasserqualität	Anforderungen ohne nutzerspezifische Konkretisierung	Abstimmung mit konkreten Nutzern
Kapitel 9	Wasserbedarfe	Prognosebasierte Annahmen	Lastprofile und Bedarfsverifizierung
Kapitel 11	Verfahrenstechnik	Überschlägige Auslegung	Pilotversuche und Detailplanung
Kapitel 12	Kosten	Literaturbasierte Kostenschätzung	Detaillierte Kostenberechnung und Sensitivitätsanalyse
Kapitel 11 / 12	Infrastruktur	Konzeptionelle Betrachtung	Trassenstudien und hydraulische Berechnungen

Kapitel / Bezug	Themenbereich	Annahmen / Vereinfachungen	Untersuchungsbedarf
Kapitel 10	Umweltauswirkungen	Modellhafte Bewertung	Vertiefte Monitoringprogramme
Kapitel 14	Genehmigung	Grundsätzliche Bewertung	Standortbezogene Abstimmung mit Behörden

Für die weitere Entwicklung erscheint eine differenzierte Betrachtung nach Nutzungsklassen zweckmäßig. Für industrielle Anwendungen sowie für die Wasserstofferzeugung bestehen aufgrund kontinuierlicher Bedarfsstrukturen und klar definierter Qualitätsanforderungen vergleichsweise günstige Voraussetzungen für eine Umsetzung, verbunden mit Anforderungen an Versorgungssicherheit und Prozessintegration. Im Bereich der landwirtschaftlichen Bewässerung erfordert die Umsetzung standortangepasste Versorgungskonzepte unter Berücksichtigung saisonaler Bedarfsstrukturen, bodenökologischer Anforderungen sowie geeigneter Speicher- und Verteilungssysteme. Für die Löschwasserbereitstellung stehen demgegenüber Fragen der Speicher- und Bereitstellungsinfrastruktur sowie der organisatorischen Sicherstellung der Versorgung im Ereignisfall im Vordergrund.

Parallel zur technischen Weiterentwicklung besteht weiterer Klärungsbedarf hinsichtlich organisatorischer und rechtlicher Rahmenbedingungen, Betreiberstrukturen und Finanzierungsmodelle. Die Umsetzung entsprechender Vorhaben setzt zudem die Berücksichtigung abgabenrechtlicher Auswirkungen, insbesondere im Zusammenhang mit der Abwasserabgabe, sowie vertiefte wasserwirtschaftliche und ökologische Bewertungen im Rahmen zukünftiger Planungs- und Genehmigungsverfahren voraus.

Die Realisierung wasserwirtschaftlicher Vorhaben dieser Art erfordert darüber hinaus geeignete institutionelle, rechtliche und finanzielle Rahmenbedingungen. Hierzu zählen insbesondere abgestimmte Genehmigungs- und Verwaltungsverfahren, klare Zuständigkeitsstrukturen sowie die Bereitstellung geeigneter Förderinstrumente zur Unterstützung investiver Maßnahmen. Vor dem Hintergrund der infrastrukturellen Bedeutung und der hohen Investitionserfordernisse kommt der politischen und fördertechnischen Unterstützung im Kontext des regionalen Strukturwandels eine wesentliche Bedeutung zu.

Das im Rahmen der Studie entwickelte Prüfschema bildet eine geeignete Grundlage für die systematische Bewertung zukünftiger Vorhaben und sollte in der Planungspraxis Anwendung finden. Ebenso erscheint eine Prüfung der Übertragbarkeit der entwickelten technischen und methodischen Ansätze auf andere Regionen des Freistaates Sachsen zweckmäßig.

Vor dem Hintergrund klimatischer Veränderungen, zunehmender Nutzungskonkurrenzen und des strukturellen Wandels im Lausitzer Revier ist von einer weiterwachsenden Bedeutung alternativer Wasserressourcen auszugehen. Der Wasserwiederverwendung kommt hierbei eine wichtige Funktion für die langfristige Sicherung der Wasserverfügbarkeit, die Stärkung regionaler Wasserinfrastrukturen sowie die Unterstützung nachhaltiger wasserwirtschaftlicher Strategien zu.

Literaturverzeichnis

(2025), B. (2025). *WavE*. Von WavE: https://bmbf-wave.de/ abgerufen

Amtsblatt der EU 2022/C 298/01. (05. 08 2022). Leitlinien zur Anwendung der Verordnung 2020/741 über Mindesanforderungen an die Wasserwiederverwendung. *Bekanntmachung der Kommission*.

ArcelorMittal & Thyssenkrupp. (2021). *Industrielle Wasserwiederverwendung – Strategien und Pilotprojekte, Unternehmensberichte.*

Asano, T. B. (2007). *Water reuse: Issues, technologies, and applications.* New York: NY: McGraw-Hill.

Berliner Wasserbetriebe. (2023). *Projekt E-MetO – Elektrolyse mit Nutzung von Brauchwasser zur Methanisierung.* Klärwerk Schönerlinde.

BGR. (2025). *Grundwassermodell Lausitz*. Abgerufen am 11 2025 von Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: https://www.bgr.bund.de/gwm-lausitz

BMBF. (2021). *Fördermaßnahme WavE I und II – Wasser- und Abwassertechnologien für die Industrie und Landwirtschaft.* Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.

BMBF. (2022). *Nutzwasser für eine bedarfsgerechte Bewässerung in der Landwirtschaft und Stadt*. (B. f. Forschung, Herausgeber) Abgerufen am 17. 12 2025 von WavE Wassertechnologie: Wiederverwendung: https://bmbf-wave.de/Nutzwasser+News+06_2022-p-1089.html

BMBF. (2025a). *WavE Fact Sheet "Ozonung, Filtration und UV-Desinfektion Synergien aus Spurenstoffentfernung und Desinfektion nutzen".* Bundesministerium für Bildung und Forschung.

BMBF. (2025b). *Fördermaßnahme "Wassertechnologien: Wiederverwendung" (WavE II): Ergebnisse kompakt.* Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung.

BMBF. (k.A.). *WavE Poster "FlexTreat - Fallstudie Braunschweig: Ozonung, Filtration und UV-Desinfektion".* Bundesministerium für Bildung und Forschung.

BMWK. (2023). *Photovoltaik-Strategie, Handlungsfelder und Maßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der Photovoltaik.* Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

Breuer, D. D., & Dlouhy, D. A. (13. 02 2024). *Grüner Wasserstoff – Was aus regulatorischer Sicht zu beachten ist“*. Abgerufen am 25. 11 2025 von Osborne Clarke;: https://www.osborneclarke.com/de/insights/gruener-wasserstoff-was-aus-regulatorischer-sicht-zu-beachten-ist

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). (2020). *Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft – Handlungserfordernisse und Anpassungsstrategien.* Magdeburg: LAWA.

Buttler, A., & Spliethoff, H. (2017). *Current status of water electrolysis for energy storage, grid balancing and sector coupling via power-to-gas and power-to-liquids: A review.* Elsevier Verlag.

Deutscher Bundestag. (2025a). Drucksache 20/14375 - Potenziale der Wasserwiederverwendung für die Landwirtschaft und weitere Anwendungsbereiche. *Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Muhanad Al-Halak, Carina Konrad, Renata Alt, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP*.

Deutscher Bundestag. (2025b). *Drucksache 20/14623 – 20. Wahlperiode.*

Deutscher Wetterdienst. (1990). *Klimatafel Görlitz (1961–1990), Stationsnummer 10499.* Abgerufen am 11 2025 von https://www.dwd.de/DWD/klima/beratung/ak/ak_104990_kt.pdf

Dresdner Elektro-Ingenieurbüro GmbH. (kein Datum). *Neißewasserüberleitung - Vorfluter Neugraben und Weißer Schöps*. Abgerufen am 11 2025 von https://deib.de/beitrag/Nei%c3%9fewasser%c3%bcberleitung_-_Vorfluter_Neugraben_und_Wei%c3%9fer_Sch%c3%b6ps

Drewes, J. e. (2024). *BMFTR-Verbundprojekt: Nutzwasserbereitstellung und Planungsoptionen für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung.* Berichtsheft Nr. 228; Technische Universität München.

DVGW . (2024). *Gesamtwasserbedarf für die Wasserelektrolyse.* Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e.V.

DVGW. (2023). *DVGW-Studie zu Wasserstoffkosten für die Wärmeversorgung in Deutschland.* Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.

DVGW. (2023). *Genügend Wasser für die Elektrolyse.* Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e.V.

DWA. (2020). *Merkblatt M 115 – Wiederverwendung von behandeltem Abwasser, Hennef, 2020.* Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. .

DWA. (07 2024). Das Ende der Abwassereigenschaft. *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall*, S. 564-572.

DWA. (07 2025a). Merkblatt DWA-M 1200-1 (Gelbdruck) - Wasserwiederverwendung für landwirtschaftliche und urbane Zwecke in Deutschland – Teil 1: Grundsätze zur Wasserwiederverwendung für unterschiedliche Nutzungen. *DWA-Regelwerk*.

DWA. (07 2025b). Merkblatt DWA-M 1200-2 (Gelbdruck) - Wasserwiederverwendung für landwirtschaftliche und urbane Zwecke in Deutschland – Teil 2: Anforderungen an die weitergehende Wasseraufbereitung. *DWA-Regelwerk*.

DWA. (07 2025c). Merkblatt DWA-M 1200-3 (Gelbdruck) - Wasserwiederverwendung für landwirtschaftliche und urbane Zwecke in Deutschland – Teil 3: Verwendung

von aufbereitetem Wasser für die Bewässerung in Landwirtschaft, Gartenbau und Grünflächen. *DWA-Regelwerk*.

DWA. (07 2025d). Aufruf zur Stellungnahme Entwurf Merkblattreihe DWA-M 1200 „Wasserwiederverwendung für landwirtschaftliche und urbane Zwecke in Deutschland“. *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall*, 517-518.

DWA. (01. 07 2025e). *Entwurf Merkblattreihe DWA-M 1200 „Wasserwiederverwendung für landwirtschaftliche und urbane Zwecke in Deutschland“*. Abgerufen am 15. 10 2025 von Regelwerk-News: https://de.dwa.de/de/regelwerk-news-volltext/entwurf-merkblattreihe-dwa-m-1200-wasserwiederverwendung-fuer-landwirtschaftliche-und-urbane-zwecke-in-deutschland.html#:~:text=Das%20Merkblatt%20befasst%20sich%20mit,Deutschland%E2%80%9C%20wird%20bis%20zum%203

EEA. (2020). *Water reuse in Europe – Relevant guidelines.* Europäische Umweltagentur.

EEA. (2024). *Water reuse in Europe – Overview 2024.* Brüssel: European Environment Agency.

EnBW. (23. 07 2024). *Grüner Wasserstoff: Was er für die Energiewende leisten kann*. Abgerufen am 25. 11 2025 von ECO*Journal: https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserstoff/gruener-wasserstoff.html

Energy boosted. (06. 11 2024). *Wieviel Strom für 1 kg Wasserstoff - Energieverbrauch*. Abgerufen am 05. 11 2025 von https://energyboosted.de/post/wieviel-strom-fuer-1-kg-wasserstoff-energieverbrauch

ENVIRO CHEMIE. (2025). *Spatenstich für Brauchwassererzeugung des OOWV*. Abgerufen am 07. 01 2026 von ENVIRO WATER GROUP: https://www.envirochemie.com/de/news-events/news/spatenstich-fuer-brauchwassererzeugung-des-oowv/#:~:text=Die%20modular%20aufgebaute%20Brauchwasseranlage%20von,ist%20f%C3%BCr%20Herbst%202026%20geplant.

EU-JRC. (2025). *European Commission, Joint Research Centre (JRC).* Von Research and publications on water reuse and wastewater treatment technologies: https://ec.europa.eu/jrc/ abgerufen

Europäische Kommission. (23. 10 2000). EU Richtlinie 2000/60/EG. *Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik*. Brüssel.

Europäische Kommission. (25. 05 2020). EU Verordnung 2020/741. *Verordnung (EU) 2020/741 des Europäischen Parlaments und Rates über Mindestanforderungen an die Wasserwiederverwendung*. Brüssel.

Europäische Kommission. (26. October 2022). *Proposal for a Directive amending the Water Framework Directive, the Groundwater Directive and the Environmental Quality Standards Directive*.

Von Proposal for a Directive amending the Water Framework Directive, the Groundwater Directive and the Environmental Quality Standards Directive: https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-amending-water-directives_en abgerufen

Europäische Kommission. (2024). *Water Reuse Regulation (EU) 2020/741 – Implementation Status Report.* Brüssel.

