



Anlage 1a: Gewässerökologisches Gutachten

Änderungsvorhaben an der Betriebskläranlage der Fa. Martin Bauer GmbH & Co. KG, Vestenbergsgreuth

Gewässerökologisches Gutachten



Kleine Weisach nahe der Probestelle M3 bei Hermersdorf. Foto: ÖKON 2021

Auftraggeber: **Martin Bauer GmbH & Co. KG**

Ansprechpartner: Herr J. Anger

Dutendorfer Straße 5-7
91478 Vestenbergsgreuth

Auftragnehmer:



Gesellschaft für Landschaftsökologie,
Gewässerbiologie und Umweltplanung mbH
Dipl.-Ing. (FH) J. Schmidt / Dipl.-Ing. (FH) A. Rumm

Raffastraße 40
93142 Maxhütte-Haidhof

www.oekon.com

Bearbeitung: Dipl. Biol. Dr. K. Lengfellner

Dipl. Biol. C. Parzefall

Überarbeitete Version vom 20.12.2023

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	8
1 Allgemeine Angaben zum Vorhaben	13
2 Anlass der Untersuchung	14
3 Konzept zur gewässerökologischen Untersuchung	16
4 Beschreibung des Untersuchungsgebietes	19
4.1 Projektgebiet.....	19
4.2 Vorfluter „Kleine Weisach“	20
5 Methodik	22
5.1 Gewässerchemisches Monitoring.....	22
5.2 Versuche zur Fällmittelreduktion	33
5.3 Fischfauna der Kleinen Weisach im Bereich oberhalb und unterhalb der Sechselbachmündung	38
5.4 Makrozoobenthos der Kleinen Weisach im Bereich oberhalb und unterhalb der Sechselbachmündung	39
5.5 Makrophyten und Phytobenthos der Kleinen Weisach im Bereich oberhalb und unterhalb der Sechselbachmündung.....	41
5.6 Großmuschelkartierung in der Kleinen Weisach	41
5.7 Daten der offiziellen WRRL-Messstelle Lonnerstadt	42
5.8 Anlagenwerte der ARA aus dem Untersuchungszeitraum April 2021 bis März 2022	43
5.9 Datenbehandlung	43
5.10 Berechnungen theoretischer Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach.....	44
5.11 Berechnungen der Mischwassertemperatur in der Kleinen Weisach	47
5.12 Bewertung der gesammelten Untersuchungsergebnisse	48
6 Ergebnisse	51
6.1 Klimatische Verhältnisse und weitere Beobachtungen im Untersuchungszeitraum.....	51
6.2 Temperaturaufzeichnung mit Datenloggern	52
6.3 Physikalisch-chemische Parameter und Wasserchemie	56
6.4 Werte der Anlagenüberwachung von Januar 2021 bis April 2022	96
6.5 Versuche zur Fällmittelreduktion	101
6.6 Vergleich der Monitoringergebnisse mit Erhebungen aus dem Jahr 2019 im Zuge der Antragstellung.....	112
6.7 Mischungsrechnung für die theoretischen Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung im Normalbetrieb, im fällmittelreduzierten Betrieb sowie bei erhöhten Abschlagsmengen	114
6.8 Mischungsrechnung für die maximale Wassertemperatur in der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung bei aktuell genehmigten sowie bei erhöhten Abschlagsmengen	118
6.9 Untersuchung der Fischbestände oberhalb und unterhalb der Sechselbachmündung.	131

6.10	Untersuchung des Makrozoobenthos oberhalb und unterhalb der Sechselbachmündung	134
6.11	Untersuchung der Makrophyten und des Phytobenthos oberhalb und unterhalb der Sechselbachmündung	140
6.12	Untersuchung der Großmuschelbestände in der Kleinen Weisach	142
7	Diskussion der Ergebnisse	145
7.1	Aktueller Gewässerzustand	145
7.2	Potenzieller Einfluss des zusätzlichen Abwassers mit unbekannter Zusammensetzung aus dem Rohr der kommunalen Kläranlage oberhalb der Probestelle M2 auf die Monitoringdaten	148
7.3	Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus den Versuchen zur Fällmittelreduktion	148
7.4	Beurteilung der Prognosewerte für die Kleine Weisach bei künftiger Erhöhung des Abschlags und Reduktion des Fällmitteleinsatzes	150
7.5	Verlegung der Einleitstelle des Sechselbachs direkt an die Kleine Weisach	159
8	Abschließende Beurteilung des Vorhabens	161
9	Literatur	164
Anhang	167
A1	Gesamttaxaliste des Makrozoobenthos für die untersuchten Probestrecken	168
A2	Artenzusammensetzung des Phytobenthos an den untersuchten Probestrecken	169
A3	Vergleich der Messwerte von Monitoring und Eigenüberwachung der Betriebskläranlage	173
Anlage	179

