

Gewässerökologisches Gutachten zum wasserrechtlichen Verfahren für Mischwassereinleitungen im Einzugsgebiet des Abwasserverbands Schwabachtal



Auftraggeber:

Abwasserverband Schwabachtal
Erlanger Str. 40
91080 Uttenreuth



Auftragnehmer:

Gewässerökologie & Faunistik (G+F)
Dipl.-Biol. Christopher Parzefall
Grabenweg 1
93152 Nittendorf

E-Mail: christopher.parzefall@posteo.de

Bearbeitung:

Dipl.-Biol. C. Parzefall
Dr. S. Frohschammer
Anna Ebenbeck

Dezember 2023

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung und Aufgabenstellung	11
2 Untersuchungsgebiet, Einleitstellen und Lage der Probestellen	12
2.1 Untersuchungsgebiet und Charakterisierung der Schwabach sowie ihrer Nebengewässer	12
2.2 Aktueller ökologischer und chemischer Zustand der FWK nach WRRL.....	15
2.3 Einleitstellen des AVS	17
3 Qualitative Untersuchung von Mischwasserentlastungen in Bayern	20
4 Ermittlung von gewässerverträglichen Mischungsverhältnissen zwischen Fluss- und Mischwässern anhand relevanter Parameter	23
5 Methodik.....	27
5.1 Auswahl und Lage der Probestellen	27
5.2 Erhebung der QK Makrozoobenthos	28
5.3 Inaugenscheinnahmen der Gewässer und MW-Einleitstellen.....	30
5.3.1 Gewässerveränderungen und hydraulische Schäden	30
5.3.2 Wasserpflanzen- und Algenbewuchs.....	30
5.3.3 Refugialräume und Wiederbesiedlungspotential.....	30
5.4 Wasserchemische Analysen im Entlastungsfall.....	31
5.5 Abschätzung potentieller Ammoniakkonzentrationen in der Schwabach infolge von Mischwasser-Einleitungen.....	31
5.6 Fotos	32
6 Ergebnisse der Gewässerinspektionen und MZB-Erhebungen	33
6.1 Eckenbach	33
6.1.1 Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen	33
6.1.2 Charakterisierung der Probestellen.....	34
6.1.3 Inaugenscheinnahme der MW-Einleitstellen.....	35
6.1.4 QK Makrophyten & Phytobenthos	37
6.1.5 QK Makrozoobenthos	38
6.1.6 Refugialräume und Wiederbesiedlungspotential.....	40
6.1.7 Zusammenfassung mit Diskussion und Maßnahmenvorschlägen.....	41
6.2 Steppach.....	44
6.2.1 Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen	44
6.2.2 Charakterisierung der Probestellen.....	45
6.2.3 Inaugenscheinnahme der MW-Einleitstellen.....	47
6.2.4 QK Makrophyten & Phytobenthos.....	52

6.2.5	QK Makrozoobenthos	53
6.2.6	Refugialräume und Wiederbesiedlungspotential.....	55
6.2.7	Zusammenfassung mit Diskussion und Maßnahmenvorschlägen.....	56
6.3	Altbach.....	60
6.3.1	Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen	60
6.3.2	Charakterisierung der Probestellen.....	60
6.3.3	Inaugenscheinnahme der MW-Einleitstellen.....	61
6.3.4	QK Makrophyten & Phytobenthos	62
6.3.5	QK Makrozoobenthos	62
6.3.6	Refugialräume und Wiederbesiedlungspotential.....	64
6.3.7	Zusammenfassung mit Diskussion und Maßnahmenvorschlägen.....	65
6.4	Sendelbach.....	67
6.4.1	Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen	67
6.4.2	Charakterisierung der Probestellen.....	67
6.4.3	Inaugenscheinnahme der MW-Einleitstellen.....	68
6.4.4	QK Makrophyten & Phytobenthos	70
6.4.5	QK Makrozoobenthos	71
6.4.6	Refugialräume und Wiederbesiedlungspotential.....	73
6.4.7	Zusammenfassung mit Diskussion und Maßnahmenvorschlägen.....	74
6.5	Schlierbach/Brandbach.....	77
6.5.1	Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen	77
6.5.2	Charakterisierung der Probestellen.....	78
6.5.3	Inaugenscheinnahme der MW-Einleitstellen.....	80
6.5.4	QK Makrophyten & Phytobenthos	85
6.5.5	QK Makrozoobenthos	86
6.5.6	Refugialräume und Wiederbesiedlungspotential.....	89
6.5.7	Zusammenfassung mit Diskussion und Maßnahmenvorschlägen.....	90
6.6	Ebersbach.....	94
6.6.1	Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen	94
6.6.2	Charakterisierung der Probestellen.....	94
6.6.3	Inaugenscheinnahme der MW-Einleitstellen.....	96
6.6.4	QK Makrophyten & Phytobenthos	97
6.6.5	QK Makrozoobenthos	97
6.6.6	Refugialräume und Wiederbesiedlungspotential.....	99
6.6.7	Zusammenfassung mit Diskussion und Maßnahmenvorschlägen.....	99
6.7	Seelauweihergraben	101
6.7.1	Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen	101
6.7.2	Charakterisierung der Probestellen.....	101
6.7.3	Inaugenscheinnahme der MW-Einleitstellen.....	103
6.7.4	QK Makrophyten & Phytobenthos.....	104

6.7.5	QK Makrozoobenthos	104
6.7.6	Refugialräume und Wiederbesiedlungspotential.....	106
6.7.7	Zusammenfassung mit Diskussion und Maßnahmenvorschlägen.....	107
6.8	Weiherbach.....	109
6.8.1	Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen	109
6.8.2	Charakterisierung der Probestellen.....	109
6.8.3	Inaugenscheinnahme der MW-Einleitstellen.....	111
6.8.4	QK Makrophyten & Phytobenthos.....	112
6.8.5	QK Makrozoobenthos	113
6.8.6	Refugialräume und Wiederbesiedlungspotential.....	115
6.8.7	Zusammenfassung mit Diskussion und Maßnahmenvorschlägen.....	116
6.9	Tennenbach mit Kupfergraben.....	118
6.9.1	Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen	118
6.9.2	Charakterisierung der Probestellen.....	118
6.9.3	Inaugenscheinnahme der MW-Einleitstellen.....	120
6.9.4	QK Makrophyten & Phytobenthos.....	122
6.9.5	QK Makrozoobenthos	122
6.9.6	Refugialräume und Wiederbesiedlungspotential.....	125
6.9.7	Zusammenfassung mit Diskussion und Maßnahmenvorschlägen.....	125
6.10	Schwabach	128
6.10.1	Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen	128
6.10.2	Abflussverhältnisse an der Schwabach im Untersuchungszeitraum.....	130
6.10.3	Charakterisierung der Probestellen.....	130
6.10.4	Inaugenscheinnahme der MW-Einleitstellen.....	134
6.10.5	QK Makrophyten & Phytobenthos.....	141
6.10.6	QK Makrozoobenthos	143
6.10.7	Refugialräume und Wiederbesiedlungspotential.....	148
6.10.8	Potentielle Ammoniakkonzentrationen infolge der MW-Einleitungen.....	149
6.10.9	Zusammenfassung mit Diskussion und Maßnahmenvorschlägen.....	151
7	Zusammenfassung und allgemeine Maßnahmenempfehlungen	157
8	Literatur	161
9	Anhang	165
Anhang A	Dokumentation der Gewässerphysiographie und Substratanteile	166
Anhang B	Taxalisten Makrozoobenthos	183
Anhang C	Abschätzung potentieller Ammoniakkonzentrationen in der Schwabach infolge von Mischwassereinleitungen.....	207
Anhang D	Übersicht der Entlastungsdaten aus der Schmutzfrachtberechnung und den Messungen an den Bauwerken durch den AVS	211
Anhang E	RÜB-Berichte des AVS (Messungen an den Bauwerken) von 2020 bis 2022.....	212

Abbildungsverzeichnis**Seite**

Abb. 1: Untersuchungsgebiet (UG) mit Lage der MW-Einleitstellen des AVS, der Probestellen der gewässerökologischen Untersuchungen und der Kläranlagen. Datengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung 2023, EuroGeographics, www.geodaten.bayern.de	14
Abb. 2: Mittlere jährliche Einträge von AFS, CSB, Phosphor (TP), Stickstoff (TNb), der Schwermetalle Pb, Cd, Hg und Ni, von Benzo(a)pyren (BaP) sowie der Summe von 16 Einzel-PAK (PAK 16), der Biozide Carbendazim (CZIM), Terbutryn (TBY) und Triclosan (TCS), sowie von DEHP (Diethylhexylphthalat) aus urbanen Systemen in die Fließgewässer Bayerns. Grafik aus Nickel et al. (2020b).	21
Abb. 3: Equipment für die Probenahme (links) und Multi-Habitat-Sampling mit dem Langkescher (rechts).	28
Abb. 4: Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen am Eckenbach. Datengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung 2023, EuroGeographics, www.geodaten.bayern.de	33
Abb. 5: Probestellen RÜ 1-0 (oben links), RÜ 1-1 (oben rechts), KÜ_DLB 1a-1 (unten links) und Eckenbach Brücke (unten rechts) am Eckenbach im April 2023.	35
Abb. 6: Ufererosion bei RÜ 1-0 und RÜ 1-1 im April 2023.	36
Abb. 7: Einleitbauwerke RÜ 1 (bachaufwärts) (oben links) und bachabwärts (oben rechts), KÜ (Mitte) und BÜ von DLB 1a (unten links). Hygieneartikel an der Ufervegetation unterhalb von KÜ (unten rechts). Fotos: April 2023.	37
Abb. 8: Spot mit dichtem Kieselalgen- und sonstigem Algenaufwuchs bei RÜ 1-0 (oben links) sowie deutlicher Fadenalgenbewuchs bei RÜ 1-1 (oben rechts). Stark veralgte Wurzeln der Ufervegetation unterhalb von KÜ_DLB 1a (unten links). Feinsediment- und Kieselalgenauflagerungen auf Stein im Juli 2023 bei Eckenbach-Brücke (unten rechts).	38
Abb. 9: Besiedlungsdichte (Ind./m ²) und Gesamtanzahl der Taxa sowie Anzahl der EPT-Taxa am Eckenbach	39
Abb. 10: Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen an der Steppach. Datengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung 2023, EuroGeographics, www.geodaten.bayern.de	44
Abb. 11: Probestellen FGB 9a-1 (oben links), RÜ 2a_2b-1 (oben rechts), RÜB 2-1 (2. Reihe links), KÜ_RÜB 3-1 (2. Reihe rechts), SKU 4a-1 (3. Reihe links), RÜB 4-1 (3. Reihe rechts), FGB 5a1 (unten links) sowie einer von mehreren Biberdämmen zwischen FGB 5a und FGB 5a-1 an der Steppach im April 2023.	46
Abb. 12: Einleitbauwerke FGB 9a (oben links), RÜ 2a_2b (oben rechts), RÜB 2 (2. Reihe links), RÜB 3 (2. Reihe rechts), KÜ (3. Reihe links), SKU 4a (3. Reihe rechts), RÜB 4 (unten links) und FGB 5a (unten rechts) an der Steppach im April 2023.	47
Abb. 13: Organische Feinsedimentablagerungen unterhalb von RÜB 3 im April 2023 (links) und Massenentwicklung von Schlammröhrenwürmern (Tubificidae) im Auslaufbereich von RÜB 3 im Juli 2023 (rechts).	49
Abb. 14: Unbekanntes Entwässerungsrohr mit Einleitung in die Steppach mit deutlicher Fadenalgenentwicklung im Auslauf und Klopapiereinträgen im April 2023.	49
Abb. 15: Algenentwicklung im Quellbereich bei FGB 9a (oben links) sowie bei RÜ 2a_2b (oben rechts) und bei RÜB 2 (unten) im April 2023.	52
Abb. 16: Besiedlungsdichte (Ind./m ²) und Gesamtanzahl der Taxa sowie Anzahl der EPT-Taxa an der Steppach	53
Abb. 17: Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen am Altbach. Datengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung 2023, EuroGeographics, www.geodaten.bayern.de	60
Abb. 18: Probestellen FGB 9-0 (links) und FGB 9-1 (rechts) am Altbach im April 2023.	61

Abb. 19: Einleitbauwerk FGB 9 (links) und Auslaufstrecke mit Mündung in den Altbach (rechts) im April 2023.	62
Abb. 20: Besiedlungsdichte (Ind./m ²) und Gesamtanzahl der Taxa sowie Anzahl der EPT-Taxa am Altbach	63
Abb. 21: Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen am Sendelbach. Datengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung 2023, EuroGeographics, www.geodaten.bayern.de	67
Abb. 22: Probestellen SKO 6-0 (oben links) und SKO 6-1 (oben rechts) sowie RÜ 7-0 (unten links) und RÜ 7-1 (unten rechts) am Sendelbach im April 2023.	68
Abb. 23: Einleitbauwerk SKO 6 (oben links) und RÜ 7 (oben rechts) sowie massiv aufgestauter Bachlauf (trüb) unmittelbar unterhalb RÜ 7 (unten) im Sendelbach im April 2023.	69
Abb. 24: Kieselalgen und bräunlicher Algenaufwuchs auf Stein (oben links) sowie Feinsedimentauflage in strömungsberuhigtem Bereich (oben rechts) und Müll in Form von schwarzen Folien (unten links) bei SKO 6-1. Bräunlicher Algenaufwuchs auf der Gewässersohle bei RÜ 7-0 (unten rechts). Alle Fotos vom April 2023.	71
Abb. 25: Besiedlungsdichte (Ind./m ²) und Gesamtanzahl der Taxa sowie Anzahl der EPT-Taxa am Sendelbach	72
Abb. 26: Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen am Schlierbach und Brandbach. Datengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung 2023, EuroGeographics, www.geodaten.bayern.de	77
Abb. 27: Probestellen RÜ 11a-0 (oben links) und RÜ 11a-1 (oben rechts) sowie RA 11b-1 (2. Reihe links) und FGB 11-1 (2. Reihe rechts) am Schlierbach. Probestellen DLB 12_13-0 (3. Reihe links) und DLB 12_13-1 (3. Reihe rechts) sowie RÜ 17-0 (unten links) und RÜ 17-1 (unten rechts) am Brandbach. Alle Fotos vom April 2023.	79
Abb. 28: Einleitbauwerk RÜ 11a (oben links), RA 11b (oben rechts) und FGB 11 (Mitte links) am Schlierbach sowie DLB 12/13 (Mitte rechts) und RÜ 17 (unten links) am Brandbach. Hygieneartikel auf der Gewässersohle unterhalb von DLB 12/13 (unten rechts). Alle Fotos vom April 2023.	80
Abb. 29: Uferverbau oberhalb von RÜ 11a (roter Pfeil) (links) sowie Ufererosion unterhalb der MW-EL (rechts) am Schlierbach im April 2023.	81
Abb. 30: Einleitstelle DLB 12/13 mit Spielplatz, Kindergarten (Hintergrund) und Grundschule (rechte Seite).....	82
Abb. 31: Vermutlich bakterieller und heterotropher Bewuchs auf Steinunterseite oberhalb RÜ 17 im April 2023, sowie eine von mehreren Petritrichia-Kolonien unterhalb von RÜ 17 im Juli 2023.	83
Abb. 32: Fadenalgenbestände im Schlierbach unterhalb von RÜ 11a-0 (oben links) sowie auf der betonierten Gewässersohle auf Höhe der Peterbachstraße (oben rechts) im April 2023. Faden- und Grünalgenaufwüchse im fast ausgetrockneten Bachbett am Brandbach in Neunkirchen a. Brand bei DLB 12/13-0 (unten links) und fädige Algen mit weidenden Wasserschnecken (Radix sp.) oberhalb von RÜ 7 in Dormitz (unten rechts) im Juli 2023.	85
Abb. 33: Besiedlungsdichte (Ind./m ²) und Gesamtanzahl der Taxa sowie Anzahl der EPT-Taxa am Schlierbach / Brandbach.	87
Abb. 34: Lage der MW-Einleitstelle und der Probestellen am Ebersbach. Datengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung 2023, EuroGeographics, www.geodaten.bayern.de	94
Abb. 35: Probestellen SKU 14-0 (oben links) und SKU 14-1 (oben rechts) am Ebersbach. Ehemals überstauter Uferbereich am Ebersbach unterhalb von SKU 14-1 (unten). Alle Fotos vom April 2023.	95
Abb. 36: Einleitbauwerk SKU 14 mit Auslaufstrecke (links) und Mündung in den Ebersbach (rechts) im April 2023.	96
Abb. 37: Besiedlungsdichte (Ind./m ²) und Gesamtanzahl der Taxa sowie Anzahl der EPT-Taxa am Ebersbach	97

Abb. 38: Lage der MW-Einleitstelle und der Probestellen am Seelauweihergraben. Datengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung 2023, EuroGeographics, www.geodaten.bayern.de.	101
Abb. 39: Probestellen FGB 14a-0 (links) und FGB 14a-1 (rechts) sowie Drainagerohre (rote Pfeile) zwischen MW-EL und FGB 14a-1 am Seelauweihergraben im April 2023.....	102
Abb. 40: Einleitbereich von FGB 14a (links) und Mündung in den Seelauweihergraben mit Biofilm auf der Wasseroberfläche (rechts) im April 2023. Rote Verfärbungen sind Eisenockerausfällungen.	103
Abb. 41: Besiedlungsdichte (Ind./m ²) und Gesamtanzahl der Taxa sowie Anzahl der EPT-Taxa am Seelauweihergraben.	105
Abb. 42: Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen am Weiherbach. Datengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung 2023, EuroGeographics, www.geodaten.bayern.de.	109
Abb. 43: Probestellen RÜ 19-0 (oben links) und RÜ 19-1 (oben rechts) sowie RÜ 19a-0 (unten links) und RÜ 19a-1 (unten rechts) am Weiherbach im April 2023.	110
Abb. 44: Einleitbauwerk RÜ 19 im April 2023 (oben links) und Juli 2023 mit bakterieller Kahm- haut (oben rechts, unten links) am Weiherbach. Einleitbauwerk RÜ 19a im April 2023 (unten rechts).	111
Abb. 45: „Abwasserpilz“ (Sphaerotilus) auf Stein und Totholz am Weiherbach im April 2023.	113
Abb. 46: Besiedlungsdichte (Ind./m ²) und Gesamtanzahl der Taxa sowie Anzahl der EPT-Taxa am Weiherbach.	113
Abb. 47: Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen am Tennenbach / Kupfergraben. Datengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung 2023, EuroGeographics, www.geodaten.bayern.de.	118
Abb. 48: Probestellen SKO 26-0 (oben links) und SKO 26-1 (oben rechts) am Kupfergraben, SKO 27-0 (Mitte links) und SKO 27-1 (Mitte rechts) sowie RÜB 28-0 (unten links) und RÜB 28-1 (unten rechts) am Tennenbach im April 2023.	119
Abb. 49: Einleitbauwerke SKO 26 (Kupfergraben, oben links), SKO 27 (oben rechts) und RÜB 28 (unten links) mit vorgeschaltetem Regenrückhaltebecken (RRB) (unten rechts) am Tennenbach im April 2023.	120
Abb. 50: Feinsedimenteinträge und starke Ufererosion unterhalb von SKO 26 am Kupfergraben im April 2023.	121
Abb. 51: Besiedlungsdichte (Ind./m ²) und Gesamtanzahl der Taxa sowie Anzahl der EPT-Taxa am Tennenbach.	123
Abb. 52: Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen an der Schwabach von Ost (oben) nach West (unten). Datengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung 2023, EuroGeographics, www.geodaten.bayern.de.	128
Abb. 53: Abflusswerte an der Schwabach am Pegel Erlangen / Schwabach im Zeitraum von Ja- nuar bis November 2023. Quelle: Gewässerkundlicher Dienst (GKD) Bayern.	130
Abb. 54: Heterotropher Bewuchs auf Steinunterseiten bei SKU 23 (links) und SKO 24-1 (rechts) im Mai 2023.....	131
Abb. 55: Probestellen EZG_AVS-0 und SKO 5b-1 (oben links bzw. rechts), SKU 8a-1 und RÜB 8-1 (2. Reihe links bzw. rechts), SKZ 10-0 und SKZ 10-1 (3. Reihe links bzw. rechts) sowie DLB 16_SKO 18-0 und DLB 16_SKO 18-1 (unten links bzw. rechts) an der Schwabach im Mai 2023.	132
Abb. 56: Probestellen RÜB 20a-0 und RÜB 20a-1 (oben links bzw. rechts), SKU 20-1 und SKO 21-0 (2. Reihe links bzw. rechts), SKO 21-1 und SKO 22_SKU 23-1 (3. Reihe links bzw. rechts) sowie SKO 24-1 und DLB 29_1/EZG_AVS-1 (unten links bzw. rechts) an der Schwabach im Mai 2023.	133
Abb. 57: Einleitbauwerke SKO 5b und SKU 8a (oben links bzw. rechts), RÜB 8 und SKZ 10 (Mitte links bzw. rechts) sowie DLB 16_SKO 18 und RÜB 20a (unten links bzw. rechts) an der Schwabach im Mai 2023.	134

Abb. 58: Einleitbauwerke SKU 20 und SKO 21 (oben links bzw. rechts), SKO 22 und SKU 23 (Mitte links bzw. rechts) sowie SKO 24 und DLB 29 (unten links bzw. rechts) an der Schwabach im Mai 2023.	135
Abb. 59: Feinsedimentauflage in der Schwabach unterhalb von SKO 5b (Brücke) im Juli (links) und bedenkliche Flüssigkeit im Auslaufbereich innerhalb des Schachts von SKU 8a im Mai 2023 (rechts).	136
Abb. 60: Ufererosionen unmittelbar unterhalb der Sohlgleite bei RÜB 8 im Mühlkanal der Sendelmühle (links) und unterhalb von SKZ 10 (rechts) im Mai 2023.	137
Abb. 61: Ufererosionen flussab von DLG 29 im Mai 2023.	138
Abb. 62: Massive Algenentwicklung bei MW-EL SKO 5b im Mühlgraben zur Schwabach im Mai 2023.	141
Abb. 63: Kieselalgenbestände auf der Sandsohle sowie Algen auf Wurzeln bei EZG-AVS-0 (oben links bzw. rechts), Fadenalgen auf Steinen bei SKO 5-1 (Mitte links) und bei SKÜ 20-1 (Mitte rechts) sowie auf der Gewässerstrecke mit Sohlsicherung (Beton) bei SKO 22_SKU 23-1 (unten links) und bei DLB 29_EZB-AVS-1 (unten rechts) an der Schwabach im April 2023.	142
Abb. 64: MZB- und Fischfunde in der Schwabach: Wasserkäfer Stictotarus duodecimpustulatus (oben links), Eintagsfliege, Electrogena affinis (oben rechts), Wasserkäfer, Hydraena nigrita (Mitte links) und dessen präpariertes männliches Genital zur Bestimmung (Mitte rechts) sowie Eintagsfliege, Serratella ignita (unten links) und Mühlkoppe (Cottus gobio) bei RÜB 8-1 (unten rechts).	144
Abb. 65: Besiedlungsdichte (Ind./m ²) (oben) und Gesamtanzahl der Taxa sowie Anzahl der EPT-Taxa (unten) an der Schwabach.	145
Abb. 66: Anteil der taxonomischen Gruppen an der Gesamtbesiedlung (%) an der Schwabach. In der Grafik wurden nur Gruppen mit einem Anteil von mind. 3 % berücksichtigt.	146

Tabellenverzeichnis**Seite**

Tab. 1: Übersicht der Bewertungsergebnisse und des ökologischen Zustands von FWK 2_F053 und FWK 2_F054 anhand der biologischen Qualitätskomponenten (QK) gemäß WRRL (3. Bewirtschaftungsplan; LfU 2021)	17
Tab. 2: Übersicht des chemischen Zustands von FWK 2_F053 und FWK 2_F054 gemäß WRRL (3. Bewirtschaftungsplan; LfU 2021)	17
Tab. 3: Übersicht der genutzten Gewässer (Vorfluter) und der Einleitbauwerke des AVS (Reihenfolge jeweils flussabwärts) sowie deren Lage (Verwaltungsgebiet, Ort / Ortsteil) und die jeweils zuständige Behörde.....	18
Tab. 4: Nötige Mischungsverhältnisse von Flusswasser zu Mischwasser zur Einhaltung des Orientierungswerts (OW) bzw. der zulässigen Höchstkonzentration der Umweltqualitätsnorm (ZHK-UQN) nach OGewV (2016) sowie von Toxizitätsgrenzen von Ammoniak nach verschiedenen Literaturangaben jeweils bei Vernachlässigung der Ausgangsbelastung der Gewässer.	24
Tab. 5: Ammoniakkonzentrationen in Abhängigkeit von der Konzentration an NH ₄ -N (aus Nickel et al. (2020a) mit Median: blau; 75 %-Perzentil: grün; Maximalwert: rot), der Temperatur (T) und dem pH-Wert	26
Tab. 6: Klassifizierung des ökologischen Zustands nach der WRRL inkl. Farbcode.....	29
Tab. 7: Abschätzung der jährlichen hydraulischen Belastbarkeit, abhängig von der Anzahl der Geschiebetriebereignisse in Fließgewässern (nach Gammeter 1996, aus LfU 2018).....	31
Tab. 8: Ergebnis der Inaugenscheinnahme der Einleitbauwerke am Eckenbach unter Berücksichtigung der jeweils nachfolgenden Gewässerstrecken im April und Juli 2023	36
Tab. 9: Bewertungsergebnisse der QK MZB am Eckenbach (in Fließrichtung) anhand der WRRL mit Score-Points (0-1). ÖZK = ökologische Zustandsklasse.	40
Tab. 10: Abschätzung der jährlichen hydraulischen Belastbarkeit am Eckenbach (, LfU 2018, nach Gammeter 1996)	41
Tab. 11: Ergebnis der Inaugenscheinnahme der Einleitbauwerke an der Steppach unter Berücksichtigung der jeweils nachfolgenden Gewässerstrecken im April und Juli 2023	51
Tab. 12: Bewertungsergebnisse der QK MZB an der Steppach (in Fließrichtung) anhand der WRRL mit Score-Points (0-1). ÖZK = ökologische Zustandsklasse.	55
Tab. 13: Abschätzung der jährlichen hydraulischen Belastbarkeit an der Steppach (LfU 2018, nach Gammeter 1996)	56
Tab. 14: Ergebnis der Inaugenscheinnahme des Einleitbauwerks am Altbach unter Berücksichtigung der nachfolgenden Gewässerstrecke im April und Juli 2023.....	62
Tab. 15: Bewertungsergebnisse der QK MZB am Altbach (in Fließrichtung) anhand der WRRL mit Score-Points (0-1). ÖZK = ökologische Zustandsklasse.....	64
Tab. 16: Abschätzung der jährlichen hydraulischen Belastbarkeit am Altbach (LfU 2018, nach Gammeter 1996)	65
Tab. 17: Ergebnis der Inaugenscheinnahme der Einleitbauwerke am Sendelbach unter Berücksichtigung der jeweils nachfolgenden Gewässerstrecken im April und Juli 2023	70
Tab. 18: Bewertungsergebnisse der QK MZB am Sendelbach (in Fließrichtung) anhand der WRRL mit Score-Points (0-1). ÖZK = ökologische Zustandsklasse.	73
Tab. 19: Abschätzung der jährlichen hydraulischen Belastbarkeit am Altbach (LfU 2018, nach Gammeter 1996)	74
Tab. 20: Ergebnis der Inaugenscheinnahme der Einleitbauwerke am Schlierbach / Brandbach unter Berücksichtigung der jeweils nachfolgenden Gewässerstrecken im April und Juli 2023	84

Tab. 21: Bewertungsergebnisse der QK MZB am Schlierbach (obere Tabelle) und Brandbach (untere Tabelle) (jeweils in Fließrichtung) anhand der WRRL mit Score-Points (0-1). ÖZK = ökologische Zustandsklasse.....	88
Tab. 22: Abschätzung der jährlichen hydraulischen Belastbarkeit am Schlierbach/Brandbach (LfU 2018, nach Gammeter 1996)	90
Tab. 23: Ergebnis der Inaugenscheinnahme des Einleitbauwerks am Ebersbach unter Berücksichtigung der nachfolgenden Gewässerstrecke im April und Juli 2023.....	96
Tab. 24: Bewertungsergebnisse der QK MZB am Ebersbach (in Fließrichtung) anhand der WRRL mit Score-Points (0-1). ÖZK = ökologische Zustandsklasse.	98
Tab. 25: Abschätzung der jährlichen hydraulischen Belastbarkeit am Ebersbach (LfU 2018, nach Gammeter 1996)	99
Tab. 26: Ergebnis der Inaugenscheinnahme des Einleitbauwerks am Seelauweihergraben unter Berücksichtigung der nachfolgenden Gewässerstrecke im April und Juli 2023.....	103
Tab. 27: Bewertungsergebnisse der QK MZB am Seelauweihergraben (in Fließrichtung) anhand der WRRL mit Score-Points (0-1). ÖZK = ökologische Zustandsklasse.	106
Tab. 28: Abschätzung der jährlichen hydraulischen Belastbarkeit am Seelauweihergraben (LfU 2018, nach Gammeter 1996)	107
Tab. 29: Ergebnis der Inaugenscheinnahme der Einleitbauwerke am Weiherbach unter Berücksichtigung der jeweils nachfolgenden Gewässerstrecken im April und Juli 2023.....	112
Tab. 30: Bewertungsergebnisse der QK MZB am Weiherbach (in Fließrichtung) anhand der WRRL mit Score-Points (0-1). ÖZK = ökologische Zustandsklasse.	115
Tab. 31: Abschätzung der jährlichen hydraulischen Belastbarkeit am Weiherbach (LfU 2018, nach Gammeter 1996)	116
Tab. 32: Ergebnis der Inaugenscheinnahme der Einleitbauwerke am Kupfergraben / Tennenbach unter Berücksichtigung der jeweils nachfolgenden Gewässerstrecken im April und Juli 2023.....	122
Tab. 33: Bewertungsergebnisse der QK MZB am Kupfergraben / Tennenbach (in Fließrichtung) anhand der WRRL mit Score-Points (0-1). ÖZK = ökologische Zustandsklasse.	124
Tab. 34: Abschätzung der jährlichen hydraulischen Belastbarkeit am Kupfergraben / Tennenbach (LfU 2018, nach Gammeter 1996)	125
Tab. 35: Ergebnis der Inaugenscheinnahme der Einleitbauwerke an der Schwabach unter Berücksichtigung der jeweils nachfolgenden Gewässerstrecken im Mai und Juli 2023	139
Tab. 36: Bewertungsergebnisse der QK MZB an der Schwabach (in Fließrichtung) anhand der WRRL mit Score-Points (0-1). ÖZK = ökologische Zustandsklasse.	147
Tab. 37: Abschätzung der jährlichen hydraulischen Belastbarkeit an der Schwabach (LfU 2018, nach Gammeter 1996)	149
Tab. 38: Berechnung potentieller Ammoniakkonzentrationen an der Schwabach.	150
Tab. 39: Maßnahmen zur Verminderung akuter hydraulischer und stofflicher Gewässerbelastungen durch Misch- und Niederschlagswassereinleitungen, geändert nach HMUELV 2012, entnommen aus ÖKON (2021).	159

Abkürzungsverzeichnis

ACP	allgemein chemische und physikalisch chemische Parameter
AVS	Abwasserverband Schwabachtal
BÜ	Beckenüberlauf
EJ	Expert Judgement
EL	Einleitung
EW	Einwohnerwerte
EZG	Einzugsgebiet
FFB	Fischereifachberatung
GK	Größenklasse
GSK	Gewässerstrukturkartierung
KA	Kläranlage
KG	Klassengrenze
KÜ	Klärüberlauf
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
Lkr	Landkreis
MW-EL	Mischwasser-Einleitstelle
MZB	Makrozoobenthos
NH ₃	Ammoniak
NH ₃ -N	Ammoniak-Stickstoff
NH ₄ -N	Ammonium-Stickstoff
o-Phosphat-P	ortho-Phosphat-Phosphor
OGewV	Oberflächengewässerverordnung (2016)
OT	Ortsteil
OW	Orientierungswert nach OGewV (2016)
ÖZK	Ökologische Zustandsklasse
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PS	Probestelle
QK	Qualitätskomponente
RRB	Regenrückhaltebecken
SA	Salmoniden-Adulttiere
SB	Salmoniden-Brut
SI	Saprobienindex
TP	Gesamtphosphor
UG	Untersuchungsgebiet
UQN	Umweltqualitätsnorm
WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
WWA KC	Wasserwirtschaftsamt Kronach
WWA N	Wasserwirtschaftsamt Nürnberg
ZHK	Zulässige Höchstkonzentration nach OGewV (2016)

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Der Abwasserverband Schwabachtal (AVS) ist zuständig für die Weiterleitung der anfallenden Abwässer seiner 10 Mitgliedsgemeinden (Gem. Uttenreuth, Gem. Marloffstein, Gem. Spardorf, Gem. Bruckenhof, Gem. Hetzles, Markt Neunkirchen am Brand, Gem. Dormitz, Gem. Kleinsendelbach, Markt Eckental, Markt Heroldsberg) zur Kläranlage Erlangen. Zusammen mit seinen Mitgliedsgemeinden betreibt der AVS 39 Mischwasser-Entlastungsanlagen mit 37 Einleitstellen in die Schwabach (Gewässer II. Ordnung) und ihren Zuflüssen. Diese sind mitunter abflussschwach und können im Sommer trockenfallen, wodurch sich im Entlastungsfall ungünstige Mischungsverhältnisse zwischen Fluss- und Mischwässern ergeben können, was von Seiten der Wasserwirtschaft kritisch gesehen wird. Für die Einleitung von Mischwässern, für die aktuell lediglich eine beschränkte Erlaubnis vorliegt, möchte der AVS eine neue wasserrechtliche Genehmigung beantragen. Die Landratsämter Erlangen-Höchstadt und Forchheim sowie die Wasserwirtschaftsämter Nürnberg (WWA N) und Kronach (WWA KC) fordern im Rahmen des wasserrechtlichen Genehmigungsverfahrens die Durchführung gewässerökologischer Untersuchungen unter Berücksichtigung des LfU-Merkblattes Nr. 4.4/22 „Anforderungen an die Einleitungen von Schmutz- und Niederschlagswasser“ (Stand März 2018).