EWI. (07. 10 2025). *Wasserstoff: Produktion in der EU günstiger als Schiffsimporte*. Von Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln: https://www.ewi.uni-koeln.de/de/aktuelles/wasserstoff-produktion-in-der-eu-guenstiger-als-schiffsimporte/ abgerufen

FA VB/G. (2018). *Information der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren und des Deutschen Feuerwehrverbandes in Abstimmung mit dem DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. – Löschwasserversorgung aus Hydranten in öffentlichen Verkehrsflächen.* Abgerufen am 12. 11 2025 von Fachausschuss Vorbeugender Brand- und Gefahrenschutz der deutschen Feuerwehren (FA VB/G), c/o Branddirektion München: https://www.feuerwehrverband.de/app/uploads/2020/06/2018-04_Fachempfehlung-Loeschwasserversorgung.pdf

Fabregat, V. 2. (04. September 2025). *Unlocking the Potential of Reclaimed Water: Analysis of the Challenges and Market Size as a Strategic Solution for Water Scarcity in Europe.* (MDPI, Hrsg.) doi:https://doi.org/10.3390/challe16030043

Fischer, K. (11. 04 2025). Email. *LfULG, Ref 34*.

Fraunhofer IGB. (2020). *HypoWave - Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft*. (F.-I. f.-u. Bioverfahrenstechnik, Herausgeber) Abgerufen am 11 2025 von Referenzprojekte: https://www.igb.fraunhofer.de/de/referenzprojekte/hypowave.html#:~:text=Nutzung%20von%20kommunalem%20Abwasser%20f%C3%BCr,zwischen%202017%20und%202019%20betrieben.&text=Kl%C3%A4rteiche%20in%20Wei%C3%9Fenberge%20bei%20Gifhorn,und%20es%20verdunstet%20nur%20w

Fraunhofer IKTS. (2025). *Dezentrale Sauerstoffproduktion.* Abgerufen am 18. 10 2025 von Fraunhofer-Institut für Kermische Technologien und Systeme: https://www.ikts.fraunhofer.de/content/dam/ikts/downloads/environmental_and_process_engineering/high-temp_separation_catalysis/IKTS_Flyer_Dezentrale_Sauerstoffproduktion_www.pdf

Freistaat Sachsen. (20. August 2024). *REVOSAX*. Von Richtlinie der Sächsischen Staatskanzlei zur Förderung von Maßnahmen für die Bewältigung des demografischen Wandels (FRL emografie): https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/21027#ef abgerufen

GET H2. (2025). *Factsheet Wasserhaushalt Elektrolyse.* Abgerufen am 10. 10 2025 von Mit Wasserstoff bringen wir gemeinsam die Energiewende voran.: https://www.get-h2.de/wp-content/uploads/geth2_factsheet_wasserverbrauch_elektrolyse.pdf

GICON. (2025). *Umweltbericht gemäß § 40 UVPG zur Strategischen Umweltprüfung (SUP) für den Net Zero Valley Plan.* Abgerufen am 12. 11 2025 von https://buergerbeteiligung.sachsen.de/portal/download/resources/beteiligung/1054234/information/1137064/datei/4310805_1/Umweltbericht_NZVL_2025-06-30.pdf

Google My Maps - H., Nane. (01. 09 2023). *Praxis Beispiele Wasserwiederverwendung Europa*. Abgerufen am 2025. 11 13 von Google Maps: https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1JdHrIuH8HMbZhUzkPojRD8N_TzTQLHI&usp=sharing

GREEN H_2 CIRCULAR Consortium. (2023). *Industrial Wastewater as a Source for Renewable Hydrogen.* Brüssel.

H2Giga. (2025). *Wie das Leitprojekt H2Giga Elektrolyseure zur Wasserstoff-Herstellung in die Serienfertigung bringen will*. Abgerufen am 03. 11 2025 von https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/h2giga

Helmecke, M. (21. 04 2023). *Stand der Umsetzung der EU-Water-ReuseVerordnung in Deutschland.* Abgerufen am 06. 03 2025 von BfR-Akademie: https://www.bfr-akademie.de/media/wysiwyg/2023/OEGD2023/stand_der_umsetzung_der_eu_water_reuse_verordnung_in_deutschland.pdf

Holst, M., Aschbrenner, S., Smolinka, T., Voglstätter, C., & Grimm, G. (2021). *Cost Forecast for low-temperature electrolysis - technology driven bottom-up prognosis for PEM and alkaline water electrolysis systems.* Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE.

Horak. Rechtsanwälte. (18. 01 2025). *Rechtliche Vorgaben zur Herstellung, Verteilung und Nutzung von Wasserstoff*. Abgerufen am 18. 11 2025 von Energierechtler: https://energierechtler.de/rechtliche-vorgaben-zur-herstellung-verteilung-und-nutzung-von-wasserstoff/

HYDROUSA Consortium. (2021). *Closing the Water Loop for Resilient Mediterranean Regions.* Athen/Rom.

ICL Ingenieur Consult GmbH. (22. 06 2023). *Machbarkeitsstudie für die Erweiterung des Industrie- und Gewerbegebiets in der Gemeinde Kodersdorf.* Träger öffentlicher Belange sowie Versorgungsträger.

INERATEC. (25. 11 2025). *RED I, II, III (Renewable Energy Directive)*. Von https://www.ineratec.de/de/glossar/red-i-ii-iii-renewable-energy-directive abgerufen

Interreg Europe. (2023). *Wastewater Reuse in the EU – Country Comparison Report.* Brüssel.

JUWI. (2025). *Internetpublikation – Hybrid-Kraftwerke für Industrie & Kommune*. Abgerufen am 26. 10 2025 von https://www.juwi.de/leistungen/hybrid/energiesysteme-mit-speicher/windpark-schmoelln

Klaas, A. K., Leibfritz, T., & Walde, M. (. (2025a). *Klimaneutrale Abwärme kann wirtschaftlich sein*. Abgerufen am 20. 10 2025 von Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI): https://www.ewi.uni-koeln.de/de/aktuelles/klimaneutrale-abwaerme-kann-auch-wirtschaftlich-sein/

Kneiske, T. e. (2024). *Gesamtstrategie für den Energie- und Netzausbau im Landkreis Görlitz.* Entwicklungsgesellschaft Niederschlesische Oberlausitz mbH.

Kopplow, Nathalie; Beckmann, Jennifer. (07. 02 2025). *Grüner Wasserstoff – was bei der Genehmigung eines Elektrolyseurs zu beachten ist (Update Februar 2025)*. Abgerufen am 26. 11 2025 von Clarke, Osborne: https://www.osborneclarke.com/de/insights/gruener-wasserstoff-was-bei-der-genehmigung-eines-elektrolyseurs-zu-beachten-ist-update#:~:text=Kleinere%20Elektrolyseure%20bed%C3%BCrfen%20dagegen%20mittlerweile,den%20jeweiligen%20Einzelfall%20zu%20beurteilen.

KPMG Law. (29. Januar 2025). *Grüner Wasserstoff aus Abwasser – rechtliche Hürden bei der Herstellung.* Abgerufen am 01. 12 2025 von https://kpmg-law.de/gruener-wasserstoff-aus-abwasser-rechtliche-huerden-bei-der-herstellung/

KWB. (2023). *WaterMan*. Abgerufen am 17. 12 2025 von Kompetenzzentrum Wasser Berlin: https://www.kompetenz-wasser.de/de/forschung/projekte/waterman#:~:text=Das%20Projekt%20wird%20schlie%C3%9Flich%20einen,in%20der%20Datenschutz%2DEinstellungen%20%C3%A4ndern.

Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen. (2019). *Die Gewässermeistereien in Ostsachsen – Arbeitsbericht*. Von https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/35642/documents/55317 abgerufen

Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen. (16. 05 2025). *Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten für die Lausitzer Neiße fertiggestellt (Medieninformation)*. Von https://www.medienservice.sachsen.de/medien/news/1087265 abgerufen

Landkreis Gifhorn. (2025). *So wird aufbereitetes Abwasser für den hydroponischen Gemüseanbau genutzt: Forschungsprojekt "HypoWave +" in Weißenberge*. Abgerufen am 09. 01 2026 von https://www.landkreis-gifhorn.de/So-wird-aufbereitetes-Abwasser-f%C3%BCr-den-hydroponischen-Gem%C3%BCseanbau-genutzt-Forschungsprojekt-HypoWave-in-Wei%C3%9Fenberge.php?object=tx,4083.6403.1

Lange, H., Klose, A., Lippmann, W., & Urbas, L. (2023). *Technical evaluation of the flexibility of water electrolysis systems to increase energy flexibility: A review.* Elsevier Verlag.

LANUV. (2025). *Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen.* Von Informationen zu Spurenstoffen und Maßnahmen in kommunalen Kläranlagen: https://www.lanuv.nrw.de abgerufen

LAWA. (2020). *Fachtechnische Hinweise für die Erstellung der Prognose im Rahmen des Vollzugs des Verschlechterungsverbots.* Von sachsen.de: https://www.wasser.sachsen.de/wrrl-daten-kompakt-10896.html?_cp=%7B%22a-15684%22%3A%7B%220%22%3Atrue%2C%221%22%3Atrue%2C%222%22%3Atrue%2C%223%22%3Atrue%2C%224%22%3Atrue%7D%2C%22previousOpen%22%3A%7B%22group%22%3A%22a-15684%22%2C%22idx%22%3A4%7D%7D abgerufen

LAWA. (2022). *Endbericht der LAWA-Ad hoc AG/KG Water Reuse an die 163. LAWA-Vollversammlung.* Berlin: Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser.

LDS. (27. 07 2025). *Neißewasser kann in den Neugraben fließen (Medieninformation 37/2005)*. Von Freistaat Sachsen – Landesdirektion Dresden: https://www.lds.sachsen.de/?ID=1209&art_param=128 abgerufen

LfULG. (2014). *Bewässerung in Sachsen - Schriftenreihe, Heft 17/2014.* Von Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie: https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/22174 abgerufen

LfULG. (17. Dezember 2021 a). *Sächsische Beiträge zu den Bewirtschaftungsplänen 2022-2027.* Von Publikationen Sachsen: https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/39553 abgerufen

LfULG. (2021). *Niedrigwasser und Mindestwasserabflüsse.* Von Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie: https://slub.qucosa.de/api/qucosa%3A86682/attachment/ATT-0/ abgerufen

LfULG. (2022). HELCOM-Studie. Görlitz/Rothenburg.

LfULG. (2023). INDIPRO - Vertiefende Ermittlungen und Auswertungen von Gewässergütedaten und zusätzlichen Informationen zur Identifikation erforderlicher WRRL-Maßnahmen. *Schriftenreihe des LfULG, Heft 12/2023*. Von https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/39553 abgerufen

LfULG. (04.. Dezember 2024). Projekt NEYMO: Lausitzer Neiße – Wasserressourcen in der Region. *Lausitzer Neiße – Wasserressourcen in der Region*. Dresden, Sachsen, Deutschland: Zentraler Broschürenversand der Sächsischen Staatsregierung.

LfULG. (17. 09 2025). *Steckbrief: Oberflächenwasserkörper Weißer Schöps 1 (DESN_58248-1).* Von Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie: https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/owk_steckbriefe_22/Steckbrief_FWK_DESN_58248-1.pdf abgerufen

LfULG. (20. März 2025a). *rekisviewer.hydro.tu-dresden.de.* Von Klimaentwicklung Sachsen: https://rekisviewer.hydro.tu-dresden.de/viewer/rekis_domain/Klima_Steckbriefe/Sachsen/Gemeinden/0/000_GESAMT.pdf abgerufen

Meyer, D. S., Köpper, D. S., & Wahnschaffe, D. T. (29. 01 2025). *Grüner Wasserstoff aus Abwasser – rechtliche Hürden bei der Herstellung*. Abgerufen am 10. 11 2025 von Newsroom: https://kpmg-law.de/gruener-wasserstoff-aus-abwasser-rechtliche-huerden-bei-der-herstellung/

MKULNV NRW. (2013). *Mikroverunreinigungen.* Von Mertsch, V., Herbst, H., Alt, K.: https://www.mikroverunreinigungen.de/wp-content/uploads/Kosten_der_Elimination_von_Spurenstoffen_auf_kommunalen_Klaeranlagen.pdf abgerufen

Nasser, M., Megahed, T. F., Ookawara, S., & Hassan, H. (2022). *A review of water electrolysis-based systems for hydrogen using hybrid/solar/wind energy systems.* Springer Verlag.

