

Gewässerökologisches Gutachten der Pegnitz im Bereich Klärwerk 2

Blatt 1.5

Gewässerökologisches Gutachten nach WRRL an der Pegnitz im Bereich der Einleitung des Klärwerks 2 der Stadt Nürnberg



Pegnitz unterhalb des Fuchslochstegs, Foto: ÖKON 2019

Auftraggeber: Stadt Nürnberg - Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg
Adolf-Braun-Straße 33A
90429 Nürnberg



Aufgestellt von: Gesellschaft für Landschaftsökologie,
Gewässerbiologie und Umweltplanung mbH
www.oekon.com

Hohenfelser Str. 4, Rohrbach
93183 Kallmünz

Dipl.-Ing. (FH) H. Schmidt /
Dipl.-Ing. (FH) A. Rumm



Bearbeitung: Dipl.-Biol. C. Parzefall
Dipl.-Biol. J. Krüger
Cand. M. Sc. M. Nissl
Dr. K. Lengfellner
A. Ebenbeck

In Zusammenarbeit mit:

IDUS Biol. Analytisches Umweltlabor GmbH,
Robert Bäumler, animus aquae, Neunburg v. Wald

Mai 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zum Projekt	8
2	Anlass und Aufgabenstellung sowie fachlich-rechtliche Grundlagen	9
3	Historische und technische Eckdaten von KW 2 Nürnberg.....	9
4	Charakterisierung des Untersuchungsgebietes und der Messstellen.....	12
4.1	Untersuchungsgebiet und derzeitiger gewässerökologischer Zustand der Pegnitz	12
4.2	Probestellen der gewässerökologischen Untersuchung	15
4.2.1	Probestelle 1	17
4.2.2	Probestelle 2	18
4.3	Weitere Einleitungen der SUN im Untersuchungsgebiet	21
5	Temperatur- und Abflussverhältnisse an der Pegnitz im Untersuchungszeit- raum	22
6	Untersuchung der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter (ACP)	24
6.1	Methodik	24
6.2	Ergebnisse der Erhebungen der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter	27
6.2.1	Physikalisch-chemische Standardparameter	27
6.2.2	Ergebnisse der Nährstoffanalyse und weiterer chemischer Parameter	30
6.3	Diskussion der Erhebungen der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter	39
6.3.1	Physikalisch-chemische Standardparameter und Ionen	39
6.3.2	Nährstoffe, Abwasserparameter und Schwermetalle	40
6.4	Daten aus der Eigenüberwachung von KW 2	43
6.4.1	Nährstoffanalytik	43
6.4.2	Schadstoffanalytik	44
6.5	Arzneimitteluntersuchungen durch SUN	45
6.6	Einfluss von Niederschlagsereignissen auf die Gewässerchemie	47
7	Untersuchung der biologischen QK Makrozoobenthos	51
7.1	Methodik und Probenahme	51
7.2	Ergebnisse der biologischen QK Makrozoobenthos	53
7.2.1	Substratzusammensetzung nach Multi-Habitat-Sampling	53
7.2.2	Taxaliste, Diversität und funktionelle Gruppen der MZB-Lebensgemeinschaften	54
7.2.3	Bewertung nach der Wasserrahmenrichtlinie	59
7.3	Diskussion der Ergebnisse der QK Makrozoobenthos	61
8	Untersuchung der biologischen QK Makrophyten und Phytobenthos.....	63
8.1	Methodik und Probenahme	63
8.2	Ergebnisse der biologischen QK Makrophyten und Phytobenthos	66

8.2.1	Taxalisten und Charakterisierung der Makrophyten- und Phytobenthosbesiedlung.....	66
8.2.2	Bewertung der QK Makrophyten und Phytobenthos nach WRRL	71
8.3	Diskussion der Ergebnisse der QK Makrophyten und Phytobenthos	72
9	Untersuchung der biologischen QK Fische	73
9.1	Untersuchungsbereich	73
9.1.1	Probestrecke PS 1_F	74
9.1.2	Probestrecke PS 2_F	75
9.1.3	WRRL-Referenzstrecke (FWK 2_F037, Kennnummer 17655).....	76
9.2	Methodik und Probenahme.....	76
9.3	Ergebnisse zum Fischbestand des Untersuchungsgebietes	80
9.3.1	Fischbestand bei Probestrecke PS 1_F	80
9.3.2	Fischbestand bei Probestrecke PS 2_F	81
9.3.3	Gefährdungsstatus der Artnachweise bei PS 1_F und PS 2_F	83
9.3.4	Auswertung der Fang- und Besatzlisten 2016 bis 2018.....	83
9.3.5	Elektrobefischungen Fischereifachberatung (FFB) Bezirk Mittelfranken	84
9.3.6	Gesamtübersicht Fischbestand.....	85
9.4	Bewertung der QK Fische nach der Wasserrahmenrichtlinie	86
9.4.1	Vergleich der Ergebnisse von PS 1_F und PS 2_F (gepoolt) sowie der WRRL-Referenz- strecke zur Referenz-Fischzönose.....	86
9.4.2	Ökologische Zustandsklasse anhand der Qualitätsmerkmale	89
9.5	Diskussion der Ergebnisse der QK Fische und Maßnahmenvorschläge.....	91
10	Bioakkumulationstest.....	100
11	Zusammenfassung	101
12	Fazit der Untersuchungen und Empfehlungen	104
13	Literaturverzeichnis	107
Anhang	111

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Historische Eckdaten des KW 2, entnommen aus SUN (2018).....	10
Tab. 2: Verortung der Probestellen nach Gauß-Krüger-Zone 4.....	17
Tab. 3: Ergebnis der GSK (06.06.2019) durch ÖKON nach dem bayerischen Vor-Ort-Verfahren (LfU 2015f)	19
Tab. 4: Misch- und Niederschlagswassereinleitstellen von SUN in die Pegnitz zwischen Lederersteg und Stadtgrenze Nürnberg/Fürth mit Angaben gemäß Schmutzfrachtberechnung. Angaben zur Entlastungsfracht beziehen sich auf den CSB.	21
Tab. 5: Abflussstatistik an der Messstelle Nürnberg Lederersteg (HND Bayern, letzter Aufruf am 13.10.2020).....	23
Tab. 6: Mischverhältnisse von Abfluss (Q) Pegnitz zu Abfluss KW 2 an den einzelnen Probenahmeterminen. Abflüsse sind jeweils in m ³ /s angegeben. Abflussdaten Pegnitz: Pegel Lederersteg; Abflussdaten KW 2: Eigenüberwachungsdaten SUN	23
Tab. 7: Untersuchte ACP und angewandte Analysemethodik im Labor	24
Tab. 8: Ergebnisse der Erhebungen der physikalisch-chemischen Standardparameter (elektr. LF: elektrische Leitfähigkeit; T: Temperatur; UZ: Untersuchungszeitraum; Mittelwert T: T _{Winter} /T _{Sommer})... ..	27
Tab. 9: Ergebnisse der monatl. Messungen der allgemein-chemischen Parameter und Schwermetalle	30
Tab. 10: Rechnerisch abgeschätzte Konzentrationen an NH ₄ -N in der Pegnitz bei PS 2 (uh. EL KW 2) aus den Ausgangskonzentrationen oberhalb der EL von KW 2 (WRRL-Messstelle Lederersteg bzw. ARGE-Messstation an der Theodor-Heuß-Brücke) und den aus den WESSLING-Analysen ermittelten Berechnungsfaktoren.	34
Tab. 11: Berechnete Konzentrationen an NH ₃ und NH ₃ -N bei ARGE-Messstation und PS 2	35
Tab. 12: Behördlich festgelegte Grenzwerte für ausgewählte Parameter am Ablauf von KW 2.....	43
Tab. 13: Parameter der Schadstoffanalytik mit Angaben zu JD-UQN gemäß OGewV (2016) und Bewertung	44
Tab. 14: Parameterumfang der Arzneimitteluntersuchungen (aus SUN 2011).....	46
Tab. 15: Farbcode der Güteklassifizierung nach der WRRL.....	52
Tab. 16: Probestellen mit GK Zone 4 Koordinaten, Substratzusammensetzung, Strömungseigenschaften, Beschattungszustand und organoleptische Befunde am 06.06.2020.	53
Tab. 17: Gesamtaxaliste des Makrozoobenthos für die beiden MZB-Probestellen (PS 1, PS 2) am 06.06.2019. Angegeben sind die Individuenzahlen (Ind./m ²) sowie der Gefährdungsstatus (gefährdete Arten sind blau hervorgehoben). RLB: Rote Liste Bayern (Bay. LfU 2003 bzw. 2017); RLD: Rote Liste Deutschland (Binot 1998, erw. Gruttke et al. 2016).....	55
Tab. 18: Bewertungsergebnisse des MZB anhand der WRRL mit Score-Points (0-1)	59
Tab. 19: Schätzsкала zur Häufigkeit der Makrophytenbestände nach Kohler (1978)	63
Tab. 20: Schätzsкала zur Häufigkeit von Phytobenthosaufwuchs nach Schaumburg et al. (2012a)	63
Tab. 21: Kurzdefinitionen der Bewertungskategorien für die Teilmodule Makrophyten und Phytobenthos ohne Diatomeen (aus Schaumburg et al. 2012b)	64
Tab. 22: Artenzusammensetzung der Makrophyten an PS 1.....	66
Tab. 23: Artenzusammensetzung der benthischen Diatomeen an PS 1	67
Tab. 24: Artenzusammensetzung des Phytobenthos ohne Diatomeen an PS 1	68
Tab. 25: Artenzusammensetzung der Makrophyten an PS 2.....	68
Tab. 26: Artenzusammensetzung der benthischen Diatomeen an PS 2	69
Tab. 27: Artenzusammensetzung des Phytobenthos ohne Diatomeen an PS 2	70

Tab. 28: Bewertungsergebnisse der QK Makrophyten & Phytobenthos inkl. Diatomeen sowie Gesamtergebnis nach WRRL. 71

Tab. 29: Daten zur Lage und Ausdehnung der Probestrecken PS 1_F und PS 2_F sowie Angaben zur WRRL-Monitoringstrecke für FWK 2_F037..... 73

Tab. 30: Limnologische Standardparameter der Pegnitz am 22.09.2019..... 80

Tab. 31: Erfasste Fischarten an PS 1_F (ohne Altersklasse 0+) und Anteil am Gesamtfang..... 80

Tab. 32: Erfasste Fischarten an PS 2_F (ohne Altersklasse 0+) und Anteil am Gesamtfang..... 82

Tab. 33: Gefährdungsstatus sowie gesetzliche und vereinsinterne Fangbeschränkungen der Artweise für PS 1_F und PS 2_F 83

Tab. 34: Gesamtübersicht der Arten der Referenz-Fischzönose (Referenz-AL = Referenz-Artenliste) und der im Untersuchungsgebiet nachgewiesenen Arten, geordnet nach Jahren und Art der Bestandserhebung. PS 1-2 gibt die gepoolten Nachweise der beiden Probestellen an.)..... 85

Tab. 35: Vergleich Referenz-Fischzönose mit Gesamtfängen von PS 1+2 (gepoolt, mit Dummies)..... 86

Tab. 36: Vergleich Referenz-Fischzönose mit Gesamtfängen der WRRL-Monitoringstrecke 2016-2019 88

Tab. 37: Vergleich der Qualitätsmerkmale und Werte der Referenz mit der Teilstrecke PS 1_F + 2_F und der WRRL-Monitoringstrecke 89

Tab. 38: Maßnahmenvorschläge zur Strukturverbesserung im Untersuchungsgebiet 96

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Foto der Kläranlage Süd (heute Klärwerk 2) kurz nach ihrer Fertigstellung im Jahr 1913 als erste große Kläranlage Bayerns; Foto: Stadtarchiv Nürnberg (oben) und Luftbild des Klärwerks 2 Nürnberg; Foto Hajo Dietz (unten)..... 11

Abb. 2: Übersichtskarte zur Lage der Probestellen der gewässerökologischen Untersuchung..... 15

Abb. 3: Detailkarte zur Lage der Untersuchungsstellen bei Probestelle 1 16

Abb. 4: Detailkarte zur Lage der Untersuchungsstellen bei Probestelle 2 16

Abb. 5: Probestelle 1 mit Blick flussab (oben) und Probestelle 2 mit Blick flussauf (unten) im Juni 2019 20

Abb. 6: Abfluss- und Temperaturverhältnisse der Pegnitz am Pegel Lederersteg im Zeitraum der gewässerökologischen Untersuchung 22

Abb. 7: Sedimentbox zum Aufsammeln der Schwebstoffe (oben links), exponiert in der Pegnitz (oben rechts). Schwebstoffentnahme aus der Sedimentbox (Mitte links & rechts). Abfüllen der Wasserproben mit vorheriger Filtration (unten links) und ohne Filtration (unten rechts). 25

Abb. 8: Verlauf der Ammonium-N-Konzentrationen in der Pegnitz im Rahmen der ARGE-Messungen (automatische Probenahme und Messung alle 15 Min.) im Bereich der Theodor-Heuss-Brücke und zugehörige Niederschlagsmengen (Wetterstation Nürnberg Flughafen) im Jahresverlauf 2019 48

Abb. 9: Verlauf der ortho-Phosphat-P-Konzentrationen in der Pegnitz im Rahmen der ARGE-Messungen (automatische Probenahme und Messung alle 15 Min.) im Bereich der Theodor-Heuss-Brücke und zugehörige Niederschlagsmengen (Wetterstation Nürnberg Flughafen) im Jahresverlauf 2019 49

Abb. 10: Utensilien der MZB-Probenahme (links) sowie Auslesen ausgewählter Taxa im Gelände (rechts)..... 51

Abb. 11: Relative Häufigkeiten der taxonomischen Gruppen im Juni 2019 54

Abb. 12: Köcherfliege *Brachycentrus maculatus* an Totholz (links) und Steinfliege *Leuctra geniculata* (rechts)..... 55

Abb. 13: Relative Häufigkeiten der Zonierungs- und Strömungspräferenzen im Juni 2019 57

Abb. 14: Relative Häufigkeiten der Mikrohabitatpräferenzen und Ernährungstypen im Juni 2019 58

Abb. 15: Probenahmemethodik: Kartierung der Wasserpflanzenbestände, *Ranunculus fluitans*, *Elodea canadensis* (oben links bzw. rechts) und der Wassermoose (2. Reihe links) sowie der Phytobenthosbestände, fädige Algen (2. Reihe rechts), braune Aufwuchsalgen auf Stein und Grünalgen auf Sand (3. Reihe links bzw. rechts). Methodik zur Diatomeengewinnung durch Abbürsten von Hartsubstraten (unten links) und Übersicht der Beprobungsutensilien (unten rechts)..... 65

Abb. 16: Luftbild der Befischungsstrecke PS 1_F. Bildquelle: FIN-Web..... 74

Abb. 17: Raue Rampe am westlichen Ende von PS 1_F (Foto: R. Bäumlner)..... 74

Abb. 18: Luftbild der Befischungsstrecke PS 2_F. Bildquelle: FIN-Web..... 75

Abb. 19: Sohlschwelle am östlichen Ende von PS 2_F (Foto: R. Bäumlner)..... 76

Abb. 20: Lagekarte der WRRL-Monitoringstrecke des FWK 2_F037. Bildquelle: FIN-Web..... 76

Abb. 21: Bootsbesatzung bei der Elektro-Befischung (Foto: R. Bäumlner) 78

Abb. 22: Subadulter Aal (Foto: R. Bäumlner)..... 79

Abb. 23: Altersklassen-Häufigkeitsdarstellung mit Reproduktionsnachweis bei PS 1_F 81

Abb. 24: Nachweis der Rutte/Quappe (*Lota lota*) bei PS1_F. Diese nacht- und dämmerungsaktive Fischart bevorzugt kühle, klare und sauerstoffreiche Still- und Fließgewässer. Gewässerverschmutzung und Fragmentierung des Lebensraums durch Querverbauungen setzen dem Fisch stark zu (Foto: R. Bäumlner)..... 81

Abb. 25: Altersklassen-Häufigkeitsdarstellung mit Reproduktionsnachweis bei PS 2_F 82

Abb. 26: Nachweis des Hasels (*Leuciscus leuciscus*) bei PS 2_F. Der Hasel stellt nur geringe Anforderungen an seinen Lebensraum. Bevorzugt werden klare, beruhigte Fließgewässerstrecken mit kiesigem bis sandigem Grund (Foto: R. Bäumlner). 82

Abb. 27: Bachforelle (*Salmo trutta*) lebt als Leitfischart der Forellenregion in klaren, kühlen und sauerstoffreichen Bächen und Flüssen sowie in Bergseen. 84

Abb. 28: Übersicht der fiBS-Ergebnisse an den Probestellen PS 1_F bis PS4_F sowie an den WRRL-Monitoring-Strecken oberhalb (FWK 2_F037 Pegnitz) und unterhalb (FWK 2_F044 Regnitz) des Untersuchungsgebietes 91

Abb. 29: Raue Rampe bei PS 1_F nicht durchgängig. Empfehlung: Umbau in Pendelrampe und Anlegen eines Kieslaichplatzes im Unterwasser der Pendelrampe. Strukturverbesserung im Bereich der harten Verbauung durch Störsteine und Totholz (Foto: R. Bäumlner). 97

Abb. 30: Empfehlung: Entfernung der Versteinung (Blocksteinschüttung) bei PS 1_F, Einbringen von Störsteinen, Totholzbunnen und generell Totholz als strömungslenkende Maßnahmen (Foto: R. Bäumlner). 98

Abb. 31: Stromauf von PS 2_F Einbringung von Störsteinen und Totholzbunnen im Bereich der Sohlgleite, Totholz belassen und strömungslenkende Maßnahmen vor der Sohlgleite (Foto: R. Bäumlner) 98

Abb. 32: Sohlgleite bei PS 2_F ist nur bedingt durchwanderbar. Bei erhöhten Wasserständen wird die Sohlgleite hydraulisch überlastet. Empfehlung: Umbau der Sohlgleite in Pendelrampe, Anlegen eines Kieslaichplatzes im Unterwasser der Pendelrampe und Entfernung der Uferverbauung. Strukturverbessernde Maßnahmen in Form von Störsteinen, Totholzbunnen und allgemein Totholz zur Strömungslenkung. (Foto: R. Bäumlner)..... 99

Abb. 33: Raue Rampe bei PS 3_F (nicht durchgängig) mit Baustelle für Surferwelle im Hintergrund des linken Ufers im Oktober 2020. Empfehlung: Umbau in Pendelrampe und Verbesserung des Laichhabitats durch Anlegen eines Kieslaichplatzes in der Strömungsmitte vor dem Prallufer; Einbringen von Störsteinen als Ausgleichsmaßnahme für Surferwelle. 99

Abkürzungsverzeichnis

ABSP	Arten- und Biotopschutzprogramm
AG	Auftraggeber
ARGE	Arbeitsgemeinschaft Gewässerschutz obere Regnitz
EG-WRRL / WRRL	EG-Wasserrahmenrichtlinie
EL	Einleitung
FWK	Flusswasserkörper
GSK	Gewässerstrukturkartierung
HMWB	<i>heavily modified waterbody</i> (engl., erheblich veränderter Wasserkörper)
KW	Klärwerk
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss
MQ	Mittlerer Abfluss
MZB	Makrozoobenthos
NQ	Niedrigwasserabfluss
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
oh.	oberhalb
PS	Probestelle
QK	Qualitätskomponente (gemäß EG-WRRL)
SUN	Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg
uh.	unterhalb
UwA/2	Umweltamt Nürnberg
UZ	Untersuchungszeitraum
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WWA N	Wasserwirtschaftsamt Nürnberg

1 Allgemeine Angaben zum Projekt

Verfahren:

Gewässerökologisches Gutachten im Rahmen des wasserrechtlichen Genehmigungsverfahrens für eine gehobene Erlaubnis für das Einleiten gereinigten Abwassers aus dem Klärwerk 2 in die Pegnitz durch die Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN, Eigenbetrieb der Stadt Nürnberg).

Bundesland:

Bayern

Regierungsbezirk / Aufsichtsbehörde:

Regierungsbezirk Mittelfranken

Aufsichtsbehörden: Umweltamt Nürnberg, Wasserwirtschaftsamt Nürnberg

Stadt Nürnberg:

Referat für Umwelt und Gesundheit

Umweltamt der Stadt Nürnberg, Technischer Umweltschutz - Frau Wilpert

Bauhof 2, 90402 Nürnberg

Tel. 0911-2313647

Wasserwirtschaftsamt Nürnberg:

Fachbereich Technische Gewässeraufsicht - Frau Dr. Frühauf

Allersbergerstraße 17/19

90461 Nürnberg

Tel. 0911-23609450

Naturraum:

Mittelfränkisches Becken (Meynen/Schmithüsen et. al. 1953-1962)

Rednitz-, Regnitz-, Pegnitztaue (ABSP-Untereinheit)

2 Anlass und Aufgabenstellung sowie fachlich-rechtliche Grundlagen

Die Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN; Eigenbetrieb der Stadt Nürnberg) betreibt im Stadtwesten die beiden Klärwerke, KW 1 und KW 2. Die Einleitung (EL) der gereinigten Abwässer der beiden Klärwerke erfolgt jeweils in die Pegnitz. Die mit Bescheid der Stadt Nürnberg vom 12.10.1999 erteilte gehobene Erlaubnis für das Einleiten gesammelter Abwässer und Niederschlagswässer aus den bestehenden Abwasserbehandlungsanlagen KW 1 und KW 2 endet mit dem Ablauf des 31.12.2022 (verlängert durch beschränkte Erlaubnis durch das Umweltamt Nürnberg (UwA/2) vom 06.02.2018 bis zum 31.12.2022). Für die Zeit ab dem 01.01.2023 strebt die SUN erneut eine gehobene Erlaubnis für die Einleitung gereinigter Abwässer in die Pegnitz an.

Die ÖKON Gesellschaft für Landschaftsökologie, Gewässerbiologie und Umweltplanung mbH, Kallmünz (kurz ÖKON GmbH), wurde im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für die Neuerteilung der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis (§ 15 Wasserhaushaltsgesetz, WHG) mit der Erstellung zweier gewässerökologischer Gutachten, je eines für KW 1 und KW 2, beauftragt. Nach Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt Nürnberg (WWA N) und dem Umweltamt Nürnberg sollen die gewässerökologischen Gutachten die Auswirkungen der beiden Einleitungen auf den Wasserchemismus der Pegnitz unter Beachtung der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) sowie auf die biologischen Qualitätskomponenten (QK) Makrozoobenthos (Wasserwirbellose, kurz: MZB), Makrophyten (höhere Wasserpflanzen) und Phytobenthos (Aufwuchsalgen) inklusive der Diatomeen (Kieselalgen) sowie der Fische gemäß der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) unter Berücksichtigung der hydrologischen und strukturellen Gegebenheiten beleuchten.

Mit Inkrafttreten der EG-Wasserrahmenrichtlinie im Jahr 2000 in allen Mitgliedsstaaten der EU wurden einheitlich geltende Umweltziele für den Schutz des Grundwassers und der Oberflächengewässer aufgestellt. Die Mitgliedsstaaten sind verpflichtet, alle Oberflächenwasserkörper zu schützen, zu verbessern und zu sanieren, mit dem Ziel, den guten ökologischen Zustand für natürliche Gewässer bzw. das gute ökologische Potential für erheblich veränderte oder künstliche Gewässer, nach Möglichkeit bis 2015, spätestens jedoch bis 2027, zu erreichen. Für alle Gewässer gilt das Verschlechterungsverbot. Für Gewässer, welche die geforderte ökologische Einstufung bisher verfehlen, gilt das Verbesserungsgebot. Gemäß Anhang V der WRRL dienen in Fließgewässern die allgemeinen chemischen und physikalisch-chemischen Komponenten (Temperaturverhältnisse, Sauerstoffhaushalt, Salzgehalt, Versauerungszustand, Nährstoffverhältnisse) der unterstützenden Bewertung der biologischen Komponenten. Mit der Novellierung der Oberflächengewässerverordnung im Jahr 2016 wurden die europaweiten Ziele der WRRL auch in nationales Recht umgesetzt.

Das vorliegende Gutachten behandelt die Erfassung und Bewertung der Einleitsituation um KW 2.

3 Historische und technische Eckdaten von KW 2 Nürnberg

Das KW 2 (ehemals „Kläranlage Süd“) ist eine mechanisch-biologisch-chemische (chemische Phosphorfällung) Kläranlage (Abb. 1) mit einer Auslegungsgröße von 230.000 Einwohnerwerten (EW), der Abwasser aus dem Südlichen Hauptsammler in freiem Gefälle zufließt. Bei Bedarf kann über ein Schneckenhebewerk auch Abwasser aus dem Lorenzer Sammler (Hauptzuführungskanal zu KW 1) KW 2 zugeführt werden. Historische Eckpfeiler zu KW 2 sind in Tab. 1 dargestellt.

Nach Passage der mechanischen Reinigungsstufe (Grobrechen, Feinrechen, Sandfang) bei vorgeschalteter Phosphorfällung durch Eisensalze, wird das Abwasser ohne Vorklärung der ersten biologischen Reinigungsstufe (Hochlast-Belebungsanlage mit Sauerstoffbegasung und zwei Absetzbecken) zugeführt, in welcher vor allem Kohlenstoffverbindungen aus dem Abwasser entfernt werden. Über die Absetzbecken (Abtrennung des Belebtschlammes) fließt das Abwasser der zweiten biologischen Reinigungsstufe (Schwachlast-Belebungsanlage) zu, in welcher vor allem der Abbau der Stickstoffverbindungen (Nitrifikation, Denitrifikation) stattfindet. Nach Ablauf des Abwassers aus den Belebungsbecken und Passieren der drei Absetzbecken der zweiten biologischen Stufe (Abtrennung des Belebtschlammes, Phosphorfällung durch Eisensalze), wird das Abwasser abschließend durch ein Filterbett, in dem feinste Schwebstoffe zurückgehalten werden (Abwasserfilter), geleitet und anschließend der Pegnitz zugeführt.

Der während der Abwasserreinigung im KW 2 entstehende Klärschlamm wird über eine Rohrleitung KW 1 zugeführt und dort weiter behandelt: In Faulbehältern erfolgt unter Luftabschluss (anaerob) die Umwandlung von etwa der Hälfte der organischen Substanz (ca. ein Drittel des Feststoffgehalts) im Schlamm zu Klärgas. Der entwässerte restliche Klärschlamm wird schließlich in Kohlekraftwerken verwertet (SUN 2018).

Tab. 1: Historische Eckdaten des KW 2, entnommen aus SUN (2018)

1908	Planung einer zentralen Kläranlage für Nürnberg am Standort des heutigen Klärwerks 1 bei Doos. Das Projekt wird wegen der sehr hoch erscheinenden Kosten nicht weiter verfolgt.
1910	Das städtische Bauamt entwirft eine Kläranlage an der Ausmündung des Südlichen Hauptsammlers in die Pegnitz.
1911	Baubeginn für die Kläranlage. Sie erhält (da sie am Endpunkt des Südlichen Hauptsammlers liegt) die Bezeichnung „Kläranlage Süd“.
1913	Inbetriebnahme der Kläranlage Süd. Sie besteht aus: Rechen, Sandfang, acht Emscherbrunnen (Durchmesser 8 Meter, Tiefe 10,7 Meter), einer nachgeschalteten „Absturzanlage“ zur Belüftung des Abwassers, sowie Schlamm-trockenbeeten (mit 1600 Quadratmetern Fläche).
1914	Baubeginn für die Kläranlagenerweiterung. Der steigende Wasserverbrauch, der Anschluss des Gostenhofer Hauptsammlers sowie neu entstandene Bebauung im Einzugsgebiet machten eine Erweiterung der Anlage um zwölf Emscherbrunnen sowie eine Vergrößerung der Trockenbeete auf insgesamt 2850 Quadratmeter Fläche erforderlich. Die Maßnahme ist im Jahr 1915 abgeschlossen.
1958	Einführung der biologischen Abwasserreinigung in Tropfkörpern: Es gehen vier Tropfkörper (Durchmesser 25 Meter) und zwei Absetzbecken (Durchmesser 35 Meter) in Betrieb.
1962	Die „Kläranlage Süd“ wird umbenannt in „Klärwerk 2“ (als das kleinere der beiden Klärwerke).
1980	Die Planungen für eine völlige Umgestaltung des Klärwerks beginnen.
1984	Abbruch der alten Kläranlage (bis auf das Zulaufbauwerk des Südlichen Hauptsammlers und die Tropfkörper mit den dazugehörigen Absetzbecken).
1987	Inbetriebnahme des Kläranlagen-Neubaus / erster Bauabschnitt. Er umfasst den Zulaufbereich (Hebewerk, Rechen, Sandfang) und die erste biologische Stufe (sauerstoffbegaste Belebungsanlage) mit den dazugehörigen Absetzbecken (Durchmesser 44 Meter).
1990	Inbetriebnahme des Kläranlagen-Neubaus / zweiter Bauabschnitt. Er umfasst die zweite biologische Stufe (luftbegaste Belebungsanlage) mit den dazugehörigen Absetzbecken (Durchmesser 44 Meter).
1991	Inbetriebnahme des Kläranlagen-Neubaus / dritter Bauabschnitt (Abwasserfilter).
1994	Die Maßnahmen zur Stickstoffreduzierung (vorgeschaltete Denitrifikation in der zweiten biologischen Stufe) gehen in Betrieb.
2003	Für die zweite biologische Stufe (luftbegaste Belebungsanlage) geht ein drittes Absetzbecken in Betrieb.
2008	Die Ertüchtigung der Rücklaufschlammförderung für die zweite biologische Stufe (Schwachlastbelebungsanlage) geht in Betrieb.



Abb. 1: Foto der Kläranlage Süd (heute Klärwerk 2) kurz nach ihrer Fertigstellung im Jahr 1913 als erste große Kläranlage Bayerns; Foto: Stadtarchiv Nürnberg (oben) und Luftbild des Klärwerks 2 Nürnberg; Foto Hajo Dietz (unten)

Derzeit sind keine verfahrenstechnischen Änderungen geplant. Es wird bei den beiden Reinigungsstufen (mechanisch und biologisch) mit Abwasserfilter bleiben. Zukünftig soll zur Steigerung der energetischen Eigenversorgung das Thema Co-Vergärung (derzeit ca. 60 %) weiterentwickelt werden. (pers. Mitteilung Hr. Höniges mit E-Mail vom 02.06.2020). Im neuen Wasserrecht wird der Istzustand der beiden Klärwerke, KW 1 und KW 2, beantragt, folglich sind keine Planungen zum Ausbau vorgesehen. Das Ziel für die technischen Nachweise ist die Beibehaltung der vorhandenen Ausbaugrößen von 1.400.000 EW im KW 1 bzw. 230.000 EW im KW 2 (Miller 2020). Es sind keine Steigerungen der Abwassermengen zu erwarten (pers. Mitteilung Hr. Höniges mit E-Mail vom 27.10.2020).

4 Charakterisierung des Untersuchungsgebietes und der Messstellen

4.1 Untersuchungsgebiet und derzeitiger gewässerökologischer Zustand der Pegnitz

Das engere Untersuchungsgebiet an der Pegnitz erstreckte sich von Nürnberg, Theodor-Heuss-Brücke bzw. Nordwestring (oberhalb der Einleitung von KW 2 bei Fluss-km 5,140), bis Fürth, Quellensteg (unterhalb der Einleitung von KW 1 bei Fluss-km 3,730), wobei zusätzlich Daten des WWA N von Nürnberg Lederersteg (flussauf des engeren Untersuchungsgebietes) und Fürth Friedhofsteg (flussab des engeren Untersuchungsgebietes) zur Verfügung standen. Naturräumlich ist das Untersuchungsgebiet in das Mittelfränkische Becken einzuordnen (Naturraum-Untereinheit: Rednitz-, Regnitz-, Pegnitztaue) und im Landschaftsschutzgebiet „Pegnitztal West“ eingebettet.

Die Pegnitz wird dem biozönotisch bedeutsamen Fließgewässertyp 9.2 „Große Flüsse des Mittelgebirges“ (Pottgiesser 2018) zugeordnet und weist eine Länge von ca. 113 km auf. Sie entspringt in der Stadt Pegnitz am Osthang des Schlossbergs aus einer Karstquelle. Die Pegnitz verläuft zunächst in südlicher Richtung durch den Naturpark Fränkische Schweiz-Veldensteiner Forst und die Hersbrucker Schweiz bis sie weiter in westlicher Richtung über Lauf Nürnberg inklusive den Wöhrder See (ca. 4 km flussauf KW 2) und Fürth durchfließt. Zusammen mit der Rednitz vereinigt sie sich nördlich der Fürther Innenstadt zur Regnitz, die letztendlich in den Main mündet. Charakteristisch für diesen Fließgewässertyp im potentiell natürlichen Zustand ist ein überwiegend schnell fließendes Strömungsbild mit längeren, langsam strömenden Abschnitten bei gewundenen bis mäandrierenden Einbettgerinnen oder nebengerinnereichen bis hin zu verflochtenen Gewässerabschnitten. Daneben sind große Abflussschwankungen im Jahresverlauf mit stark ausgeprägten, bisweilen extremen Einzelereignissen kennzeichnend. Es handelt sich um einen sehr dynamischen Gewässertyp mit z. T. großflächigen Laufverlagerungen, wodurch sich häufig Rinnen und Altwasser bilden. In breiteren Tälern können die Auen theoretisch bis zu mehreren hundert Meter Breite erreichen. Die Habitatvielfalt ist entsprechend groß, wobei unter den Sohlsubstraten Steine, Schotter und Kies dominieren. In strömungsberuhigten Bereichen können großräumig feinsedimentreiche, sandig-lehmige oder organische Ablagerungen vorkommen (Pottgiesser 2018).

Fischereibiologisch ist die Pegnitz im untersuchten Bereich dem cyprinidengeprägten Rhithral zuzuordnen. Wie an den meisten anderen bayerischen Flüssen liegen auch an der Pegnitz erhebliche Durchgängigkeitsdefizite infolge anthropogener Eingriffe vor: Im Untersuchungsgebiet befinden sich mehrere Sohlbauwerke (Sohlgleiten, Sohlrampen), die gemäß der Datenerhebung des

LfU entweder eingeschränkt oder mangelhaft durchgängig sind. Weiter flussab in Fürth befindet sich ein nicht durchgängiges Wehr. Flussauf des Untersuchungsgebietes befinden sich allein bis zum Wöhrder See vier als nicht durchgängig kartierte Wehre und ein nicht durchwanderbarer Absturz, daneben weitere nur mangelhaft durchgängige Sohlgleiten. Sohlbauwerke können je nach Ausprägung durchaus auch positive Einflüsse auf aquatische Lebensgemeinschaften haben (z. B. eine lokal erhöhte Fließgeschwindigkeit, die beispielsweise zu einem erhöhten Sauerstoffeintrag ins Gewässer bzw. der Reinigung der Gewässersohle führt). Insgesamt sind Unterbrechungen der Durchgängigkeit bzw. der Vernetzung von Lebensräumen, des Fließkontinuums, des Geschiebehaushalts und des Energiehaushalts durch Wehre mit erheblichen Lebensraumveränderungen und folglich Artenverschiebungen verbunden, was den ökologischen Zustand der Fließgewässer deutlich beeinträchtigen kann.

Die Pegnitz ist im Bereich des Untersuchungsgebietes nach § 28 WHG als ein natürlicher Flusswasserkörper mit der Kennzahl 2_F037 „Pegnitz von Nürnberg-Kettensteg bis Zusammenfluss mit Rednitz“ eingestuft. Gemäß den Vorgaben der WRRL muss folglich bis spätestens 2027 der „gute ökologische Zustand“ erreicht werden. Der aktuelle gewässerökologische Zustand der Pegnitz im Untersuchungsgebiet anhand der biologischen QK an der WRRL-Messstelle (Nürnberg Friedhofsteg) wird gemäß des worst-case Prinzips als „unbefriedigend“ bewertet (unveröffentlichter Datenstand Dezember 2020 für den Bewirtschaftungsplan 2022-2027, pers. Mitteilung WWA Nürnberg am 09.12.2020). Die Ergebnisse der einzelnen QK stellen sich wie folgt dar:

- **QK Makrozoobenthos**

Für das MZB ergibt sich derzeit ein „guter ökologischer Zustand“, da beide bewertungsrelevanten Module (Saprobie, Allgemeine Degradation) mit „gut“ bewertet werden.

- **QK Makrophyten & Phytobenthos**

Für die pflanzliche Qualitätskomponente (Makrophyten und Aufwuchsalgen) ergibt sich derzeit lediglich ein „mäßiger ökologischer Zustand“.

- **QK Fische**

Die Fischkomponente wird derzeit nur mit „unbefriedigend“ bewertet.

Folgende Angaben zur ökologischen und chemischen Einstufung für flussauf liegende Wasserkörper an der Pegnitz beziehen sich ebenfalls auf den aktuellen Datenstand von Dezember 2020 (Bewirtschaftungspläne 2022-2027) und sind derzeit noch nicht im Umweltatlas veröffentlicht, wurden jedoch vorab vom WWA Nürnberg am 08.02.2021 zur Verfügung gestellt:

Bereits im Oberlauf der Pegnitz (FWK 2_F034 „Pegnitz bis Einmündung Flembach, Fichtenohe bis Pegnitz“) liegen gewässerökologische Defizite in Form einer lediglich „mäßig“ bewerteten QK Makrophyten & Phytobenthos vor, was zur „mäßigen“ Einstufung der gesamten ökologischen Zustandsklasse führt. Im weiteren Verlauf flussab ist die Fischfauna bei FWK 2_F036 „Pegnitz von Einmündung Flembach bis Einmündung Röttenbach“ für den „mäßigen“ Zustand bzw. bei FWK 2_F035 für einen „unbefriedigenden“ Zustand ausschlaggebend. FWK 2_F038 „Pegnitz von Einmündung Tiefgraben bis Nürnberg-Kettensteg“ grenzt unmittelbar oberhalb des im Rahmen dieses Gutachtens untersuchten FWK an und wird als erheblich veränderter Wasserkörper (HMWB) ausgewiesen. Für einen Wasserkörper der Kategorie HMWB (*engl. heavily modified waterbody*) ist die weniger strenge Zielerreichung des „guten ökologische Potentials“ gemäß WRRL maßgeblich. Auf

Grund der „unbefriedigenden“ Bewertung der Fischfauna (MZB und Makrophyten & Phytobenthos „mäßig“) wird das ökologische Potential dieses FWK ebenfalls lediglich als „unbefriedigend“ bewertet. Demzufolge liegt derzeit gemäß den Bewertungsergebnissen für den 3. Bewirtschaftungsplan mit Datenstand Dezember 2020 in keinem der FWK der Pegnitz ein „guter ökologischer Zustand“ vor.

Der aktuelle chemische Zustand sämtlicher FWK der Pegnitz wird als „nicht gut“, ohne ubiquitäre Schadstoffe (Quecksilber, PFOS, 6-BDE) als „gut“ bewertet. In einem Projekt des LfU soll zeitnah geklärt werden, ob die PFOS an FWK der Pegnitz, gemessen in Biota, über die „üblichen Hintergrundwerte“ hinausgehen. Zudem liegt derzeit eine Überschreitung des flussgebietspezifischen Schadstoffs Kupfer bei FWK 2_F037 (Untersuchungsgebiet) vor.

Zur Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ nach WRRL wird im Maßnahmenprogramm 2016-2021 für FWK 2_F037 (Untersuchungsgebiet, LfU 2015a) der Ausbau kommunaler Kläranlagen zur Reduzierung der Phosphoreinträge genannt. Für oberhalb liegende FWK werden Abflussregulierungen und morphologische Optimierungen (z. B. Herstellung der Durchgängigkeit, Habitatoptimierung, Ufer- und Aueentwicklung etc.), die Reduktion von Belastungen infolge von Freizeit- und Erholungsaktivitäten, die Reduktion diffuser Einträge aus der Fläche (z. B. Landwirtschaft) sowie ebenfalls der Ausbau kommunaler Kläranlagen aufgezählt (LfU 2015b-e).

4.2 Probestellen der gewässerökologischen Untersuchung

Für die gewässerökologische Untersuchung zu KW 2 wurden insgesamt 2 Probestellenbereiche (PS 1 und PS 2) im Rahmen einer Vor-Ort-Begehung (27.05.2019) und in Absprache mit dem AG, dem WWA N und der Fischereifachberatung des Bezirkes Mittelfranken festgelegt (Abb. 2, Abb. 3, Abb. 4). In der Übersichtskarte (Abb. 2) ist zudem Probestellenbereich 3 eingezeichnet, der im Rahmen der Untersuchungen zu KW 1 (ÖKON 2020) relevant ist, aber auch im vorliegenden Gutachten zu KW 2 an der ein oder anderen Stelle aufgegriffen wird. Die Längen der Beprobungsstrecken für das MZB bzw. Makrophyten & Phytobenthos betragen ca. 100 m und liegen entlang der orographisch rechten Uferseite. Die folgenden Kapitel 4.2.1 und 4.2.2 beschreiben die beiden Probestellen ohne Berücksichtigung der E-Befischungsstrecken. Details zu den Befischungsstrecken sind Kapitel 9.1 sowie Anhang I zu entnehmen.

Die genaue Verortung der Untersuchungsstellen (Start und Ende) der unterschiedlichen biologischen und chemischen Komponenten sind in Tab. 2 dargestellt.