Hierfür wurde das Büro für Gewässerökologie und Faunistik (Dipl.-Biol. C. Parzefall), Nittendorf, vom AVS beauftragt. Der Untersuchungsumfang wurde am 16.02.2023 vorab im Rahmen eines Besprechungstermins in den Räumlichkeiten des WWA N unter Teilnahme des WWA N (Frau Dr. Frühauf, Herr Haller), des AVS (Frau Robel) und von Herrn Dipl.-Biol. C. Parzefall (vormals für die ÖKON GmbH tätig) diskutiert und abgestimmt.

Bezugnehmend auf das LfU-Merkblatt Nr. 4.4/22 forderte das WWA N eine Einzelbetrachtung aller Einleitstellen an den jeweiligen Gewässern sowie die Gesamtbetrachtung der Schwabach ober- und unterhalb der Einleitungen des AVS (Vorher/Nachher-Vergleich) unter biologischen, hydromorphologischen (Inspektion der Gewässer auf hydraulische Schäden bzw. Beeinträchtigungen) und - soweit Daten vorhanden - wasserchemischen Aspekten. Im Rahmen der biologischen Untersuchungen waren laut WWA N insbesondere die Erhebung und Bewertung der biologischen Qualitätskomponente (QK) Makrozoobenthos (wasserwirbellose Tiere; kurz: MZB), eine Abschätzung zur Verfügbarkeit von Refugialräumen und des Wiederbesiedlungspotentials der jeweiligen Gewässerstrecken, flankierend von Inaugenscheinnahmen der Gewässer hinsichtlich des Wasserpflanzen- und Algenaspekts, durchzuführen.

Im vorliegenden Gutachten werden Methodik sowie Ergebnisse der gewässerökologischen Untersuchungen dargestellt und hinsichtlich der Fragestellungen, insbesondere bezüglich der Einhaltung der Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer (§ 27 Wasserhaushaltsgesetz: Verschlechterungsverbot, Zielerreichungsgebot) bewertet sowie Maßnahmenempfehlungen gegeben.

2 Untersuchungsgebiet, Einleitstellen und Lage der Probestellen

2.1 Untersuchungsgebiet und Charakterisierung der Schwabach sowie ihrer Nebengewässer

Das Untersuchungsgebiet (UG) lag östlich von Erlangen in den Regierungsbezirken Ober- und Mittelfranken, innerhalb der Landkreise Forchheim und Erlangen-Höchstadt und ist Bestandteil der Naturraum-Haupteinheit D59 „Fränkisches Keuper-Liasland“ (Abb. 1).

Es umfasste die Gemeinden Buckenhof, Dormitz, Eckental, Heroldsberg, Hetzles, Kleinsendelbach, Marloffstein, Neunkirchen a. Brand, Spardorf und Uttenreuth, aus welchen der AVS Mischwässer aufammelt und im Entlastungsfall in die Schwabach im Bereich zwischen Eckental und dem Stadtgebiet Erlangen sowie in 9 weitere Fließgewässersysteme (Bäche) einleitet. Im Konkreten waren dies die nördlichen Schwabachzuläufe, Sendelbach, Schlierbach/Brandbach mit Seelauweihergraben und Ebersbach, Weiherbach, Kupfergraben/Tennenbach sowie die von Süden zufließenden Bäche, Eckenbach, Steppach und Altbach.

Die Schwabach (Gesamtlänge ca. 33 km, Einzugsgebiet ca. 188,5 km²) entspringt als abflussstärkstes und bedeutendstes Gewässer des UG aus mehreren Quellaustritten am Osthang des Hetzleser Bergs oberhalb der Ortschaft Pommer im Regierungsbezirk Oberfranken (Landkreis Forchheim) und fließt zunächst Richtung Osten. Kurz nach Zufluss des zweiten Hauptquellbaches (Vordere Schwabach) knickt sie gen Südosten ab und wird auf ihrem Lauf nach Igensdorf von weiteren Quellbächen gespeist. Auf Höhe von Forth (Regierungsbezirk Mittelfranken; Landkreis Erlangen-Höchstadt) setzt sich ihr Lauf in westlicher Richtung fort. Dabei passiert sie u.a. die Gemeinden Eckental, Brand, Kleinsendelbach, Dormitz, Uttenreuth und Buckenhof, sowie das Trinkwasserschutzgebiet um den Dormitzer und Buckenhofer Forst. Im Stadtgebiet Erlangen mündet die Schwabach letztendlich in die Regnitz.

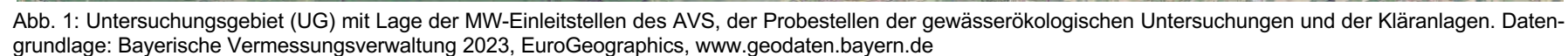
Im Bereich des UG (Eckental bis Stadtgebiet Erlangen) ist die Schwabach als Gewässer II. Ordnung eingestuft und Bestandteil des Flusswasserkörpers (FWK) 2_F054 „Schwabach von Einmündung Eckenbach“. Innerhalb der biozönotisch bedeutsamen Fließgewässertypen ist sie dem Gewässertyp 9.1K „Karbonatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse des Keupers“ zuzuordnen. Gewässer dieses Typs weisen in der Regel kastenförmige Gewässerbetten mit steilen, z. T. überhängenden Ufern und Uferabbrüchen auf, wobei Prall- und Gleithänge deutlich ausgebildet sind. Als Substrate überwiegen Sand und Lehm mit wenigen Sandsteinen oder kurzen, kiesigen Strecken und Schotteranteilen. Die Substratvielfalt wird durch Totholz und schlammige Sedimente erhöht. Auf Grund von geringem Gefälle fließen die Gewässer in der Regel träge und weisen infolge eines erhöhten Anteils an feinen Tonmineralien meist eine gewisse Trübung auf (Pottgiesser 2018).

Die untersuchungsrelevanten Bäche (Gewässer III. Ordnung), Eckenbach und Brandbach (im Oberlauf bei Hetzles noch als Schlierbach bezeichnet) werden u. a. zusammen mit dem Oberlauf der Schwabach wasserwirtschaftlich dem FWK 2_F053 „Brandbach; Schwabach bis Einmündung Eckenbach; Eckenbach; Mühlbach (Lkr. Erlangen-Höchstadt); Mühlbach (Lkr. Forchheim), Aubach; Lillach“ zugeordnet. Der prägende Gewässertyp ist Typ 7: „Grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche“. Derartige Gewässer kommen als Einbett-

gerinne in Kerb-, Mulden- oder Sohlentälern in einem gestreckt bis stark geschwungenen Verlauf vor, wobei die Gewässersohle von Grobmaterial (Steine und Schotter) dominiert wird. In strömungsärmeren Bereichen (Ufer, Stillen) finden sich ferner feinkörnigere Substrate wie Sand und Schlamm, bei temporären Gewässern zudem viel organisches Material wie Falllaub und Totholz. Neben Gewässern mit permanenter Wasserführung treten bei Gewässertyp 7 häufig auch Gewässer mit zeit- und abschnittweisem Trockenfallen, einhergehend mit entsprechend großen Abflussschwankungen auf (Pottgiesser 2018).

Allen weiteren Bächen des Untersuchungsgebietes (Gewässer III. Ordnung) werden offiziell keinem FWK zugeordnet und sind dementsprechend auch nicht typisiert, können jedoch ebenfalls als Fließgewässertyp 7 charakterisiert werden.

Auf Grund ihres Verlaufs waren sämtliche Bäche des UG mitunter stark durch den fränkischen Sandkeuper beeinflusst, wodurch ein hoher Anteil an Feinsubstraten (Sande) auf der Gewässersohle vorliegen kann.



2.2 Aktueller ökologischer und chemischer Zustand der FWK nach WRRL

Mit der Verabschiedung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) im Jahr 2000 wurden für alle EU-Mitgliedsstaaten einheitlich geltende Umweltziele zum Schutz des Grundwassers und der Oberflächengewässer aufgestellt. Ziel ist das Erreichen des guten ökologischen und chemischen Zustands für natürliche Wasserkörper bzw. des guten ökologischen Potentials und chemischen Zustands für künstliche und erheblich veränderte Wasserkörper bis spätestens 2027. Ferner gilt grundsätzlich für alle Gewässer das Verschlechterungsverbot und für jene, die die geforderte ökologische Einstufung bisher verfehlen, das Verbesserungsgebot. Mit dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG 2009, zuletzt geändert am 03.07.2023) und der novellierten Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) wurden die Anforderungen der WRRL in nationales Recht umgesetzt.

Im Zuge der WRRL wird von Seiten der bayerischen Wasserwirtschaft in regelmäßigen Abständen der gewässerökologische und chemische Zustand der Grund- und Oberflächengewässer an repräsentativen Messstellen ermittelt (WRRL-Monitoring). Für die beiden FWK des UG erfolgt dies anhand der biologischen Qualitätskomponenten, MZB, Makrophyten und Phytobenthos inkl. Diatomeen (Wasserpflanzen und Aufwuchsalgen inkl. der Kiesalgen) und der Fische. Ferner wird der chemische Zustand anhand der Einhaltung / Überschreitung von Umweltqualitätsnormen prioritärer und flussgebietspezifischer Stoffe ermittelt, flankierend von Erhebungen physikalisch-chemischer Parameter.

Für FWK 2_F053 „Brandbach; Schwabach bis Einmündung Eckenbach; Eckenbach; Mühlbach (Lkr Erlangen-Höchstadt); Mühlbach (Lkr Forchheim), Aubach; Lillach“ befindet sich die WRRL-Messstelle an der Schwabach bei Igensdorf (Messstellenname: „Igensdorf, unterhalb Straßenbrücke nach Stöckach“) im Landkreis Forchheim und fällt damit in das Einzugsgebiet des WWA KC. Die WRRL-Messstelle für FWK 2_F054 „Schwabach von Einmündung Eckenbach“ liegt an der Schwabach unterhalb der Uttenreuther Mühle (Messstellenname: „Straßenbrücke unterhalb Uttenreuther Mühle“) im Lkr Erlangen-Höchstadt und fällt damit in den Verantwortungsbereich des WWA N.

Die aktuell veröffentlichten gewässerökologischen und chemischen Zustände der beiden FWK, die die Grundlage des aktuellen Gewässerbewirtschaftungsplans für 2022-2027 darstellen, stammen aus dem 3. Monitoringzeitraum (Stand Dezember 2021; Periode 2014 - 2019) und sind in Tab. 1 dargestellt. Daten aus aktuelleren Erhebungen der biologischen QK sind auf Grund von ausstehenden Plausibilisierungsprüfungen derzeit noch nicht gänzlich veröffentlicht. Bereits plausibilisierte Daten wurden vom WWA N und WWA KC zur Verfügung gestellt und ergänzend aufgeführt.

Gewässerökologischer Zustand von FWK 2_F053:

Gemäß des worst-case Prinzips wird der gewässerökologische Zustand für FWK 2_F053 aktuell als „mäßig“ beurteilt (LfU 2021a), was auf die „mäßigen“ Bewertungsergebnisse der QK MZB (Erhebung 2017) und Fische (Erhebungen 2015, 2016) zurückzuführen ist (Tab. 1). Die Fischzönose weist in der oberen Schwabach eine fischregionstypische Zusammensetzung mit Arten der oberen (Epirhithral) und unteren (Metarhithral) Forellenregion (Bachforelle (*Salmo trutta*), Bachneunauge (*Lampetra planeri*), Koppe (*Cottus gobio*), Bachschmerle

(*Barbatula barbatula*)) auf. Für das mäßige Ergebnis ist ein Fehlen von Mitteldistanzwandern wie beispielsweise der Rutte (*Lota lota*) ursächlich, was auf Durchgängigkeitsdefizite (Lebensraumzerstückelung) der Schwabach zurückzuführen ist (pers. Mitteilung, Fischereifachberatung (FFB) Oberfranken, am 14.08.2023). Das mäßige Ergebnis beim MZB liegt im Modul Allgemeine Degradation (Score: 0,55) begründet, was auf strukturelle Defizite hinweist. Das Modul reagiert jedoch durchaus auch auf stoffliche/chemische Belastungen. Das Modul Saprobie (SI = 1,84) als Maß für die organische Belastung eines Gewässers wird mit „gut“ bewertet, ebenso die QK Makrophyten & Phytobenthos (Erhebung 2016) (Diatomeen: „mäßig“; Makrophyten: „sehr gut“; Phytobenthos „mäßig“).

Gewässerökologischer Zustand von FWK 2_F054:

Der FWK an der unteren Schwabach mit Messstelle in Uttenreuth wird derzeit nach dem Prinzip des worst-case mit „unbefriedigend“ bewertet (LfU 2021b). Während die QK MZB (Erhebung 2017) anhand der Module Saprobie (SI = 2,12) und Allgemeine Degradation (Score: 0,70) und damit auch in der Gesamtbewertung als „gut“ eingestuft wird, erzielt die QK Makrophyten & Phytobenthos (Erhebung 2017) nur ein „mäßiges“ (Diatomeen: „mäßig“; Makrophyten: „unbefriedigend“; Phytobenthos: „gut“) Bewertungsergebnis. Die QK Fische (aggregierte Erhebungen von 2011, 2012, 2017, 2018 und 2020) wird lediglich als „unbefriedigend“ eingestuft. Die Ursachen hierfür sind multifaktoriell, als Hauptgründe sind die fehlende Durchgängigkeit und Feinsedimenteinträge, eine zu geringe Dotation von Restwasserstrecken sowie fehlende Unterstände im Bereich der Befischungsstrecke zu nennen (pers. Mitteilung, FFB Mittelfranken, am 16./17.10.2023).

Die Ergebnisse der WRRL-Beprobungen von 2020 hinsichtlich der QK MZB sowie Makrophyten & Phytobenthos waren zum Zeitpunkt der Berichtserstellung noch nicht veröffentlicht, jedoch bereits vom WWA N plausibilisiert und daher an dieser Stelle zu nennen. Die QK MZB erzielte eine „gute“ Zustandsklasse (Saprobie: SI = 2,11 „gut“; Degradation: Score = 0,599 via Expert Judgement „gut“), während die QK Makrophyten & Phytobenthos weiterhin mit „mäßig“ zu bewerten war (pers. Mitteilung, WWA N, am 16.10.2023).

Chemischer Zustand von FWK 2_F053 und FWK 2_F054:

Gemäß des 3. Bewirtschaftungsplans mit Erhebungen der Wasserchemie im Jahr 2017 wird der chemische Zustand beider FWK als „nicht gut“, ohne ubiquitäre Schadstoffe (Quecksilber, Summe 6-BDE) als „gut“ bewertet (Tab. 2) (LfU 2021a,b).

Die Orientierungswertvorgaben der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter (ACP) nach OGewV (2016) wurden 2017 bei FWK 2_F053 eingehalten.

An der unteren Schwabach (FWK 2_F054) lagen im Jahresmittel 2017 Orientierungswertüberschreitungen nach OGewV (2016) hinsichtlich von Stickstoff- (Ammonium-N, Ammoniak-N) und Phosphorkomponenten (ortho-Phosphat-P, Gesamt-P) vor.

Im Gewässerkundlichen Dienst Bayern (GKD) sind ferner Wasserchemiedaten von 2019 (FWK 2_F053) bzw. 2020 (FWK 2_F054) hinterlegt (letzter Abruf: 13.10.2023), die jedoch keinen Einzug mehr in den 3. Bewirtschaftungsplan fanden und hier ergänzend erwähnt sei-

en. In den entsprechenden Beprobungszeiträumen ergaben sich bei FWK 2_F054 Orientierungswertüberschreitungen für ortho-Phosphat-P und Gesamt-P.

Tab. 1: Übersicht der Bewertungsergebnisse und des ökologischen Zustands von FWK 2_F053 und FWK 2_F054 anhand der biologischen Qualitätskomponenten (QK) gemäß WRRL (3. Bewirtschaftungsplan; LfU 2021)

FWK-Code	FWK-Name	Status FWK	Ökologischer Zustand	MZB Gesamt	MZB Saprobie	MZB Degradation	Makrophyten & Phytobenthos	Fische
2_F053	Brandbach; Schwabach bis Einmündung Eckenbach; Eckenbach; (...)	natürlich	mäßig	mäßig	gut	mäßig	gut	mäßig
2_F054	Schwabach von Einmündung Eckenbach	natürlich	unbefried.	gut	gut	gut	mäßig	unbefried.

Tab. 2: Übersicht des chemischen Zustands von FWK 2_F053 und FWK 2_F054 gemäß WRRL (3. Bewirtschaftungsplan; LfU 2021)

FWK-Code	FWK-Name	Status FWK	Verfehlung Orientierungswert	Überschreitung prioritärer Stoffe	Überschreitung fluss-gebietspezif. Stoffe	Chemischer Zustand mit ubiquitären Stoffen	Chemischer Zustand ohne ubiquitäre Stoffe
2_F053	Brandbach; Schwabach bis Einmündung Eckenbach; Eckenbach; (...)	natürlich	-	Summe 6-BDE, Hg-ges.	-	nicht gut	gut
2_F054	Schwabach von Einmündung Eckenbach	natürlich	NH ₄ -N, NH ₃ -N, o-PO ₄ -P, P-ges.	Summe 6-BDE, Hg-ges.	-	nicht gut	gut

2.3 Einleitstellen des AVS

Der AVS und seine Mitgliedsgemeinden betreiben im UG insgesamt 39 Bauwerke zur Aufsammlung und Weiterleitung von Mischwässern, davon befinden sich 14 an der Schwabach im Bereich zwischen Eckental und dem Stadtgebiet Erlangen sowie 25 weitere an nördlichen und südlichen Nebengewässern bzw. Zuläufen der Schwabach. Eine Übersicht der vom AVS betriebenen Bauwerke und der hierfür als Vorfluter genutzten Gewässer ist in Tab. 3 dargestellt.

Die Bauwerke RÜ 2a und RÜ 2b an der Steppach sowie DLB 16 und SKO 18 an der Schwabach besitzen jeweils eine gemeinsame Einleitstelle, so dass der AVS im UG insgesamt über 37 Einleitstellen verfügt, wobei die Klärüberläufe (KÜ) von DLB 1a und RÜB 3

neben den Beckenüberläufen (BÜ) separate Einleitstellen aufweisen, die jedoch zu den Hauptbauwerken gezählt werden.

Tab. 3: Übersicht der genutzten Gewässer (Vorfluter) und der Einleitbauwerke des AVS (Reihenfolge jeweils flussabwärts) sowie deren Lage (Verwaltungsgebiet, Ort / Ortsteil) und die jeweils zuständige Behörde. Erl.-Hö. = Lkr. Erlangen-Höchststadt, Fo. = Lkr. Forchheim, Erl. = Stadt Erlangen.

Gewässer	Bauwerk	Verwaltungsgebiet	Ort / Ortsteil	Lkr./Stadt
Eckenbach	RÜ 1	Markt Eckental	Eckental / Eckenhaide	Erl.-Hö.
	DLB 1a /KÜ	Markt Eckental	Eckental / Eckenhaide	Erl.-Hö.
Steppach	FGB 9a	Markt Heroldsberg	Heroldsberg / Kleingeschaidt	Erl.-Hö.
	RÜ 2a	Markt Eckental	Eckental / Eschenau	Erl.-Hö.
	RÜ 2b	Markt Eckental	Eckental / Eschenau	Erl.-Hö.
	RÜB 2	Markt Eckental	Eckental / Eschenau	Erl.-Hö.
	RÜB 3 / KÜ	Markt Eckental	Eckental / Brand	Erl.-Hö.
	SKU 4a	Markt Eckental	Eckental / Brand	Erl.-Hö.
	RÜB 4	Markt Eckental	Eckental / Brand	Erl.-Hö.
	FGB 5a	Markt Eckental	Eckental / Brand	Erl.-Hö.
Altbach	FGB 9	Markt Eckental	Eckental / Oberschöllnbach	Erl.-Hö.
Sendelbach	SKO 6	Markt Neunkirchen	Neunkirchen a. B. / Großenbuch	Fo.
	RÜ 7	VG Dormitz	Kleinsendelbach / Schellenberg	Fo.
Seelauweihergraben	FGB 14a	Markt Neunkirchen	Neunkirchen a.B.	Fo.
Schlierbach/ Brandbach	RÜ 11a	VG Dormitz	Hetzles	Fo.
	RA 11b	VG Dormitz	Hetzles	Fo.
	FGB 11	VG Dormitz	Hetzles	Fo.
	DLB 12/13	Markt Neunkirchen	Neunkirchen a.B.	Fo.
	RÜ 17	VG Dormitz	Dormitz	Fo.
Ebersbach	SKU 14	Markt Neunkirchen	Neunkirchen a.B.	Fo.
Weiherbach	RÜ 19a	VG Uttenreuth	Uttenreuth / Weiher	Erl.-Hö.
	RÜ 19	Markt Neunkirchen	Neunkirchen a. B. / Rosenbach	Fo.
Tennenbach (mit Kupfergraben)	SKO 26	VG Uttenreuth	Marloffstein	Erl.-Hö.
	SKO 27	VG Uttenreuth	Spardorf	Erl.-Hö.
	RÜB 28	VG Uttenreuth	Spardorf	Erl.-Hö.
Schwabach	SKO 5b	Markt Eckental	Eckental / Brand	Erl.-Hö.
	SKU 8a	VG Dormitz	Kleinsendelbach / Steinbach	Fo.
	RÜB 8	VG Dormitz	Kleinsendelbach	Fo.
	SKZ 10	Markt Eckental	Eckental / Unterschöllnbach	Erl.-Hö.
	DLB 16	VG Dormitz	Dormitz	Fo.
	SKO 18	VG Dormitz	Dormitz	Fo.
	RÜB 20 a	VG Uttenreuth	Uttenreuth / Weiher	Erl.-Hö.
	SKU 20	VG Uttenreuth	Uttenreuth / Weiher	Erl.-Hö.
	SKO 21	VG Uttenreuth	Uttenreuth	Erl.-Hö.
	SKU 23	VG Uttenreuth	Uttenreuth	Erl.-Hö.
	SKO 22	VG Uttenreuth	Uttenreuth	Erl.-Hö.
	SKO 24	VG Uttenreuth	Uttenreuth	Erl.-Hö.
	SKO 30a	VG Uttenreuth	Buckenhof	Erl.-Hö.
	DLB 29	VG Uttenreuth	Spardorf	Erl.

Anhand des Vergleichs von Summenhäufigkeitsverteilungen von Überlaufauern und -häufigkeiten wurde nach Baumann et al. (2017) die Entlastungsaktivität (Ranking) an den Bauwerken des AVS anhand der Daten der Schmutzfrachtberechnung (Dr. Resch + Partner

2021) und den vom AVS erhobenen Messwerten an den Bauwerken (Wasserstandsmessungen mit anschließender mathematischer Berechnung der Entlastungsmengen anhand der Poleni-Wehrformel) ermittelt, wobei zwischen den beiden Beckenarten, Durchlaufbecken und Fangbecken, unterschieden wird (s. Anhang D). Hinsichtlich der Häufigkeiten zeigte sich anhand der Schmutzfrachtberechnung an den meisten Bauwerken eine „sehr häufige“ Entlastung (Anzahl 24), ferner fanden sich die Kategorien „häufig“ (Anzahl 6), „durchschnittlich“ (Anzahl 1), „selten“ (Anzahl 2) und „sehr selten“ (Anzahl 6). Die Überlaufdauer war überwiegend als „durchschnittlich“ (Anzahl 15) zu bewerten, daneben als „kurz“ (13) bzw. „sehr kurz“ (10) und „sehr lang“ (Anzahl 1). Auf Grund von fehlenden oder defekten Messeinrichtungen standen nicht für alle Bauwerke Messwerte zur Verfügung. Diejenigen, die für die Jahre 2020 bis 2022 vorlagen (s. Anhang E), waren zumeist in sich stimmig. Für das Entlastungsverhalten ergaben sich mitunter deutliche Änderungen zur Schmutzfrachtberechnung (s. Anhang D).

In der Gesamtbetrachtung war die Überlaufaktivität von RÜB 16 mit einer „sehr häufigen“ und zugleich „sehr langen“ Entlastung sowohl hinsichtlich der Schmutzfrachtberechnung als auch anhand der Messwerte besonders auffällig. Ferner war im Rahmen der Messungen das Entlastungsverhalten von SKO 21 und SKO 2 ebenfalls mit „sehr häufig“ und „sehr lang“ zu bewerten. Gleiches galt für RÜ 17 und SKU 20, wobei für beide Bauwerke möglicherweise ein Mess- oder Berechnungsfehler vorlag.

Es sei anzumerken, dass die Einstufungen nach Baumann et al. (2017) von der Datenqualität der Schmutzfrachtberechnung und den Messwerten abhängig waren, welche jedoch immer auch gewissen Unsicherheiten unterliegen. Für etliche Bauwerke ergaben sich deutliche Diskrepanzen zwischen Schmutzfrachtberechnung und erhobenen Messwerten. Baumann et al. (2017) wiesen darauf hin, dass ermittelte Entlastungsvolumina anhand gemessener Wasserstände aus physikalischen Gründen sehr stark fehlerbehaftet sein können, insbesondere bei geringen Überfallhöhen von wenigen Zentimetern oder Millimetern, die aber einen Großteil des jährlichen Entlastungsgeschehens ausmachen können. So können sich Unsicherheiten bei der Wasserstandsmessung von nur wenigen Millimetern in Unsicherheiten beim errechneten Entlastungsvolumen von mehreren 100 % niederschlagen (Baumann et al. 2017). Im Rahmen der Untersuchungen von Mischwasserentlastungen in Bayern (Nickel et al. 2020a,b) empfahlen die Autoren die Verwendung von realen Messwerten jenen der Schmutzfrachtberechnung vorzuziehen, schränkten jedoch ein, dass die Messungen an den Bauwerken einem sehr hohen technischen Anspruch und größter Sorgfalt unterliegen (Kapitel 3).

Bauwerke, deren jährliche Entlastungsmengen nach Ermittlung über die Schmutzfrachtberechnung im Vergleich zu jenen aus den Messungen möglicherweise deutlich überschätzt wurden, waren RÜ 1 (Eckenbach) (mit Vorsicht, da Daten für 2022 fehlen), FGB 11 (Schlierbach), RÜB 8, SKO 18 und SKO 24 (Schwabach). Die Bauwerke RÜ 17 (Brandbach), RÜB 16, SKU 23 (!), SKO 30a (!) (alle Schwabach) sowie RÜ 7 (Sendelbach) und RÜB 3 (!) (Steppach) wiesen dagegen deutlich höhere Entlastungsmengen im Rahmen der Messungen auf (s. Anhang D). Insgesamt zeigte sich, dass im Entlastungsfall durchaus hohe durchschnittliche Abflüsse für beide Ermittlungsvarianten vorlagen, die die natürlichen Gewässerabflüsse um ein Vielfaches übersteigen können.

3 Qualitative Untersuchung von Mischwasserentlastungen in Bayern

Im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) wurden vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) in einem umfangreichen Monitoringvorhaben über einen Zeitraum von 3 Jahren Untersuchungen an 10 Mischwasserentlastungsanlagen in Bayern durchgeführt (Nickel et al. 2020a). Die Untersuchungen beinhalteten 3 Messkampagnen:

- Abschätzung der mittleren Belastung aus Mischwasserentlastungen anhand konventioneller Abwasserparameter, 12 Schwermetallen und 34 organischen Mikroschadstoffen (Messkampagne 1)
- Wirksamkeit von Mischwasserbehandlungsanlagen (Messkampagne 2)
- Dynamik von Stoffkonzentrationen während Entlastungsereignissen (Messkampagne 3)

In Zuge des Forschungsvorhabens stellte sich heraus, dass nicht kalibrierte Schmutzfrachtmmodelle unter Berücksichtigung langjähriger Niederschlagsdaten in ihrer Anwendung begrenzt sind. Für eine verlässliche Ermittlung der tatsächlichen Entlastungsmengen empfehlen Nickel et al. (2020a) die Durchführung von Messungen trotz bestehender Messunsicherheiten (limitierte Messgenauigkeit bei Wasserstandsmessungen, daher hoher Unsicherheitsbereich). Hinsichtlich der Messungen wiesen die Autoren ferner auf den hohen technischen Anspruch der Abflussmessung an Entlastungsbauwerken auf der Basis von Wasserstandsmessungen und eine Vielzahl an möglichen Fehlerquellen hin. In diesem Zuge forderten Nickel et al. (2020a) die Sensibilisierung von Anlagenbetreibern für die Relevanz der erhobenen Daten sowie eine hohe Sorgfalt bei der Einrichtung, Überprüfung und Wartung der Messstellen, den mathematischen Funktionen zur Abflussberechnung sowie kritische Qualitätssicherungs- und Plausibilisierungsmaßnahmen.

Relevanz der Stoffeinträge aus Mischwasserentlastungen

Die Wasseranalytik zeigte, dass Mischwasserentlastungsabflüsse mit schmutzwasserbürtigen sowie von Oberflächen abgespülten Schadstoffen belastet sind (Nickel et al. 2020b). Aus den Daten zu Messkampagne 1 wurden repräsentative Stoffkonzentrationen für Bayern abgeleitet sowie mittlere flächenspezifische Jahresfrachten berechnet, welche für die Ableitung von Oberflächenpotentialen für weitergehende Stoffeintragsmodellierungen genutzt werden können. Eine modellierte urbane Wasserbilanz für Bayern aus MoRE (Modelling of Regionalized Emissions) ergab, dass über Mischwasserentlastungen in Relation zu Kläranlagen und Regenwassereinleitungen relevante Frachtanteile von Schwermetallen (insbesondere Blei (Pb), Cadmium (Cd) und Quecksilber (Hg), da überwiegend partikulärer Transport) und PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) in Gewässer eingetragen werden (Abb. 2). Unter letzteren befinden sich ubiquitäre, persistente, bioakkumulative und toxische Stoffe (uPBT) wie Quecksilber, Benzo(a)pyren, Benzo(ghi)perylen, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Benzo(b)fluoranthren und Benzo(k)fluoranthren, welche häufig für die Zielverfehlung eines guten chemischen Zustands nach WRRL ursächlich sind (Nickel et al. 2020a). PAK sind langlebige und giftige Kohlenstoffverbindungen, die bei der unvollständigen Verbrennung entstehen. Beispielsweise sind PAK in Straßenabwässern enthalten, die aus der Kraftstoffverbrennung, dem Reifen- sowie dem Straßenabrieb stammen. MW-Einleitungen tragen fer-

ner relevante Frachtanteile (etwa 15 %) zur Gesamtemission von Phosphor aus dem urbanen Raum bei (Nickel et al. 2020a,b).

Es zeigte sich, dass Mischwasserentlastungen bei geringer Verdünnungsleistung des Vorfluters für einzelne PAK zu Qualitätszielüberschreitungen der mit akuten Wirkungen auf aquatische Organismen verknüpften zulässigen Höchstkonzentration (ZHK-UQN) gemäß Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) führen können (Nickel et al. 2020a). Qualitätszielüberschreitungen der Jahresdurchschnittswerte (JD-UQN) waren laut Angaben der Autoren auf Grund von Mischwasserentlastungen unter Berücksichtigung durchschnittlicher jährlicher Entlastungsdauern nicht zu erwarten.

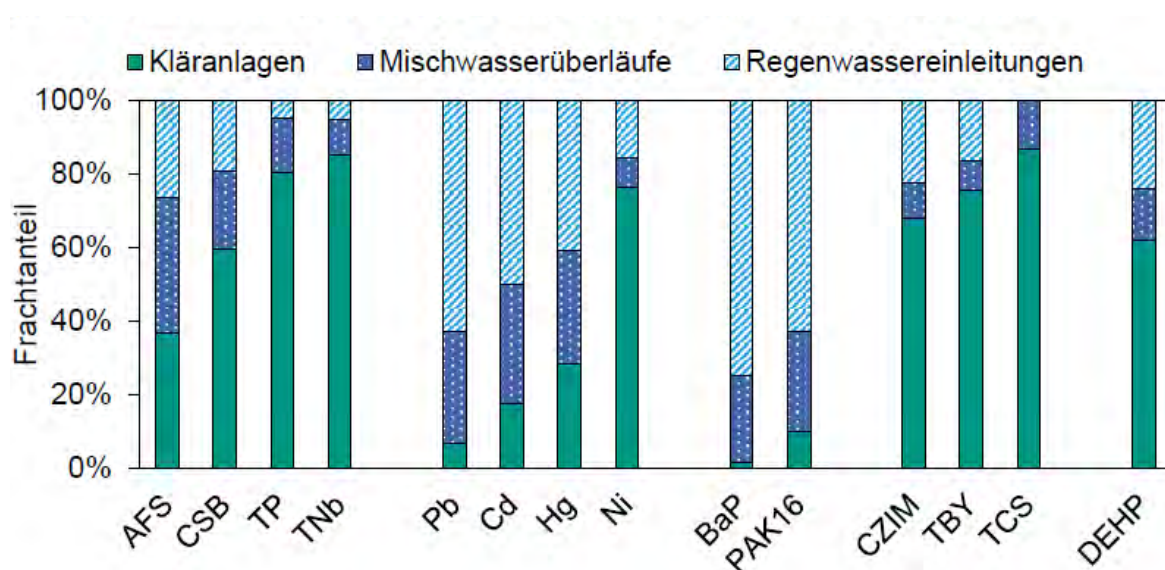


Abb. 2: Mittlere jährliche Einträge von AFS, CSB, Phosphor (TP), Stickstoff (TNb), der Schwermetalle Pb, Cd, Hg und Ni, von Benzo(a)pyren (BaP) sowie der Summe von 16 Einzel-PAK (PAK 16), der Biozide Carbendazim (CZIM), Terbutryn (TBY) und Triclosan (TCS), sowie von DEHP (Diethylhexylphthalat) aus urbanen Systemen in die Fließgewässer Bayerns. Grafik aus Nickel et al. (2020b).

Wirksamkeit der Mischwasserbehandlungsanlagen

Als Zielparamester zum Vergleich der Anlagenwirksamkeit wurde die Feststofffraktion < 63 µm (AFS63) aus DWA-A 102/BWK-A 3 (Entwurf) festgelegt, die an allen Anlagen in hohen Anteilen vorzufinden war und gleichzeitig die kritischste Fraktion für die Abtrennung mittels Sedimentation darstellt. Ferner unterstreicht die in Relation zu den gröberen Fraktionen hohe Schadstoffbelastung der AFS63 die Relevanz für den Gewässerschutz (Nickel et al. 2020a).