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Werte aus dem aktuell gültigen Bescheid des Landratsamtes Erlangen-Höchstadt und von der Martin Bauer GmbH & Co. KG angestrebte Werte für den künftigen Bescheid (fett = geplante Änderungen).....	14
Tab. 2: Physikalisch-chemische und chemische Untersuchungsparameter für das monatliche Monitoringprogramm	30
Tab. 3: Beprobungsschema.....	31
Tab. 4: Fällmittelzugabe während der verschiedenen Versuchsdurchläufe zur Fällmittelreduktion	33
Tab. 5: Referenzzönose der Fischfauna in der Kleinen Weisach (Quelle: Fachberatung für Fischerei Bezirk Mittelfranken).....	39
Tab. 6: Zustandsklasse nach WRRL	39
Tab. 7: Verwendete physikalische Einheiten	44
Tab. 8: Orientierungswerte nach OGewV (2016) für den Fließgewässertyp 6_K mit zugeordneter Fischgemeinschaft „cyprinidengeprägtes Rhitral“ bzw. nach Umweltqualitätsnorm (UQN)	49
Tab. 9: Auszug der Güteklassifikation nach LAWA (1998).....	50
Tab. 10: Chloridwert für einen günstigen Zustand nach Halle & Müller (2014) für Fließgewässertyp 6_K	50

Tab. 11: Leitfähigkeits-Kennwerte für den Fließgewässertyp 6_K nach Pottgießer & Sommerhäuser (2008)	50
Tab. 12: Empfehlungswerte für Bachmuschelgewässer (Bachmuscheln und deren Wirtsfische) nach dem Leitfaden zum Bachmuschelschutz des LfU (2013)	50
Tab. 13: Wochenmittelwerte (zu den Beprobungsterminen) der Abflusswerte der Aisch an der Pegelmessstelle „Laufermühle“ unterhalb der Mündung der Kleinen Weisach und Stammdaten der Pegelmessstelle	51
Tab. 14: Übersicht über die Messergebnisse der physikalisch-chemischen Parameter im Normalbetrieb und bei Fällmittelreduktion.....	90
Tab. 15: Übersicht über die Messergebnisse der chemischen Parameter im Normalbetrieb und bei Fällmittelreduktion	92
Tab. 16: Überwachungswerte ausgewählter Parameter der ARA zwischen Januar 2021 und April 2022 (Datenquelle: Martin Bauer GmbH & Co. KG).....	99
Tab. 17: Ergebnisse der wasserchemischen Analysen (Labor Agrolab) bei den verschiedenen Versuchsdurchläufen zur Fällmittelreduktion.....	108
Tab. 18: Ergebnisse des Zahn-Wellens-Testverfahrens (Labor eurofins) zur biologischen Abbaubarkeit (CSB- bzw. DOC-Elimination) bei den verschiedenen Versuchsdurchläufen zur Fällmittelreduktion	109
Tab. 19: Ergebnisse zur Untersuchung des Huminstoffgehalts (Labor CLG) in normalem und fällmittelreduziertem Abwasser der Betriebskläranlage in den verschiedenen Versuchsdurchläufen zur Fällmittelreduktion sowie im Bachwasser der Kleinen Weisach oberhalb der Sechselbachmündung (M1)	110
Tab. 20: Ergebnisse der ökotoxikologischen Testreihen (Labor IDUS) zur Untersuchung des fällmittelreduzierten Abwassers der ARA in den verschiedenen Versuchsdurchläufen zur Fällmittelreduktion	110
Tab. 21: Berechnete Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung - Variante 1a: Mittelwerte aus dem gewässerökologischen Monitoring.....	120
Tab. 22: Berechnete Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung - Variante 1b: Medianwerte aus dem gewässerökologischen Monitoring.....	121
Tab. 23: Berechnete Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung - Variante 2: Schätzungen mit WRRL-Werten für die Kleine Weisach aus dem 3. Monitoringzeitraum (Datenstand 2017), geschätztem Abfluss bei Lonnerstadt und Verwendung von Mittelwerten der Betriebskläranlage aus dem gewässerökologischen Monitoring	122
Tab. 24: Berechnete Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung - Variante 3: Schätzungen mit aktuellen WRRL-Werten für die Kleine Weisach (Datenstand 2020), geschätztem Abfluss bei Lonnerstadt und Verwendung von Mittelwerten der Betriebskläranlage aus dem gewässerökologischen Monitoring.....	124
Tab. 25: Berechnete Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung - Variante 4: Mittelwerte für die Kleine Weisach aus dem gewässerökologischen Monitoring und Mittelwerte der ARA aus der Eigenüberwachung der Martin Bauer GmbH & Co. KG 125	
Tab. 26: Berechnete Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung - Variante 5a: Mittelwerte für die Kleine Weisach aus dem gewässerökologischen Monitoring und angestrebte Bescheidwerte für die ARA.....	126
Tab. 27: Berechnete Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung - Variante 5b: Medianwerte für die Kleine Weisach aus dem gewässerökologischen Monitoring und angestrebte Bescheidwerte für die ARA.....	128
Tab. 28: Berechnete Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung bei Ausschöpfung der aktuellen Bescheidwerte für die ARA – Variante 6: Mittelwerte für die Kleine Weisach aus dem gewässerökologischen Monitoring und aktuelle Bescheidwerte für die ARA	129