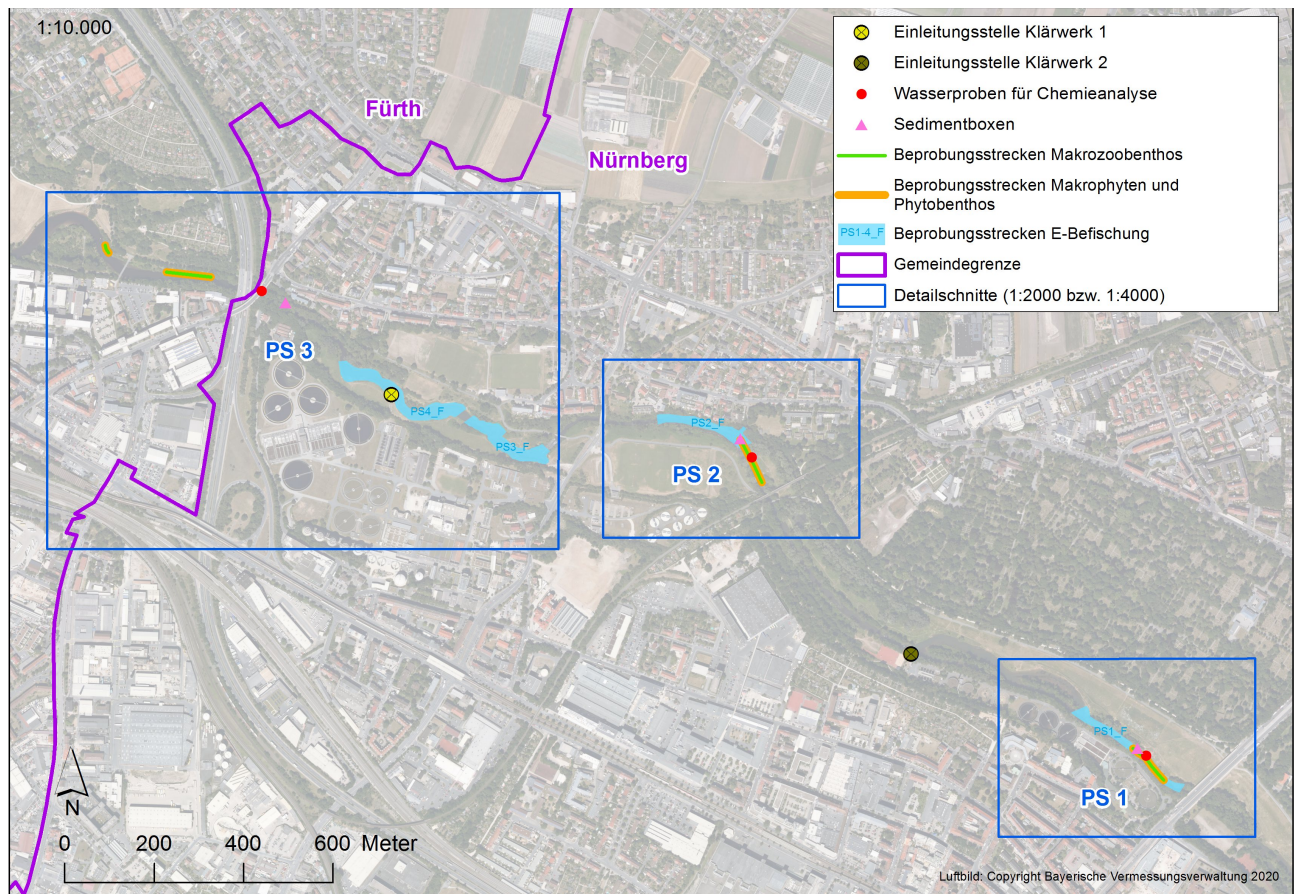


Abb. 2: Übersichtskarte zur Lage der Probestellen der gewässerökologischen Untersuchung

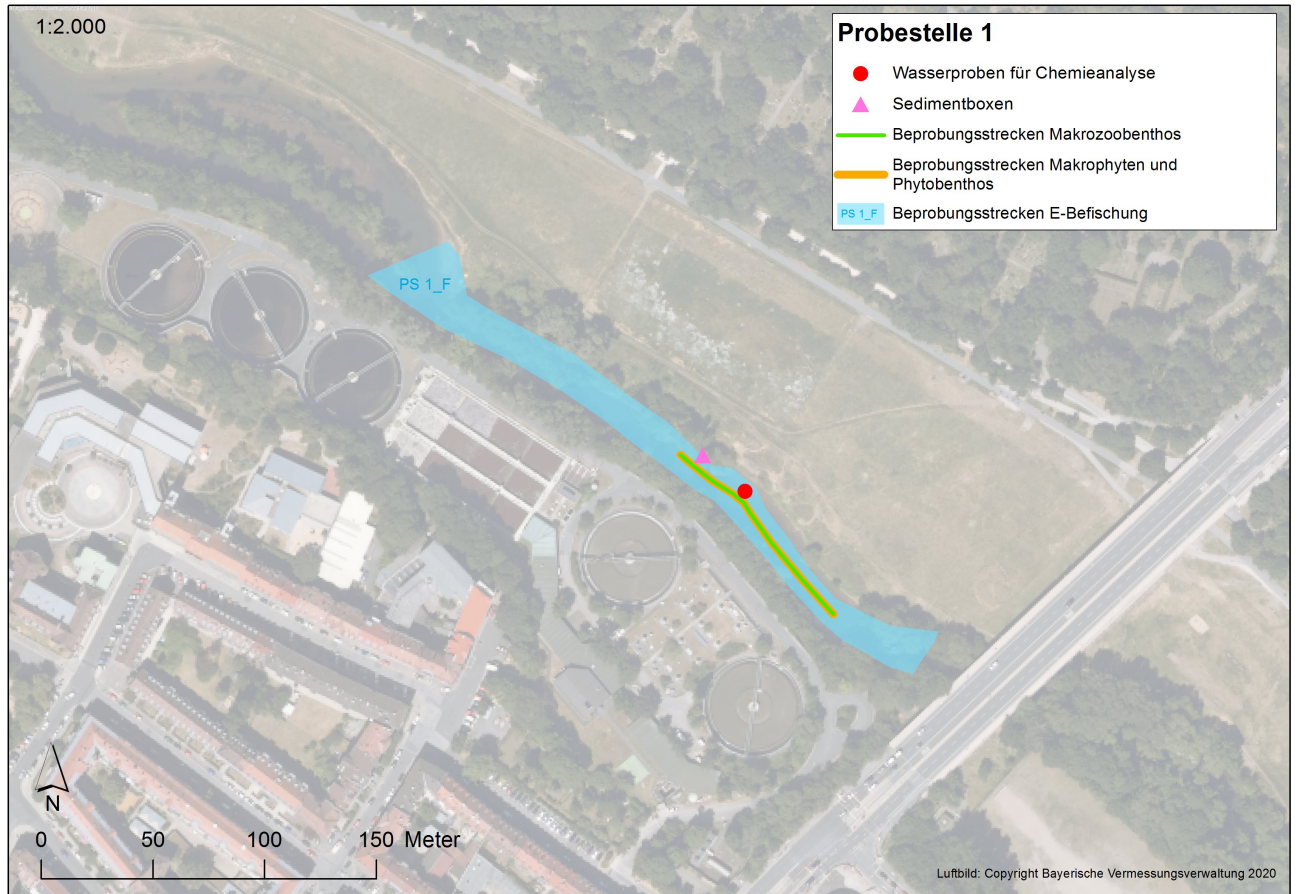


Abb. 3: Detailkarte zur Lage der Untersuchungsstellen bei Probestelle 1

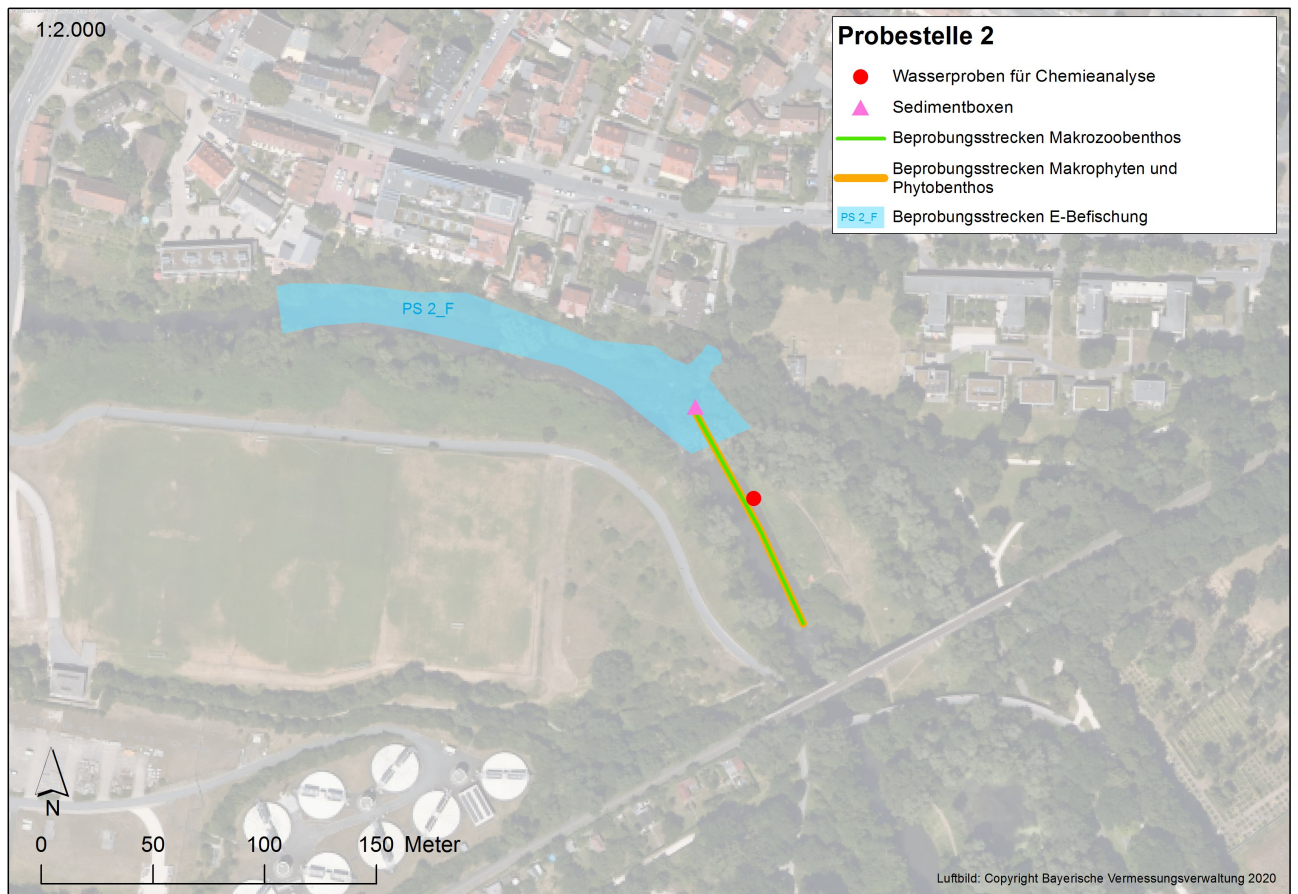


Abb. 4: Detailkarte zur Lage der Untersuchungsstellen bei Probestelle 2

Tab. 2: Verortung der Probestellen nach Gauß-Krüger-Zone 4.

Probestelle 1	Start	Ende	Start	Ende
MZB	4430803 5480815	4430872 5480747		
MP	4430803 5480815	4430872 5480747		
F (PS 1_F)	4430684 5480902	4430906 5480718		
Ch	4430827 5480794			
S	4430808 5480810			
Probestelle 2	Start	Ende	Start	Ende
MZB	4429919 5481502	4429974 5481411		
MP	4429919 5481502	4429974 5481411		
F (PS 2_F)	4429733 5481546	4429907 5481503		
Ch	4429946 5481462			
S	4429920 5481503			

Abkürzungen:

- MZB = Beprobungsstrecke Makrozoobenthos
- MP = Beprobungsstrecke Makrophyten & Phytobenthos
- F = Beprobungsstrecke E-Befischung
- Ch = Wasserprobenentnahme für Chemieanalysen
- S = Standort Sedimentbox

4.2.1 Probestelle 1

PS 1 liegt westlich der Theodor-Heuss-Brücke im öffentlichen Park „Pegnitztal West“ am rechten Pegnitzufer und ca. 570 m oberhalb der Einleitung von KW 2 (Abb. 3, Abb. 5).

Gemäß der Gewässerstrukturkartierung (GSK) vom 06.06.2019 lässt sich das Tal der Pegnitz an der PS 1 als Sohlerental mit einem unverzweigten und schwach gewundenen Lauf charakterisieren. Die Gewässersohle ist naturgemäß von Feinsedimenten dominiert. Die Pegnitz weist ein permanentes Wasserregime auf und besitzt vor Ort eine natürliche Gewässerbreite von ca. 18 m im Mittel. Das Gewässer ist mit einem Verhältnis von > 1 : 6 eingetieft. Die Flusssohle ist unverbaut, während das Ufer einseitig (linkes Ufer) durch Blocksteine gesichert ist. An der Probestelle finden sich keine Querbauwerke, Durchlässe, Verrohrungen oder Ausleitungen. Ein Rückstau ist ebenfalls nicht vorzufinden. Die insgesamt mäßige Strömungsvielfalt variiert zwischen mäßig (> 50 %) sowie langsam und schnell fließend (jeweils < 10 %). Linksseitig befinden sich nahezu keine Sonderstrukturen. Rechtsseitig tragen Holzansammlungen, überhängende Vegetation und Wurzelgeflecht zu einer ausgeprägten Struktur- und Strömungsvielfalt bei.

Die linke Uferböschung ist gänzlich mit dichten, heimischen und standortgerechten Gehölzen bewachsen. Die rechte Uferböschung ist nahezu mit gleichen Anteilen an heimischem und standortgerechtem Baum- und Strauchbestand sowie einer Wiese geprägt.

Die Gesamtheit des Entwicklungspotentials der Pegnitz an der Probestelle 1 ist als „stark verändert“ einzustufen, da das Gewässerbett keine Anlandungen bei nur mäßiger Tiefen- und Breitenvariabilität aufweist. Schwache Ufererosionen sind ausschließlich am rechten Ufer gegeben.

Die Substratvielfalt ist als „mäßig“ einzustufen und setzt sich primär aus Sand (< 2 mm), nachrangig aus Technolithal (Steinschüttung zur Ufersicherung) zusammen. Vereinzelt ist organisches Sohlsubstrat in Form von Feindetritus und Totholz vorhanden. Die Gewässersohle ist durch eine leichte äußere Kolmation geprägt. Faulschlamm ist nicht vorzufinden. Der Gewässergrund ist teils mit einer deutlichen Auflage, bestehend aus Grün-, Faden- und Kieselalgen bedeckt. An der Probestelle ist eine geringe Verunreinigung durch Hausmüll festzustellen.

Die Aue der Pegnitz besitzt im Bereich von PS 1 keine Hochwasserschutzanlage. Das Ausuferungsvermögen ist aufgrund der Eintiefung als beeinträchtigt einzustufen. In der Aue befindet sich kein weiteres Auengewässer. Das Entwicklungspotential der Aue ist als „vollständig verändert“ einzustufen, da beide Uferseiten stark beeinträchtigt sind, die linke Uferseite ist versiegelt und bebaut (Anlagengelände von KW 2), die rechte Uferseite ist durch eine frequent genutzte Mähwiese (Sportler, Hunde, Grillen) charakterisiert.

Die Pegnitz ist an PS 1 nach dem bayerischen Verfahren zur Erfassung und Bewertung der Gewässerstruktur (LfU 2015f) gemäß der Bewertung der Teilsysteme, Gewässerbettstruktur (Bewertungskategorie 4 „deutlich veränderte Gewässerstruktur“) und Auestruktur (Bewertungskategorie 7 „vollständig veränderte Gewässerstruktur“), in der Gesamtbewertung der Gewässerstrukturklasse 5 („stark verändert“) zuzuordnen (Tab. 3).

4.2.2 Probestelle 2

PS 2 liegt unterhalb des Fuchslochstegs, schräg gegenüber der Sportplatzanlage am Fuchsloch und ca. 550 m unterhalb der Einleitung von KW 2 bei Fluss-km 5,140. PS 2 wurde so gewählt, dass eine Komplettvermischung des Flusswassers mit gereinigtem Abwassers aus der Einleitung von KW 2 anzunehmen ist (Abb. 4, Abb. 5).

Gemäß der Gewässerstrukturkartierung vom 06.06.2019 lässt sich das Tal der Pegnitz bei PS 2 als vertieftes Sohltal mit schwach gewundenem, unverzweigtem Lauf und feinem Sediment charakterisieren. Es weist ein permanentes Wasserregime und eine natürliche Gewässerbite von ca. 18 m auf. Die Flusssohle ist unverbaut, während die Ufer mit Flussbausteinen gesichert sind. Linksseitig ist die Verbauung zum Großteil im Verfall begriffen. An der Probestelle finden sich keine Querbauwerke, Durchlässe, Verrohrungen oder Ausleitungen. Ein Rückstau ist ebenfalls nicht vorzufinden. Die mäßige Strömungsvielfalt variiert zwischen mäßig (Anteil von > 50 %) sowie langsam (10-50 %) und schnell fließend (< 10 %; technisch bedingt durch Sohlrampe).

Die linke Böschungsvegetation besteht vor allem aus dichten, heimischen und standortgerechten Gehölzen. Die rechte Uferböschung ist überwiegend durch Kraut- und Röhrichtgürtel, nachrangig durch Wiese sowie heimischem und standortgerechtem Gebüsch und Gehölz geprägt.

Das Gewässerbett weist im Bereich der Probestelle 2 ein „deutlich verändertes“ Entwicklungspotential auf. Es ist zwar eine ausgeprägte Ufererosion jedoch nur eine mäßige Breiten- und Tiefenvariabilität vorzufinden. Eine Anlandung mit > 10 % der mittleren Gewässerbite findet sich ledig-

lich im Bereich eines einzelnen Makrophytenteppichs (Kanadische Wasserpest, *Elodea canadensis*) an der rechten Uferseite.

Die Substratvielfalt ist als „mäßig“ einzustufen und setzt sich überwiegend aus Sand (< 2 mm), nachrangig aus der im Verfall begriffenen Blocksteinsicherung (Technolithal) zusammen. Lokal werden Ablagerungen aus Feindetritus und Schlamm vorgefunden. Flächig ist eine leichte und im Bereich des Makrophytenbestands eine starke äußere Kolmation festzustellen. Es ist ein deutlicher Belag aus Faden-, Grün- und Kieselalgen vorhanden. Einzelne Steine/ Blöcke, Bucht, Holzansammlungen, Wurzelgeflecht und überhängende Vegetation tragen einer reichen Strukturvielfalt bei.

Die Aue der Pegnitz besitzt in diesem Abschnitt keine Hochwasserschutzanlagen. Das Ausuferungsvermögen ist einseitig durch die Böschungsgestalt beeinträchtigt. In der Aue befindet sich ein abgetrennter Altarm (Fuchsloch). Entlang des linken Flussufers verläuft ein Radweg neben Sportanlagen. Das rechte Ufer ist von einem lichten Wald und Wanderweg geprägt.

Die Pegnitz ist an PS 2 nach dem bayerischen Verfahren zur Erfassung und Bewertung der Gewässerstruktur (LfU 2015f) gemäß der Bewertung der Teilsysteme, Gewässerbettstruktur und Auestruktur (jeweils Bewertungskategorie 4 „deutlich veränderte Gewässerstruktur“), in der Gesamtbewertung ebenfalls der Gewässerstrukturklasse 4 zuzuordnen (Tab. 3).

Tab. 3: Ergebnis der GSK (06.06.2019) durch ÖKON nach dem bayerischen Vor-Ort-Verfahren (LfU 2015f)

Parameter	PS 1	PS 2
Linienführung	1	1
Verlagerungspotential	7	7
Entwicklungsanzeichen	5	4
Strukturausstattung	1	1
= Gewässerbettstruktur	4	4
Retentionsraum	7	3
Uferstreifenfunktion	3	3
Entwicklungspotential	7	5
= Auestruktur	7	4
= Gewässerstrukturklasse	5	4



Abb. 5: Probestelle 1 mit Blick flussab (oben) und Probestelle 2 mit Blick flussauf (unten) im Juni 2019

4.3 Weitere Einleitungen der SUN im Untersuchungsgebiet

Neben den Einleitstellen von KW 1 und KW 2 existieren im Bereich zwischen Lederersteg und Stadtgrenze Nürnberg/Fürth 9 Einleitstellen von Misch- und Niederschlagswässern, die im Bedarfsfall anspringen. Mit Ausnahme von RÜ 49/50 Reutersbrunnenstraße und RÜB 14 Maximilianstraße liegen die Einleitstellen erst flussab der beiden Probestellen PS 1 und PS 2. Anzahl der Entlastungsereignisse, Entladungsdauer sowie Entlastungsfracht (CSB), die im Rahmen der aktuellen Schmutzfrachtberechnung rechnerisch ermittelt wurden, sind in Tab. 4 angegeben. Angaben zur chemischen Wasserqualität der Einleitwässer können nicht gemacht werden, da diese nicht erhoben wird.

Tab. 4: Misch- und Niederschlagswassereinleitstellen von SUN in die Pegnitz zwischen Lederersteg und Stadtgrenze Nürnberg/Fürth mit Angaben gemäß Schmutzfrachtberechnung. Angaben zur Entlastungsfracht beziehen sich auf den CSB.

	Anzahl	Dauer [h]	Entlastungsfracht [kg/a]
RÜ 49/50 Reutersbrunnenstraße	1	1,27	569
RÜB 14 Maximilianstraße	16	287,83	120.907
RÜB 6 Schniegling	11	182,58	68.353
RÜSK 2 Holsteiner Straße	2	2,98	1.037
RÜ 54 Weihergartenstr./Wahlerstr.	1	1,35	41
RÜB 16 Adolf-Braun-Straße	9	70,27	94.573
RÜSK 8Südwestlicher Hauptsammler 2	12	165,95	124.284
RÜ 65 Weihergartenstraße	0	0	0
RÜ 57 Niederweg (PW 10)	10	32,35	557
			410.321

5 Temperatur- und Abflussverhältnisse an der Pegnitz im Untersuchungszeitraum

Die Lufttemperaturverhältnisse gemäß des Deutschen Wetterdienstes, gemessen an der Station in Nürnberg Flughafen (Stationsnr. 3668), und die Abflussverhältnisse (jeweils Tagesmittel) an der Pegnitz gemäß Pegelanlage Lederersteg, sind für die jeweiligen Untersuchungstermine (Erfassung der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter (ACP) und der biologischen QK MZB, Makrophyten & Phytobenthos und Fische) in Abb. 6 dargestellt.

Die Temperaturmonatswerte lagen auch im Jahr 2019 über den langjährigen Mittelwerten und zeigten insbesondere sehr milde Wintertemperaturen im Jahreswechsel (2019/2020) an. Der europaweit extrem trockene Sommer bzw. Herbst 2018 sowie ein relativ niederschlagsarmer Sommer 2019 führten letztendlich dazu, dass die Abflussverhältnisse der Pegnitz größtenteils im Bereich des mittleren Niedrigwasserabflusses (MNQ) bzw. sogar darunter lagen (NQ wurde nicht erreicht). Wenige größere Regenereignisse führten zwar immer mal wieder zu Abflussspitzen, diese klangen jedoch auf Grund der allgemeinen Trockenheit schnell wieder ab. Erst die Regenfälle im Februar und März 2020 sorgten über einen etwas längeren Zeitraum für Abflussverhältnisse über dem mittleren Abflussniveau (MQ). Ab Mitte März wurde dieses Niveau jedoch wieder deutlich unterschritten. Daten zur Abflusst Statistik an der Messstelle Nürnberg Lederersteg gemäß Hochwassernachrichtendienst Bayern (HND) sind in Tab. 5 angegeben.

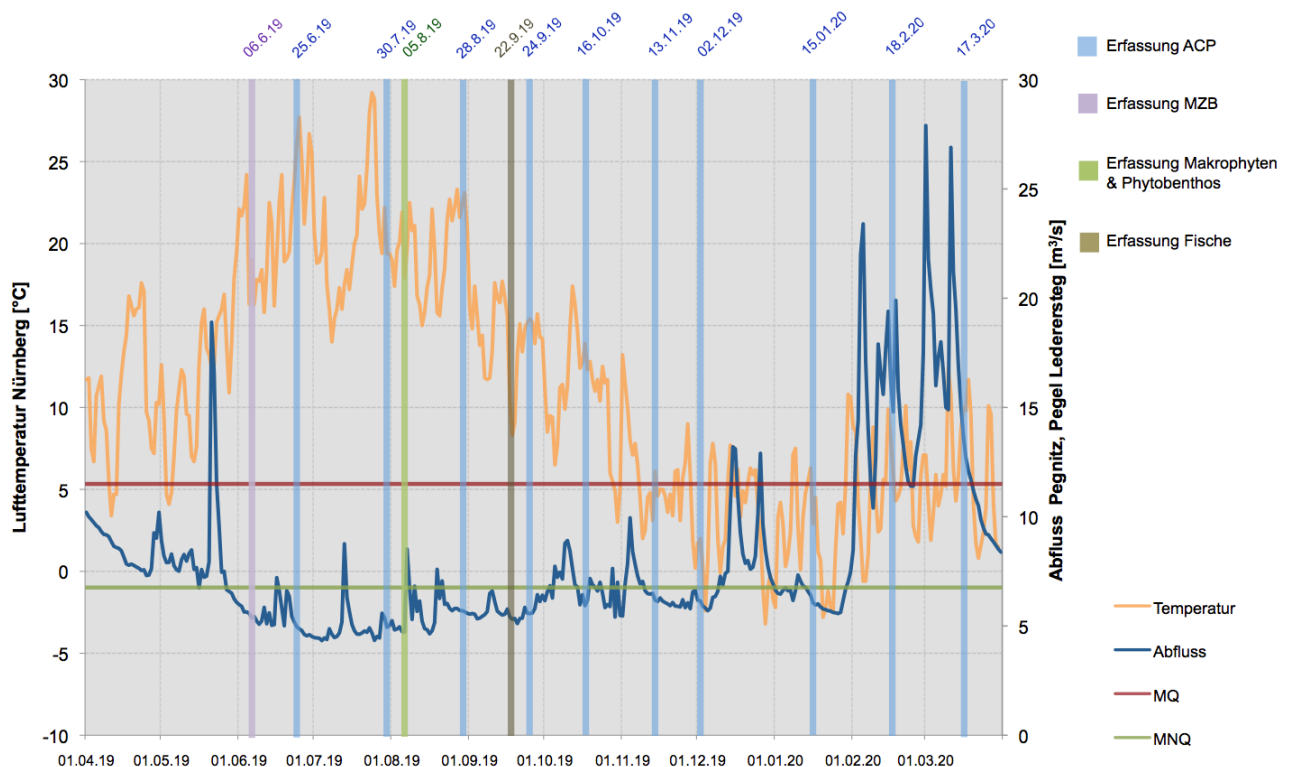


Abb. 6: Abfluss- und Temperaturverhältnisse der Pegnitz am Pegel Lederersteg im Zeitraum der gewässerökologischen Untersuchung. Farblich hinterlegt sind die Wasserprobenahmen zur Erfassung der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter (ACP), die MZB-Probenahmen und die Makrophyten & Phytobenthosprobenahmen. Weiter sind statistische Werte des Pegels Lederersteg / Pegnitz angegeben: MQ = mittlerer Abfluss (11,5 m³/s), MNQ = mittlerer Niedrigwasserabfluss (6,76 m³/s).

Tab. 5: Abflussstatistik an der Messstelle Nürnberg Lederersteg (HND Bayern, letzter Aufruf am 13.10.2020)

Abflüsse (Jahresreihe 1911-2012)				
	Winter	Sommer	Jahr	Einheit
NQ	4,2	3,48	3,48	m ³ /s
MNQ	7,76	6,93	6,76	m ³ /s
MQ	13,4	9,56	11,5	m ³ /s
MHQ	55,1	23,1	59,4	m ³ /s
HQ	149	113	149	m ³ /s

Biologische Erhebungen

Die Erhebungen des MZB fanden im Juni 2019 bei Abflussverhältnissen von 5,37 m³/s (Pegel Lederersteg) und damit im Bereich knapp unter MNQ statt. Die Probenahmen zur pflanzlichen Qualitätskomponente (Makrophyten, Phytobenthos inkl. Diatomeen) im August 2019 sowie die Erhebung der Fischfauna mittels Elektrofischung im September 2019 fanden ebenfalls bei Abflussbedingungen unter MNQ (4,74 m³/s bzw. 5,36 m³/s) statt.

Chemische Erhebungen

Die Erhebungen der Wasserchemie erfolgten einmal monatlich von Juni 2019 bis März 2020 an insgesamt 10 Terminen. Über weite Teile des Untersuchungszeitraumes lagen an der Pegnitz Abflussverhältnisse unter MNQ-Niveau vor. Unter diesen Voraussetzungen lag das Mischverhältnis der Einleitmengen durch KW 2 im Vergleich zur Abflussmenge der Pegnitz (Pegel Lederersteg) mit Ausnahme vom 24.09.19 (Verhältnis 7,9 : 1) stets über 10 : 1. Als zu Jahresbeginn 2020 (Februar, März) der Pegel infolge starker Regenfälle über MQ anschwellen lagen die Mischverhältnisse bei > 20:1. Die Abflusssituation an der Sächsischen Saale, die Einleitmenge von KW 2 und das daraus resultierende Mischverhältnis unterhalb KW 2 an den jeweiligen Probenahmetagen sind in Tab. 6 dargestellt. Die zugehörigen Lufttemperaturen können Abb. 6 entnommen werden.

Tab. 6: Mischverhältnisse von Abfluss (Q) Pegnitz zu Abfluss KW 2 an den einzelnen Probenahmetagen. Abflüsse sind jeweils in m³/s angegeben. Abflussdaten Pegnitz: Pegel Lederersteg; Abflussdaten KW 2: Eigenüberwachungsdaten SUN

Datum	Q _{Pegnitz}	Q _{KW2}	Q _{Pegnitz} / Q _{KW2}
25.06.19	4,87	0,48	10,2 : 1
30.07.19	4,94	0,45	11,0 : 1
28.08.19	5,71	0,42	13,5 : 1
24.09.19	5,58	0,71	7,9 : 1
16.10.19	6,43	0,47	13,6 : 1
13.11.19	6,49	0,47	13,9 : 1
03.12.19	5,91	0,47	12,6 : 1
15.01.20	6,41	0,52	12,3 : 1
18.02.20	19,9	0,55	36,0 : 1
17.03.20	12,7	0,53	23,8 : 1

6 Untersuchung der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter (ACP)

6.1 Methodik

Die physikalisch-chemischen Standardparameter (pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit (25 °C), Temperatur, Sauerstoffsättigung und -gehalt) wurden mit einem Multiparameter-Gerät der Fa. WTW Xylem Analytics (Modell MPP 930) ermittelt. Weitere chemische Parameter wurden durch das akkreditierte Labor der WESSLING GmbH, Neuried analysiert (Tab. 7). Die Probenahmen erfolgte durch die ÖKON GmbH nach DIN 38402-Teil 15 (April 2010; Mischprobe aus 10 Einzelproben à 1L mittels Schöpfer) im Zeitraum von Juni 2019 bis März 2020 an insgesamt 10 Terminen (25.06.19, 30.07.19, 28.08.19, 24.09.19, 16.10.19, 13.11.19, 02.12.19, 15.01.20, 18.02.20, 17.03.20). Für bestimmte Parameter erfolgte eine Filtration vor Ort mit Hilfe von Spritzenvorsatzfiltern (0,45 µm) (Abb. 7).

Tab. 7: Untersuchte ACP und angewandte Analysemethodik im Labor

Parameter	Analysemethodik
Sulfat (SO ₄)	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
Chlorid (Cl)	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
Nitrat - N (NO ₃ -N)	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
Nitrit - N (NO ₂ -N)	DIN EN 26777: 1993-04
Orthophosphat (O-PO ₄)	DIN EN 1189: 1996-12
Gesamtphosphor (TP)	DIN EN ISO 17294-2
Ammonium - N (NH ₄ -N)	DIN 38406 E5-1: 1983-10
Calcium (Ca ²⁺)	DIN EN ISO 17294-2 (2005-02)
Magnesium (Mg ²⁺)	DIN EN ISO 17294-2 (2005-02)
Natrium (Na ⁺)	DIN EN ISO 17294-2 (2005-02)
CSB	DIN 38409 H41: 1980-12
BSB 5	DIN EN 1899-1: 1998-05
DOC	DIN EN 1484: 1997-08
TOC	DIN EN 1484 (H3): 1997-08
Eisen (Fe)	DIN EN ISO 17294-2 (2005-02)
Calciumhärte	DIN EN ISO 11885
Cadmium	DIN EN ISO 17294-2 (2005-02)
Blei	DIN EN ISO 17294-2 (2005-02)
Quecksilber	DIN EN ISO 12846 (2012-08)
Nickel	DIN EN ISO 17294-2 (2005-02)
AOX	DIN EN ISO 9562 (2005-02)
Chrom (aus Fraktion < 63 µm)	DIN EN ISO 11456 (1996-12)
Kupfer (aus Fraktion < 63 µm)	DIN EN 13657 (2003-01)
Zink (aus Fraktion < 63 µm)	DIN EN ISO 11885 (2009-09)

Die Erhebung der Parameter Chrom, Kupfer und Zink erfolgte vierteljährlich. Hierzu wurden über einen Zeitraum von ca. 3 Wochen pro Probestelle je ein Sedimentkasten (Schwebstoffsammler)

der Fa. BHK Kunststoff (Selb) in der Pegnitz exponiert, im Anschluss daran die so aufgesammelten Schwebstoffe im Labor gesiebt (63 µm Fraktion) und anschließend hinsichtlich der drei genannten Parameter analysiert (Abb. 7). Die Ausbringung der Schwebstoffsammler erfolgte jeweils vom 06.06.19 bis 25.06.19, 24.09.19 bis 16.10.19, 13.11.19 bis 02.12.19 und vom 18.02.20 bis 17.03.20. Ein Fall von Vandalismus im August/September sorgte dafür, dass der Versuch einmal wiederholt werden musste, was zu einer leichten Verschiebung des Vierteljahres-Rhythmus führte.



Abb. 7: Sedimentbox zum Aufsammeln der Schwebstoffe (oben links), exponiert in der Pegnitz (oben rechts). Schwebstoffentnahme aus der Sedimentbox (Mitte links & rechts). Abfüllen der Wasserproben mit vorheriger Filtration (unten links) und ohne Filtration (unten rechts).

Die bioverfügbaren Konzentrationen der Schwermetalle Nickel und Blei wurden über die gemessenen Werte der Parameter gelöster organischer Kohlenstoff (DOC), Calcium (Ca), pH-Wert, Nickel und Blei mit der Software bio-met bioviability tool (Bio-met) berechnet.

Die Konzentration von Ammoniak (NH_3) und Ammoniak-Stickstoff ($\text{NH}_3\text{-N}$) lässt sich aus der Ammonium-Stickstoff-Konzentration ($\text{NH}_4\text{-N}$), dem negativen dekadischen Logarithmus der Säurekonstante (pK_s), der Temperatur (T) und dem pH-Wert nach folgender Formel nach Emerson et al. (1975) berechnen:

$$\text{NH}_3 - \text{N} = \frac{1}{[10^{(\text{pK}_s - \text{pH})} + 1]} \cdot \text{NH}_4 - \text{N} \text{ [mg/l]}$$

$$\text{mit: } \text{pK}_s = 0,09018 + \frac{2729,92}{273,2 + T}$$

Die Konzentration an Ammonium (NH_3) kann aus der Konzentration von Ammoniak-Stickstoff ($\text{NH}_3\text{-N}$) und dem Atomgewichtsanteil von Stickstoff (N) am Molekülgewicht von NH_3 ermittelt werden:

$$\text{NH}_3 = \text{NH}_3\text{-N} \cdot 1,215$$

6.2 Ergebnisse der Erhebungen der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter

6.2.1 Physikalisch-chemische Standardparameter

In Tab. 8 sind die erhobenen Messwerte der physikalisch-chemischen Standardparameter aus 10 Durchgängen, je eine monatliche Messung von Juni 2019 bis März 2020, dargestellt. Als Bewertungsgrundlage wurden die Orientierungswerte nach der OGewV (2016) für Fließgewässertyp 9.2 herangezogen. Diese sind als Jahresdurchschnittswerte zu verstehen. Zur Beurteilung der Leitfähigkeit wurden Werte aus Pottgiesser (2018) verwendet.

Tab. 8: Ergebnisse der Erhebungen der physikalisch-chemischen Standardparameter (elektr. LF: elektrische Leitfähigkeit; T: Temperatur; UZ: Untersuchungszeitraum; Mittelwert T: $T_{\text{Winter}}/T_{\text{Sommer}}$)

PS	Datum	Uhrzeit	pH-Wert	elektr. LF [µS/cm]	T [°C]	O ₂ -Sättigung [%]	O ₂ -Gehalt [mg/l]
PS 1	25.06.2019	09:56	8,53	552	21,4	112,4	9,63
PS 2	25.06.2019	11:05	8,56	552	21,7	114,6	9,81
PS 1	30.07.2019	09:11	8,02	581	19,1	93,2	8,33
PS 2	30.07.2019	10:05	7,95	602	19,4	90,8	8,70
PS 1	28.08.2019	08:47	8,16	583	19,1	98,2	8,80
PS 2	28.08.2019	09:37	8,21	585	19,2	97,6	8,73
PS 1	24.09.2019	09:40	8,18	595	12,1	101,1	10,50
PS 2	24.09.2019	10:55	8,09	608	12,8	100,4	10,25
PS 1	16.10.2019	09:10	8,03	567	12,8	97,6	7,00
PS 2	16.10.2019	11:10	7,99	597	13,4	96,3	9,72
PS 1	13.11.2019	09:25	8,24	587	6,6	101,7	11,93
PS 2	13.11.2019	10:40	8,18	611	7,1	100,1	11,60
PS 1	03.12.2019	09:25	8,26	584	5,0	101,2	12,71
PS 2	03.12.2019	10:22	8,09	620	5,9	98,3	12,07
PS 1	15.01.2020	09:35	8,27	596	4,8	102,9	12,86
PS 2	15.01.2020	10:35	8,18	625	5,4	100,9	12,44
PS 1	18.02.2020	09:10	8,13	505	6,6	104,5	12,54
PS 2	18.02.2020	10:30	8,10	508	6,6	103,2	12,36
PS 1	17.03.2020	09:30	8,16	537	7,6	104,3	12,23
PS 2	17.03.2020	10:25	8,10	557	7,9	102,5	11,95
PS 1	Mittelwert (UZ)		8,20	569	6,0/15,2	101,7	10,65
PS 2	Mittelwert (UZ)		8,15	587	6,5/15,6	100,5	10,76

Orientierungswerte nach OGewV (2016) für Fließgewässertyp 9.2

Bewertung Zustand	Typ	pH	T _{max Winter} [°C]	T _{max Sommer} [°C]	O ₂ Gehalt [mg/l]
sehr gut	JD	-	≤ 10	≤ 20	> 8
gut	JD	7,0 - 8,5	≤ 10	≤ 23	> 7
ungünstig	JD	Orientierungswerte werden überschritten			

Bewertung nach Pottgiesser (2018) für Fließgewässertyp 9.2

Wert	elektr. LF [µS/cm]
Leitwertbereich	300 - 800
Wert überschritten	> 800

Elektrische Leitfähigkeit

Für die elektrische Leitfähigkeit sind in der aktuellen OGewV (2016) keine Orientierungswerte angegeben. Fließgewässer des Typs 9.2 weisen jedoch typischerweise Werte von 300 – 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf (Pottgiesser 2018). Dieser Wertebereich wurde im Untersuchungszeitraum an beiden Probestellen stets eingehalten. Im Jahresmittel liegt die elektrische Leitfähigkeit bei PS 2, unterhalb der Einleitung von KW 2, mit einem Wert von 587 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nur geringfügig höher als jener von PS 1 (569 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

pH-Wert

Die pH-Werte lagen mit Ausnahme der Messung von Juni 2019 durchweg im Toleranzbereich (pH 7,0-8,5), der dem Gewässer nach der OGewV (2016) einen „guten ökologischen Zustand“ bescheinigte. Im Juni war bereits der Ausgangswert bei PS 1 leicht erhöht. Der Messwert flussab bei PS 2 unterschied sich von diesem nur geringfügig und lag minimal höher. Dieser relativ hohe pH-Wert ist insofern kritisch zu sehen, da mit steigendem pH (insbesondere im Bereich von pH 9) in zunehmendem Maße im Wasser gelöster, fischgiftiger Ammoniak statt Ammonium-Ionen vorliegt. Im Jahresmittel, pH 8,20 (PS 1) bzw. 8,15 (PS 2), sind die Unterschiede zwischen beiden Probestellen als marginal zu bezeichnen.

Temperatur

Für cyprinidengeprägte Gewässer des Rhithrals werden laut der OGewV (2016) unterschiedliche Temperaturorientierungswerte für Winter und Sommer angegeben. Für die Wintermonate (Dezember bis März) gilt es im Sinne des „guten ökologischen Zustands“ Temperaturen von $\leq 10\text{ °C}$, für Sommer (April bis November) Durchschnittstemperaturen von $\leq 23,0\text{ °C}$ einzuhalten. Für den „sehr guten“ Zustand sind Sommertemperaturen von $\leq 20\text{ °C}$ notwendig. Ferner ist gemäß der OGewV (2016) eine maximale Temperaturerhöhung von $2,0\text{ °C}$ ober- und unterhalb einer Einleitungsstelle für Abwärme zulässig.

An beiden Probestellen lagen die Maximaltemperaturen im Sommerzeitraum stets unter den von der OGewV (2016) postulierten 23 °C („gut“), zumeist unter 20 °C („sehr guter ökologischer Zustand“). Im Mittel ergab sich für die Sommermonate eine Wassertemperatur von $15,2\text{ °C}$ (PS 1) bzw. $15,6\text{ °C}$ (PS 2). Für die Wintermonate wurden die Vorgaben gemäß OGewV (2016) ebenfalls an beiden Probestellen durchgehend eingehalten. Im Mittel ergab sich im Zeitfenster von Dezember bis März eine Wassertemperatur von $6,0\text{ °C}$ an PS 1 und $6,5\text{ °C}$ an PS 2. Die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Probestellen betrug folglich im Mittel $0,5\text{ °C}$ und maß maximal $1,0\text{ °C}$ (Februar 2020). Damit wurde auch die deltaT-Regelung ausnahmslos eingehalten.

Sauerstoffgehalt und Sauerstoffsättigung

Der Gehalt an gelöstem Sauerstoff lag an beiden Probestellen zumeist im Bereich des „sehr guten ökologischen Zustands“ auf Basis der OGewV (2016). Im Oktober 2019 wurde an PS 1, oberhalb der Einleitung von KW2, ein Sauerstoffgehalt von $7,00\text{ mg/l}$ gemessen, der gerade noch mit „gut“ zu bewerten war. Im Mittel ergab sich für PS 1 ein Sauerstoffgehalt von $10,65\text{ mg/l}$ und für PS 2 von $10,76\text{ mg/l}$.