Die Ergebnisse der Untersuchungen an 2 Durchlaufbecken und 1 Fangbecken ergaben Gesamtwirkungsgrade für den Feststoffrückhalt < 63 µm (AFS63) von durchschnittlich 70 % im Durchlaufbecken und 60 % bzw. 30 % (bei höheren Entlastungsvolumina) im Fangbecken (Nickel et al. 2020a). Prägend für den Stoffrückhalt waren nach Einschätzung der Autoren der Volumenrückhalt durch Speicherung sowie Weiterleitung des Drosselabflusses zur Kläranlage und damit der rein hydraulische Wirkungsgrad. Unterschiede zwischen den beiden Anlagentypen waren v.a. in einem niedrigeren Volumenrückhalt, bedingt durch ein geringeres spezifisches Speichervolumen und eine niedrigere Drosselabflussspende am Fangbecken zu sehen und weniger auf die fehlende Sedimentationswirkung zurückzuführen (Nickel

et al. 2020a). Aus den Ergebnissen folgerten die Autoren, dass die Regenwasserbehandlung im Mischsystem im Wesentlichen auf der Kläranlage stattfindet.

Aus den Entlastungskonzentrationen (Messkampagne 1) und den daraus berechneten Frachten mit den Bemessungswerten aus DWA-A 102/BWK-A 3 (Entwurf) bestätigte sich für die untersuchten Anlagen eine erfolgreiche Einhaltung des zulässigen flächenspezifischen AFS63-Frachtaustrags (Nickel et al. 2020a).

Konzentrationsdynamik während Entlastungsereignissen

Zeitlich aufgelöste Messungen zur Konzentrationsdynamik von Fest-, Zehr- und Nährstoffen sowie den Schwermetallen Blei, Kupfer und Zink während Entlastungsereignissen an 4 Anlagen ergaben eine vergleichbare Werteverteilung wie der Datensatz aus Messkampagne 1 (Nickel et al. 2020a). Für Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$) ergab sich im Rahmen der Messkampagne 3 eine Maximalkonzentration von 15 mg/l im Überlauf. Für toxischen Ammoniak (NH_3), welcher in Abhängigkeit von Temperatur, pH-Wert und Salzgehalt im Dissoziationsgleichgewicht mit $\text{NH}_4\text{-N}$ vorliegt, würde sich bei genannter Maximalkonzentration von $\text{NH}_4\text{-N}$ bei pH 7 und 20 °C ein rechnerischer Wert in Höhe des in ECHA (2020) ausgewiesenen niedrigsten akuten Endpunktes für Fische (LC_{50} : NH_3 = 0,068 mg/l [Anmerkung: korrigierter Wert: 0,083 mg/l]) ergeben (Nickel et al. 2020a). Ferner wären in einem Konzentrationsbereich von NH_3 = 0,02 mg/l chronische Effekte auf aquatische Organismen zu erwarten (ECHA 2020). Unter der Annahme von pH 7 und 20 °C würde dieser Wert rechnerisch bei 25 % der Messwerte von $\text{NH}_4\text{-N}$ im Überlauf erreicht werden (Nickel et al. 2020a).

Die Ergebnisse aus der qualitativen Untersuchung von Mischwasserentlastungen in Bayern werden im Folgenden als Interpretationshilfe der gewässerökologischen Befunde herangezogen.

4 Ermittlung von gewässerverträglichen Mischungsverhältnissen zwischen Fluss- und Mischwässern anhand relevanter Parameter

Für sämtliche Gewässer des UG lagen keine Daten zur chemisch-physikalischen Beschaffenheit vor. Um eine Dimension davon zu erhalten, welche Mischungsverhältnisse für ausgewählte Parameter zwischen Flusswasser und eingeleiteten Mischwässern notwendig wären, um Orientierungswerte (OW) und die mit potentiell akuten Effekten auf aquatische Organismen verknüpften, zulässigen Höchstkonzentrationen der Umweltqualitätsnormen (ZHK-UQN) gemäß den Anlagen 6, 7 und 8 der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) einzuhalten, wurden Berechnungen unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

Die Parameterauswahl erfolgte gemäß den Ergebnissen von Nickel et al. (2020a) für relevante konventionelle Abwasserparameter, Schwermetalle, Biozide/Pestizide und PAKs, für die nach OGewV (2016) jeweils Angaben zum OW und zur ZHK vorlagen. Für typische in Mischwässern auftretende Konzentrationen wurden gemäß Nickel et al. (2020a) die in Messkampagne 1 für Bayern abgeleiteten repräsentativen Stoffkonzentrationen aus dem Median der Standortmediane verwendet. Ferner wurden jeweils das 75 %-Perzentil und der Maximalwert aus den statistischen Kennwerten der im Rahmen von Nickel et al. (2020a) gemessenen Stoffkonzentrationen an den Entlastungsanlagen angegeben. Für Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$) wurden die von Nickel et al. (2020a) im Rahmen von Messkampagne 3 ermittelten statistischen Kennwerte der Konzentrationen in den Überlaufproben verwendet (im Rahmen von Messkampagne 1 konnte aus methodischen/logistischen Gründen keine Ableitung einer repräsentativen Stoffkonzentration von $\text{NH}_4\text{-N}$ für Mischwässer erfolgen). Die Konzentrationen von Ammoniak-N ($\text{NH}_3\text{-N}$) wurden anhand der Ammonium-Stickstoff-Konzentration ($\text{NH}_4\text{-N}$), dem negativen dekadischen Logarithmus der Säurekonstante (pK_s), der Temperatur (T) und dem pH-Wert anhand folgender Gleichung nach Emerson et al. (1975) berechnet:

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

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

Für eine beispielhafte Berechnung wurden $T = 20^\circ\text{C}$ und $\text{pH} = 7$ verwendet. Die Ammoniak-Konzentration (NH_3) lässt sich nach folgender Formel aus der Konzentration von $\text{NH}_3\text{-N}$ und dem Atomgewicht von Stickstoff (N) ermitteln:

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

Da für den Großteil der Gewässer keine Daten zur chemisch-physikalischen Beschaffenheit bei Trockenwetter und im Niederschlagsfall vorlagen, wurde die Ausgangsbelastung im Flusswasser für sämtliche Parameter zur Vereinfachung vernachlässigt. Die ermittelten Werte geben folglich Auskunft, welches Mischungsverhältnis zwischen Fluss- bzw. Bachwasser und eingeleiteten Mischwässern notwendig wäre, um den jeweiligen OW bzw. die ZHK-UQN gerade noch einzuhalten, jedoch unter der **stark vereinfachten** Annahme, dass die als Vorfluter dienenden Gewässer **keine Ausgangsbelastung** aufweisen. Dies ist in natura sicherlich nicht der Fall, dient jedoch hinreichend dazu, eine Vorstellung der Dimension von nöti-

gen Mischungsverhältnissen für eine Auswahl an relevanten Mischwasserparametern zu bekommen, insbesondere angesichts der abflussschwachen Gewässer des UG.

Tab. 4: Nötige Mischungsverhältnisse von Flusswasser zu Mischwasser zur Einhaltung des Orientierungswerts (OW) bzw. der zulässigen Höchstkonzentration der Umweltqualitätsnorm (ZHK-UQN) nach OGewV (2016) sowie von Toxizitätsgrenzen von Ammoniak nach verschiedenen Literaturangaben jeweils bei Vernachlässigung der Ausgangsbelastung der Gewässer. Typische Konzentrationen ausgewählter Parameter bei Mischwasserentlastungen wurden nach Nickel et al. (2020a) angegeben.

Parameter	Einheit	Median ¹⁾	75% ²⁾	Max ²⁾	OW (OGewV)	ZHK- UQN (OGewV)	Werte Literatur ⁶⁾	Mischungsverhältnis Flusswasser/ Mischwasser zur Einhaltung von OW/ZHK		
								Median	75%	Max
Konventionelle Abwasserparameter										
TP	mg/l	0,97	1,30	3,00	≤ 0,1			8,70	12,00	29,00
PO ₄ -P	mg/l	0,42	0,68	1,70	≤ 0,07			5,00	8,71	23,29
NH ₄ -N ³⁾	mg/l	2,40	3,70	15,00	≤ 0,1			23,00	36,00	149,00
NH ₃ -N ⁴⁾	µg/l	9,50	14,64	59,35	≤ 2,0			3,75	6,32	28,68
NH ₃ ⁵⁾	µg/l	11,54	17,79	72,11			< 13,5	-0,15	0,32	4,34
							< 20,0 _{SA}	-0,42	-0,11	2,61
							< 6,0 _{SB}	0,92	1,97	11,02
Schwermetalle										
Ni	µg/l	2,60	4,50	30,0		34,0		-0,92	-0,87	-0,12
Pb	µg/l	3,40	5,30	44,0		14,0		-0,76	-0,62	2,14
Hg	µg/l	0,011	0,019	0,08		0,07		-0,84	-0,73	0,14
Cd	µg/l	0,059	0,10	2,50		≤ 0,9		-0,93	-0,89	1,78
Pestizide/Biozide										
CZIM	µg/l	0,014	0,023	0,078		0,7		-0,98	-0,97	-0,89
TBY	µg/l	0,022	0,036	0,099		0,34		-0,94	-0,89	-0,71
TCS	µg/l	0,016	0,032	0,23		0,20		-0,92	-0,84	0,15
PAK										
Fluo	µg/l	0,066	0,11	1,10		0,12		-0,45	-0,08	8,17
BbF	µg/l	0,027	0,052	0,52		0,017		0,59	2,06	29,59
BkF	µg/l	0,012	0,023	0,26		0,017		-0,29	0,35	14,29
BaP	µg/l	0,022	0,039	0,44		0,27		-0,92	-0,86	0,63
BghiP	µg/l	0,023	0,045	0,46		0,0082		1,80	4,49	55,10
ANT	µg/l	0,006	0,0089	0,13		0,10		-0,94	-0,91	0,30

¹⁾ für Bayern abgeleitete repräsentative Stoffkonzentrationen aus dem Median der Standortmediane aus Nickel et al. (2020a)

²⁾ statistische Kennwerte der an 10 Mischwasserentlastungen in Bayern gemessenen Stoffkonzentrationen (75 %-Perzentil, Maximalwert) aus Nickel et al. (2020a)

³⁾ statistische Kennwerte der Konzentrationen in Überlaufproben aus Nickel et al. (2020a)

⁴⁾ rechnerisch aus der Konzentration von NH₄-N mit T = 20 °C und pH = 7,0 ermittelt

⁵⁾ rechnerisch ermittelt

⁶⁾ Konzentration ohne Effekte nach ECHA (2023) bei NH₃ = 13,5 µg/l; Obergrenze NH₃ = 20,0 µg/l für Salmoniden-Adulttiere (SA) nach FFB Mittelfranken (2023) und bei NH₃ = 6,0 µg/l für Salmoniden-Brut (SB) nach Schäperclaus et al. (1997)

Parameter: TP = Phosphor gesamt, PO₄-P = ortho-Phosphat-Phosphor, NH₄-N = Ammonium-Stickstoff, NH₃-N = Ammoniak-Stickstoff, NH₃ = Ammoniak, Ni = Nickel, Pb = Blei, Hg = Quecksilber, Cd = Cadmium, CZIM = Carbendazim, TBY = Terbutryn, TCS = Triclosan, Fluo = Fluoranthen, BbF = Benzo(b)fluoranthen, BkF = Benzo(k)fluoranthen, BaP = Benzo(a)pyren, BghiP = Benzo(ghi)perylene, ANT = Anthracen

Negative Zahlen in der Tabelle besagen, dass Zielwerte bereits im Mischwasserablauf eingehalten wurden.

Konventionelle Abwasserparameter

Hinsichtlich der konventionellen Abwasserparameter zeigte sich, dass unter der Verwendung von den in Mischwässern nachgewiesenen Median-Konzentrationen (Nickel et al. 2020a) deutlich mehr Fluss- bzw. Bachwasser im Vergleich zu Mischwasser zur Verfügung stehen muss, um den jeweiligen OW der OGewV (2016) einhalten zu können (Tab. 4). Dabei gilt zu beachten, dass der OW im engeren Sinne aus dem arithmetischen Mittel aus den Jahresmittelwerten von maximal drei aufeinander folgenden Kalenderjahren berechnet wird. Mischwässer enthalten in der Regel hohe Konzentrationen an $\text{NH}_4\text{-N}$, was sich in einem Mischverhältnis von mindestens 23:1 (Fluss- zu Mischwasser) zur Einhaltung des OW darstellte und auch für $\text{NH}_3\text{-N}$ zur Überschreitung des OW bei geringen Mischverhältnissen führen würde. Für Gewässerorganismen ist insbesondere die Konzentration der nicht ionisierten Form, Ammoniak (NH_3), auf Grund toxischer Wirkung von Relevanz. Ammoniak steht im Dissoziationsgleichgewicht mit Ammonium. Mit steigendem pH-Wert und steigender Wassertemperatur verschiebt sich das Gleichgewicht zunehmend auf Seite des Ammoniaks, wodurch keine pauschalen Aussagen über ökotoxikologische Wirkungen von Entlastungskonzentrationen an $\text{NH}_4\text{-N}$ möglich sind.

Angaben zur Toxizität von Ammoniak gegenüber Fischen fanden sich in ECHA (2023), wobei diejenige Konzentration ohne Effekte auf Fische (NOEC) mit $\text{NH}_3 = 0,0135 \text{ mg/l}$, die niedrigste chronische Effektkonzentration mit $\text{NH}_3 = 0,027 \text{ mg/l}$ und der niedrigste akute Endpunkt für Fische (LC50, 96h) mit $\text{NH}_3 = 0,083 \text{ mg/l}$ angegeben wurde. Angaben in weiterer Literatur wichen hiervon teils ab. Die hinsichtlich des Ammoniakgehalts empfindlichste heimische Fischgruppe stellen die Salmoniden (Lachsartige, z.B. Bachforelle) dar. Für Adulttiere (ausgewachsene Tiere) wird nach Schäperclaus et al. (1997) die Einhaltung von $\text{NH}_3 = 0,01 \text{ mg/l}$, für Salmonidenbrut von $\text{NH}_3 = 0,006 \text{ mg/l}$ empfohlen. Ähnliche Werte gibt die FFB Mittelfranken (2023a) für Salmoniden an ($0,01 - 0,02 \text{ mg/l}$ für Adulttiere, $0,005 \text{ mg/l}$ für Brut). Für Cypriniden (Karpfenartige) wird die Einhaltung von $\text{NH}_3 = 0,02 \text{ mg/l}$ empfohlen (FFB Mittelfranken 2023b). Der Wert der letalen Konzentration (LC 50, 24h) für juvenile Bachforellen wird gemäß BWK (2008) mit $\text{NH}_3 = 0,07 \text{ mg/l}$ angegeben und liegt damit auf ähnlichem Niveau wie der LC 50 (96h) bei ECHA (2023).

Unter der Annahme von $T = 20 \text{ °C}$ und $\text{pH } 7$ liegen 25 % der gemessenen Ablaufwerte (75 %-Perzentil) bei Nickel et al. (2020a) bereits über der Konzentration, für die nach ECHA (2023) keine negativen Effekte auf Fische zu erwarten sind (NOEC = $13,5 \text{ µg/l}$). Maximalwerte am Überlauf würden deutlich über der niedrigsten chronischen Effektkonzentration von $0,027 \text{ mg/l}$ (ECHA 2023) bzw. den Empfehlungen von Schäperclaus et al (1997) und der FFB Mittelfranken (2023a) liegen. Ferner überschreiten Maximalwerte den LC 50 (24h) gemäß BWK (2008). Bei ungünstigen Mischungsverhältnissen von $< 0,9:1$ (Flusswasser zu Mischwasser) ist bereits unter der Verwendung der NH_3 -Mediankonzentration mit Negativeffekten auf Salmonidenbrut zu rechnen. Die Ausgangsbelastung des Gewässers wurde jeweils noch nicht berücksichtigt.

Wie stark sich Ammoniakkonzentrationen mit zunehmendem pH-Wert erhöhen, zeigt exemplarisch Tab. 5. Bereits bei einer Konzentration für $\text{NH}_4\text{-N} = 2,4 \text{ mg/l}$ (Median aus Standortmedianen) liegen bei $\text{pH } 7,35$ und $\text{pH } 7,5$ sowie einer Temperatur von $17,5 \text{ °C}$ die NH_3 -Konzentrationen deutlich über der NOEC sowie über den Empfehlungen von Schäperclaus

et al. (1997) und der FFB Mittelfranken (2023), bei pH 7,5 ferner über der chronischen Effektkonzentration von 0,027 mg/l nach ECHA (2023). Für die bei Nickel et al. (2020a) maximal am Überlauf gemessene Konzentration von $\text{NH}_4\text{-N}$ = 15 mg/l ergaben sich für NH_3 anhand der pH-Werte 7,35, 7,5 und 8,0 (bei 17,5 °C) Konzentrationen weit über dem LC50 für Fische. Bei pH 8 und gleichbleibender Temperatur (17,5°C) war bereits für die Median-Konzentration von $\text{NH}_4\text{-N}$ ein Ammoniakgehalt über dem LC50 für Fische berechenbar. Wassertemperaturen von 17,5 °C und die in der Tabelle aufgeführten pH-Werte sind im UG im Sommer durchaus plausibel.

Tab. 5: Ammoniakkonzentrationen in Abhängigkeit von der Konzentration an $\text{NH}_4\text{-N}$ (aus Nickel et al. (2020a) mit Median: blau; 75 %-Perzentil: grün; Maximalwert: rot), der Temperatur (T) und dem pH-Wert

$\text{NH}_4\text{-N}$	T	pH-Wert	$\text{NH}_3\text{-N}$	NH_3
mg/l	°C	-	µg/l	µg/l
2,4	17,5	7,35	17,6	21,4
3,7	17,5	7,35	27,2	33,0
15,0	17,5	7,35	110,1	133,8
2,4	17,5	7,5	24,8	30,1
3,7	17,5	7,5	38,3	46,5
15,0	17,5	7,5	155,1	188,4
2,4	17,5	8,0	76,7	93,2
3,7	17,5	8,0	118,3	143,8
15,0	17,5	8,0	479,7	582,8

Schwermetalle und Biozide / Pestizide

Hinsichtlich der Schwermetalle ist bei sehr hohen Konzentrationen, z. b. den bei Nickel et al. (2020a) gemessenen Maximalkonzentrationen, von Überschreitungen der ZHK-UQN von Blei, Quecksilber und Cadmium bei geringen Mischverhältnissen zwischen Fluss- und Mischwässern auszugehen. Selbiges gilt auch für Triclosan aus der Gruppe der Biozide/Pestizide.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Einige PAK (BbF, BghiP) können bei schlechter Verdünnungsleistung des Gewässers bereits anhand von Mediankonzentrationen zur Überschreitung der ZHK-UQN führen. Insbesondere bei sehr hohen Konzentrationen am Überlauf (z. B. Maximalkonzentrationen aus Nickel et al. 2020a) können bei zu geringen Mischverhältnissen zwischen Fluss- und Mischwasser sämtliche PAK die ZHK überschreiten.

5 Methodik

5.1 Auswahl und Lage der Probestellen

Für die biologische Gewässeruntersuchung anhand des MZB wurde gemäß den Forderungen des WWA N jeweils eine Probestelle (PS) ober- und unterhalb von Mischwasser-Einleitstellen (MW-EL) festgelegt (insgesamt 55 PS). Die Vorauswahl der Probestellen erfolgte vorab digital über Luftbilder und wurde im Gelände gemäß den Kriterien Vergleichbarkeit und Zugänglichkeit überprüft. Im Bedarfsfall wurde die Lage der PS angepasst. Um eine möglichst gute Differenzierung zwischen den potentiellen Wirkungen aus Mischwasserentlastungen und anderen möglichen Belastungsquellen (z. B. landwirtschaftliche Einträge, Kläranlage, Zuflüsse) zu ermöglichen, wurde die Referenzstelle zur Messung der Vorbelastung möglichst nah oberhalb an die Einleitstelle gelegt.

Die Bezeichnung der Probestellen setzt sich wie folgt zusammen:

- „Bezeichnung der Einleitstelle“ - 0: oberhalb der jeweiligen Einleitung liegende PS
- „Bezeichnung der Einleitstelle“ - 1: unterhalb der jeweiligen Einleitung liegende PS
- EZG-AVS-0: oberhalb aller Einleitstellen des AVS liegende PS an der Schwabach, im Bereich der Brücke oberhalb der Einmündung des Eckenbaches
- EZG-AVS-1: unterhalb aller Einleitstellen des AVS liegende PS an der Schwabach, im Bereich der Fußgängerbrücke (Sieglitzhofersteg)

Die unterhalb liegenden Probestellen waren in der Regel so positioniert, dass zwischen EL und PS mindestens ein Abstand von ca. 50 m an den Bächen und 100-150 m an der Schwabach lagen, um eine potentielle Durchmischung von Bach/Flusswasser und Einleitwässern zu gewährleisten. Die Fließgewässer werden bei der Probenahme entgegen der Fließrichtung begangen, so dass die PS mit der Endung „-1“ in der Karte (

Abb. 1) jeweils das Ende der Untersuchungsstrecke (ca. 50 m bei Bächen und ca. 100 m an der Schwabach) darstellen (Einhaltung des nötigen Durchmischungsabstands zur MW-Entlastung). Für PS mit der Endung „-0“ ist entweder Start oder Endpunkt (ebenfalls entgegen der Fließrichtung) angegeben.

Bei Einleitbauwerken, die sehr nah beieinander lagen, war keine Einzelbetrachtung anhand des Makrozoobenthos möglich (z. B. KÜ und RÜB 3 an der Steppach). Diese wurden folglich als Einleitstellenpärchen zusammengefasst betrachtet (KÜ_RÜB 3-1). Weitere derartige PS sind: Eckenbach: KÜ_DLB 1a-1; Schwabach: SKO 22_SKU 23-1 sowie die Bauwerke mit gemeinsamer Einleitstelle (Schwabach: DLB 16_SKO 18-0, DLB 16_SKO 18-1; Steppach: RÜ 2a_2b-1). Da nach Aussagen des AVS das Einleitbauwerk SKO 30a zurückgebaut wird, entfiel diese Einleitstelle aus dem Untersuchungsprogramm.

Bei günstiger Lage mit hinreichend gegebener Vergleichbarkeit konnte eine PS unterhalb der einen EL, gleich als oberhalb liegende PS für die nächste Einleitung fungieren (z. B. Schwabach). Bei einmündenden Nebengewässern, Gewässerverzweigungen (Schwabach), gewässermorphologischen Veränderungen oder langen Distanzen zwischen zwei Einleitstellen (insbesondere bei kleinen Bächen) wurden die PS jedoch nach dem o. g. Standardverfahren festgelegt. Die Koordinaten der PS können der Dokumentation der Gewässerphysiographie in Anhang A entnommen werden.

5.2 Erhebung der QK Makrozoobenthos

Die Erhebung der QK MZB ober- und unterhalb der MW-EL erfolgte für die Bäche vom 18.04 bis 27.04.23 und an der Schwabach vom 14.06. bis 16.06, nachdem die Aktivität und Individuendichte in der Schwabach bei Probenahmen Anfang Mai, wohl auf Grund der kühlen Temperaturen, noch recht gering war. Begleitend zu den Probenahmen erfolgte die Dokumentation der Gewässerphysiographie gemäß Handbuch tGewA Teil B (LfU 2016) sowie die Messung der physikalisch-chemischen Standardparameter (pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit (25 °C), Temperatur, Sauerstoffsättigung und -gehalt) mit einem Multiparameter-Gerät der Fa. WTW Xylem Analytics (Multi 3630 IDS) an jeder PS. Allgemein stellen die Ergebnisse der Erhebung der physikalisch-chemischen Parameter immer nur eine Momentaufnahme dar. Für die Schwabach fanden Dokumentation der Physiographie und WTW-Messung bereits Anfang Mai (06.05.-09.05.23) statt.

Die Probenahme, Aufbereitung und Auswertung der QK Makrozoobenthos wurde nach dem standardisierten Verfahren der WRRL für Fließgewässer gemäß dem Methodischen Handbuch von Meier et al. (2006a) durchgeführt. Für eine gute Vergleichbarkeit und Interpretationsgrundlage der Ergebnisse ober- und unterhalb der MW-EL erfolgte die Probenahme nach dem Multi-Habitat-Sampling (Kartierung und Beprobung der Substrate bzw. Habitate im Freiland anhand von 20 Teilproben proportional zu ihrem Vorkommen). Die aufgesammelten Tiere wurden im Gelände vorsichtig nach Arten der Roten Liste - soweit im Gelände determinierbar - durchsucht. Gefährdete Tiere wurden dokumentiert und zurückgesetzt. Das restliche biologische Material wurde in 70 % Ethanol konserviert.



Abb. 3: Equipment für die Probenahme (links) und Multi-Habitat-Sampling mit dem Langkescher (rechts).

Im Labor wurden die Proben nach den Vorschriften der WRRL gemäß Meier et al. (2006a) ausgelesen (mindestens 350 Tiere pro Probe) und vorsortiert. Darüber hinaus wurde die gesamte Probe auf Einzeltiere bzw. Taxa, die zuvor nicht aufgefallen waren, durchgesehen. Alle Tiere wurden mindestens entsprechend den Vorgaben der Operationellen Taxaliste für Fließgewässer in Deutschland bestimmt. Die Angaben zur Abundanz sind auf einen Quadratmeter standardisiert (Ind./m²). Die Ermittlung der ökologischen Zustandsklasse der Fließgewässerabschnitte anhand der QK MZB erfolgte mit dem offiziellen Standardbewertungsverfahren Perlores (Online-Version 5.0.9) anhand gefilterter Taxalisten.

Auf Basis der Ergebnisse der vorgefundenen Makrozoobenthos-Besiedlung und unter Berücksichtigung der jeweiligen Fließgewässertypen (Bäche: Typ 7; Schwabach: Typ 9.1K) wurden für jede Probestelle die Module Saprobie und Allgemeine Degradation im Vergleich zum Referenzzustand berechnet und interpretiert.

Die Bewertung der Auswirkungen organischer Verschmutzung auf das Makrozoobenthos erfolgt mit Hilfe des gewässertypspezifischen und leitbildbezogenen Saprobienindex (SI) (Modul Saprobie). Unter Berücksichtigung spezifischer Klassengrenzen in Abhängigkeit vom Fließgewässertyp wird der SI in eine Qualitätsklasse überführt (ÖZK Saprobie).

Das Modul der Allgemeinen Degradation spiegelt die Auswirkungen verschiedener Stressoren (Degradation der Gewässermorphologie, Nutzung im Einzugsgebiet, Pestizide, hormon-äquivalente Stoffe) wider (Meier et al. 2006b). Ferner reagiert das Modul Allgemeine Degradation schon viel früher mit einer Bewertungseinstufung schlechter als „gut“ auf erhöhte Belastungen mit allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parametern (ACP) als das Modul Saprobie, wodurch die Gesamtbewertung (ÖZK allgemein) insbesondere im Bereich der mäßigen ACP-Belastungsverhältnisse fast ausschließlich vom Modul Allgemeine Degradation bestimmt wird (Halle & Müller 2014).

Die allgemeine Degradation setzt sich als multimetrischer Index aus mehreren sog. Core-Metricen zusammen. Für Fließgewässertyp 7 sind das der Fauna-Index Typ 5, der prozentuale Anteil an Epirhithral-Besiedlern (Individuen, die bevorzugt im Bereich des Epirhithrals = obere Forellenregion leben), der Rheoindex nach Banning (Verhältnis der rheophilen und rheobionten Taxa zu den Stillwasserarten und Ubiquisten) und der prozentuale Anteil der EPT-Taxa (Ephemeroptera = Eintagsfliegen, Plecoptera = Steinfliegen, Trichoptera = Köcherfliegen) in Häufigkeitsklassen (HK) an den Gesamtindividuen.

Für Fließgewässertyp 9.1K wird zur Bewertung der Allgemeinen Degradation der Fauna-Index Typ 9.1K, der prozentuale Anteil an Metarhithral-Besiedlern (Individuen, die bevorzugt im Bereich des Metarhithrals = untere Forellenregion leben) und ebenfalls der prozentuale Anteil der EPT-Taxa in Häufigkeitsklassen (HK) herangezogen.

Die Bewertung der Core-Metricen sowie letztendlich 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).

Nach dem „worst-case“ Verfahren wird die ökologische Zustandsklasse (Gesamtbewertung) der QK MZB eines Bachabschnitts bzw. Flusswasserkörpers gemäß der schlechteren Bewertung der beiden Module, Saprobie und Allgemeine Degradation, ermittelt. Die Qualitätsklassen nach der WRRL sind in Tab. 6 dargestellt.

Zur Bewertung bzw. Interpretation der Ergebnisse wurde ferner gemäß der Besprechung vom 16.02.2023 am WWA N der „Leitfaden Gewässerbezogene Anforderungen an Abwasserreinleitungen“ (LUBW 2015) herangezogen.

Tab. 6: Klassifizierung des ökologischen Zustands nach der WRRL inkl. Farbcode

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

5.3 Inaugenscheinnahmen der Gewässer und MW-Einleitstellen

5.3.1 Gewässerveränderungen und hydraulische Schäden

Im Zuge der Freilandarbeiten erfolgte sowohl an den Gewässerstrecken der MZB-Probenahmen als auch in Form von Inaugenscheinnahmen im Bereich aller MW-EL eine Überprüfung der Untersuchungsgewässer auf hydraulische Schäden bzw. Gewässerveränderungen (z. B. Gewässerbetteintiefungen, Uferabbrüche, Unterspülungen etc.). Ferner wurde nach Feststoffrückständen sowie Schmutz- und Hygieneartikeln entlang der Ufer Ausschau gehalten. Auffälligkeiten und Veränderungen wurden dokumentarisch erfasst.

5.3.2 Wasserpflanzen- und Algenbewuchs

Im Zuge der MZB-Probenahmen und zur Hauptvegetationszeit in den Sommermonaten (10.07., 11.07. und 18.07.23) erfolgten Vor-Ort Begutachtungen sämtlicher Gewässer und MW-EL des UG hinsichtlich des Wasserpflanzen- und Algenbewuchses im Hinblick auf auffällige Veränderungen im Zusammenhang mit den Mischwassereinleitungen. Eine Erhebung der QK Makrophyten & Phytobenthos nach Methodik der WRRL war gemäß WWA N nicht erforderlich.

5.3.3 Refugialräume und Wiederbesiedlungspotential

Das Wirkpotential von Mischwassereinleitungen wird wesentlich von der Morphologie bzw. Strukturgüte der belasteten Gewässer beeinflusst. Dabei ist insbesondere das zur Verfügung stehende Wiederbesiedlungspotential zu berücksichtigen, welches maßgeblich vom Vorhandensein hydraulischer Refugialräume abhängt. Wichtige Refugialräume stellen ein heterogenes und diverses Sohlsubstrat, ein ausgeprägtes Interstitial, Totholzansammlungen, Stillwasserbereiche, wechselnde Uferstrukturen sowie eine hohe Strömungsdiversität (natürlicher Wechsel von lotischen (rasch fließenden) und lenitischen (beruhigten) Bereichen im Längsverlauf dar. Neben den Refugialraumelementen ist eine gute Konnektivität zu unbelasteten oder nur gering belasteten, möglichst zahlreichen zufließenden Nebengewässern maßgeblich für das Wiederbesiedlungspotential eines Gewässers nach schädigenden Ereignissen (MURL-NRW 1999).

Nach Gammeter (1996) wird die hydraulische Belastbarkeit von Fließgewässern in Abhängigkeit der Verfügbarkeit von Refugialräumen und dem Wiederbesiedlungspotential im Einzugsgebiet angegeben (Tab. 7). Dabei gilt: Je weniger Refugialraum und Wiederbesiedlungspotential verfügbar ist, desto weniger können kritische Ereignisse im Gewässer kompensiert werden. Bereits einzelne Niederschlagswassereinleitungen können aufgrund des stoßartigen Auftretens ein hohes Schadpotential besitzen. Akute Schädigungen der Biozönose sind bei einer flächenhaften Sohlerosion zu erwarten. Bei Überschreitung einer kritischen Sohlschubspannung (Grenzschleppspannung) gerät die Gewässersohle flächenhaft in Bewegung und der Geschiebetrieb setzt ein (LfU 2018). Dort vorhandene Refugialräume stehen der Biozönose somit nicht mehr zur Verfügung. Die Grenzschleppspannung wird maßgeblich durch das jeweils vorhandene Sohlsubstrat (Kornverteilung des Sohlmaterials) bestimmt, sowie durch das individuelle Gefälle und die Gerinnegeometrie des aufnehmenden Gewässers. In Gewässern mit sandigem Substrat gerät die Gewässersohle schon bei gerin-

gem Abflussanstieg in Bewegung. Gewässer mit kiesigen und grobkiesigen Substraten weisen hingegen eine erhöhte hydraulische Leistungsfähigkeit auf (MURL-NRW 1999). Die in Tab. 7 angegebenen Werte zur Anzahl verkraftbarer Geschiebetriebereignisse gelten nach LfU (2018) als Orientierung.

Auf Grundlage der Inaugenscheinnahmen der Gewässer und unter Verwendung von Daten aus der bayerischen Gewässerstrukturkartierung - soweit verfügbar - sowie Erhebungen von TEAM 4 (2005) erfolgte gemäß LfU (2018) für jedes Gewässer eine Abschätzung des Wiederbesiedlungspotentials und der Verfügbarkeit von Refugialräumen.

Tab. 7: Abschätzung der jährlichen hydraulischen Belastbarkeit, abhängig von der Anzahl der Geschiebetriebereignisse in Fließgewässern (nach Grammeter 1996, aus LfU 2018)

Anzahl verkraftbarer Geschiebetriebereignisse pro Jahr unter verschiedenen Voraussetzungen		Verfügbarkeit von Refugialräumen		
		gut	mittel	schlecht
Wiederbesiedlungspotential	hoch	10	5	3
	mittel	5	3	1
	niedrig	3	1	0,5

5.4 Wasserchemische Analysen im Entlastungsfall

An der Schwabach waren Wasserprobenahmen durch den AVS mittels automatischen Probennehmern angedacht. Hierzu sah die Planung vor, an drei Stellen, ober- und unterhalb aller MW-EL des AVS sowie an der WRRL-Stelle in Uttenreuth, Wasserproben aus der Schwabach bei starken Regenereignissen und Anspringen von möglichst vielen Entlastungsanlagen zu ziehen. Im Anschluss daran war eine Auswertung zur chemischen Vorbelastung der Schwabach im Niederschlagsfall sowie die wasserchemische Entwicklung im Einzugsgebiet des AVS anhand einer Auswahl an zuvor mit dem WWA N abgestimmten Parametern (Organoleptik, Wassertemperatur, pH-Wert, Sauerstoffkonzentration, Leitfähigkeit, BSB₅ (Biochemischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen), TOC (gesamter organischer Kohlenstoff), Chlorid, Sulfat, ortho-Phosphat-P, Gesamt-P, Ammonium-N, Nitrit-N, Ammoniak-N (kann rechnerisch ermittelt werden), Eisen, Nitrat, Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium, Säurekapazität KS 4.3, Mangan, Cadmium, Blei und Benzo(a)pyren) vorgesehen.