Net Zero Valley Lausitz. (2025). *Net Zero Valley Lausitz*. Von Net Zero Valley Lausitz: https://www.netzerovalley.eu/ abgerufen

Neumann, W., Stark, M., Kleimaier, M., & Lens, H. (10. 10 2025). *VDE Hintergrundpapier Windenergie*. Von https://www.vde.com/resource/blob/2392948/51482330cbf99d5ee0b5eba8afb8793b/download-hp-windenergie-data.pdf abgerufen

Nitsch, A. (2020). Wirtschaftlichkeit und Bewässerungskosten in der Landwirtschaft. *Feldbewässerung im Klimawandel*, 333–340. (D. M. al., Hrsg.)

PETERSEN HARDRAHT PRUGGMAYER 2019. (30. April 2019). *Wirtschaftsregion Lausitz .* Von Gutachten „Flächenpotenziale in der Lausitz“ Rechtsanwälte Steuerberater & KEM Kommunalentwicklung Mitteldeutschland GmbH,: https://wirtschaftsregion-lausitz.de/wp-content/uploads/2022/08/21._Flaechenpotenziale-in-der-Lausitz_Gutachten.pdf abgerufen

Projekt DemoMeth, (. (2023). *TUM, DemoMeth*. Von DemoMeth: Optimierung der mikrobiologischen Methanisierung im anaeroben Rieselbettreaktor und Demonstration des Reaktorbetriebs im Pilotmaßstab: https://www.cee.ed.tum.de/sww/forschung/abgeschlossene-projekte/demometh/ abgerufen

Projekt HyWater. (2022). *Nutzung von Abwasser zur Wasserstoffproduktion.* Forschungsverbund Deutschland.

Projekt KA4H2, (. (2024). Nutzung von biologisch gereinigtem Abwasser für die Wasserstoffproduktion. *DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 6+7/2024*(6+7/2024). Abgerufen am 06. 07 2025 von https://epaper.energie-wasser-praxis.de/dpdf/2024/9TboObtS8RFOdtA2ZDye/60/

Projekt RECLAIM H_2. (2022). *Reuse of Treated Wastewater for Green Hydrogen Production.* Murcia, Spanien.

Projekt RECLAIM WATER. (2019). *Nutzung von aufbereitetem Abwasser in der Landwirtschaft.* Region Murcia, Spanien.

Rodigast, M., Synde, L., Huhn, B., Krumnow, L., & Preußker, J. (2025). *Planungsprojekt – Optimierung des Bewässerungssystems der Jänkendorfer Agrar GmbH.* Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE).

RPV. (28. September 2023). *Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien.* Von Regionalplan Oberlausitz-Niederschlesien: https://www.rpv-oberlausitz-niederschlesien.de/files/media/regionalplanung/zweite_gesamtfortschreibung/de/001_bekanntmachung_zweite_gesamtfortschreibung_regionalplan.pdf abgerufen

Sachsen, S. L. (2023). *Regionalisierte Ergebnisse der 8. RBV.* Von Ergebnisse für Kreise, Datenblatt Landkreis Görlitz: https://www.bevoelkerungsmonitor.sachsen.de/kreise.html abgerufen

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. (2022). *sachsen.de.* Von Bewirtschaftungspläne / Maßnahmenprogramme: https://www.wasser.sachsen.de/wrrl-bewirtschaftungsplaene-10865.html abgerufen

Sächsisches Landeshochwasserzentrum. (k.A.). Von https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/lhwz/index.html abgerufen

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft. (16. Januar 2024). *Handlungsprogramm »Zukunft Wasser für Sachsen«.* Von Sachsen.de: https://www.wasser.sachsen.de/handlungsprogramm-zukunft-wasser-fuer-sachsen-21372.html abgerufen

Statistisches Bundesamt. (11. Dezember 2025). *DESTATIS*. Von 16. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/annahmen_ergebnisse_16te_kBv.html?nn=208696#regionale-entwicklung abgerufen

Statistisches Bundesamt. (11. Dezember 2025). *DESTATIS.* Von Statistischer Bericht – 16. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung - Bundesländer - 2024 bis 2070: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/Publikationen/Downloads-Vorausberechnung/statistischer-bericht-bvb-bundeslaender-2070-5124205249005.html?nn=208696 abgerufen

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen. (16. Dezember 2025 b). *Bevölkerungsstand, Einwohnerzahlen.* Von Einwohnerzahlen Juni 2025 nach Gemeinden als Excel-Arbeitsmappe : https://www.statistik.sachsen.de/html/bevoelkerungsstand-einwohner.html abgerufen

STLA Sachsen. (2025). *Statistischer Bericht - Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserentsorgung im Freistaat Sachsen*. Von Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen: https://www.statistik.sachsen.de/html/oeffentliche-wasserversorgung-abwasserentsorgung.html abgerufen

SWECO GmbH. (November 2016). *Lanuk.nrw.de.* Von Machbarkeitsstudie zur Mikroschadstoffelimination auf der Kläranlage Emsdetten-Austum: https://www.lanuk.nrw.de/fileadmin/forschung/161103_Machbarkeitsstudie_Emstetten/Studie_Emsdetten_Austum_final.pdf abgerufen

Taskforce Net Zero Valley. (2025). *Antrag zum Net Zero Valley Lausitz (NZVL) - Maßnahmenplan zur Ausgestaltung des Valleys.*

Trinkwasserzweckverband. (2023). *Wasserqualität – Beispiel Trinkwasserversorgungsgebiet WW Niesky*. Von Trinkwasserzweckverband „Neiße-Schöps“: https://apps.gesunde.sachsen.de/trinkwasser/trinkwasser-detail-WSZ_DESN_0200-de.html abgerufen

UBA. (2016). *Rahmenbedingungen für die umweltgerechte Nutzung von behandeltem Abwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung.* Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

UBA. (2021). *Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland – Cluster Wasser.* Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

UBA. (2023). *Wasserwiederverwendung in Deutschland – Stand und Perspektiven.* Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

UBA. (07. 07 2023c). *Wasserwiederverwendung*. Abgerufen am 04. 09 2025 von Umweltbundesamt: https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasser-bewirtschaften/wasserwiederverwendung#nutzung-aufbereiteten-wassers-zur-ressourcenschonung-in-der-europaischen-union

UBA. (2023d). *Liste der nach GOW bewerteten Stoffe.* Abgerufen am 01. 10 2025 von Umweltbundesamt: https://www.umweltbundesamt.de/system/files/document/GOW-Liste-20260313.pdf

UBA. (18. 12 2024). *EU-Verordnung zur Wasserwiederverwendung*. Abgerufen am 09. 09 2025 von Umweltbundesamt: https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasser-bewirtschaften/wasserwiederverwendung/eu-verordnung-zu-wasserwiederverwendung#undefined

UBA. (2025). *Wasser, Abwasser und Gewässerschutz – Informationen und Fachpublikationen.* Von Wasser, Abwasser und Gewässerschutz – Informationen und Fachpublikationen: https://www.umweltbundesamt.de abgerufen

UBA. (30. 10 2025a). *FAQ zur Kommunalabwasserrichtlinie (KARL)*. Abgerufen am 03. 11 2025 von Umweltbundesamt: https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/abwasser/faq-zur-kommunalabwasserrichtlinie-karl#was

UBA. (23. 01 2025b). *Herkunftsnachweisregister für Gase*. Abgerufen am 25. 11 2025 von Umweltbundesamt: https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/nachweissysteme-fuer-energie-klimaschutz/herkunftsnachweisregister-fuer-gase#Register

Universität Hohenheim. (2020). *Forschungsberichte zur Abwasserwiederverwendung in der Landwirtschaft.* Stuttgart.

VDE. (30. 06 2025). *Internetpublikation – Pressemitteilung des VDE 2025/024*. Abgerufen am 10. 10 2025 von https://www.vde.com/de/presse/pressemitteilungen/etg-faktencheck-stromversorgung

Veolia Deutschland. (2022). *Wasserwiederverwendung: Eins der wichtigsten Zukunftsthemen!* Abgerufen am 26. 09 2025 von Veolutions: https://www.veolia.de/veolutions-012022-unerschlossene-ressource#:~:text=Wasserwiederverwendung%20in%20Bad%20M%C3%BCnder,der%20Betreibergesellschaft%20Kosten%20gespart%20werden.

VKU Positionspapier. (2023). *Positionspapier Zur Umsetzung der EU-Verordnung zur Abwasserwiederverwendung in nationales Recht.* Berlin: Verband kommunaler Unternehmen e.V.

WHO. (2006). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater (Vol. 2–4).* Von https://www.who.int/publications/i/item/9241546859 abgerufen

windcomm. (2025). *Internetpublikation – Windenergie Kosten pro kWh in Deutschland*. Abgerufen am 24. 10 2025 von https://www.windcomm.de/windenergie-kosten-pro-kwh-in-deutschland/

Wirtschaftsbetrieb Mainz AöR. (2025). *HYPOS-Präsentation „Elektrolyse am Kläranlagenstandort – Lessons learned“.*

Anhang A – Rechtliche Grundlagen (Tabellen)

A 1 Spurenelemente und Leitsubstanzen in kommunalem Abwasser

Tabelle A 72: Konzentrationsbereiche ausgewählter Pathogene bzw. Indikatororganismen in kommunalem Rohabwasser nach internationalen und nationalen Studien; Quelle: (DWA, 2025a, S. 22)

	Organismen	Konzentration in Rohabwasser (pro Liter) nach internationalen Studien (nach WHO 2006)	Konzentration in Rohabwasser (pro Liter) nach Studien in Deutschland (nach S_{ELINKA} et al. 2020)	Konzentration in Rohabwasser (pro Liter) in Deutschland (nach F&E-Projekten am IHPH der Uni Bonn 1999 bis 2023)	Konzentration in Rohabwasser (pro Liter) nach BMBF-Projekt „Nutzwasser“ (KA Schweinfurt) – (nach H_O et al. 2024)
Bakterien[a)]					
	Gesamtcoliforme (Indikator)	k. A.	$10^7 – 10^8$	$10^8 – 10^9$	$10^7 – 10^8$
	Escherichia coli (Indikator)	$10^5 – 10^{10}$	k. A.	$10^8 – 10^9$	$10^6 – 10^7$
	Enterococci (Indikator)	$10^6 – 10^7$	$10^4 – 10^5$	$10^7 – 10^8$	$10^5 – 10^6$
	Shigella	$10^1 – 10^4$	k. A.	k. A.	k. A.
	Campylobacter	$10^2 – 10^5$	k. A.	$10^1 – 10^8$	k. A.
	Salmonella	$10^3 – 10^5$	$10^2 – 10^4$	$< 10 – \geq 10^1$	k. A.
	Clostridium perfringens (Indikator)	$10^5 – 10^6$	k. A.	$10^6 – 10^7$	$10^4 – 10^6$
Protozoen[a)] und Helminthen					

	Organismen	Konzentration in Rohabwasser (pro Liter) nach internationalen Studien (nach WHO 2006)	Konzentration in Rohabwasser (pro Liter) nach Studien in Deutschland (nach S_{ELINKA} et al. 2020)	Konzentration in Rohabwasser (pro Liter) in Deutschland (nach F&E-Projekten am IHPH der Uni Bonn 1999 bis 2023)	Konzentration in Rohabwasser (pro Liter) nach BMBF-Projekt „Nutzwasser“ (KA Schweinfurt) – (nach H_O et al. 2024)
	Helmintheneier	$0 – 10^4$	k. A.	k. A.	k. A.
	Cryptosporidium	$10^2 – 10^5$	$10^1 – 10^5$	$0 – 10^0$	k. A.
	Giardia	$0 – 10^4$	$10^1 – 10^4$	$10^1 – 10^2$	k. A.
Viren[a)]					
	Enteroviren	$10^2 – 10^6$	k. A.	k. A.	$< 10^2$
	Adenoviren	$10^1 – 10^4$	$10^6 – 10^7$	k. A.	$< 10^2 – 10^4$
	Noroviren	$10^1 – 10^4$	$10^5 – 10^6$	k. A.	$10^2 – 10^3$
	Rotaviren	$10^2 – 10^5$	$10^3 – 10^5$	k. A.	$< 10^2$
	Hepatitis-A-Viren	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
	Somatische Coliphagen (Indikator)	$10^6 – 10^9$	k. A.	$10^6 – 10^9$	$10^6 – 10^7$
	F-RNA-Coliphagen (Indikator)	$10^5 – 10^7$	k. A.	$10^6 – 10^9$	$10^5 – 10^7$
	PMMoV[b)]	k. A.	k. A.	$10^5 – 10^8$	$10^4 – 10^5$

ANMERKUNGEN

k. A. keine Angabe, keine Analyse;

a) Koloniebildende Einheiten bei Bakterien; plaquebildende Einheiten für Viren; Oocysten für Cryptosporidium und Zysten für Giardia;

b) „Pepper mild mottle virus“; pflanzenpathogenes Virus.