Für die prozentuale Sauerstoffsättigung gibt es keine Orientierungswerte nach OGewV (2016). Sättigungsbereiche deutlich über 100 % (Übersättigung) deuten auf eine hohe Photosynthesetätigkeit durch aquatische Flora hin. In der Regel befanden sich die Werte zwischen 91 % und ab

September 2019 kontinuierlich im Bereich von 100 %. Auffälligkeiten zwischen den Probestellen ergaben sich im Untersuchungszeitraum keine. Bemerkenswert waren die hohen Sauerstoffsättigungswerte vom Juni 2019 an beiden Probestellen (PS 1: 112,4 %; PS 2: 114,6 %). Diese dürften infolge hoher Temperaturen und starker Sonneneinstrahlung auf oben erwähnte Photosynthesetätigkeit von Algen und Wasserpflanzen zurückzuführen sein.

Geruch, Färbung und Trübung

In den Sommermonaten wies die Pegnitz an beiden Probestellen überwiegend eine natürlich bedingte (sandiges Bodensubstrat) leichte Trübung auf, die ab September in eine mittlere bis zuweilen starke Trübung (bei hohen Abflüssen) überging. Das Wasser der Pegnitz war an beiden Probestellen stets +/- leicht gelblich gefärbt. Leichter Abwassergeruch im geschöpften Pegnitzwasser konnte bei PS 2 an fünf von zehn Probenahmeterminen (24.09.19, 16.10.19, 03.12.19, 15.01.20, 18.02.20) festgestellt werden.



6.2.2 Ergebnisse der Nährstoffanalyse und weiterer chemischer Parameter

Die Messergebnisse der allgemein chemischen Parameter und Schwermetalle sind in Tab. 9 dargestellt und werden im Folgenden genauer erläutert.

Tab. 9: Ergebnisse der monatl. Messungen der allgemein-chemischen Parameter und Schwermetalle (für Pb und Ni sind gemäß OGeV 2016 bereits die bioverfügbaren Mengen angegeben) und der vierteljährlichen Messungen der Parameter Cr, Cu, Zn (Schwebstoffsammler) bei unterschiedlichen Abfluss- und Temperaturverhältnissen (s. Abb. 6). Die Werte sind in der Einheit [mg/l] angegeben, mit Ausnahme von Pb, Cd, Ni, Hg [µg/l]. Erläuterungen zu NH₄-N s. u., Analyzelabor: WESSLING GmbH.

PS	Datum	Uhrzeit	o-PO ₄ -P	TP	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	CSB	BSB ₅	TOC	DOC	Fe	Cr	Cu	Zn	Cd	Pb _{biov.}	Ni _{biov.}	Hg	AOX	CaCO ₃
PS 1	25.06.19	09:56	0,030	0,067	2,48	0,027	0,093	63,0	27,0	18,0	23,0	34,0	< 15,0	0,7	1,8	2,1	0,12	35,0	120,0	360,0	< 0,05	0,13	1,00	< 0,01	< 0,01	157
PS 2	25.06.19	11:05	0,023	0,069	2,48	0,027	0,093	62,0	28,0	19,0	24,0	34,0	< 15,0	0,7	1,5	1,9	0,12	36,0	130,0	400,0	< 0,05	0,13	1,00	< 0,01	< 0,01	155
PS 1	30.07.19	09:11	0,071	0,082	2,48	0,064	0,360	66,0	28,0	20,0	24,0	37,0	< 15,0	< 0,5	2,7	2,0	0,14	-	-	-	< 0,01	0,13	0,96	< 0,01	< 0,01	165
PS 2	30.07.19	10:05	0,082	0,099	2,94	0,064	0,310	65,0	27,0	25,0	26,0	44,0	< 15,0	< 0,5	2,7	2,4	0,12	-	-	-	< 0,01	0,13	0,87	< 0,01	< 0,01	162
PS 1	28.08.19	08:47	0,040	0,055	2,48	0,024	0,190	67,0	27,0	17,0	24,0	35,0	< 15,0	0,5	1,1	2,4	0,20	-	-	-	< 0,05	0,13	1,00	< 0,01	< 0,01	167
PS 2	28.08.19	09:37	0,041	0,056	2,71	0,024	0,150	67,0	27,0	18,0	24,0	35,0	< 15,0	< 0,5	< 1,0	2,1	0,18	-	-	-	< 0,05	0,13	1,00	< 0,01	< 0,01	168
PS 1	24.09.19	09:40	0,059	0,059	3,16	0,021	0,290	79,0	31,0	20,0	31,0	37,0	< 15,0	< 0,5	1,0	2,0	0,24	-	-	-	0,05	0,13	1,00	< 0,01	< 0,01	196
PS 2	24.09.19	10:55	0,034	0,096	3,16	0,021	0,290	80,0	30,0	24,0	28,0	43,0	< 15,0	< 0,5	1,7	3	0,22	-	-	-	< 0,05	0,09	0,75	< 0,01	< 0,01	201
PS 1	16.10.19	09:10	0,043	0,083	2,94	0,033	0,160	68,0	27,0	20,0	27,0	36,0	< 15,0	0,9	1,5	3,3	0,41	44,0	140,0	420,0	< 0,05	0,09	0,75	< 0,01	< 0,01	170
PS 2	16.10.19	11:10	0,038	0,095	3,16	0,033	0,240	68,0	27,0	26,0	30,0	45,0	< 15,0	0,8	1,7	3,6	0,38	14,0	50,0	150,0	< 0,05	0,09	0,69	< 0,01	0,012	170
PS 1	13.11.19	09:25	0,036	0,085	2,94	0,024	0,230	87,0	30,0	21,0	28,0	35,0	< 15,0	< 0,5	2,1	1,8	0,42	-	-	-	< 0,01	0,18	1,00	< 0,01	0,015	217
PS 2	13.11.19	10:40	0,058	0,110	3,39	0,027	0,230	86,0	30,0	26,0	30,0	42,0	< 15,0	< 0,5	2,2	2,2	0,39	-	-	-	< 0,01	0,13	1,20	< 0,01	0,011	215
PS 1	03.12.19	09:25	0,050	0,100	2,71	0,027	0,330	79,0	28,0	19,0	26,0	33,0	< 15,0	0,9	3,2	3,2	0,41	45,0	150,0	400,0	0,03	0,20	1,00	< 0,01	< 0,05	197
PS 2	03.12.19	10:22	0,060	0,120	3,16	0,032	0,470	83,0	28,0	27,0	29,0	42,0	< 15,0	0,6	3,9	3,5	0,37	30,0	100,0	280,0	0,02	0,20	0,97	< 0,01	< 0,05	207
PS 1	15.01.20	09:35	0,039	0,087	3,39	0,018	0,120	79,0	28,0	21,0	29,0	37,0	55,0	< 0,5	3,0	2,7	0,39	-	-	-	< 0,01	0,09	1,00	< 0,01	< 0,05	197
PS 2	15.01.20	10:35	0,050	0,100	4,07	0,018	0,160	79,0	28,0	27,0	31,0	45,0	< 15,0	< 0,5	3,8	2,9	0,37	-	-	-	< 0,01	0,09	0,83	< 0,01	< 0,05	197



PS	Datum	Uhrzeit	o-PO ₄ -P	TP	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	CSB	BSB ₅	TOC	DOC	Fe	Cr	Cu	Zn	Cd	Pb _{biav.}	Ni _{biav.}	Hg	AOX	CaCO ₃
PS 1	18.02.20	09:10	0,061	0,110	3,16	0,030	0,170	60,0	16,0	20,0	27,0	34,0	17,0	1,2	3,8	3,7	0,58	-	-	-	< 0,01	0,09	0,91	< 0,01	0,016	150
PS 2	18.02.20	10:30	0,062	0,120	3,39	0,030	0,170	57,0	18,0	24,0	27,0	35,0	19,0	0,6	3,5	3,3	0,61	-	-	-	< 0,01	0,08	1,05	< 0,01	0,015	142
PS 1	17.03.20	09:30	0,036	0,070	3,16	0,018	0,190	71,0	19,0	18,0	26,0	30,0	< 15,0	< 0,5	3,0	2,6	0,35	44,0	130,0	360,0	0,02	0,20	1,30	< 0,01	0,014	177
PS 2	17.03.20	10:25	0,039	0,074	3,39	0,015	0,210	71,0	20,0	21,0	27,0	34,0	< 15,0	< 0,5	3,0	2,8	0,31	39,0	120,0	350,0	0,02	0,12	0,97	< 0,01	0,013	177
PS 1	Mittelwert (UZ)		0,047	0,080	2,89	0,029	0,213	71,9	26,1	19,4	26,5	34,8	17,5	0,6	2,3	2,6	0,33	42,0	135,0	385,0	0,027	0,14	0,99	< 0,01	0,011	179
PS 2	Mittelwert (UZ)		0,049	0,094	3,19	0,029	0,232	71,8	26,3	23,7	27,6	39,9	< 15,0	0,5	2,7	2,8	0,31	29,8	100,0	295,0	0,025	0,12	0,93	< 0,01	0,010	179

Abkürzungen: Probestelle (PS), ortho-Phosphat-Phosphor (o-PO₄-P), Gesamtphosphor (TP), Nitrat-Stickstoff (NO₃-N), Nitrit-Stickstoff (NO₂-N), Ammonium-Stickstoff (NH₄-N, Calcium Ca²⁺, Magnesium (Mg²⁺), Natrium (Na⁺), Sulfat (SO₄), Chlorid (Cl⁻), Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Biologischer Sauerstoffbedarf über 5 Tage (BSB₅), Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC), Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC), Eisen (Fe), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Zink (Zn), Cadmium (Cd), bioverfügbares Blei (Pb_{biav.}), bioverfügbares Nickel (Ni_{biav.}), Quecksilber (Hg), Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX), Calciumhärte (CaCO₃), Untersuchungszeitraum (UZ), Jahresdurchschnitt (JD), zulässige Höchstkonzentration (ZHK).

Einstufung der Orientierungswerte und Umweltqualitätsnormen:

Orientierungswerte nach OGewV 2016 (Fließgewässertyp 9.2):

Bewertung Zustand	Typ	NH ₄ -N [mg/l]	NO ₂ -N [mg/l]	o-PO ₄ -P [mg/l]	TP [mg/l]	TOC [mg/l]	Cl [mg/l]	SO ₄ [mg/l]	BSB ₅ [mg/l]	Eisen [mg/l]
sehr gut	JD	≤ 0,04	≤ 0,010	≤ 0,02	≤ 0,05	< 7	≤ 50	≤ 25	< 3	-
gut	JD	≤ 0,10	≤ 0,050	≤ 0,07	≤ 0,10	< 7	≤ 200	≤ 220	< 3	≤ 0,7
ungünstig	JD	Orientierungswerte werden überschritten								

Umweltqualitätsnormen (Grenzwerte) nach OGewV (2016)

Bewertung Zustand	Typ	Cd *1 [µg/l]	Pb *2 [µg/l]	Hg [µg/l]	Ni *2 [µg/l]	Cr *3 [mg/kg]	Cu *3 [mg/kg]	Zn *3 [mg/kg]
chemischer Zustand "gut"	JD	≤ 0,15	≤ 1,2	-	≤ 4,0	≤ 640,0	≤ 160,0	≤ 800
	ZHK	≤ 0,90	≤ 14,0	≤ 0,07	≤ 8,6	-	-	-
chem. Zustand "nicht gut"		Grenzwerte überschritten						

*1 = für Wasserhärteklasse 4

*2 = bioverfügbare Konzentrationen

*3 = Schwebstoff bzw. Sediment mit Sammelkasten, Fraktion < 63 µm

Orientierungswerte (OW) nach ube & chromgruen (2012, 2015)

Bewertung Zustand	Typ	Mg ²⁺ [mg/l]	Ca ²⁺ [mg/l]	Na ⁺ [mg/l]
OW für das Erreichen des "guten ökol. Zustands"	JD	≤ 30,5	≤ 135,0	≤ 55,0
OW überschritten	JD	> 30,5	> 135,0	> 55,0

Güteklassifikation nach LAWA (1998)

Bewertung Zustand	Typ	NO ₃ -N *1 [mg/l]	CSB *2 [mg/l]	DOC *1 [mg/l]	AOX *1 [µg/l]
(I) unbelastet	JD	≤ 1	≤ 5	≤ 2	0
(I-II) geringe Bel.	JD	≤ 1,5	≤ 7	> 2 - ≤ 3	> 0 - ≤ 10
(II) mäßige Bel.	JD	≤ 2,5	≤ 11-15	> 3 - ≤ 5	> 10 - ≤ 25
(II-III) deutliche Bel.	JD	≤ 5	≤ 26-35		> 25 - ≤ 50
(III) erhöhte Bel.	JD	≤ 10	≤ 30-150		> 50 - ≤ 100
(III-IV) hohe Bel.	JD	≤ 20	≤ 150-390		> 100 - ≤ 200
(IV) sehr hohe Bel.	JD	> 20	> 390		> 200

*1 = Güteklassifikation nach LAWA (1998) in BMU (2001); *2 = Baier (2013), Universität Erlangen

Es sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den Anforderungen der OGewV (2016) an den „guten“ bzw. „sehr guten ökologischen Zustand/Potential“, den Orientierungswerten nach ube & chromgruen (2015) und der Güteklassifikation nach LAWA (1998) um Jahresdurchschnittswerte handelt. Die Bewertungen und nachfolgende Interpretationen basierten einerseits auf den Einzelwerten sowie den Mittelwerten der durchgeführten zehn Probenahmen, die annäherungsweise den Jahresmittelwerten entsprechen.

Ammonium-Stickstoff (NH₄-N) und Ammoniak (NH₃)

Die NH₄-N-Werte lagen nahezu über den kompletten Untersuchungszeitraum auf einem auffallend hohen Niveau und überschritten an beiden Probestellen die Anforderungen an den „guten ökologischen Zustand“ gemäß OGewV (2016), die bei 0,10 mg/l liegen. Im Schnitt lagen die Werte mehr als doppelt so hoch wie von der OGewV vorgegeben, so dass sich im Jahresmittel für PS 1 ein Wert von 0,21 mg/l und für PS 2 ein Wert von 0,23 mg/l ergab.

Auf Grund der ungewöhnlich hohen Werte erfolgte im Rahmen einer Plausibilisierungsprüfung ein Vergleich der ÖKON-Werte (Analyse durch das akkreditierte Labor der WESSLING GmbH) mit den monatlichen Messungen des WRRL-Monitorings vom WWA Nürnberg sowie mit den Messungen der ARGE-Station (Messungen im 15-Minuten-Takt) an der Theodor-Heuss-Brücke. Die WRRL-Messstellen des WWA befinden sich auf Höhe des Ledererstegs, etwa 750 m flussauf PS 1, sowie am Friedhofsteg, etwa 4,5 km flussab PS 2, kurz vor Zusammenfluss von Pegnitz und Rednitz. Die ARGE-Messtation liegt nur wenige Meter flussauf PS 1. Die Messergebnisse des WWA und der ARGE (Verwendung von Daten +/- zum Zeitpunkt der ÖKON-Probenahme) können Tab. 10 entnommen werden. Im Mittel ergab sich am Lederersteg sowie an der ARGE-Messtation ein NH₄-N-Wert von 0,09 mg/l. Am Friedhofsteg lag eine mittlere NH₄-N-Konzentration von 0,17 mg/l (Juni 2019 - März 2020) vor, wobei hier auch der Einfluss von KW 1 berücksichtigt ist.

Es ist offensichtlich, dass hinsichtlich der NH₄-N -Konzentrationen, ermittelt durch das Labor WESSLING, eine systematische Überschätzung vorliegt. Die Befunde des Labors WESSLING unterschieden sich stark von jenen der ARGE-Messtation sowie des WWA Nürnberg. In kurzfristig im Juli 2020 anberaumten und mit dem WWA Nürnberg abgestimmten Zusatzprobenahmen (s. Anhang IV) lagen die WESSLING-Werte deutlich näher an jenen der anderen Labore/Messungen, waren aber dennoch erneut die höchstgemessenen der jeweiligen Probestellen. Dank der Zusatzprobenahme konnte zudem ausgeschlossen werden, dass kontinuierliche Einleitungen zwischen der ARGE-Messtation und PS 1 für die erhöhten WESSLING-Werte verantwortlich sind.

Da die Daten der WRRL-Stelle vom Friedhofsteg zur Beurteilung des Einflusses von KW 2 auf die Wasserchemie der Pegnitz nicht herangezogen werden können, da diese Messstelle auch Einflüsse von KW 1 berücksichtigt, wurde aus den WESSLING-Daten, die zwar von der Dimension viel zu hoch liegen, aber zumindest in sich einigermaßen stimmig erscheinen, für jede Probenahme jeweils der Faktor, um den sich PS 2 von PS 1 unterscheidet berechnet und jeweils mit den WWA-Werten vom Lederersteg und in einem zweiten Szenario mit jenen der ARGE-Messtation (die Konzentrationen beider Messstellen werden als Ausgangsbelastung oberhalb der KW-Einleitung angesehen) multipliziert, um rechnerisch **annäherungsweise** die NH₄-N -Konzentration unterhalb KW 2 abschätzen zu können. Die Ergebnisse der Abschätzung sind in Tab. 10 dargestellt.

In der Betrachtung der beiden Szenarien ergibt sich, dass die Orientierungsvorgaben der OGewV (2016) im Jahresdurchschnitt sowohl ober- als auch unterhalb der Einleitung von KW 2 (PS 2) eingehalten werden. Bei PS 2 liegt die abgeschätzte NH₄-N-Durchschnittskonzentration im Szenario „ARGE-Messtation“ allerdings direkt an der Grenze zur Überschreitung des Orientierungswertes. Die Einleitwässer von KW 2 führten im Jahresmittel lediglich zu einem geringfügigen weiteren Anstieg der NH₄-N-Konzentrationen in der Pegnitz.

Ein Blick auf die Einzelwerte zeigte, dass bereits oberhalb der KW-Einleitung mitunter Konzentrationsverhältnisse vorlagen, die nicht mehr im Orientierungswertbereich lagen und diesen teils deutlich überschritten. Ferner konnte festgestellt werden, dass vor allem in der kühleren Jahreszeit (wobei zu beachten wäre, dass der meteorologische Winter 2019/2020 deutschlandweit der zweitwärmste seit Aufzeichnungsbeginn im Jahr 1881 war - Quelle: DWD) mitunter unterhalb der Einleitung von KW 2 deutliche Anstiege der NH₄-N-Konzentrationen vorlagen. Hinsichtlich der Einzelwerte dürfte das Szenario „ARGE-Messstation“ realitätsnäher sein, als das Szenario „WRRL-Ledererstieg“, weil die Werte der ARGE-Messstation mit einer Abweichung von maximal 15 Minuten in engem zeitlichen Zusammenhang zu den von ÖKON erhobenen Daten inklusive der ermittelten Berechnungsfaktoren liegen.

Es sei an dieser Stelle noch einmal angemerkt, dass es sich bei den ermittelten Zahlen aus genannten Gründen nur um eine grobe Abschätzung handeln kann, die jedoch - auch angesichts der noch folgenden Ergebnisse der biologischen QK - plausibel erscheint.

Tab. 10: Rechnerisch abgeschätzte Konzentrationen an NH₄-N in der Pegnitz bei PS 2 (uh. EL KW 2) aus den Ausgangskonzentrationen oberhalb der EL von KW 2 (WRRL-Messstelle Ledererstieg bzw. ARGE-Messstation an der Theodor-Heuß-Brücke) und den aus den WESSLING-Analysen ermittelten Berechnungsfaktoren.

Datum	WRRL-Ledererstieg NH ₄ -N	Faktor	PS 2 NH ₄ -N
26.06.19	0,03	1,00	0,03
24.07.19	0,14	0,86	0,121
21.08.19	0,13	0,79	0,103
17.09.19	0,10	1,00	0,100
14.10.19	0,06	1,50	0,090
11.11.19	0,06	1,00	0,060
09.12.19	0,07	1,42	0,100
08.01.20	0,05	1,33	0,067
05.02.20	0,15	1,00	0,150
04.03.20	0,08	1,11	0,088
Mittelwert	0,087	-	0,091
Datum/Uhrzeit	ARGE-Messstation NH ₄ -N	Faktor	PS 2 NH ₄ -N
25.06.19 10:00	0,043	1,00	0,043
30.07.19 09:15	0,145	0,86	0,125
28.08.19 08:45	0,071	0,79	0,056
24.09.19 09:45	0,084	1,00	0,084
16.10.19 09:15	0,107	1,50	0,161
13.11.19 09:30	0,113	1,00	0,113
03.12.19 09:30	0,124	1,42	0,177
15.01.20 09:30	0,074	1,33	0,099
18.02.20 09:15	0,119	1,00	0,119
17.03.20 09:30	0,057	1,11	0,063
Mittelwert	0,094	-	0,104

Der stark fischtoxische Ammoniak (NH₃) liegt mit Ammonium (NH₄) in einem Dissoziationsgleichgewicht, welches vom pH-Wert und der Wassertemperatur abhängig ist. Dabei gilt: Mit steigendem pH-Wert und steigenden Wassertemperaturen verschiebt sich das Gleichgewicht zunehmend auf Seite des Ammoniaks. Die Berechnungsergebnisse von NH₃ und NH₃-N für ober- und unterhalb der Einleitung von KW 2 sind in Tab. 11 dargestellt. Grundlage bildeten die NH₄-N-Werte aus dem Szenario „ARGE-Messstation“ (Auswahl des pessimalen Szenarios).

Tab. 11: Berechnete Konzentrationen an NH₃ und NH₃-N bei ARGE-Messstation und PS 2

Datum	ARGE-Messstation		PS 2	
	NH ₃ -N [mg/l]	NH ₃ [mg/l]	NH ₃ -N [mg/l]	NH ₃ [mg/l]
25.06.19	0,006	0,007	0,006	0,007
30.07.19	0,005	0,007	0,004	0,005
28.08.19	0,004	0,004	0,003	0,004
24.09.19	0,003	0,003	0,002	0,003
16.10.19	0,003	0,003	0,004	0,005
13.11.19	0,003	0,003	0,002	0,003
03.12.19	0,003	0,003	0,003	0,003
15.01.20	0,002	0,002	0,002	0,002
18.02.20	0,002	0,003	0,002	0,003
17.03.20	0,001	0,002	0,001	0,001
Mittelwert (UZ)	0,003	0,004	0,003	0,004

Die OGewV (2016) gibt für Ammoniak-N (NH₃-N) einen Orientierungswert von 0,002 mg/l im Jahresdurchschnitt an. Dieser Wert wurde an beiden Probestellen an etlichen Einzelmessungen sowie im Jahresdurchschnitt überschritten.

Nitrit-Stickstoff (NO₂-N)

Nitrit ist bereits in geringer Dosis stark fischtoxisch und sollte daher nur in sehr niedrigen Mengen im Gewässer vorhanden sein. Die OGewV (2016) nennt einen Orientierungswert von ≤ 0,05 mg/l NO₂-N zur Erreichung des guten ökologischen Zustands. Mit Ausnahme der Messung vom 30.07.2019 lagen alle Werte an beiden PS und folglich auch die Jahresmittelwerte deutlich unter dem Orientierungswert nach OGewV (2016) und erfüllten somit die Anforderungen an den „guten ökologischen Zustand“. Am 30.07.2019 wurde an beiden PS ein Wert von 0,064 mg/l gemessen. Dieser als kritisch einzustufende Wert lag folglich bereits oberhalb der Einleitstelle von KW 2 vor, welche dementsprechend nicht ursächlich für diesen erhöhten Wert sein konnte.

Nitrat-Stickstoff (NO₃-N)

In der aktuellen OGewV (2016) sind keine Orientierungswerte zum Nitrat-Stickstoff (NO₃-N) angegeben. Werden die Vorgaben der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) herangezogen, veröffentlicht in BMU (2006), so wies die erste Messung im Juni Werte an beiden Probestellen auf, die eine „mäßige Belastung“ indizierten. An den beiden folgenden Messungen im Juli und August konnte zumindest oberhalb der Einleitung bei PS 1 lediglich eine „mäßige Belastung“ festgestellt

werden. Alle weiteren Werte lagen im Bereich einer „deutlichen Belastung“ (Gewässergüteklasse II-III). Im Jahresmittel erfolgte sowohl für PS 1 als auch für PS 2 die Einstufung „deutlich belastet“, wobei der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Wert bei PS 2 auf Grund höherer Einzelwerte mäßig höher lag als oberhalb der Einleitung durch KW 2. Während in der OGewV kein Orientierungswert zu $\text{NO}_3\text{-N}$ vorliegt, ist für Nitrat die Umweltqualitätsnorm im Jahresdurchschnitt (JD-UQN) angegeben und beträgt 50 mg/l. Rechnet man diesen Wert in $\text{NO}_3\text{-N}$ um, so ergibt sich ein Wert von 11,3 mg/l. Dieser Wert wurde an sämtlichen Einzelmessungen sowie im Jahresmittel an beiden Probestellen deutlich unterschritten.

Gesamtphosphor (TP)

Der Gesamtphosphorgehalt (TP) überschritt bei PS 2 an 3 von 10 Probenahmen (November und Dezember 2019, Februar 2020) den Orientierungswert nach OGewV (2016) von 0,10 mg/l für den „guten ökologischen Zustand“. Während im Februar 2020 bereits oberhalb der KW-Einleitung ein erhöhter TP-Gehalt gemessen wurde, waren zu den anderen beiden Messterminen die Einleitwässer für die Überschreitung verantwortlich. Gemäß den Jahresmittelwerten konnten beide Probestellen die Anforderungen der OGewV (2016) einhalten, wenn auch bei PS 2 ein etwas höherer TP-Jahresmittelwert zu verzeichnen war, der nahe im Grenzbereich des Orientierungswertes lag.

ortho-Phosphat-Phosphor (o- $\text{PO}_4\text{-P}$)

Die Ergebnisse der o- $\text{PO}_4\text{-P}$ -Messungen waren weitgehend mit den Anforderungen der OGewV (2016) zur Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ konform. Mit Ausnahme der Messung vom 30.07.2019 lagen alle weiteren Messwerte beider Probestellen unter dem Orientierungswert von 0,07 mg/l. Zur Juli-Messung war bereits oberhalb der Einleitstelle von KW 2 ein erhöhter o- $\text{PO}_4\text{-P}$ -Wert messbar, der infolge der Einleitwässer noch etwas anstieg. Im Jahresmittel ergaben sich mit 0,047 mg/l (PS 1) und 0,049 mg/l (PS 2) ähnlich gute Werte an beiden Probestellen.

Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC) und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)

Alle Messwerte des Parameters TOC lagen deutlich unter dem Orientierungswert nach OGewV (2016) von 7 mg/l. Somit erfüllten auch die Jahresmittelwerte von 2,3 mg/l (PS 1) bzw. 2,7 mg/l (PS 2) die Anforderungen an den „guten ökologischen Zustand“.

Für den gelösten organischen Kohlenstoff (DOC) gibt die OGewV (2016) keinen Orientierungswert vor. Für die Bewertung wird daher die Güteklassifikation der LAWA herangezogen (LAWA 1998 zitiert in Schneider et al. 2003). Alle Messwerte lagen in einem „unbelasteten“ bis „mäßig belasteten“ Bereich (Gewässergüteklasse I, I-II, II). Da der DOC eine Teilmenge des TOC darstellt und somit die Werte immer geringer ausfallen müssten als jene für TOC, erscheinen die Ergebnisse für die Monate Juni, August, September und Oktober (alle 2019) fragwürdig, da alle Werte höher ausfielen als die korrespondierenden TOC-Werte. Trotz intensiver Recherchen blieben die Ursachen unklar. Möglicherweise handelte es sich um eine Verwechslung der Proben im analysierenden Labor. Auch im Falle einer Verwechslung würden sich jedoch die Bewertungen der beiden Parameter nicht wesentlich ändern.

Biochemischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen (BSB₅)

Nach OGeWV (2016) kann für den biochemischen Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen (BSB₅) der „gute ökologische Zustand“ bei Einhaltung von BSB₅ < 3 mg/l attestiert werden. Dieser Wert wurde stets an beiden Probestellen eingehalten, was zu Jahresmittelwerten von 0,6 mg/l (PS 1) bzw. 0,5 mg/l (PS 2) führte.

Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)

Die OGeWV (2016) gibt für den CSB keine Orientierungswerte zur Einstufung des ökologischen Zustands an. Die Bewertung des CSB-Werts erfolgte daher nach der Untersuchung zur Einstufung der Saprobienstufen von der Universität Erlangen (Baier 2013). Mit Ausnahme eines massiv erhöhten Wertes von 55 mg/l (17.01.2020) oberhalb der KW-EL (PS 1) und mäßig erhöhten Werten im Februar 2020 von 17 mg/l (PS 1) bzw. 19 mg/l (PS 2) lagen alle weiteren Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze des Analyselabors und somit höchstens im Bereich einer „mäßigen Belastung“ nach Baier (2013). Auf Grund des stark erhöhten Einzelwertes im Januar 2020 lag der Jahresmittelwert an PS 1 „deutliche Belastung“ (Gewässergüteklasse II-III) etwas höher als an PS 2 „mäßige Belastung“ (Gewässergüteklasse II).

Chlorid

Nach der OGeWV (2016) bewertet, spiegelten die Messwerte aller Messdurchgänge an beiden Probestellen den „sehr guten ökologischen“ Zustand hinsichtlich des Parameters Chlorid wider. Infolge der KW-EL stieg der Chloridgehalt im Durchschnitt um etwa 5 mg/l in der Pegnitz an, was einen Jahresmittelwert an PS 2 von 39,9 mg/l im Vergleich zu 34,8 mg/l (PS 1) zur Folge hatte.

Die Studie von ube & chromgruen (2014) deutet darauf hin, dass der in der OGeWV (2016) verankerte Orientierungswert deutlich zu hoch ausfällt. Für Fließgewässertyp 9.2 geben die Autoren einen Orientierungswert von 45 mg/l zur Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ an, abgeleitet aus den WRRL-Monitoring-Daten der Bundesländer. Dieser Wert liegt deutlich unter den Empfehlungen der OGeWV (2016) von 200 mg/l. Selbst unter Anwendung des strengeren Wertes von 45 mg/l wären alle Werte und letztendlich auch die Jahresmittelwerte im guten Orientierungsbereich angesiedelt.

Sulfat

Die Sulfat-Werte fielen allesamt unauffällig aus: Unterhalb der Einleitung von KW 2 stiegen die Werte nur geringfügig, um maximal 3 mg/l an. Im Jahresmittel bedeutete dies einen Anstieg von lediglich 1 mg/l zu oberhalb. Alle Werte attestierten dem Gewässer an den beiden Probestellen einen „guten“ bis „sehr guten“ ökologischen Zustand hinsichtlich dieses Parameters gemäß OGeWV (2016).

Natrium, Magnesium und Calcium

Die OGeWV (2016) gibt keine Orientierungswerte für den Natrium-, Magnesium- und Calciumgehalt von Oberflächengewässern an. In der Studie „Typspezifische Ableitung von Orientierungswerten für den Parameter Sulfat“ (ube & chromgruen 2017) leiteten die Autoren anhand der WRRL-Monitoring-Daten der Bundesländer statistisch Orientierungswerte von 55 mg/l (Natrium), 30,5 mg/l (Magnesium) und 135 mg/l für Magnesium zur Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ für

Fließgewässertyp 9.2 ab. Unterhalb der KW 2-Einleitung wurden stets alle Orientierungswerte eingehalten. Auf die Calcium- und Magnesiumkonzentrationen konnten keinerlei Effekte bei PS 2 infolge der KW-Einleitung festgestellt werden. Für Natrium ergaben sich lediglich geringfügige Konzentrationserhöhungen unterhalb von KW 2, die maximal im Bereich von 8 mg/l, zumeist jedoch darunter lagen und im Jahresmittel einen Anstieg von ca. 4 mg/l bedeuteten. Ein einzelner geringfügig erhöhter Magnesiumwert konnte am 24.09.10 bei PS 1 festgestellt werden.

Schwermetalle

Alle Messwerte für Eisen lagen unter dem von der OGewV (2016) vorgegebenen Orientierungswert von 0,7 mg/l. Im Jahresmittel ergaben sich nahezu identische Eisen-Werte an PS 1 (0,33 mg/l) und PS 2 (0,31 mg/l). Ein Negativeinfluss der KW-Einleitung lag folglich nicht vor.

Für die Schwermetalle, Chrom, Kupfer, Zink, Cadmium, Blei_{bioverfügbar}, Nickel_{bioverfügbar} und Quecksilber gibt die OGewV (2016) Umweltqualitätsnormen (UQN) an, die sowohl im Jahresdurchschnitt (JD), als auch was die zulässige Höchstkonzentration (ZHK) im Rahmen einer Einzelmessung anbelangt, nicht überschritten werden dürfen. Bei Cadmium wurden gemäß des Kalziumkarbonatwerts (CaCO_3) JD und ZHK der Wasserhärteklasse 4 herangezogen. Die Messwerte aller Parameter lagen im jeweiligen UQN-Bereich und überschritten weder die JD- noch die ZHK-Vorgaben für den „guten ökologischen Zustand“. Die KW-Einleitung führte ferner für keinen der gemessenen Parameter zu Konzentrationserhöhungen in der Pegnitz im Jahresdurchschnitt. Lediglich vier Einzelmesswerte (2x Nickel, 1x Kupfer, 1x Zink) lagen bei PS 2 höher als bei PS 1, jedoch lediglich in geringfügigem Ausmaß.

AOX

Für den Summenparameter AOX (Adsorbierbare organisch gebundene Halogene) gibt die aktuelle OGewV (2016) keine Orientierungswerte vor. Gemäß der Bewertungsskala nach LAWA (1998) indizierten alle Werte der ersten vier Messungen (Juni bis September) eine „geringe“ Belastung (Güteklasse I-II). Im Oktober lag der Messwert bei PS 2 um den Faktor 10 höher als bei PS 1 und ist nach LAWA (1998) einer „mäßigen“ Zustandsklasse (Güteklasse II) zuzuordnen. Im Dezember und Januar musste seitens des Analysebüros auf Grund von Matrixstörungen die Bestimmungsgrenze auf 0,05 mg/l angehoben werden, was eine konkrete Aussage verhindert. Die Werte dieser beiden Monate floss deshalb auch nicht in die Berechnung der Jahresmittelwerte ein. Im weiteren Verlauf ergaben sich an beiden Probestellen Werte, die im „mäßigen“ Zustandsbereich lagen und zwischen ober- und unterhalb kaum Unterschiede aufwiesen. Im Jahresmittel ergaben sich für beide PS mit 0,011 mg/l (PS 1) bzw. 0,010 mg/l (PS 2) annähernd vergleichbare Werte, die im Grenzbereich zwischen einer „geringen“ bzw. „mäßigen Belastung“ gemäß LAWA (1998) lagen.

6.3 Diskussion der Erhebungen der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter

6.3.1 Physikalisch-chemische Standardparameter und Ionen

Sauerstoff

Der Sauerstoffgehalt wird maßgeblich von Faktoren wie der Wassertemperatur, mikrobiellen Umsetzungsprozessen und der Photosynthesetätigkeit bzw. Atmung von Wasserpflanzen beeinflusst. Jahreszeitlich bedingt lagen in der kühleren Jahreszeit (Monate November bis März) in der Regel höhere Sauerstoffkonzentrationen vor als bei den Messungen von Juni bis Oktober. Hohe Sauerstoffsättigungen (Übersättigung) deuten auf dichte Makrophyten- und Algenbestände mit hoher Photosyntheseaktivität hin. Erhöhte Sättigungswerte traten im Untersuchungszeitraum lediglich im Juni 2019 an beiden Probestellen, PS 1 und PS 2, auf. Der untere Grenzwert für Salmoniden, die trotz der Einstufung des Flussabschnitts als cyprinidengeprägt hier immer noch vorkommen (s. Kapitel 9), von 7 mg/l Sauerstoffgehalt bzw. eine Sauerstoffsättigung von > 65 % wurden stets an beiden Probestellen deutlich eingehalten, so dass im Jahresmittel die Vorgaben nach der OGewV erfüllt wurden. Auffällige Sauerstoffabnahmen infolge der Einleitwässer durch KW 2 konnten nicht festgestellt werden. Gerade in Gewässerabschnitten mit sehr dichten Makrophytenbeständen und/oder Algenmatten kann es infolge von Zellatmung bei Nacht zu einem höheren O₂-Entzug des Flusswassers kommen. Nächtliche Probenahmen bzw. 24h-Aufnahmen wurden im Rahmen dieses Gutachtens nicht durchgeführt. Es sei angemerkt, dass im Untersuchungsbereich keine massiven Makrophytenverkrautungen beobachtet werden konnten. Der Deckungsgrad lag bei 10 % (PS 1) bzw. 20 % (PS 2). Darum ist höchstwahrscheinlich nicht davon auszugehen, dass infolge nächtlicher Zellatmung Sauerstoffdefizite vor Ort auftreten.

pH-Wert

Die pH-Werte lagen mit Ausnahme der Messung vom 25.06.2019 an beiden Probestellen innerhalb der Anforderungen der OGewV (2016). Die im Juni 2019 gemessenen hohen pH-Werte über 8,5 werden vermutlich durch eine Zunahme der Photosyntheseleistung durch Makrophyten- und Algenbestände auf Grund hoher Sonneneinstrahlung und hoher Temperaturen hervorgerufen. Der pH-Wert eines natürlichen Gewässers ändert sich üblicherweise im Tagesgang in Abhängigkeit von der vorherrschenden Photosyntheseaktivität: Makrophyten, aufwachsende Algen und Phytoplankton fixieren tagsüber - je nach Sonneneinstrahlung mehr oder weniger intensiv - Kohlendioxid (CO₂). Dieses wird dem Wasser entzogen, wodurch sich wiederum das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht im Wasser verschiebt. Letztendlich bedeutet ein CO₂-Entzug einen Anstieg des pH-Wertes. Der umgekehrte Prozess läuft nachts ab, wenn die Pflanzen ihre Energiereserven veratmen und CO₂ freisetzen. Das ins Wasser abgegebene CO₂ sorgt für eine Ansäuerung und damit für einen Abfall des pH-Wertes (Schönborn & Risse-Buhl 2013, Uhlmann & Horn 2001). Ein Einfluss der Einleitwässer von KW 2 kann ausgeschlossen werden, da der pH-Wert bei PS 1, oberhalb der Einleitstelle, bereits erhöht war und auf annähernd gleichem Niveau bei PS 2 gemessen wurde. Generell sollten pH-Werte über 8,5 im Auge behalten werden, da hierbei in zunehmendem Maße Ammonium-Ionen in fischgiftigen Ammoniak übergehen, zumal im Untersuchungsgebiet im Untersuchungszeitraum mitunter deutlich erhöhte Ammonium-N-Konzentrationen vorlagen (s. u.). Am 25.06.19 lagen die Ammonium-N-Konzentrationen zwar im Anforderungsbereich der OGewV

(2016), doch der hohe pH-Wert sowie die hohe Wassertemperatur sorgten dennoch für einen deutlich erhöhten Ammoniak-Gehalt.

Wassertemperatur

Der Temperaturhaushalt der Pegnitz wurde im gesamten Untersuchungszeitraum durch die Einleitwässer nicht nachhaltig negativ, im Sinne einer Verletzung der Orientierungswertvorgaben nach der OGewV (2016), beeinflusst. Die Messungen ergaben sowohl für die Wintermonate (Dezember bis März) als auch für die Sommermonate (April bis November) Wassertemperaturen in der Pegnitz, die nahezu durchgehend im Bereich des „sehr guten ökologischen Zustands“ und lediglich im Juni 2019 im Bereich des „guten ökologischen Zustands“ (PS 1 und PS 2) lagen. Die Temperaturen erfüllten nicht nur die Bedingungen der Cyprinidengemeinschaft, sondern lagen auch im Anforderungsbereich von Salmoniden (Temperaturen < 21,5 °C; OGewV 2016) trotz relativ geringer Abflussmengen im Bereich von MNQ. Die Einleitsituation führte im Schnitt zu einer Wassererwärmung von ca. 0,5 °C (Maximalwert 1,0 °C), wodurch auch die delta-T-Vorgabe der OGewV (maximale Temperaturerhöhung von 2,0 °C ober- und unterhalb einer Einleitungsstelle für Abwärme) ausnahmslos eingehalten wurde.

Elektrische Leitfähigkeit und Ionen

Die elektrische Leitfähigkeit lag an beiden Probestellen stets im Leitwertbereich (300 – 800 µS/cm) nach Pottgiesser (2018). Der Einfluss der Einleitwässer von KW 2 kann bei einer durchschnittlichen Erhöhung um 18 µS/cm bei PS 2 im Vergleich zu PS 1 als sehr geringfügig betrachtet werden. Demzufolge liegen auch alle gemessenen Ionen (Chlorid, Magnesium, Calcium, Natrium und Sulfat), in den jeweiligen Orientierungswertbereichen und nahmen unterhalb der KW-EL allerhöchstens geringfügig zu. Wie oben bereits beschrieben konnte den Chloridwerten nicht nur Konformität mit den Anforderungen der OGewV (2016), sondern auch mit dem deutlich strengeren Orientierungswertvorschlag von ube & chromgruen (2014) attestiert werden.

6.3.2 Nährstoffe, Abwasserparameter und Schwermetalle

Ammonium-N, Ammoniak-N, Nitrat-N und Nitrit-N

Im Zuge einer Plausibilisierungsprüfung stellte sich heraus, dass die Ammonium-N-Konzentrationen der von ÖKON erhobenen und vom akkreditierten Labor der WESSLING GmbH analysierten Wasserproben systematisch überschätzt wurden, jedoch in sich im Großen und Ganzen stimmig wirkten. Eine Anfrage beim analysierenden Labor ergab keine plausiblen Gründe hierfür, so dass die Ursache der Überschätzung unbekannt bleibt.

Aus diesem Grunde wurden Daten der ARGE-Messstation, dessen automatischer Probenehmer nur wenige Meter oberhalb von PS 1 liegt, und Daten aus dem WRRL-Monitoring des WWA Nürnberg von der Messstelle Lederersteg herangezogen, um hieraus unter Verwendung von Berechnungsfaktoren die Konzentrationsverhältnisse bei PS 2 abzuschätzen.

Aus den Mess- und Schätzwerten ließ sich ableiten, dass im Jahresmittel sowohl ober- als auch unterhalb der Einleitung von KW 2 die Ammonium-N-Konzentrationen im Orientierungswertbereich von 0,1 mg/l für Gewässertyp 9.2 (OGewV 2016) lagen. Der Einfluss der Einleitwässer von KW 2 fiel im Jahresdurchschnitt moderat aus, führte aber dennoch dazu, dass die Ammonium-N-Werte

bei PS 2 direkt an der Grenze zum ungünstigen Zustand lagen. Auffällig war, dass Einzelwerte bisweilen bereits oberhalb der KW-Einleitung zu hoch waren, was auf eine gewisse Vorbelastung der Pegnitz hindeutet.