Da die Regenereignisse zu schwach waren oder aber zu ungünstigen Zeitpunkten erfolgten (z. B. Nacht von Samstag auf Sonntag) konnten laut Angaben des AVS keine Probennahmen erfolgen (pers. Mitteilung, AVS, 17.07.2023). Insofern musste diese Position aus dem Untersuchungsprogramm entfallen.

5.5 Abschätzung potentieller Ammoniakkonzentrationen in der Schwabach infolge von Mischwasser-Einleitungen

Ammonium und Ammoniak stehen in Abhängigkeit von der Temperatur und dem pH-Wert in einem Dissoziationsgleichgewicht. Je höher die Temperatur und je höher der pH-Wert desto

mehr verschiebt sich das Gleichgewicht auf Seite des Ammoniaks. Zur Berechnung potentieller Ammoniakkonzentrationen in der Schwabach infolge der MW-Einleitungen wurden Maximal- und Mittelwerte der Schwabach (Temperatur, pH-Wert, Ammonium-N) aus dem WRRL-Monitoring von 2017 und 2020 an der Messstelle Uttenreuther Mühle herangezogen. Für Konzentrationsverhältnisse der Mischwässer wurden die in Nickel et al. (2020a) gemessenen Maximal- und Mittelwerte für Ammonium-N-Konzentrationen und den pH-Wert aus den statistischen Kennwerten der Konzentrationen in Überlaufproben aus Messkampagne 3 verwendet. Ferner wurde der durchschnittliche Entlastungsabfluss je Bauwerk, ermittelt anhand der Schmutzfrachtberechnung (Dr. Resch + Partner 2021), herangezogen (keine Auftrennung zwischen maximal und durchschnittlich möglich) (s. Anhang D).

Die Berechnungen erfolgten jeweils für Winter (Dezember bis März) und Sommer (April bis November) für jede MW-Einleitstelle einzeln sowie in der Gesamtbetrachtung aller MW-Einleitungen (gleichzeitige Entwässerung aller Entlastungsanlagen des AVS). Ferner wurde ein pessimales (Maximalwerte) und mittleres Szenario (Mittelwerte) hinsichtlich der Konzentrationsverhältnisse (Ammonium-N, pH-Wert, Temperatur) jeweils für MNQ_{Sommer} bzw. MNQ_{Winter} an der Schwabach berechnet. Für die Mischwassertemperaturen fanden sich in Nickel et al. (2020a) keine Werte, so dass diese geschätzt wurden.

Die Berechnungen fanden gemäß folgender Formel statt (Q = Abfluss, c = Konzentration):

$$Q_{\text{Schwabach}} * c_{\text{Schwabach}} + Q_{\text{MW}} * c_{\text{MW}} = Q_{\text{Schwabach/MW}} * c_{\text{Schwabach/MW}}$$

Ferner fanden die Umrechnungsformeln für Ammoniak aus Kapitel 4 Anwendung.

Frachten aus Zuläufen zur Schwabach, die ebenfalls mit Mischwässern beaufschlagt werden, wurden nicht berücksichtigt.

5.6 Fotos

Soweit nicht anders vermerkt, stammen alle Fotos der vorliegenden gewässerökologischen Untersuchung vom Büro für Gewässerökologie und Faunistik (Dipl.-Biol. Christopher Parzeffall). Die Fotos wurden in hoher Auflösung in dieses Dokument integriert und können folglich für Details bis zu einem gewissen Grad problemlos mit der Zoom-Funktion vergrößert werden.

6.10 Schwabach

6.10.1 Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen

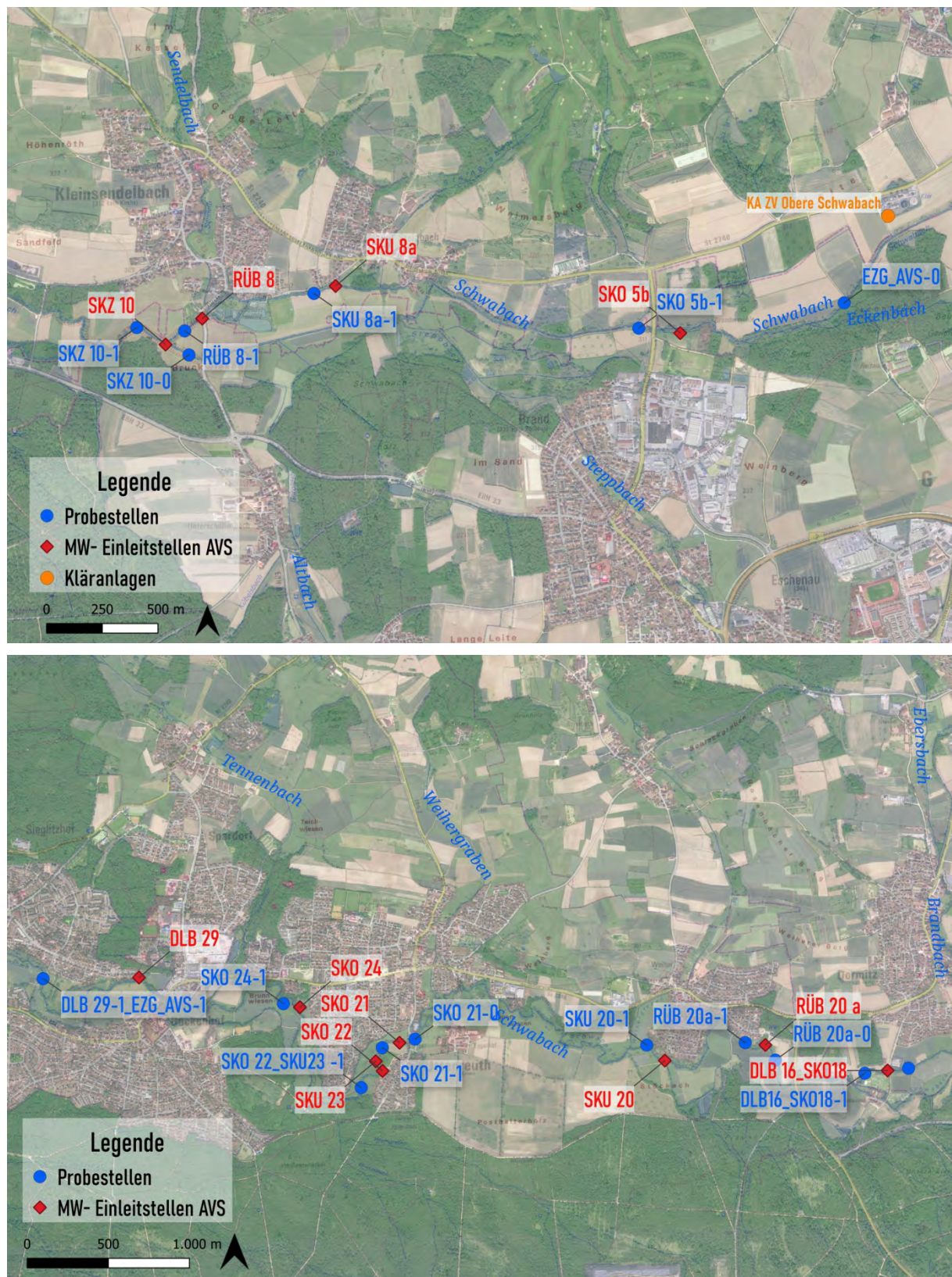


Abb. 52: Lage der MW-Einleitstellen und der Probestellen an der Schwabach von Ost (oben) nach West (unten). Datengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung 2023, EuroGeographics, www.geodaten.bayern.de.

Die Schwabach entspringt – wie unter Kapitel 2.1 bereits beschrieben – aus mehreren Quellaustritten am Osthang des Hetzleser Bergs oberhalb der Ortschaft Pommer und fließt zunächst in östlicher Richtung. Nach Zufluss der Vorderen Schwabach (2. Hauptquellbach) knickt sie in Richtung Südosten ab und wird entlang ihres Laufs nach Igensdorf von weiteren Quellbächen gespeist. Auf Höhe von Forth setzt sich ihr Lauf in westlicher Richtung fort und passiert dabei die Gemeinden Eckental, Brand, Kleinsendelbach, Dormitz, Uttenreuth und Buckenhof, sowie das Trinkwasserschutzgebiet „Erlangen-Ost Buckenhofer Forst“ um den Dormitzer und Buckenhofer Forst. Im Stadtgebiet Erlangen mündet die Schwabach letztendlich in die Regnitz. Das UG erstreckte sich von Eckental bis zum Beginn des Stadtgebietes Erlangen.

Gemäß der bayerischen GSK von 2015 wurde die Schwabach im UG strukturell überwiegend als „deutlich verändert“ (Kategorie 4), teils als „sehr stark“ (Kategorie 6) und „vollständig verändert“ (Kategorie 7) eingestuft. Während „unveränderte“ und „gering veränderte“ Abschnitte (Kategorien 1 und 2) im UG nicht vorkamen, waren insgesamt nur 19 Abschnitte vorhanden, hauptsächlich im Bereich von Weiher bis Uttenreuth, die als „mäßig verändert“ (Kategorie 3) eingestuft wurden. Hauptdefizite bestanden insbesondere bezüglich der Linienführung (die Schwabach war laut historischer Karte früher deutlich mäandrierender), des Verlagerungspotentials, der Entwicklungsanzeichen und des Entwicklungspotentials. Die Bewertung der Strukturausstattung, die unter anderem die Sohlsubstrate umfasste, schnitt an sämtlichen Abschnitten relativ gut ab.

Es fanden sich sämtliche Querverbauungen im UG. Gemäß den Erhebungen des LfU ergaben sich 8 Wehre mit fehlender oder mangelhafter Durchgängigkeit sowie 7 Sohlbauwerke mit eingeschränkter oder mangelhafter Durchgängigkeit.

Die kommunale Kläranlage des ZV Obere Schwabach (Ausbaugröße: 27500 EW, Größenklasse 4) leitet ca. 400 m oberhalb der ersten Probestelle des UG (EZG_AV5 0), die die Referenzstelle oberhalb aller Einleitungen des AVS an der Schwabach darstellte, aufgereinigte Wässer in die Schwabach ein.

Der AVS betreibt an der Schwabach insgesamt 14 MW-EL, wobei sich die abwassertechnischen Anlagen RÜB 16 und SKO 18 eine Einleitstelle teilen. Ferner befanden sich die Einleitstellen von SKO 22 und SKU 23 in lediglich geringem Abstand an gegenüberliegenden Ufern, so dass hier auf Grund der geringen Distanz (fehlende vollständige Durchmischung) keine Differenzierung bzw. Einzelbetrachtung erfolgen konnte und die beiden MW-EL wie eine MW-EL betrachtet wurden. Da SKO 30a Buckenhof nach Aussagen des AVS zurückgebaut wird, entfiel die Einleitstelle aus dem Programm. Die Lage der MW-EL sowie der 16 PS der gewässerökologischen Untersuchungen sind in Abb. 52 dargestellt.

6.10.2 Abflussverhältnisse an der Schwabach im Untersuchungszeitraum

Die Abflüsse der Schwabach lagen am Pegel Erlangen / Schwabach 2023 über weite Teile des Jahres unter MQ ($1,51 \text{ m}^3/\text{s}$), zwischen Ende Juni und Ende Juli nahe im Bereich von MNQ ($0,217 \text{ m}^3/\text{s}$) (Abb. 53). Abflussspitzen im Bereich des jährlichen Hochwasserabflusses (HQ 1) ergaben sich infolge von stärkeren Niederschlägen Anfang Februar und Anfang März. Weitere erhöhte Abflusswerte traten Mitte März, Anfang April, im August und im November auf.

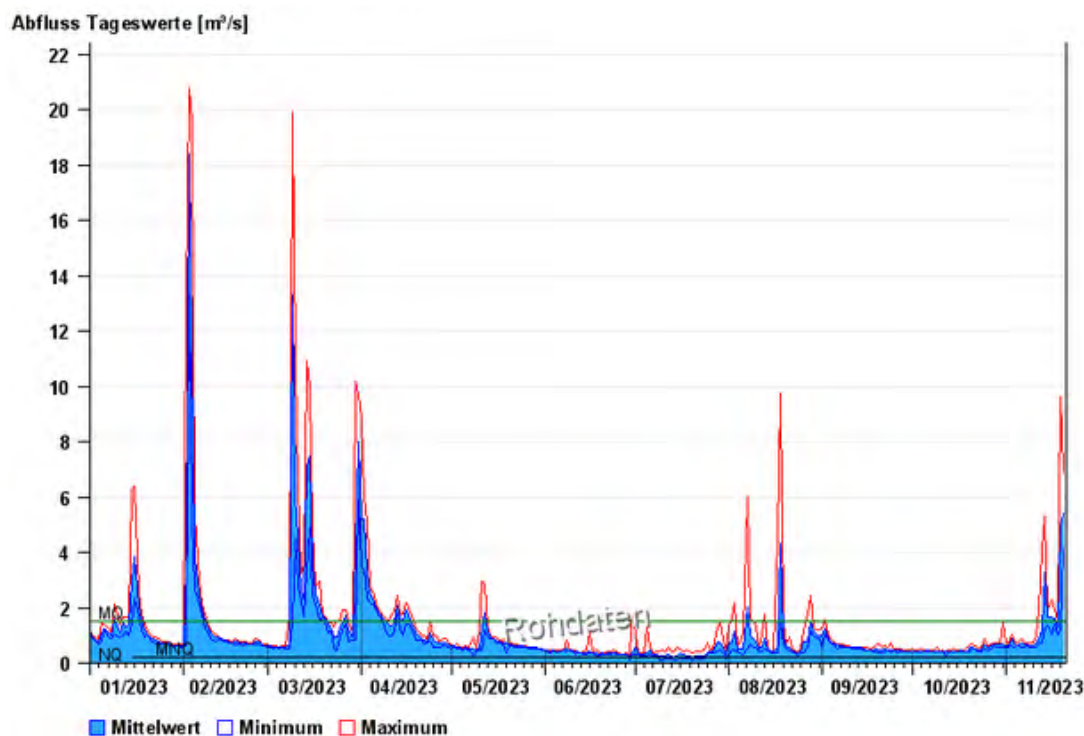


Abb. 53: Abflusswerte an der Schwabach am Pegel Erlangen / Schwabach im Zeitraum von Januar bis November 2023. Quelle: Gewässerkundlicher Dienst (GKD) Bayern.

6.10.3 Charakterisierung der Probestellen

Im UG verlief die Schwabach überwiegend durch landwirtschaftlich geprägtes Gebiet und tangierte Siedlungsbereiche erst ab Weiher und Uttenreuth. Die PS an der Schwabach wiesen einen überwiegend schwach gewundenen bis gewundenen Lauf mit teils tief liegender Gewässersohle auf. Dies kann für Fließgewässer des Typs 9.1K „Karbonatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse des Keupers“ mit typischen kastenförmigen Gewässerbetten mit steilen Ufern und Uferabbrüchen (Pottgiesser 2018) durchaus typisch sein. Auf Grund von anthropogenen Veränderungen bezüglich der Laufkrümmung in der Vergangenheit (Begradigungen) ist jedoch davon auszugehen, dass unnatürliche Eintiefungstendenzen im Vergleich zum historischen Verlauf insgesamt zunehmen. Die strukturelle Ausstattung hinsichtlich der Parameter Substratdiversität, Strömungsvielfalt und Sonderstrukturen wie Wurzelgeflechte war an sämtlichen PS als naturnah zu bewerten. Die überwiegend naturnahen Böschungen mit Weiden- und Erlenbewuchs sorgten an den meisten PS für halbschattig bis schattige Verhältnisse. Das Strömungsbild war allgemein langsam fließend auf Grund

von geringem Gefälle, aber auch infolge von Rückstau durch Querverbauungen. Abschnittsweise konnten jedoch durchaus höhere Fließgeschwindigkeiten beobachtet werden. In Anhang A - X wurden Abschnitte mit langsamem Strömungsbild, die jedoch stellenweise schnelle Fließgeschwindigkeiten aufwiesen, in der Kategorie Strömungsbild mit „langsam-schnell“ bezeichnet.

Die Gewässersohle war an nahezu allen PS sanddominiert (Ausnahme SKU 20-1), ferner lagen unterschiedliche Steinanteile (überwiegend Meso- und Makrolithal: 6 cm - 40 cm große Steine) mitunter aus Sicherungsmaßnahmen vor. Hinsichtlich der Substratvielfalt in sandigen Gewässern stellten Wurzelgeflechte und andere Teile lebender Uferpflanzen sowie Totholz wichtige organische Substrate dar, die an allen PS gefunden werden konnten. In geringen Anteilen lag an manchen PS grob- bzw. feinpartikuläres organisches Material vor. Die Sohle war an einigen Stellen durch Sedimentauflagerung leicht kolmatiert (äußere Kolmation), bei SKU 8a-1 deutlich. Ober- und unterhalb von DLB 16_SKO 18 sowie bei SKU 8a-1 war zudem Faulschlamm unter der Sandsohle feststellbar. Auf Grund der Gewässertiefe war die Sohleinsicht bei DLB 16_SKO 18-1 jedoch beschränkt. Auf Steinunterseiten waren an allen PS bakterielle bzw. heterotrophe Aufwüchse in unterschiedlicher Ausprägung sichtbar (Abb. 54).

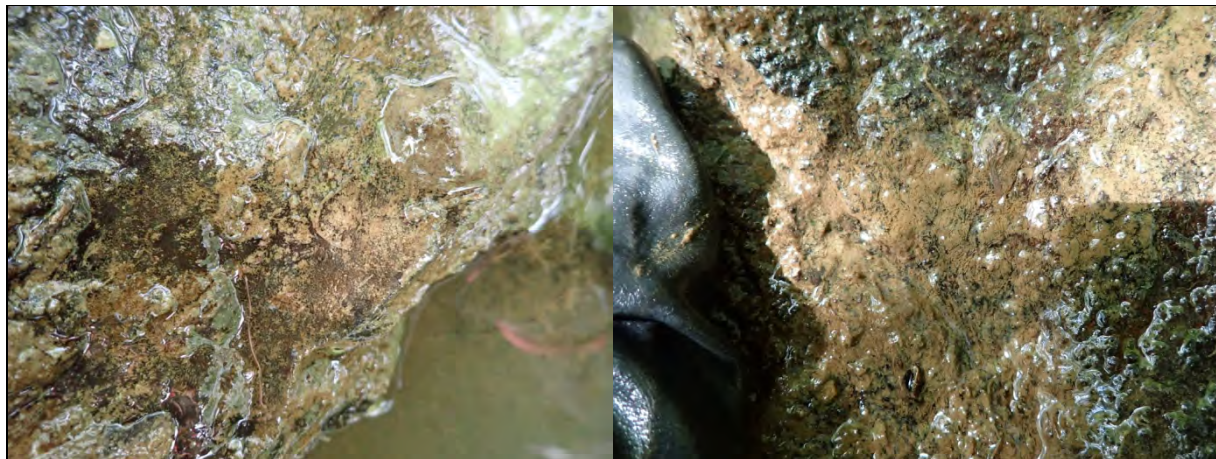


Abb. 54: Heterotropher Bewuchs auf Steinunterseiten bei SKU 23 (links) und SKO 24-1 (rechts) im Mai 2023.

Die Schwabach wies zumeist eine leichte bis mittlere Trübung auf, was natürlich bedingt war. Hinsichtlich der physikalisch-chemischen Parameter zeigte sich mitunter eine leichte bis deutliche Sauerstoffübersättigung, was den hohen Algenanteilen geschuldet sein dürfte. Die niedrigste Sauerstoffsättigung wurde bei SKU 8a-1 gemessen (Faulschlamm, Kolmation).

Die Abflussverhältnisse an der Schwabach 2023 sind in Abb. 53 dargestellt. Zum Zeitpunkt der Physiographieaufnahmen lag ein Abfluss (Q) von ca. 0,5 m³/s (Pegel Erlangen) vor, was deutlich unter dem mittleren Abfluss MQ = 1,51 m³/s lag. Die MZB-Probenahmen erfolgten von 14.-16.06. bei Q von ca. 0,4 m³/s.

Die Dokumentation der Gewässerphysiographie der PS an der Schwabach kann Anhang A - X entnommen werden. Ausschnitte der PS sind in Abb. 55 und Abb. 56 dargestellt.



Abb. 55: Probestellen EZG_AVS-0 und SKO 5b-1 (oben links bzw. rechts), SKU 8a-1 und RÜB 8-1 (2. Reihe links bzw. rechts), SKZ 10-0 und SKZ 10-1 (3. Reihe links bzw. rechts) sowie DLB 16_SKO 18-0 und DLB 16_SKO 18-1 (unten links bzw. rechts) an der Schwabach im Mai 2023.



Abb. 56: Probestellen RÜB 20a-0 und RÜB 20a-1 (oben links bzw. rechts), SKU 20-1 und SKO 21-0 (2. Reihe links bzw. rechts), SKO 21-1 und SKO 22_SKU 23-1 (3. Reihe links bzw. rechts) sowie SKO 24-1 und DLB 29_1/EZG_AVS-1 (unten links bzw. rechts) an der Schwabach im Mai 2023.

6.10.4 Inaugenscheinnahme der MW-Einleitstellen

Die Inaugenscheinnahmen der MW-Einleitstellen an der Schwabach fanden vom 06.05.-17.05. und am 18.07.2023 statt (Tab. 35). Eine Übersicht der MW-Einleitstellen ist in Abb. 57 und Abb. 58 dargestellt.



Abb. 57: Einleitbauwerke SKO 5b und SKU 8a (oben links bzw. rechts), RÜB 8 und SKZ 10 (Mitte links bzw. rechts) sowie DLB 16_SKO 18 und RÜB 20a (unten links bzw. rechts) an der Schwabach im Mai 2023.



Abb. 58: Einleitbauwerke SKU 20 und SKO 21 (oben links bzw. rechts), SKO 22 und SKU 23 (Mitte links bzw. rechts) sowie SKO 24 und DLB 29 (unten links bzw. rechts) an der Schwabach im Mai 2023.

• SKO 5b Brand

Die MW-EL SKO 5b entwässerte über einen ca. 80 m langen Graben (Mühlgraben der Brander Mühle) ab der Einleitstelle in die Schwabach. Die beiden Uferseiten und die Sohle des Grabens waren im unmittelbaren Bereich der Einleitstelle mit Steinverbau gesichert (Tab. 35). Hydraulische Schäden bzw. Erosionsanzeichen konnten nicht festgestellt werden. Im Graben waren massive Algenbestände beobachtbar, die Hygienesituation schien problematisch (unappetitliche Brühe). Im Juli waren die Ufersteine an der Schwabach im Brückenbereich (Brander Hauptstraße) bzw. bei SKO 5b-1 dicht mit Feinsedimenten überzogen (Abb. 59).



Abb. 59: Feinsedimentauflage in der Schwabach unterhalb von SKO 5b (Brücke) im Juli (links) und bedenkliche Flüssigkeit im Gerinne des Trennbauwerkes von SKU 8a im Mai 2023 (rechts).

• **SKU 8a Steinbach**

Die Einleitstelle der MW-EL SKO 8a befand sich unter der Wasseroberfläche des Mühlgrabens der Sendelmühle (Rückstaubereich). Die Einleitstelle war durch Pflastersteine gesichert. Hydraulisch bedingte Gewässerveränderungen oder Hygieneartikel waren nicht feststellbar. Im Gerinne des Trennbauwerkes von SKU 8a fand sich im Mai eine bedenkliche weißlich-orange-grüne Flüssigkeit im Auslaufbereich zur Schwabach (Abb. 59).

• **RÜB 8 Kleinsendelbach**

Die Einleitstelle von RÜB 8 lag im Unterwasser des Mühlkanals der Sendelmühle, direkt unterhalb der Brücke (Hauptstraße, Kleinsendelbach). Die Einleitstelle und die Ufer (beidseits) waren mit Flussbausteinen gesichert. Die Sohle war im Bereich der EL zu einer Sohlgleite umgestaltet und folglich ebenfalls mit Steinen gesichert. Die Fließgeschwindigkeit war hoch. Es waren deutliche Ufererosionen (u.a. auch die Steinsicherung betreffend) bereits im ersten Prallhangbereich sowie im weiteren Verlauf des Mühlkanals sichtbar (Abb. 60). Zudem fanden sich Anzeichen einer Gewässereintiefung. Beide hydraulischen Effekte könnten jedoch durchaus auch auf Hochwässer zurückzuführen sein. Der Gewässerabschnitt erschien hydraulisch überlastet. Hygieneartikel fanden sich nicht.

• **SKZ 10 Unterschöllnbach**

Die Einleitstelle SKZ 10 und der nachfolgende Uferbereich waren mit Flussbausteinen gesichert. Das gegenüberliegende Ufer war ebenfalls auf kurzer Strecke mit Flussbausteinen gesichert, zusätzlich im Bereich der Mündung des Mühlkanals durch eine Spundwand. Es waren im nachfolgenden Gewässerabschnitt deutliche Ufererosionen feststellbar (Abb. 60), die theoretisch auch auf Hochwässer zurückzuführen sein könnten. Ufererosionen dürften auch durch den zuvor gestreckten Lauf der Schwabach begünstigt werden. Teils waren Prallhangbereiche mit Holzstämmen gesichert. Hygieneartikel konnten nicht festgestellt werden.



Abb. 60: Ufererosionen unmittelbar unterhalb der Sohlgleite bei RÜB 8 im Mühlkanal der Sendelmühle (links) und unterhalb von SKZ 10 (rechts) im Mai 2023.

• DLB16_SKO18 Dormitz

Die gemeinsame Einleitstelle von DLB 16 und SKO 18 liegt im Rückstaubereich der Habernhofer Mühle. Die Einleitstelle war durch Beton- und Steinverbau sowie einer schmalen Spundwand gesichert. Entlang der Ufer waren trotz der trägen Fließgeschwindigkeit (Rückstaubereich) leichte Erosionserscheinungen bei DLB 16_SKO 18-1 feststellbar. Es konnten keine Hygieneartikel gefunden werden.

• RÜB 20a Weiher

Die neu angelegte Einleitstelle sowie das gegenüberliegende Ufer waren mit ausgedehnter Steinschüttung gesichert. Im Bereich der MW-Einleitung fand sich eine Sohlgleite mit steinigem Substrat. Deutliche Ufererosionen, Gewässereintiefung und Reste von Plastikfolien konnten sowohl oberhalb der MW-EL (RÜB 20a-0) als auch unterhalb (RÜB 20a-1 und SKU 20-1) festgestellt werden und waren folglich nicht primär auf RÜB 20a zurückzuführen.

• SKU 20 Weiher

Die Einleitstelle von SKU 20 war nur geringfügig mit einzelnen Steinen gesichert und wies wie das gegenüberliegende Ufer deutliche Erosionserscheinungen auf, die jedoch auch oberhalb der MW-EL beobachtet werden konnten und auch weiter flussabwärts bei SKU 20-1 (massive Erosionen) auftraten. Hohe Abflüsse in Verbindung mit höheren Fließgeschwindigkeiten (insbesondere bei SKU 20-1) auf Grund eines höheren Gefälles dürften für die Erosionserscheinung in diesem Gewässerabschnitt verantwortlich sein, wobei MW-Einleitungen hierbei durchaus durch Abflusserhöhungen beitragen könnten. Wie bereits bei RÜB 20a erwähnt, fanden sich in der Vegetation vermehrt Reste von Plastikfolien.

• SKO 21 Uttenreuth

Die Einleitung von Mischwässern bei SKO 21 erfolgte über einen betonierte Rohrauslauf. Es konnten leichte Uferabschwemmungen bzw. Ufererosionen entlang beider Uferseiten ober- und unterhalb von SKO 21 festgestellt werden, die jedoch auch auf natürlich bedingte höhere Abflüsse (Hochwasser) zurückzuführen sein könnten.

- **SKO 22 Uttenreuth**

Die Einleitstelle von SKO 22 war mit Steinen gesichert. Auch auf der sandigen Sohle fanden sich im unmittelbaren Einleitungsbereich große Steine. Die Prallhangseite der nachfolgenden Kurve war ebenfalls mit Steinen gesichert. Es waren höchstens leichte Ufererosionen bzw. Uferabschwemmungen feststellbar, die jedoch auch auf natürlich bedingte höhere Abflüsse (Hochwasser) zurückzuführen sein könnten, zumal sie auch oberhalb von SKO 22 auftraten. Vereinzelt konnten Hygieneartikel festgestellt werden.

- **SKU 23 Uttenreuth**

Die Einleitstelle von SKU 23 sowie die Sohle im Auslaufbereich waren mit großen Flussbausteinen gesichert. Es konnten höchstens leichte Ufererosionen / Uferabschwemmungen beidseits beobachtet werden, die jedoch auch auf natürlich bedingte höhere Abflüsse (Hochwasser) zurückzuführen sein könnten. Hygieneartikel fanden sich vereinzelt in der Ufervegetation.

- **SKO 24 Uttenreuth**

Die betonierte Einleitstelle von SKO 24 war mit Flussbausteinen gesichert, ebenso die Sohle und das sich anschließende Prallufer. Das Ufer gegenüber von SKO 24 wies trotz Sicherungsmaßnahmen (Steine) Erosionserscheinungen auf, die sich bereits oberhalb der Einleitung in deutlicher Ausprägung fanden und teils auch im Zusammenhang mit der oberhalb liegenden Sohlgleite bei hohen Abflussverhältnissen zu sehen waren. Hygieneartikel fanden sich vereinzelt in der Ufervegetation. Im Juli konnten unterhalb der Einleitstelle Schaumkrönchen auf der Wasseroberfläche festgestellt werden.

- **DLB 29 Spardorf**

Ufer und Gewässersohle der im Prallhangbereich liegenden Einleitstelle DLB 29 waren mit Flussbausteinen gesichert. Ufererosionen auf der gegenüberliegenden Seite waren bereits oberhalb der Einleitung vorhanden. Auch flussabwärts konnten Erosionserscheinungen beobachtet werden, die prinzipiell auch auf Hochwässer zurückzuführen waren (Abb. 61). Entlang der Ufervegetation konnten zudem vereinzelt Hygieneartikel festgestellt werden.



Abb. 61: Ufererosionen flussab von DLG 29 im Mai 2023.

Tab. 35: Ergebnis der Inaugenscheinnahme der Einleitbauwerke an der Schwabach unter Berücksichtigung der jeweils nachfolgenden Gewässerstrecken im Mai und Juli 2023

Bauwerk	SKO 5b	SKU 8a	RÜB 8	SKZ 10	DLB 16_SKO 18	RÜB 20a
Sohle / Ufer	Sohle und Ufer (beidseits) im direkten EL-Bereich durch Flussbausteine gesichert	MW-EL durch Pflastersteine gesichert	Ufer- (beidseits) und Sohlsicherung durch Flussbausteine (Sohlgleite)	Ufersicherung beidseits durch Flussbausteine; Sohle nicht einsehbar	Einleitstelle durch Beton- und Steinverbau sowie Spundwand gesichert.	Sohle steinig (Sohlgleite); Ufer beidseitig mit Steinschüttung gesichert
Algen / Beläge	grüne Fadenalgen: massiv Grünalgen: massiv (auf Hartsubstraten)	grüne Fadenalgen: massiv (auf Hartsubstraten) Kieselalgen: dicht	grüne Fadenalgen: massiv (auf Hartsubstraten) Kieselalgen: massiv	grüne Fadenalgen: massiv (auf Hartsubstraten) Kieselalgen: massiv	grüne Fadenalgen: massiv (auf Hartsubstraten)	grüne Fadenalgen: dicht (auf Hartsubstraten)
hydraulische Veränderungen	-	-	Sohleintiefung (auch durch Hochwasser möglich)	-	-	-
Erosion	-	-	Ufererosion deutlich (auch durch Hochwasser möglich)	Ufererosion deutlich bei SKZ 10-1 (auch durch Hochwasser möglich)	leichte Ufererosion (auch durch Hochwasser möglich)	Ufererosion bei RÜB 20-0 und RÜB 20a-1
Feststoffe (Hygieneart.)	Klopapier (Ufervegetation)	-	-	-	-	-
Sonstiges	problematische Hygienesituation (unappetitliche Brühe); im Juli deutliche Feinsedimentauflage auf Steinen (SKO 5b-1)	im Bauwerkschacht unappetitliche Flüssigkeit weiß, orange, grün im Auslaufbereich; Rückstau Sendelmühle	Mühlkanal Unterwasser Sendelmühle; Mühlkanal hydraulisch überlastet	-	Rückstau Habernhofer Mühle	-

Bauwerk	SKU 20	SKO 21	SKO 22	SKU 23	SKO 24	DLB 29
Sohlsubstrat	Einleitstelle wenig gesichert (Steine); Sohle steinig (Sohlgleite)	Betonfassung mit kurzem Auslauf; Sohle sandig	Einleitstelle und Sohle mit Steinen gesichert; Sohle sandig	Einleitstelle und Sohle mit Flussbausteinen gesichert	betonierte Einleitstelle mit Ufer- und Sohlsicherung durch Flussbausteine	Einleitstelle und Sohle mit Flussbausteinen gesichert
Algen / Beläge	grüne Fadenalgen: dicht (auf Hartsubstraten)	grüne Fadenalgen: dicht (auf Hartsubstraten)	grüne Fadenalgen: dicht (auf Hartsubstraten) Kieselalgen: dicht	grüne Fadenalgen: dicht (auf Hartsubstraten) Kieselalgen: dicht	grüne Fadenalgen: dicht (auf Hartsubstraten) Kieselalgen: dicht	grüne Fadenalgen: dicht (auf Hartsubstraten) Kieselalgen: dicht
hydraulische Veränderungen	-	-	-	-	-	-
Erosion	Ufererosion deutlich (auch bei SKU 20-0 und SKU 20-1)	leichte Uferabschwemmung/Ufererosion (auch durch Hochwasser möglich)	leichte Ufererosion (auch durch Hochwasser möglich); Steinsicherung des Prallhangs unmittelbar uh. der MW-EL	leichte Ufererosion (auch durch Hochwasser möglich)	deutliche Ufererosion am gegenüberliegenden Ufer und leichte Ufererosion bei SKO 24-1 (auch durch Hochwasser möglich)	Ufererosion/Uferabschwemmung deutlich (auch oh. DLB 29 und bei DLB 29-1) (auch durch Hochwasser möglich)
Feststoffe (Hygieneart.)	-	-	vereinzelt Hygieneartikel (Ufervegetation)	vereinzelt Hygieneartikel (Ufervegetation)	vereinzelt Hygieneartikel (Ufervegetation)	vereinzelt Hygieneartikel (Ufervegetation)
Sonstiges	-	-	-	-	Schaumkrönchen im Juli	-

6.10.5 QK Makrophyten & Phytobenthos

Wasserpflanzen (Makrophyten) im engeren Sinne (ohne Helophyten: Ufer- bzw. Sumpfpflanzen) waren nur an wenigen Untersuchungsstellen in Form von Wassermoosen nachweisbar. Hierbei konnte das Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*) bei SKU 20-1 gefunden werden, welches als typspezifische Referenzart des Gewässers eingestuft ist.