Tabelle A 73: Gruppeneinteilung untersuchter organischer Spurenstoffe gemäß ihrem Rückhalt aufgrund von Sorption und biologischem Abbau im Belebungsverfahren

Abbauqualität	**Sorption vernachlässigbar k_d < 500 l/kg TS**	**Sorption relevant k_d > 500 l/kg TS**
Nicht relevanter biologischer Abbau k_{bio} < 0,1 l/(g TS·d)	I Carbamazepin[3] Iopamidol[3] Diuron[4] Imidacloprid[4] Isoproturon[4] Terbutryn[4]	II Blei[2] Cadmium[2] Nickel[2] Triclosan[4] Benzo[a]anthracen[5] Benzo[a]pyren[5] Benzo[b]fluoranthen[5] Benzo[ghi]perylen[5] Benzo[k]fluor.[5] Chrysen[5] Dibenzo[ah]ant.[5] Fluoranthen[5] Indeno[1,2,3-cd]p.[5] Pyren[5] PFOS[1][6]

Abbauqualität	**Sorption vernachlässigbar** **k_d < 500 l/kg TS**	**Sorption relevant** **k_d > 500 l/kg TS**
Mäßiger biologischer Abbau 0,1 < k_{bio} < 10 l/(g TS·d)	III Ciprofloxacin[3] Diclofenac[3] Gabapentin[3] Metoprolol[3] Sulfameth.[3] Trimethoprim[3] Glyphosat[4] Naphthalin[5] Phenanthren[5] Bisphenol A[6] Benzotriazol[6]	IV Fluoren[5] Acenaphthen[5] Acenaphythylen[5] Anthracen[1][5]

Abbauqualität	**Sorption vernachlässigbar** **k_d < 500 l/kg TS**	**Sorption relevant** **k_d > 500 l/kg TS**
Guter biologischer Abbau k_{bio} > 10,0 l/(g TS·d)	V Coffein[3] Ibuprofen[3] Metformin[3] Acesulfam-K[6]	VI praktisch nicht nachweisbar[1]

ANMERKUNGEN

Zuordnung: (2) Schwermetalle, (3) Arzneistoffe, (4) Pflanzenschutzmittel, (5) PAK, (6) Sonstige.

Für die in dieser Studie berücksichtigten Stoffe Oxytetracyclin, Aclonifen, Bifenox, Cybutryn, Cypermethrin, Dichlorvos, Dicofol, Quinoxyfen und Terbuthylazin ist keine Einordnung möglich, da keine Stoffkennwerte vorliegen und sie nicht bzw. in nicht ausreichendem Maß nachgewiesen werden konnten.

(1) Der Nachweis von Sorption erfolgt in der Regel über den im Überschussschlamm gebundenen Anteil der Zulauffracht. Wird ein Stoff vollständig biologisch abgebaut, kann er nicht mehr im Schlamm gebunden sein. Eine mögliche Sorption wird somit unterbunden.

Quelle: (DWA, 2025a, S. 26)

Tabelle A 74: Liste empfohlener Leitsubstanzen für die Abschätzung betroffener Schutzgüter und Expositionswege für ein Wasserwiederverwendungssystem

	Schutzgüter Pflanzengesundheit sowie Lebens-/Futtermittel					**Schutzgut Boden**		**Schutzgut Grundwasser**			**Schutzgut Oberflächenwasser**	
Parameter	DIN 19684-10:2009 Bodenbeschaffenheit - Chemische Laboruntersuchungen – Teil 10: Untersuchung und Beurteilung des Wassers bei Bewässerungsmaßnahmen	Empfehlungen für die Wasserqualität nach ISO 16075-2: 2020 (für Wassergüte der Kategorie A - sehr hohe Wasserqualität)	Toleranzbereich Bewässerung nach Empfehlungen der TLL	Höchstgehalte in Lebensmitteln nach (a)	Schwellenwert Tränke/Futtermittel nach (b), (c), (d), (e)	Maximal zulässige Frachten nach BBodSchV (Anlage 1 Tabelle 3) in Zusammenhang mit LAWA (2022)	Vorsorgewerte Boden*) (anorganische Stoffe Bodenart Sand bzw. organische Stoffe für TOC-Gehalt ≤ 4 %**) nach BBodSchV (Anlage 1, Tab. 1 und 2)	Grundwasserverordnung (GrwV)	LAWA GFS-Werte	ggf. Zusätzliche/strengere Anforderungen aus EU-Trinkwasserrichtlinie bzw. TrinkwV***	UQN-OW	PNEC-OW
Elektrische Leitfähigkeit	je nach Pflanze 300 µS/cm – 1600 µS/cm		je nach Empfindlichkeit der Pflanze 2000 /3000 µS/cm		< 3000 µS/cm[(b)]							
pH-Wert			5,0 – 9,5		> 5, < 9[(b)]							
TOC			≤ 10 mg/l (Pflanzen zum Rohverzehr, aus TLL 2004)		< 15 mg/l[(b)]							

	Schutzgüter Pflanzengesundheit sowie Lebens-/Futtermittel					Schutzgut Boden		Schutzgut Grundwasser			Schutzgut Oberflächenwas-ser	
BSB_5		≤ 5 mg/l = monatl. Mittel 10 mg/l = Max.										
TSS		≤ 5 mg/l = monatl. Mittel 10 mg/l = Max.										
Trübung		≤ 2 NTU = monatl. Mittel 5 NTU = Max.										
Anorganische Stoffe												
Ammonium (NH4+)					< 3 mg/l[(b)]			0,5 mg/l				
Kalium			≤ 200 mg/l		< 250 mg/l[(b)]							
Natrium			≤ 100 mg/l		< 250 mg/l[(b)]							
Chlorid	je nach Pflanze 70 mg/l – 280 mg/l		je nach Emp-find-lichkeit der Pflanze 250/500 mg/l		< 250 mg/l[(b)]			250 mg/l	250 mg/l			
Cyanid leicht freisetzbar (CN lf. / kom-plex gebun-den (CN kompl.)				20 mg/kg – 250 mg/kg (VO (EU) 2023/915)	10 mg/kg – 350 mg/kg[(c)]				CN lf.: 10 µg/l / CN kompl.: 50 µg/l			
Fluorid	-	-	-	-	<1,5 mg/l[(b)]; 30 mg/kg – 3000 mg/kg[(c)]			-	900 µg/l		-	-
Gesamtphos-phor												
Gesamtstick-stoff												

	Schutzgüter Pflanzengesundheit sowie Lebens-/Futtermittel					Schutzgut Boden		Schutzgut Grundwasser			Schutzgut Oberflächenwasser	
Nitrat			≤ 300 mg/l	200 mg/kg – 7000 mg/kg (VO (EU) 2023/915)	< 200 mg/l[(b)]			50 mg/l				
Nitrit					< 30 mg/l[(b)] 15 mg/kg – 30 mg/kg[(c)]			0,5 mg/l				
ortho-Phosphat ($PO43^-$)								0,5 mg/l				
Sulfat			≤ 1200 mg/l		< 500 mg/l[(b)]			250 mg/l	250 mg/l			
Arsen	0,1 mg/l			0,01 mg/kg – 0,5 mg/kg (VO (EU) 2023/915)	< 0,05 mg/l[(b)]; 2 mg/kg – 100 mg/kg[(c)]	1/3 · 35 g/(ha·a)	10 mg/kg	10 µg/l	3,2 µg/l		nur für Schwebstoff/Sediment (flussgebietsspez.)	
Blei			≤ 100 µg/l	0,01 mg/kg – 3,0 mg/kg (VO (EU) 2023/915)	< 0,1 mg/l[(b)]; 5 mg/kg – 400 mg/kg[(c)]	1/3 · 200 g/(ha·a)	40 mg/kg	10 µg/l	1,2 µg/l		gelöste Konzentration, bioverfügbar: 1,2 µg/l	
Cadmium			≤ 4 µg/l	0,005 mg/kg – 3,0 mg/kg (VO (EU) 2023/915)	< 0,02 mg/l[(b)]; 0,5 mg/kg – 30 mg/kg[(c)]	1/3 · 5 g/(ha·a)	0,4 mg/kg	0,5 µg/l	0,3 µg/l		abhängig von Wasserhärte	
Chrom	50 µg/l		≤ 100 µg/l			1/3 · 150 g/ha·a	30 mg/kg		3,4 µg/l		nur für Schwebstoff/Sediment (flussgebietsspez.)	
Chrom (VI)												
Kupfer			≤ 100 µg/l	5 mg/kg – 1000 mg/kg (VO (EG) 396/2005)	< 2 mg/l[(b)]; 15 mg/kg – 175 mg/kg[(e)]	1/3 · 300 g/(ha·a)	20 mg/kg		5,4 µg/l		nur für Schwebstoff/Sediment	

	Schutzgüter Pflanzengesundheit sowie Lebens-/Futtermittel					Schutzgut Boden		Schutzgut Grundwasser			Schutzgut Oberflächenwasser	
Nickel			≤ 40 µg/l			1/3 · 75 g/(ha·a)	15 mg/kg		7 µg/l		gelöste Konzentration, bioverfügbar: 4 µg/l	
Quecksilber			≤ 0,5 µg/l	0,01 mg/kg – 0,5 mg/kg (VO (EG) 396/2005); 0,10 mg/kg – 1,0 mg/kg (VO (EU) 2023/915)	< 0,003 mg/l[(b)]; 0,1 mg/kg – 1 mg/kg[(c)]	1/3 · 1 g/(ha·a)	0,2 mg/kg	0,2 µg/l	0,1 µg/l		nur Biota-UQN und ZHK-UQN 0,07 µg/l	
Thallium						1/3 · 1200 g/(ha·a)	0,5 mg/kg		0,2 µg/l		gelöste Konzentration 0,2 µg/l (flussgebietsspez.)	
Zink			≤ 300 µg/l		< 5 mg/l[(b)]; 120 mg/kg – 250 mg/kg[(e)]		60 mg/kg		60 µg/l		nur für Schwebstoff/Sediment	
Pestizide (Biozide und PSM)												

	Schutzgüter Pflanzengesundheit sowie Lebens-/Futtermittel					**Schutzgut Boden**		**Schutzgut Grundwasser**			**Schutzgut Oberflächenwasser**	
Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln einschließlich relevanter Metaboliten, Biozid-Wirkstoffe einschließlich relevanter Stoffwechsel- oder Abbau- bzw. Reaktionsprodukte sowie bedenkliche Stoffe in				0,004 mg/kg – 2000 mg/kg (VO (EG) 396/2005)	0,01 mg/kg – 80 mg/kg[(d)]			jeweils 0,1 µg/l insgesamt 0,5 µg/l	jeweils 0,1 µg/l insgesamt 0,5 µg/l			
Biozidprodukten (Parameter gemäß spezifischer Festlegung in der jeweiligen Norm)												
Dimethylsulfamid (DMS)										0,1 µg/l (als DMNA)		$1{,}00 \cdot 10^{4}$ µg/l
Diuron											0,2 µg/l (JD-UQN)	
Terbutryn											0,065 µg/l (JD-UQN)	
Mecoprop P											x (flussgebietsspez.)	
Isoproturon											0,3 µg/l (JD-UQN)	

	Schutzgüter Pflanzengesundheit sowie Lebens-/Futtermittel					Schutzgut Boden		Schutzgut Grundwasser			Schutzgut Oberflächenwas-ser	
Carbendazim											0,2 µg/l (JD-UQN), flussge-bietsspez. Stoff	0,15 µg/l
1,2,4-Triazol												136 µg/l
Glyphosat												
Terbuthylazin											0,5 µg/l (JD-UQN), flussge-bietsspe-zifischer Stoff	
Imidacloprid											0,002 µg/l (JD-UQN), flussge-bietsspe-zifischer Stoff	
Permethin-säure = DCVA												
Organische Stoffe												
PCB, gesamt (Summe der polychlorier-ten Biphe-nyle)				3 µg/kg – 300 µg/kg für Dioxine und dl PCB 0,1 ng/kg – 20 ng/kg (VO (EU) Nr. 2023/915)	1 mg/kg – 20 mg/kg[(c)]		0,05 mg/kg		0,01 µg/l		je PCB für Schweb-stoff/ Sediment (20 µg/kg) (fluss-ge-bietsspez.)	
PCDD/F (Summe Diox-ine, Furane)											nur Biota-UQN	