Berücksichtigt werden sollte, dass auf Grund des deutschlandweit sehr milde verlaufenden Winters keine Probenahmen bei deutlichen Minusgraden stattfinden konnten. Unter diesen geringen Temperaturen werden mikrobielle Prozesse, u.a. Nitrifikationsvorgänge, stark gehemmt, so dass unter Umständen bei derartigen Außentemperaturen mit höheren Ammonium-N-Einleitkonzentrationen von Kläranlagen zu rechnen ist. Ob dies auch für KW 2 zutreffen würde, kann anhand der zur Verfügung stehenden Datenlage jedoch nicht beurteilt werden. Immerhin wurde im Dezember im Berechnungsszenario mit den Daten der ARGE-Messstation die höchste Ammonium-N-Konzentration der Untersuchungsreihe bei PS 2 gemessen.

Neben der schädigenden Wirkung von Ammonium-N per se steigt mit höheren Temperaturen und pH-Werten der Anteil an fischtoxischem Ammoniak (Bohl 1999), welcher in einem Dissoziationsgleichgewicht mit Ammonium liegt. Die schädigende Wirkung von Ammoniak in Oberflächengewässern hängt dabei von der Konzentration, der Einwirkdauer und der Belastungshäufigkeit ab (LUBW 2015). Gemäß LUBW (2015) soll bei einer Dauerbelastung die Ammonium-N-Konzentration einen Wert von 0,004 mg/l nicht überschreiten. In der OGeV (2016) wird ein deutlich strengerer Wert von 0,002 mg/l für Gewässertyp 9.2 zur Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ angegeben. Anhand der aus den Messergebnissen errechneten mittleren Ammoniak-N-Konzentrationen von 0,003 mg/l ober- und unterhalb der KW-Einleitung ist vermutlich von einer chronischen Dauerbelastung der Gewässerorganismen, insbesondere der Fische auszugehen. Mitunter wurden im Untersuchungszeitraum Konzentrationen gemessen, die zumindest kurzfristig noch einmal deutlich höher lagen (z. B. 0,006 mg/l im Juni 2019). Obwohl infolge der KW-EL mitunter Konzentrationsanstiege von Ammonium-N in der Pegnitz verbunden waren, spiegelten sich diese im Jahresmittelwert bzw. in den Einzelwerten von Ammoniak-N nicht wider. Grund hierfür sind etwas niedrigere pH-Werte bei PS 2 (vermutlich infolge der eingeleiteten Kläranlagenwässer), die das Dissoziationsgleichgewicht positiv zugunsten von Ammonium-N beeinflussen. Hinsichtlich des Parameters Ammoniak-N konnte somit kein Negativeffekt infolge der KW-EL nachgewiesen werden. Die Hintergrundbelastung der Pegnitz ist aber kritisch zu sehen.

Laut Peters et al. (1984), Pitter (1999) und Lloyd (1992) können bereits Ammoniak-N-Werte ab 0,001 mg/l bei juvenilen Salmoniden dauerhafte Beeinträchtigungen und Folgeschäden bei Langzeiteinwirkung verursachen. In der Arbeit von Hübner (2003) zeigte sich u.a. eine signifikant negative Korrelation zwischen der Anzahl der aufschwimmenden Äschen und der Ammonium- und Ammoniak-Konzentration.

Für Nitrat-N ergaben sich für weite Teile des Untersuchungszeitraums sowohl ober- als auch unterhalb der KW-Einleitung erhöhte Werte („deutliche Belastung“). Oxidationsvorgänge führen zur Umwandlung von Ammonium zu Nitrat (Nitrifikation). Der Belastungsanstieg durch die Einleitung der Kläranlagenwässer ist sowohl hinsichtlich der Einzelwerte als auch im Jahresmittel als moderat einzustufen und führte zu keiner Verschlechterung in der Bewertungsstufe nach LAWA (1998). Für den Fall, dass die Umweltqualitätsnorm für Nitrat gemäß OGeV (2016) in Nitrat-N umgerechnet wird, ergibt sich eine deutliche Unterschreitung dieses Werts sowohl anhand der Einzelmessungen als auch im Jahresmittel.

Nitrit ist im kommunalen Abwasser meist nur als Zwischenprodukt der Nitrifikation von organischen Stickstoffverbindungen zu finden. Bei Störungen der Nitrifikation können jedoch erhöhte Werte auftreten. Im Rahmen der Messungen ergaben sich hinsichtlich der Einleitung von KW 2 keine Auffälligkeiten. Im Jahresmittel lagen die Nitrit-N-Werte bei PS 1 und PS 2 auf gleichem Niveau und entsprachen den Anforderungen der OGewV (2016). Erhöhte Messwerte eines einzelnen Probenahmetermins waren nicht auf die Kläranlagenwässer zurückzuführen, sondern hatten ihre Ursache bereits oberhalb der Einleitstelle.

Gesamtposphor, ortho-Phosphat-Phosphor, Eisen

Phosphor ist in limnischen Systemen in der Regel begrenzender Faktor für pflanzliches Wachstum. Erhöhte Phosphorwerte können dementsprechend bis hin zu massiven Verkräutungen durch Wasserpflanzen und dichten Algenteppichen führen. Der Gesamtposphorgehalt, der sowohl gebundenen als auch freien und pflanzenverfügbaren Phosphor (ortho-Phosphat-Phosphor) widerspiegelt, lag unterhalb der KW-EL etwas höher als oberhalb, im Jahresmittel aber noch knapp unter dem Orientierungswert nach OGewV (2016). An zwei Einzelmessungen wurde dieser Wert infolge der KW-Einleitung überschritten, an einem weiteren auf Grund erhöhter Phosphorwerte oberhalb der Einleitstelle. Die ortho-Phosphat-P-Werte hingegen fielen ober- und unterhalb der KW-Einleitung im Jahresmittel nahezu identisch aus und indizierten einen „guten Zustand“. Lediglich an einer Einzelmessung wurde der Orientierungsbereich überschritten, wobei auch hier die Überschreitung bereits oberhalb der KW-EL vorlag. Unterm Strich dürften die gemessenen Gesamtposphor- und ortho-Phosphatkonzentrationen im Untersuchungsgebiet dem Erreichen des guten ökologischen Zustands, insbesondere der biologischen QK Makrophyten und Phytobenthos inkl. Diatomeen gemäß OGewV (2016) nicht im Wege stehen. Insofern ist es bemerkenswert, dass diese QK sowohl an PS 1 als auch an PS 2 nur mit „mäßig“ bewertet wurde (s. Kapitel 8.2.2).

Erhöhte Eisenkonzentrationen nach OGewV (2016) konnten im gesamten Untersuchungsgebiet trotz der Phosphorfällungsmaßnahmen mit Eisen(III)-chloridsulfat an keinem der Messtermine festgestellt werden.

CSB, BSB₅, TOC und DOC

Die Konzentrationen der Abwasserparameter, CSB, BSB₅, TOC und DOC waren unterhalb der KW-EL allesamt als unauffällig einzustufen. Konzentrationserhöhungen nach EL der Kläranlagenwässer lagen im Jahresmittel nur für TOC und DOC vor und fielen geringfügig aus. Auffällig war ein stark erhöhter CSB-Wert am 15.01.2020 bei PS 1, dessen Ursache nicht klar ist und folglich zu einem Klassenabfall in der Jahresmittelbewertung führte.

Schwermetalle

Die Konzentrationen der Schwermetalle Chrom, Kupfer, Zink, Cadmium und Quecksilber sowie die bioverfügbaren Konzentrationen an Blei und Nickel erwiesen sich sowohl ober- als auch unterhalb der KW-EL als konform mit den Anforderungen der OGewV (2016). Die gemessenen Werte bei PS 2, nach Einleitung der Klärwässer, lagen auf gleichem Niveau wie oberhalb oder sogar darunter. Ein Negativeinfluss durch KW 2 lag folglich im Rahmen der vorliegenden Messungen nicht vor. Diskrepanzen zwischen PS 1 und PS (sprunghafte Zu- oder Abnahmen) sind dadurch erklärbar, dass verschiedene Fließzeiten bestehen, bis dieselbe Welle von PS 1 zu PS 2 gelangt. Die Pro-

benahme aus der selben Welle ist mit herkömmlichen Methoden praktisch nicht machbar. Unterschiedliche Wellen können deshalb durchaus unterschiedliche Konzentrationen aufweisen. Festzuhalten bleibt aber, dass keine der gemessenen Konzentrationen im Widerspruch zu den Anforderungen der OGewV (2016) stand.

AOX

Die Konzentrationen des Summenparameters AOX waren unterhalb der KW-EL nicht höher als oberhalb und hielten die Vorgaben gemäß LAWA (1998) ein. Insofern ist aktuell nicht von einer erhöhten Belastung infolge der KW-EL durch adsorbierbare, organisch gebundene Halogene (Chlor, Brom, Iod, Fluor), wie sie z. B. bei Krankenhausabwässern auftreten können, auszugehen. Die Konzentrationen lagen nach LAWA im Jahresmittel sowohl bei PS 1 als auch bei PS 2 im Grenzbereich zwischen einer „geringen“ und einer „mäßigen Belastung“.

6.4 Daten aus der Eigenüberwachung von KW 2

6.4.1 Nährstoffanalytik

Nach den Änderungsbescheiden der Stadt Nürnberg zur Planfeststellung für die bestehende Abwasserbehandlungsanlage Nürnberg, KW 2, sowie Erteilung einer gehobenen Erlaubnis zur Einleitung gereinigten Abwassers in die Pegnitz vom 25.08.2005 und 06.02.2018 sind die in Tab. 12 dargestellten Konzentrationen ausgewählter Parameter in einer nicht abgesetzten, homogenen zweistündigen Mischprobe des Ablaufs von KW 2 einzuhalten.

Tab. 12: Behördlich festgelegte Grenzwerte für ausgewählte Parameter am Ablauf von KW 2

Parameter	Konzentration (mg/l)
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	50
Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB ₅)	15
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N) (vom 01. Mai bis 31. Oktober)	5
Stickstoff gesamt (N _{ges}): Summe von Ammonium-, Nitrit- und Nitrat-Stickstoff (vom 01. Mai bis 31. Oktober)	11,52
Phosphor gesamt (P _{ges})	0,8 *
Abfiltrierbare Stoffe (AFS) - nur bei Trockenwetter	8

* ab 01.01.2020 gilt für P_{ges} als Überwachungswert 0,5 mg/l

Gemäß der zur Verfügung gestellten Eigenüberwachungsdaten (kontinuierliche Messungen, 24h-Mischproben), gemessen am Ablauf von KW 2 (Anhang II), können folgende Aussagen für das Jahr 2019 getroffen werden:

Für den Parameter NH₄-N ergaben sich im Betrachtungszeitraum (2019) keine Grenzwertüberschreitungen (5 mg/l, gültig zwischen Mai und Dezember) bezüglich der Mittelwerte der mengenproportionalen 24h-Mischproben. Insbesondere in der wärmeren Jahreszeit lagen die Werte zumeist unter 0,5 mg/l. In den kühleren Monaten (März, Oktober, November, Dezember, aber auch Juni) waren immer wieder höhere Maximalwerte (Einzelmessungen im Laufe eines Tages) nachweisbar. Der höchstgemessene Wert lag bei 8,99 mg/l im Dezember.

Für den Gesamtstickstoff ($N_{ges} = \text{Ammonium-N} + \text{Nitrit-N} + \text{Nitrat-N}$) ergaben sich von Mai bis Oktober 2019 keine Grenzwertüberschreitungen (Grenzwert N_{ges} 11,52 mg/l) der Tages- bzw. Monatsmittel. Im Mai lag eine Einzelmessung im Tagesverlauf darüber. In der kalten Jahreszeit, in der die behördlichen Vorgaben keine Gültigkeit besitzen, lagen etliche Überschreitungen der Tagesmittel, außerdem auch der Monatsmittel (Januar, April) vor. Der höchstgemessene Einzelwert betrug 25,3 mg/l (Dezember 2019).

Hinsichtlich der wöchentlichen Erhebungen der Parameter Gesamtphosphor, CSB, BSB₅ und Abfiltrierbare Stoffe im Rahmen der Eigenüberwachung (24h-Mischproben) kann für 2019 Folgendes gesagt werden:

Die Konzentrationen an Gesamtphosphor bewegten sich in allen Proben unterhalb des behördlichen Grenzwertes von 0,8 mg/l. Wendet man auf die Datenserie 2019 die ab 01.01.2020 gültige Grenzwertvorgabe von 0,5 mg/l an, so würde dieser Wert an 16 Einzelmessungen (überwiegend knapp) überschritten werden.

Der CSB-Grenzwert von 50 mg/l wurde stets eingehalten und die Werte lagen zumeist deutlich darunter. Die BSB₅-Werte lagen durchgehend im niedrigen einstelligen Bereich und damit unter dem Grenzwert von 15 mg/l. Auch die Konzentrationen der Abfiltrierbaren Stoffe hielten stets die behördliche Vorgabe (Grenzwert bei 8 mg/l) ein.

6.4.2 Schadstoffanalytik

Im Rahmen der Schadstoffanalytik, die uns für das Jahr 2018 vorlag, wurden insgesamt 52 Parameter an 4 Messtagen (14.02.2018, 08.05.2018, 22.08.2018, 14.11.2018) durch Stichprobenahme oder 2-stündiger Mischprobenahme (nur Schwermetalle) am Ablauf von KW 1 und KW 2 untersucht. Die Analysebefunde sind Anhang V zu entnehmen. Für eine Reihe der untersuchten Parameter (Tab. 13) gibt die OGewV Umweltqualitätsnormen im Jahresdurchschnitt (JD-UQN) an. Überschreitungen gemäß OGewV (2016) konnten am Ablauf von KW 2 nicht festgestellt werden, womit auch keine Überschreitungen in der Pegnitz zu erwarten sind insbesondere da die Ablaufwerte zumeist sehr deutlich unter der JD-UQN liegen. Für Benzo(a)pyren und Quecksilber waren keine Bewertungen möglich, da die Bestimmungsgrenze des Labors offenbar zu hoch lag.

Tab. 13: Parameter der Schadstoffanalytik mit Angaben zu JD-UQN gemäß OGewV (2016) und Bewertung

Parameter	JD-UQN [$\mu\text{g/l}$] (OGewV 2016)	Einhaltung JD-UQN am Ablauf KW 2
Phenanthren	0,5	ja
Anthracen	0,1	ja
Fluoranthren	0,0063	ja
Naphtalin	2,0	ja
Benzo(a)pyren	0,00017	nicht bewertbar da Bestimmungsgrenze bei $< 0,040 \mu\text{g/l}$ (PAK gesamt hoch am 14.11.2018 mit $0,17 \mu\text{g/l}$)
Metribuzin	0,2	ja
Hexazinon	0,07	ja
Simazin	1	ja
Monolinuron	0,2	ja
Chlortoluron	0,4	ja
Metazachlor	0,4	ja
Isoproturon	0,3	ja
Atrazin	0,6	ja
Diuron	0,2	ja

Parameter	JD-UQN [$\mu\text{g/l}$] (OGewV 2016)	Einhaltung JD-UQN am Ablauf KW 2
Linuron	0,1	ja
Terbutylazin	0,5	ja
Metolachlor	0,2	ja
Blei	1,2 (bioverfügbar)	ja
Cadmium	0,15 (Wasserhärteklasse 4)	ja
Chrom	Angaben gem. OGewV (2016) nur für Schwebstoff/ Sediment, damit keine Beurteilung möglich; Erhebungen (ohne Arsen) an der Pegnitz durch ÖKON (s. Kapitel 6.2.2)	
Kupfer		
Zink		
Arsen		
Nickel	4,0 (bioverfügbar)	Höchstwert 8,3 $\mu\text{g/l}$, Einhaltung des JD-UQN in der Pegnitz unproblematisch (s. Kapitel 6.2.2)
Quecksilber	0,07 (ZHK-UQN)	nicht bewertbar da Bestimmungsgrenze bei 0,1 $\mu\text{g/l}$

PFT-Untersuchungen

Ferner lagen ÖKON vorläufige Ergebnisse der PFT-Untersuchungen (Polyfluorierte Tenside) aus 2008/09 durch SUN vor (s. Anhang VI). PFTs weisen hohe chemische und thermische Stabilität auf, sind persistent und bioakkumulativ sowie mäßig (akut)-toxisch. In Tierversuchen konnte eine kanzerogene Wirkung gezeigt werden, außerdem ist von fortpflanzungsgefährdenden Wirkungen bei hohen Konzentrationen auszugehen (SUN 2009).

Gemäß OGewV (2016) sind für PFOS (Perfluoroktansulfonat) und seine Derivate eine JD-UQN von 0,00065 $\mu\text{g/l}$ sowie eine zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN) von 3 $\mu\text{g/l}$ im Gewässer zulässig. Aus den Zwischenergebnissen von 8 Messungen ergaben sich am Ablauf von KW 2 Werte bis 0,15 $\mu\text{g/l}$ (bei KW 1 bis 0,08 $\mu\text{g/l}$). Für Perfluoroktansäure (PFOA) lagen die Ablaufwerte bei bis zu 0,02 $\mu\text{g/l}$ bei KW 2 (und KW 1).

Angesichts der Größenordnungen der Ablaufwerte ist davon auszugehen, dass der JD-UQN in der Pegnitz überschritten wird, was im Rahmen der Chemieanalytik des WRRL-Monitorings 2018 für die Messstelle Friedhofsteg auch bestätigt wird. Eine Reduktion der Ablaufwerte ist dringend anzuraten, hierbei sollte die Herkunft der PFTs im Zulauf der Klärwerke geklärt und Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

6.5 Arzneimitteluntersuchungen durch SUN

Gemäß SUN (2011) kann aus einer Vielzahl von Veröffentlichungen seit 1990 von einer ubiquitären Verbreitung von Arzneimittelwirkstoffen ausgegangen werden, so dass sich die Frage nach der Belastung der Fließgewässer des Eintrags über die Kläranlagen stellte, zumal viele Arzneimittelwirkstoffe möglichst stabil sein sollen, damit sie lange lagerfähig sind oder den sauren Magen passieren können. Daher sind diese Wirkstoffe meist persistent, schlecht abbaubar, weisen eine sehr gute Wasserlöslichkeit auf und adsorbieren schlecht an Boden, Sediment und Klärschlamm (SUN 2011).

Von Juli bis November 2010 wurden deshalb im Rahmen eines Arzneimittel-Untersuchungsprogrammes Arzneimittel-Konzentrationen im Ablauf der Kläranlagen Erlangen, Fürth, Schwabach, KW 1 & KW 2 Nürnberg und im Oberflächengewässer an den Messstationen der ARGE (Arbeitsgemeinschaft Gewässerschutz obere Regnitz der Städte Erlangen, Fürth, Schwabach und Nürnberg) bei Hüttendorf (Regnitz) , Theodor-Heuss-Brücke (Pegnitz) und Neumühle (Rednitz) von SUN im Auftrag der ARGE an je zwei Messterminen gemessen (SUN 2011).

Die methodische Durchführung der Untersuchungen kann SUN (2011) in Anhang VII entnommen werden. Die Auswahl der zu untersuchenden Arzneimittel richtete sich nach unterschiedlichen Kriterien (z. B. Relevanz für Kläranlagenabläufe oder Oberflächengewässer, s. SUN 2011) und ist in folgender Tabelle dargestellt:

Tab. 14: Parameterumfang der Arzneimitteluntersuchungen (aus SUN 2011)

Parameter	Wirkstoffgruppe	Verbrauchs- menge t	persistent	QKW µg/L	BG µg/L AW/OW
Diclofenac	Analgetika, Antihypertonika	85,8		UQN 0,1	0,05/0,02
Acetaminophen	Analgetika, Antiphlogistika	65,4			0,05/0,02
Phenazon	Analgetika	24,8			0,05/0,02
Ibuprofen	Analgetika, Lipidsenker	344,9		QN 7,1	0,5/0,2
Naproxen	Analgetika, Lipidsenker	5,1		PNEC 23	0,05/0,02
Metoprolol	Antihypertonika	93		PNEC 7,3	0,05/0,02
Sotalol	Antihypertonika	26,6			0,05/0,02
Sulfamethoxazol	Antibiotika; Tierarzneimittel	53,6		UQN 0,1	0,05/0,02
Trimethoprim	Antibiotika; Tierarzneimittel	11,4		PNEC 3	0,05/0,02
Erythromycin	Antibiotika	13,7		QN 0,02	0,05/0,02
Clarithromycin	Antibiotika	7,2		PNEC 0,002	0,05/0,02
Roxythromycin	Antibiotika	9,6		PNEC 4	0,05/0,02
Carbamazepin	Antiepileptika	87,6	x	UQN-V 0,5	0,05/0,02
Amidotrizoesäure	Röntgenkontrast- mittel	60,7			0,5/0,2
Iopamidol	Röntgenkontrast- mittel	43	x		0,5/0,2
Ifosfamid	Zytostatika	0,2			0,05/0,02
Clofibrinsäure	Lipidsenker	2,3 seit 2004 <<	x	QN-V 5	0,05/0,02
Bezafibrat	Lipidsenker	33,5		PNEC 6	0,05/0,02
Desethyltrazin	Pestizid				0,05/0,02
Metolachlor	Pestizid				0,05/0,02
Coffein	Stimulantien Psychotonika				0,05/0,02

Verbrauchsmengen 2001 entnommen www.blac.de QKW= Qualitätskennwert
 QN=Qualitätsnorm UQN= Umweltqualitätsnorm PNEC= Predicted no effect concentration

Die Arzneimitteluntersuchungen der Kläranlagenabläufe ergaben folgende Ergebnisse:

Von den untersuchten Arzneimitteln wurden bei allen Kläranlagenabläufen und damit auch bei KW 2

- das Analgetikum Diclofenac,
- die Antihypertonika Metoprolol, Sotalol
- die Antibiotika Sulfamethoxazol, Trimethoprim, Erythromycin, Clarithromycin, Roxythromycin
- das Antiepileptikum Carbamazepin
- der Lipidsenker Bezafibrat

in Konzentrationen von 0,06 bis 8,51 µg/l quantifiziert.

Ergebnisse für KW 2:

Die höchsten Frachten im Ablauf von KW 2 wurden für Iopamidol, Metoprolol, Diclofenac, Carbamazepin und Sulfamethoxazol ermittelt. Die Frachten sind geringer als im KW 1, aber höher als in Schwabach, Fürth und Erlangen (SUN 2011). Das gilt insbesondere für das in Krankenhäusern und Kliniken verabreichte Kontrastmittel Iopamidol. Signifikante Einträge im Sinne des

OGewV-Entwurfs von 2010 (nicht übernommen in die aktuelle OGewV 2016) erfolgten für die verkaufstarken Arzneimittel Diclofenac (0,05/0,13 µg/l an den beiden Messtagen) und Sulfamethoxazol (0,08/0,04 µg/l). Ferner sind die Einträge von Iopamidol (Röntgenkontrastmittel) und Metropolol in die Pegnitz hoch (SUN 2011). Gemäß SUN (2011) wirkt Diclofenac bereits bei einer Konzentration von 1 µg/l toxisch gegenüber Fischen. Erst bei Konzentrationen im Milligrammbereich zeigen Algen, Kleinkrebse und Rädertierchen toxische Reaktionen (SUN 2011). Es muss laut SUN (2011) damit gerechnet werden, dass der Jahresmittelwert in der Pegnitz den 2010 vorgeschlagenen UQN-Wert von 0,1 µg/l evtl. auf Grund der Einträge von KW 1 und KW 2 überschreiten könnte. Auch für Sulfamethoxazol gibt SUN (2011) an, dass die Möglichkeit besteht, dass die 2010 vorgeschlagene UQN (0,1 µg/l) in der Pegnitz überschritten werden könnte. Sulfamethoxazol wirkt laut SUN (2011) toxisch auf Blaualgen und Wasserpflanzen. Geringere Toxizität bei Konzentrationen im Milligrammbereich wurde gegenüber Algen, Kleinkrebsen und Fischen nachgewiesen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Zusammensetzung und/oder das Wachstumsverhalten mikrobieller Biozönosen beeinflusst wird (SUN 2011).

Als Gegenmaßnahme zu den hohen Einträgen an Röntgenkontrastmitteln (Iopamidol) aufgrund der geringen Elimination in der Kläranlage wird eine weitergehende Reinigungsstufe (Pulveraktivkohle), die zu einer Reduzierung von 50 -75 % für Iopamidol führen würde, vorgeschlagen (SUN 2011).

Die Autoren merken ferner an, dass bei zukünftigen Untersuchungen auch die wichtigsten Metabolite diverser Arzneimittelstoffe zu quantifizieren sind, um die Aussagekraft weiter zu steigern.

6.6 Einfluss von Niederschlagsereignissen auf die Gewässerchemie

Im Untersuchungsgebiet zwischen Lederersteg und Stadtgrenze Nürnberg/Fürth befinden sich 9 Entlastungsbauwerke, die ab entsprechenden Niederschlagsmengen, Misch- bzw. Niederschlagswasser in die Pegnitz abgeben (Tab. 4). Einen Eindruck über den Einfluss von stärkeren Regenergeignissen hinsichtlich chemischer Veränderungen in der Pegnitz können die kontinuierlichen Messungen (alle 15 Min.) der ARGE liefern, deren Messstation im Bereich der Theodor-Heuss-Brücke jedoch oberhalb der meisten der 9 Entlastungsbauwerke des Untersuchungsgebietes sowie oberhalb von KW 1 und KW 2 liegt und daher hauptsächlich Einträge ins Gewässer oberstromig des Untersuchungsgebietes widerspiegeln.

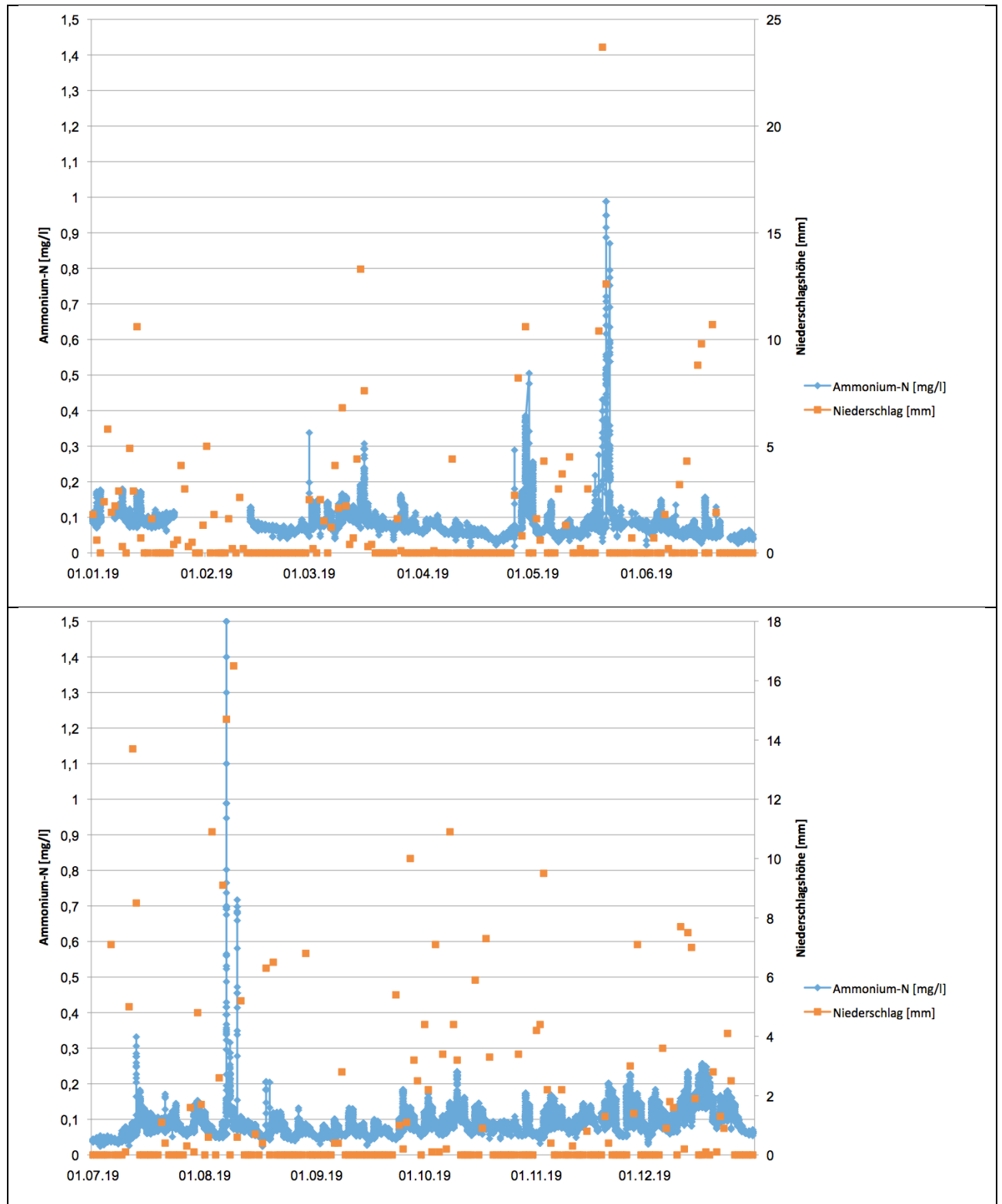


Abb. 8: Verlauf der Ammonium-N-Konzentrationen in der Pegnitz im Rahmen der ARGE-Messungen (automatische Probenahme und Messung alle 15 Min.) im Bereich der Theodor-Heuss-Brücke und zugehörige Niederschlagsmengen (Wetterstation Nürnberg Flughafen) im Jahresverlauf 2019

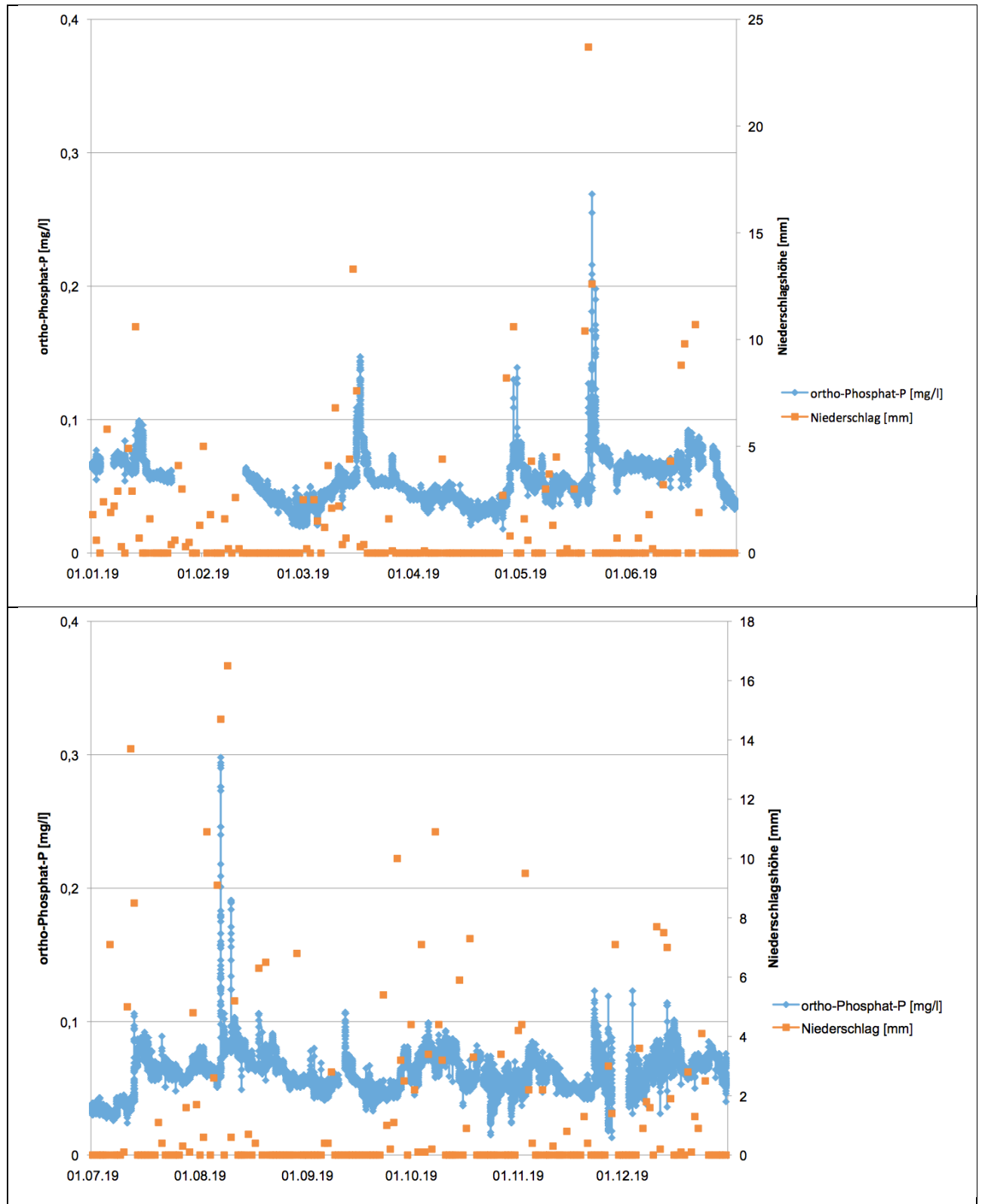


Abb. 9: Verlauf der ortho-Phosphat-P-Konzentrationen in der Pegnitz im Rahmen der ARGE-Messungen (automatische Probenahme und Messung alle 15 Min.) im Bereich der Theodor-Heuss-Brücke und zugehörige Niederschlagsmengen (Wetterstation Nürnberg Flughafen) im Jahresverlauf 2019

Anhand der beiden Diagramme (Abb. 8) zeigt sich, dass die Konzentrationen an Ammonium-N in der Pegnitz im Bereich der Theodor-Heuss-Brücke mit den Niederschlagsmengen korrelieren. Insofern ist davon auszugehen, dass Mischwasserentlastungen bzw. oberstromig liegende Klärwer-

ke am Ammonium-Anstieg beteiligt sind. Zudem sind andere, diffuse Quellen, z. B. Abschwemmungen aus landwirtschaftlichen Flächen, denkbar. Auffallend ist, dass die Ammonium-N-Werte teils sehr hohe Größenordnungen annehmen und eine maximale Konzentration von 1,5 mg/l erreichen, was das Fünfzehnfache des Orientierungswertes nach OGewV (2016) bedeutet. Bei diesen Extremwerten trafen starke Regenfälle auf relativ niedrige Pegnitzabflüsse, wodurch sich ungünstige Mischungsverhältnisse ergaben. Es ist anzunehmen, dass in Abhängigkeit vom pH-Wert und der Wassertemperatur niederschlagsbedingt hohe temporäre Ammonium-Konzentrationen auch zu deutlich erhöhten Ammoniak-Werten beitragen. Im Jahresmittel 2019 errechnet sich eine Ammonium-N-Konzentration von 0,085 mg/l, was den Ergebnissen des Untersuchungszeitraums des vorliegenden Gutachtens (Tab. 10) recht nahe kommt und die Vorgabe nach OGewV (2016) erfüllt.

Vergleichbar zum Ammonium-N verhält es sich auch bei ortho-Phosphat-P (Abb. 9). Auch hier führen insbesondere hohe Niederschlagsmengen zu einem deutlichen Peak der Konzentration an ortho-Phosphat-P mit Werten bis knapp 0,3 mg/l, was deutlich außerhalb des Orientierungswertbereichs von 0,07 mg/l (OGewV 2016) liegt. Der Jahresmittelwert 2019 betrug 0,058 mg/l und erfüllt somit die Vorgabe.

7 Untersuchung der biologischen QK Makrozoobenthos

7.1 Methodik und Probenahme

Die Bewertung der Fließgewässerabschnitte wurde mit standardisierten Methoden zur Aufsammlung, Aufbereitung und Auswertung von Makrozoobenthos (benthische Wirbellose) nach dem Methodischen Handbuch gemäß der Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) nach Meier et al. (2006) durchgeführt.

Die Probennahmen erfolgten am 06.06.2019, bei Abflussverhältnissen zwischen 5,15 m³/s und 5,37 m³/s (Pegel Nürnberg Lederersteg, Pegnitz). Die Beprobung der Habitate im Freiland wurde dabei proportional zum Vorkommen der einzelnen Habitate (Substratstrukturen) an den jeweiligen Probestellen (Multi-Habitat-Sampling mit 20 Teilproben) durchgeführt. Das gesammelte biologische Material wurde, soweit im Gelände nicht bestimmbar, konserviert und im Labor bestimmt (Abb. 10).



Abb. 10: Utensilien der MZB-Probenahme (links) sowie Auslesen ausgewählter Taxa im Gelände (rechts).

Im Labor wurden jeweils Unterproben zur Reduktion des Probenmaterials gemäß des o.g. Handbuchs entnommen, wobei pro Probe mindestens 350 Tiere ausgelesen und bestimmt wurden. Die taxonomische Bestimmung der Organismen wurde auf unterschiedlichem Niveau durchgeführt. Alle Tiere wurden mindestens entsprechend den Vorgaben der Operationellen Taxaliste für Fließgewässer in Deutschland bestimmt. Darüber hinaus erfolgte, soweit möglich, eine Auftrennung der Tubificidae und Naididae innerhalb der Wenigborster (Oligochaeta). Die Angaben zur Abundanz sind auf einen Quadratmeter standardisiert (Ind./m²).

Die Dateneingabe und rechnerische Ermittlung der ökologischen Qualität der Fließgewässer erfolgt mit Hilfe der Bewertungssoftware ASTERICS (aktuelle Version 4.0.4) und des deutschen Standardbewertungsverfahrens PERLODES. Dabei findet eine Filterung der Daten statt, sodass nur Taxa Verwendung finden, welche ökologisch eingestuft und gut bestimmbar sind. Für sämtliche Berechnungen innerhalb des Berichts werden diese gefilterten Daten als Grundlage herangezogen.

Auf Basis der Ergebnisse der vorgefundenen Makrozoobenthos-Besiedlung und unter Berücksichtigung des Fließgewässertyps 9.2 „Große Flüsse des Mittelgebirges“ werden für jede Probestelle

die Module Saprobie (Maß der organischen Belastung) und die Allgemeine Degradation im Vergleich zum Referenzzustand berechnet und interpretiert. Nach dem „worst case“ Verfahren wird die ökologische Zustandsklasse gemäß der schlechteren Bewertung der beiden Module Saprobie und Allgemeine Degradation ermittelt. Die Qualitätsklassen nach der EG-WRRL sind in Tab. 15 dargestellt.

Die Feldprotokolle sind den Anhängen X.1 und X.2 zu entnehmen.

Tab. 15: Farbcode der Güteklassifizierung nach der WRRL

I - sehr gut	II - gut	III - mäßig	IV - unbefriedigend	V - schlecht
--------------	----------	-------------	---------------------	--------------

7.2 Ergebnisse der biologischen QK Makrozoobenthos

7.2.1 Substratzusammensetzung nach Multi-Habitat-Sampling

Die Probestellen wurden unter Berücksichtigung vergleichbarer Substrat-, Strömungs- und Beschattungsverhältnisse so ausgewählt, dass sie sich nach Möglichkeit nur geringfügig unterscheiden, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Die Vor-Ort-Verhältnisse an den Probestellen können Tab. 16 entnommen werden. An beiden Probestellen dominierten hinsichtlich der Substratzusammensetzung Sande unterschiedlicher Korngrößen (Psammal). Daneben fanden sich Steine, Fein- und Grobkies, untergetauchte Makrophyten, Wurzeln von Ufergehölz, Ufersicherungen (Steinschüttung) und feinpartikuläres organisches Material. Insgesamt sind die Unterschiede in der Substratzusammensetzung zwischen den beiden Probestellen als geringfügig zu bewerten. Zusammen mit den Ergebnissen der GSK (gewässerstrukturelle Parameter) sowie den Strömungs- und Beschattungsverhältnissen ist davon auszugehen, dass eine hinreichend gute Vergleichbarkeit der Probestellen gegeben ist.

Tab. 16: Probestellen mit GK Zone 4 Koordinaten, Substratzusammensetzung, Strömungseigenschaften, Beschattungszustand und organoleptische Befunde am 06.06.2020.

PS	PS 1	PS 2
Datum	06.06.20	06.06.20
Gewässer	Pegnitz	Pegnitz
Bezeichnung	oh. EL KW	uh. EL KW 2
Rechtswert	4430827	4429946
Hochwert	5480794	5481462
Substrat	Anteil in %	Anteil in %
Mesolithal		5
Mikrolithal	5	5
Akal	5	5
Psammal	65	50
Technolithal	10	10
Makrophyten submers	5	10
Lebende Teile terrestr. Pfl.	5	5
Xylal	5	5
FPOM		5
Wasserführung	niedrig	niedrig
Strömungsbild	langsam-schnell fließ.	langsam-schnell fließ.
Strömungsvielfalt	mittel	mittel
Beschattung	sonnig	sonnig
Kolmation	leicht	leicht-mäßig
Trübung	schwach	mittel
Färbung	keine	keine
Geruch	ohne	ohne

Begriffserklärungen:

Mesolithal (Größtkorn-Faustgröße: >6 - 20 cm), Mikrolithal (Grobkies: >2 - 6 cm), Akal (Feinkies: >0,2 - 2 cm), Psammal (Sand: >6µm - 2 mm), Technolithal (Steinschüttungen), Makrophyten submers (untergetauchte Wasserpflanzen), Lebende Teile terrestrischer Pflanzen (z. B. Wurzelwerk), Xylal (Holz), FPOM (feinpartikuläres organisches Material).

7.2.2 Taxaliste, Diversität und funktionelle Gruppen der MZB-Lebensgemeinschaften

Im Zuge der Makrozoobenthos-Probennahmen konnten insgesamt 57 rezente Taxa aus 11 zoologischen Großgruppen festgestellt werden (Tab. 17). Unter den gefundenen Taxa befand sich mit der Steinfliege, *Leuctra geniculata* (Abb. 12), eine Art der Roten Liste Bayern und Deutschland mit Gefährdungskategorie 3 „gefährdet“. Die Scharfe Tellerschnecke (*Anisus vortex*) wird derzeit auf der Vorwarnliste der beiden genannten Roten Listen geführt.