Hinsichtlich der benthischen Aufwüchse waren die Hartsubstrate (Steine, Holz) deutlich bis dicht und teils komplett (SKO 5b-1, DLB 16_SKO18-0, DLB 16_SKO 18-1, SKO 24-1) mit fädigen Algen bewachsen. Hierbei dürfte der Anteil an Hartsubstraten, nicht jedoch die Nährstoffverhältnisse, der limitierende Faktor für Fadenalgenwachstum an den unterschiedlichen PS sein. So zeigte sich bei SKU 22_SKO 23-1 in einem Abschnitt mit geschlossenem Sohlverbau (Beton) ein massiver Fadenalgenaufwuchs über die komplette Sohle. Neben Fadenalgen waren ferner überall deutliche bis dichte Kieselalgenbestände auf Hartsubstraten und Sandboden beobachtbar (Abb. 63).

Ein eindeutiger Trend, wonach sich der Zustand flussab oder unterhalb bestimmter MW-EL verschlechterte war nicht auszumachen und dürfte generell durch die erhöhte Ausgangsbelastung, die bereits bei EZG-AVS-0 vorlag, maskiert werden.

Dass MW-Einleitungen durchaus einen Negativeffekt hinsichtlich der Nährstoffbelastung der Gewässer – insbesondere bei ungünstigen Mischungsverhältnissen ausüben können – zeigte sich anhand der MW-EL SKO 5b in den Mühlgraben der Sendelmühle, der im Anschluss in die Schwabach mündet. Dort konnte bereits im Mai eine massive Algenblüte festgestellt werden (Abb. 62). Im Rahmen der Untersuchungen des Büros TEAM 4 (2015) war dort der „Abwasserpilz“ beobachtet worden.



Abb. 62: Massive Algenentwicklung bei MW-EL SKO 5b im Mühlgraben zur Schwabach im Mai 2023.



Abb. 63: Kieselalgenbestände auf der Sandsohle sowie Algen auf Wurzeln bei EZG-AVS-0 (oben links bzw. rechts), Fadenalgen auf Steinen bei SKO 5-1 (Mitte links) und bei SKÜ 20-1 (Mitte rechts) sowie auf der Gewässerstrecke mit Sohlsicherung (Beton) bei SKO 22_SKU 23-1 (unten links) und bei DLB 29_EZB-AVS-1 (unten rechts) an der Schwabach im April 2023.

6.10.6 QK Makrozoobenthos

6.10.6.1 Besiedlungsdichte und Anzahl der Taxa

Im Zuge der Makrozoobenthos-Probennahmen vom 14.06. bis 16.06.23 konnten insgesamt 126 rezente (lebende) Taxa aus 13 zoologischen Großgruppen an der Schwabach festgestellt werden (s. Anhang B - X). Unter den aufgesammelten Tieren fanden sich mit der Gemeinen Teichmuschel (*Anodonta anatina*), der Gemeinen Kugelmuschel (*Sphaerium corneum*), den Eintagsfliegen *Caenis beskidensis* und *Heptagenia flava*, dem Weißen Posthörnchen (*Gyraulus albus*), der Köcherfliege, *Oecetis testacea* und der Grünen Keiljungfer (*Ophiogomphus cecilia*) 7 Arten, die derzeit auf der Vorwarnliste der RLB und/oder der RLD aufgeführt sind. Die Grüne Keiljungfer ist ferner nach den Anhängen II und IV der FFH-Richtlinie geschützt. Die Wasserkäferarten, *Hydraena nigrita* und *Riolus cupreus* gelten gemäß der RLB, die Quellblasenschnecke (*Physa fontinalis*) gemäß der RLD als gefährdet. *R. cupreus* ist zusätzlich auf der Vorwarnliste der Roten Liste Deutschland, *P. fontinalis* auf jener der Roten Liste Bayern aufgeführt. Mit der allgemein seltenen Eintagsfliege, *Electrogena affinis*, die bevorzugt auf Totholz in größeren Bächen und Flüssen vorkommt, konnte an mehreren PS eine deutschlandweit stark gefährdete und bayernweit als gefährdet geltende Art gefunden werden (Abb. 64). Für die Schlammfliege, *Sialis lutaria*, wurde derzeit noch keine Rote Liste Kategorie vergeben, da die Datenlage aktuell defizitär ist.

Mit der Assel, *Proasellus coxalis*, dem Signalkrebs (*Pacifastacus leniusculus*) (RÜB 20a-0) und der Neuseeländischen Zwergdeckelschnecke (*Potamopyrgus antipodarum*) wurden 3 neozoische Arten an mehreren PS in der Schwabach nachgewiesen.

Die Besiedlungsdichte des MZB der Schwabach lag allgemein eher niedrig und schwankte zwischen 228 Ind./m² und 6709 Ind./m² (Abb. 65). Die höchsten Besiedlungsdichten wurden bei DLB 16_SKO 18-0, DLB 16_SKO 18-1 und SKU 20-1 vorgefunden. Während ober- und unterhalb der Einleitstelle von DLB 16_SKO 18 (Rückstaubereich der Habernhofer Mühle) eine massive Zunahme an Würmern/Wenigborstern (Oligochaeten) vorlag, war bei SKU 20-1 infolge der schnellen Fließgeschwindigkeit und des hohen Hartsubstratanteils auf der Gewässersohle eine hohe Bestandsdichte an Kriebelmückenlarven feststellbar.

Deutliche Rückgänge in der Besiedlungsdichte im Vergleich zwischen ober- und unterhalb von MW-EL liegenden PS ergaben sich bei SKO 5b-1 (deutliche Abnahme von Flohkrebse der Art *Gammarus roeselii*, von Eintagsfliegenlarven, Köcherfliegenlarven, Wenigborstern und Käfern), bei RÜB 8-1 (deutliche Abnahme von Zuckmückenlarven und Wenigborstern) und SKO 24-1 (deutliche Abnahme von Käfern und Kriebelmücken).

Die Anzahl der pro PS gefundenen Taxa schwankte zwischen 24 (DLB 16_SKO 18-0 und DLB 16_SKO 18-1) und 48 Taxa (EZG_AVIS-0). Die Anzahl der EPT-Taxa betrug maximal 19 (EZG-AVS-0) und minimal 9 Taxa (DLB 16_SKO 18-0).



Abb. 64: MZB- und Fischfunde in der Schwabach: Wasserkäfer *Stictotarus duodecimpustulatus* (oben links), Eintagsfliege, *Electrogena affinis* (oben rechts), Wasserkäfer, *Hydraena nigrata* (Mitte links) und dessen präpariertes männliches Genital zur Bestimmung (Mitte rechts) sowie Eintagsfliege, *Serratella ignita* (unten links) und Mühlkoppe (*Cottus gobio*) bei RÜB 8-1 (unten rechts).

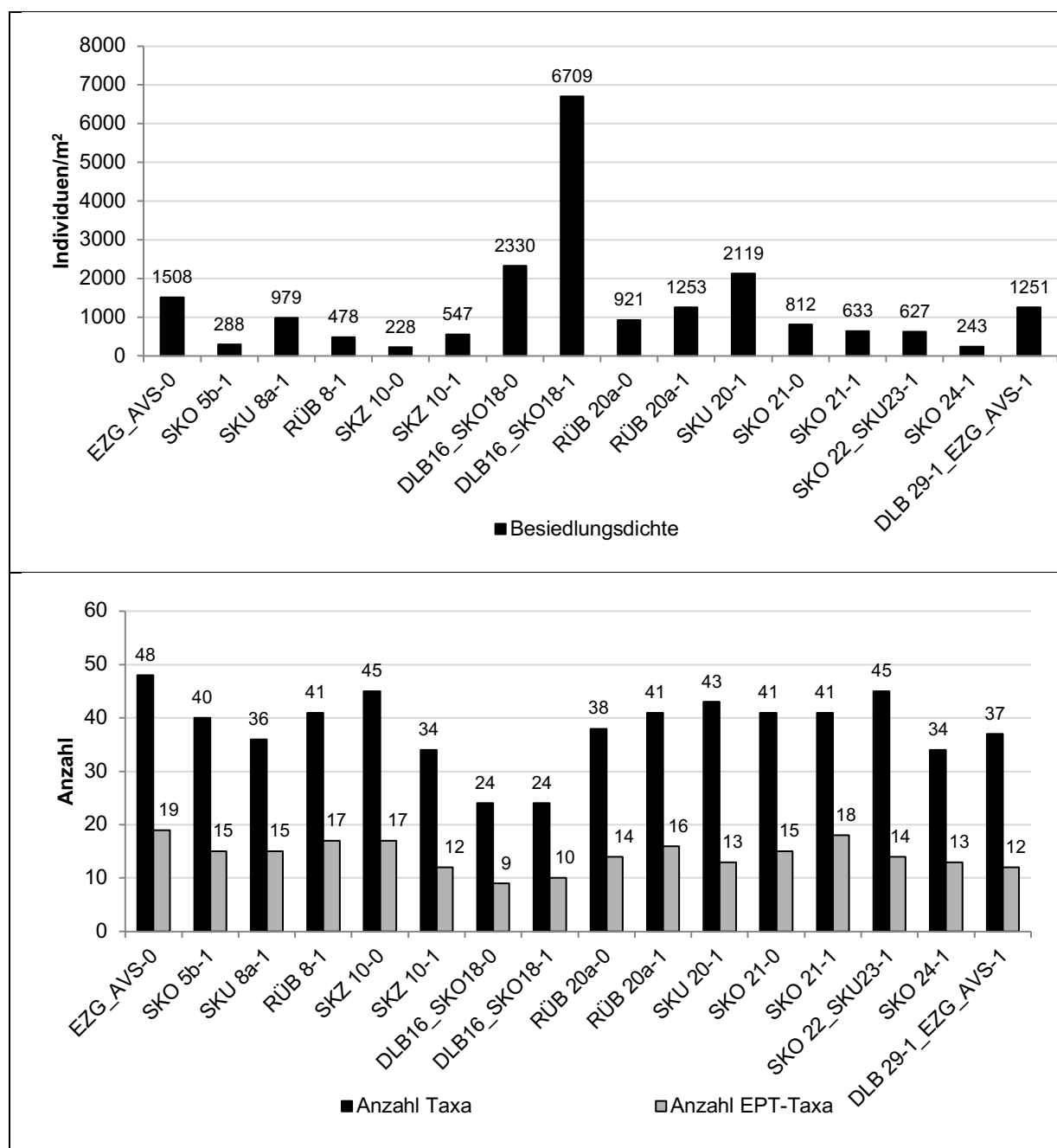


Abb. 65: Besiedlungsdichte (Ind./m²) (oben) und Gesamtanzahl der Taxa sowie Anzahl der EPT-Taxa (unten) an der Schwabach.

Die Benthoszönose an der Schwabach wurde an den meisten PS von Zweiflüglern (Diptera) dominiert, darunter zumeist von Zuckmückenlarven, teils von Kriebelmückenlarven (Abb. 66). Die Anteile an Krebstieren, die bei EZG_AVS-0 noch bedeutende Anteile aufwiesen (Flussflohkrebse, *G. roeseli*) nahmen flussabwärts größtenteils ab und waren ab DLB 16_SKO 18 kaum noch vertreten. Deutliche Verschiebungen der Zönose in Richtung Wenigborster konnten bei den PS SKU 8a-1, RÜB 8-1, SKO 21-1 und – wie bereits oben schon beschrieben – ober- und unterhalb der PS DLB 16_SKO 18 festgestellt werden, an welchen die Zönose zu 86 % (DLB 16_SKO 18-0) bzw. zu 97 % (DLB 16_SKO 18-1) von Oligochaeten dominiert wurde. Bemerkenswert war deren weitere deutliche Zunahme in der Individuendichte unterhalb der MW-EL DLB16_SKO 18.

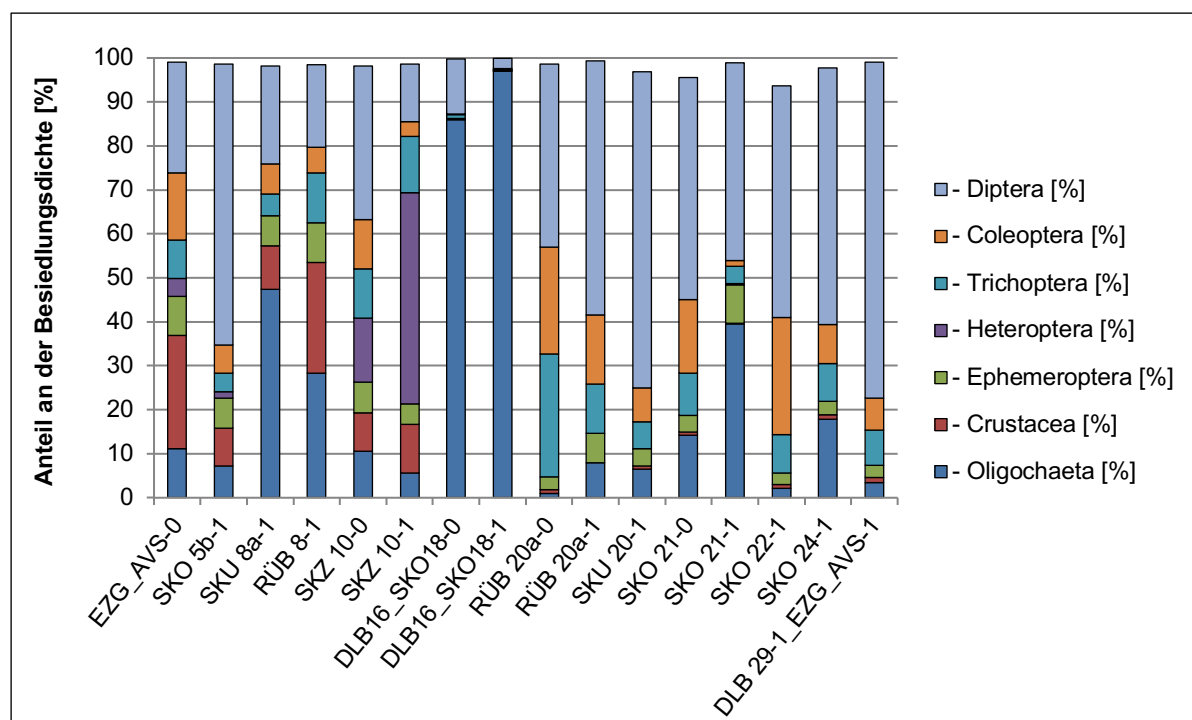


Abb. 66: Anteil der taxonomischen Gruppen an der Gesamtbesiedlung (%) an der Schwabach. In der Grafik wurden nur Gruppen mit einem Anteil von mind. 3 % berücksichtigt.

6.10.6.2 Bewertung der Bachabschnitte nach der WRRL

Modul Saprobie

Die ökologische Zustandsklasse für das Modul Saprobie (Maß für organische Verschmutzung) war an nahezu allen PS mit „gut“ zu bewerten (Tab. 36). Die Schwankungsbreite des SI lag zwischen $SI = 1,96$ (RÜB 20a-0) und $SI = 2,16$ (DLB 16_SKO 18-1), wobei die PS mit den niedrigsten (besten) SI-Werten (RÜB 20a-0, RÜB 20a-1, SKU 20-1) allesamt höhere Fließgeschwindigkeiten, zumindest abschnittsweise, aufwiesen (Sauerstoffeintrag, Abtransport von organischem Material). Im Vergleich des SI zwischen ober- und unterhalb von MW-Einleitstellen lagen die größten Unterschiede bei SKO 5b-1 ($\Delta SI = 0,06$), DLB 16_SKO 18-1 ($\Delta SI = 0,05$), SKO 21-1 ($\Delta SI = 0,10$) und SKO 24-1 ($\Delta SI = 0,08$). Im Vergleich zwischen ober- und unterhalb aller MW-EL des AVS ergab sich ein $\Delta SI = 0,02$.

Die Ergebnisse von DLB 16_SKO 18 -0 bzw. DLB 16_SKO 18 -1 waren auf Grund einer zu geringen Anzahl an Indikatortaxa nicht gesichert.

Modul Allgemeine Degradation

Die Allgemeine Degradation lag zwischen „gut“ und „mäßig“, war jedoch von der Auswertungssoftware an 10 von 16 PS als nicht gesichert eingestuft. Die einzelnen Scores bewegten sich überwiegend im Bereich um die Klassengrenze gut/mäßig. Etwas größere Differenzen im Score zwischen ober- und unterhalb von MW-EL zeigten sich bei SKO 5b, SKO 21-1 und DLB 29-1_EZG_AVS-1.

Ökologische Zustandsklasse

In der Gesamtschau ergab die Fließgewässerbewertung für die Ökologische Zustandsklasse der QK MZB, welche sich aus den Modulen Saprobie und Allgemeine Degradation nach dem

Prinzip des worst-case berechnete, Einstufungen zwischen „gut“ und „mäßig“. Auf Grund einer zu geringen Anzahl an Indikatoren waren die Ergebnisse an 10 von 16 PS ungesichert und die Aussagekraft, insbesondere hinsichtlich des Moduls der Allgemeinen Degradation, eingeschränkt.

Tab. 36: Bewertungsergebnisse der QK MZB an der Schwabach (in Fließrichtung) anhand der WRRL mit Score-Points (0-1). ÖZK = ökologische Zustandsklasse.

PS	EZG_AVS-0	SKO 5b-1	SKU 8a-1	RÜB 8-1	SKZ 10-0	SKZ 10-1	DLB 16_SKO 18-0	DLB 16_SKO 18-1
Datum	14.06.23	14.06.23	14.06.23	14.06.23	14.06.23	14.06.23	15.06.23	15.06.23
ÖZK Saprobie	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
Saprobienindex	2,09	2,15	2,14	2,10	2,06	2,08	2,11	2,16
Ergebnis gesichert	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein
ÖZK Degradation	gut	mäßig	mäßig	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig
Degradation gesamt	0,67	0,57	0,55	0,62	0,55	0,59	0,48	0,56
Degradation gesichert	ja	nein	ja	ja	nein	ja	nein	nein
Fauna Index Typ 9.1_K	0,74	0,62	0,48	0,64	0,60	0,62	0,50	0,60
Metarhithral-Besiedler [%]	0,69	0,65	0,68	0,69	0,58	0,56	0,62	0,60
EPT-Taxa [%] (HK)	0,53	0,39	0,56	0,55	0,45	0,58	0,33	0,47
ÖZK allgemein	gut	mäßig	mäßig	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig
ÖZK gesichert	ja	nein	ja	ja	nein	ja	nein	nein

PS	RÜB 20a-0	RÜB 20a-1	SKU 20-1	SKO 21-0	SKO 21-1	SKO 22-1	SKO 24-1	DLB 29-1_EZG_AVS-1
Datum	15.06.23	15.06.23	15.06.23	15.06.23	16.06.23	16.06.23	16.06.23	16.06.23
ÖZK Saprobie	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
Saprobienindex	1,96	1,97	1,98	2,04	2,14	2,05	2,13	2,11
Ergebnis gesichert	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
ÖZK Degradation	gut	gut	gut	gut	mäßig	mäßig	gut	mäßig
Degradation gesamt	0,63	0,74	0,72	0,64	0,57	0,57	0,66	0,55
Degradation gesichert	nein	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein
Fauna Index Typ 9.1_K	0,66	0,87	0,95	0,76	0,54	0,66	0,80	0,63
Metarhithral-Besiedler [%]	0,77	0,75	0,66	0,62	0,66	0,70	0,66	0,58
EPT-Taxa [%] (HK)	0,47	0,50	0,35	0,44	0,55	0,30	0,42	0,36
ÖZK allgemein	gut	gut	gut	gut	mäßig	mäßig	gut	mäßig
ÖZK gesichert	nein	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein

Klassengrenzen (KG) Saprobie (Typ 9.1K): sehr gut: $\leq 1,80$; gut: $> 1,80-2,25$; mäßig: $> 2,25-2,85$; unbefried.: $> 2,85-3,40$
 KG Allgemeine Degradation: sehr gut: $> 0,8$; gut: $> 0,6-0,8$; mäßig: $> 0,4-0,6$; unbefried.: $> 0,2-0,4$; schlecht: $\leq 0,2$

6.10.7 Refugialräume und Wiederbesiedlungspotential

Der von Natur aus gewundene Lauf der Schwabach ist vielfach begradigt und zur Nutzung von Wasserkraft aufgestaut. Im UG finden sich zahlreiche Querbauwerke mit Durchgängigkeitsdefiziten, die zudem zu Unterbrechungen des Fließkontinuums führen. Insbesondere für die Fische stellen nicht durchgängige Wehre und fehlende Fischaufstiegsanlagen eine Wanderbarriere und Lebensraumfragmentierung dar. In den Rückstaubereichen der Wehranlagen kommt es zudem zur Reduktion der Fließgeschwindigkeit, was die Ausbreitung strömungsliebender (rheophile) MZB-Arten beeinträchtigt. Ferner führt die reduzierte Fließgeschwindigkeit u.a. zur Absetzung von Feinsedimenten auf dem Gewässerbett, was die Lebensraumfunktion bzw. Habitatverfügbarkeit einschränkt. Auf Grund von Begradigung kommt es zu unnatürlichen Eintiefungen der frei fließenden Strecken, welche zusammen mit Querverbauungen im Rahmen der GSK Bayern an vielen Abschnitten zu negativen Bewertungsergebnissen führten. Im UG waren insgesamt nur 19 Abschnitte mit „mäßig verändert“ (Kategorie 3) bewertet (beste GSK-Bewertungsstufe im UG), der Großteil hiervon auf der Fließstrecke zwischen Weiher und Uttenreuth. Der Parameter Strukturausstattung, der u. a. die Sohlsubstrate mit einbezieht, war oftmals besser bewertet. Ferner war der überwiegend naturnahe Böschungsbewuchs mit Weiden und Erlen hervorzuheben. Im Rahmen der MZB-Erhebungen waren nahezu alle PS sanddominiert. Neben Steinanteilen spielten insbesondere organische Substrate wie Wurzeln bzw. Wurzelgeflechte der Ufervegetation (Erlen, Weiden etc.) sowie Totholz eine wichtige Rolle hinsichtlich der Substratvielfalt und boten Rückzugsräume zum Schutz vor Verdriftung. Beide Substrattypen konnten an nahezu allen PS gefunden werden, oftmals jedoch nur in geringen Anteilen. Insbesondere ein höherer Totholzanteil würde die Habitatverfügbarkeit deutlich erhöhen.

Die **Verfügbarkeit von Refugialräumen** war folglich mit „mittel“ zu beurteilen (Tab. 37).

In die Schwabach münden von Nord und Süd mehrere Nebengewässer, zudem werden Dormitzer und Buckenhofer Forst von zahlreichen grundwassergespeisten Gräben durchzogen (Trinkwasserschutzgebiet „Erlangen-Ost Buckenhofer Forst“), die der Schwabach zufließen. Gerade die im vorliegenden Gutachten behandelten Nebengewässer waren jedoch oftmals als belastet einzustufen. Infolge des Klimawandels und der fortschreitenden Tendenz von sog. Trockenjahren mit ungünstigen Grundwasserneubildungsbedingungen können sich Grundwasserspiegel nicht mehr ausreichend erholen, was sich u.a. negativ auf Quellschüttungen, insbesondere in den trockenen Sommermonaten, ausübt. Einige Nebengewässer der Schwabach waren folglich im Sommer – zumindest abschnittsweise – trocken. Ferner erfolgen Wasserentnahmen für anthropogene Zwecke (z. B. Trinkwassergewinnung, Landwirtschaft), die die Wasserführung der Gewässer weiter beeinträchtigen können. Trotz guter Konnektivität zu Seitengewässern wird die Migration von Faunenelementen aus den Bächen infolge zunehmender Wasserknappheit und Austrocknung von Bächen im Sommer erschwert. Ferner führen die Querverbauungen mit den oben erwähnten ökologischen Konsequenzen zur Reduktion des Wiederbesiedlungspotentials. Dem MZB-Arteninventar war im Rahmen der Erhebungen im UG bei eher geringer Besiedlungsdichte eine ökologischen Zustandsklasse im Schwankungsbereich zwischen „gut“ und „mäßig“ zuzuordnen. Wiederbesiedlungspotential und Refugialraumverfügbarkeit könnten durch strukturelle Maßnahmen (Reduktion von Staubereichen durch Wehrrückbau, Herstellung der Durchgängigkeit, Tot-

holzeinbringung, gewässerstrukturelle Maßnahmen zur Entwicklung von Breiten- und Tiefenvarianz, Reduktion von Nährstoffeinträgen) gesteigert werden.

Das **Wiederbesiedlungspotential** war folglich mit „mittel“ zu beurteilen. Für die Fische ist auf Grund der Wanderbarrieren (Querbauwerke) jedoch von einem „geringen“ Wiederbesiedlungspotential auszugehen.

Als Orientierungswert für verkraftbare **Geschiebetriebereignisse pro Jahr** ergab sich folglich die **Anzahl 1-3**. Die geringe Besiedlungsdichte des MZB spricht sogar eher für die Anzahl 1.

Tab. 37: Abschätzung der jährlichen hydraulischen Belastbarkeit an der Schwabach (LfU 2018, nach Gammeter 1996)

Anzahl verkraftbarer Geschiebetriebereignisse pro Jahr unter verschiedenen Voraussetzungen		Verfügbarkeit von Refugialräumen		
		gut	mittel	schlecht
Wiederbesiedlungspotential	hoch	10	5	3
	mittel	5	3	1
	niedrig	3	1	0,5

6.10.8 Potentielle Ammoniakkonzentrationen infolge der MW-Einleitungen

Die Abschätzung potentieller Ammoniakkonzentrationen in der Schwabach infolge von Mischwassereinleitungen ergab in einem +/- pessimalen Szenario (maximale Vorbelastung, maximale Einleitkonzentrationen) bei MNQ der Schwabach und gleichzeitiger Entlastung aller Mischwasserbauwerke des AVS (unter Verwendung des jeweils durchschnittlichen Entlastungsabflusses, s. Anhang D) für die Sommermonate eine deutliche Überschreitung sämtlicher Anforderungswerte von Ammoniak-N bzw. Ammoniak (LUBW 2015, FFB MF 2023, BWK 2008, Schäperclaus et al. 1997), so dass akut toxische (bei langen Wirkdauern) und chronische Wirkungen auf die Fischfauna nicht ausgeschlossen werden können (Tab. 38). Auch für den Fall, dass lediglich 1 Entlastungsanlage anspringt, würden in diesem Szenario im Sommer sämtliche Anforderungswerte flussabwärts der Entlastung überschritten werden (Ausnahme RÜB 20a; gemäß Schmutzfrachtberechnung (Dr. Resch + Partner 2021) sehr geringes Entlastungsvolumen bzw. Entlastungsabfluss) (s. Anhang C - I). Für die Wintermonate ergaben sich im Rahmen des pessimalen Szenarios ebenfalls Verfehlungen der Anforderungswerte bei gleichzeitiger Entlastung aller Anlagen. Lediglich die Ammoniakkonzentration für akute Toxizität bei juvenilen Bachforellen (BWK 2008) wurde knapp nicht überschritten. In der Betrachtung von Einzelentlastungen zeigte sich, dass selbst diese Toxizitätsgrenze unterhalb von RÜB 16, SKU 20, SKO 21 und SKO 24 (auch bei SKO 23 unter Verwendung von Messwerten statt der Schmutzfrachtberechnung) im Entlastungsfall nicht eingehalten wird und bei langen Wirkdauern (> 24h) letale Effekte an Fischen nicht ausgeschlossen werden können (s. Anhang C - I).

Im „durchschnittlichen“ Szenario zeigte sich unter Verwendung mittlerer $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen sowie mittlerer pH- und Temperaturwerte (Schwabach und Mischwässer) bei MNQ der Schwabach, dass Anforderungen für Brut, juvenile und adulte Salmoniden bzw.

Fische sowie das Anforderungsniveau bei häufiger und langer bzw. sehr häufiger Entlastung gemäß LUBW (2015) im Sommer und Winter eingehalten werden. Dies gilt für die gleichzeitige Entlastung aller Anlagen sowie für Einzelentlastungen (Tab. 38, s. Anhang C - II). Die sommerlichen Ammoniak-Werte lagen im Rahmen dieses Szenarios mit Ausnahme von RÜB 20a im Bereich von 0,004 mg/l bzw. knapp darüber (Einzelentlastung bzw. gleichzeitige Entlastung aller Anlagen). Bei Dauerbelastung in diesem Konzentrationsbereich können nach LUBW (2015) chronische Effekte durch Ammoniak an der Fischfauna nicht ausgeschlossen werden. Auf Grund von 14 Entlastungsbauwerken mit teils sehr häufigen Entlastungsereignissen waren Vermeidungsreaktionen bis hin zu chronischen Effekten an der Fischfauna nicht auszuschließen, wobei flussab von einer Belastungszunahme auszugehen ist (höhere Anzahl Entlastungsereignisse, höhere Entlastungsdauer).

Tab. 38: Berechnung potentieller Ammoniakkonzentrationen an der Schwabach bei gleichzeitiger Entlastung aller Anlagen in einem +/- pessimalen und einem mittleren Szenario, jeweils für Sommer und Winter. Konzentrationen bzw. Werte stammen für die Schwabach aus dem WRRL- Monitoring (2017 und 2020) und für die Mischwässer aus Nickel et al. (2020a). Temperaturen der Mischwässer wurden geschätzt. Durchschnittliche Entlastungsabflüsse wurden aus der Schmutzfrachtberechnung (Dr. Resch + Partner 2021) ermittelt (s. Anhang D).

	Parameter	EZG AVS - pessimal		EZG AVS - durchschnittlich	
		Sommer	Winter	Sommer	Winter
Schwabach	MNQ (l/s)	221	493	221	493
	T	18,3	8,7	12,7	3,8
	pH	8,2	8,2	7,6	7,2
	NH ₄ -N (mg/l)	0,15	0,45	0,04	0,13
	NH ₃ -N (mg/l)	0,0079	0,012	0,0004	0,0002
MW-Einleitungen	Q (l/s)	2016	2016	2016	2016
	T	18	8	14	6
	pH	7,2	7,2	6,6	6,6
	NH ₄ -N (mg/l)	15,0	15,0	3,2	3,2
	NH ₃ -N (mg/l)	0,081	0,038	0,003	0,002
Immission	T	18,03	8,14	13,87	5,57
	pH	7,30	7,40	6,70	6,72
	NH ₄ -N (mg/l)	13,53	12,14	2,89	2,60
	NH₃-N (mg/l)	0,092	0,048	0,004	0,002
	NH₃ (mg/l)	0,112	0,059	0,004	0,002
Anforderung (LUBW 2015), „sehr häufig“, „häufig und lang“	NH ₃ -N (mg/l)	0,020	0,020	0,020	0,020
Anforderung Salmoniden, Adulttiere (FFB MF)	NH ₃ (mg/l)	0,020	0,020	0,020	0,020
Anforderung Salmoniden, juvenil (LC 50, 24h) (BWK 2008)	NH ₃ (mg/l)	0,070	0,070	0,070	0,070
Anforderung Salmoniden, Brut (Schäperclaus et al. 1997)	NH ₃ (mg/l)	0,006	0,006	0,006	0,006

6.10.9 Zusammenfassung mit Diskussion und Maßnahmenvorschlägen

Qualitätskomponente Makrozoobenthos

Die Erhebung der QK MZB an der Schwabach ergab mit dem Nachweis von 126 Taxa, darunter einige Rote Liste Arten, ein gutes Ergebnis bei jedoch zumeist geringer Besiedlungsdichte. Gerade in sandgeprägten Gewässern hängt die Artenvielfalt und Besiedlungsdichte stark von weiteren zur Verfügung stehenden Substraten, wie Steinen und insbesondere organischen Strukturen wie Totholz und Wurzelgeflechten der Ufervegetation ab. Totholz und Wurzeln lagen zwar vor, oft aber nur zu geringen Anteilen. Kolmationserscheinungen durch Feinsedimente waren im Frühjahr in leichter Ausprägung vorhanden, im Sommer deutlicher ausgeprägt. Folglich könnten die Hochwässer im Februar (HQ 1) und März sowie Abflussspitzen im April (Abb. 53) einen positiven Effekt hinsichtlich des Abtransports von Feinsedimenten ausgeübt haben.

Im Modul Saprobie konnte an allen PS eine „gute“ Zustandsklasse ermittelt werden. Signifikante saprobielle Negativveränderungen unterhalb von MW-EL gemäß LUBW (2015) mit $\Delta SI \geq 0,15$ konnten nicht festgestellt werden. Es ließen sich allenfalls Negativtendenzen des SI unterhalb von SKO 5b, DLB16_SKO 18, SKO 21 und SKO 24 beobachten. Im Rahmen der Gesamtbetrachtung zwischen ober- und unterhalb aller Einleitstellen des AVS konnten bei $\Delta SI = 0,03$ keine wesentlichen saprobiellen Veränderungen anhand des MZB festgestellt werden. Auf Steinunterseiten waren an allen PS Aufwüchse, vermutlich bakterieller und/oder heterotropher Natur beobachtbar, die auf zu hohe organische Belastungen in der Schwabach hindeuten dürften (flussabwärts tendenziell zunehmend). Für aussagekräftige Einschätzungen hierzu wäre aber eine spezielle Begutachtung und mikroskopische Determinierung des sog. Mikrobenthos durch Spezialisten nötig. Hierbei könnte eine Neuberechnung des SI auf Basis des Mikro- und Makrobenthos erfolgen.