	Schutzgüter Pflanzengesundheit sowie Lebens-/Futtermittel					Schutzgut Boden		Schutzgut Grundwasser			Schutzgut Oberflächenwasser	
Summe PAK (Parameter gemäß spezifischer Festlegung in der jeweiligen Norm)				Summe aus Benzo(a)pyren, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthen, Chrysen: 1 µg/kg – 50 µg/kg (VO (EU) 2023/915)			3 mg/kg		0,2 µg/l	0,1 µg/l	für 5 PAK, Anthracen (0,1 µg/l), Fluoranthen (0,0063 µg/l) und Naphthalin (2 µg/l)	

Benzo(a)pyren				**1 µg/kg – 10 µg/kg (VO (EU) 2023/915)**		**1/3 · 1 g/(ha·a)**	**0,3 mg/kg**			**0,01 µg/l**		
Anthracen												
Fluoranthen												
Triclosan											0,02 µg/l (JD-UQN), flussgebietsspez. Stoff	
Trifluoressigsäure (TFA)												
Korrosionsschutzmittel												
1H-Benzotrizol												
Summe 4- und 5-Methylbenzotrizol												
Alkylphenole												
Nonylphenol									0,3 µg/l		0,3 µg/l (JD-UQN)	
4-tert-Oktylphenol											0,1 µg/l (JD-UQN)	
PFAS												
Summe PFAS-20										0,1 µg/l (Grenzwert nach novellierter TrinkwV gültig ab 12.01.2026)		
Hormone												
17b-Estradiol				40 µg/kg – 4000 µg/kg (VO (EU) 2017/2158)						(0,1 µg/l)		
Röntgenkontrastmittel												
Iopamidol/Iopromid												
Bisphenole												
Bisphenol A										2,5 µg/l		
Arzneimittel												
Carbamazepin												
Carithromycin												
Ciprofloxacin												0,1 µg/l
Diclofenac												
Ibuprofen												

Benzo(a)pyren				**1 µg/kg – 10 µg/kg (VO (EU) 2023/915)**		**1/3 · 1 g/(ha·a)**	**0,3 mg/kg**			**0,01 µg/l**		
Metoprolol												43 µg/l
Sulfamethaxazole												
Valsartansäure												
Gabapentin												
Venlafaxine												0,44 µg/l
Oxipurinol												0,14 µg/l
Süßstoffe												
Acesulfam												
Sucralose												

ANMERKUNGEN

* Bei Erreichen der Vorsorgewerte sind die über alle Pfade zulässigen zusätzlichen Frachten nach Tabelle 3 zu beachten.

** Bei Böden mit höherem Rückhaltepotenzial (z. B. Lehm, Schluff) sind höhere Vorsorgewerte gemäß Tabellen 1) und 2) BBodSchV maßgebend.

*** Ohne (allgemeine) Indikatorparameter nach TrinkwV bzw. EU-Trinkwasserrichtlinie sowie Parameter der EU-Trinkwasserrichtlinie, die aufbereitungsbedingt auftreten können (Transformationsprodukte, Abgabe ins Trinkwasser aus verwendeten Materialien); Werte der TrinkwV in Klammern nur relevant, wenn aufbereitungsbedingt Auftreten möglich.

(a) VO (EU) 2023/915 Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln.

VO (EG) 396/2005 Höchstgehalte an Pestizidrückständen in oder auf Lebens- und Futtermitteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs.

Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz „Orientierungswerte für Mineralölkohlenwasserstoffe (MOH) in Lebensmitteln" (Stand: September 2022).

Verordnung zur Begrenzung von Kontaminanten in Lebensmitteln (Kontaminanten-Verordnung - KmV vom 19.03.2010).

Empfehlung (EU) 2022/1431 Überwachung von Perfluoralkylsubstanzen in Lebensmitteln.

VO (EU) 2017/2158 Festlegung von Minimierungsmaßnahmen und Richtwerten für die Senkung des Acrylamidgehalts in Lebensmitteln.

VO (EU) 37/2010 Pharmakologisch wirksame Stoffe und ihre Einstufung hinsichtlich der Rückstandshöchstmengen in Lebensmitteln tierischen Ursprungs.

(b) Hygienische Qualität von Tränkwasser (Orientierungsrahmen BMEL vom 19.07.2019).

(c) Anhang I Richtlinie 2002/32/EG über unerwünschte Stoffe in Futtermitteln.

(d) VO EU 396/2005 Höchstgehalte für Pfanzenschutzmittel.

(e) VO EU 1831/2003 über Zusatzstoffe in der Tierernährung.

Quelle: (DWA, 2025a, S. 97-101)

A 2 Güteklassen und Qualitätsanforderungen nach EU-WWVO

Tabelle A 75: Güteklassen von aufbereitetem Wasser und zulässige landwirtschaftliche Verwendungszwecke und Bewässerungsmethoden nach EU-WWVO und EU-Leitlinien 2022/C 298/01

Mindestgüteklasse von aufbereitetem Wasser	Kategorie der Kulturpflanzen[a]	Bewässerungsmethode
A	Alle roh verzehrten Nahrungsmittelpflanzen, deren essbarer Teil unmittelbar mit dem aufbereiteten Wasser in Kontakt kommt und roh verzehrte Hackfrüchte	Alle Bewässerungsmethoden
B	Roh verzehrte Nahrungsmittelpflanzen, deren essbarer Teil über dem Boden erzeugt wird und nicht unmittelbar mit dem aufbereiteten Wasser in Kontakt kommt, verarbeitete Nahrungsmittelpflanzen und Non-Food-Kulturen, einschließlich Futterkulturen für milch- oder fleischerzeugende Tiere	Alle Bewässerungsmethoden
C	Roh verzehrte Nahrungsmittelpflanzen, deren essbarer Teil über dem Boden erzeugt wird und nicht unmittelbar mit dem aufbereiteten Wasser in Kontakt kommt, verarbeitete Nahrungsmittelpflanzen und Non-Food-Kulturen, einschließlich Futterkulturen für milch- oder fleischerzeugende Tiere	Tropfbewässerung[b] oder eine andere Bewässerungsmethode, bei der ein unmittelbarer Kontakt mit dem essbaren Teil der Pflanze vermieden wird
D	Industrie- und Energiepflanzen sowie Pflanzen zur Saatgutproduktion[c]	Alle Bewässerungsmethoden[d]

Quelle: (DWA, 2025a)

Anmerkungen:

[a] Wenn eine bewässerte Kulturpflanzenart in mehrere der Kategorien in Tabelle 1 fällt, gelten die Anforderungen der strengsten Kategorie.

[b] Tropfbewässerung (auch als „Rieselbewässerung“ bezeichnet) ist ein Mikrobewässerungsverfahren, bei dem die Pflanzen tropfenweise oder durch einen feinen Strahl mit Wasser versorgt werden; dabei wird das Wasser in sehr kleinen Mengen (2-20 Liter/Stunde) über ein System von Plastikschläuchen mit kleinem Durchmesser und — als Emitter oder Tropfer bezeichneten — Auslässen auf den Boden oder direkt unter die Bodenoberfläche geleitet.

[c] Text der EU-WasserWVO: „aus Saatgut gewonnen Pflanzen“, dies ist ein Übersetzungsfehler.

[d] Im Falle von Bewässerungsmethoden, bei denen Regen nachgeahmt wird, sollte besonders auf den Schutz der Gesundheit von Arbeitnehmern oder Umstehenden geachtet werden. Zu diesem Zweck sind geeignete Vorsorgemaßnahmen anzuwenden.

Tabelle A 76: Anforderungen an die Qualität von aufbereitetem Wasser für die landwirtschaftliche Bewässerung nach EU-WasserWVO

Güteklasse des aufbereiteten Wassers	Zielvorgabe für die Technik	QA[a]: E. coli (Anzahl/100 ml)	QA: BSB5 (mg/l)	QA: TSS (mg/l)	QA: Trübung (NTU)	QA: Sonstige
A	Zweitbehandlung, Filtration und Desinfektion	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	Legionella spp.: < 1 000 KBE/l, wenn das Risiko der Aerosolbildung besteht Intestinale Nematoden (Eier von Helminthen): ≤ 1 Ei/Liter für die Bewässerung von Weideflächen oder Futterpflanzen
B	Zweitbehandlung und Desinfektion	≤ 100	Gemäß Richtlinie 91/271/EWG (Tabelle 1)	Gemäß Richtlinie 91/271/EWG (Tabelle 1)	—	Legionella spp.: < 1 000 KBE/l, wenn das Risiko der Aerosolbildung besteht Intestinale Nematoden (Eier von Helminthen): ≤ 1 Ei/Liter für die Bewässerung von Weideflächen oder Futterpflanzen
C	Zweitbehandlung und Desinfektion	≤ 1 000	Gemäß Richtlinie 91/271/EWG (Tabelle 1)	Gemäß Richtlinie 91/271/EWG (Tabelle 1)	—	Legionella spp.: < 1 000 KBE/l, wenn das Risiko der Aerosolbildung besteht Intestinale Nematoden (Eier von Helminthen): ≤ 1 Ei/Liter für die Bewässerung von Weideflächen oder Futterpflanzen
D	Zweitbehandlung und Desinfektion	≤ 10 000	Gemäß Richtlinie 91/271/EWG (Tabelle 1)	Gemäß Richtlinie 91/271/EWG (Tabelle 1)	—	Legionella spp.: < 1 000 KBE/l, wenn das Risiko der Aerosolbildung besteht Intestinale Nematoden (Eier von Helminthen): ≤ 1 Ei/Liter für die Bewässerung von Weideflächen oder Futterpflanzen

Quelle: (DWA, 2025a)

Anmerkungen:

[a] Qualitätsanforderungen

A 3 Güteklassen und Qualitätsanforderungen nach DWA

Tabelle A 77: Anwendungsbereiche der Wasserwiederverwendung in Deutschtand in Bezug zu den Güteklassen nach EU-WWVO und weitere Spezifikationen unter Berücksichtigung von DIN 19650:1999, lSO 16075-2:2020 sowie EU Leitlinien 2O22/C 299/01 und DIN 18035-2:2020

Wassergüte-klasse	Anwendungsbereich	Bewässerungsmethode, auszugsweise
A	Alle roh verzehrten Nahrungsmittelpflanzen, deren essbarer Teil unmittelbar mit dem aufbereiteten Wasser in Kontakt kommt und roh verzehrte Hackfrüchte [Wurzel- und Knollenfrüchte) Uneingeschränkte Bewässerung aller Freilandflächen inkl. Parks, Sportflächen und privaten Gärten	Alle Bewässerungsmethoden
B-1	Roh verzehrte Nahrungsmittelpflanzen, deren essbarer Teil über dem Boden erzeugt wird und nicht unmittelbar mit dem aufbereiteten Wasser in Kontakt kommt, verarbeitete Nahrungsmittelpflanzen, einschließlich Futterkulturen für milch- oder fleischerzeugende Tiere	Alle Bewässerungsmethoden
B-2	Einer Pasteurisierung entsprechend verarbeitete (erhitzte) Nahrungsmittel und Non-Food-Kulturen Eingeschränkte Bewässerung aller Freilandflächen, unter anderem von Sportplätzen und Liegewiesen außerhalb der unmittelbaren Nutzung der Flächen sowie Bewässerung von Straßenbegleitgrün	Alle Bewässerungsmethoden
C-1	Roh verzehrte Nahrungsmittelpflanzen, deren essbarer Teil über dem Boden erzeugt wird und nicht unmittelbar mit dem aufbereiteten Wasser in Kontakt kommt, verarbeitete Nahrungsmittelpflanzen, einschließlich Futterkulturen für milch- oder fleischerzeugende Tiere	Tropfbewässerung[a] oder eine andere Bewässerungsmethode, bei der ein unmittelbarer Kontakt mit dem essbaren Teil der Pflanze vermieden wird
C-2	Einer Pasteurisierung entsprechend verarbeitete (erhitzte) Nahrungsmittel und Non-Food-Kulturen Bewässerung unter anderem von nicht regulär bespielten Flächen sowie von regulär bespielten Rasenflächen auf Sportplätzen inklusive Golf- und Reitplätzen außerhalb regulärer Nutzungszeiten sowie mit steuerbarem Zugang; Tropfbewässerung oder bodennahe Bewässerung im urbanen Bereich	Alle Bewässerungsmethoden

Wassergüte-klasse	Anwendungsbereich	Bewässerungsmethode, auszugsweise
D	Industrie- und Energiepflanzen sowie Pflanzen zur Saatgutproduktion Deutlich eingeschränkte Anwendungen und Bewässerungsmethoden im Landschaftsbau und der Freiflächenpflege, unter anderem Tropf- oder bodennahe Bewässerung von Straßenbäumen sowie Bewässerung von Grünflächen, Hecken, Sträuchern oder Bäumen auf Friedhöfen außerhalb der Öffnungszeiten	Alle Bewässerungsmethoden

Quelle: (DWA, 2025b, S. 14)

Anmerkungen:

[a] Tropfbewässerung (auch als „Rieselbewässerung“ bezeichnet) ist ein Mikrobewässerungsverfahren, bei dem die Pflanzen tropfenweise oder durch einen feinen Strahl mit Wasser versorgt werden; dabei wird das Wasser in sehr kleinen Mengen [2 l/h bis 20 l/h) über ein System von Kunststoffschläuchen mit kleinem Durchmesser und – als Emitter oder Tropfer bezeichneten – Auslässen auf den Boden oder direkt auf die Bodenoberfläche geleitet.