Mit der Neuseeländischen Zwergdeckelschnecke (*Potamopyrgus antipodarum*) und dem Schlickkrebs, *Corophium sp.*, wurden insgesamt zwei eingeschleppte Tierarten (Neozoen) im Untersuchungsgebiet nachgewiesen. *Potamopyrgus antipodarum* stammt ursprünglich aus Neuseeland, *Corophium sp.* aus dem Schwarzmeerraum. Beide Arten wurden vermutlich über den Schiffsverkehr in unsere heimischen Gewässer verfrachtet. *Corophium* profitiert vor allem von Steinschüttungen zur technischen Ufersicherung und verdrängt dort heimische Faunenelemente.

Anhand der Besiedlungsdichten konnte flussab eine Abnahme von PS 1 (2082 Ind./m²) zur PS 2 (1723 Ind./m²) beobachtet werden. Die Taxazahl (ungefiltert) lag bei PS 2 mit 47 Taxa etwas höher als bei PS 1 (41 Taxa). Taxazahlen allein geben jedoch nicht unbedingt Auskunft über qualitative Unterschiede und sind deshalb mit Vorsicht zu betrachten. Die höchsten Taxazahlen innerhalb der 11 nachgewiesenen Großgruppen konnten jeweils bei der Gruppe der Köcherfliegen (Trichoptera) festgestellt werden (PS 1: 11 Taxa; PS 2: 13 Taxa), gefolgt von Eintagsfliegen (Ephemeroptera), Käfern (Coleoptera) und Zweiflüglern (Diptera). Eine vergleichende Darstellung zur prozentualen Verteilung der Individuendichte bezogen auf die Großgruppen kann Abb. 11 entnommen werden. Die Benthoszönose wurde an beiden Probestellen von der Köcherfliege, *Brachycentrus maculatus*, mit Anteilen von 28,9 % (PS 1) bzw. 30,4 % (PS 2), gefolgt von der Eintagsfliege, *Serratella ignita*, (PS 1: 14,9 %; PS 2: 14,4 %) dominiert.

Als Maß für die Biodiversität der Makrozoobenthosgesellschaften ergab der Shannon-Wiener-Index mit Werten von 2,69 (PS 1) bzw. 2,67 (PS 2) nahezu identische Ergebnisse für alle beiden Probestellen. Die Evenness (Äquität = Ausgewogenheit der Arten) von 0,73 (PS 1) bzw. 0,70 (PS 2 und 3) spiegelt - an beiden Probestellen gleichermaßen - eine leichte Ungleichverteilung der Individuenzahlen innerhalb der einzelnen Taxa wider, die von der Dominanz von *Brachycentrus maculatus* geprägt ist.

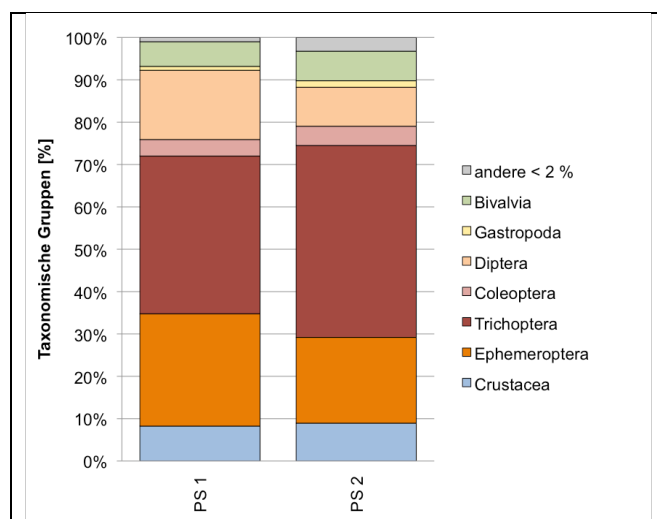


Abb. 11: Relative Häufigkeiten der taxonomischen Gruppen im Juni 2019



Abb. 12: Köcherfliege *Brachycentrus maculatus* an Totholz (links) und Steinfliege *Leuctra geniculata* (rechts)

Tab. 17: Gesamttaxaliste des Makrozoobenthos für die beiden MZB-Probestellen (PS 1, PS 2) am 06.06.2019. Angegeben sind die Individuenzahlen (Ind./m²) sowie der Gefährdungsstatus (gefährdete Arten sind blau hervorgehoben). RLB: Rote Liste Bayern (Bay. LfU 2003 bzw. 2017); RLD: Rote Liste Deutschland (Binot 1998, erw. Gruttke et al. 2016).

Taxon	RL B	RL D	PS 1	PS 2
Datum der Probenahme			06.06.19	06.06.19
GASTROPODA				
<i>Ancylus fluviatilis</i>			5	0
<i>Anisus vortex</i>	V	V	0	2
<i>Bithynia tentaculata</i>			5	10
<i>Gyraulus albus</i>			0	14
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>			10	0
BIVALVIA				
<i>Pisidium sp.</i>			110	101
<i>Sphaerium corneum</i>			11	19
OLIGOCHAETA				
Lumbriculidae Gen. sp.			2	1
Naididae/Tubificidae Gen. sp.			5	0
Oligochaeta Gen. sp.			0	5
Tubificidae Gen. sp.			6	14
CRUSTACEA				
<i>Asellus aquaticus</i>			5	10
<i>Corophium sp.</i>			19	19
<i>Gammarus roeselii</i>			148	125

Taxon	RL B	RL D	PS 1	PS 2
Datum der Probenahme			06.06.19	06.06.19
HIRUDINEA				
<i>Dina punctata</i>			0	5
<i>Erpobdella octoculata</i>			0	5
Hirudinea Gen. sp.			0	5
EPHEMEROPTERA				
<i>Baetis buceratus</i>			11	0
<i>Baetis fuscatus</i>			40	72
<i>Baetis liebenauae</i>			10	2
<i>Baetis</i> sp.			5	0
<i>Caenis luctuosa</i>			67	0
<i>Caenis macrura</i>			67	1
<i>Caenis macrura</i> -Gr.			38	24
<i>Ephemera danica</i>			5	0
<i>Heptagenia sulphurea</i>			0	1
<i>Serratella ignita</i>			310	248
ODONATA				
<i>Calopteryx splendens</i>			1	2
PLECOPTERA				
<i>Leuctra geniculata</i>	3	3	7	24
COLEOPTERA				
<i>Elmis</i> sp. Lv.			38	24
<i>Hydraena gracilis</i> Ad.			0	5
Hydroporinae Gen. sp.			0	5
<i>Limnius</i> sp. Lv.			38	29
<i>Limnius volckmari</i> Ad.			0	5
<i>Nebrioporus depressus/elegans</i> Ad.			0	6
<i>Oulimnius tuberculatus</i> Ad.			5	5
TRICHOPTERA				
<i>Athripsodes albifrons</i>			43	102
<i>Athripsodes cinereus</i>			5	0
<i>Brachycentrus maculatus</i>			601	524
<i>Brachycentrus</i> sp.			0	5
<i>Ceraclaea dissimilis</i>			10	19
<i>Cheumatopsyche lepida</i>			38	48
<i>Hydropsyche pellucidula</i> -Gr.			5	0
<i>Hydropsyche siltalai</i>			6	14
<i>Lepidostoma hirtum</i>			11	12
<i>Micropterna lateralis/sequax</i>			0	5
<i>Oecetis lacustris</i>			0	5
<i>Oecetis notata</i>			10	19
<i>Polycentropus flavomaculatus</i> ssp.			29	14
<i>Psychomyia pusilla</i>			0	10
<i>Rhyacophila (Rhyacophila) sp.</i>			16	1
DIPTERA				
<i>Antocha</i> sp.			5	0
Ceratopogoninae Gen. sp.			0	5
Chironomidae Gen. sp.			101	101
Chironomini Gen. sp.			125	5
<i>Prodiamesa olivacea</i>			62	10
Tanytarsini Gen. sp.			48	38
Anzahl Taxa			41	47
Besiedlungsdichte (Ind./m ²)			4366	3714

Funktionelle Gruppen

Die funktionellen Gruppen des MZB, die Ernährungstypenverteilung sowie die Mikrohabitat-, Zonierungs- und Strömungspräferenzen, werden im Folgenden zur vertieften Auswertung an den untersuchten Stellen an der Pegnitz dargestellt.

Zonierungspräferenzen:

Der Untersuchungsbereich ließ sich anhand der Besiedlungsstruktur überwiegend dem Rhithral (Bachregion), zu deutlich geringeren Anteilen dem Potamal (Flussregion) und zu sehr geringen Anteilen dem Krenal/Hypokrenal (Quellregion) bzw. Litoral/Profundal (Uferzone/Tiefenzone v.a. stehender Bereiche) zuordnen (Abb. 13). Litoralbesiedler sind an Bedingungen der Ufer- und Flachwasserzone angepasst. Ein erhöhter Anteil kann jedoch beispielsweise auch einen Hinweis auf eine erhöhte Menge an anspruchslosen Generalisten geben. Dies war jedoch bei beiden PS nicht gegeben. Insgesamt waren die Unterschiede zwischen den Zonierungspräferenzen der beiden Probestellen als sehr gering zu beurteilen und lagen höchstens im niedrigen einstelligen Prozentbereich. Die Datenlage war für einen Anteil von jeweils ca. 20 % der Taxa auf Grund bisher fehlender bzw. unerforschter autökologischer Informationen defizitär.

Strömungspräferenzen:

Hinsichtlich der Strömungspräferenzen (Abb. 13) dominierten bei PS 1 und PS 2 zu nahezu gleichen Anteilen Taxa, die nur in strömendem Wasser vorkommen bzw. strömungsliebend sind (rheobionte bzw. rheophile Taxa). Die Anteile der Übergangsbereiche von strömungsliebend bzw. -meidend (rheo- bis limnophil bzw. limno- bis rheophil) lagen an PS 2 geringfügig höher als an PS 1. Taxa, die sich gegenüber unterschiedlichen Strömungseigenschaften indifferent verhalten, spielten ebenso eine eher untergeordnete Rolle und waren an beiden PS in etwa gleicher Anzahl vertreten. Für einen Anteil von jeweils ca. 10-15 % war die Datenlage defizitär auf Grund fehlender autökologischer Kenntnisse.

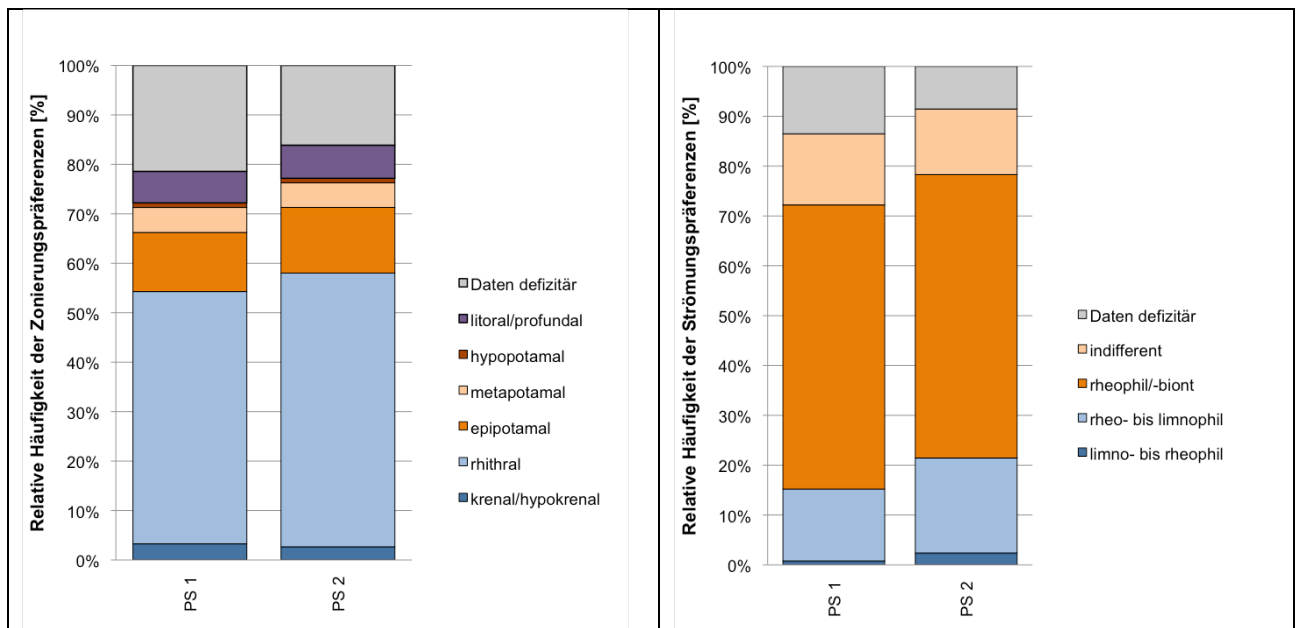


Abb. 13: Relative Häufigkeiten der Zonierungs- und Strömungspräferenzen im Juni 2019

Mikrohabitatpräferenzen:

Stein (Lithal)- und pflanzenpräferierende (Phytal) Taxa wiesen an beiden PS die meisten Anteile auf und dominierten die Artengemeinschaften (Abb. 14). Deutlich geringere Anteile wiesen an beiden PS schlamm- und feindetritusbewohnende (Pelal), sandbewohnende (Psammal), kiesbewohnende (Akal) und organisches Material bewohnende (POM) Wasserwirbellose sowie Anteile anderer Mikrohabitate auf. Für etwa jeweils 10 % der Faunenelemente fehlten autökologische Kenntnisse zur Einstufung.

Ernährungstypen:

Anhand der Ernährungstypenkategorien zeigten sich zwischen beide PS ebenfalls nur geringfügige Unterschiede im einstelligen Prozentbereich (Abb. 14). Insgesamt dominierten Weidegänger und Sedimentfresser, gefolgt von Räubern, passiven und aktiven Filtrierern sowie Zerkleinerern. Der Anteil anderer Ernährungstypen und der auf Grund fehlender ökologischer Kenntnisse nicht klassifizierbare Anteil waren jeweils gering.

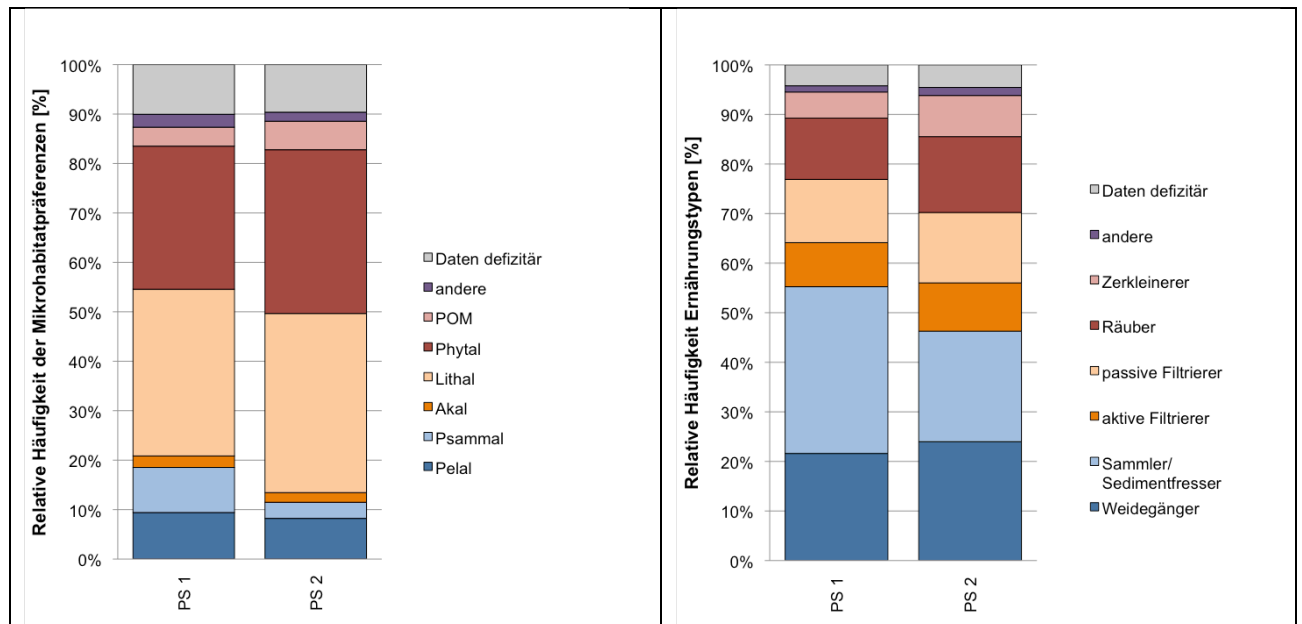


Abb. 14: Relative Häufigkeiten der Mikrohabitatpräferenzen und Ernährungstypen im Juni 2019

7.2.3 Bewertung nach der Wasserrahmenrichtlinie

Die Bewertungsergebnisse zur Ermittlung des ökologischen Zustands von Fließgewässern anhand der Qualitätskomponente Makrozoobenthos, nach Vorgaben der EG-WRRL unter Verwendung der Software ASTERICS (Version 4.0.4), sind in Tab. 18 abgebildet und werden im Folgenden detailliert beschrieben.

Tab. 18: Bewertungsergebnisse des MZB anhand der WRRL mit Score-Points (0-1)

Messstelle	PS 1	PS 2
ÖZK Saprobie	gut	gut
Saprobienindex	2,03	2,04
ÖZK Degradation	sehr gut	gut
Degradation gesamt	0,87	0,74
Fauna-Index Typ 9.2	0,81	0,60
Metharhthal-Bes. [%]	0,93	0,92
EPT [%] (HK)	0,93	0,71
Anzahl EPTCBO	1,00	1,00
ÖZK gesamt	gut	gut

Modul Saprobie

Das Modul Saprobie ist ein Maß für die organische Belastung des zu untersuchenden Fließgewässers und stellt einen zentralen Baustein in der Bewertung nach der WRRL dar.

Der Gewässertyp 9.2 „Große Flüsse des Mittelgebirges“ zeichnet sich durch einen mäßig hohen saprobiellen Grundzustand aus, der sich aus einer geringeren Sohlrauhigkeit auf Grund des höheren Sandanteils und der daraus bedingten gleichmäßigeren Strömung ergibt (Meier et al. 2006b). Im Grundzustand ist diesem Gewässertyp ein Saprobienindex von $s = 1,65$ zugewiesen. Die Klassengrenze vom „sehr guten“ zum „guten“ saprobiellen Zustand liegt bei $s = 1,80$, vom „guten“ zum „mäßigen“ Zustand bei $s = 2,25$. Alle weiteren Klassengrenzen waren für diese Untersuchung nicht relevant.

Die Werte des Moduls „Saprobie“ beider PS fielen nahezu identisch aus und bewegten sich mit Werten von 2,03 bzw. 2,04 in einem soliden Bereich der „guten ökologischen Zustandsklasse“.

Modul Allgemeine Degradation

Das Modul „Allgemeine Degradation“ spiegelt strukturelle Defizite (Degradation der Gewässermorphologie, Nutzung im Einzugsgebiet) auf Habitat- und Einzugsgebietebene wider. Darüber hinaus wird der Wert dieses Moduls auch durch stoffliche Einwirkungen (Pestizide, hormonäquivalente Stoffe etc.) mit beeinflusst. Die Allgemeine Degradation setzt sich als multimetrischer Index aus mehreren sog. Core-Metrics zusammen. Im Falle dieses Gewässertyps sind das der Fauna-Index Typ 9.2, der prozentuale Anteil der Metarhithral-Besiedler (Faunenelemente, die aus der mittleren Bachregion stammen), der prozentuale Anteil der EPT-Taxa (Ephemeroptera = Eintagsfliegen, Plecoptera = Steinfliegen, Trichoptera = Köcherfliegen) an den Gesamtindividuen und die Anzahl

der EPTCBO-Taxa (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera = Käfer, Bivalvia = Muscheln, Odonata = Libellen). Die Bewertung der Core-Metricen sowie der Allgemeinen Degradation erfolgt über Score-Points, wobei die Einteilung in Qualitätsklassen schrittweise erfolgt (Qualitätsklasse „schlecht“ von 0,0 bis $\leq 0,2$, „unbefriedigend“ von $> 0,2$ bis $\leq 0,4$, „mäßig“ von $> 0,4$ bis $\leq 0,6$, „gut“ von $> 0,6$ bis $\leq 0,8$, „sehr gut“ von $> 0,8$ -1).

Der Fauna-Index Typ 9.2 (DFI), bewertet die Naturnähe der Morphologie auf Habitat- und Einzugsgebietebene. Zudem kann dieser Index stoffliche Gewässerbelastungen durch eine Abnahme empfindlicher Gütezeiger und einer Zunahme von Störungszeigern indizieren. Insbesondere das Fehlen von Arten wichtiger Gruppen, wie Eintags-, Stein- und Köcherfliegen können sich stark auf den DFI auswirken. Insgesamt überwogen an beiden Messstellen flussgebietstypische Faunenelemente gegenüber Störzeigern, was sich auch in der Bewertung des jeweiligen DFI widerspiegelte: An der Referenzstelle, PS 1, wurde der DFI mit einem Score von 0,81 mit „sehr gut“ bewertet, wobei sich der Wert direkt an der Klassengrenze zu „gut“ befindet. PS 2 lag mit ihrem DFI-Score in einem „guten“ Bereich, an der Klassengrenze zu „mäßig“. Gründe für den Unterschied stellen u.a. das Fehlen der Eintagsfliegenart *Baetis buceratus* bei PS 2 dar, die sehr typisch für Fließgewässertyp 9.2 ist, jedoch auch nur in geringer Individuendichte bei PS 1 vorkam. Zudem waren die Unterschiede durch Störzeiger, wie beispielsweise *Asellus aquaticus*, *Bithynia tentaculata* oder *Corophium sp.*, bedingt, die stark mit Hartsubstraten, vor allem Blocksteinen zur technischen Ufersicherung, assoziiert sind. Blocksteinsicherung entlang der Ufer trat bei PS 2 mitunter am massivsten auf.

Das Vorkommen eines deutlichen Anteils an Metarhithral-Besiedlern (>22 %) unterstreicht den rhithralen Charakter, den auch Gewässer dieser Größe im naturnahen Zustand noch besitzen. Dabei hängt die Höhe des Anteils an Metarhithral-Besiedlern eng mit der ökologischen Qualität zufließender Nebenbäche oder -flüsse zusammen, und integriert so den Zustand des Einzugsgebietes in die Bewertung (Meier et al. 2006b). Mit einem Anteil an Metarhithral-Besiedlern von jeweils knapp über 23 % wurden PS 1 und PS 2 hinsichtlich dieses Metrics mit „sehr gut“ bewertet.

Die EPT-Taxa [%] (Häufigkeitsklasse), welche in der Regel belastungsintolerante Arten mit hohen Habitatansprüchen im Gewässer sowie im terrestrischen Umfeld darstellen, deuten beim Fließgewässertyp 9.2 ab Werten von ≤ 43 % auf ein Artendefizit sowie verschobene Arten- und Abundanzverhältnisse innerhalb dieser charakteristischen Gruppe hin (Meier et al. 2006b). Ein Wert von knapp 53 % bescheinigt PS 1 eine „sehr gute“ Kategorisierung hinsichtlich dieses Parameters. PS 2 liegt mit 46 % in einem „guten“ Zustandsklassenbereich.

Die Gruppe der EPTCBO-Taxa stellt in naturnahen großen Mittelgebirgsflüssen einen wesentlichen Teil der vorkommenden Taxa dar. Dieser Core-Metric konnte an beiden Probestellen mit einer maximalen Punkteausbeute mit „sehr gut“ bewertet werden.

In der Gesamtschau ergaben sich für das Modul Allgemeine Degradation eine „sehr gute“ Bewertung für PS 1 (Score: 0,87) und eine „gute“ Bewertungen für PS 2 (Score: 0,74).

Gesamtbewertung QK Makrozoobenthos

Nach dem Prinzip des „worst-case“ ergab die Fließgewässerbewertung anhand der Makrozoobenthos-Besiedlung aus den Modulen „Saprobie“ und „Allgemeine Degradation“ an beiden

Probestellen eine „gute ökologische Zustandsklasse“. Gemäß der Bewertungssoftware gelten alle Ergebnisse auf Grund einer guten Anzahl an Indikatortaxa als „gesichert“.

7.3 Diskussion der Ergebnisse der QK Makrozoobenthos

Anhand der Erhebung der QK Makrozoobenthos vom 06.06.2019 konnte an beiden Probestellen, PS 1 als Referenzstelle und PS 2 unterhalb der Einleitstelle von KW 2, der „gute ökologische Zustand“ nach WRRL festgestellt und damit die Ergebnisse des WRRL-Monitorings für den FWK 2_F037 an der Messstelle „Friedhofsteg“ (ca. 750 m flussab des Untersuchungsgebietes) bestätigt werden. Für Fließgewässertyp 9.2 sind zur Bewertung des ökologischen Zustands die beiden Module Saprobie und Allgemeine Degradation heranzuziehen. Hinsichtlich des Moduls Saprobie waren die Ergebnisse für beide Probestellen nahezu identisch und lagen in einem soliden „guten“ Bereich. Im Modul Allgemeine Degradation schnitt die Referenzstelle, PS 1, oberhalb der KW-Einleitung, etwas besser ab als PS 2 („gut“) und wurde mit „sehr gut“ bewertet. Maßgeblich hierfür waren bessere Bewertungen der Core-Metric Fauna-Index Typ 9.2 (DFI) und EPT-Taxa [%] (HK) bedingt durch die Präsenz bzw. höhere Individuendichte flussgebietstypischer Faunenelemente der EPT-Taxa (Individuendichte der EPT-Taxa 1336 Ind./m² bei PS 1 bzw. 1150 Ind./m² bei PS 2).

Da EPT-Taxa in der Regel höhere Habitatansprüche haben und belastungsintoleranter sind als andere Gruppen, reagieren Vertreter dieser drei Insektenordnungen in der Regel sensibler auf sich ändernde Umweltbedingungen bzw. Schadstoffeinträge. Die chemischen Analysen der Wasserproben ergaben im Untersuchungszeitraum bei PS 2 im Verhältnis zu PS 1 keine gravierenden Unterschiede hinsichtlich der untersuchten Parameter. Zumeist wurden die Orientierungsvorgaben nach OGewV (2016) bzw. weiterer Literatur gut eingehalten. Vereinzelt lagen die Ammonium-N-Werte bei PS 2 höher als bei PS 1. Die Ammoniak-N-Konzentrationen vielen an beiden Probestellen im Jahresmittel gleichermaßen zu hoch aus. Insofern ist es unwahrscheinlich, dass die etwas schlechteren EPT-Ergebnisse auf die Kläranlageneinleitung durch KW 2 zurückzuführen sind, zumindest was das untersuchte Routine-Parameterspektrum angeht. Nicht auszuschließen sind Effekte durch Substanzklassen, die nicht Bestandteil des Untersuchungsprogramms waren (z. B. Medikamentenrückstände, hormonell wirksame Substanzen etc.). Eine weitere Möglichkeit bestünde darin, dass Mischwassereinleitungen, die sich flussab besonders im Starkregenfall aufsummieren können, Negativeffekte auf die EPT-Taxa ausüben. Morphologische Ursachen bestünden allenfalls in der massiveren Ufersicherung (Blocksteinschüttung) bei PS 2, auf welche vermutlich auch die vermehrte Präsenz bzw. leicht erhöhten Individuendichten von Störzeigern bei PS 2 zurückzuführen sind, was zu leicht negativen Effekten auf den DFI führt. Insgesamt wurden jedoch auch bei PS 2 gemäß WRRL gute Ergebnisse hinsichtlich des DFI und der EPT-Taxa erzielt. Die Anteile der Metarhithralbesiedler und der EPTCBO-Taxa waren im Vergleich zwischen PS 1 und PS 2 unauffällig und jeweils mit „sehr gut“ bewertet.

Nach der benthoszönotischen Auswertung (Zusammensetzung, funktionelle Gruppen) erwies sich die Köcherfliege *Brachycentrus maculatus* bei beiden PS als dominante Art. *Brachycentrus maculatus* wurde an beiden Probestellen in hoher Dichte an Totholz vorgefunden, was die Bedeutung von hölzernen Hartsubstraten in Form von Ästen, Zweigen oder Stämmen als wichtige Habitate in

ansonsten eher an Hartsubstraten armen, sandigen Gewässern unterstreicht. Die Biodiversität sowie die funktionellen Gruppen (Ernährungstypenverteilung, Mikrohabitatpräferenzen, Zonierungspräferenzen, Strömungspräferenzen) ließen keine auffälligen Unterschiede zwischen den beiden PS erkennen.

Unterm Strich kann ein leichter Negativeinfluss von KW 2 auf die Besiedlungsstruktur der QK Makrozoobenthos (EPT-Taxa) auf Grund des begrenzten Parameterumfangs der chemischen Analytik (Routinediagnostik) nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Nach Maßgabe der WRRL wird jedoch auch bei PS 2, unterhalb der Einleitung von KW 2, ein solider „guter ökologischer Zustand“ für die QK MZB erreicht. Eine Verschlechterung des ökologischen Zustands bezüglich der QK MZB im Sinne der WRRL (Klassenabfall) konnte infolge der Einleitung durch KW 2 folglich nicht festgestellt werden.

8 Untersuchung der biologischen QK Makrophyten und Phytobenthos

8.1 Methodik und Probenahme

Die Kartierung der Makrophyten und die Beprobung der benthischen Diatomeen und des übrigen Phytobenthos erfolgte nach der „PHYLIB-Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie“ (Makrophyten und Phytobenthos, Stand Januar 2012, LfU 2012) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (Abb. 15). Die Probenahmen wurden am 05.08.2019 durchgeführt.

Zur Ermittlung der Makrophytenbestände wurde folgende Schätzskala nach Kohler (1978) verwendet (Tab. 19). Die Wuchsformen wurden mit „S“ für „submers“ (untergetaucht), „Em“ für „emers“ (über die Wasseroberfläche hinauswachsend) oder mit „F-SB“ (auf der Wasseroberfläche aufschwimmend) angegeben.

Tab. 19: Schätzskala zur Häufigkeit der Makrophytenbestände nach Kohler (1978)

Pflanzenmenge	Häufigkeit	Beschreibung
1	sehr selten / vereinzelt	in der Regel Zufallsfund
2	selten	locker im Abschnitt verteilt, muss aktiv gesucht werden
3	verbreitet	tritt regelmäßig auf und wird ohne längere Suche gefunden
4	häufig	„überall“, aber ohne geschlossene Deckung, mit großen Lücken
5	sehr häufig / massenhaft	> 50 % Deckung, dominiert den Abschnitt

Zur Analyse des Phytobenthos ohne Diatomeen wurden alle makroskopisch sichtbaren Aufwüchse fotografisch dokumentiert und der Deckungsgrad des Belages nach der Skala gemäß Schaumburg et al. (2012a) abgeschätzt (Tab. 20). Im Anschluss daran wurde jeweils eine ausreichende Probenmenge abgeschabt und das gewonnene Material zur Weiterverarbeitung im Labor mit Formaldehyd (5 %) fixiert. Zur Gewinnung von Diatomeen-Material wurden Hartsubstrate aus dauerhaft überfluteten Bereichen abgebürstet sowie Beläge auf sandigem Substrat abgenommen und das gewonnene Material in entsprechende Probengefäße überführt und in Ethanol (70 %) konserviert. Die Aufbereitung der Diatomeenproben fand gemäß der PHYLIB-Verfahrensanleitung (Schaumburg et al. 2012a) durch das Kochen mit Salzsäure und konzentrierter Schwefelsäure sowie der Verwendung von Kaliumnitrat als Oxidationsmittel statt.

Tab. 20: Schätzskala zur Häufigkeit von Phytobenthosaufwuchs nach Schaumburg et al. (2012a)

Algenmenge	Häufigkeit	Beschreibung
1	mikroskopisch selten	nicht im Freiland zu vergeben
2	mikroskopisch häufig	nicht im Freiland zu vergeben
3	makroskopisch selten	Einzelfund bis 5 % Deckungsgrad / mikroskopisch massenhaft
4	makroskopisch häufig	Deckungsgrad 5-33 %
5	makroskopisch massenhaft	Deckungsgrad > 33 %

Die Bewertungen wurden nach der EG-WRRL mit der aktuellsten Version der PHYLIB Software (Version 5.3) durchgeführt. Auf der Basis der vorgefundenen Makrophyten- und Phytobenthosbesiedlung erfolgte für jede Messstelle die Berechnung einer ökologischen Zustandsklasse (dezimal nach dem 5-stufigen System der WRRL), welche den Grad der Abweichung vom Referenzzustand widerspiegelt. Den Referenzzustand stellt der entsprechende Makrophyten-, Diatomeen- bzw. Phytobenthostyp dar, welcher auf Basis der biozönotisch begründeten Fließgewässertypen Deutschlands den Probestellen zugewiesen wird.

Die Pegnitz wird an beiden Messstellen dem Makrophyten-Typ der karbonatisch-rhithral geprägten Fließgewässer der Mittelgebirge, Voralpen und Alpen (MRK) zugeordnet. Der Diatomeen-Typ entspricht dem Typ D 10.1 (große Flüsse mit EZG > 1000 km²) und der Phytobenthos-Typ dem Typ PB 6 (Karbonatische, mittelgroße bis große Fließgewässer des Mittelgebirges) nach Schaumburg (2005). Die Trophie des LAWA-Typs 9.2 liegt im Bereich der Meso- bis Eutrophie oder besser.

Die nachfolgende Tab. 21 gibt einen Überblick über die Bewertungskategorien der Makrophyten- und Phytobenthosarten ohne Diatomeen.

Tab. 21: Kurzdefinitionen der Bewertungskategorien für die Teilmodule Makrophyten und Phytobenthos ohne Diatomeen (aus Schaumburg et al. 2012b)

Kategorie	Makrophyten	Phytobenthos ohne Diatomeen
A	Arten, die an Referenzstellen dominieren	sensible Arten, charakteristisch für den jeweiligen FG-typ
B	Taxa mit weiter ökologischer Amplitude sowie solche mit Schwerpunkt im mittleren Belastungsbereich	weniger sensible Arten, Vorkommen nicht so eng begrenzt wie unter A
C	Störzeiger mit einem deutlichen Verbreitungsschwerpunkt an degradierten Standorten, höchstens vereinzelt an den Referenzstellen	Störzeiger: Eutrophierung bzw. einen mäßigen bis unbefriedigenden Zustand anzeigend
D	-	Störzeiger: starke Eutrophierung, unbefriedigenden bis schlechten Zustand anzeigend

Die Kartierung der Makrophyten und die Probennahmen des Phytobenthos inklusive der Diatomeen erfolgten durch die ÖKON GmbH. Die Moose wurden von Herrn Dr. Müller (TU Dresden) bestimmt. Die Analyse der benthischen Diatomeen erfolgte durch Frau Dr. Voigt. Die Bestimmung des Phytobenthos ohne Diatomeen sowie die allgemeine Auswertung und Interpretation erfolgte durch die IDUS GmbH. Die Feldprotokolle können Anhang X.3 entnommen werden.

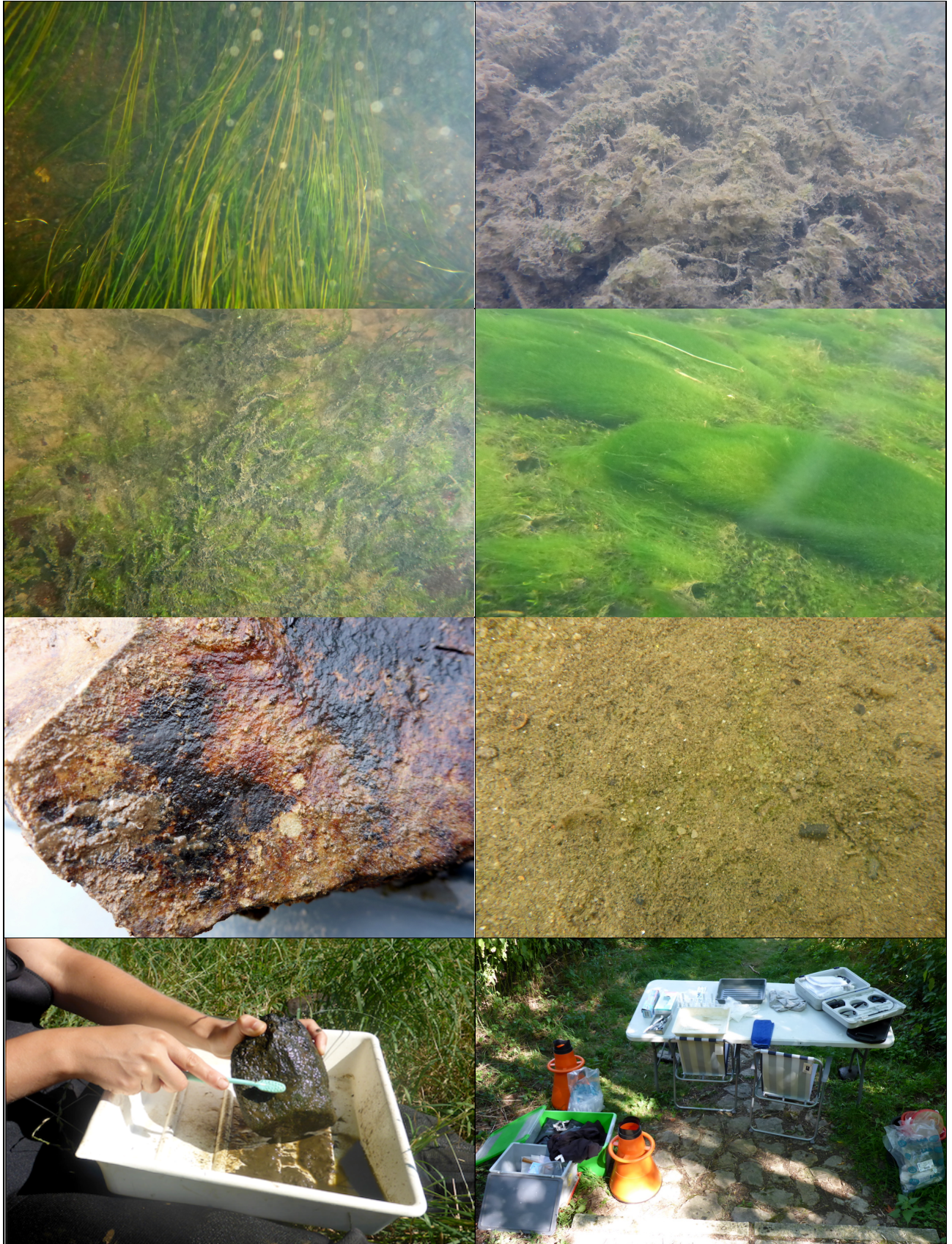


Abb. 15: Probenahmemethodik: Kartierung der Wasserpflanzenbestände, *Ranunculus fluitans*, *Elodea canadensis* (oben links bzw. rechts) und der Wassermoose (2. Reihe links) sowie der Phyto­benthosbestände, fädige Algen (2. Reihe rechts), braune Aufwuchsalgen auf Stein und Grünalgen auf Sand (3. Reihe links bzw. rechts). Methodik zur Diatomeengewinnung durch Abbürsten von Hartsubstraten (unten links) und Übersicht der Beprobungsutensilien (unten rechts).

8.2 Ergebnisse der biologischen QK Makrophyten und Phytobenthos

8.2.1 Taxalisten und Charakterisierung der Makrophyten- und Phytobenthosbesiedlung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der QK Makrophyten und Phytobenthos zunächst je Probe-
stelle und anschließend zusammenfassend (Kapitel 8.2.2) dargestellt. Die detaillierten Analysepro-
tokolle finden sich in Anhang VIII.

Probestelle PS 1

Die untersuchte Fließgewässerstrecke an bei PS1 war besonnt und das Sohlensubstrat von Sand
dominiert. Der Uferbewuchs bestand hauptsächlich aus Krautflur und Hochstauden sowie Auenge-
hölzen.

Die Gesamtdeckung der **Makrophyten** lag bei 10%. Störanzeiger und unempfindliche Referenzar-
ten kamen gleichermaßen vor (Co-Dominanz) (Tab. 22). Die beiden Arten *Potamogeton crispus*
und *Potamogeton pectinatus* haben ihren Verbreitungsschwerpunkt im eu- bis hypertrophen Be-
reich, weshalb sie für den Makrophyten-Typ MRK als Störanzeiger eingestuft wurden.

Der Referenzindex lag mit -63,636 im Bereich einer „unbefriedigenden“ ökologischen Zustands-
klasse (ÖZK 4).

Tab. 22: Artenzusammensetzung der Makrophyten an PS 1

Taxon	Wuchsform	Pflanzenmenge (Kohler)	Einstufung WRRL
<i>Myriophyllum spicatum</i>	S	2	B
<i>Potamogeton crispus</i>	S	1	C
<i>Potamogeton pectinatus</i>	S	3	C
<i>Platyhyponidium riparioides</i>	S	2	B

Die Biozönose der **benthischen Diatomeen** wurde an der Messstelle PS 1 deutlich durch *Hippo-
donta capitata* (13 %) dominiert (Tab. 23). Diese Art ist nach Hofmann et al. (2013) unabhängig
von der Ökoregion saprobietolerant bis in den mäßig bis stark verschmutzten Bereich und besitzt
ihren Schwerpunkt in eutrophen bis polytrophen Gewässern. Die häufigsten Begleitarten waren die
typspezifische und ubiquistische *Amphora pediculus* (9 %) sowie die tolerante und weit verbreitete
Navicula gregaria (8 %).

Der Trophieindex lag mit 3,016 im deutlich eutrophen Bereich und verwies auf eine „mäßige“ öko-
logische Zustandsklasse (ÖZK 3). Der Anteil der Referenzarten war mit ca. 24 % sehr gering und
auf einem „unbefriedigenden“ Niveau. Der Diatomeenindex von 0,245 ergab an der Messstelle PS
1 eine „mäßige ökologische Zustandsklasse“ (ÖZK 3), die im Grenzbereich zur „unbefriedigenden
ökologischen Zustandsklasse“ lag.