Das Modul Allgemeine Degradation lag im Schwankungsbereich zwischen gut und mäßig. Auffällige Unterschiede zwischen ober- und unterhalb von MW-EL liegenden PS waren nicht gegeben, zumal sämtliche Ergebnisse ungesichert waren (zu geringe Anzahl an Indikatoren), was die Aussagekraft deutlich einschränkte.

Auffällige Veränderungen in der Besiedlungsstruktur ergaben sich insbesondere bei DLB 16_SKO 18-0 und DLB 16_SKO 18-1. Beide PS lagen im Rückstaubereich der Habernhofer Mühle und wiesen dementsprechend geringe bis träge Fließgeschwindigkeiten auf. An beiden PS kam es zu einer vergleichsweise massiven Zunahme an Würmern/Wenigborstern (Oligochaeten), die unterhalb von DLB 16_SKO 18 noch extremer ausgeprägt war als oberhalb. Dies kann gemäß LUBW (2015) auf Belastungen durch Feststoffe infolge der MW-EL hindeuten und/oder durch erhöhte Sedimentation bzw. verringertem Abtransport von organischem Material infolge der reduzierten Fließgeschwindigkeit verursacht werden. Die beiden PS können als pessimale Untersuchungsabschnitte des UG interpretiert werden und zeigten, dass Rückstaubereiche infolge von Querverbauungen einerseits zu einer deutlichen Negativverschiebung der Benthoszönose beitragen können und sich andererseits Belastungen in Gewässerabschnitten mit geringer Selbstreinigungskraft besonders manifestieren. Die Anzahl an Taxa und EPT-Taxa war an beiden PS deutlich niedriger als im Durchschnitt. Beide Module, Saprobie und Allgemeine Degradation, waren im Bereich von DLB 16_SKO 18 un-

gesichert. Via Expert Judgement wäre durchaus eine Abwertung beider Probestellen auf „unbefriedigend“ in Betracht zu ziehen.

Erhöhte Anteile an Oligochaeten ließen sich ferner bei SKU 8a-1, SKO 5b-1, SKO 21-1 und SKO 24-1 beobachten, wobei die absoluten Zahlen nur verhältnismäßig gering bis moderat erhöht waren im Vergleich zu oberhalb. Auffällig war zudem der deutliche Rückgang von Flussflohkrebsen, *Gammarus roeselii*, unterhalb von EZG_AVIS-0, was möglicherweise zunächst mit strukturellen Gegebenheiten (Substratausstattung) zu begründen war. Ab DLB 16_SKO 18-0 konnten schließlich nur noch Einzeltiere nachgewiesen werden. Die Ursache hierfür war unklar. Auch stoffliche Belastungen können nicht ausgeschlossen werden (LUBW 2015).

Insgesamt spiegelten die Ergebnisse gut jene des WRRL-Monitorings wider, welches für die QK MZB derzeit eine „gute“ ökologische Zustandsklasse angibt, die jedoch im Modul Allgemeine Degradation direkt an der Klassengrenze zwischen „gut“ und „mäßig“ liegt. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung pendelten sämtliche PS im UG an der Klassengrenze zwischen „gut“ und „mäßig“. **Insofern wäre eine Belastungserhöhung des Gewässers im Sinne des Verschlechterungsverbots gemäß WRRL als kritisch zu betrachten.** Insbesondere unter dem Aspekt zunehmender Wasserknappheit infolge des Klimawandels und sonstiger anthropogener Wassernutzungen, welche insbesondere in den Sommermonaten zu zunehmend schlechten Mischungsverhältnissen im Entlastungsfall (Näheres hierzu, s. u.) neben weiteren damit verbundenen Stressoren (z. B. Temperaturzunahme) führt, wird eine Reduktion der chemischen und organischen Belastung des Gewässers empfohlen.

Qualitätskomponente Makrophyten & Phytobenthos

Gemäß den Ergebnissen des WRRL-Monitorings wird die QK Makrophyten & Phytobenthos im Unterlauf (FWK 2_F054, Messstelle „Uttenreuther Mühle“) aktuell lediglich mit „mäßig“ bewertet, die Unterkomponente der Kieselalgen sogar nur mit „unbefriedigend“ und indizierte somit eine zu hohe Nährstoffverfügbarkeit in der Schwabach. Diese spiegelte sich auch anhand von Orientierungswertüberschreitungen für ortho-Phosphat-Phosphor (ortho-Phosphat-P) und Gesamt-Phosphor (Gesamt-P) bei den beiden letzten WRRL-Erhebungen wider (s. Kapitel 2.2). Obwohl im Rahmen der vorliegenden Untersuchung keine detaillierte Erhebung und Auswertung der QK Makrophyten & Phytobenthos erfolgte, deutete der äußere Aspekt der einzelnen Probestellen ebenso auf deutliche Defizite hin. Dichte bis massive Fadenalgenaufwüchse und Kieselalgenbestände auf Hartsubstraten (Stein, Totholz) sowie deutliche Kieselalgenbestände auf Sand deuteten auf eine hohe Nährstoffverfügbarkeit hin, die bereits oberhalb der EL des AVS beobachtbar war. Infolge des allgemein hohen Algenaufkommens war eine Differenzierung hinsichtlich einer Belastungszunahme unterhalb von MW-Einleitungen nicht ohne weiteres möglich.

An der WRRL-Messstelle der oberen Schwabach (FWK 2_F053, Messstelle Igensdorf) war die QK Makrophyten & Phytobenthos mit „gut“ bewertet, die Orientierungswerte der chemischen Parameter ortho-Phosphat-P und Gesamt-P wurden eingehalten. Demzufolge dürften Belastungsquellen insbesondere unterhalb der Messstelle Igensdorf zu suchen sein. Einen möglichen Hauptbelastungsfaktor könnte folglich die KA ZV Obere Schwabach darstellen, zumal Kläranlagen den Haupteintragspfad an Phosphor in urbanen Systemen darstellen

(Abb. 2 in Kapitel 3). Anhand des Mühlgrabens der Sendelmühle (MW-EL SKO 5b) zeigten sich in Form einer massiven Algenblüte ferner Negativeffekte durch die MW-EL bei ungünstigen Mischungsverhältnissen. In Nickel et al. (2020a) wurden relevante Phosphoreinträge über MW-Einleitungen nachgewiesen (Kapitel 3). Ferner konnte in Kapitel 4 gezeigt werden, dass Orientierungswerte der OGewV (2016) für ortho-Phosphat-P und Gesamt-P - zumindest für die Dauer des Entlastungsereignisses - bei ungünstigen Mischungsverhältnissen (im Falle von ortho-Phosphat-P Verhältnis von $< 5:1$, bei Gesamt-P $< 8,7:1$ Fluss- zu Mischwasser, unter Vernachlässigung der Ausgangsbelastung) überschritten werden (angesichts der vielen MW-Einleitstellen an der Schwabach mit teils sehr hohen Entlastungsabflüssen häufiger anzunehmen), die an der unteren Schwabach im Jahresmittel generell nicht eingehalten wurden. Weitere Belastungsfaktoren könnten landwirtschaftliche Einträge und belastete Zuflüsse darstellen.

Da die QK Makrophyten & Phytobenthos im FWK 2_F054 lediglich mit „mäßig“ bewertet wird besteht Handlungsbedarf gemäß WRRL („Verbesserungsgebot“), insbesondere auch im Hinblick auf längere Niedrigwasserphasen infolge klimatischer Veränderungen mit zunehmend ungünstigem Verdünnungspotential.

Qualitätskomponente Fische

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung war keine detaillierte Erhebung und Auswertung der Fischkomponente gefordert. Gemäß den Erhebungen der WRRL war in der oberen Schwabach (FWK 2_F053) eine fischregionstypische Zusammensetzung mit Arten der oberen (Epirhithral) und unteren (Metarhithral) Forellenregion (Bachforelle (*Salmo trutta*), Bachneunauge (*Lampetra planeri*), Koppe (*Cottus gobio*), Bachschmerle (*Barbatula barbatula*) gegeben. Ein lediglich „mäßiges“ Bewertungsergebnis hinsichtlich der ökologischen Zustandsklasse war auf Defizite der Klasse der Mitteldistanzwanderer, z. B. Fehlen der Rutte (*Lota lota*), zurückzuführen. Ursächlich hierfür waren Durchgängigkeitsdefizite in der oberen Schwabach (pers. Mitteilung, FFB Oberfranken, am 14.08.2023).

Im Unterlauf der Schwabach (UG der vorliegenden Untersuchung, FWK 2_F054) wird die QK Fische gemäß WRRL lediglich als „unbefriedigend“ eingestuft. Die Belastungen auf die Fischfauna waren laut FFB Mittelfranken als multifaktoriell einzustufen. Hauptgründe stellten die zahlreichen Querbauwerke mit fehlender Durchgängigkeit (Lebensraumfragmentierung), ungünstige Dotation von Restwasserstrecken, Feinsedimenteinträge sowie fehlende Unterstände im Bereich der Befischungsstrecke dar (pers. Mitteilung, FFB Mittelfranken, am 16./17.10.2023). Die untere Schwabach ist gemäß FFB Mittelfranken noch der Forellenregion zuzuordnen. Bachforellen stammen überwiegend aus Besatzmaßnahmen. Vereinzelte Nachweise von Jungtieren dürften im Bereich der Messstelle Uttenreuther Mühle auf Reproduktion im Mühlbach (Aufzweigung der Schwabach im Oberwasser der Uttenreuther Mühle) zurückzuführen sein, welcher noch Kieslaichplätze bietet (pers. Mitteilung, FFB Mittelfranken, am 30.11.2023).

Ferner lagen Orientierungswertverfehlungen der Stickstoffkomponenten Ammonium-N und Ammoniak-N im Jahresdurchschnitt 2017 im Rahmen der wasserchemischen Untersuchungen im Zuge des WRRL-Monitorings vor. Diese konnten im Probenahmezyklus 2020 in Form von Jahresdurchschnittswerten nicht bestätigt werden, Einzelwerte von Ammoniak-N lagen

aber dennoch über dem Orientierungswert (2 µg/l) für den guten ökologischen Zustand nach OGewV (2016). Da Ammoniak stark fischtoxisch wirkt, sind Orientierungswertüberschreitungen hinsichtlich dieses Parameters kritisch zu beurteilen und potentielle Belastungsquellen (Kläranlagen, Einträge aus der Landwirtschaft, MW-EL) zu überprüfen. Die schädigende Wirkung von Ammoniak in Oberflächengewässern hängt insbesondere von der Konzentration, der Einwirkdauer und der Belastungshäufigkeit ab (LUBW 2015). Darüber hinaus gilt, je höher die Wassertemperatur und je höher der pH-Wert, desto mehr liegt das Dissoziationsgleichgewicht zwischen Ammonium und Ammoniak auf Seiten des Ammoniaks. Abschätzungen der potentiellen Ammoniakkonzentrationen im Entlastungsfall (einzelne Anlage bzw. gleichzeitiges Entlasten aller Anlagen) zeigten, dass bei Verwendung von Maximalkonzentrationen (Ammonium-Stickstoff) bzw. -werten (pH, Temperatur) für die Schwabach (Vorbeltung) und die eingeleiteten Mischwässer in einem pessimalen, durchaus aber nicht unrealistischen Szenario, hohe Ammoniakkonzentrationen in der Schwabach (Sommer, Winter) mit chronischer und akuter Toxizität bei langer Wirkdauer für Fische auftreten können. Unter Verwendung mittlerer Konzentrationen der oben genannten Parameter (Schwabach, Mischwässer) war für die Wintermonate auf Grund der niedrigen Wassertemperaturen nicht von negativen Effekten durch Ammoniak auszugehen. In den Sommermonaten können im Entlastungsfall Ammoniakkonzentrationen auftreten, die bei Fischen zu Vermeidungsverhalten oder chronischen Schäden bei Dauerbelastung führen könnten, zumal sich an der Schwabach etliche Entlastungsanlagen befinden und mitunter sehr häufige und sehr lange Entlastungsaktivitäten aufweisen. Hierbei sei RÜB 16 mit sehr häufigen und sehr langen Entlastungen zu erwähnen. Ferner wiesen Messungen an den Bauwerken für SKU 20, SKO 21, SKU 23 und SKO 30a – im Gegensatz zur Schmutzfrachtberechnung (Dr. Resch + Partner 2021) – auf deutlich längere Überlaufauern von „lang“ bis „sehr lang“ bei „häufiger“ bis „sehr häufiger“ Entlastung nach Baumann et al. (2017) hin.

Angesichts teils hoher Entlastungsabflüsse, die insbesondere bei niedrigeren Wasserständen in der Schwabach durchaus zu Mischungsverhältnissen mit höherem (bis deutlich) höherem Anteil an Mischwässern im Vergleich zu Flusswasser führen können, waren ferner Überschreitungen der ZHK von PAKs nicht auszuschließen.

Die QK Fische wird im FWK 2_F054 lediglich mit „unbefriedigend“ bewertet. Gemäß WRRL („Verbesserungsgebot“) besteht Handlungsbedarf.

Refugialräume und Wiederbesiedlungspotential

Auf Grund zahlreicher Rückstaubereiche durch Querverbauung, einer mitunter eingeschränkten Habitatverfügbarkeit infolge der überwiegend stark sandgeprägten Gewässersohle (kein Interstitial) mit mitunter nur geringen Anteilen an Steinen und organischem Substrat in Form von Totholz und Wurzeln sowie Kolmationserscheinungen durch Feinsedimente (zumeist mineralischer Natur) war die Verfügbarkeit von Refugialräumen mit „mittel“ zu bewerten. Das Wiederbesiedlungspotential war infolge von Durchgängigkeitsdefiziten trotz guter Konnektivität zu Nebengewässern, die jedoch infolge sommerlicher Austrocknung (u.a. Klimawandel) mitunter nicht permanent wasserführend sind, als „mittel“, hinsichtlich der Fische als „schlecht“ (zahlreiche Wanderbarrieren) zu beurteilen. Als Orientierungswert für verkräftbare Geschiebetriebeignisse pro Jahr ergab sich gemäß LfU (2018) folglich die

Anzahl 1-3 mit Tendenz zu Anzahl 1 auf Grund der allgemein geringen Besiedlungsdichte des MZB.

Hydraulische Belastungen und Spuren aus der Mischwasserkanalisation

Gewässer des Typs 9.1K „Karbonatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse des Keupers“ weisen durchaus natürlicherweise kastenförmige Gewässerbetten mit teils steilen Ufern und Uferabbrüchen auf. Begradigungen des einst gewundenen Verlaufs der Schwabach führten jedoch in den frei fließenden Abschnitten mitunter zu unnatürlichen Erosionsprozessen und zur Eintiefung des Gewässers. Im UG konnten Ufererosionen dokumentiert werden, die im Zusammenhang mit hydraulischen Belastungen infolge von MW-Einleitungen stehen könnten, durchaus aber auch durch Hochwässer oder sich überlagernde Effekte aus beiden Quellen bedingt sein könnten. Anzeichen für eine hydraulische Überlastung (Ufererosion, Gewässereintiefung) lagen im Mühlkanal im Unterwasser der Sendelmühle (RÜB 8) vor. Sämtliche Einleitstellen selbst waren zumeist gut gesichert.

Hygieneartikel fanden sich unterhalb einiger MW-EL in Form von Klopapier und Damenbinden. Ferner konnten Folienrückstände in überhängender Ufervegetation fest

Maßnahmenvorschläge

- Vermeidung der wasserchemischen und organischen Belastungszunahme der Schwabach (ökologische Zustandsklasse des MZB im Schwankungsbereich zwischen gut/mäßig; „Verschlechterungsverbot“ gemäß WRRL; Fischfauna und Makrophyten & Phytobenthos derzeit nicht „gut“, „Verbesserungsgebot“ gemäß WRRL)
- Reduktion der wasserchemischen (gemäß Kapitel 3 und 4, insbesondere Phosphor, Ammoniak, PAK) und organischen Belastungen (Anzeichen durch heterotrophe Organismen) in der Summe (ökologische Zustandsklasse des MZB im Schwankungsbereich zwischen „gut/mäßig“, „Verschlechterungsverbot“ gemäß WRRL; Fischfauna und Makrophyten & Phytobenthos derzeit nicht „gut“, „Verbesserungsgebot“ gemäß WRRL)
- Klärung des wasserchemischen und biologischen Einflusses der KA ZV Obere Schwabach (gewässerökologische Untersuchungen, Chemie und Biologie)
- Reduktion der wasserchemischen und organischen Belastungen infolge landwirtschaftlicher Einträge (Nährstoffe, Pestizide, Feinsedimente) durch Schaffung von ausreichenden Pufferstreifen und Rückbau von Acker- und Felddrainagen (soweit vorhanden)
- Belassen von natürlichen Totholzstrukturen sowie Einbringung von Totholz zur Erhöhung der Habitatdiversität/ -verfügbarkeit
- Reduktion der Feinsedimenteinträge
- Ggf. Reduktion der hydraulischen Belastung bei RÜB 8 nach Rücksprache mit der FFB Mittelfranken (Vorkommen der Mühlkoppe im Mühlkanal der Sendelmühle)
- Ufersicherung und Erhöhung der Rauigkeit der Ufer mit Totholz, ggf. durch Steine, unterhalb von RÜB 8, SKZ 10, SKO 24 (insbesondere gegenüber MW-EL), DLB 29
- Verbesserung des Rückhalts von Hygieneartikeln bei SKO 5b, SKO 22, SKU 23, SKO 24 und DLB 29
- Herstellung der Durchgängigkeit an Querverbauungen (Wehre, Abstürze etc.)

- Reduktion von Rückstaubereichen durch Rückbau von Wehren
- Anlegen von Rauschen (Durchgängigkeit beachten), um physikalisch für mehr Entgasung (Gleichgewicht Ammonium/Ammoniak) und Sauerstoffeintrag zu sorgen
- Herstellung angemessener Dotationen von Restwasserstrecken in Absprache mit der FFB
- Kartierung und Determination des Mikrobenthos und ggf. Neuberechnung der Saprobie anhand des Mikro- und Makrobenthos für eine schärfere Auflösung

7 Zusammenfassung und allgemeine Maßnahmenempfehlungen

Im Zuge des Wasserrechtsverfahrens des Abwasserverbands Schwabachtal (AVS) zum Antrag auf Neuerteilung der wasserrechtlichen Genehmigung zur Einleitung von Mischwässern in die Schwabach und ihre Nebengewässer, erfolgten nach Forderung der Wasserwirtschaftsämter Nürnberg und Kronach sowie der Landratsämter Erlangen-Höchstadt und Forchheim vorliegende gewässerökologische Untersuchungen im Zeitraum von April bis Dezember 2023.

Im Zentrum der Untersuchungen an insgesamt 10 Gewässern bzw. Gewässersystemen standen insbesondere Erhebungen der biologischen Qualitätskomponente (QK) Makrozoobenthos (wasserwirbellose Tiere) zur Prüfung der Gewässer auf organische und stoffliche Belastungen sowie die Inaugenscheinnahme der Gewässer auf hydraulische Schäden und weitere Beeinträchtigungen im Zusammenhang mit den Mischwassereinleitungen des AVS. Ferner wurden die Gewässer hinsichtlich des Wasserpflanzen- und Algenaspekts begutachtet. Tiefergehende Erhebungen gemäß Wasserrahmenrichtlinie waren für die QK Makrophyten & Phytobenthos (Wasserpflanzen & Aufwuchsalgen) sowie für die QK Fische nicht gefordert. Darüber hinaus flossen Erkenntnisse aus der umfangreichen Mischwasserstudie des bayerischen Landesamtes für Umwelt (Nickel et al. 2020a,b) in die Bewertung und Interpretation der Untersuchungsergebnisse mit ein.

Es konnten neben teils deutlichen strukturellen Beeinträchtigungen und mitunter hoher Vorbelastung (Makrozoobenthos, Algenbewuchs), hydraulische sowie stoffliche bzw. organische Defizite an untersuchten Gewässern festgestellt werden, die durchaus im Zusammenhang mit den Mischwassereinleitungen zu sehen waren. Da die festgestellten Defizite zumeist multifaktoriell bedingt sein können, konnten diese bisweilen nicht eindeutig einem Verursacher zugeordnet werden.

Mischwässer sind mit schmutzwasserbürtigen sowie von Oberflächen abgespülten Schadstoffen belastet und tragen relevante Frachtanteile zur Gesamtemission von Schwermetallen, polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und Phosphor bei (Nickel et al. 2020a). Als weitere potentielle Mischwasser-relevante Parameter, teils persistierend, bioakkumulierend und toxisch, seien Cyanide, polychlorierte Biphenyle (PCB), Alkylphenole, polyfluorierte Tenside, Pharmazeutika, Mikroplastik und Pestizide genannt. Ferner kann es durch die Stoßbelastungen zu erhöhten Ammonium-Konzentrationen im Gewässer kommen, was in Abhängigkeit von der Wassertemperatur und dem pH-Wert die Gefahr der Bildung von toxischem Ammoniak erhöht (Nickel et al. 2020a, LUBW 2015). Im Rahmen der bayerischen Mischwasserstudie konnte gezeigt werden, dass infolge ungünstiger Mischungsverhältnisse durchaus kritische Konzentrationen an Nähr- und Schadstoffen in den betroffenen Gewässern auftreten können (Nickel et al. 2020a). Besonders kritisch sind örtliche Starkniederschläge nach lang anhaltenden Trockenwetterphasen, da Spülstöße aus Kläranlagen und Mischwasserentlastungsbauwerken dann auf geringe Abflüsse in den Gewässern treffen, da der natürliche Zufluss langsamer reagiert. Der Negativeffekt kann verstärkt werden durch Kanalablagerungen, die in diesen Zeiträumen in höherem Umfang mobilisiert werden (LUBW 2015). Die oftmals abflussschwachen, teils nur temporär wasserführenden Gewässer des Untersuchungsgebietes, stellen in diesem Sinne eine besondere Herausforderung dar und

sind im Prinzip für die Aufnahme an vorliegenden Mengen an Mischwässern wenig geeignet, zumal weitere natürliche (intra- und interspezifische Konkurrenz, Räuberdruck) sowie anthropogen bedingte Stressoren auf Gewässerorganismen einwirken. Hierbei seien insbesondere Nährstoff-, Feinsediment- und Pestizideinträge aus landwirtschaftlichen Flächen zu nennen. In ihrer Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA), unter Federführung des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ), zeigten Liess et al. (2021) anhand von deutschlandweiten Untersuchungen an mehr als 100 Messstellen an Kleingewässern (Bächen), dass Pestizidbelastungen (Herbizide, Insektizide, Fungizide) als wesentlicher Faktor für den Rückgang empfindlicher aquatischer Insektenarten verantwortlich sind, noch vor anderen Umweltproblemen wie Gewässerausbau, Sauerstoffmangel oder zu hohem Nährstoffgehalt. Die Autoren kritisierten, dass staatliche Grenzwerte für Pestizide zu hoch angesetzt sind und trotzdem noch in über 80 % der untersuchten Gewässer überschritten wurden. Liess et al. (2021) forderten daher auf Basis ihrer Ergebnisse eine radikale Reform der Umweltisikobewertung von Pestiziden und ein regelmäßiges behördliches Umweltmonitoring mit Ereignisproben bei Niederschlägen, um ein realistischeres Ergebnis hinsichtlich der Pestizidbelastungen der Gewässer zu erhalten. Auch im Sinne weiterer, o.g. Schadstoffparameter sind Datenerhebungen im Niederschlagsfall stark unterrepräsentiert und sollten im Sinne des Gewässerschutzes forciert werden.

Als große Herausforderung dürften sich an den Gewässern im Untersuchungsgebiet die Folgen des vom Menschen verursachten Klimawandels erweisen. Hierbei seien neben immer länger andauernden Niedrigwasserperioden gepaart mit Hitzewellen und dessen Konsequenzen (steigende Wassertemperaturen, sinkende Sauerstoffkonzentrationen etc.), zunehmende regionale Starkregenereignisse genannt. Hierdurch ist von einer Zunahme an Abschlagsmengen der Mischwasserentlastungsanlagen auszugehen. Infolge der immer häufiger und extremer ausfallenden Niedrigwasserstände wird sich in den Gewässern jedoch ein zunehmend ungünstiges Verdünnungspotential zur Abpufferung eingeleiteter Schmutzwässer mit entsprechenden ökologischen Konsequenzen ergeben. Insofern sind im Untersuchungsgebiet Maßnahmen zur Belastungsvermeidung bzw. -reduktion indiziert, insbesondere auch im Hinblick auf die Zielerreichung des guten ökologischen Zustands gemäß der WRRL. In der unteren Schwabach liegt derzeit nicht der geforderte, gute ökologische Zustand vor. Eine Verlegung von Mischwasser-Einleitstellen kleinerer Gewässer in die abflussstärkere Schwabach stellt auf Grund des Verschlechterungsverbotes bzw. Verbesserungsgebotes nach WRRL folglich keine Lösung dar.

Maßnahmenvorschläge

Maßnahmenvorschläge (u.a. hydromorphologisch, landschaftsökologisch, wasserchemisch) auf Basis der Untersuchungsergebnisse finden sich in den jeweiligen Kapiteln der einzelnen Gewässer. Nach Möglichkeit ist die Umsetzung von Maßnahmen an permanent wasserführenden Gewässern bzw. Gewässerabschnitten (Schwabach, Eckenbach, Steppach, Schlierbach, etc.) zu priorisieren. An dieser Stelle sei auf weitere allgemeine Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen (Maßnahmen im Einzugsgebiet, im System und an einzelnen Anlagen) zur Minderung der aus Mischwasserentlastungen resultierenden Gewässerbelastungen in Nickel et al. (2020a) und in LfU (2018) verwiesen. Im „Leitfaden Immissionsbetrachtung“ des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

(HMUELV 2012) werden weitere Maßnahmenvorschläge zur Verminderung akuter hydraulischer und stofflicher Gewässerbelastungen durch Misch- und Niederschlagswassereinleitungen aufgelistet (Tab. 39).

Tab. 39: Maßnahmen zur Verminderung akuter hydraulischer und stofflicher Gewässerbelastungen durch Misch- und Niederschlagswassereinleitungen, geändert nach HMUELV 2012, entnommen aus ÖKON (2021).

Abkürzung	Maßnahmen	Anmerkungen
V1	Abflussvermeidung, Abflussverminderung, Abflussverzögerung	
V2	Regenrückhaltebecken im Netz oder Speicherbewirtschaftung	Rückhalteräume im Netz vergleichsweise teuer
V3	Optimierung der Drosselabflüsse von Entlastungsanlagen	
V4	Regenrückhaltebecken als Dämpfungsbecken nachgeschaltet	Ablauf als Kiesfilter und/oder Vegetationspassage
V5	Regenüberlaufbecken, Stauraumkanäle und ähnliche Speichereinrichtungen	Ablauf als Kiesfilter und/oder Vegetationspassage
V6	Erhöhung des Drosselabflusses zur Kläranlage	Ausreichende Reinigungsleistung und hydraulische Kapazität der Kläranlage vorhanden?
V7	Rechen, Siebe (ggf. Fein- und Feinstsiebe), Wirbelabscheider und andere mechanische Verfahren	Der Einsatz von Feinstsieben bei Mischwasserentlastungsanlagen ist kritisch zu hinterfragen.
V8	Retentionsbodenfilter (RBF)	Ausleitstrecke für Sauerstoffanreicherung zweckmäßig (v. a. bei entsprechendem Gefälle vom RBF zum Gewässer)
V9	Ablaufgerinne mit naturnahen Strukturen, wie z. B. Sickerstrecken, Schüttsteinriegel und Vegetationspassagen	Einem Speicherbauwerk nachgeschaltet sehr wirksam
V10	Gewässerprofilaufweitung (Ausuferungsflächen, Hochwasserrückhaltebecken)	Nur dann einsetzen, wenn keine Probleme durch Feststoffe zu erwarten sind; Mindestkonzentration an Sauerstoff im Gewässer darf nicht unterschritten werden
V11	Anlage von Uferrandstreifen, Erhöhung der Strukturvielfalt	Auch als Maßnahme zur Verbesserung der Strukturgüte sinnvoll, Erhöhung der physikalischen Belüftung
V12	Flockungsfiltration	Dosierung muss auf Zulauf abgestimmt werden
V13	Fällung mit anschließender Feststoffabscheidung	Dosierung muss auf Zulauf abgestimmt werden

Besonders hervorzuheben wären Maßnahmen zur Vermeidung von Niederschlagsabflüssen (V1), um Abflussmengen und Entlastungshäufigkeiten zu reduzieren und zur Auffüllung von Grundwasservorräten (durch Versickerung) beizutragen. Hierbei wäre vor allem die Vermeidung von Flächenneuversiegelung bzw. die Entsiegelung bestehender Flächen zu nennen, beispielsweise die Entfernung von Asphalt auf Parkplätzen und Umgestaltung mit durchlässigen Belägen.

Als Maßnahme an einzelnen Entlastungsbauwerken wird im Leitfaden vom HMUELV (2012) (V8), wie auch in Nickel et al. (2020a), die Nachschaltung von Retentionsbodenfiltern in ge-

eigneter Dimensionierung als hocheffiziente Anlage für den Stoffrückhalt genannt. Hierbei sei insbesondere der Rückhalt von an Schwebstoffen gebundenen Schwermetallen, beispielsweise von ablaufenden Wässern von Industrie- und Verkehrsflächen oder Metalldächern und -flächen zu nennen.

Ferner wäre im Sinne der Verbesserung des Kenntnisstands über das quantitative Entlastungsverhalten der einzelnen Bauwerke die Ausstattung aller Entlastungsbauwerke mit Messseinrichtungen zur Erfassung von Entlastungsabflüssen (Häufigkeit, Dauer und Menge) empfehlenswert. Dabei ist angesichts der Bedeutung der Messdaten gemäß Nickel et al. (2020a) auf große Sorgfalt bei der technisch anspruchsvollen Datenerhebung und der anschließenden Sicherung der Datenqualität zu achten.

Darüber hinaus wäre über ein Wassermanagement mit Restriktionen zur Wasserentnahme (landwirtschaftlich, gewerblich, privat) insbesondere in niederschlagsarmen Jahreszeiten nachzudenken.

In den Gewässern selbst können gewässerstrukturelle Verbesserungsmaßnahmen, wie die Herstellung der Durchgängigkeit sowie die Einbringung von Totholz zur Erhöhung der Habitatvielfalt und Dynamisierung (Sauerstoffeintrag, Entgasung Ammonium/Ammoniak) beitragen, wodurch die Resilienz der Gewässer gesteigert werden kann.

8 Literatur

- Alonso, A., Castro-Díez, P. (2008): What explains the invading success of the aquatic mud snail *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca). *Hydrobiologia* 614, 107–116 (2008).
- Baumann, Peter; Lieb, Wolfgang; Weiß, Gebhard (2017): Regenbecken im Mischsystem. Messen, Bewerten und Optimieren. Praxisleitfaden für den Betrieb von Regenbecken. 1., Heft 13. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA).
- BWK (2008): Detaillierte Nachweisführung immissionsorientierter Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen gemäß BWK-Merkblatt 3. Merkblatt BWK-M7.
- Dr. Resch + Partner, Ingenieurbüro für Wasserwirtschaft und Abwasser (2021): Nachweis der Mischwasserbehandlungsanlagen, Weißenburg, Stand: 13.10.2021.
- DWA-A 102/BWK-A 3 (Entwurf): Arbeitsblatt DWA-A 102/BWK-A 3 Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA).
- ECHA (2020): Ammonia, anhydrous. Registration Dossier. ECHA, englisch European Chemicals Agency (Europäische Chemikalienagentur). Online verfügbar unter <https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/15557/6/2/1>.
- ECHA (2023): Ammonia, anhydrous. Registration Dossier. ECHA, englisch European Chemicals Agency (Europäische Chemikalienagentur). Online verfügbar unter <https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/15557/6/2/1>, zuletzt aufgerufen am 23.11.2023.
- Eiseler, B. (2020): Bestimmungshilfen – Makrozoobenthos (3), Köcherfliegen. LANUV Arbeitsblatt 46 – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen.
- 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.
- FFB (Fischereifachberatung) Mittelfranken (2023a): Wasserqualitätskriterien für Salmoniden. https://www.fischereifachberatung-mittelfranken.de/fileadmin/user_upload/fischerei/pdf/Merkblaetter-Wasserparameter/Wasserqualitaetskriterium_fuer_Salmoniden_DinA4.pdf, zuletzt aufgerufen am 26.11.2023
- FFB (Fischereifachberatung) Mittelfranken (2023b): Wasserqualitätskriterien für Cypriniden. https://www.fischereifachberatung-mittelfranken.de/fileadmin/user_upload/fischerei/pdf/Merkblaetter-Wasserparameter/Wasserqualitaetskriterium_fuer_Karpfen_DinA4.pdf, zuletzt aufgerufen am 26.11.2023.

- Gammeter, S. (1996): Einflüsse der Siedlungsentwässerung auf die Invertebraten-Zönose kleiner Fließgewässer. Dissertation ETH Zürich.
- Gruppe, A.; Potel, S.; Schmitz, O.; Tröger, E.-J.; Weihrauch, F. & Werno, A. (2021): Provisorische Rote Liste und Gesamtartenliste der Netzflüglerartigen (Kamelhalsfliegen, Schlammfliegen und Netzflügler im engeren Sinn oder Hafte; Neuropterida: Raphidioptera, Megaloptera, Neuroptera) Deutschlands. – In: Ries, M.; Balzer, S.; Gruttke, H.; Haupt, H.; Hofbauer, N.; Ludwig, G. & Matzke-Hajek, G. (Red.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 5: Wirbellose Tiere (Teil 3). – Münster (Landwirtschaftsverlag). – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (5): 435-462
- Halle, M., Müller, A. (2014): Korrelationen zwischen biologischen Qualitätskomponenten und allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parametern in Fließgewässern (Endbericht) – Projekt O 3.12 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2012. – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).
- Haybach, A. (2021): Rote Liste und Gesamtartenliste der Eintagsfliegen (Ephemeroptera) Deutschlands. – In: Ries, M.; Balzer, S.; Gruttke, H.; Haupt, H.; Hofbauer, N.; Ludwig, G. & Matzke-Hajek, G. (Red.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 5: Wirbellose Tiere (Teil 3). – Münster (Landwirtschaftsverlag). – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (5): 683-695.
- HMUELV (Hrsg.) (Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2012) Leitfaden zum Erkennen ökologisch kritischer Gewässerbelastungen durch Abwassereinleitungen, Wiesbaden. www.hmuelv.hessen.de
- Jungbluth, J.H. & Knorre, D. von (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Binnenmollusken (Schnecken und Muscheln; Gastropoda et Bivalvia) Deutschlands. – In: Binot-Hafke, M.; Balzer, S.; Becker, N.; Gruttke, H.; Haupt, H.; Hofbauer, N.; Ludwig, G.; Matzke-Hajek, G. & Strauch, M. (Red.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 3: Wirbellose Tiere (Teil 1). – Münster (Landwirtschaftsverlag). – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (3): 647-708.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) [Hrsg.] (2003): Rote Liste gefährdeter Eintagsfliegen (Ephemeroptera) Bayerns - Bearbeitung: Adam, G., Augsburg.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) [Hrsg.] (2003): Rote Liste gefährdeter Wasserkäfer (Coleoptera aquatica) Bayerns – Bearbeitung: Hebauer, F., Bußler, H., Heckes, U., Hess, M., Hofmann, G., Schmidl, J., Skale, A. – 2003, Augsburg, 5 S.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2003): Rote Liste gefährdeter Wasserwanzen (Hydrocorisae, Gerromorpha) Bayerns
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2016): Handbuch tGewA – Teil B Biologische Untersuchungsmethoden.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2018): Merkblatt Nr. 4.4/22 – Anforderungen an die Einleitungen von Schmutz- und Niederschlagswasser – Stand: März 2018, Augsburg.

- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) [Hrsg.] (2018): Rote Liste und Gesamtartenliste der Libellen (Odonata) Bayern - Bearbeitung: Winterholler, M., Burbach, K., Krach, J.-E., Sachteleben, J., Schlumprecht, H., Suttner, G., Voith, J. & F. Weihrauch - 2017, Augsburg, 15 S.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) [Hrsg.] (2020): Rote Liste und Gesamtartenliste Bayern – Netzflügler – Neuropterida: Raphidioptera, Megaloptera, Neuroptera. – Bearbeitung: Gruppe, A. – Juli 2020, Augsburg, 18 S.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2021a): Steckbrief Oberflächenwasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2022-2027): Brandbach; Schwabach bis Einmündung Eckenbach; Eckenbach; Mühlbach (Lkr. Erlangen-Höchstadt); Mühlbach (Lkr. Forchheim), Aubach; Lillach - Stand 22.12.2021.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2021b): Steckbrief Oberflächenwasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2022-2027) – Schwabach von Einmündung Eckenbach - Stand 22.12.2021.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) [Hrsg.] (2022): Rote Liste und Gesamtartenliste Bayern – Weichtiere – Mollusca. – Bearbeitung: Colling, M. – März 2022, Augsburg, 36 S.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (Hrsg.) (2023): Rote Liste und Gesamtartenliste Bayern – Köcherfliegen – Bearbeitung: Heckes, U., Hess, M., Weinzierl, A. – Mai 2023, Augsburg.
- Liess, M., Liebmann, L., Vormeier, P., Weisner, O., Altenburger, R., Borchardt, D., Brack, W., Chatzinotas, A., Escher, B., Foit, K., Gunold, R., Henz, S., Hitzfeld, K., Schmitt-Jansen, M., Kamjunke, O., Knillmann, S., Krauss, m., Küster, E., Link M., Lück, M., Möder, M., Müller, A., Paschke, A., Schäfer, R., Schneeweiss, A., Schreiner, V., Schulze, T., Schürmann, G., v. Tümpling, W., Weitere, M., Wogram, J., Reemtsma, T. (2021): Pesticides are the dominant stressors for vulnerable insects in lowland-streams – Water Research Vol. 201, 117262
- LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden Württemberg) (2015): Leitfaden – Gewässerbezogene Anforderungen an Abwassereinleitungen – Stand Dezember 2015, Karlsruhe.
- Meier, C., Böhmer, J., Rolaufts, P., Hering, D. (2006b): Kurzdarstellungen „Bewertung Makrozoobenthos“ & „Core Metrics Makrozoobenthos“.
- Meier, C., Haase, P., Rolaufts, 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).
- MURL NRW (Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen) (1999): Immissionsorientierte Beurteilung von Niederschlagswassereignissen – Schlussbericht – Förderkennzeichen IV B 6 – 041 077 0030, Essen.

- Nickel, J.P., Fuchs, S. (2020a): Qualitative Untersuchung von Mischwasserentlastungen in Bayern: Schlussbericht - Forschungsvorhaben im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU), Augsburg.
- Nickel, J.P., Fuchs, S. (2020b): Qualitative Untersuchung von Mischwasserentlastungen in Bayern: Kurzbericht - Forschungsvorhaben im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU), Augsburg.
- ÖKON (2021): Ökologische Begutachtung von Mischwassereinleitungen an Rednitz und Pegnitz im Rahmen des wasserrechtlichen Verfahrens für das Gesamtgebiet des Südwestlichen Hauptsammlers 2 – im Auftrag der Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg, Stadt Nürnberg. Online verfügbar unter: https://dokumente.nuernberg.de/umweltamt/Beilage_13_GOeG.pdf, zuletzt aufgerufen am 01.12.2023.
- Pottgiesser, T. (2018): Die deutsche Fließgewässertypologie - Zweite Überarbeitung der Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen – Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau.
- Schäperclaus, W., v. Lukowicz, M. (1997). Lehrbuch der Teichwirtschaft, 4. Neubearbeitete Auflage. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, Wien 1997.
- Spitzenberg, D., Sondermann, W., Hendrich, L., Hess, M., Heckes, U. (2016): Rote Liste und Gesamtartenliste der wasserbewohnenden Käfer (Coleoptera aquatica) Deutschlands. – In: Gruttke, H.; Balzer, S.; Binot-Hafke, M.; Haupt, H.; Hofbauer, N.; Ludwig, G.; Matzke-Hajek, G. & Ries, M. (Red.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 4: Wirbellose Tiere (Teil 2). – Münster (Landwirtschaftsverlag). – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (4): 207-246.
- TEAM 4 landschafts + ortsplanung (2015): Abwasserverband Schwabachtal und seine Mitgliedsgemeinden – Wasserrecht für die Einleitung von Mischwasser aus Abwasserbehandlungsanlagen in die Schwabach und ihre Zuflüsse im Landkreis Erlangen-Höchstadt, Gewässerbiologische Prüfung.

9 Anhang

- Anhang A Dokumentation der Gewässerphysiographie und Substratanteile zur Makrozoobenthosaufsammlung nach dem „Multi-Habitat-Sampling“
- Anhang B Taxalisten Makrozoobenthos
- Anhang C Abschätzung potentieller Ammoniakkonzentrationen in der Schwabach infolge von Mischwasserentlastungen
- Anhang D Übersicht der Entlastungsdaten aus der Schmutzfrachtberechnung (Dr. Resch + Partner 2021) und den Messungen an den Bauwerken durch den AVS
- Anhang E RÜB-Berichte des AVS (Messungen an den Bauwerken) von 2020 bis 2022

Anhang A

Dokumentation der Gewässerphysiographie und Substratanteile zur Makrozoobenthosammlung nach dem „Multi-Habitat-Sampling“

Anhang A - I	Eckenbach
Anhang A - II	Steppach
Anhang A - III	Altbach
Anhang A - IV	Sendelbach
Anhang A - V	Schlierbach / Brandbach
Anhang A - VI	Ebersbach
Anhang A - VII	Seelauweihergraben
Anhang A – VIII	Weiherbach
Anhang A - IX	Kupfergraben / Tennenbach
Anhang A - X	Schwabach

Begriffserklärungen:

UTM	UTM-Koordinatensystem
Megalithal	Steine, Blöcke > 40 cm
Makrolithal	Größtkorn: >20 - 40 cm
Mesolithal	Größtkorn: >6 - 20 cm
Mikrolithal	Grobkies: >2 - 6 cm
Akal	Feinkies: >0,2 - 2 cm
Psammal	Sand / mineral. Schlamm: >6µm - 2 mm
Argyllal	Lehm und Ton
lebende Teile terrestrischer Pflanzen	Feinwurzeln, schwimmende Ufervegetation
Xylal	Holz (Äste, Totholz, Baumstämme)
CPOM	grobpartikuläres organisches Material
FPOM	feinpartikuläres organisches Material
Submerse Makrophyten	untergetauchte Wasserpflanzen
Emerse Makrophyten	Wasserpflanzen mit Anteilen über der Wasseroberfläche

Anhang A - X Schwabach

Charakterisierung der PS an der Schwabach hinsichtlich physikalisch-chemischer Parameter, Organoleptik, Substratausstattung, hydrologischer sowie struktureller Parameter und Pflanzen- /Algenbewuchs

PS	EZG_AVS-0	SKO 5b-1	SKU 8a-1	RÜB 8-1
Datum	17.05.2023	09.05.2023	09.05.2023	08.05.2023
Gewässer	Schwabach	Schwabach	Schwabach (Mühlgraben)	Schwabach (Mühlgraben)
Bezeichnung	oh. EL SKO 5b	uh. EL SKO 5b	uh. EL SKU 8a-1	uh. EL RÜB 8
UTM (East)	32U 658839	32U 657917	32U 656459	32U 655879
UTM (North)	5495326	5495212	5495368	5495200
Physik.-chem. /Organoleptik				
Temperatur °C	10,5	12,4	12,5	13,7
elektr. Leitf. 25 °C (µS/cm)	664	657	651	637
O2-Gehalt (mg/l)	10,2	10,7	9,2	11,3
O2-Sättigung (%)	93,7	103,4	88,3	111,2
pH-Wert	7,9	8,0	8,0	8,3
Trübung	schwach	schwach	schwach	schwach
Färbung	-	-	-	-
Geruch	-	-	-	-
Substrate	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %
Megalithal				
Makrolithal	10	15	5	5
Mesolithal	5	10	5	15
Mikrolithal	5			
Akal	5			
Psammal	50	60	70	70
Lebende Teile terrestr. Pfl.	10	5		5
Xylal	15	10	15	5
CPOM				
FPOM			5	
Gewässerstruktur				
Laufkrümmung	gewunden	schwach gewund.	schwach gewund	schwach gewund.
Breitenvariabilität	ausgeprägt	mäßig	keine	mäßig
Tiefenvariabilität	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig
Wasserführung	mittel	mittel	mittel	mittel
Strömungsbild	langsam fließend	langs./schnell fließ.	langsam fließend	langsam fließend
Strömungsvielfalt	mäßig	gering	gering	mäßig
Beschattung	halbschattig	halbschattig	halbschattig	sonnig
Uferverbau	Brücke	-	-	-
Grad der Natürlichkeit	naturnah	naturnah-beeintr.	beeinträchtigt	naturnah-beeintr.
Bewertung GSK Bayern	mäßig verändert	sehr stark veränd.	-	-
Sohle (Kolmation)	leicht	locker	leicht	locker
Aufwuchs (Steine, Holz) *	dicht (Kieselalgen); deutlich (Fadenalgen (Ufer)	total überzogen (grüne Fadenalgen, Kieselalgen)	dicht (grüne Fadenalgen, Kieselalgen)	dicht (grüne Fadenalgen, Kieselalgen)
Makrophyten (Deckungsgrad in %)	-	-	-	-
Sonstige Bemerkungen			Faulschlamm unter Sand; mineral. Feinsedimente; Rückstau Sendelmühle	

PS	SKZ 10-0	SKZ 10-1	DLB16_SKO18-0	DLB16_SKO18-1
Datum	08.05.2023	08.05.2023	07.05.2023	07.05.2023
Gewässer	Schwabach	Schwabach	Schwabach	Schwabach
Bezeichnung	oh. EL SKZ 10	uh. EL SKZ 10	oh. EL DLB 16_SKO 18	uh. EL DLB 16_SKO 18
UTM (East)	32U 655898	32U 655664	32U 652929	32U 652660
UTM (North)	5495092	5495215	5495278	5495247
Physik.-chem. /Organoleptik				
Temperatur °C	13,5	13,4	15,4	15,4
elektr. Leitf. 25 °C (µS/cm)	634	633	625	621
O2-Gehalt (mg/l)	12,3	11,6	10,4	11,3
O2-Sättigung (%)	121,1	114,1	107,0	116,3
pH-Wert	8,3	8,2	8,3	8,3
Trübung	mittel	mittel	mittel	mittel
Färbung	-	-	-	-
Geruch	-	-	-	-
Substrate	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %
Megalithal				
Makrolithal		10		
Mesolithal	20	10	5	
Mikrolithal				
Akal				
Psammal	65	55	75	65
Submerse Makrophyten				
Lebende Teile terrestr. Pfl.	5	10	10	10
Xylal	5	5	10	5
CPOM				5
FPOM	5	10		15
Gewässerstruktur				
Laufkrümmung	schwach gewund.	schwach gewund	gestreckt	schwach gewund.
Breitenvariabilität	keine	mäßig	keine	keine
Tiefenvariabilität	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig
Wasserführung	mittel	mittel	mittel	mittel
Strömungsbild	langsam fließend	langsam fließend	langsam fließend	träge fließend
Strömungsvielfalt	gering	gering	gering	keine
Beschattung	sonnig	halbschattig	halbschattig	halbschattig
Uferverbau	-	-	-	-
Grad der Natürlichkeit	beeinträchtigt	naturnah-beeintr.	beeinträchtigt	beeinträchtigt
Bewertung GSK Bayern	vollst. verändert	sehr stark veränd	vollst. verändert	deutlich verändert
Sohle (Kolmation)	locker	leicht	leicht	leicht
Aufwuchs (Steine, Holz) *	dicht (grüne Fadenalgen, Kieselalgen)	dicht (grüne Fadenalgen, Kieselalgen)	total überzogen (grüne Fadenalgen auf Wurzeln) dicht (Kieselalgen)	total überzogen (grüne Fadenalgen auf Wurzeln)
Makrophyten (Deckungsgrad in %)	-	-	-	-
Sonstige Bemerkungen		tiefe Stellen	teils Faulschlamm; Rückstau Habernhofer Mühle	teils Faulschlamm Rückstau Habernhofer Mühle; tief - Sohle schlecht einsehbar

PS	RÜB 20a-0	RÜB 20a-1	SKU 20-1	SKO 21-0
Datum	08.05.2023	07.05.2023	07.05.2023	07.05.2023
Gewässer	Schwabach	Schwabach	Schwabach	Schwabach
Bezeichnung	oh. EL RÜB 20a	uh. EL RÜB 20a	uh. EL SKU 20	oh. EL SKO 21
UTM (East)	32U 652109	32U 651923	32U 651316	32U 649889
UTM (North)	5495328	5495436	5495421	5495458
Physik.-chem. /Organoleptik				
Temperatur °C	13,4	15,0	14,3	13,5
elektr. Leitf. 25 °C (µS/cm)	639	626	625	625
O2-Gehalt (mg/l)	9,5	11,6	11,1	10,1
O2-Sättigung (%)	92,9	118,3	110,9	99,5
pH-Wert	8,1	8,3	8,2	8,1
Trübung	schwach	schwach	schwach	schwach
Färbung	-	-	-	-
Geruch	-	-	-	-
Substrate	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %
Megalithal		5		
Makrolithal	5	15	10	10
Mesolithal	15	10	30	5
Mikrolithal			5	
Akal				
Psammal	70	60	30	55
Submerse Makrophyten			10	
Lebende Teile terrestr. Pfl.	5	5	5	10
Xylal	5	5	5	10
CPOM				10
FPOM				
Gewässerstruktur				
Laufkrümmung	schwach gewund.	gestreckt	schwach gewund.	schwach gewund.
Breitenvariabilität	keine	mäßig	mäßig	mäßig
Tiefenvariabilität	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig
Wasserführung	mittel	mittel	mittel	mittel
Strömungsbild	langsam-schnell fließ.	langsam-schnell fließ.	schnell fließend	schnell fließend
Strömungsvielfalt	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig
Beschattung	halbschattig	halbschattig	schattig	halbschattig
Uferverbau	vereinzelt (Steinschütt.)	Brücke	-	-
Grad der Natürlichkeit	naturnah-beeintr.	naturnah-beeintr.	naturnah-beeintr.	naturnah-beeintr.
Bewertung GSK Bayern	deutlich verändert	deutlich verändert	mäßig verändert	deutlich verändert
Sohle (Kolmation)	leicht	leicht	leicht	locker
Aufwuchs (Steine, Holz) *	dicht (grüne Fadenalgen, Kieselalgen)	dicht (grüne Fadenalgen)	dicht (grüne Fadenalgen)	dicht (grüne Fadenalgen, Kieselalgen, Grünalgen)
Makrophyten (Deckungsgrad in %)	-	Moose (<5 %)	Moose (<i>Fontinalis antipyretica</i>)	-
Sonstige Bemerkungen				

PS	SKO 21-1	SKO 22_ SKU23 -1	SKO 24-1	DLB 29-1_ EZG_AVS-1
Datum	06.05.2023	06.05.2023	06.05.2023	06.05.2023
Gewässer	Schwabach	Schwabach	Schwabach	Schwabach
Bezeichnung	uh. EL SKO 21	uh. EL SKO 22/SKU 23	uh. EL SKO 24	uh. EL DLB 29
UTM (East)	32U 649687	32U 649557	32U 649078	32U 647597
UTM (North)	5495405	5495159	5495676	5495830
Physik.-chem. /Organoleptik				
Temperatur °C	14,6	14,3	13,7	13,3
elektr. Leitf. 25 °C (µS/cm)	624	622	620	632
O ₂ -Gehalt (mg/l)	10,2	11	11,1	10,7
O ₂ -Sättigung (%)	103,0	110,1	108,9	104,6
pH-Wert	8,2	8,3	8,3	8,1
Trübung	schwach	schwach	schwach	schwach
Färbung	-	-	-	-
Geruch	-	-	-	-
Substrate	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %
Megalithal				
Makrolithal	5	10	10	15
Mesolithal	5	5	10	10
Mikrolithal				
Psammal	65	65	60	50
Submerse Makrophyten				
Lebende Teile terrestr. Pfl.	15	10	10	10
Xylal	10	10	10	10
Gewässerstruktur				
Laufkrümmung	schwach gewund.	gewunden	gewunden	schwach gewund.
Breitenvariabilität	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig
Tiefenvariabilität	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig
Wasserführung	mittel	mittel	mittel	mittel
Strömungsbild	langs.-schnell fließ.	langs.-schnell fließ.	langsam fließend	langsam fließend
Strömungsvielfalt	gering	mäßig	gering	mäßig
Beschattung	halbschattig	halbschattig	schattig	halbschattig
Uferverbau	-	geschl. Sohlverbau (20 %)	vereinzelt (Steinschütt.)	vereinzelt (Steinschütt.)
Grad der Natürlichkeit	naturnah-beeintr.	beeinträchtigt	naturnah-beeintr.	naturnah-beeintr.
Bewertung GSK Bayern	deutlich verändert	deutlich veränd.	mäßig verändert	deutlich verändert
Sohle (Kolmation)	locker	locker	locker	locker
Aufwuchs (Steine, Holz) *	dicht (grüne Fadenalgen, Kieselalgen)	dicht (grüne Fadenalgen, Grünalgen, Kieselalgen) massiv (Fadenalgen auf geschlossenem Sohlverbau)	total überzogen (grüne Fadenalgen); dicht (Kieselalgen)	dicht (Grünalgen, Kieselalgen)
Makrophyten (Deckungsgrad in %)	-	-	-	-
Sonstige Bemerkungen				

* inkl. Ergebnisse der sommerlichen Inaugenscheinnahme im Juli 2023

Anhang B

Taxalisten Makrozoobenthos

Anhang B - I	Eckenbach
Anhang B - II	Steppach
Anhang B - III	Altbach
Anhang B - IV	Sendelbach
Anhang B - V	Schlierbach / Brandbach
Anhang B - VI	Ebersbach
Anhang B - VII	Seelauweihergraben
Anhang B - VIII	Weiherbach
Anhang B - IX	Kupfergraben / Tennenbach
Anhang B - X	Schwabach

Begriffserklärungen:

Ad.	Adulttier (ausgewachsenes Tier)
cf.	lateinisch: confer (vergleiche!) – unsichere Artbestimmung
Ind./m ²	Individuen pro m ²
Lv.	Larve
RLB	Rote Liste Bayern
RLD	Rote Liste Deutschland

Anhang B - X Schwabach

Gesamttaxaliste des Makrozoobenthos (MZB) an der Schwabach vom 14.06.-16.06.2023. Angegeben sind die Individuenzahlen (Ind./m²) und der Gefährdungsstatus (gefährdete Arten sind hellblau hervorgehoben).

Taxon	RL B	RL D	EZG_ AVS-0	SKO 5b-1	SKU 8a-1	RÜB 8-1	SKZ 10-0	SKZ 10-1	DLB16_ SKO18-0	DLB16_ SKO18-1	RÜB 20a-0	RÜB 20a-1	SKU 20-1	SKO 21-0	SKO 21-1	SKO 22_ SKU23-1	SKO 24-1	DLB 29-1_ EZG_AVS-1
Datum der Probenahme			14.06.	14.06.	14.06.	14.06.	14.06.	14.06.	15.06.	15.06.	15.06.	15.06.	15.06.	15.06.	16.06.	16.06.	16.06.	16.06.2023
BIVALVIA (MUSCHELN)																		
<i>Anodonta anatina</i>	V	V												1	1			
<i>Pisidium sp.</i>						3	1		1	1	4	4	62	27	4	29	3	2
<i>Sphaerium corneum</i>	V		1															
COLEOPTERA (KÄFER)																		
<i>Elmis aenea</i> Ad.			10			1					4			8		13		
<i>Elmis maugetii</i> Ad.							1				8	8	10	5				5
<i>Elmis sp.</i> Ad.											8	8	5					
<i>Elmis sp.</i> Lv.			29			2	1	2			4	4	5			8	2	19
<i>Esolus parallelepipedus</i> Ad.						1	1				20		10					
<i>Esolus sp.</i> Lv.													5					
<i>Halplus fluviatilis</i> Ad.				1											1			
<i>Halplus lineatocollis</i> Ad.				3														
<i>Helophorus brevipalpis</i> Ad.				1											1			
<i>Hydraena nigrita</i> Ad.	3														1			
<i>Hydraena riparia</i> Ad.			5		5		1				16	16		8	1	32		
<i>Hydraena sp.</i> Ad.					3							8	10					
<i>Limnius sp.</i> Lv.						2		2				32	29	3		3		
<i>Limnius volckmari</i> Ad.			10				1				8	8	5	3				
<i>Noterus clavicornis</i> Ad.				1	3										1			
<i>Orectochilus villosus</i> Lv.			5				2		1					3		3		
<i>Oulimnius sp.</i> Lv.			96	4	24	8	7	2		4	16	8	29	24	3	64	4	14
<i>Oulimnius tuberculatus</i> Ad.			72	6	21	14	11	12	1	4	140	104	53	83	2	40	10	48
<i>Platambus maculatus</i> Ad.				2		2										1		5
<i>Platambus maculatus</i>				1	8		1						5			3	6	

Taxon	RL B	RL D	EZG_ AVS-0	SKO 5b-1	SKU 8a-1	RÜB 8-1	SKZ 10-0	SKZ 10-1	DLB16_ SKO18-0	DLB16_ SKO18-1	RÜB 20a-0	RÜB 20a-1	SKU 20-1	SKO 21-0	SKO 21-1	SKO 22_ SKU23-1	SKO 24-1	DLB 29-1_ EZG_AVS-1
Datum der Probenahme			14.06.	14.06.	14.06.	14.06.	14.06.	14.06.	15.06.	15.06.	15.06.	15.06.	15.06.	15.06.	16.06.	16.06.	16.06.	16.06.2023
Lv.																		
<i>Riolus cupreus</i> Ad.	3	V														1		
<i>Stictotarsus duodecim- pustulatus</i> Ad.			5				1	2										
<i>Stictotarsus duodecim- pustulatus</i> Lv.					3													
CRUSTACEA (KREBSTIERE)																		
<i>Asellus aquaticus</i>			19	2	32	4	1	2					10			5		
<i>Gammarus roeselii</i>			365	18	64	115	19	57		2			5	3			2	10
<i>Pacifastacus leniusculus</i>											4							
<i>Proasellus coxalis</i>			5	4		2		2			4			3	1		1	5
DIPTERA (ZWEIFLÜGLER)																		
<i>Antocha</i> sp.											4	16	10	5		8		
<i>Atherix ibis</i>												8	14			19		5
<i>Atrichops crassipes</i>				2	8	1	1	4			4		5	24	1	16	1	19
Ceratopogonidae Gen. sp.						6		7									1	1
<i>Chelifera</i> sp.			10															5
Chironomini Gen. sp.			120	132	91	32	40	44	163	75	128	40	19	40	50	29	35	211
Clinocerinae Gen. sp.			5															
<i>Dicranota</i> sp.			29			1												
<i>Dixa nebulosa</i>									1									
<i>Eloeophila</i> sp.																3		
<i>Hemerodromia</i> sp.											4					5		
<i>Limnophila</i> sp.																3		
<i>Limnophora</i> sp.												4	5	5				
Orthoclaadiinae Gen. sp.			34	15	13	16	10	2	34	8	52	12	24	51	46	24	8	187
<i>Prodiamesa olivacea</i>			29	6	5		6				4		14	32	5	11		10
<i>Simulium aureum-Gr.</i>														8	2	3		10
<i>Simulium equinum</i>											12	41	49				1	
<i>Simulium noelleri</i>			10									4						
<i>Simulium</i> sp.			19	2		6	3	2	1		68	516	1344	107	70	123	2	77
Stratiomyiidae Gen. sp.							1											

Taxon	RL B	RL D	EZG_ AVS-0	SKO 5b-1	SKU 8a-1	RÜB 8-1	SKZ 10-0	SKZ 10-1	DLB16_ SKO18-0	DLB16_ SKO18-1	RÜB 20a-0	RÜB 20a-1	SKU 20-1	SKO 21-0	SKO 21-1	SKO 22_ SKU23-1	SKO 24-1	DLB 29-1_ EZG_AVS-1
Datum der Probenahme			14.06.	14.06.	14.06.	14.06.	14.06.	14.06.	15.06.	15.06.	15.06.	15.06.	15.06.	15.06.	16.06.	16.06.	16.06.	16.06.2023
Tanypodinae Gen. sp.			43	6	19	16	5	6	43	54	24	12	19	75	22	29	27	125
Tanytarsini Gen. sp.			82	21	83	13	14	7	53	19	84	68	19	64	88	59	66	302
<i>Tipula sp.</i>												4						5
EPHEMEROPTERA (EINTAGSFLIEGEN)																		
Baetidae Gen. sp.									1									
<i>Baetis fuscatus</i>			21									8						
<i>Baetis rhodani</i>			14	1			1					9	10	3	2	5		1
<i>Baetis scambus</i>			14															
<i>Baetis sp.</i>			19															
<i>Baetis vernus</i>			40	6	36	2	2		2	1	12	46	16	4	14	4	1	10
<i>Caenis beskidensis</i>		V												3				19
<i>Caenis luctuosa</i>						2	2		1									
<i>Caenis sp.</i>															1			
<i>Centroptilum luteolum</i>								2		1					3			
<i>Cloeon dipterum</i>				2	3				1	3					3			
<i>Electrogena affinis</i>	3	2		2									1		2		2	
<i>Electrogena sp.</i>			5															
<i>Ephemera danica</i>			5	2	5	6	6	6	2	1	2	4	4	5	1	1	1	
<i>Habrophlebia fusca</i>					8	33												
<i>Habrophlebia lauta</i>								14										
<i>Habrophlebia sp.</i>							2		1									
<i>Heptagenia flava</i>		V			3	1	1				2	1	5	1	2			
<i>Paraleptophlebia sub- marginata</i>											1			13			1	
<i>Procloeon bifidum</i>				6	13	1	2			7	4	8	38		26			
<i>Serratella ignita</i>			14	1				3			6	8	11	2	2	6	3	3
GASTROPODA (SCHNECKEN)																		
<i>Ancylus fluviatilis</i>													1					
<i>Gyraulus albus</i>	V				4													
<i>Physa fontinalis</i>	V	3														3		
<i>Physa sp.</i>				1														
<i>Potamopyrgus antipoda- rum</i>			5		5			2										

Taxon	RL B	RL D	EZG_ AVS-0	SKO 5b-1	SKU 8a-1	RÜB 8-1	SKZ 10-0	SKZ 10-1	DLB16_ SKO18-0	DLB16_ SKO18-1	RÜB 20a-0	RÜB 20a-1	SKU 20-1	SKO 21-0	SKO 21-1	SKO 22_ SKU23-1	SKO 24-1	DLB 29-1_ EZG_AVS-1
Datum der Probenahme			14.06.	14.06.	14.06.	14.06.	14.06.	14.06.	15.06.	15.06.	15.06.	15.06.	15.06.	15.06.	16.06.	16.06.	16.06.	16.06.2023
<i>Radix balthica</i>							1											
HETEROPTERA (WANZEN)																		
Gerridae Gen. sp.				2											2			
<i>Hydrometra stagnorum</i>										1								
<i>Micronecta</i> sp.			62				33	261										
<i>Plea minutissima</i> ssp.				2														
<i>Sigara striata</i>				1				2										
HIRUDINEA (EGEL)																		
<i>Dina lineata</i>			5															
<i>Dina punctata</i>								2										
<i>Dina</i> sp.																		5
Piscicolidae Gen. sp.					3	1				1		4	5	8	2			
MEGALOPTERA (SCHLAMMFLIEGEN)																		
<i>Sialis lutaria</i>		D														5		5
ODONATA (LIBELLEN)																		
<i>Calopteryx</i> sp.						2			1						1			
<i>Calopteryx splendens</i>										1								
<i>Calopteryx virgo</i>			5	3	5	1	1	4	2		8						2	
Coenagrionidae Gen.sp.									1									
<i>Ophiogomphus cecilia</i>	V															3		
<i>Platycnemis pennipes</i>							2											
OLIGOCHAETA (WENIGBORSTER)																		
<i>Eiseniella tetraedra</i>																3	1	
Enchytraeidae Gen. sp.																	1	
Lumbriculidae Gen. sp.			7				1		1	2		4	19	6		5	2	2
Naididae Gen. sp.			144	13	424	120	19	14	2000	6500		91	111	64	224		36	35
Tubificidae Gen. sp.			17	8	40	15	4	17	2	5	8	4	7	45	26	5	3	6
PLECOPTERA (STEINFLIEGEN)																		
<i>Amphinemura</i> sp.											1							
TRICHOPTERA (KÖCHERFLIEGEN)																		

Taxon	RL B	RL D	EZG_ AVS-0	SKO 5b-1	SKU 8a-1	RÜB 8-1	SKZ 10-0	SKZ 10-1	DLB16_ SKO18-0	DLB16_ SKO18-1	RÜB 20a-0	RÜB 20a-1	SKU 20-1	SKO 21-0	SKO 21-1	SKO 22_ SKU23-1	SKO 24-1	DLB 29-1_ EZG_AVS-1
Datum der Probenahme			14.06.	14.06.	14.06.	14.06.	14.06.	14.06.	15.06.	15.06.	15.06.	15.06.	15.06.	15.06.	16.06.	16.06.	16.06.	16.06.2023
<i>Anabolia nervosa</i>				1	4	2		7										
<i>Athripsodes aterrimus</i>			5															
<i>Athripsodes bilineatus</i> <i>ssp.</i>						3												
<i>Athripsodes sp.</i>				1	3													
<i>Brachycentrus subnubius</i>														5	1	1	1	6
<i>Ceraclea dissimilis</i>						9	2					2	2	4		5	1	1
<i>Cymus trimaculatus</i>			24	3	4	2	3	18	14	7	9				1		2	
<i>Goera pilosa</i>							1											
<i>Halesus digitatus/tesse-</i> <i>latus</i>			5	2	4		2	2		2						8	2	6
<i>Hydropsyche angustipennis</i> <i>ssp.</i>						5					20	4						
<i>Hydropsyche incognita/pellucidula</i>			24				1				40	16	106	13		3		39
<i>Hydropsyche siltalai</i>			1		4	3							2			1		2
<i>Hydropsyche sp.</i>			10								168	76		5	1			19
<i>Hydroptila sp.</i>			24		5	10	9	21		1	12	20	5	21	18	13	2	5
<i>Lepidostoma basale</i>			2	1														
Leptoceridae Gen. sp.			5															
<i>Lype reducta</i>				1	3	2	1			3				8	2	8	5	
<i>Mystacides azurea</i>					19	1	3	6							1	3	2	
<i>Mystacides longicornis</i>														5	2			
<i>Oecetis testacea</i>	V															5		
<i>Polycentropus flavomaculatus</i> <i>ssp.</i>			29	2		2	2	4	1			4		16	1	8	6	24
<i>Polycentropus irroratus</i>			5	2				6	6	6	4	4	5					
<i>Potamophylax rotundipennis</i>					3	15	3	7				4						
<i>Rhyacophila (Rhyacophila)</i> <i>sp.</i>											4	12	10					
Besiedlung (Ind./m ²)			1508	288	979	478	228	547	2330	6709	921	1253	2119	812	633	627	243	1251
Taxazahl			48	40	36	41	45	34	24	24	38	41	43	41	41	45	34	37

Anhang C

Abschätzung potentieller Ammoniakkonzentrationen in der Schwabach infolge von Mischwasserentlastungen

Anhang C - I Szenario +/- pessimal

Berechnung potentieller Ammoniakkonzentrationen an der Schwabach bei gleichzeitiger Entlastung aller Anlagen (EZG AVS) und Entlastung einzelner Anlagen in einem +/- pessimalen Szenario, jeweils für Sommer und Winter. Konzentrationen bzw. Werte stammen für die Schwabach aus dem WRRL-Monitoring (2017 und 2020) und für die Mischwässer aus Nickel et al. (2020a). Temperaturen der Mischwässer wurden geschätzt. Durchschnittliche Entlastungsabflüsse wurden aus der Schmutzfrachtberechnung (Dr. Resch + Partner 2021) ermittelt.