Tabelle A 78: Mindestanforderungen an die Quatität von aufbereitetem Wasser für die landwirtschafttiche und urbane Wasserwiederverwendung sowie Leistungsziele für Aufbereitungseinrichtungen in Deutschland

Wasser-güte-klasse	Zielvorgabe für Aufberei-tung	QA[7]: E.coli KBE/100 ml[a,c]	QA: Intestinale Entereo-kokken KBE/100 ml[c]	QA[7]: Fallspezifische Anforderungen	QA[7]: Chemisch-physi-kalische Parame-ter[a]	Leistungsziele für die Auf-bereitungseinrichtung Log_{10}-Reduktion[a,b,g]
A	Mechanisch-biologische Behandlung, Filtration, Desinfektion	≤ 10[a]	≤100	Legionella spp.: < 1.000 KBE/l, wenn das Risiko der Aerosolbildung besteht; intestinale Nematoden (Eier von Helminthen): ≤ 1 Ei pro Liter für die Bewässerung von Weideflä-chen oder Futterpflanzen	BSB_5 ≤ 10 mg/l[d] AFS < 10 mg/l[g] Trübung < 2 NTU[f]	E. coli > 5,0 Somatische Coliphagen, insg. > 6,0[g] f-spezifische Coliphagen, insg. > 6,0[g] Clostridiumperfringens-Sporen > 4,0 bzw. Sulfatreduzierende Sporen-bildner > 5,0

[7] Qualitätsanforderungen

Wasser-güte-klasse	Zielvorgabe für Aufbereitung	QA[7]: E.coli KBE/100 ml[a,c]	QA: Intestinale Entereo-kokken KBE/100 ml[c]	QA[7]: Fallspezifische Anforderungen	QA[7]: Chemisch-physikalische Parameter[a]	Leistungsziele für die Aufbereitungseinrichtung Log_{10}-Reduktion[a,b,g]
B (B-1/B-2)	Mechanisch-biologische Behandlung, Filtration, Desinfektion	≤ 100[a]	≤100	Legionella spp.: < 1.000 KBE/l, wenn das Risiko der Aerosolbildung besteht; intestinale Nematoden (Eier von Helminthen): ≤ 1 Ei pro Liter für die Bewässerung von Weideflächen oder Futterpflanzen	BSB_5 gemäß Richtlinie 91/271/EWG[d] AFS ≤ 10 mg/l[e] Trübung ≤ 2 NTU[f]	B-1: E. coli> 5,0 Somatische Coliphagen, insg. > 6,0[g] f-spezifische Coliphagen, insg. > 6,0[g] Clostridium-perfringens-Sporen > 4,0 bzw. sulfatreduzierende Sporenbildner > 5,0 B-2: –

Wasser-güte-klasse	Zielvorgabe für Aufbereitung	QA[7]: E.coli KBE/100 ml[a,c]	QA: Intestinale Entereo-kokken KBE/100 ml[c]	QA[7]: Fallspezifische Anforderungen	QA[7]: Chemisch-physikalische Parameter[a]	Leistungsziele für die Aufbereitungseinrichtung Log_{10}-Reduktion[a,b,g]
C (C-1/C-2)	Mechanisch-biologische Behandlung, Filtration, Desinfektion	≤ 100	≤400	Legionella spp.: < 1.000 KBE/l, wenn das Risiko der Aerosolbildung besteht; intestinale Nematoden (Eier von Helminthen): ≤ 1 Ei pro Liter für die Bewässerung von Weideflächen oder Futterpflanzen	BSB_5 gemäß Richttinie 91/271/EWG[d] AFS ≤ 10 mg/l[e] Trübung ≤ 2 NTU[f]	C-1: E. coli > 5,0 Somatische Coliphagen, insg. > 6,0[g] f-spezifische Coliphagen, insg. > 6,0[g] Clostridium-perfringens-Sporen > 4,0 bzw. sulfatreduzierende Sporenbildner > 5,0 C-2: –
D	Mechanisch-biologische Behandlung, Desinfektion	≤ 10.000[a]	–[a,c]	Legionella spp.: < 1.000 KBE/l, wenn das Risiko der Aerosolbildung besteht; intestinale Nematoden (Eier von Helminthen): ≤ 1 Ei pro Liter	BSB_5 und AFS gemäß Richtlinie 91/271/EWG[d,e]	–[a]

Wasser-güte-klasse	Zielvorgabe für Aufbereitung	QA[7]: E.coli KBE/100 ml[a,c]	QA: Intestinale Entereo-kokken KBE/100 ml[c]	QA[7]: Fallspezifische Anforderungen	QA[7]: Chemisch-physikalische Parameter[a]	Leistungsziele für die Aufbereitungseinrichtung Log_{10}-Reduktion[a,b,g]
				für die Bewässerung von Weideflächen oder Futterpflanzen		

[a] Gemäß EU-WasserWVO.

[b] Gemäß LAWA (2022) sollten die Leistungsziele neben Güteklasse A auch für die Güteklassen B-1 und C-1 gelten. Klasse A: Mindestens 90 % der Proben müssen die Leistungsziele erreichen. Klassen B-1/C-1: Mindestens 50 % der Proben müssen die Leistungsziele erreichen.

[c] Gemäß DIN 19650:1999.

[d] Auf die Bestimmung des BSB_5 kann bei Anwendung einer TOC-Messung verzichtet werden, wenn die Korrelation zwischen BSB_5 und TOC nachgewiesen wird.

[e] Wenn die Anforderungen an die Trübung kontinuierlich überwacht und eingehalten werden, kann davon ausgegangen werden, dass auch die Anforderungen an die AFS eingehalten werden und die Messung der AFS somit nicht zusätzlich erforderlich ist. AFS kann mit der Trübung anlagenspezifisch korreliert werden: AFS (in mg/l) /Trübung (in NTU) = 1,3 bis 2,4 (Tchobanoglous et al. 2014).

[f] Gemäß DWA (2023b). Bei Polstofffiltern, Mikrosieben und Raumfiltern sollten die Trübungswerte im filtrierten Wasser keinen der folgenden Werte überschreiten: Ein Durchschnittswert von 2 NTU innerhalb eines Zeitraums von 24 h, 5 NTU in mehr als 5 % der Zeit innerhalb eines Zeitraums von 24 h und 10 NTU zu keiner Zeit. Wird die Filtration durch Membranverfahren gewährleistet (Mikrofiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration, Umkehrosmose), sollten die Trübungswerte im filtrierten Wasser keinen der folgenden Werte überschreiten: 0,2 NTU in mehr als 5 % der Zeit innerhalb eines Zeitraums von 24 h und 0,5 NTU zu keiner Zeit.

[g] Es sollten mindestens zwei Coliphagentypen (f-spezifische Coliphagen und somatische Coliphagen) analysiert und separat ausgewiesen werden (Ho et l. 2024).

A 4 Monitoring und Überwachung

Tabelle A 79: Mindesthäufigkeit der Routineüberwachung von aufbereitetem Wasser (Quelle: in Anlehnung an Anhang I Abschnitt 2b EU-WasserWVO, Tabelle 3, sowie Bundes-WasserWVO)

Wassergüte-klasse	E. coli	Intestinale En-tereokokken	BSB_5	AFS (mg/l)	Trübung (NTU)	Legionella spp. (falls zutref-fend)	intestinale Nematoden
A	1x pro Woche	1x pro Woche	1x pro Woche	1x pro Woche	kontinuierlich	2x pro Monat	2x pro Monat oder wie vom Betreiber der Aufbereitungs-einrichtung nach Anzahl der Eier festgelegt wird, die sich in dem in die Aufberei-tungseinrich-tung einlaufen-den Abwasser befinden

Wassergüte-klasse	E. coli	Intestinale En-tereokokken	BSB_5	AFS (mg/l)	Trübung (NTU)	Legionella spp. (falls zutref-fend)	intestinale Nematoden
B (B-1/B-2)	1x pro Woche	1x pro Woche	Gemäß Richtlinie 91/271/EWG	Gemäß Richtlinie 91/271/EWG	— kontinuierlich	2x pro Monat	2x pro Monat oder wie vom Betreiber der Aufbereitungs-einrichtung nach Anzahl der Eier festgelegt wird, die sich in dem in die Aufberei-tungseinrich-tung einlaufen-den Abwasser befinden
C (C-1/C-2)	2x pro Monat	2x pro Monat	Gemäß Richtlinie 91/271/EWG	Gemäß Richtlinie 91/271/EWG		2x pro Monat	2x pro Monat oder wie vom Betreiber der Aufbereitungs-einrichtung nach Anzahl der Eier festgelegt wird, die sich in dem in die Aufberei-tungseinrich-tung einlaufen-den Abwasser befinden

Wassergüte-klasse	E. coli	Intestinale En-tereokokken	BSB_5	AFS (mg/l)	Trübung (NTU)	Legionella spp. (falls zutref-fend)	intestinale Nematoden
D	2x pro Monat	—	Gemäß Richtlinie 91/271/EWG	Gemäß Richtlinie 91/271/EWG			2x pro Monat oder wie vom Betreiber der Aufbereitungs-einrichtung nach Anzahl der Eier festgelegt wird, die sich in dem in die Aufberei-tungseinrich-tung einlaufen-den Abwasser befinden

Quelle: (DWA, 2025a, S. 80)

Anhang B

B 1 Interview zur Gewässerbewertung am 28.04.205

Anlage unveröffentlicht

B 2 Interview zum Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft - Agrargenossenschaft Kodersdorf

Anlage unveröffentlicht

B 3 Notiz zur Vorbereitung der Interviews WWV in der Landwirtschaft

Anlage unveröffentlicht

B 4 Interview zum Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft - Agrargenossenschaft Jänkendorf

Anlage unveröffentlicht

B 5 Interview zum Löschwasserbedarf im Landkreis Görlitz

Anlage unveröffentlicht

B 6 Interview Landkreis Görlitz zur demografischen - und Strukturentwicklung

Anlage unveröffentlicht

B 7 Kommunikation und Dokumentenaustausch

Tabelle B 80: Kommunikation und Dokumente

Tabelle unveröffentlicht

B 8 Kurzprofile des Landkreises Görlitz sowie der Stadt Görlitz, Niesky und Rothenburg/O.L. sowie der Gemeinden Kodersdorf, Horka

Landkreis Görlitz

- Bevölkerung: 243.958 Einwohner (Stand 31.12.2024).
- Gemeindestruktur: 53 Gemeinden, darunter 14 Städte; Fläche: 2.111,41 km².
- Infrastruktur & Gewerbe: Zahlreiche Gewerbe- und Industriegebiete; gute Anbindung an die A4 und Bundesstraßen; grenznahe Lage zu Polen und Tschechien.
- Förderprojekte / NetZero: Aktive Einbindung in Net Zero Valley-Initiativen und regionale Strukturwandelprogramme des Freistaats Sachsen und des Bundes (Flächenentwicklung, Industrieansiedlungen).

Quellen: Landkreis Görlitz – Statistikseite (Einwohner, Fläche)

Stadt Görlitz

- Bevölkerung: amtliche Monats-/Jahreszahlen (Statistische Monatszahlen, 2024); zuletzt um ca. 55.000–57.000 Einwohner (fortgeschriebene Werte siehe kommunale Statistik).
- Gewerbeflächen: acht ausgewiesene Gewerbe- und Industriegebiete (Ausweisungen und Vermarktung über die städtische Wirtschaftsförderung).
- Verkehr & Netze: Anschluss A4, Bahnverbindungen, grenzüberschreitende Verkehrsbeziehungen zu Zgorzelec/Polen; aktive Projekte zur Modernisierung von Energienetzen und Fernwärme.
- Förderprojekte / NetZero: Zentrale Rolle im regionalen Strukturwandel; diverse laufende Förderprojekte (Sanierung, Energie, Stadtentwicklung).