Tab. 23: Artzusammensetzung der benthischen Diatomeen an PS 1

Taxon	rel. Häufigk. [%]	Taxon	rel. Häufigk. [%]
<i>Hippodonta capitata</i>	12,61	<i>Karayevia ploenensis</i>	0,86
<i>Amphora pediculus</i>	9,19	<i>Fallacia lenzii</i>	0,64
<i>Navicula gregaria</i>	7,69	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	0,64
<i>Eolimna minima</i>	5,13	<i>Mayamaea atomus var. permitis</i>	0,64
<i>Planothidium rostratum</i>	4,49	<i>Planothidium frequentissimum var. frequentissimum</i>	0,64
<i>Navicula antonii</i>	4,27	<i>Cocconeis pediculus</i>	0,43
<i>Karayevia clevei</i>	4,06	<i>Cymatopleura solea var. solea</i>	0,43
<i>Navicula cryptotenella</i>	3,85	<i>Fragilaria martyi</i>	0,43
<i>Fragilaria construens f. construens</i>	2,99	<i>Fragilaria pinnata var. pinnata</i>	0,43
<i>Planothidium granum</i>	2,99	<i>Geissleria decussis</i>	0,43
<i>Pennales</i>	2,56	<i>Gomphonema minutum</i>	0,43
<i>Melosira varians</i>	1,92	<i>Gomphonema olivaceum var. olivaceum</i>	0,43
<i>Achnanthydium eutrophilum</i>	1,71	<i>Gomphonema parvulum var. parvulum f. parvulum</i>	0,43
<i>Nitzschia dissipata ssp. dissipata</i>	1,71	<i>Navicula reichardtiana</i>	0,43
<i>Nitzschia palea var. palea</i>	1,71	<i>Nitzschia paleacea</i>	0,43
<i>Nitzschia sociabilis</i>	1,71	<i>Nitzschia pusilla</i>	0,43
<i>Amphora copulata</i>	1,50	<i>Nitzschia recta var. recta</i>	0,43
<i>Gyrosigma sciotoense</i>	1,50	<i>Surirella brebissonii var. brebissonii</i>	0,43
<i>Nitzschia fonticola var. fonticola</i>	1,50	<i>Amphora ovalis</i>	0,21
<i>Nitzschia supralitorea</i>	1,50	<i>Caloneis lancettula</i>	0,21
<i>Planothidium minutissimum</i>	1,50	<i>Cocconeis placentula var. lineata</i>	0,21
<i>Sellaphora seminulum</i>	1,50	<i>Fragilaria construens f. venter</i>	0,21
<i>Achnanthydium minutissimum var. minutissimum</i>	1,28	<i>Meridion circulare var. circulare</i>	0,21
<i>Cocconeis placentula var. euglypta</i>	1,28	<i>Navicula amphiceropsis</i>	0,21
<i>Cocconeis placentula var. placentula</i>	1,28	<i>Navicula rostellata</i>	0,21
<i>Navicula tripunctata</i>	1,28	<i>Nitzschia abbreviata</i>	0,21
<i>Planothidium delicatulum</i>	1,28	<i>Nitzschia amphibia</i>	0,21
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	1,28	<i>Nitzschia vermicularis</i>	0,21
<i>Nitzschia fossilis</i>	1,07	<i>Parlibellus protractoides</i>	0,21
<i>Simonsenia delognei</i>	1,07	<i>Reimeria sinuata</i>	0,21
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	0,86	<i>Sellaphora pupula var. pupula</i>	0,21

Das **Phytobenthos ohne Diatomeen** wurde an der Probestelle PS 1 von unempfindlichen Referenzarten dominiert. Störanzeiger waren jedoch ebenfalls häufig vertreten (Tab. 24). Sensible Re-

ferenzarten fehlten. Besonders die häufigen Vorkommen der Fadenalge *Oedogonium* weisen auf eine deutliche trophische und/oder saprobielle Belastung hin.

Der Bewertungsindex bewegte sich mit 13,38 und einem umgerechneten Index von 0,567 im Bereich einer „mäßigen“ ökologischen Zustandsklasse (ÖZK 3).

Tab. 24: Artenzusammensetzung des Phyto­benthos ohne Diatomeen an PS 1

Taxon	Klasse	Häufigkeitsklasse	Einstufung nach WRRL
<i>Cladophora glomerata</i>	Ulvophyceae	4	B
Chantransia - Stadien	Florideophyceae	3	C
Chroococcales	Nostocophyceae	1	-
Chaetophorales	Chlorophyceae	1	-
<i>Spirogyra</i>	Charophyceae	4	B
<i>Oedogonium</i>	Chlorophyceae	4	C
<i>Phormidium incrustatum</i>	Nostocophyceae	3	B
<i>Homoeothrix varians</i>	Nostocophyceae	2	B
<i>Lyngbya</i>	Nostocophyceae	1	-
<i>Anabaena</i>	Nostocophyceae	3	-
<i>Phormidium</i>	Nostocophyceae	1	-
<i>Closterium moniliferum</i>	Charophyceae	1	C

Probestelle PS 2

Die Probestelle PS 2 unterhalb der Kläranlageneinleitung KW 2 wies ebenfalls eine sonnige Lage auf. Das Ufer war in erster Linie mit Krautflur und Hochstauden sowie Auengehölzen bewachsen. Das Sohlensubstrat wurde durch Sand dominiert.

Die Gesamtdeckung der Makrophyten erreichte 25 %. Als sensible Referenzart konnte das Moos *Fontinalis antipyretica* nachgewiesen werden (Tab. 25). Die häufig vorkommende Art *Elodea canadensis* ist ein sehr konkurrenzstarker Neophyt, dessen häufige Vorkommen nicht dem Leitbild der karbonatisch-rhithral geprägten Fließgewässern der Mittelgebirge und Alpen bzw. Voralpen entsprechen. Der Referenzindex lag mit -55,652 im Bereich einer „unbefriedigenden“ ökologischen Zustandsklasse (ÖZK 4).

Tab. 25: Artenzusammensetzung der Makrophyten an PS 2

Taxon	Wuchsform	Pflanzenmenge (Kohler)	Einstufung WRRL
<i>Myriophyllum spicatum</i>	S	2	B
<i>Potamogeton pectinatus</i>	S	2	C
<i>Ranunculus fluitans</i>	S	3	B
<i>Elodea canadensis</i>	S	4	C
<i>Fontinalis antipyretica</i>	S	2	A

Die **benthische Diatomeenbiozönose** wurde an PS 2 uh. der Kläranlageneinleitung KW 2 durch die weit verbreitete, trophietolerante und typspezifische *Amphora pediculus* (21 %) dominiert (Tab. 26).

Der Trophieindex von 2,94 lag in einem eutrophen Bereich (eu1) und damit im Bereich einer „mäßigen“ ökologischen Zustandsklasse (ÖZK 3). Der Anteil der Referenzarten war mit ca. 44 % ebenfalls auf einem „mäßigen“ Niveau (ÖZK 3). Der Diatomeenindex ergab mit einem Wert von 0,355 eine „mäßige“ ökologische Zustandsklasse.

Tab. 26: Artenzusammensetzung der benthischen Diatomeen an PS 2

Taxon	rel. Häufigk. [%]	Taxon	rel. Häufigk. [%]
<i>Amphora pediculus</i>	21,38	<i>Sellaphora pupula</i> var. <i>pupula</i>	0,56
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	5,76	<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>brebissonii</i>	0,56
<i>Navicula gregaria</i>	5,58	<i>Encyonema silesiacum</i>	0,37
<i>Melosira varians</i>	5,02	<i>Geissleria decussis</i>	0,37
<i>Navicula cryptotenella</i>	4,65	<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>olivaceum</i>	0,37
<i>Amphora copulata</i>	3,53	<i>Nitzschia constricta</i>	0,37
<i>Achnanthydium minutissimum</i> var. <i>minutissimum</i>	2,97	<i>Nitzschia palea</i> var. <i>palea</i>	0,37
<i>Eolimna minima</i>	2,97	<i>Achnanthydium saprophilum</i>	0,19
<i>Karayevia ploenensis</i>	2,97	<i>Amphora inariensis</i>	0,19
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	2,97	<i>Caloneis lancettula</i>	0,19
<i>Navicula antonii</i>	2,60	<i>Cymatopleura elliptica</i>	0,19
<i>Karayevia clevei</i>	2,23	<i>Diatoma vulgaris</i>	0,19
<i>Planothidium delicatulum</i>	2,05	<i>Eolimna subminuscula</i>	0,19
<i>Planothidium rostratum</i>	2,05	<i>Eolimna utermoehlii</i>	0,19
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	1,67	<i>Fallacia lenzii</i>	0,19
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	1,67	<i>Fallacia subhamulata</i>	0,19
<i>Navicula capitatoradiata</i>	1,67	<i>Fragilaria construens</i> f. <i>venter</i>	0,19
<i>Navicula tripunctata</i>	1,49	<i>Fragilaria martyi</i>	0,19
<i>Nitzschia dissipata</i> ssp. <i>dissipata</i>	1,49	<i>Fragilaria parasitica</i> var. <i>parasitica</i>	0,19
<i>Pennales</i>	1,49	<i>Fragilaria parasitica</i> var. <i>subconstricta</i>	0,19
<i>Nitzschia amphibia</i>	1,30	<i>Gomphonema elegantissimum</i>	0,19
<i>Nitzschia fonticola</i> var. <i>fonticola</i>	1,12	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	0,19
<i>Nitzschia paleacea</i>	1,12	<i>Gyrosigma attenuatum</i>	0,19
<i>Planothidium minutissimum</i>	1,12	<i>Gyrosigma sciotoense</i>	0,19
<i>Sellaphora seminulum</i>	1,12	<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i>	0,19
<i>Gomphonema minutum</i>	0,93	<i>Navicula cari</i>	0,19
<i>Nitzschia sociabilis</i>	0,93	<i>Navicula germainii</i>	0,19

Taxon	rel. Häufigk. [%]	Taxon	rel. Häufigk. [%]
<i>Cocconeis pediculus</i>	0,74	<i>Navicula lanceolata</i>	0,19
<i>Gomphonema parvulum</i> var. <i>parvulum</i> f. <i>parvulum</i>	0,74	<i>Navicula reichardtiana</i>	0,19
<i>Hippodonta capitata</i>	0,74	<i>Nitzschia abbreviata</i>	0,19
<i>Nitzschia fossilis</i>	0,74	<i>Nitzschia pusilla</i>	0,19
<i>Achnanthydium eutrophilum</i>	0,56	<i>Nitzschia recta</i> var. <i>recta</i>	0,19
<i>Amphora ovalis</i>	0,56	<i>Nitzschia salinarum</i>	0,19
<i>Cocconeis pseudolineata</i>	0,56	<i>Nitzschia supralitorea</i>	0,19
<i>Parlibellus protractoides</i>	0,56	<i>Nitzschia vermicularis</i>	0,19
<i>Planothidium dubium</i>	0,56	<i>Simonsenia delognei</i>	0,19
<i>Planothidium frequentissimum</i> var. <i>frequentissimum</i>	0,56	<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i>	0,19
<i>Planothidium granum</i>	0,56	<i>Tabularia fasciculata</i>	0,19
<i>Reimeria sinuata</i>	0,56		

Das **Phytobenthos ohne Diatomeen** wurde an PS 2 deutlich von Störanzeigern geprägt (Tab. 27). Unempfindliche Referenzarten kamen mit *Cladophora glomerata* häufig vor. Sensible Referenzarten fehlten. Insgesamt lies die Besiedlung der Pegnitz direkt unterhalb der Kläranlageneinleitung KW 2 eine deutliche trophische und/oder saprobielle Belastung erkennen. Die Artenzusammensetzung zeigte eine deutliche Abweichung zum Referenzzustand.

Der Bewertungsindex bewegte sich mit 14,407 und einem umgerechneten Index von 0,572 im Bereich einer mäßigen ökologischen Zustandsklasse (ÖZK 3).

Tab. 27: Artenzusammensetzung des Phytobenthos ohne Diatomeen an PS 2

Taxon	Klasse	Häufigkeitsklasse	Einstufung nach WRRL
<i>Euglena</i>	Euglenophyceae	1	-
<i>Euglena texta</i>	Euglenophyceae	1	C
Chantransia - Stadien	Florideophyceae	1	C
<i>Closterium acerosum</i>	Charophyceae	1	C
<i>Chamaesiphon polymorphus</i>	Nostocophyceae	1	C
<i>Closterium moniliferum</i>	Charophyceae	1	C
<i>Spirogyra</i>	Charophyceae	3	B
<i>Phormidium incrustatum</i>	Euglenophyceae	3	B
<i>Oedogonium</i>	Chlorophyceae	4	C
<i>Homoeothrix varians</i>	Nostocophyceae	2	B
<i>Phormidium</i>	Nostocophyceae	1	-
<i>Cladophora glomerata</i>	Ulvophyceae	4	B

8.2.2 Bewertung der QK Makrophyten und Phytobenthos nach WRRL

Die Pegnitz wies an allen untersuchten Messstellen und anhand aller Teilkomponenten der QK Makrophyten & Phytobenthos eine erhöhte Belastung mit Nährstoffen auf (Tab. 28):

Die Teilkomponente **Makrophyten** wurde an beiden Probestellen, PS 1 und PS 2, mit einer „unbefriedigenden ökologischen Zustandsklasse“ (ÖZK 4) bewertet. Dabei verwies die Artenzusammensetzung auf erhöhte Nährstoffgehalte im Gewässer.

Die Besiedlung der **benthischen Diatomeen** ließ an beiden Probestellen eine trophische Belastung erkennen. Bei PS 2 dominierte die typspezifische und tolerante Art *Amphora pediculus*. An der Untersuchungsstelle PS 1 bildete dieses Taxon nur die häufigste Begleitart. Die dominanten Vorkommen der Art *Hippodonta capitata* deutete an dieser Messstelle ebenfalls auf erhöhte Nährstoffgehalte im Gewässer hin. An beiden Probestellen lag der Trophieindex in einem deutlich eutrophen und damit in einem „mäßigen“ Bereich. Der trophische Zustand der Referenzgewässer wird mit meso- bis leicht eutroph und besser angegeben (Pottgießer 2018). Der Anteil der Referenzarten war bei PS 1 in einem „unbefriedigenden“, bei PS 2 in einem „mäßigen“ Bereich. Die ökologische Zustandsklasse ergab an beiden Probestellen für diese Teilkomponente eine „mäßige“ ökologische Zustandsklasse (ÖZK 3).

Hinsichtlich der Teilkomponente **Phytobenthos ohne Diatomeen** ergab sich ebenfalls an beiden Probestellen eine „mäßige“ ökologische Zustandsklasse (ÖZK 3). Die Artenzusammensetzung zeigte jeweils deutliche Abweichungen vom Referenzzustand und deutete auf eine trophische und/oder saprobielle Belastung hin.

Insgesamt wies bereits die oberhalb der Einleitung von KW 2 gelegene PS 1 eine deutliche Vorbelastung mit Nährstoffen auf. Die **Gesamtbewertung** der biologischen **Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos** lag hier im Bereich einer „mäßigen ökologischen Zustandsklasse“ (ÖZK 3). An der Messstelle PS 2 (uh. Einleitung KW 2) lag die Gesamtbewertung auf einem vergleichbaren Niveau. Es ergab sich ebenfalls eine „mäßige ökologische Zustandsklasse“.

Eine weitere Verschlechterung der ökologischen Zustandsklasse der QK Makrophyten und Phytobenthos durch die Einleitungen von KW 2 konnte somit nicht nachgewiesen werden.

Tab. 28: Bewertungsergebnisse der QK Makrophyten & Phytobenthos inkl. Diatomeen sowie Gesamtergebnis nach WRRL.

Probestelle	Makrophyten		Diatomeen		Phytobenthos		Gesamt		
	M-Index	ÖZK	D-Index	ÖZK	PoD-Index	ÖZK	M&P _{FG}	dezimal	ÖZK
PS 1	0,182	4	0,245	3	0,567	3	0,331	3,30	3
PS 2	0,222	4	0,355	3	0,572	3	0,383	3,06	3

Abkürzungen:

M-Index = Makrophyten-Index; D-Index = Diatomeen-Index; PoD-Index = Phytobenthos ohne Diatomeen-Index; M&P_{FG} = Makrophyten-Phytobenthos-Index für Fließgewässer; ÖZK = Ökologische Zustandsklasse

8.3 Diskussion der Ergebnisse der QK Makrophyten und Phytobenthos

Im Rahmen der Erhebung der QK Makrophyten und Phytobenthos inkl. Diatomeen vom 05.08.2019 zeigte sich im Untersuchungsgebiet an beiden Probestellen eine kritisch erhöhte Belastung mit Nährstoffen, was sich in einer „mäßigen ökologischen Zustandsklasse“ (Gesamtergebnis) äußerte. Damit liegt bereits oberhalb der Einleitung durch KW 2 eine Vorbelastung in der Pegnitz vor, die nicht den Zielvorgaben der WRRL entspricht. Es kann konstatiert werden, dass durch die Einleitung von KW 2 derzeit keine weitere Verschlechterung hinsichtlich der QK Makrophyten & Phytobenthos gemessen werden konnte.

Anhand der vorliegenden Daten dieser QK kann jedoch keine Aussage dazu getroffen werden, ob die derzeitige Einleitsituation dem Verbesserungsgebot und damit der Zielerreichung nach WRRL („guter ökologischer Zustand“) zuträglich ist bzw. im Wege steht. Angesichts der wasserchemischen Ergebnisse der beiden für die Pflanzenkomponente maßgeblichen Parameter, ortho-Phosphat-P und Gesamtphosphor (beide stellen in der Regel den limitierenden Faktor für Pflanzenwachstum in Gewässern dar), scheint der Einfluss von KW 2 moderat zu sein. Die wasserchemischen Werte dieser beiden Parameter unterhalb der Kläranlageneinleitung liegen zumeist innerhalb der Orientierungswertvorgaben nach OGewV (2016) und waren teils nur geringfügig höher als oberhalb der Einleitung. Die Jahresmittelwerte von Gesamtphosphor und ortho-Phosphat-P entsprachen den Anforderungen der OGewV (2016). Auf die ganzjährige Einhaltung der Orientierungswerte im Gewässer infolge der Einleitung von KW 2 sollte jedoch geachtet werden.

Die QK Makrophyten & Phytobenthos wird bereits im Oberlauf der Pegnitz und nahezu im gesamten Flussverlauf lediglich mit „mäßig“ bewertet, woraus sich ein generelles Defizit dieser Komponente ergibt, deren Ursachen - zumindest angesichts der weitgehend akzeptablen wasserchemischen Werte (Gesamtphosphor, ortho-Phosphat) im Untersuchungsbereich - möglicherweise in diskontinuierlichen Einträgen, z.B. diffuse Abspülungen aus landwirtschaftlichen Flächen (z. B. bei Starkregen) oder Einträgen aus Mischwasserentlastungsanlagen (s. Kapitel 6.6) liegen könnten. Denkbar wären auch Schwächen der Bewertungssoftware. Im Gegensatz zur Gewässergütebestimmung (Saprobie) anhand des Makrozoobenthos, die in Bayern bereits seit Ende der 80er Jahre durchgeführt wird und damit eine lange Tradition hat, handelt es sich bei der ökologischen Einstufung der QK Makrophyten und Phytobenthos um ein relativ neuartiges Erhebungs- und Bewertungsverfahren.

9 Untersuchung der biologischen QK Fische

Die Untersuchung der QK Fische wurde durch Herrn R. Bäuml, Neunburg v. Wald, durchgeführt. Der ausführliche Untersuchungsbericht kann Anhang I entnommen werden. Im folgenden werden die Untersuchungsbereiche, Methodik und Ergebnisse zusammenfassend dargestellt.

9.1 Untersuchungsbereich

Zur Vorbereitung der Befischung fand eine Besprechung mit vor-Ort-Termin mit dem AG und der Fischereifachberatung Mittelfranken statt, bei dem das Untersuchungsgebiet und die Probestellen besprochen wurden. Die Beprobung erfolgte an 2 Probestrecken. Das Untersuchungsgebiet für KW 2 erstreckte sich folglich von Anfang PS 2_F bis Ende PS 1_F mit einer Gesamtlänge der Befischungstreifen von 1.550 m und einer Gesamtfläche von ca. 0,465 ha (Tab. 29). Daneben wurde die WRRL-Referenzstrecke (FWK 2_F037, Kennnummer 17655 zwischen Großweidenmühlsteg und Kettensteg) zur Berücksichtigung der Vorbelastung im Sinne des Fließkontinuums in die Auswertung integriert.

Tab. 29: Daten zur Lage und Ausdehnung der Probestrecken PS 1_F und PS 2_F sowie Angaben zur WRRL-Monitoringstrecke für FWK 2_F037

Probestrecke		Gewässer		Gauß Krüger Koordinaten				Streckenlänge m	Streckenlänge (fiBS) m	Gewässerbreite			Gewässertiefe			Befischungstreifen		
Nr.	für	von	bis	untere Grenze		obere Grenze				Min.	Max.	Mittl.	Min.	Max.	Mittl.	Länge ¹	Breite ²	Fläche ³
				RW	HW	RW	HW			m	m	m	m	m	m	ha		
Monitoringstrecke (Vorbelastung)	KW 2	Weidenmühlsteg	Kettensteg	keine Daten, über FFB (k. D.)				900	2.700	k. D.			k. D.			2.700	17,0	4,590
Pegnitz PS 1	KW 2	ca. 380 m stromab	Raue Rampe uh Nordwestring bei RÜB Südlicher Hauptsammler	4430684	5480902	4430906	5480718	380	750	6,0	25,0	18,0	0,5	1,5	0,7	850	3,0	0,255
Pegnitz PS 2	KW 2	ca. 300 m stromab	Sohlschwelle oh RÜB Nördlicher Hauptsammler	4429733	5481546	4429907	5481503	300	700	16,0	10,0	23,0	0,3	1,5	0,8	700	3,0	0,210
				Summen:				1.580	4.150							1.550		0,465
Befischung der Monitoringstrecke über FFB gepoolt (2016-2019) 3* 900 m = 2.700 m				Monitoringstrecke:				900	2.700	1 = Gesamtlänge der Befischungstreifen PS 1+2								
				PS 1+2:				680	1.450	2 = mittlere Breite der Befischungstreifen PS 1+2								
										3 = mittlere Fläche der Befischungstreifen PS 1+2								

Innerhalb der Probestrecken ist auf eine anteilige Befischung der Habitate geachtet worden, um einen repräsentativen Querschnitt des tatsächlichen Fischinventars mit der entsprechenden Altersstruktur zu erhalten. Die untersuchte Gewässerlänge orientierte sich an den fachlichen Vorgaben, wobei im jeweiligen Gewässerabschnitt homogene Verhältnisse hinsichtlich der Ausprägung vorherrschten. Die Probestrecken wurden so gewählt, dass sie an Wanderhindernissen endeten aber nicht darüber hinweg verliefen. Es wurde jeweils entlang der beiden Ufer, sowie Streifen zwischen den Ufern befischt.

„Bei Uferbefischungen wird zur Berechnung ein hypothetischer Gewässerstreifen von 3 m Breite pro Ufer berücksichtigt.“ (Dussling, U. 2014b).

Bei der Auswahl der Probestrecken ist die Vorschädigung des zu untersuchenden Gewässerabschnitts zu berücksichtigen. Deshalb wurde die WRRL-Monitoringstrecke in die Beurteilung der Auswirkungen vor der Einleitung des KW 2 in das Gewässerkontinuum einbezogen.

9.1.1 Probestrecke PS 1_F



Abb. 16: Luftbild der Befischungsstrecke PS 1_F. Bildquelle: FIN-Web



Abb. 17: Raue Rampe am westlichen Ende von PS 1_F (Foto: R. Bäumler)

Der Abschnitt PS1_F (Abb. 16) ist gekennzeichnet durch überwiegend laminare Strömung und mittlere Strukturvielfalt. Die Ufer sind über weite Strecken mit Wasserbausteinen verbaut. Die Linienföhrung ist überwiegend gestreckt. Das Umland wird rechtsufrig von Wiesen dominiert, die intensiv als Naherholungsgebiet genutzt werden. Am linken Ufer grenzt die Bebauung an die großzügig bemessenen Uferstreifen an, die streckenweise von Gehölzen gesäumt werden. Am Anfang der Probestrecke befindet sich eine Raue Rampe (Abb. 17), die für Fische und andere aquatische Lebewesen stromauf nicht durchwanderbar ist. Insgesamt ist die Gewässerstruktur der Untersuchungsstrecke als stark verändert (Gewässerbett: deutlich verändert; Aue: vollständig verändert) einzustufen.

9.1.2 Probestrecke PS 2_F



Abb. 18: Luftbild der Befischungsstrecke PS 2_F. Bildquelle: FIN-Web

Der Abschnitt PS 2_F (Abb. 18) zeichnet sich durch eine heterogene bis laminare Strömung und mittlere Strukturvielfalt aus. Die Ufer sind nur teilweise mit Wasserbausteinen verbaut.

Die Linienföhrung ist gestreckt bis gewunden. Das Umland wird linksufrig von einem Sportplatz dominiert. Die Bebauung grenzt an das rechte Ufer. Die Uferstreifen sind durchgängig von Gehölzen gesäumt. Am Anfang der Probestrecke befindet sich eine Sohlgleite, die aufgrund von hydraulischer Überlastung bei erhöhten Wasserständen für Fische und andere aquatische Lebewesen nur eingeschränkt durchwanderbar ist. Insgesamt ist die Gewässerstruktur bei PS 2_F als deutlich verändert (Gewässerbett: mäßig verändert; Aue: sehr stark verändert) einzustufen.



Abb. 19 Sohlschwelle am östlichen Ende von PS 2_F (Foto: R. Bäumlner)

9.1.3 WRRL-Referenzstrecke (FWK 2_F037, Kennnummer 17655)



Abb. 20: Lagekarte der WRRL-Monitoringstrecke des FWK 2_F037. Bildquelle: FIN-Web

Die WRRL-Referenzstrecke (Abb. 20) des FWK 2_F037 liegt zwischen dem Großweidenmühlsteg und dem Kettensteg, ca. 1,5 km oberhalb von PS 1_F.

9.2 Methodik und Probenahme

Die Befischung erfolgte am 22.09.2019 vom Boot aus, stromauf mit einem E-Gerät der Fa. EFKO, Leutkirch, Typ FEG 8000, Spannung bis 600 V und Leistung 8 kW. Es wurde eine Stangenelektro-

de mit einem Ringdurchmesser von 45 cm und einer Gesamtlänge von 3 m mit einer Kabellänge von 5 m verwendet. Als Kathode diente eine Schwimmkathode mit einem Cu-Band 16 mm² und 5,0 m Kabellänge. Das Untersuchungsgebiet für KW 2 erstreckte sich (flussauf) von Anfang PS 2_F bis Ende PS 1_F.

Der Befischungstermin wurde gemeinsam mit den Fischereiberechtigten und dem AG festgelegt und die Fischereifachberatung informiert. Die erforderlichen Genehmigungen für die Elektrofischerei und zum Befahren der Gewässerabschnitte wurden zuvor eingeholt sowie die Einzelmaßnahmen organisiert.

Die Arbeitsgrundlagen für die Erhebungen bildeten nachfolgende Unterlagen (modifizierte Form), die von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Fischerei ausgearbeitet wurden:

- Erhebungsbogen für Fischbestandsuntersuchungen in Bayern (Schubert 2015a)
- Erhebungsbogen für das fischereiliche Monitoring zur Umsetzung der EG-WRRL, aus Excel-Datei modifiziert (Schubert 2015b)
- fiBS-Bewertung Fischfauna, Pegnitz von Nürnberg-Kettensteg bis Zusammenfluss mit Rednitz, Referenz-Nr. 276, Probestelle: 2_F037_17655 (Schubert 2019a)

An jeder Probestrecke fand ein Befischungsdurchgang bei Abflussverhältnissen zwischen 5,05 m³/s und 5,47 m³/s statt. Die Methode richtete sich weitgehend nach den Vorgaben der EG-WRRL. Für jede Probestrecke wurde ein Erhebungsbogen für Fischbestandsuntersuchungen, bestehend aus allgemeinen Angaben, morphologische Daten, Struktur, Umland, etc. (3 Seiten mit Fangprotokoll) erstellt. Die Ergebnisse wurden in den entsprechenden Erhebungsbogen für das fischereiliche Monitoring (Anhang: Erhebungsbogen) übertragen.

Die gefangenen Fische wurden zwischengehältert, nach Art und Individuenzahl erfasst, der entsprechenden Längensklasse zugeordnet, teilweise gewogen und in das Gewässer zurückgesetzt. Die Anzahl von 0+ der jeweiligen Art wurde im Wasser geschätzt, um die Brut nicht zu schädigen. Einzelne Individuen wurden zur näheren Bestimmung gefangen.

Die Erfassung des Fischinventars erfolgte

- in 12 Längensklassen (Angaben in cm)
<2, 2≤5, >5-10, >10-15, >15-20, >20-25, >25-30, >30-40, >40-50, >50-60, 60<70 und >70
- und 3 Altersklassen.
0+, subadult und adult
- Sonderfall Europäischer Aal (*Anguilla anguilla*, Abb. 22):

Beim Aal als katadrome Wanderfischart (Laichwanderung vom Süßwasser ins Meer) wird die Geschlechtsreife erst während der Laichwanderung in das Sargassomeer erreicht. Vorher durchlebt der Fisch eine ca. 5-15 jährige stationäre Fress- und Wachstumsperiode, die unter ungünstigen Bedingungen auch deutlich länger ausfallen kann (vgl. Piscipage - Fische, Neunaugen und Flusskrebse 2020). Im Bericht wurden daher alle nachgewiesenen Aale als Subadulti dargestellt.



Abb. 21: Bootsbesetzung bei der Elektro-Befischung (Foto: R. Bäumler)

Die Auswertung nach EG-WRRL erfolgte anhand der Gewässerdaten und der Befischungsergebnisse der Probestrecken (Gesamtindividuenzahl und 0+) mit dem fischbasierten Bewertungssystem für Fließgewässer (fiBS, Version 8.1.1, Standardmethode WRRL nach Dussling 2014a). Diese Version berücksichtigt den Einsatz sogenannter Dummies. (vgl. Dussling, U. 2009a). Es wurden die Arten Äsche (*Thymallus thymallus*), Bachforelle (*Salmo trutta forma fario*), Bachneunauge (*Lampetra planeri*), Barbe (*Barbus barbus*) Karpfen (*Cyprinus carpio*) und Schleie (*Tinca tinca*) als Dummies aufgenommen. Sie werden in den Fangstatistiken des FV Nürnberg aufgeführt und/oder seit Jahren als Besatzfische eingebracht, und/oder sind in den Nachweisen der FFB für die Elektrofischerei belegt. Die Längen der Befischungstreifen zwischen den Ufern wurden bei der Dateneingabe zu gleichen Teilen den Ufern zugeschlagen.

Der Beitrag zur Fischfauna orientierte sich an den Vorgaben des LUBW-Leitfadens „Gewässerbezogene Anforderungen an Abwassereinleitungen“ (LUBW 2015).

Darüber hinaus wurde versucht, die Datenlage durch frühere Untersuchungen und Erhebungen aufzuwerten. Zu diesem Zweck fanden verschiedene Gespräche und Ortstermine mit dem Fischereiberechtigten, dem AG und der Fischereifachberatung statt. Recherchen in der einschlägigen Fachliteratur und im Internet rundeten das Gesamtbild ab.



Abb. 22: Subadulter Aal (Foto: R. Bäumlner).

9.3 Ergebnisse zum Fischbestand des Untersuchungsgebietes

Im Zuge der E-Befischung wurden die limnologischen Standardparameter an beiden Probestellen aufgenommen. Wie Tab. 30 entnommen werden kann, lagen die Werte an beiden Probestellen im für diese Jahreszeit typischen Bereich und entsprachen den Anforderungen an den guten ökologischen Zustand nach OGewV (2016).

Tab. 30: Limnologische Standardparameter der Pegnitz am 22.09.2019

Probestelle	Temperatur	pH-Wert	elektr. Leitfähigkeit	O ₂ -Gehalt	O ₂ -Sättigung
PS 1_F	14,4 °C	8,3	600 µS/cm	10,4 mg/l	103,0 %
PS 2_F	14,9 °C	8,1	638 µS/cm	10,8 mg/l	104,0 %

9.3.1 Fischbestand bei Probestrecke PS 1_F

Insgesamt konnten 8 Arten der Referenzartenliste nachgewiesen werden (Tab. 31). Das Gesamtgewicht betrug 1,60 kg. Es dominierten Gründling, Laube und Rotaugen. Reproduktionsnachweise gelangen nur von der Art Laube (Abb. 23). Insgesamt fiel der Abschnitt mit sehr geringen Bestandsdichten und einer sehr geringen Diversität auf. Beide Faktoren spiegeln die starke anthropogene Überprägung des Gewässerabschnitts wider. Überwiegend wurden nur kleinere Fische gefangen. Die Altersstrukturen aller Arten lassen auf instabile Populationen schließen. Der Anteil von 0+ lag insgesamt bei 81,6 %. Es liegt folglich eine gestörte Altersstruktur und ein Reproduktionsdefizit bei fast allen Arten vor (Abb. 23).

Es fehlen geeignete Laich- und Aufwuchshabitate für alle Arten. Gut durchströmte Bereiche finden sich unterhalb der Rauen Rampe und im linken Gewässerarm. Vielfach hat sich das Sohlsubstrat verfestigt. Das Gewässer ist stark vorbelastet. Die Gewässermorphologie wird in geringem Umfang zusätzlich durch das Klärwerk beeinflusst, z.T. sind Wasserstandsschwankungen aufgrund des Anlagenbetriebes erkennbar. Teilweise haben sich Feinsedimente und Schlamm, aufgrund der geringen Schleppekraft, massiv abgelagert.

Tab. 31: Erfasste Fischarten an PS 1_F (ohne Altersklasse 0+) und Anteil am Gesamtfang

Fischart	Deutscher Name	Anzahl (n)	Anteil [%]
<i>Perca fluviatilis</i>	Flussbarsch	3	6,7
<i>Leuciscus cephalus</i>	Döbel, Aitel	3	6,7
<i>Gobio gobio</i>	Gründling	12	26,7
<i>Leuciscus leuciscus</i>	Hasel	7	15,6
<i>Chondrostoma nasus</i>	Nase	1	2,2
<i>Lota lota</i>	Rutte	1	2,2
<i>Rutilus rutilus</i>	Rotaugen, Plötze	8	17,8
<i>Alburnus alburnus</i>	Laube, Ukelei	10	22,2
Summe Individuen (ohne 0+)		45	100

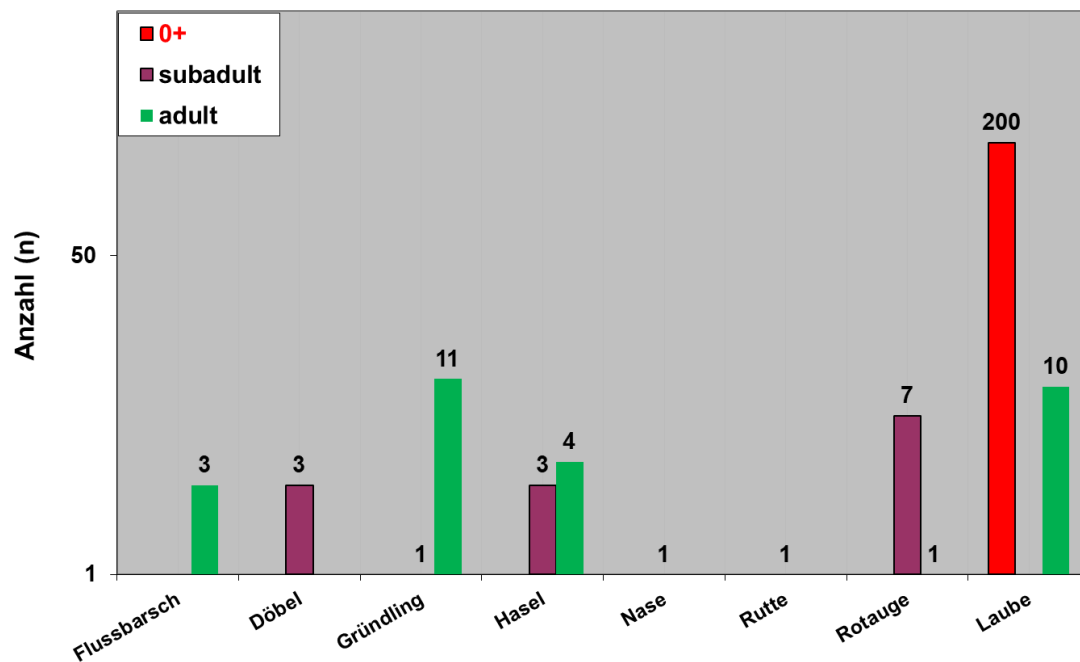


Abb. 23: Altersklassen-Häufigkeitsdarstellung mit Reproduktionsnachweis bei PS 1_F



Abb. 24: Nachweis der Rutte/Quappe (*Lota lota*) bei PS1_F. Diese nacht- und dämmerungsaktive Fischart bevorzugt kühle, klare und sauerstoffreiche Still- und Fließgewässer. Gewässerverschmutzung und Fragmentierung des Lebensraums durch Querverbauungen setzen dem Fisch stark zu (Foto: R. Bäumler).

9.3.2 Fischbestand bei Probestrecke PS 2_F

Insgesamt konnten 8 Arten der Referenzartenliste nachgewiesen werden. Das Gesamtfanggewicht betrug 15,30 kg. Der Großteil des Fanggewichts ist auf einen großen Hecht mit 10,8 kg zurückzuführen. Es dominierten Gründling und Rotauge. Reproduktionsnachweise wurden bei Rotauge und Schneider erbracht (Abb. 25). Im Gegensatz zu PS 1_F war ein deutlicher Anstieg der Individuenzahl der gefangenen Fische zu erkennen. Nur beim Rotauge lassen die Altersstrukturen auf stabile Populationen schließen. Der Anteil von 0+ lag insgesamt bei 82,3 %.

Es sind Defizite bei Laich- und Aufwuchshabitaten bei allen Arten, ausgenommen beim Rotauge sichtbar. Die Gewässermorphologie hat sich im Vergleich zu PS 1 verbessert. Das Sohlssubstrat ist locker und umlagerungsfähig. Teilweise haben sich Feinsedimente, aufgrund der geringen Schleppkraft, massiv abgelagert. Gut durchströmte Bereiche finden sich unterhalb der Sohlgleite.

Tab. 32: Erfasste Fischarten an PS 2_F (ohne Altersklasse 0+) und Anteil am Gesamtfang

Fischart	Deutscher Name	Anzahl (n)	Anteil [%]
<i>Anguilla anguilla</i>	Aal	6	7,0
<i>Leuciscus cephalus</i>	Döbel, Aitel	7	8,1
<i>Gobio gobio</i>	Gründling	39	45,3
<i>Leuciscus leuciscus</i>	Hasel	4	4,7
<i>Esox lucius</i>	Hecht	1	1,2
<i>Chondrostoma nasus</i>	Nase	1	1,2
<i>Rutilus rutilus</i>	Rotauge, Plötze	19	22,1
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Schneider	9	10,5
Summe Individuen (ohne 0+)		86	100

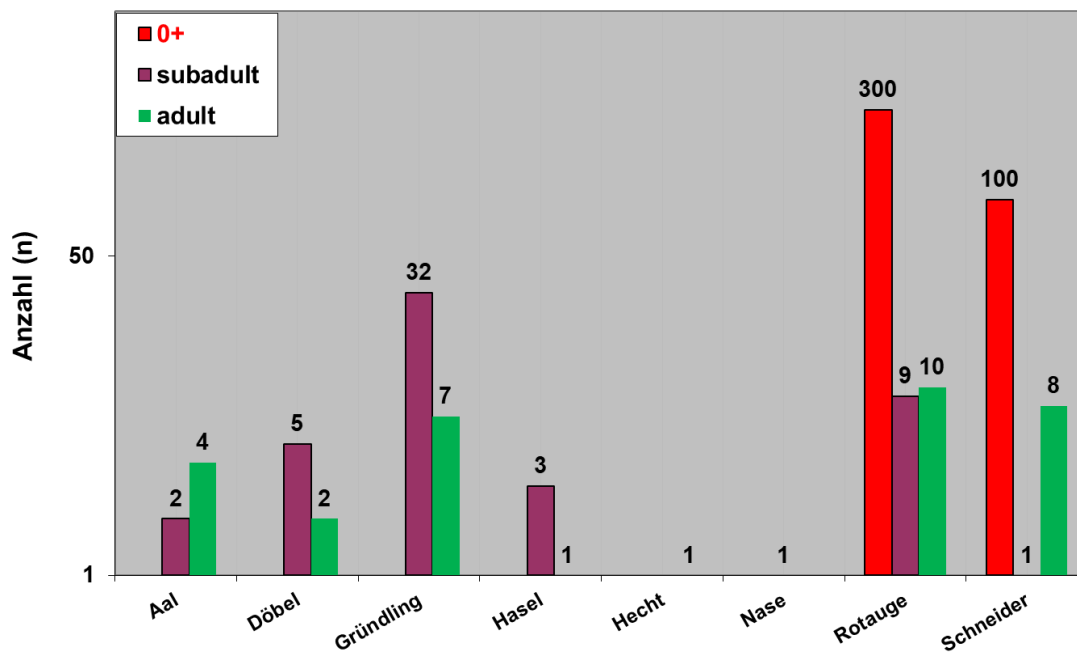


Abb. 25: Altersklassen-Häufigkeitsdarstellung mit Reproduktionsnachweis bei PS 2_F



Abb. 26: Nachweis des Hasels (*Leuciscus leuciscus*) bei PS 2_F. Der Hasel stellt nur geringe Anforderungen an seinen Lebensraum. Bevorzugt werden klare, beruhigte Fließgewässerstrecken mit kiesigem bis sandigem Grund (Foto: R. Bäumlner).

9.3.3 Gefährdungsstatus der Artnachweise bei PS 1_F und PS 2_F

Wie nachfolgende Tab. 33 aufzeigt, sind 36,4 % der nachgewiesenen Arten aus der Referenz-Fischartenzönose stark gefährdet, gefährdet oder stehen auf der Vorwarnliste (Bohl et al. 2003, Freyhof, J. 2009). Über die Verordnung zur Ausführung des Bayerischen Fischereigesetzes § 11 (Bayerische Staatskanzlei 2011) werden 5 Fischarten geschont, darunter mit Hecht und Rutte auch 2 Arten, die zusätzlich über die Vereinsbestimmungen des Fischereivereins (FV) Nürnberg e.V. geschont werden (Fischereiverein Nürnberg e.V. 2020a).