	Parameter	EZG AVS		SKO 5b		RÜB 8		SKU 8a		SKZ 10		RÜB 16		SKO 18		RÜB 20a	
		Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter
Schwabach	MNQ (l/s)	221	493	221	493	221	493	221	493	221	493	221	493	221	493	221	493
	T	18,3	8,7	18,3	8,7	18,3	8,7	18,3	8,7	18,3	8,7	18,3	8,7	18,3	8,7	18,3	8,7
	pH	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
	NH ₄ -N (mg/l)	0,15	0,45	0,15	0,45	0,15	0,45	0,15	0,45	0,15	0,45	0,15	0,45	0,15	0,45	0,15	0,45
	NH ₃ -N (mg/l)	0,0079	0,012	0,0079	0,012	0,0079	0,012	0,0079	0,012	0,0079	0,012	0,0079	0,012	0,0079	0,012	0,0079	0,012
Einleitung	Q (l/s)	2016	2016	106	106	145	145	72	72	84,7	84,7	283	283	89	89	16	16
	T	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0
	pH	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
	NH ₄ -N (mg/l)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	NH ₃ -N (mg/l)	0,081	0,038	0,081	0,038	0,081	0,038	0,081	0,038	0,081	0,038	0,081	0,038	0,081	0,038	0,081	0,038
Immission	T	18,03	8,14	18,20	8,58	18,18	8,54	18,23	8,61	18,22	8,60	18,13	8,44	18,21	8,59	18,28	8,68
	pH	7,30	7,40	7,87	8,02	7,80	7,97	7,95	8,07	7,92	8,05	7,64	7,84	7,91	8,05	8,13	8,17
	NH ₄ -N (mg/l)	13,53	12,14	4,98	3,03	6,02	3,75	3,80	2,31	4,27	2,58	8,48	5,75	4,40	2,67	1,15	0,91
	NH ₃ -N (mg/l)	0,092	0,048	0,127	0,052	0,131	0,058	0,116	0,045	0,121	0,048	0,126	0,064	0,122	0,049	0,052	0,022
	NH ₃ (mg/l)	0,112	0,059	0,154	0,064	0,159	0,070	0,141	0,054	0,147	0,058	0,153	0,078	0,149	0,059	0,063	0,027
Anforderungen	NH ₃ -N (mg/l)	0,020	0,020	Anforderung (LUBW 2015)													
	NH ₃ (mg/l)	0,020	0,020	Anforderung Salmoniden Adulte (FFB Mittelfranken 2023)													
	NH ₃ (mg/l)	0,070	0,070	Anforderung Salmoniden (LC 50, 24h) (BWK 2008)													
	NH ₃ (mg/l)	0,006	0,006	Anforderung Salmoniden Brut (Schäperclaus et al. 1997)													

	Parameter	SKU 20		SKO 21		SKO 22		SKU 23		SKO 24		SKO 30a		DLB 29	
		Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter
Schwabach	MNQ (l/s)	221	493	221	493	221	493	221	493	221	493	221	493	221	493
	T	18,3	8,7	18,3	8,7	18,3	8,7	18,3	8,7	18,3	8,7	18,3	8,7	18,3	8,7
	pH	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
	NH ₄ -N (mg/l)	0,15	0,45	0,15	0,45	0,15	0,45	0,15	0,45	0,15	0,45	0,15	0,45	0,15	0,45
	NH ₃ -N (mg/l)	0,0079	0,012	0,0079	0,012	0,0079	0,012	0,0079	0,012	0,0079	0,012	0,0079	0,012	0,0079	0,012
Einleitung	Q (l/s)	195	195	418	418	40	40	123	123	219	219	111	111	115	115
	T	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0
	pH	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
	NH ₄ -N (mg/l)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	NH ₃ -N (mg/l)	0,081	0,038	0,081	0,038	0,081	0,038	0,081	0,038	0,081	0,038	0,081	0,038	0,081	0,038
Immission	T	18,16	8,50	18,10	8,38	18,25	8,65	18,19	8,56	18,15	8,48	18,20	8,57	18,20	8,57
	pH	7,73	7,92	7,55	7,74	8,05	8,12	7,84	8,00	7,70	7,89	7,87	8,02	7,86	8,01
	NH ₄ -N (mg/l)	7,11	4,57	9,86	7,12	2,43	1,54	5,47	3,36	7,54	4,93	5,12	3,13	5,24	3,20
	NH ₃ -N (mg/l)	0,130	0,062	0,118	0,064	0,091	0,034	0,129	0,055	0,129	0,063	0,127	0,053	0,128	0,054
	NH ₃ (mg/l)	0,158	0,075	0,144	0,078	0,110	0,041	0,157	0,067	0,157	0,076	0,155	0,065	0,156	0,065
Anforderungen	NH ₃ -N (mg/l)	0,020	0,020	Anforderung (LUBW 2015)											
	NH ₃ (mg/l)	0,020	0,020	Anforderung Salmoniden Adulte (FFB MF)											
	NH ₃ (mg/l)	0,070	0,070	Anforderung Salmoniden (LC 50, 24h) (BWK 2008)											
	NH ₃ (mg/l)	0,006	0,006	Anforderung Salmoniden Brut (Schäperclaus et al. 1997)											

Anhang C - II Szenario +/- durchschnittlich

Berechnung potentieller Ammoniakkonzentrationen an der Schwabach bei gleichzeitiger Entlastung aller Anlagen (EZG AVS) und Entlastung einzelner Anlagen in einem +/- durchschnittlichen Szenario, jeweils für Sommer und Winter. Konzentrationen bzw. Werte stammen für die Schwabach aus dem WRRL- Monitoring (2017 und 2020) und für die Mischwässer aus Nickel et al. (2020a). Temperaturen der Mischwässer wurden geschätzt. Durchschnittliche Entlastungsabflüsse wurden aus der Schmutzfrachtberechnung (Dr. Resch + Partner 2021) ermittelt.

	Parameter	EZG AVS		SKO 5b		RÜB 8		SKU 8a		SKZ 10		RÜB 16		SKO 18		RÜB 20a	
		Som- mer	Winter	Som- mer	Winter	Som- mer	Winter	Som- mer	Winter	Som- mer	Winter	Som- mer	Winter	Som- mer	Winter	Som- mer	Winter
Schwabach	MNQ (l/s)	221	493	221	493	221	493	221	493	221	493	221	493	221	493	221	493
	T °C	12,7	3,8	12,7	3,8	12,7	3,8	12,7	3,8	12,7	3,8	12,7	3,8	12,7	3,8	12,7	3,8
	pH	7,6	7,2	7,6	7,2	7,6	7,2	7,6	7,2	7,6	7,2	7,6	7,2	7,6	7,2	7,6	7,2
	NH ₄ -N (mg/l)	0,04	0,13	0,04	0,13	0,04	0,13	0,04	0,13	0,04	0,13	0,04	0,13	0,04	0,13	0,04	0,13
	NH ₃ -N (mg/l)	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002
Einleitung	Q (l/s)	2016	2016	106	106	145	145	72	72	84,7	84,7	283	283	89	89	16	16
	T °C	14,0	6,0	14,0	6,0	14,0	6,0	14,0	6,0	14,0	6,0	14,0	6,0	14,0	6,0	14,0	6,0
	pH	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
	NH ₄ -N (mg/l)	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	NH ₃ -N (mg/l)	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002
Immission	T °C	13,87	5,57	13,12	4,19	13,21	4,30	13,02	4,08	13,06	4,12	13,43	4,60	13,07	4,14	12,79	3,87
	pH	6,70	6,72	7,27	7,09	7,20	7,06	7,35	7,12	7,32	7,11	7,04	6,98	7,31	7,11	7,53	7,18
	NH ₄ -N (mg/l)	2,89	2,60	1,07	0,67	1,29	0,83	0,82	0,52	0,92	0,58	1,81	1,25	0,95	0,60	0,25	0,23
	NH ₃ -N (mg/l)	0,004	0,002	0,005	0,001	0,005	0,001	0,004	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,002	0,000
	NH ₃ (mg/l)	0,004	0,002	0,006	0,001	0,006	0,001	0,005	0,001	0,006	0,001	0,006	0,002	0,006	0,001	0,002	0,000
Anforde- rungen	NH ₃ -N (mg/l)	0,020	0,020	Anforderung (LUBW 2015)													
	NH ₃ (mg/l)	0,020	0,020	Anforderung Salmoniden Adulte (FFB MF)													
	NH ₃ (mg/l)	0,070	0,070	Anforderung Salmoniden (LC 50, 24h) (BWK 2008)													
	NH ₃ (mg/l)	0,006	0,006	Anforderung Salmoniden Brut (Schäperclaus et al. 1997)													

	Parameter	SKU 20		SKO 21		SKO 22		SKU 23		SKO 24		SKO 30a		DLB 29	
		Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter
Schwabach	MNQ (l/s)	221	493	221	493	221	493	221	493	221	493	221	493	221	493
	T	12,7	3,8	12,7	3,8	12,7	3,8	12,7	3,8	12,7	3,8	12,7	3,8	12,7	3,8
	pH	7,6	7,2	7,6	7,2	7,6	7,2	7,6	7,2	7,6	7,2	7,6	7,2	7,6	7,2
	NH ₄ -N (mg/l)	0,04	0,13	0,04	0,13	0,04	0,13	0,04	0,13	0,04	0,13	0,04	0,13	0,04	0,13
	NH ₃ -N (mg/l)	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002
Einleitung	Q (l/s)	195	195	418	418	40	40	123	123	219	219	111	111	115	115
	T	14,0	6,0	14,0	6,0	14,0	6,0	14,0	6,0	14,0	6,0	14,0	6,0	14,0	6,0
	pH	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
	NH ₄ -N (mg/l)	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	NH ₃ -N (mg/l)	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002
Immission	T	13,31	4,42	13,55	4,81	12,90	3,97	13,17	4,24	13,35	4,48	13,13	4,20	13,15	4,22
	pH	7,13	7,03	6,95	6,92	7,45	7,15	7,24	7,08	7,10	7,02	7,27	7,09	7,26	7,09
	NH ₄ -N (mg/l)	1,52	1,00	2,11	1,54	0,52	0,36	1,17	0,74	1,61	1,07	1,10	0,69	1,12	0,71
	NH ₃ -N (mg/l)	0,005	0,001	0,005	0,002	0,003	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001
	NH ₃ (mg/l)	0,006	0,002	0,006	0,002	0,004	0,001	0,006	0,001	0,006	0,002	0,006	0,001	0,006	0,001
Anforderungen	NH ₃ -N (mg/l)	0,020	0,020	Anforderung (LUBW 2015)											
	NH ₃ (mg/l)	0,020	0,020	Anforderung Salmoniden Adulte (FFB MF)											
	NH ₃ (mg/l)	0,070	0,070	Anforderung Salmoniden (LC 50, 24h) (BWK 2008)											
	NH ₃ (mg/l)	0,006	0,006	Anforderung Salmoniden Brut (Schäperclaus et al. 1997)											

Anhang D

Übersicht der Entlastungsdaten aus der Schmutzfrachtberechnung (Dr. Resch + Partner 2021) und den Messungen an den Bauwerken (AVS)

Gewässer	Bauwerk	Schmutzfrachtberechnung						Messwerte																					
								2022						2021						2020									
		Überlauf- anzahl	Ranking Häufigkeit *	Überlauf- dauer	Ranking Häufigkeit *	Entlastete Wassermenge	durchschnittl. Entlastungs- abfluss	Überlauf- dauer	Ranking Häufigkeit *	Überlauf- dauer	Ranking Häufigkeit *	Entlastete Wassermenge	durchschnittl. Entlastungs- abfluss	Überlauf- dauer	Ranking Häufigkeit *	Überlauf- dauer	Ranking Häufigkeit *	Entlastete Wassermenge	durchschnittl. Entlastungs- abfluss	Überlauf- dauer	Ranking Häufigkeit *	Überlauf- dauer	Ranking Häufigkeit *	Entlastete Wassermenge	durchschnittl. Entlastungs- abfluss				
																										m³	m³/s	l/s	m³
d/a		h/a				d/a		h/a					d/a		h/a				d/a		h/a								
Altbach	FGB 9	47	sehr häufig	44,7	durchschnittlich	38.530	0,2	239,5	2,0	sehr selten	0,7	sehr kurz	697	0,3	261,6	2,0	sehr selten	0,6	sehr kurz	1.111,00	0,5	514,4	1,0	sehr selten	0,4	sehr kurz	510	0,3	337,3
Ebersbach	SKU 14	32	häufig	40,2	kurz	24.711	0,2	170,7							1,0	sehr selten	0,5	sehr kurz	1.808	1,0	1004,4	3,0	sehr selten	0,6	sehr kurz	875	0,4	419,1	
Eckenbach	RU 1	24	häufig	6,1	sehr kurz	22.215	1,0	1005,0																					
Eckenbach	DLB 1a	66	sehr häufig	88,0	durchschnittlich	166.447	0,5	525,4	48,0	sehr häufig	147,3	lang	58.527	0,1	110,4	53,0	sehr häufig	176,0	lang	92.080	0,1	145,3	52,0	sehr häufig	151,0	lang	66.625	0,1	122,6
Schlierbach/Brandbach	FGB 11	78	sehr häufig	68,9	durchschnittlich	54.873	0,2	221,2	27,0	häufig	13,8	kurz	6.056	0,1	122,2	35,0	sehr häufig	21,8	kurz	3.711	0,0	47,3	24,0	häufig	14,3	kurz	5.322	0,1	103,7
Schlierbach/Brandbach	RU 11a	1	sehr selten	0,9	sehr kurz	148	0,1	58,8																					
Schlierbach/Brandbach	RA 11b	1	sehr selten	0,9	sehr kurz	199	0,1	60,2																					
Schlierbach/Brandbach	DLB 12/13	65	sehr häufig	83,1	durchschnittlich	129.178	0,4	431,6	21,0	durchschnittlich	29,5	kurz	42.583	0,4	401,2	19,0	durchschnittlich	26,4	kurz	91.439	1,0	961,4	20,0	durchschnittlich	44,0	kurz	105.122	0,7	663,6
Schlierbach/Brandbach	RU 17	47	sehr häufig	78,6	durchschnittlich	8.667	0,0	30,6	7,0	sehr selten	2,7	sehr kurz	25.897	2,7	2664,3	39,0	sehr häufig	747,8	sehr lang	10.230	0,004	3,8	13,0	sehr selten	3,8	sehr kurz	19.566	1,4	1449,3
Schwabach	SKO 5b	57	sehr häufig	41,6	durchschnittlich	15.936	0,1	106,4																					
Schwabach	RUB 8	55	sehr häufig	54,1	kurz	28.136	0,1	144,5	10,0	sehr selten	3,5	sehr kurz	904	0,1	72,8	12,0	sehr selten	4,0	sehr kurz	146	0,0	10,1	7,0	sehr selten	1,0	sehr kurz	1.543	0,4	428,6
Schwabach	SKU 8A	37	sehr häufig	28,0	kurz	7.276	0,1	72,1	22,0	durchschnittlich	29,3	kurz	214	0,002	2,0	10,0	sehr selten	9,1	sehr kurz	62	0,002	1,9	19,0	durchschnittlich	27,3	kurz	437	0,004	4,4
Schwabach	SKZ 10	14	sehr selten	5,6	sehr kurz	1.702	0,1	84,7																					
Schwabach	RUB 16	53	sehr häufig	170,8	sehr lang	173.762	0,3	282,5	56,0	sehr häufig	589,2	sehr lang	75.641	0,04	35,7	48,0	sehr häufig	297,7	sehr lang	734.227	0,69	685,1	68,0	sehr häufig	592,5	sehr lang	719.580	0,34	337,4
Schwabach	SKO 18	52	sehr häufig	37,6	kurz	12.005	0,1	88,7	3,0	sehr selten	1,0	sehr kurz	1.535	0,4	426,4	0,0	sehr selten	0,0	sehr kurz	0	0,0	0,0	2,0	sehr selten	0,6	sehr kurz	744	0,3	328,0
Schwabach	RUB 20A	7	sehr selten	12,9	kurz	745	0,0	16,0																					
Schwabach	SKU 20	55	sehr häufig	50,5	durchschnittlich	35.405	0,2	194,8	10,0	sehr selten	10,8	sehr kurz	4.510	0,1	116,4	9,0	sehr selten	6,2	sehr kurz	938	0,0	41,8	135,0	sehr häufig	629,2	sehr lang	4.933.904	2,2	2178,2
Schwabach	SKO 21	73	sehr häufig	61,6	durchschnittlich	92.565	0,4	417,7	44,0	sehr häufig	168,9	sehr lang	47.681	0,1	78,4	39,0	sehr häufig	114,8	lang	62.199	0,2	150,5	42,0	sehr häufig	145,9	lang	50.749	0,1	96,6
Schwabach	SKO 22	53	sehr häufig	38,6	kurz	5.557	0,0	40,0	16,0	durchschnittlich	23,3	kurz	11.688	0,1	139,5	17,0	durchschnittlich	23,3	kurz	10.457	0,1	124,9							
Schwabach	SKU 23	58	sehr häufig	33,2	kurz	14.728	0,1	123,4	43,0	sehr häufig	97,9	lang	170.661	0,5	484,5	51,0	sehr häufig	153,2	lang	262.886	0,5	476,6	48,0	sehr häufig	135,2	lang	238.032	0,5	489,1
Schwabach	SKO 24	74	sehr häufig	59,7	durchschnittlich	47.105	0,2	219,0	3,0	sehr selten	0,2	sehr kurz	35	6,0	sehr selten	9,1	sehr kurz	8.201	0,3	251,2	4,0	sehr selten	0,4	sehr kurz	217	0,2	162,9		
Schwabach	DLB 29	15	sehr selten	36,3	kurz	15.035	0,1	115,1																					
Schwabach	SKO 30a	28	häufig	22,8	kurz	9.119	0,1	111,1	34,0	häufig	119,6	lang	120.685	0,28	280,3	31,0	häufig	125,7	lang	124.707	0,28	275,5	30,0	häufig	123,1	lang	129.980	0,29	293,3
Seelauweihergraben	FGB 14a	37	sehr häufig	68,1	durchschnittlich	77.343	0,3	315,5																					
Sendelbach	SKO 6	70	sehr häufig	50,9	durchschnittlich	26.610	0,1	145,2																					
Sendelbach	RU 7	7	sehr selten	2,1	sehr kurz	1.161	0,2	155,0	9,0	sehr selten	2,5	sehr kurz	11.339	1,27	1270,0	9,0	sehr selten	1,6	sehr kurz	6.728	1,18	1182,8	7,0	sehr selten	1,5	sehr kurz	6.510	1,23	1230,2
Stappach	RU 2a	1	sehr selten	1,3	sehr kurz	4.140	0,9	912,7																					
Stappach	RU 2b	27	häufig	6,9	sehr kurz	16	0,0	0,7																					
Stappach	RUB 2	54	sehr häufig	49,2	durchschnittlich	61.230	0,3	345,8	41,0	sehr häufig	144,2	lang	61.575	0,119	118,7	51,0	sehr häufig	200,8	sehr lang	49.724	0,069	68,8	40,0	sehr häufig	154,8	lang	39.995	0,072	71,7
Stappach	RUB 3	37	häufig	63,2	kurz	7.917	0,0	34,8	43,0	sehr häufig	172,2	lang	75.257	0,1	121,4	50,0	sehr häufig	169,0	lang	63.063	0,1	103,7	40,0	häufig	96,0	durchschnittl.	21.188	0,1	61,3
Stappach	SKU 4a	16	durchschnittlich	4,4	sehr kurz	929	0,1	58,1																					
Stappach	RUB 4	38	häufig	34,8	kurz	18.137	0,1	144,9	24,0	durchschnittlich	48,0	durchschn.	23.968	0,1	138,8	26,0	durchschnittlich	52,0	kurz	36.144	0,2	193,1	22,0	durchschnittlich	54,0	kurz	34.808	0,2	179,1
Stappach	FGB 5a	51	sehr häufig	37,8	kurz	24.384	0,2	179,3																					
Stappach	FGB 9a	53	sehr häufig	48,6	durchschnittlich	12.456	0,1	71,2																					
Tennenbach	SKO 26	77	sehr häufig	66,0	durchschnittlich	39.842	0,2	167,6																					
Tennenbach	SKO 27	42	sehr häufig	37,3	kurz	20.400	0,2	151,8	25,0	häufig	67,6	durchschn.	7.395	0,03	30,4	30,0	häufig	112,5	lang	10.866	0,03	26,8	27,0	häufig	70,2	durchschnittl.	10.172	0,04	40,3
Tennenbach	RUB 28	63	sehr häufig	46,8	durchschnittlich	8.104	0,0	48,1																					
Weierbach	RU 19	13	sehr selten	4,0	sehr kurz	1.241	0,1	85,3	3,0	sehr selten	0,8	sehr kurz	1.208	0,4	447,4	2,0	sehr selten	0,3	sehr kurz	63	0,1	58,3	2,0	sehr selten	0,7	sehr kurz	455	0,2	194,4
Weierbach	RU 19a	5	sehr selten	1,7	sehr kurz	1.002	0,2	105,7	3,0	sehr selten	0,7	sehr kurz	186	0,1	77,1	1,0	sehr selten	0,03	sehr kurz	0	0,0	0,0	3,0	sehr selten	0,4	sehr kurz	12	0,0	8,8

* = Entlastungsaktivität (Ranking) an Fang- und Durchlaufbecken (blau) anhand des Vergleichs mit Summenhäufigkeitsverteilungen von Überlaufdauern und -häufigkeiten nach Baumann et al. (2017)

rot = hohe Diskrepanz der Entlastungsmengen zwischen der Schmutzfrachtberechnung und den gemessenen und via Polen Wehrformel ermittelten Mengen

orange = hohe Diskrepanz zwischen den Messwerten der Jahre 2020, 2021 und 2022 am jeweiligen Bauwerk

Zusatzinformationen zu den Messdaten laut AVS:

FGB 9: Messungen sehr ungenau, Schwellen zu lang

RU 17: 2021: Fehler in Überlaufdauer

SKZ 10: 2022: Messung defekt; 2021: Ausfall Datenlogger

SKU 20: 2020: Messfehler?

DLB 29: 2022: Messung defekt; 2021: KÜ-Messung fehlt

FGB 14a: Messung defekt

SKO 6: Messung defekt

FGB 5a: Messung defekt

Anhang E

RÜB-Berichte des AVS (Messungen an den Bauwerken) von 2020 bis 2022

Bericht der ausgewerteten Wasserstandsmessungen

2022

NAME DES BAUWERKS	NIEDER-SCHLAG	BECKENEINSTAU		ÜBERLAUFDAUER		ÜBERLAUFHÄUFIGKEIT		ÜBERLAUFMENGE		
		DAUER	TAGE MIT EINSTAU	KLÄR-ÜBERLAUF	BECKEN-ÜBERLAUF	KLÄR-ÜBERLAUF	BECKEN-ÜBERLAUF	KLÄR-ÜBERLAUF	BECKEN-ÜBERLAUF	SUMME KLÄR- UND BECKENÜBERLAUF
	mm	h		h	h	Tage mit Überlauf		m³	m³	m³
AVS_FGB 14a_Neunkirchen am Brand	Messung bis Okt defekt	1.511,31	108		1.635,47		70		1	1
AVS_FGB 1a (RÜB 1a) Eckenhaid		3.095,81	171	147,25	0,00	48	0	58.527	0	58.527
AVS_FGB 29 Spardorf	Messung defekt	2.234,30	139	0,00	0,00	0	0	0	0	0
AVS_FGB 5a Brand	Messung defekt	406,83	59		0,00		0		0	0
AVS_FGB 9 Oberschöllnbach	Messung ungenau	130,24	39		0,74		2		697	697
AVS_RÜ 17_Dormitz		58,32	19		2,70		7		25.897	25.897
AVS_RÜ 19_Rosenbach		7,08	17		0,75		3		1.208	1.208
AVS_RÜ 19a Weiher		10,00	23		0,67		3		186	186
AVS_RÜ 7_Schellenberg		7,50	19		2,48		9		11.339	11.339
AVS_RÜB 11_Hetzles		429,09	72		13,77		27		6.056	6.056
AVS_RÜB 12/13_Neunkirchen am Brand		1.377,43	118	28,36	1,32	17	4	35.522	7.061	42.583
AVS_RÜB 16_Dormitz		2.865,81	185		589,22		56		75.641	75.641
AVS_RÜB 8_Kleinsendelbach		661,78	69	2,69	0,76	8	2	742	161	904
AVS_SKO 18_Dormitz		291,60	50		1,00		3		1.535	1.535
AVS_SKO 2 (RÜB 2) Eschenau		1.000,95	101		144,15		41		61.575	61.575
AVS_SKO 21_Uttenreuth		442,17	65		168,87		44		47.681	47.681
AVS_SKO 22_Uttenreuth		134,87	39		23,28		16		11.688	11.688
AVS_SKO 24_Uttenreuth		189,75	59		0,22		3		35	35
AVS_SKO 27_Spardorf		338,17	52		67,57		25		7.395	7.395
AVS_SKO 30a_Buckenhof		591,00	84		119,58		34		120.685	120.685
AVS_SKU 10 Unterschöllnbach	Messung defekt	256,08	65		0,00		0		0	0
AVS_SKU 20_Weiher		167,82	48		10,76		10		4.510	4.510
AVS_SKU 23_Uttenreuth		400,60	77		97,85		43		170.661	170.661

NAME DES BAUWERKS	NIEDER-SCHLAG	BECKENEINSTAU		ÜBERLAUFDAUER		ÜBERLAUFHÄUFIGKEIT		ÜBERLAUFMENGE		
		DAUER	TAGE MIT EINSTAU	KLÄR-ÜBERLAUF	BECKEN-ÜBERLAUF	KLÄR-ÜBERLAUF	BECKEN-ÜBERLAUF	KLÄR-ÜBERLAUF	BECKEN-ÜBERLAUF	SUMME KLÄR- UND BECKENÜBERLAUF
	mm	h		h	h	Tage mit Überlauf		m³	m³	m³
AVS_SKU 3 (RÜB 3) Brand		586,53	58	141,62	30,60	20	23	70.645	4.612	75.257
AVS_SKU 4 (RÜB 4) Brand		484,10	75	47,42	0,56	22	2	22.630	1.338	23.968
AVS_SKU 8a_Steinbach		467,77	68		29,31		22		214	214
AVS_SOK 6_Großenbuch	Messung defekt	227,83	45		0,00		0		0	0
SUMME:		18.374,75	1.924	367,34	2.941,62	115	449	188.066	560.175	748.241

28.11.2023
(Datum)

(Unterschrift)

Bericht der ausgewerteten Wasserstandsmessungen

2021

NAME DES BAUWERKS	NIEDER-SCHLAG	BECKENEINSTAU		ÜBERLAUFDAUER		ÜBERLAUFHÄUFIGKEIT		ÜBERLAUFMENGE		
		DAUER	TAGE MIT EINSTAU	KLÄR-ÜBERLAUF	BECKEN-ÜBERLAUF	KLÄR-ÜBERLAUF	BECKEN-ÜBERLAUF	KLÄR-ÜBERLAUF	BECKEN-ÜBERLAUF	SUMME KLÄR- UND BECKENÜBERLAUF
	mm	h		h	h	Tage mit Überlauf		m³	m³	m³
AVS_FGB 14a_Neunkirchen am Brand	Messung defekt	1.336,85	91		0,02		1		128	128
AVS_FGB 1a (RÜB 1a) Eckenhaid		3.081,27	168	175,66	0,00	53	0	92.080	0	92.080
AVS_FGB 29 Spardorf	KÜ-Messung fehlt	1.408,68	102	0,00	13,44	0	13	0	1.729	1.729
AVS_FGB 5a Brand	Messung defekt	599,91	81		0,00		0		0	0
AVS_FGB 9 Oberschöllnbach	Messung wg. langer Schwelle zu ungenau	199,40	47		0,60		2		1.111	1.111
AVS_RÜ 1 Eckenhaid		75,42	52		0,50		1		1.808	1.808
AVS_RÜ 17_Dormitz		251,63	23		747,82		39		10.230	10.230
AVS_RÜ 19_Rosenbach		4,67	14		0,30		2		63	63
AVS_RÜ 19a Weiher		9,17	28		0,03		1		0	0
AVS_RÜ 7_Schellenberg		24,17	41		1,58		9		6.728	6.728
AVS_RÜB 11_Hetzles		504,82	75		21,78		35		3.711	3.711
AVS_RÜB 12/13_Neunkirchen am Brand		778,16	98	23,08	3,34	16	3	88.491	2.948	91.439
AVS_RÜB 16_Dormitz		2.557,64	184		297,70		48		734.227	734.227
AVS_RÜB 8_Kleinsendelbach		589,42	63	4,44	0,09	11	1	143	3	146
AVS_SKO 18_Dormitz		312,33	52		0,00		0		0	0
AVS_SKO 2 (RÜB 2) Eschenau		729,61	95		200,79		51		49.724	49.724
AVS_SKO 21_Uttenreuth		329,50	58		114,77		39		62.199	62.199
AVS_SKO 22_Uttenreuth		221,35	48		23,25		17		10.457	10.457
AVS_SKO 24_Uttenreuth		335,32	80		9,07		6		8.201	8.201
AVS_SKO 27_Spardorf		561,33	65		112,48		30		10.866	10.866
AVS_SKO 30a_Buckenhof		669,25	105		125,72		31		124.707	124.707
AVS_SKU 10 Unterschöllnbach	Ausfall Datenlogger	153,33	48		0,00		0		0	0
AVS_SKU 20_Weiher		194,86	57		6,23		9		938	938

NAME DES BAUWERKS	NIEDER-SCHLAG	BECKENEINSTAU		ÜBERLAUFDAUER		ÜBERLAUFHÄUFIGKEIT		ÜBERLAUFMENGE		
		DAUER	TAGE MIT EINSTAU	KLÄR-ÜBERLAUF	BECKEN-ÜBERLAUF	KLÄR-ÜBERLAUF	BECKEN-ÜBERLAUF	KLÄR-ÜBERLAUF	BECKEN-ÜBERLAUF	SUMME KLÄR- UND BECKENÜBERLAUF
	mm	h		h	h	Tage mit Überlauf		m³	m³	m³
AVS_SKU 23_Uttenreuth		606,63	94		153,22		51		262.886	262.886
AVS_SKU 3 (RÜB 3) Brand		571,58	71	149,95	18,55	27	23	59.354	3.709	63.063
AVS_SKU 4 (RÜB 4) Brand		365,71	53	50,94	0,67	22	4	32.193	3.951	36.144
AVS_SKU 8a_Steinbach		179,69	61		9,08		10		62	62
AVS_SOK 6_Großenbuch	Messung defekt	301,50	54		0,00		0		0	0
SUMME:		16.953,20	2.008	404,06	1.861,04	129	426	272.262	1.300.387	1.572.649

01.12.2023

(Datum)

(Unterschrift)

Bericht der ausgewerteten Wasserstandsmessungen

2020

NAME DES BAUWERKS	NIEDER- SCHLAG	BECKENEINSTAU		ÜBERLAUFDAUER		ÜBERLAUFHÄUFIGKEIT		ÜBERLAUFMENGE		
		DAUER	TAGE MIT EINSTAU	KLÄR- ÜBERLAUF	BECKEN- ÜBERLAUF	KLÄR- ÜBERLAUF	BECKEN- ÜBERLAUF	KLÄR- ÜBERLAUF	BECKEN- ÜBERLAUF	SUMME KLÄR- UND BECKENÜBERLAUF
	mm	h		h	h	Tage mit Überlauf		m³	m³	m³
AVS_FGB 14a_Neunkirchen am Brand	Messung defekt	1.196,91	86		0,02		1		149	149
AVS_FGB 1a (RÜB 1a) Eckenhaid		2.583,81	155	151,35	0,00	52	0	66.625	0	66.625
AVS_FGB 29 Spardorf		878,57	86	0,00	56,02	0	17	0	8.137	8.137
AVS_FGB 5a Brand		277.851,00	82		0,00		0		0	0
AVS_FGB 9 Oberschöllnbach	Messung sehr ungenau Schwelle zu lang	266,59	48		0,42		1		510	510
AVS_RÜ 1 Eckenhaid		246,50	82		0,58		3		875	875
AVS_RÜ 17 Dormitz		16,95	22		3,75		13		19.566	19.566
AVS_RÜ 19_Rosenbach		9,08	20		0,65		2		455	455
AVS_RÜ 19a Weiher		9,00	25		0,38		3		12	12
AVS_RÜ 7 Schellenberg		21,08	28		1,47		7		6.510	6.510
AVS_RÜB 11_Hetzles		444,81	68		14,25		24		5.322	5.322
AVS_RÜB 12/13_Neunkirchen am Brand		1.541,16	108	38,33	5,70	15	5	95.869	9.253	105.122
AVS_RÜB 16 Dormitz		2.363,93	166		592,34		68		719.580	719.580
AVS_RÜB 8_Kleinsendelbach		152,16	28	0,80	0,31	5	2	884	660	1.543
AVS_SKO 18 Dormitz		261,33	56		0,63		2		744	744
AVS_SKO 2 (RÜB 2) Eschenau		656,95	92		154,84		40		39.995	39.995
AVS_SKO 21_Uttenreuth		372,53	58		145,90		42		50.749	50.749
AVS_SKO 22_Uttenreuth		150,60	34		0,00		0		0	0
AVS_SKO 24_Uttenreuth		361,68	74		0,37		4		217	217
AVS_SKO 27_Spardorf		481,73	65		70,15		27		10.172	10.172
AVS_SKO 30a_Buckenhof		755,83	104		123,12		30		129.980	129.980
AVS_SKU 10 Unterschöllnbach		129,82	24		74,18		6		32.094	32.094
AVS_SKU 20_Weiher		800,65	175		629,19		135		4.933.904	4.933.904

NAME DES BAUWERKS	NIEDER- SCHLAG	BECKENEINSTAU		ÜBERLAUFDAUER		ÜBERLAUFHÄUFIGKEIT		ÜBERLAUFMENGE		
		DAUER	TAGE MIT EINSTAU	KLÄR- ÜBERLAUF	BECKEN- ÜBERLAUF	KLÄR- ÜBERLAUF	BECKEN- ÜBERLAUF	KLÄR- ÜBERLAUF	BECKEN- ÜBERLAUF	SUMME KLÄR- UND BECKENÜBERLAUF
	mm	h		h	h	Tage mit Überlauf		m³	m³	m³
AVS_SKU 23_Uttenreuth	Schlitz nicht programmierbar	549,53	92		135,18		48		???	???
AVS_SKU 3 (RÜB 3) Brand		462,35	56	77,02	19,38	20	20	18.931	2.257	21.188
AVS_SKU 4 (RÜB 4) Brand		358,83	42	53,61	0,00	22	0	34.808	0	34.808
AVS_SKU 8a_Steinbach		201,09	55		27,29		19		437	437
AVS_SOK 6_Großenbuch	Messung defekt	543,33	62		0,00		0		0	0
SUMME:		16.348,09	1.993	321,11	2.056,14	114	519	217.117	6.209.610	6.426.726

01.12.2023

(Datum)

(Unterschrift)