Quellen: Stadt Görlitz - Statistische Monatszahlen; Stadtinfo Gewerbeflächen

Stadt Niesky

- Bevölkerung: 8.956 Einwohner (Schätzung 31.12.2024).
- Gewerbeflächen: ausgewiesene Flächen u. a. Gewerbegebiet Niesky Nord (ca. 161.000 m²), Niesky Süd (ca. 80.700 m², teils belegt) sowie kleinere Flächen (See, Waggonbau-Standorte).
- Verkehr & Netze: Regionale Straßenanbindung (B115), Bahnanschluss in der Region; EE-Verfügbarkeit regional unterschiedlich.
- Förderprojekte / NetZero: Aufnahme in regionalen Flächen- und NZV-Planungen; lokale Flächenentwicklungsgesellschaften nennen Niesky als möglichen Teil-Standort.

Quellen: Stadt Niesky – Gewerbeflächenkarte; Sächsisches Landesamt für Statistik

Gemeinde Kodersdorf

- Bevölkerung: 2.283 Einwohner (Schätzung 31.12.2024).

- Gewerbeflächen: kleine bis mittlere Gewerbeflächen; günstige Lage für industrienahe Nutzungen (angrenzend an Verkehrsachsen).
- Verkehr & Netze: Direkte Anbindung an B115; gute regionale Erreichbarkeit zu Niesky und Görlitz; Potenzial für EE-Anbindung durch nahe Flächen.
- Förderprojekte / NetZero: Kodersdorf wird in regionalen Flächen- und NZV-Planungen als möglicher Standort für industrieorientierte Entwicklung genannt.

Quellen: Landesstatistik (Kodersdorf), regionale Planunterlagen

Stadt Rothenburg/O.L.

- Bevölkerung: ca. 4.167 Einwohner (Zensus 15.05.2022; fortgeschr. Schätzwerte 2023/2024 siehe Landesstatistik).
- Gewerbeflächen: begrenzte ausgewiesene Gewerbeflächen; überwiegend lokale KMU-Struktur; geeignet für kommunale und landwirtschaftliche Anwendungen.
- Verkehr & Netze: Regionale Straßenanbindung, begrenzte Bahnverbindungen; EE-Verfügbarkeit tendenziell mittel bis gering.
- Förderprojekte / NetZero: In regionalen Entwicklungs- und Flächenplanungsvorhaben berücksichtigt, jedoch begrenzte Kapazitäten für großindustrielle Ansiedlungen.

Quellen: Wikipedia (Ortsprofil) und Statistik Sachsen

Gemeinde Horka

- Bevölkerung: 1.562 Einwohner (Schätzung 31.12.2024).
- Gewerbeflächen: kleinere Gewerbeflächen; Horka wird in Net Zero/Flächenplanungen als möglicher Standort für bestimmte industrieorientierte Flächen genannt.
- Verkehr & Netze: Gute regionale Straßenanbindung; Nähe zu EE-Standorten und Industrie; Netzanschlussverfügbarkeit ist projektspezifisch zu prüfen.
- Förderprojekte / NetZero: Erwähnung in Net Zero-Unterlagen und regionalen Flächenplanungen; genaue Fördervolumina sind projektspezifisch und müssen beim jeweiligen Förderträger erfragt werden

Quellen: CityPopulation / Wikipedia; regionale Net Zero Valley-Dokumente

Hinweise zur Datennutzung

Die oben genannten Bevölkerungszahlen und Flächenangaben beruhen auf den zuletzt verfügbaren amtlichen bzw. regionalen Quellen (Stand Ende 2024). Für verbindliche Angaben (z. B. für Förderanträge oder Planfeststellungsverfahren) sind die jeweiligen amtlichen Stellen (Kommunales Melderegister, Regionalplanung, Flächendaten der Flächenausweisung) zu konsultieren. Konkrete

Fördervolumina sind projektabhängig und werden in der Regel in den jeweiligen Förderbescheiden bzw. Förderbekanntmachungen ausgewiesen.

B 9 Überblick über das geltende Recht für die Wasserwiederverwendung in Deutschland

Tabelle B 81: Überblick über das geltende Recht für die Wasserwiederverwendung in Deutschland

Anwendungsbereich	EU	Bundesrecht	Landesrecht	Sonstiges
Gewässer- und Bodenschutz	Verordnung [EU] 2020/741 (EU-WasserWVO) Wasserrahmenrichtlinie RL 2000/6O/EG Umweltqualitätsnormenrichtlinie (RL 2008/105/EG) Kommunalabwasserrichtlinie „KARL“ (RL 2024/3019/EU; alt: RL 1991/271/EWG) Grundwasserrichtlinie (RL 2006/118/EG), geändert durch die Richtlinie (RL 2014/80/EU) Trinkwasserrichtlinie (RL 2006/118/EG) Nitratrichttinie (RL 1991/676/EWG)	Bundes-WasserWVO DIN 19650:1999 „Bewässerung - Hygienische Belange von Bewässerungswasser" Wasserhaushaltsgesetz (WHG mit Änderungen 2025) Oberflächengewässerverordnung (OGewV) Abwasserverordnung (AbwV) Grundwasserverordnung (GrwV) Trinkwasserverordnung (TrinkwV)	Sächsisches Wassergesetz (SächsWG) Sächsisches Ausführungsgesetz zum Abwasserabgabengesetz (SächsAbwAG) Sächsische Wasserzuständigkeitsverordnung (SächsWasserZuVO) Eigenkontrollverordnung (EigenkontrollVO)	Durchführungs- und Verwaltungsvorschriften Satzungen von Städten, Gemeinden und Abwasserverbänden

	Klärschlammrichtlinie (RL 86/278/EWG) Badewässerrichtlinie (RL 2006/7/EG) EU-Leitlinie 2022/C 298/01 zur Ausgestattung der Wasserwiederverwendung und zur besseren praktischen Umsetzung der EU-WWVO durch EU-Kommission Delegierte Verordnung EU 2024/1765 als Konkretisierung der wesentlichen Elemente des Risikomanagements nach Anhang II der EU-WasserWVO lS0 16075-2:2020 „Leitlinien für die Nutzung behandelten Abwassers für Bewässerungsprojekte" DIN 19650:1999 Regelwerk für die Praxis der Bewässerung	Düngegesetz (DüngG) und Düngeverordnung (DüV) Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodschG) und Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodschV) Klärschlammverordnung (AbfKlärV) Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (WasgefStAnlV) Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS) Industrieklăranlagen-Zulassungs- und Überwachungsverordnung (IZÜV) Bundes-		

		Immissionsschutzgesetz (BImSchG) Abwasserabgabengesetz (AbwAG)		
	Richtlinie zur Förderung von Energie aus erneuerbaren Quellen (RL 2023/2413/EU)	Eigen- bzw. Selbstüberwachungsverordnungen der Länder auf der Grundlage von § 61 Absatz 3 WHG in Verbindung mit § 23 Absatz 3 Satz 1 WHG Verordnung zur Regelung des Verfahrens bei Zulassung und Überwachung industrieller Abwasserbehandlungsanlagen und Gewässerbenutzungen LAWA-UA „Verknüpfung der Indirekteinleiter-überwachung nach Wasserrecht und kommunalem Satzungsrecht“		

Lebens- und Futtermittel	Verordnung zum Lebensmittelrecht (VO 178/2002/EG) Verordnung zur Lebensmittelhygiene (VO 852/2004/EG) Verordnungen zu mikrobiologischen Kriterien für Lebensmittel (VO 2073/2005/EG) Verordnungen über Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln (VO 1881/2006/EG) Futtermittelhygieneverordnung (VO 183/2005/EG) Tierernährungsstoffe-Richtlinie (RL 2002/32/EG)	Verordnung zur Begrenzung von Kontaminanten in Lebensmitteln (KmV) Infektionsschutzgesetz (IfSG), Abschnitt: Wasser Futtermittelverordnung (FuttMV) Lebens- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) Produkthaftungsgesetz (ProdHaftG)		

B 10 Datenbasis –Kläranlagen

Tabelle B 82: Auflistung der zur Auswertung bereitgestellten Datensätze

Zuordnung	Beschreibung	Datei	Quelle
Steckbriefe KA	Kenndaten und Jahresmittelwerte 2022	KA_Machbarkeitsstudie_2022.xlsx	Kommunale Abwasserdatenbank
	Kenndaten und Jahresmittelwerte 2024	KA_Machbarkeitsstudie_2024.xlsx	Kommunale Abwasserdatenbank
Trinkwasser	Görlitz	Jahresdurchschnittsanalyse_WWGoerlitz_Reinw2023.pdf	Stadtwerke Görlitz
	Rothenburg/O.L.	Ro-Pruefbericht-PB2024003350.pdf	Stadtwerke Rothenburg/O.L.
	WW Diesa, Trebus, Leipgen, Niesky, Rietschen, Uhsmannsdorf	Trinkwasseranalysen-Stand-07-2024_Neiße-Schöps.pdf	TZW Neiße-Schöps
Abwasserwerte KA Niesky Ablauf	Tabellarische Zusammenfassung 2021-2024, Eigenüberwachung	Ablaufwerte_2021-2024.xlsx	Stadtwerke Niesky
Prüfberichte KA Niesky	Prüfberichte KA 2021	PB-Stufa 2021.02.18.pdf	Stadtwerke Niesky
		PB-Stufa 2021.10.04.pdf	Stadtwerke Niesky
		PB-Stufa 2021.11.15.pdf	Stadtwerke Niesky
		PB-Stufa 2021.12.13.pdf	Stadtwerke Niesky
	Prüfberichte KA 2022	PB-Stufa 2022.01.24.pdf	Stadtwerke Niesky
		PB-Stufa 2022.03.21.pdf	Stadtwerke Niesky
		PB-Stufa 2022.05.23.pdf	Stadtwerke Niesky
		PB-Stufa 2022.10.17.pdf	Stadtwerke Niesky
		PB-Stufa 2022.12.07.pdf	Stadtwerke Niesky
	Prüfberichte KA 2023	PB-30.03.2023 u.03.04.2023.pdf	Stadtwerke Niesky
	EÜW und Daten Sensoren	PB-22302782-22302919-0.pdf	Stadtwerke Niesky
		PB-22303101-22303152-0.pdf	Stadtwerke Niesky
		PB-22303661-0.pdf	Stadtwerke Niesky
		PB-22307351-0.pdf	Stadtwerke Niesky
		PB-22307419-0.pdf	Stadtwerke Niesky
		PB-Stufa 2023.02.13.pdf	Stadtwerke Niesky
		PNP-70-86-2023_10_26-end.pdf	Stadtwerke Niesky
		PNP-70-86-2023_12_07-end.pdf	Stadtwerke Niesky

Zuord-nung	Beschreibung	Datei	Quelle
		PN-Prot_KS_22307419.pdf	Stadtwerke Niesky
	Prüfberichte KA 2024	PNP-70-86-2024_02_13-end.pdf	Stadtwerke Niesky
		ProGOV-VerifySMIME.pdf	Stadtwerke Niesky
	Prüfberichte Wäsche-rei	2021-01-21.pdf	Stadtwerke Niesky
		2021-04-29.pdf	Stadtwerke Niesky
		2021-07-23.pdf	Stadtwerke Niesky
		2021-10-09.pdf	Stadtwerke Niesky
		2021-02-08.pdf	Stadtwerke Niesky
		2021-05-04.pdf	Stadtwerke Niesky
		2021-08-03.pdf	Stadtwerke Niesky
		2021-11-04.pdf	Stadtwerke Niesky
		2021-01-24.pdf	Stadtwerke Niesky
		2021-11-06.pdf	Stadtwerke Niesky
		2021-07-17.pdf	Stadtwerke Niesky
		2021-10-17.pdf	Stadtwerke Niesky
	Prüfberichte Molkerei 2021	40 pdf-Dateien	Stadtwerke Niesky
	Prüfberichte Molkerei 2022	36 pdf-Dateien	Stadtwerke Niesky
	Prüfberichte Molkerei 2023	41 pdf-Dateien	Stadtwerke Niesky
	Prüfberichte Molkerei 2024	41 pdf-Dateien	Stadtwerke Niesky
	Prüfberichte Molkerei 2025	PB-22500143-0 08.01.2025.pdf	Stadtwerke Niesky
		PB-22500428-22500605-0 16.01. u. 22.01.2025.pdf	Stadtwerke Niesky
Abwasser-werte Kodersdorf	Tabellarische	Ablaufwerte 2021.xlsx	KA Kodersdorf
	Zusammenfassung 2021	Ablaufwerte 2022.xlsx	KA Kodersdorf
		Ablaufwerte 2023.xlsx	KA Kodersdorf
		Ablaufwerte 2024.xlsx	KA Kodersdorf
		Kodersdorf_2025.xlsx	KA Kodersdorf
	JSM	JSM 2021.xlsx	KA Kodersdorf
		JSM 2022.xlsx	KA Kodersdorf
		JSM 2023.xlsx	KA Kodersdorf
		JSM 2024.xlsx	KA Kodersdorf

Zuordnung	Beschreibung	Datei	Quelle
ZKA Görlitz-Nord	Tabellarische Zusammenfassung 2021-2024, Eigenüberwachung	Datenzusammenstellung_Machbarkeitsstudie Nutzung von aufbereiteten Abwässern_KA Görlitz.xlsx	Stadtwerke Görlitz
	Protokolle Analytik ÜW 2021 bis 2023	21 pdf-Dateien	Stadtwerke Görlitz
	Spurenstoffanalytik 2022	20230804_HELCOM data call on pharmaceuticals_Görlitz.xlsx	Stadtwerke Görlitz
KA Rothenburg/O.L.	Betriebstagebuch	2021 Betriebstagebuch Rothenburg.xls	Stadtwerke Görlitz
		2022 Betriebstagebuch Rothenburg.xls	Stadtwerke Görlitz
		2023 Betriebstagebuch Rothenburg.xls	Stadtwerke Görlitz
		2024 Betriebstagebuch Rothenburg.xls	Stadtwerke Görlitz
	Protokolle Analytik ÜW 2021 bis 2023	15 pdf-Dateien	Stadtwerke Görlitz
	Spurenstoffanalytik 2022	20230804_HELCOM data call on pharmaceuticals_Rothenburg.xlsx	Stadtwerke Görlitz

B 11 Trinkwasseranalysen Landkreis Görlitz

B 11.1 Trinkwasseranalysen Neiße-Schöps Stand 07/24

B 11.2 Trinkwasseranalysen Stadtwerke Rothenburg/O.L.