Trotz Neunaugennachsuche in den potentiellen Habitaten konnten keine Neunaugen nachgewiesen werden. Bei der Befischung wurden die Habitate mit der Elektrode bestrichen, wobei auf die Elektrode - sofern sich keine anderen Fische im Wirkungsbereich befanden - im Wechsel längere Zeit Strom und kein Strom („pulsen“) gegeben wurde. Neunaugen „laufen nach“, d.h. die Tiere zeigen eine verzögerte Galvanotaxis und kommen verzögert aus ihren Wohnhabitaten.

Tab. 33: Gefährdungsstatus sowie gesetzliche und vereinsinterne Fangbeschränkungen der Artnachweise für PS 1_F und PS 2_F

Gefährdungsstatus, gesetzliche und vereinsinterne Fangbeschränkungen						
Art	FFH-Anhang	RL Bay	RL D	AV BayFiG	FV Nürnberg	
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>		3	2	SM + SZ	
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>		ungefährdet	ungefährdet		
Döbel	<i>Squalius cephalus</i>		ungefährdet	ungefährdet		
Gründling	<i>Gobio gobio</i>		ungefährdet	ungefährdet		
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>		ungefährdet	ungefährdet		
Hecht	<i>Esox lucius</i>		ungefährdet	ungefährdet	SM + SZ	SZ
Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>		2	V	SM + SZ	
Rutte	<i>Lota lota</i>		2	V	SM	SM
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>		ungefährdet	ungefährdet		
Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>		2	V	ganzjährig	
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>		ungefährdet	ungefährdet		

Erläuterungen:
FFH-Anhang: Arten der Anhänge II und V der FFH-Richtlinie (92/93/EWG)
RL Bay: Rote Liste Bayern EZG Main (2 = stark gefährdet; 3 = gefährdet; V = Arten der Vorwarnliste)
RL D: Rote Liste Deutschland (2 = stark gefährdet; 3 = gefährdet; V = Arten der Vorwarnliste)
AV BayFiG: Verordnung zur Ausführung des Bayerischen Fischereigesetzes § 11
 (SM = Schonmaß; SZ = Schonzeit)

9.3.4 Auswertung der Fang- und Besatzlisten 2016 bis 2018

Der Fischereiverein Nürnberg e. V. zeichnet seit Jahrzehnten die Fänge in seinen Fischgewässern auf. Zu diesem Zweck werden Mitglieder und Gastangler angehalten, Jahresfangmeldungen zu führen und diese zur Auswertung vorzulegen oder online an den Verein zu versenden. In die Listen werden die Fänge mit Gewicht in kg sowie Gesamtgewicht pro Fischart erfasst und dem jeweiligen Gewässer zugeordnet. Darüber hinaus sind die Gewässerbesuche zu vermerken. Die Auswertung erfolgt nach Gewässer, Gewicht in kg pro Fischart und die Gewässerbesuche. Die Mitglieder werden über die Auswertungen im Jahresrückblick (Fischereiverein Nürnberg e.V. 2020b) informiert.

Der Verein bewirtschaftet verschiedene Streckenabschnitte der Pegnitz mit einer Länge von insgesamt 13 km. Die untere Grenze ist die Stadtgrenze. Führt. Nürnberg Behringersdorf markiert die

obere Grenze. Der Untersuchungsbereich, die WRRL-Referenzstrecke und der Pegel Nürnberg Lederersteg liegen im Streckenabschnitt unterhalb Wöhrder See (obere Grenze) und Stadtgrenze Führt (untere Grenze) (Fischereiverein Nürnberg e.V. 2020c).

Die Jahresauswertungen von 2016 bis 2018 sowie Besatzdaten von 2016 bis 2018 wurden vom Verein für die Auswertung zur Verfügung gestellt.

Dominierende Arten aus den Jahresauswertungen (Gesamtfanggewicht in kg):

Im Jahr **2016**: Bachforelle mit 40,6 Prozent, Karpfen (25,5) und Hecht (15,2) bei einem Gesamtfang in Höhe von 1.868,1 kg

Im Jahr **2017**: Bachforelle (59,7), Karpfen (20,7) und Hecht (7,5) bei einem Gesamtfang in Höhe von 2.135,9 kg

Im Jahr **2018**: Bachforelle (39,7), Karpfen (36,1) und Hecht (11,4) bei einem Gesamtfang in Höhe von 1.695,2 kg

Die letzten drei Jahre wurden Bachforelle, Barbe, Karpfen, Rutte und Zander besetzt. Bei Bedarf kann eine differenzierte Auswertung des Datenmaterials für eine weitere Begutachtung einbezogen werden. Eine entsprechende Auflistung der in den Fanglisten enthaltenden Arten und die Besatzarten findet sich in Tab. 34. Die Angelfischerei ist eine sehr selektive Methode des Fischfangs, weil Gerät und Köder auf die zu befischende(n) Fischart(en) abgestimmt sind. Darüber hinaus werden natürlich die attraktive(n) Fischart(en) in den Statistiken quantitativ stärker erfasst. Trotzdem liefern Fangstatistiken, wenn sie kontinuierlich über Jahre geführt werden, wichtige Hinweise auf die Zusammensetzung der Fischzönose, zeigen Arten- und deren Abundanzverschiebungen an.



Abb. 27: Bachforelle (*Salmo trutta*) lebt als Leitfischart der Forellenregion in klaren, kühlen und sauerstoffreichen Bächen und Flüssen sowie in Bergseen.

9.3.5 Elektrofischungen Fischereifachberatung (FFB) Bezirk Mittelfranken

Die Fischereifachberatung des Bezirk Mittelfranken (FFB) hat neben dem WRRL-Monitoring auch andere Elektrofischungen durchgeführt. Es wurde eine Liste der Arten zur Verfügung gestellt, die in der Pegnitz im Streckenabschnitt unterhalb des Wehres Wöhrder See bis Zusammenfluss mit der Rednitz nachgewiesen wurden.

Mit Stand 17.09.2019 wurden zusätzlich zum WRRL-Monitoring folgende Arten nachgewiesen (Tab. 34): Äsche, Brachse, Giebel, Nase, Rotfeder, Schleie, Sonnenbarsch und Zander.

9.3.6 Gesamtübersicht Fischbestand

Nachfolgende Tab. 34 gibt einen Überblick über das festgestellte Fischarteninventar infolge unterschiedlicher Erhebungen in der Teilstrecke des Untersuchungsabschnittes für KW 2. Insgesamt wurden im Zeitraum von 2016 bis 2019 30 verschiedene Fischarten, darunter 23 der Referenzzönose nachgewiesen.

Tab. 34: Gesamtübersicht der Arten der Referenz-Fischzönose (Referenz-AL = Referenz-Artenliste) und der im Untersuchungsgebiet nachgewiesenen Arten, geordnet nach Jahren und Art der Bestandserhebung. PS 1-2 gibt die gepoolten Nachweise der beiden Probestellen an.)

Gesamtübersicht der Arten für KW 2		Referenz-AL	Probenahme 2019			Auswertung Fanglisten			Besatz			E-Fischen WRRL			E-Fischen Stand 17.09.2019	Nachgewiesene Arten
			2019			Fanglisten			Besatz			E-Fischen WRRL			14	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Art	Referenz	PS 1	PS 2	PS 1-2	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2018	2019	2019		
1 Aal	x		x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	
2 Aland, Nerfling	x															
3 Äsche	x				x	x								x	x	
4 Bachforelle	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
5 Bachneunauge	x										x	x	x	x	x	
6 Barbe	x				x	x	x	x	x	x			x	x	x	
7 Barsch, Flussbarsch	x	x		x							x	x	x	x	x	
8 Bitterling											x				x	
9 Blaubandbärbling											x			x	x	
10 Brachse														x	x	
11 Döbel, Aitel	x	x	x	x							x	x	x	x	x	
12 Dreist. Stichling (Binnenf.)	x											x		x	x	
13 Elritze	x															
14 Giebel	x													x	x	
15 Groppe, Mühlkoppe	x										x			x	x	
16 Gründling	x	x	x	x							x	x	x	x	x	
17 Hasel	x	x	x	x							x	x	x	x	x	
18 Hecht	x		x	x	x	x	x				x	x		x	x	
19 Karausche	x															
20 Karpfen	x				x	x	x	x	x	x		x		x	x	
21 Kaulbarsch	x										x				x	
22 Nase	x	x	x	x										x	x	
23 Quappe, Rutte	x	x		x				x	x	x		x		x	x	
24 Regenbogenforelle					x	x	x								x	
25 Rotauge, Plötze	x	x	x	x							x	x	x	x	x	
26 Rotfeder	x													x	x	
27 Schlammpeitzger	x															
28 Schleie	x				x	x	x							x	x	
29 Schmerle	x											x		x	x	
30 Schneider	x		x	x							x	x	x	x	x	
31 Sonnenbarsch														x	x	
32 Steinbeißer	x															
33 Ukelei, Laube	x	x		x							x	x	x	x	x	
34 Wels						x									x	
35 Zander					x	x	x	x	x	x				x	x	
Anzahl Arten = 35	28	8	8	11	9	10	8	5	5	5	16	15	11	26	30	
davon Referenzarten	28	8	8	11	7	7	6	4	4	4	14	15	11	22	23	
<i>weitere Arten:</i>					ohne											
37 Graskarpfen														x	x	
38 Kesslergrundel														x	x	
39 Marmorierte Grundel														x	x	
40 Nackthalsgrundel														x	x	
41 Schwarzmundgrundel														x	x	
42 Kamberkrebs														x	x	

9.4 Bewertung der QK Fische nach der Wasserrahmenrichtlinie

Das fischereiliche Probenahmeverfahren (Monitoring) nach EG-WRRL empfiehlt aus fischereifachlicher Sicht innerhalb des Berichtszeitraumes von 6 Jahren mindestens drei Einzelbefischungen pro Probestrecke, die gepoolt bewertet werden. Für die Untersuchung der Fischfauna wurde eine einmalige Herbstbefischung an den Probestrecken von den Verantwortlichen als ausreichend erachtet.

Da es sich um einen anthropogen überformten Untersuchungsbereich handelt und der gesamte FWK durch den Zentrumsbereich von Nürnberg und Fürth fließt, muss die Vorbelastung für eine repräsentative Einschätzung abgebildet werden. Deshalb wurden die Ergebnisse der WRRL-Monitoringstrecke (FWK 2_F037) in die Untersuchungen als eigene Teilstrecke einbezogen (gepoolt), um die Auswirkungen durch die Einleitungen von KW 2 abschätzen zu können.

Eine ausführliche Ergebnisdarstellung ist dem Fachbeitrag Fischerei für das Klärwerk 2 im Anhang I zu entnehmen. Im Folgenden wird eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse gegeben.

9.4.1 Vergleich der Ergebnisse von PS 1_F und PS 2_F (gepoolt) sowie der WRRL-Referenzstrecke zur Referenz-Fischzönose

In der nachfolgenden Tab. 35 werden die prozentualen Anteile der Arten aus der **Referenz-Fischzönose mit dem Fang der Strecken PS 1_F und 2_F** (gepoolt, mit Dummies) verglichen.

Tab. 35: Vergleich Referenz-Fischzönose mit Gesamtfängen von PS 1+2 (gepoolt, mit Dummies)

Pegnitz, Referenz Code 276 PS 1+2 für KW 2		Referenz-Fischzönose	Nachgewiesene Arten	Nachgewiesene Arten
Art		Anteil [%]	Anteil [%]	[n]
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>	0,1	0,8	6
Aland, Nerfling	<i>Leuciscus idus</i>	0,1		
Giebel	<i>Carassius gibelio</i>	0,1		
Karassche	<i>Carassius carassius</i>	0,1		
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	0,1	0,1	1
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	0,1		
Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0,1		
Schlammpeitzger	<i>Misgurnus fossilis</i>	0,1		
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	0,1	0,1	1
Steinbeißer	<i>Cobitis taenia</i>	0,1		
Barsch, Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	0,3	0,4	3
Quappe, Rutte	<i>Lota lota</i>	0,5	0,1	1
Ukelei, Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	0,5	28,5	210
Dreist. Stichling (Binnenform)	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0,9		
Rotauge, Plötze	<i>Rutilus rutilus</i>	1,0	44,4	327
Bachneunauge	<i>Lampetra planeri</i>	1,5	0,1	1
Hecht	<i>Esox lucius</i>	2,0	0,1	1
Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>	3,0		
Schmerle	<i>Barbatula barbatula</i>	4,9		
Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	4,9	14,8	109
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	5,0	6,9	51
Groppe, Mühlkoppe	<i>Cottus gobio</i>	8,0		
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	8,0	1,5	11
Döbel, Aitel	<i>Leuciscus cephalus</i>	8,5	1,4	10
Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	10,0	0,1	1
Bachforelle	<i>Salmo trutta, Fließgewässerform</i>	10,0	0,1	1
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	15,0	0,1	1
Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>	15,0	0,3	2
Gesamt:		100,0	100,0	737
			<i>davon Dummies</i>	
Referenzarten [n]		28	17	6
Leitarten [n]	(Anteil ≥ 5 %)	8	6	3
Typspezifische Arten [n]	(Anteil ≥ 1 %)	14	10	4
Begleitarten [n]	(Anteil < 1 %)	14	6	2

Insgesamt wurden bei PS 1_F und PS 2_F 17 von 28 Referenz-Fischarten (6 davon als Dummies) und keine referenzfremde Art nachgewiesen.

Es konnten 11 der 14 typspezifischen Arten der Referenz nachgewiesen werden. Es fehlen die Kleinfischarten Elritze (*Phoxinus phoxinus*), Schmerle (*Barbatula barbatula*) und Koppe (*Cottus gobio*), die hohe Habitansprüche (flache, klare und sauerstoffreiche Gewässern mit viel Strömung und kiesigen Untergründen) an ihren Lebensraum stellen. Die Arten Äsche (*Thymallus thymallus*) und Bachforelle (*Salmo trutta forma fario*), wurden als Dummies nachgewiesen.

Von den Begleitarten der Referenz (n = 14) fehlten die Nachweise von 8 Arten: Nerfling (*Leuciscus idus*), Giebel (*Carassius gibelio*), Karausche (*Carassius carassius*), Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus*), Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*), Schlammpeitzger (*Misgurnus fossilis*), Steinbeißer (*Cobitis taenia*) und Dreistachliger Stichling (*Gasterosteus aculeatus*). Bei diesen Arten handelt es sich bis auf den Nerfling und Steinbeißer um stillwasserliebende Arten. Die Arten Karpfen (*Cyprinus carpio*) und Schleie (*Tinca tinca*) wurde als Dummies nachgewiesen.

Dominiert wurde das Arteninventar von Rotaugen (44,7 %), Laube (28,7 %) und Schneider (14,9 %), die zusammen 88,3 % der nachgewiesenen Individuenzahl (n = 731 ohne Dummies) ausmachen, was auf die hohen Anteile von 0+ (Rotaugen 50,0 %, Laube 33,3 und Schneider 16,7 %) der einzelnen Arten zurückzuführen ist. Der Anteil von 0+ am Gesamtfang betrug bei n = 731 insgesamt 82,1 %.

Mit einem Gesamtfang von 737 Individuen (mit Dummies) wurde der für die Bewertung mit fiBS empfohlene Richtwert zur Mindestindividuenzahl (30-faches der Artenzahl der Referenz-Fischzönose = 840 Individuen) bei den summierten Fängen von PS 1_F und PS 2_F verfehlt. Der Richtwert für eine kumuliert zu befischende Gesamtstrecke (100fache Gewässerbreite = 1.700 m) wurde ebenfalls mit 1.450 m verfehlt.

In der nachfolgenden Tab. 36 werden die prozentualen Anteile der Arten aus der **Referenz-Fischzönose mit den Fängen der WRRL-Monitoringstrecke** (es wurden keine Dummies durch die FFB aufgenommen) der Jahre 2016-2019 verglichen.

Insgesamt wurden bei der WRRL-Monitoringstrecke von 2016-2019 18 von 28 Referenzarten und keine referenzfremde Art nachgewiesen.

Es konnten 11 der 14 typspezifischen Arten der Referenz nachgewiesen werden. Es fehlen die Kleinfischart Elritze (*Phoxinus phoxinus*) und die Arten Äsche (*Thymallus thymallus*) und Nase (*Chondrostoma nasus*), die hohe Habitansprüche (flache, klare und sauerstoffreiche Gewässern mit viel Strömung und kiesigen Untergründen) an ihren Lebensraum stellen (Score 1).

Von den Begleitarten der Referenz (n = 14) fehlten die Nachweise von 7 Arten: Nerfling (*Leuciscus idus*), Giebel (*Carassius gibelio*), Karausche (*Carassius carassius*), Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*), Schlammpeitzger (*Misgurnus fossilis*) Schleie (*Tinca tinca*) und Steinbeißer (*Cobitis taenia*). Bei diesen Arten handelt es sich bis auf den Nerfling, Giebel und Steinbeißer um stillwasserliebende Arten (Score 3).

Dominiert wurde das Arteninventar von Rotaugen (56,7 %), daneben von Laube (11,5 %) und Schneider (8,1 %), die zusammen 76,3 % der nachgewiesenen Individuenzahl (n = 651 keine Dummies erhoben) ausmachen.

Mit einem Gesamtfang von 653 Individuen wurde der für die Bewertung mit fiBS empfohlene Richtwert zur Mindestindividuenzahl (30-faches der Artenzahl der Referenz-Fischzönose = 840 Individuen) verfehlt. Der Richtwert für eine kumuliert zu befischende Gesamtstrecke (100fache Gewässerbreite = 1.700 m) wurde mit 2.700 m eingehalten.

Tab. 36: Vergleich Referenz-Fischzönose mit Gesamtfängen der WRRL-Monitoringstrecke 2016-2019

Pegnitz, Referenz Code 276 Monitoringstrecke für KW 2 (Vorbelastung)		Referenz- Fischzönose Anteil [%]	Nachgewiesene Arten Anteil [%]	Nachgewiesene Arten [n]
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>	0,1	1,4	9
Aland, Nerfling	<i>Leuciscus idus</i>	0,1		
Giebel	<i>Carassius gibelio</i>	0,1		
Karassche	<i>Carassius carassius</i>	0,1		
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	0,1	0,2	1
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	0,1	0,2	1
Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0,1		
Schlammpeitzger	<i>Misgurnus fossilis</i>	0,1		
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	0,1		
Steinbeißer	<i>Cobitis taenia</i>	0,1		
Barsch, Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	0,3	2,0	13
Quappe, Rutte	<i>Lota lota</i>	0,5	0,2	1
Ukelei, Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	0,5	11,5	75
Dreist. Stichling (Binnenform)	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0,9	0,2	1
Rotauge, Plötze	<i>Rutilus rutilus</i>	1,0	56,7	369
Bachneunauge	<i>Lampetra planeri</i>	1,5	1,2	8
Hecht	<i>Esox lucius</i>	2,0	0,6	4
Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>	3,0		
Schmerle	<i>Barbatula barbatula</i>	4,9	0,2	1
Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	4,9	8,1	53
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	5,0	1,5	10
Groppe, Mühlkoppe	<i>Cottus gobio</i>	8,0	0,2	1
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	8,0	6,1	40
Döbel, Aitel	<i>Leuciscus cephalus</i>	8,5	3,2	21
Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	10,0		
Bachforelle	<i>Salmo trutta, Fließgewässerform</i>	10,0	1,4	9
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	15,0	5,2	34
Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>	15,0		
Gesamt:		100,0	100,0	651

Referenzarten [n]		28	18	davon Dummies
Leitarten [n]	(Anteil > 5 %)	8	6	keine
Typspezifische Arten [n]	(Anteil >= 1 %)	14	11	durch
Begleitarten [n]	(Anteil < 1 %)	14	7	FFB
				erhoben

9.4.2 Ökologische Zustandsklasse anhand der Qualitätsmerkmale

Nachfolgend wird die vorgefundene Fischartenzönose bezüglich der sechs Qualitätsmerkmale für die Teilstrecken PS 1_F + PS 2_F und die WRRL-Monitoringstrecke betrachtet, zum Vergleich sind die Werte der Referenz-Fischzönose mit abgebildet (Tab. 37).

Tab. 37: Vergleich der Qualitätsmerkmale und Werte der Referenz mit der Teilstrecke PS 1_F + 2_F und der WRRL-Monitoringstrecke

Qualitätsmerkmale und Parameter PS 1+2	Referenz	nachgew. fiBS PS 1+2	Score fiBS PS 1+2	nachgew. fiBS Monitoringstr.	Score fiBS Monitoringstr.
1 Arten- und Gildeninventar:			3,33		3,00
a) Anzahl typspezifische Arten	14	11	1	11	1
b) Anzahl Begleitarten:	14	6	3	7	3
c) Anzahl anadrome u. potamodrome Arten:	2	2	5	1	3
d) Anzahl Habitatgilden:	2	2	5	2	5
e) Anzahl Reproduktionsgilden:	5	4	1	5	5
f) Anzahl Trophiegilden:	6	6	5	5	5
2 Artenabundanz und Gildenverteilung:			1,35		1,35
a) Abundanz der Leitarten:					
1. Äsche	0,100	0,001	1	0,000	1
2. Bachforelle	0,100	0,001	1	0,014	1
3. Barbe	0,150	0,001	1	0,052	1
4. Döbel, Aitel	0,085	0,140	1	0,032	1
5. Groppe, Mühlkoppe	0,080	0,000	1	0,002	1
6. Gründling	0,050	0,069	3	0,015	3
7. Hasel	0,080	0,015	1	0,061	1
8. Nase	0,150	0,003	1	0,000	1
b) Barsch/Rotaugen-Abundanz:	0,013	0,448	1	0,585	1
c) Gildenverteilung:					
I) Habitatgilden:					
Rheophile:	0,945	0,255	1	0,273	1
Stagnophile:	0,004	0,001	3	0,000	1
II) Reproduktionsgilden:					
Lithophile:	0,759	0,185	1	0,253	3
Psammophile:	0,099	0,069	3	0,017	3
Phytophile:	0,035	0,004	1	0,009	1
III) Trophiegilden:					
Invertivore:	0,511	0,220	1	0,153	3
Omnivore:	0,195	0,760	1	0,779	1
Piscovore:	0,020	0,001	1	0,006	1
3 Alterstruktur (Reproduktion):			1,00		1,00
1. Äsche	> 0,300	0,000	1	0,000	1
2. Bachforelle	> 0,300	0,000	1	0,000	1
3. Barbe	> 0,300	0,000	1	0,000	1
4. Döbel, Aitel	> 0,300	0,000	1	0,000	1
5. Groppe, Mühlkoppe	> 0,300	0,000	1	0,000	1
6. Gründling	> 0,300	0,000	1	0,000	1
7. Hasel	> 0,300	0,000	1	0,000	1
8. Nase	> 0,300	0,000	1	0,000	1
4 Migration MI: (ohne Aal)	1,626	1,012	1,00	1,121	1,00
5 Fischregion FRI _{ges} :	5,45	6,27	1,00	6,31	1,00
6 Dominante Arten			1,00		1,00
a) LAI	1	0,125	1	0,250	1
b) CDI	entfällt	0,729	1	0,680	1
Gesamtbewertung:	Gesamt-Individuenzahl (n):	737	1,67	653	1,59
Ökologischer Zustand:	Gesamt-Individuendichte (n/ha):	1.694	unbefriedigend	142	unbefriedigend
EQR:	Gesamt-Streckenlänge (m):	1.450	0,17	2.700	0,15

Abkürzungen: MI = Migrationsindex, FRI_{ges} = Fischregion-Gesamtindex, LAI = Leitartenindex, CDI = Community Dominance Index, EQR = Ecological Quality Ration

Ökologische Zustandsklassen von PS 1_F + PS 2_F und von der WRRL-Monitoringstelle

Die Gesamtbewertung aller sechs fischökologischer Qualitätsmerkmale ergab für die Strecke PS 1_F und PS 2_F (gepoolt) einen **unbefriedigenden ökologischen Zustand (Score = 1,67)**.

Auch für die WRRL-Referenzstrecke ergab sich infolge eines geringfügig niedrigeren **Scores von 1,59 ein unbefriedigender ökologischer Zustand**.

Anmerkung:

Die aktuelle Gesamtbewertung der WRRL-Monitoringstrecke für die Fischfauna (Datenstand Dezember 2020, unveröffentlicht) fällt gegenüber der früheren Gesamtbewertung (Stand 2015) um eine Klasse schlechter aus (Abfall von „mäßig“ auf „unbefriedigend“). Die frühere Gesamtbewertung findet sich im offiziellen Steckbrief des FWK 2_F037 (LfU 2015a). Für den vorliegenden Bericht wurde die neue Gesamtbewertung verwendet.

Ökologische Zustandsklasse gesamtes Untersuchungsgebiet

Die ökologische Zustandsklasse des gesamten Untersuchungsabschnittes, bestehend aus WRRL-Referenzstrecke (FWK 2_F037), PS 1_F und PS 2_F errechnet sich aus den jeweiligen Anteilen der Teilstrecken gemäß Dussling, U. (2009b):

„Grundvoraussetzung für eine sachgerechte Bewertung längerer Fließgewässerabschnitte ist, dass durch die Festlegung der Probestrecken sämtliche Hauptbeeinträchtigungen des Gewässers repräsentativ erfasst werden. Eine Detailbetrachtung ist hierbei weniger ratsam, da heutige Fließgewässer gewöhnlich einer Vielzahl höchst unterschiedlicher Belastungen unterliegen, die nicht alle durch Einzelprobestrecken abgedeckt werden können.

Zudem integrieren Fische wie keine andere biologische Qualitätskomponente Gewässerbelastungen über Raum und Zeit, zum Teil sogar gewässerübergreifend. Deshalb ist auch bei der Wahl von Probestrecken eine eher integrierende Sichtweise angezeigt, indem größere Abschnitte mit vergleichbarer Gesamtbelastung identifiziert und mit jeweils einer repräsentativen Probestrecke belegt werden. Zur Gesamtbewertung eines mit mehreren Probestrecken versehenen Fließgewässerabschnitts wird aus den jeweiligen Bewertungsergebnissen ein gewichtetes Gesamtmittel berechnet. Die Gewichtung entspricht hierbei den Streckenanteilen, für die jede einzelne Probestelle repräsentativ ausgewählt wurde.“

- Gewässerlänge der Teilstrecke PS 1_F + PS 2_F = 680 m → Anteil 43 % = 0,43
Ökologische Zustandsklasse Teilstrecke PS 1+2 = **1,67 (unbefriedigend)**
- Gewässerlänge der Teilstrecke WRRL-Monitoringstrecke = 900 m → Anteil 57 % = 0,57
Ökologische Zustandsklasse Teilstrecke Monitoringstrecke = **1,59 (unbefriedigend)**
- **Bewertung des Gesamtabschnitts** = gewichtetes Gesamtmittel:
Ökologische Zustandsklasse = $(0,43 \times 1,67) + (0,57 \times 1,59) = \mathbf{1,62 (unbefriedigend)}$

Ergänzend seien im folgenden auch die Einzelergebnisse aller Probestellen (inklusive der flussab liegenden Strecken, die im Gutachten zu KW 1 (ÖKON 2020) näher beleuchtet werden, dargestellt:

Die Bewertungsergebnisse der einzelnen Probestellen nach Wasserrahmenrichtlinie (fiBS) sind in Tab. 26 dargestellt. Zwischen der WRRL-Monitoringstrecke (Probestelle 2_F044_17984 zwischen Großweidenmühlsteg und Kettensteg), PS 1_F und PS 2_F ergaben sich in der Gesamtbewertung des ökologischen Zustands kaum Unterschiede (Score zwischen 1,56 und 1,59). Für alle drei Strecken wurde ein „unbefriedigender Zustand“ hinsichtlich der Fischfauna ermittelt. Zusätzlich sind die Ergebnisse der Probestellen PS 3_F und PS 4_F, die sich flussab des Untersuchungsgebietes befinden und im Rahmen des Gutachtens zu KW 1 ausführlich diskutiert werden, dargestellt.

Die einzelnen Gesamtbewertungen verdeutlichen, dass sich die Werte stromab verbessern und sich der nächsten Zustandsklasse („mäßig“) annähern. Diese wird ab PS 4_F erreicht. Die Aussage wird durch die fiBS-Bewertung beim Qualitätsmerkmal „Fischfauna“ des anschließenden FWK 2_F044 „Regnitz vom Zusammenfluss von Rednitz und Pegnitz bis Zusammenfluss mit Main-Donau-Kanal“ bekräftigt. Der Wert der Gesamtbewertung beträgt 2,44 und indiziert einen mäßigen ökologischen Zustand (Schubert, M. 2019b).

Abb. 28: Übersicht der fiBS-Ergebnisse an den Probestellen PS 1_F bis PS4_F sowie an den WRRL-Monitoring-Strecken oberhalb (FWK 2_F037 Pegnitz) und unterhalb (FWK 2_F044 Regnitz) des Untersuchungsgebietes

fiBS: Vergleich der PS		FWK 2_F037 Pegnitz: Monitoring-Meßstelle 276						FWK 2_F044 Regnitz: Monitoring-Meßstelle 280	
Nr. der	Qualitätskomponente	Referenz	Monitor.-strecke	PS 1	PS 2	PS 3	PS 4	Referenz	Monitoring-strecke
1	Arten- und Gildeninventar (Score):		3,00	2,67	3,00	2,33	3,00		2,67
2	Artenabundanz und Gildenverteilung (Score):		1,35	1,59	1,35	1,94	1,47		1,94
3	Altersstruktur (Reproduktion) (Score):		1,00	1,00	1,00	1,50	2,75		2,50
4	Migration (Score):		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00
	Migrationsindex, MI (ohne Aal):	1,626	1,121	1,028	1,010	1,077	1,031	1,530	1,033
5	Fischregion (Score):		1,00	1,00	1,00	3,00	3,00		5,00
	Fischregions-Gesamtindex, FRI ges:	5,45	6,31	6,51	6,14	5,75	5,94	6,19	6,32
6	Dominante Arten (Score):		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		2,00
	Gesamtbewertung		1,59	1,56	1,59	1,86	2,22		2,44
	Ökologischer Zustand		unbefriedigend	unbefriedigend	unbefriedigend	unbefriedigend	mäßig		mäßig
Gewässerdaten	Gesamt-Individuenzahl (n):		653	251	492	899	891		915
	Gesamt-Individuendichte (n/ha):		142	1.116	2.343	4.281	4.125		500
	Entlang der Ufer beprobte Strecken (m):		0	750	700	700	720		6.100
	Über die gesamte Breite beprobte Strecken (m):		2.700	0	0	0	0		0
	Breite (m):		17	17	17	17	17		40

9.5 Diskussion der Ergebnisse der QK Fische und Maßnahmenvorschläge

Aus den Ergebnissen der Erhebung der Fischfauna geht hervor, dass die Einleitungswässer von KW 2 offenbar keine Verschlechterung in der ökologischen Zustandsbewertung beim Qualitätsmerkmal „Fischfauna“ des FWK 2_F037 „Pegnitz von Nürnberg-Kettensteg bis Zusammenfluss mit Rednitz“ bewirken.

Das nachgewiesene Fischinventar in der WRRL-Monitoringstrecke, die etwa 1,5 km stromauf von PS 1_F liegt, zeigt bereits deutliche Unterschiede zur Referenzzönose insbesondere bei den Leit-

arten (Zielarten) auf. Der ökologische Zustand ist unbefriedigend. Weiter flussab im Untersuchungsbereich um die Einleitstelle von KW 2 ergibt sich ebenso ein unbefriedigender Zustand mit einem geringfügig höheren Bewertungsergebnis (PS 1_F + PS 2_F).

Im Rahmen der Befischungen zu KW 1 (ÖKON 2020) konnte gezeigt werden, dass sich das Bewertungsergebnis der Fischfauna flussab weiter verbessert und ab PS 4_F in einem mäßigen Bereich liegt, der sich auch im Ergebnis der WRRL-Monitoringstelle an der Regnitz (FWK- 2_F044) nach Zusammenfluss von Rednitz und Pegnitz widerspiegelt. Die Werte für PS 4_F und FWK 2_F044 liegen nahe an der ökologischen Klassifizierung für einen guten Zustand (Wertebereich > 2,50 – 3,75).

Eine signifikante Auswirkung der Einleitung durch KW 2 ist folglich nicht erkennbar. Es sei angemerkt, dass die Einleitung nicht isoliert betrachtet werden sollte, da sich die zeitliche oder räumliche Überlagerung weiterer Belastungen in der Summationswirkung kumulierend auswirkt. Insofern gilt für die Gesamtbeurteilung:

- Die Vorschädigung darf sich nicht vergrößern
- Die Qualität aller Einleitungen darf sich nicht verschlechtern (Wasserqualität)
- Es dürfen keine weiteren Eingriffe in das Fließgewässerkontinuum erfolgen, die eine Verschlechterung der Gewässer- und Auestruktur bewirken.

In chemischer Hinsicht, zeigten sich im Untersuchungsgebiet mittlere Ammoniak-N-Konzentrationen von 0,003 mg/l ober- und unterhalb der Einleitung von KW 2 (s. Kapitel 6.2.2). Gemäß OGewV ist folglich von einer chronischen Dauerbelastung der Gewässerorganismen, insbesondere der Fische auszugehen. Kurzfristig lagen auch deutlich höhere Konzentrationen vor. Eine Reduktion von Ammonium-N, aus welchem letztendlich Ammoniak-N entsteht, sollte bereits oberhalb der Einleitung von KW 2 angestrebt werden, um der Zielerreichung des guten ökologischen Zustands hinsichtlich der QK Fische auf Grund einer erhöhten Ammoniak-N-Konzentration in Zukunft nicht im Wege zu stehen.

Die niedrigen Abundanzen fast aller Leitarten, hohe Abundanzen der Ubiquisten und die Reproduktionsdefizite der rheophilen und stagnophilen Arten sowie der hohe Anteil der Kurzstreckenwanderer haben folgende Ursachen:

- Störung der Durchgängigkeit durch Querbauwerke
- Staugeprägte Abschnitte infolge der Querbauwerke
- Auswirkungen von Einleitungen aus Klärwerken
- Verlust und/oder Beeinträchtigung von Laich- und Aufwuchshabitaten für strömungsliebende Arten durch Einschwemmungen aus dem Umland
- Lückenhafter Gehölzsaum
- Verlust der Aue aufgrund des Siedlungsdrucks
- Fehlende und/oder verlandete Altgewässer
- Eingeschränkte Eigenentwicklung des Gewässers aufgrund des Siedlungsdrucks

Es ist daher dringend angezeigt, strukturelle Maßnahmen zur Zielerreichung des guten Zustands nach EU-WRRL umzusetzen. Auf Grund der großen Habitatvielfalt würde dieser Flusstyp im naturnahen Zustand eine artenreiche Fischzönose des Epipotamals, die abhängig vom jeweiligen Ge-

wässer von hyporhithralen und metapotamalen Elementen begleitet werden kann, beherbergen. Typische Arten des Hauptgerinnes (Cyprinidengeprägtes Gewässer des Rhithrals) sind die Fluss-Cypriniden, wie Barbe, Döbel, Hasel, Nase (nicht überall) und den regional verbreiteten Schneider, aber auch Arten, wie Gründling oder Rotaugen. Die in der Regel breite Flussaue mit zahlreichen Auegewässern und Nebengerinnen ermöglicht zudem das Auftreten typischer Auearten, wie z. B. Rotfeder, Schleie oder Schlammpeitzger. Wanderfische, wie z. B. der Lachs können auftreten (vgl. Pottgiesser, T. 2018).

Maßnahmenvorschläge

Fische reagieren sehr schnell auf Veränderungen des Gewässerkontinuums und sie stehen mit den anderen Qualitätskomponenten in direkter Beziehung. Eine Annäherung der Fischfauna an die Referenz lässt sich oft durch Maßnahmen, die im Rahmen der Gewässerunterhaltung durchgeführt werden können, erreichen. Es werden folgende Maßnahmenvorschläge gemacht. Detaillierte Erläuterungen hierzu finden sich in Bäumler (2020) im Anhang I:

- **Flussraumkonzept**

Ein Flussraumkonzept (FRK) bietet ein optimales Instrument, um verschiedene Planungen und Vorhaben zusammenzuführen ohne in die jeweiligen Planungshoheiten der einzelnen Disziplinen einzugreifen. Die Beteiligung der Öffentlichkeit in einem frühen Stadium schafft Vertrauen, bindet die Menschen ein und erhöht die Bereitschaft für ein Engagement gegenüber „ihrer“ Stadt. Gemäß Hr. Bäumler haben Erfahrungen in Regensburg gezeigt, dass sich kompetente Ansprechpartner herauskristalisieren, die z.B. als Vertreter der einzelnen Interessengruppen bei Besprechungsterminen mit Vertretern der Stadt (Umweltamt und SUN), der Ämter und der Planungsbüros tragfähige Vorschläge erarbeiten und eine weitgehend konfliktfreie Umsetzung garantieren.

Für die Städte Nürnberg und Fürth empfiehlt Hr. Bäumler ein gemeinsames Flussraumkonzept nach dem Muster von Regensburg. Seit Jahren sind Flussraumkonzepte für größere Städte, die von Flüssen und Wasserschiffahrtsstraßen durchflossen werden ein zentrales Anliegen der entsprechenden Flussallianzen. Verschiedene Fachplanungen zeigen zwar Parallelen zu einem FRK aber sie reichen nicht aus, um diesem gerecht zu werden. Deshalb sollten sich alle Akteure an einem „Runden Tisch“ zusammenfinden, um ein FRK ins Leben zu rufen. Hr. Bäumler gibt an, dass hierzu die Donau-Naab-Regen-Allianz (DoNaReA) Unterstützung leisten könnte.

- **Maßnahmenprogramm und Umsetzungskonzepte nach EU-WRRL**

Laut der Wasserkörper-Steckbriefe Flusswasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021) sind folgende Maßnahmen geplant:

- LAWA-Code 3: Ausbau kommunaler Kläranlagen zur Reduzierung der Phosphoreinträge
- LAWA-Code 502: Durchführung von Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben

- LAWA-Code 508: Vertiefende Untersuchungen und Kontrollen

- **Vorgeschlagener Maßnahmenplan**

Zur Verbesserung des Lebensraums für Fische im Untersuchungsgebiet werden neben bereits genannten Maßnahmen folgende Strukturverbesserungen vorgeschlagen, die in Tab. 38 tabellarisch dargestellt sind:

- **Entlandung, Modellierung und Sandfang Beginn PS 1_F und stromab bis Ende der Verzweigung auf Höhe KW 2**

Nach Beginn von PS 1_F sind im rechten Flussarm Ablagerung von Feinsedimenten, Schlamm und Geschiebe zu beobachten. Deshalb müsste Sohlmaterial entfernt und/oder modelliert werden, um das Abflussgeschehen dynamischer zu gestalten. Darüber hinaus sollte ein Sandfang am Beginn der Verzweigung auf Höhe KW 2 gebaut werden, um künftige Ablagerungen zu minimieren.

- **Errichtung von Pendelrampen**

Anstelle der Rauen Rampen werden Pendelrampen vorgeschlagen (Abb. 29, Abb. 32). Eine Pendelrampe ist naturnäher und durch die Beckenstruktur können wichtige Aufstiegsriterien wie Lockströmung, Ruhezone aber auch Schaffung von Teillebensräumen besser umgesetzt werden. Für eine hydraulische Entlastung bei Hochwässern könnten Entlastungsrinnen sorgen, die gleichzeitig den Kanufahrern eine Durchfahrt ermöglichen.

- **Laichplatzrestaurierung unterhalb der Pendelrampen**

Eine Laichplatzrestaurierung durch Umlagerung und Einbringen von Sohlsubstrat ist im Unterwasser der vorgeschlagenen Pendelrampen dringend angezeigt, weil hier bis dato staugeprägte Verhältnisse die Morphologie prägen. Zur besseren Durchströmung dieser Areale könnten strömungslenkende Maßnahmen (Totholz, Störsteine und Steinschüttungen), welche die Strömungsverhältnisse stromab beeinflussen (Abb. 30, Abb. 31), beitragen. Auch hier gilt es, eine Erfolgskontrolle (Monitoring) erst zwei bis vier Jahre nach Abschluss der Bauarbeiten zu beginnen, um dann die Feinjustierung der Maßnahmen vorzunehmen und damit eine weitere Verbesserung der Morphologie zu erreichen.

- **Schaffung und Anbindung Altgewässer**

Die aktuellen Untersuchungen haben ein Defizit an Stilllebensräumen wie Altgewässer aufgezeigt. In natürlichen Auelandschaften größerer Flüsse verlanden auch Altgewässer, aber an anderen Stellen bilden sich durch die Eigendynamik neue Auenstillgewässer. In anthropogen überprägten Auen verlanden Stillwasserlebensräume wesentlich schneller und neue Altgewässer können nicht mehr entstehen, weil den Flüssen kein Raum für eine dynamische Eigenentwicklung, sofern diese überhaupt noch stattfindet, gelassen wird. Deshalb wird die Neuanlage eines Altgewässers zwischen der PS 3 und PS 4 sowie die Anbindung eines Altgewässers (Fuchsloch) vorgeschlagen. Diese Maßnahmen sind für das Gewässerkontinuum enorm wichtig

und werden sich auf die stromauf liegenden Probestellen auswirken. Die Anbindung des neuen Altgewässers sollte entgegen der Strömungsrichtung und im Strömungsschatten eines Gleituferabschnitts erfolgen, um mögliche Feinmaterialfrachten an der Anbindungsstelle vorbeizuleiten. Eine Durchströmung des Altwassers beugt einer Eutrophierung vor.

„Flussbegleitende Auenstillgewässer (Altarme, Altgewässer) tragen zur Lebensraumheterogenität bei und sind insbesondere im Potamal, d.h. im Mittel- bis Unterlauf größerer Flüsse in der Regel Grundvoraussetzung für eine hohe Fischarten-diversität. Nur in einem vielfältigen Habitatmosaik kann auch eine vielfältige Fischfauna existieren.

Die fischökologische Bedeutung intakter Auengewässer liegt insbesondere darin begründet, dass typische limnophile Fischarten des Potamals größerer Flüsse, deren gesamter Lebenszyklus in den Auengewässern stattfindet, vielfältig strukturierte intakte Gewässer benötigen, um langfristig stabile Populationen ausbilden zu können.

*Auf Grund des Rückgangs solcher Auengewässer sind die auf diese Gewässer spezialisierten Arten wie Karausche (*Carassius carassius*), Moderlieschen (*Leucaspis delineatus*) und Schlammpeitzger (*Misgurnus fossilis*) in ihren natürlichen Lebensräumen bereits stark gefährdet. Aber auch rheophile Fischarten benötigen gut strukturierte Auengewässer vor allem als Laich- und Überwinterungshabitate.*

*Nach Kamerad (2001) nutzen die für die Mittelelbe (Sachsen-Anhalt) landschaftsraumbedeutsamen Arten Schlammpeitzger, Steinbeißer (*Cobitis taenia*), Bitterling (*Rhodeus amarus*), Zope (*Abramis ballerus*), Ukelei (*Alburnus alburnus*), Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus*), Aland (*Leuciscus idus*), Quappe (*Lota lota*), Aal (*Anguilla anguilla*), Wels (*Silurus glanis*) und Zander (*Sander lucioperca*) Altwässer als Lebensraum, wobei Zope und Rapfen (*Aspius aspius*) vorwiegend große Altwässer oder Altwasserketten besiedelt und der Zander nur in großen trüben Altwässern vorkommt. Ebenfalls auf Altgewässer angewiesen sind Hecht (*Esox lucius*) und Güster (*Abramis bjoerkna*).“ (Remy et al. 2009)*

○ **Monitoring nach Maßnahmenumsetzung und Optimierung**

Um die Auswirkungen der vorgeschlagenen baulichen Veränderungen verifizieren zu können, wäre ein Monitoring dringend angezeigt.

Nach Umsetzung der Pendelrampen, Schaffung von Laichplätzen, Bau von Totholzbuhnen sowie der Anbindung bzw. Schaffung der Altgewässer sollten bis zum Beginn des Monitorings zwei bis vier Jahre liegen (mindestens ein Hochwasser), um dem Fluss Zeit zu geben, sich auf die geänderten morphologischen Bedingungen (Umlagerungsprozesse, Strukturveränderungen etc.) einzustellen. Solange sollte auch mit parzellenscharfen Restaurierungsmaßnahmen, wie z.B. Restaurierung von Laichplätzen und Maßnahmen zur Strukturverbesserung (Störsteine, Totholz) gewartet werden.

Durch die geplanten Maßnahmen wird sich das Fließgewässerkontinuum verändern und die Lebensgemeinschaften werden auf diese Veränderung reagieren. Deshalb gilt es, die Bauvorhaben an das Ökosystem „Fluss“ optimal anzupassen.

Es ist wichtig, die Fischereiberechtigten frühzeitig in alle Planungen einzubeziehen und die Maßnahmen zu besprechen. Die Fischereiberechtigten kennen „ihr“ Gewässer und könnten entsprechende Vorschläge zur Eingriffsminimierung unterbreiten.

Die Maßnahmen dürften sich insgesamt auch positiv auf andere Komponenten, insbesondere die Wasserwirbellosen, auswirken.

Tab. 38: Maßnahmenvorschläge zur Strukturverbesserung im Untersuchungsgebiet

Lfd. Nr.	LAWA-Code; BY-Code	Maßnahmenbezeichnung	Maßnahmenbeschreibung
1	61	Maßnahmen zur Gewährleistung des erforderlichen Mindestabflusses	Sohlrampe bei PS 3_F: durch Dotation der Surfwehle geht Dotation für vorgeschlagene Pendelrampe verloren
2	69.5	sonstige Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit (z. B. Sohlrampe umbauen/optimieren)	Sohlrampen bei PS 1_F und PS 3_F in Pendelrampen umbauen; Sohlgleite bei PS 2_F in Pendelrampe umbauen
3	70.1	Flächenerwerb zur eigendynamischen Entwicklung	im gesamten Untersuchungsbereich
4	70.2	massive Sicherungen (Ufer/Sohle) beseitigen/reduzieren	im gesamten Untersuchungsbereich
5	70.3	ergänzende Maßnahmen zum Initiieren eigendynamischer Gewässerentwicklung (z. B. Strömunglenker einbauen)	Einbringen von Totholzbunnen im gesamten Untersuchungsbereich
6	71	Maßnahmen zur Habitatverbesserung im vorhandenen Profil	Einbringen von Störsteinen und Totholz, Anlegen von Kieslaichplätzen im gesamten Untersuchungsbereich
7	72.3	punktueller Maßnahmen zur Habitatverbesserung mit Veränderung des Gewässerprofils (z. B. Kiesbank mobilisieren)	Kiesbank mobilisieren im gesamten Untersuchungsbereich
8	72.4	Auflockern starrer/monotoner Uferlinien	im gesamten Untersuchungsbereich
9	73.1	Ufergehölzsaum herstellen oder entwickeln	im gesamten Untersuchungsbereich, hauptsächlich von PS 1_F rechte Uferseite bis Ende KW 2; Ende PS 3_F bis Anfang PS 4_F (beide Uferseiten)
10	73.2	Hochstaudenflur/Röhricht herstellen oder entwickeln	im gesamten Untersuchungsbereich
11	73.3	Ufervegetation erhalten, naturnah pflegen	im gesamten Untersuchungsbereich
12	74.1	Primäraue naturnah wiederherstellen	im gesamten Untersuchungsbereich
13	74.3	Auegewässer/Ersatzfließgewässer neu anlegen	Altgewässer anlegen zwischen PS 3 und PS 4
14	75.1	Altgewässer anbinden	Fuchsloch anbinden

Lfd. Nr.	LAWA-Code; BY-Code	Maßnahmenbezeichnung	Maßnahmenbeschreibung
1	61	Maßnahmen zur Gewährleistung des erforderlichen Mindestabflusses	Sohlrampe bei PS 3_F: durch Dotation der Surfwehle geht Dotation für vorgeschlagene Pendelrampe verloren
15	77.1	Sediment-, Nährstoff- und Schadstoffrückhaltungen im Hauptgewässer anlegen	zwischen Beginn und Ende PS 1_F
16	85.3	Gewässerbett entschlammen	Beginn PS 1_F stromab rechter Flussarm

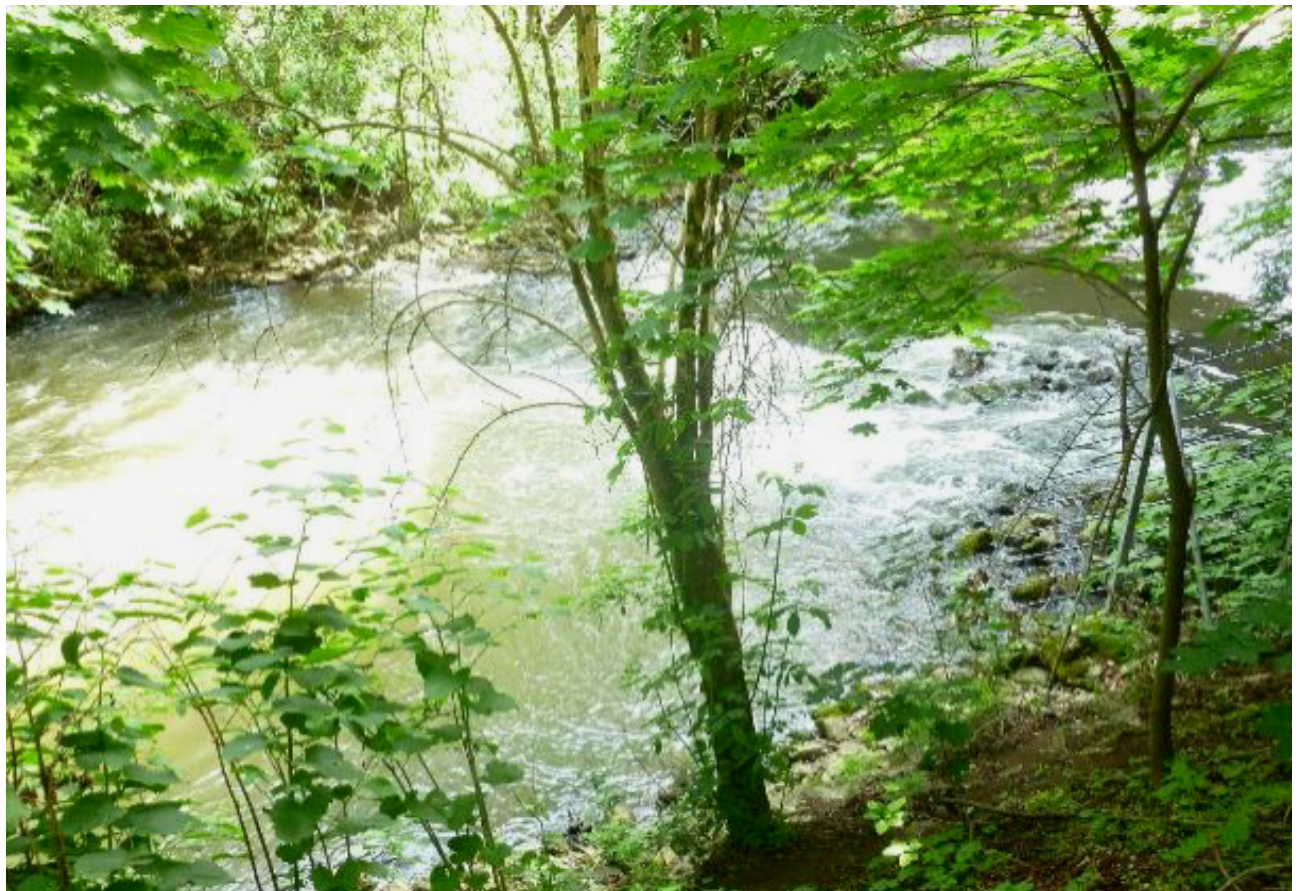


Abb. 29: Raue Rampe bei PS 1_F nicht durchgängig. Empfehlung: Umbau in Pendelrampe und Anlegen eines Kieslaichplatzes im Unterwasser der Pendelrampe. Strukturverbesserung im Bereich der harten Verbauung durch Störsteine und Totholz (Foto: R. Bäumlner).



Abb. 30: Empfehlung: Entfernung der Versteinerung (Blocksteinschüttung) bei PS 1_F, Einbringen von Störsteinen, Totholzbunnen und generell Totholz als strömungslenkende Maßnahmen (Foto: R. Bäumlner).



Abb. 31: Stromauf von PS 2_F Einbringung von Störsteinen und Totholzbunnen im Bereich der Sohlgleite, Totholz belassen und strömungslenkende Maßnahmen vor der Sohlgleite (Foto: R. Bäumlner)



Abb. 32: Sohlgleite bei PS 2_F ist nur bedingt durchwanderbar. Bei erhöhten Wasserständen wird die Sohlgleite hydraulisch überlastet. Empfehlung: Umbau der Sohlgleite in Pendelrampe, Anlegen eines Kieslaichplatzes im Unterwasser der Pendelrampe und Entfernung der Uferverbauung. Strukturverbessernde Maßnahmen in Form von Störsteinen, Totholzbühnen und allgemein Totholz zur Strömunglenkung. (Foto: R. Bäumlner).



Abb. 33: Raue Rampe bei PS 3_F (nicht durchgängig) mit Baustelle für Surferwelle im Hintergrund des linken Ufers im Oktober 2020. Empfehlung: Umbau in Pendelrampe und Verbesserung des Laichhabitats durch Anlegen eines Kieslaichplatzes in der Strömungsmitte vor dem Prallufer; Einbringen von Störsteinen als Ausgleichsmaßnahme für Surferwelle.

10 Bioakkumulationstest

Nach der Eigenüberwachungsverordnung ist die Errichtung und der Betrieb von Teichen zur Bioakkumulation für alle Abwasseranlagen zur Behandlung von biologisch abbaubarem Abwasser mit einer Ausbaugröße von 100.000 EW und größer ($BSB_5 \geq 6.000 \text{ kg/d}$) vorgeschrieben (LfU 2012).

Für die Bioakkumulation werden 10 einsömmerige Karpfen im Teich gehalten, welcher mit gereinigtem Abwasser der jeweiligen Kläranlage beschickt wird. Der Besatz des Bioakkumulationsteiches von KW 2 erfolgte 2019 zum 26.3., wobei Fischgewicht, Fischlänge und Korpulenzfaktor der 10 Karpfen zuvor ermittelt wurden. Am 12.11.19 wurden 6 der 10 Fische entnommen (4 Fische waren verschwunden). Der Zustand der Fische nach der Bioakkumulation wurde nach erneuter Bestimmung von Gewicht, Länge und Korpulenzfaktor als unauffällig bezeichnet.

Die Analyse der Fischfilets ergab, dass die Orientierungswerte der Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Quecksilber allesamt eingehalten wurden.

Insgesamt fiel der Bioakkumulationstest an KW 2 für das Jahr 2019 folglich unauffällig aus. Durchführung und Dokumentation des Tests (s. Anlage IX) erfolgte durch SUN.

11 Zusammenfassung

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für die Neuerteilung einer gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis zur Einleitung der gesammelten und geklärten Abwässer und Niederschlagswässer aus Klärwerk 2 der Stadt Nürnberg in die Pegnitz wurde die ÖKON GmbH zur Erstellung eines gewässerökologischen Gutachtens unter besonderer Berücksichtigung der Zielsetzungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) beauftragt. Im Folgenden werden die Ergebnisse und Erkenntnisse aller durchgeführten Untersuchungen an den beiden Probestellen, PS 1 (oberhalb der KW-Einleitung) und PS 2 (unterhalb der KW-Einleitung) hinsichtlich der Einflüsse durch KW 2 auf die wasserchemischen Parameter und biologischen Komponenten der Pegnitz zusammenfassend dargestellt.

Chemische und physikalisch-chemische Parameter

Gemäß Anhang V der WRRL dienen in Fließgewässern die allgemeinen chemischen und physikalisch-chemischen Komponenten (Temperaturverhältnisse, Sauerstoffhaushalt, Salzgehalt, Versauerungszustand, Nährstoffverhältnisse) der unterstützenden Bewertung der biologischen Komponenten. Im Rahmen der Projekte O 3.12 und O 3.15 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2012 der LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) wurde von ube & chromgruen (2014, 2015 & 2017) anhand der bundesweiten WRRL-Monitoringergebnisse der biologischen Qualitätskomponenten (QK) und der chemisch-physikalischen Parameter eine datenbasierte statistische Ableitung von Orientierungswertvorschlägen für die allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter (ACP) in Fließgewässern durchgeführt. Unter dem Begriff „Orientierungswert“ eines ACP wird der Wert verstanden, bei dessen Verletzung (d.h. Über- oder Unterschreitung) der ACP eine Größenordnung annimmt, die in aller Regel keinen guten ökologischen Zustand des Gewässers mehr erlaubt, ohne dass es dazu noch eines weiteren ACP mit Orientierungswertverletzung brauchen würde (ube & chromgruen 2014). Mit Ausnahme des Orientierungswertvorschlags für Chlorid fanden sämtliche andere Vorschläge Eingang in die 2016 novelierte Oberflächengewässerverordnung (OGewV).

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse von Juni 2019 bis März 2020 (10 Messdurchgänge) zeigten unter Berücksichtigung der Abfluss- und Temperaturverhältnisse, dass die wasserchemischen Werte der meisten der erhobenen ACP an der Pegnitz ober- und unterhalb der Einleitung von KW 2 den Orientierungswertvorgaben nach der OGewV (2016) bzw. weiterer Literatur entsprachen. So lagen für sämtliche Schwermetalle (Chrom, Kupfer, Zink, Cadmium, Quecksilber, Eisen, bioverfügbares Blei und Nickel), Ionen (Chlorid, Sulfat, Magnesium, Calcium, Natrium) und die Abwasserparameter (TOC, DOC, BSB₅) sowie adsorbierbare, organisch gebundene Halogene (AOX) keine wesentlichen Auffälligkeiten ober- und unterhalb der KW-EL anhand der Einzelwerte sowie im Jahresmittel vor. Ein einzelner, massiv erhöhter CSB-Wert oberhalb der KW-EL, dessen Ursache unklar ist, führte dort letztendlich zu einem erhöhten Jahresmittelwert, welcher für PS 2 unterhalb der KW-EL nicht bestätigt werden konnte.

Im Rahmen der Analyse der Nährstoffparameter zeigte sich hinsichtlich der Gesamtphosphorkonzentrationen ein Anstieg infolge der KW-EL, der sich anhand der Einzelmesswerte sowie im Jahresmittel widerspiegelte: Zwei Einzelwerte lagen über der Orientierungswertvorgabe der OGewV (2016), welche im Jahresmittel aber dennoch knapp eingehalten wurde. Pflanzen verfügbarer or-

tho-Phosphat-Phosphor war unterhalb der KW-EL nicht in höherem Maße nachweisbar als oberhalb und erfüllte generell die Anforderungen nach OGewV (2016).

Die Nährstoffanalysen ergaben ferner eine gewisse Vorbelastung der Pegnitz mit Ammonium-N, wobei der Jahresmittelwert den Vorgaben der OGewV (2016) entsprach. Die EL der Kläranlagenwässer führte an einigen Einzelterminen zu Konzentrationsanstiegen flussab, was sich auch in einem höheren Jahresmittelwert unterhalb im Vergleich zu oberhalb äußerte, der gerade noch die Anforderungen der OGewV (2016) erfüllte. Einhergehend mit den ermittelten Ammonium-N-Konzentrationen sowie den gemessenen pH-Werten und Wassertemperaturen ist davon auszugehen, dass fischgiftiger Ammoniak bzw. Ammoniak-N bei PS 1 und PS 2 ganzjährig in Konzentrationen vorliegt, die einen chronischen Belastungszustand indizieren, wobei hierbei kein weiterer Negativeffekt durch die Einleitung von KW 2 nachweisbar war.

Infolge der KW-EL stiegen auch die Nitrat-N-Werte an und indizierten gemäß LAWA (1998) ober- und unterhalb der KW-EL eine deutliche Belastung. Umgerechnet in Nitra lagen die Konzentrationsverhältnisse deutlich unter dem Grenzwert der Umweltqualitätsnorm nach OGewV (2016).

Die Nitrit-N-Werte lagen stets in einem akzeptablen Konzentrationsbereich.

Einfluss von Niederschlagsereignissen auf die Gewässerchemie

Anhand der kontinuierlichen Messungen der ARGE im Bereich der Theodor-Heuss-Brücke und unter Verwendung von Niederschlagsdaten der Wetterstation Nürnberg Flughafen konnte gezeigt werden, dass bei stärkeren Regenfällen die Konzentrationen an Ammonium-N und ortho-Phosphat-P in der Pegnitz merklich bis massiv anstiegen. Es ist davon auszugehen, dass Mischwasserentlastungen, oberstromig liegende Klärwerke sowie ggf. auch diffuse Einträge, z. B. aus landwirtschaftlichen Flächen, für die Konzentrationsanstiege verantwortlich sind. Teils massiv erhöhte Ammonium-N-Konzentrationen sollten insbesondere angesichts der Ammoniak-Problematik zu denken geben.

Schadstoffanalytik aus der Eigenüberwachung und PFT-Untersuchungen durch SUN

Die Schadstoffanalytik aus dem Jahr 2018 ergab keine Auffälligkeiten. Allerdings konnte für Benzo(a)pyren und Quecksilber keine Bewertung gemäß OGewV erfolgen, da die Bestimmungsgrenze des Labors für beide Parameter zu hoch lag. Im Rahmen der PFT-Untersuchungen ergaben sich teils hohe Ablaufwerte an KW 2 (und KW 1), was zu erhöhten Werten von Perfluoroktansulfonat (PFOS) und dessen Derivaten in der Pegnitz (bestätigt durch aktuelle Erhebungen der Wasserchemie durch das WRRL-Monitoring) beitragen dürfte. Da PFOS als prioritärer Stoff eingestuft ist und zudem toxische Effekte belegt sind, ist Handlungsbedarf erforderlich.

Arzneimitteluntersuchungen durch SUN

Die Arzneimitteluntersuchungen von SUN (2011) wiesen auf hohe Einträge an Röntgenkontrastmittel (Iopamidol), sowie den Blutdrucksenker Metoprolol, das Antibiotikum Sulfamethoxazol, das Antiepileptikum Carbamazepin und die Analgetika Ibuprofen, Naproxen und Diclofenac hin. Für Sulfamethoxazol und Diclofenac sind toxische Effekte auf die aquatische Flora und Fauna beschrieben. Nach Angaben von SUN (2011) könnte der für die OGewV 2010 vorgeschlagene Wert der UQN (nicht umgesetzt in OGewV 2016) in der Pegnitz infolge der Einleitungen durch KW 1 und KW 2 überschritten werden.

Biologische Qualitätskomponente Makrozoobenthos

Die biologische Qualitätskomponente Makrozoobenthos erfüllte ober- und unterhalb der KW-EL die WRRL-Vorgaben und war jeweils einem „guten ökologischen Zustand“ zuordenbar. Während das Modul Saprobie (Maß der organischen Belastung) an beiden Probestellen vergleichbare Ergebnisse lieferte, schnitt die Allgemeine Degradation oberhalb der KW-EL etwas besser ab. Dies war auf bessere Bewertungsergebnisse der EPT-Taxa (Eintagsfliegen, Köcherfliegen, Steinfliegen) sowie auf etwas mehr flussgebietstypische Faunenelemente zurückzuführen. Die Auswertungen funktionaler Gruppen sowie der Biodiversität ließen keine auffälligen Unterschiede zwischen den beiden Probestellen erkennen. Ein Negativeinfluss von KW 2 auf die Besiedlungsstruktur der QK Makrozoobenthos erscheint angesichts der Ergebnisse der erhobenen allgemein chemischen und chemisch-physikalischen Parameter als unwahrscheinlich, kann jedoch beispielsweise für nicht erhobene chemische Parameter nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Zusammenfassend lag jedoch keine Verschlechterung des ökologischen Zustands der QK Makrozoobenthos im Sinne der WRRL (Klassenabfall) infolge der KW-EL vor.

Biologische Qualitätskomponente Makrophyten & Phytobenthos inkl. Diatomeen

Anhand der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten & Phytobenthos inkl. der Diatomeen zeigte sich an allen Untersuchungsstellen eine erhöhte Belastung mit Nährstoffen, die sich in der Artenzusammensetzung der Einzelkomponenten, die von Störzeigern und unsensiblen Arten dominiert wurde, widerspiegelte. Im Gesamtergebnis zeigte sich kein messbarer Einfluss von KW 2 im Vergleich zur oberhalb liegenden Untersuchungsstelle. Beide Probestellen wurden mit einer „mäßigen ökologischen Zustandsklasse“ bewertet. Die wasserchemischen Messungen deuteten darauf hin, dass die Phosphorkonzentrationen (Gesamtposphor, ortho-Phosphat) - in der Regel der limitierende Faktor für das Pflanzenwachstum - unterhalb von KW 2 überwiegend den Anforderungen der OGewV entsprachen (keine Überschreitung im Jahresmittel) und nur an wenigen einzelnen Messterminen Orientierungswertüberschreitungen aufwiesen. Es ist unwahrscheinlich, dass die derzeitige Einleitung von KW 2 der Zielvorgabe nach WRRL („guter ökologischer Zustand“) hinsichtlich der QK Makrophyten & Phytobenthos im Wege steht. Dennoch ist sehr zu empfehlen, dass zukünftig ganzjährig die Orientierungswertbereiche nach OGewV (2016) für Gesamtposphor und ortho-Phosphat-Phosphor eingehalten werden, um Düngungseffekte weiter zu reduzieren. Gründe für die lediglich mäßige Zustandsklasse der QK Makrophyten & Phytobenthos trotz akzeptabler Jahresdurchschnittswerte für Phosphor könnten in diskontinuierlichen Belastungen (Mischwässer, diffuse Einträge) oder aber auch in Schwächen der Bewertungssoftware liegen.

Biologische Qualitätskomponente Fischfauna

Anhand der Erhebung der Fischfauna mittels Elektro-Befischung ergaben sich nur geringfügige Unterschiede zwischen der Besiedlung im Einflussbereich von KW 2 (PS 1_F und PS 2_F) und der flussauf liegenden Vergleichsstrecke des WRRL-Monitorings (FWK 2_F037, zwischen Großweidenmühlsteg und Kettensteg). Der ökologische Zustand war jeweils als „unbefriedigend“ einzustufen. Das Fischinventar wies - vergleichbar zur WRRL-Strecke - deutliche Unterschiede zur Referenzzönose (potentiell vorzufindende Fischzönose des Gewässertyps im naturnahen Zustand) insbesondere bei den Leitarten auf. Diese waren deutlich unterrepräsentiert. Die Bestandsdichten und die Diversität waren jeweils als sehr gering zu beurteilen. Die Fangergebnisse indizierten eine

gestörte Altersstruktur und ein Reproduktionsdefizit. Insgesamt spiegelt die aktuelle Fischzönose ein anthropogen überprägtes Gewässerkontinuum wider. Eine signifikante Auswirkung von KW 2 auf die Fischzönose war nicht erkennbar. Neben strukturellen Maßnahmen zur Verbesserung des Lebensraumes der Fische sollten die Ammoniak-N-Werte, die bereits oberhalb der KW-Einleitung im Jahresmittel zu hoch ausfallen, reduziert werden.

Die Karpfenhälterung 2019 im Bioakkumulationsteich von KW 2 sowie die anschließende Laboranalyse der Fischfilets im Herbst ergaben keine Auffälligkeiten.

12 Fazit der Untersuchungen und Empfehlungen

Die gewässerökologischen und chemischen Untersuchungen an der Pegnitz als wesentlicher Beitrag zum Genehmigungsverfahren für die Neuerteilung einer gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis ergaben im Wesentlichen keine messbar signifikanten Negativeffekte der Einleitungen von Klärwerk 2 Nürnberg (KW 2) auf die biologischen Qualitätskomponenten (QK) der Wasserrahmenrichtlinie, Makrozoobenthos, Makrophyten & Phytobenthos sowie Fische. Mit Ausnahme der QK Makrozoobenthos befindet sich im betroffenen Flusswasserkörper derzeit jedoch keine der anderen beiden Qualitätskomponenten in einem „guten ökologischen Zustand“, der nach WRRL bis spätestens 2027 erreicht werden soll. Um diesem Ziel (Verbesserungsgebot) nicht im Wege zu stehen sind wasserchemische und gewässerstrukturelle Verbesserungen anzustreben: Anhand der Untersuchungen zeigte sich, dass der Einfluss der Einleitungen von KW 2 auf den Nährstoffhaushalt sowie auf chemisch-physikalische Standardparameter (Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoff) gering einzustufen ist. Die Orientierungswertvorgaben nach der Oberflächengewässerverordnung (2016) sämtlicher relevanter Parameter - mit Ausnahme von Ammoniak-N - wurden im Jahresmittel in der Pegnitz unterhalb der Einleitung von KW 2 eingehalten. Fischtoxischer Ammoniak-N lag bereits oberhalb von KW 2 in gleicher erhöhter Konzentration in der Pegnitz vor.

Um günstige wasserchemische Voraussetzungen für flussgebietstypische Lebensgemeinschaften zu schaffen, sollten neben den Parametern mit Orientierungswertvorgaben insbesondere auch jene Parameter, für welche Umweltqualitätsnormen (UQN) gemäß OGewV (2016) definiert sind, in geforderten Konzentrationsverhältnissen vorliegen. Auf Grund der UQN-Überschreitungen durch den prioritären Stoff Perfluoroktansulfonat (PFOS) sowie durch den flussgebietsspezifischen Stoff Kupfer (Schwebstoffanteil) ist der chemische Zustand des Flusswasserkörpers (ohne Betrachtung von Quecksilber) derzeit gemäß WRRL-Monitoring als „nicht gut“ einzustufen.

Es werden folgende Empfehlungen zur Verbesserung der Wasserchemie in der Pegnitz gemacht (Überschreitungen der UQN durch Kupfer konnten anhand der Untersuchungen durch ÖKON nicht festgestellt werden):

- Optimierung der Reduktion von Ammonium-N im Ablauf von KW 2, da der Jahresmittelwert in der Pegnitz unterhalb der Einleitung von KW 2 direkt an der Grenze des Orientierungswertes nach OGewV (2016) liegt
- Optimierung der Reduktion von Gesamtphosphor im Ablauf von KW 2, da der Jahresmittelwert in der Pegnitz unterhalb der Einleitung von KW 2 direkt an der Grenze des Orientierungswertes nach OGewV (2016) liegt.

- Klärung der Herkunft und Reduktion von Polyfluorierten Tensiden (PFOS, PFOA) im Ablauf von KW 2 bzw. am Ort der Entstehung (z.B. Indirekteinleiter)
- Reduktion der Einträge von Arzneimittelwirkstoffen (Diclofenac, Sulfamethoxazol) sowie des Röntgenkontrastmittels Iopamidol. Für letzteres empfiehlt sich eine weitergehende Reinigungsstufe (Pulveraktivkohle) ggf. am Ort des Anfalls (z. B. Krankenhäuser), da die Elimination in der Kläranlage gering ist. Bei zukünftigen Untersuchungen sollten auch die wichtigsten Metabolite diverser Arzneimittelstoffe quantifiziert werden, um die Aussagekraft weiter zu steigern
- Reduktion von Ammonium-N-Einträgen oberhalb des Untersuchungsgebietes zur allgemeinen Senkung der Ammonium-N-Konzentrationen und zur Einhaltung des Orientierungswertes für Ammoniak-N nach OGewV (2016) in der Pegnitz. Es ist zudem zu prüfen, ob oberhalb des Untersuchungsgebietes Einleitungen erfolgen, die den pH-Wert der Pegnitz anheben und dadurch die Gefahr der Ammoniakbildung steigern.
- Reduktion von Ammonium-N- und Phosphoreinträgen bei Niederschlagsereignissen infolge diffuser Einträge und Mischwasserentlastungen (gilt auch für Fließstrecken oberhalb des Untersuchungsgebietes), um der Gefahr der Ammoniakbildung entgegen zu wirken

Ferner ergeben sich infolge struktureller Defizite insbesondere hinsichtlich der Habitatausstattung für die QK Fische hydromorphologische und landschaftsökologische Maßnahmenempfehlungen für die Pegnitz im Bereich des Untersuchungsgebietes, von welchen auch andere Lebewesen, z. B. die wasserwirbellosen Tiere, profitieren. Im Folgenden findet sich eine Auswahl an Maßnahmenvorschlägen. Eine ausführliche Darstellung kann Kapitel 9.5 entnommen werden:

- Wiederherstellung der Durchgängigkeit durch Errichtung von Pendelrampen anstelle der derzeitigen Rauen Rampen
- Schaffung und Anbindung von Altgewässern (z. B. Fuchsloch)
- Laichplatzrestaurierung unterhalb der Pendelrampen
- Einbringung von Totholz zur Dynamisierung und Habitatverbesserung bzw. Habitatschaffung (s. ÖKON 2020, Kapitel 11)
- Entfernung der Blocksteinschüttungen zur Ufersicherung wenn möglich
- Flächenerwerb zur eigendynamischen Entwicklung
- Entwicklung bzw. Wiederherstellung eines Ufergehölzsaums zur Reduktion erosiver Prozesse und zur Beschattung des Gewässers
- Erstellung eines Flussraumkonzeptes

Es ist davon auszugehen, dass der derzeit gültige sowie im Zuge des aktuellen Wasserrechtsverfahrens erneut beantragte Ausbauzustand von 1,4 Millionen EW für KW 1 und 230.000 EW für KW 2 (maximal ca. 1,6 Millionen EW für beide KW zusammen) potentiell keine weiteren negativen Auswirkungen auf die Gewässergüte der Pegnitz hat, wenn sich im Vergleich zum derzeitigen Istzustand - die derzeitige Belastung der beiden KW liegt insgesamt bei ca. 1,2 Millionen Einwohner-

werte - keine wesentlichen quantitativen und qualitativen Veränderungen am Ablauf der Klärwerke ergeben und unter Berücksichtigung der derzeitigen gewässerökologischen und -morphologischen Situation des Vorfluters (Verschlechterungsverbot). Desweiteren gelten oben genannte Maßnahmenempfehlungen, um dem „guten ökologischen Zustand“ nicht im Wege zu stehen (Verbesserungsgebot).

Es sei angemerkt, dass sich potentielle Veränderungen des Vorfluters, z.B. in Folge klimatischer Effekte, wie zunehmende Niedrigwasserphasen und vermehrte Starkregenereignisse mit möglicherweise häufigeren Mischwasserentlastungen und Flächenabschwemmungen sowie durch allgemein veränderte Einleitsituationen flussauf des Untersuchungsgebietes (z. B. veränderte Einleitwerte und -mengen weiterer Kläranalgen) oder durch Anschluss weiterer Baugebiete bzw. abwasserintensive Industrie- und Gewerbegebiete im Einzugsbereich der Nürnberger KW - um nur einige Beispiele zu nennen - sich insbesondere im Unterlauf (Untersuchungsgebiet) potenzieren dürften. Da folglich viele verschiedene Faktoren auf Gewässer einwirken können, sind langfristige und vor allem verlässliche Prognosen schwierig bis unmöglich zu treffen. Es empfiehlt sich bei entsprechenden Änderungsvorhaben die aktuell vorliegende Gewässersituation jeweils neu zu bewerten und Summationseffekte zu berücksichtigen.

13 Literaturverzeichnis

- Baier (2013): Parameter zur Bewertung einer Wasserprobe, Universität Erlangen
- Bäumler, R. (2020): Fachbeitrag Fischerei für das Klärwerk 2, Gehobene wasserrechtliche Erlaubnis für die Klärwerke 1 und 2 im Stadtbereich von Nürnberg, Einleitungen in die Pegnitz - im Auftrag der ÖKON GmbH, Kallmünz.
- Bayerische Staatskanzlei (2018): „Verordnung zur Ausführung des Bayerischen Fischereigesetzes (AVBayFiG)“: Fassung der Bekanntmachung vom 10. Mai 2004 (GVBl. S. 177, 178, ber. S. 270) BayRS 793-3-L, die zuletzt durch Verordnung vom 17. Juli 2018 (GVBl. S. 633) geändert worden ist: § 11 Fangbeschränkungen nach Zeit und Maß.
- Binot, M., Bless, R., Boye, P., Gruttke, H., Pretschner, P. (1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. –Bundesamt für Naturschutz, Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 55: 434 S.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2006): Wasserwirtschaft in Deutschland; Teil 2 - Gewässergüte, Berlin.
- Bohl, E., Kleisinger, H., Leuner, E. (2003): Rote Liste gefährdeter Fische (Pisces) und Rundmäuler (Cyclostomata) Bayerns.
- Bohl, M. (1999): Zucht und Produktion von Süßwasserfischen, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Dussling, U. (2009a): „Handbuch zu fiBS – Schriftenreihe des Verbandes Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler e.V., Heft 15, Version 8.1.1.“: VDF (Hrsg.), Januar 2009 mit Ergänzung Oktober 2014.
- Dussling, U. (2014a): Fischbasiertes Bewertungssystem für Fließgewässer – fiBS– Version 8.1.1, Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg, Stand Oktober 2014.
- Dussling, U. (2014b): „Technische Dokumentation zu fiBS Version 8.1.1“: Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg, Stand Oktober 2014.
- Emerson, K., Russo, R. C., Lund, R. E., Thurston, R. V. (1975). Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. Journal of the Fisheries Board of Canada, 32(12), 2379-2383.
- Fischereiverein Nürnberg e.V. (2020a): Fangordnung 2020 - <http://www.fvn-online.de/docs/Fangordnung2020.pdf>, letzter Zugriff: 10.10.2020.
- Fischereiverein Nürnberg e.V. (2020b): Jahresfangmeldungen online - <http://www.fvn-online.de/index.php?content=jahresmeldungen>, letzter Zugriff: 07.07.2020.
- Fischereiverein Nürnberg e.V. (2020c): Gewässer des Fischereiverein Nürnberg e.V.: https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=169nZ8KOTghNMWuZca_P3cgnZ40w&ll=49.53914932778274%2C13.189327641694089&z=8;, Zugriff: 07.07.2020
- Freyhof, J. (2009): Rote Liste der im Süßwasser reproduzierenden Neunaugen und Fische (Cyclostomata & Pisces).“ – In: Haupt, H., Ludwig, G., Gruttke, H., Binot-Hafke, M., Otto, C. & Pauly, A. (Bearb.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band

- 1: Wirbeltiere. – Bonn (Bundesamt für Naturschutz). – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (1): 291–316.
- Gruttke, H., Binot-Hafke, M., Balzer, S., Haupt, H., Hofbauer, N., Ludwig, G., Matzke-Hajek, G., Ries, M. (2016): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands - Band 4: Wirbellose Tiere (Teil 2) - Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- Hofmann, G., Werum, M., Lange-Bertalot, H. (2013): Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa, Koeltz Scientific Books, 2013.
- Hübner (2003): Die Ableich- und Interstitialphase der Äsche (*Thymallus thymallus* L.). Grundlagen und Auswirkungen anthropogener Belastungen
- Kohler, A. (1978): Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. *Landschaft + Stadt* 10/2: 73-85.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2003): Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2012b): Merkblatt Nr. 4.7/4 - Bioakkumulation bei Abwasseranlagen für biologisch abbaubares Abwasser.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2015a): Wasserkörper-Steckbrief Flusswasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021): Flusswasserkörper 2_F037 „Pegnitz von Nürnberg-Kettensteg bis Zusammenfluss mit Rednitz“.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2015b): Wasserkörper-Steckbrief Flusswasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021): Flusswasserkörper 2_F038 „Pegnitz von Einmündung Tiefgraben bis Nürnberg-Kettensteg“.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2015c): Wasserkörper-Steckbrief Flusswasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021): Flusswasserkörper 2_F035 „Pegnitz von Einmündung Röttenbach bis Einmündung Tiefgraben“.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2015d): Wasserkörper-Steckbrief Flusswasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021): Flusswasserkörper 2_F036 „Pegnitz von Einmündung Flembach bis Einmündung Röttenbach“.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2015e): Wasserkörper-Steckbrief Flusswasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021): Flusswasserkörper 2_F034 „Pegnitz bis Einmündung Flembach, Fichtenohe bis Pegnitz“.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2015f): Erfassung und Bewertung der Gewässerstruktur (Bayerisches Vor-Ort-Verfahren) - Version 4: August 2015
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (Hrsg.) (2012a): Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos.
- LfU (Landesamt für Umwelt) (2017): Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns.
- LfU (Landesamt für Umwelt) (2018): Rote Liste und Gesamtartenliste der Libellen (Odonata) Bayerns.
- Lloyd, R. (1992): Pollution and Freshwater Fish. Trustees. The Buckland Foundation.

- LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (2015): Leitfaden Gewässerbezogene Anforderungen an Abwassereinleitungen - Stand Dezember 2015.
- Meier, C., Böhmer, J., Rolauffs, P., Hering, D. (2006b): Kurzdarstellungen „Bewertung Makrozoobenthos“ & „Core Metrics Makrozoobenthos“.
- Meier, C., Haase, P., Rolauffs, P., Schindehütte, K., Schöll, F., Sundermann, A., Hering, D. (2006a): Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung. Handbuch zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL).
- miller ingenieurbüro (2020) - Aktenvermerk vom 26.08.2020- Klärwerke 1+2 in Nürnberg, Zwischenstand der Bearbeitung für die Unterlagen zum wasserrechtlichen Verfahren
- OGewV - Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässer-verordnung) (2016): Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz.
- ÖKON (2020): Gewässerökologisches Gutachten nach WRRL an der Pegnitz im Bereich der Einleitung des Klärwerks 1 der Stadt Nürnberg - im Auftrag der Stadtentwässerung und Umweltanalytik der Stadt Nürnberg
- Peters, G. Hoffmann, R., Klinger, H. (1984): Environment-induced gill disease of cultured rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture* 38: 105-126
- Pitter, P. (1999): Hydrochemie. Verlag der Chemisch-technologischen Hochschule in Prag (VSCHT) 1999. 3. neubearbeitete Auflage.
- Pottgiesser, T. (2018): Zweite Überarbeitung der Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen - im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dessau-Roßlau.
- Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D., Hofmann, A., Gutowski, A., Foerster, J. (2005): Bundesweiter Test: Bewertungsverfahren „Makrophyten & Phytobenthos“ in Fließgewässern zur Umsetzung der WRRL; LAWA- Projekt O 2.04, Bayerisches Landesamt für Umwelt
- Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D., Vogel, A., Gutowski, A. (2012a): Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos; Bayerisches Landesamt für Umwelt
- Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D., Vogel, A., Gutowski, A. (2012b): Weiterentwicklung biologischer Untersuchungsverfahren zur kohärenten Umsetzung der EG-WRRL - Teilvorhaben Makrophyten und Phytobenthos.
- Schönborn, W., Risse-Buhl, U. (2013): Lehrbuch der Limnologie. 2. Auflage, Stuttgart, S. 669
- Schubert, M. (2019b): fiBS-Bewertung Fischfauna, Regnitz vom Zusammenfluss von Rednitz und Pegnitz bis Zusammenfluss mit Main-Donau-Kanal, Referenz-Nr. 280, Probestelle: 2_F044_17984: Beprobungszeitraum 06.07.2016 bis 08.08.2018, Arbeitsblätter: Referenz, Probenahme, Ergebnis, Fischartencharakterisierung, Landesamt für Landwirtschaft, Institut für Fischerei (LfL Fischerei), Stand Dezember 2019: 5 Seiten

- SUN (Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg) (2009): PFT-Untersuchungsprogramm der ARGE Gewässerschutz - Präsentation Zwischenbericht, Auswertung der bisher angefallenen Daten.
- SUN (Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg) (2011): Arzneimittel-Untersuchungsprogramm der ARGE Gewässerschutz, Abschlussbericht - im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Gewässerschutz obere Regnitz der Städte Erlangen, Fürth, Schwabach und Nürnberg.
- ube & chromgruen (2014): Korrelationen zwischen biologischen Qualitätskomponenten und allgemeinen chemischen und physikalisch-chemischen Parametern in Fließgewässern - im Auftrag des Sächsischen Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie (LfULG) zum LAWA-Projekt O 3.12 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“
- ube & chromgruen (2015): Typspezifische Ableitung von Orientierungswerten für den Parameter Sulfat - Folgeprojekt im Auftrag des Sächsischen Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie (LfULG) zum LAWA-Projekt O 3.12 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“
- ube & chromgruen (2017): Ergänzende Arbeiten zu Korrelationen zwischen biologischen Qualitätskomponenten und allgemeinen chemischen und physikalisch-chemischen Parametern in Fließgewässern - im Auftrag des Sächsischen Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie (LfULG) zum LAWA-Projekt O 3.12 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“
- Uhlmann, D., Horn, W. (2001): Hydrobiologie der Binnengewässer. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag 528 S.

Internetquellen:

<https://bio-met.net/> : bio-met bioviability tool (Bio-met)