B 11.3 Jahresdurchschnittsanalyse 2023 -Stadtwerke Görlitz

B 12 Formelsammlung – Kosten- und Bewertungsmodell Wasserwiederverwendung

Anhang B 12 enthält eine vollständige Sammlung der im Kosten-, Flächen- und Wirtschaftlichkeitsmodell verwendeten Gleichungen. Die Formeln sind allgemein gehalten und unabhängig von konkreten Zahlenwerten anwendbar.

1. Investitionskosten

Spezifische Investitionskosten bezogen auf den Auslegungsdurchsatz:

INV_spec = Invest / Q_d

mit:

INV_spec … spezifische Investitionskosten [€/ (m^3/h)]

Invest … Gesamtinvestition [€]

Q_d … Auslegungsdurchsatz [m^3/h]

2. Annuitätenfaktor

Berechnung des Annuitätenfaktors:

a = i · (1 + i)^n / ((1 + i)^n − 1)

mit:

a … Annuitätenfaktor [−]

i … Zinssatz [−]

n … Nutzungsdauer [a]

3. Annuitisierte CAPEX

Umrechnung der spezifischen Investitionskosten in annuitisierte CAPEX:

CAPEX_ann = (INV_spec · a) / 365

mit:

CAPEX_ann … annuitisierte Investitionskosten [€/m^3·a]

4. Betriebskosten (OPEX)

Spezifische Betriebskosten:

OPEX_spec = (C_Energie + C_Chemie + C_Wartung + C_Personal) / Q_a

mit:

OPEX_spec … spezifische Betriebskosten [€/m^3]

C_x … jährliche Kostenkomponenten [€/a]

Q_a … Jahresdurchsatz [m^3/a]

5. Gesamtjahreskosten

Spezifische Gesamtjahreskosten:

K_gesamt = CAPEX_ann + OPEX_spec

mit:

K_gesamt … spezifische Gesamtkosten [€/m^3]

6. Energiekosten

Spezifische Energiekosten:

C_Energie = E_spec · p_el

mit:

E_spec … spezifischer Energiebedarf [kWh/m^3]

p_el … Strompreis [€/kWh]

7. Flächenbedarf

Spezifischer Flächenbedarf der Aufbereitung:

A_spec = A / Q_d

mit:

A_spec … spezifischer Flächenbedarf [m^2/(m^3/d)]

A … Anlagenfläche [m^2]

8. Infrastruktur – Rohrleitungen

Annuitisierte Jahreskosten von Rohrleitungen:

K_L = L · (c_L · a + c_L · o)

mit:

K_L … Jahreskosten Rohrleitungen [€/a]

L … Leitungslänge [m]

c_L … Investkosten [€/m]

a … Annuitätenfaktor [−]

o … OPEX-Anteil [−]

9. Umrechnung Infrastrukturkosten auf €/m³

Spezifische Infrastrukturkosten:

$K_{inf\_spec} = K_{inf} / Q_a$

mit:

K_{inf_spec} … spezifische Infrastrukturkosten [€/m³]

K_{inf} … jährliche Infrastrukturkosten [€/a]

B 13 Quellenmatrix zu Kostenansätzen der Wasseraufbereitung

Tabelle B 83 dokumentiert die für die Kostenansätze in Kapitel 12 verwendeten Quellen, geordnet nach Aufbereitungsverfahren und Kostenkategorien. Die Quellen entsprechen dem Stand der Technik und werden von Fördermittelgebern auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene anerkannt.

Tabelle B 83: Quellenmatrix zu Kostensätzen der Wasseraufbereitung

Verfahren	CAPEX-Quellen	OPEX-Quellen	Energie-Quellen	Dokument / Jahr
Sandfiltration (SF)	DWA-M 209	DWA-M 209; ATV-DVWK-Kostenkennwerte	DWA-M 209	DWA-M 209 (2016)
Mikrofiltration (MF)	LANUV NRW – 4. Reinigungsstufe	LANUV NRW; Betreiberberichte	LANUV NRW	LANUV NRW (2018)
Granulierte Aktivkohle (GAK)	LANUV NRW Spurenstoffberichte	LANUV NRW; Umweltbundesamt	Umweltbundesamt	LANUV NRW (2016–2019); UBA (2017)
Ultrafiltration (UF)	LANUV NRW; Boysen et al.	LANUV NRW; Herstellerdaten	LANUV NRW	LANUV NRW (2018); Boysen et al. (2020)
Keramische UF (CUO)	Fachartikel; Herstellerdaten (Metawater, A-tech)	Hersteller- & Betreiberangaben	Herstellerangaben	div. Fachartikel (2015–2022)
Umkehrosmose (UO)	LANUV NRW; Umweltbundesamt; Boysen et al.	LANUV NRW; Herstellerdaten (Veolia, SUEZ)	LANUV NRW; Umweltbundesamt	LANUV NRW (2018); UBA (2017); Boysen et al. (2020)
UV-Desinfektion (hyg.)	DWA-A 102	DWA-A 102; Betreiberberichte	DWA-A 102	DWA-A 102 (2020)
Chlordioxid-Desinfektion	DWA-A 102; Umweltbundesamt	Umweltbundesamt; Betreiberberichte	Umweltbundesamt	DWA-A 102 (2020); UBA (2018)

B 14 Stoffstromtabellen Herstellung Elektrolyse-Speisewasser KA Görlitz Nord

bei der Redaktion des LfULG erhältlich

B 15 Stoffstromtabellen Herstellung Elektrolyse-Speisewasser KA Niesky

bei der Redaktion des LfULG erhältlich

B 16 Stoffstromtabellen Herstellung Elektrolyse-Speisewasser KA Rothenburg/O.L.

bei der Redaktion des LfULG erhältlich

B 17 Stoffstromtabellen Herstellung Elektrolyse-Speisewasser KA Kodersdorf

bei der Redaktion des LfULG erhältlich

B 18 Klimasteckbriefe Görlitz, Niesky, Horka, Kodersdorf und Rothenburg/O.L.

B 18.1 Klimasteckbrief - Gemeindegebiet der Stadt Görlitz

B 18.2 Klimasteckbrief - Gemeindegebiet der Stadt Niesky

B 18.3 Klimasteckbrief - Gemeindegebiet der Stadt Rothenburg/O.L.

B 18.4 Klimasteckbrief – Gemeinde Kodersdorf

B 18.5 Klimasteckbrief - Gemeinde Horka

alle bei der Redaktion des LfULG erhältlich

Anhang C

C 1 Fotodokumentation Probenahme und Vor-Ort-Begehungen der Einleitstellen

bei der Redaktion des LfULG erhältlich

C 2 Probenahmeprotokolle vom 12. August ZKA Görlitz Nord und Rothenburg/O.L.

C 2.1 Probenahmeprotokoll Wasserchemie - ZKA Görlitz Nord 12.08.2025

C 2.2 Probenahmeprotokoll Wasserchemie – ZKA Rothenburg/O.L. 12.08.2025

C 2.3 Laborbericht Analytik Anlagenablauf – ZKA Görlitz und Rothenburg/O.L.

C 2.4 Probenahmeprotokoll Mikrobiologie - ZKA Görlitz Nord 19.08.2025

C 2.5 Probenahmeprotokoll Mikrobiologie - ZKA Rothenburg/O.L. 19.08.2025

alle bei der Redaktion des LfULG erhältlich

C 3 Probenahmeprotokolle 19. August 2025 Niesky, Kodersdorf, OBF

C 3.1 Probenahmeprotokoll Wasserchemie – ZKA Kodersdorf

C 3.2 Probenahmeprotokoll Wasserchemie – ZKA Niesky

C 3.3 Analytik Anlagenablauf– ZKA Niesky und Kodersdorf

C 3.4 Laborbericht Mikrobiologie – Niesky, Kodersdorf, Rothenburg/O.L.

C 3.5 PN und Analytik – OBF17500 Lausitzer Neiße, uh. Zodel / Deschka

C 3.6 PN und Analytik – OBF 17600, Lausitzer Neiße, Görlitz

C 3.7 PN und Analytik – OBF 24650 Weisser Schöps Kodersdorf

C 3.8 PN und Analytik – OBF 25700 Neugraben Mündung

alle bei der Redaktion des LfULG erhältlich

Anhang D

D 1 Standortübersicht

bei der Redaktion des LfULG erhältlich

D 2 Beschaffenheitsmessstellen und Pegel

bei der Redaktion des LfULG erhältlich

D 3 Fließgewässerstruktur

bei der Redaktion des LfULG erhältlich

D 4 Fischregionen

bei der Redaktion des LfULG erhältlich

D 5 Gewässerzustand- Bewertung nach WRRL Zyklus 2022-2027

bei der Redaktion des LfULG erhältlich

D 6 Gewässersteckbriefe

D 6.1 Steckbrief Oberflächenwasserkörper Lausitzer Neiße – 6

D 6.2 Steckbrief Oberflächenwasserkörper Lausitzer Neiße – 8

D 6.3 Steckbrief Oberflächenwasserkörper Weißer Schöps – 2

D 6.4 Steckbrief Oberflächenwasserkörper Weißer Schöps – 3

D 6.5 Steckbrief Oberflächenwasserkörper Neugraben

alle bei der Redaktion des LfULG erhältlich

D 7 Mischungsrechnung WRRL

D 7.1 Abflussgewichtete Mischungsrechnung KA Görlitz

D 7.2 Abflussgewichtete Mischungsrechnung KA Niesky

D 7.3 Abflussgewichtete Mischungsrechnung KA Rothenburg/O.L.

D 7.4 Abflussgewichtete Mischungsrechnung KA Kodersdorf

alle bei der Redaktion des LfULG erhältlich

Herausgeber
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft
und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: + 49 351 2612-0; Telefax: + 49 351 2612-1099
E- Mail: Poststelle@lfulg.sachsen.de
www.lfulg.sachsen.de
Autor
G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
Dr. Roland Mayer, Isabel Kochrian, Mareike Kilbach, Melanie Vierling
Schwarze Kiefern 2, 09633 Halsbrücke
Telefon: 03731 369-329; Telefax: 03731 369-200
E-Mail: r.mayer@geosfreiberg.de
Redaktion
Kathleen Lünich
Abteilung 4/Referat 43
Zur Wetterwarte 11, 01109 Dresden
Telefon: + 49 351 8928-4311; Telefax: + 49 351 8928-4099
E-Mail: kathleen.luenich@lfulg.sachsen.de
Bildnachweis
Isabel Kochrian (Titelseite)
Redaktionsschluss
21.05.2026
Bestellservice
Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei heruntergeladen werden aus der Publikationsdatenbank des Freistaates Sachsen (https:/publikationen.sachsen.de).
Hinweis
Diese Publikation wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom LfULG (Geschäftsbereich des SMUL) kostenlos herausgegeben. Sie ist nicht zum Verkauf bestimmt und darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Täglich für ein gutes Leben.

www.lfulg.sachsen.de