Tab. 29: Berechnete Mischwassertemperatur und Temperaturerhöhung durch die Einleitung in der Kleinen Weisach unterhalb der Einleitung bei MNQ und verschiedenen Abschlagsmengen.....	130
Tab. 30: Ergebnisse der Elektrofischung im August 2021 auf 6 Teilabschnitten der Kleinen Weisach.....	132
Tab. 31: FiBs-Bewertung der untersuchten Befischungsstrecken an der Kleinen Weisach.....	133
Tab. 32: Probestrecken mit UTM Koordinaten, Substratzusammensetzung, Strömungseigenschaften, Beschattungszustand und Beschaffenheit der Proben am 29.04.2021.....	134
Tab. 33: Bewertungsergebnisse des MZB in der Kleinen Weisach an PS 1 und PS 2 nach WRRL mit Score-Points	140
Tab. 34: Bewertungsergebnisse von Makrophyten, Phytobenthos und benthischen Diatomeen in der Kleinen Weisach	142
Tab. 35: Gesamttaxaliste des Makrozoobenthos für PS 1 und PS 2 am 29.04.2021.....	168
Tab. 36: Artzusammensetzung der benthischen Diatomeen in der Kleinen Weisach an PS 1.	169
Tab. 37: Artzusammensetzung der benthischen Diatomeen in der Kleinen Weisach an PS 2.	170
Tab. 38: Artzusammensetzung des Phytobenthos ohne benthische Diatomeen in der Kleinen Weisach an PS 1.	172
Tab. 39: Artzusammensetzung des Phytobenthos ohne benthische Diatomeen in der Kleinen Weisach an PS 2.	172
Tab. 40: Vergleich der im Monitoring erhobenen Messwerte für den biochemischen Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅) im Abwasser der Betriebskläranlage mit den zugehörigen Tageswerten aus der Eigenüberwachung der Anlage	173
Tab. 41: Vergleich der im Monitoring erhobenen Messwerte für den Gehalt an Chlorid (Cl) im Abwasser der Betriebskläranlage mit den zugehörigen errechneten Tageswerten aus der Eigenüberwachung der Anlage	174
Tab. 42: Vergleich der im Monitoring erhobenen Messwerte für den Gehalt an Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N) im Abwasser der Betriebskläranlage mit den zugehörigen Tageswerten aus der Eigenüberwachung der Anlage	174
Tab. 43: Vergleich der im Monitoring erhobenen Messwerte für den Gehalt an Nitrat-Stickstoff (NO ₃ -N) im Abwasser der Betriebskläranlage mit den zugehörigen Tageswerten aus der Eigenüberwachung der Anlage	175
Tab. 44: Vergleich der im Monitoring erhobenen Messwerte für den Gehalt an Nitrit-Stickstoff (NO ₂ -N) im Abwasser der Betriebskläranlage mit den zugehörigen Tageswerten aus der Eigenüberwachung der Anlage	176
Tab. 45: Vergleich der im Monitoring erhobenen Messwerte für den Gehalt an Gesamtphosphor (TP) im Abwasser der Betriebskläranlage mit den zugehörigen Tageswerten aus der Eigenüberwachung der Anlage	177
Tab. 46: Vergleich der im Monitoring erhobenen Messwerte für den chemischen Sauerstoffbedarf (CSB unfiltriert) im Abwasser der Betriebskläranlage mit den zugehörigen Tageswerten aus der Eigenüberwachung der Anlage	177

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Steckbriefkarte des FWK 2_F074 „Kleine Weisach“ mit Lage der Abwasserreinigungsanlage der Martin Bauer GmbH & Co. KG bei Vestenbergsgreuth sowie den offiziellen operativen WRRL-Messstellen bei Frimmersdorf und Lonnerstadt.....	19
Abb. 2: Lage der Probestellen für das Monitoringprogramm zwischen Dutendorf und Hermersdorf.....	23
Abb. 3: Probestelle ARA am Sechselbach und im Anlagenhaus.....	24
Abb. 4: Probestelle M1 an der Kleinen Weisach.....	25
Abb. 5: Probestelle M2 an der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung.....	27

Abb. 6: Probestelle M3 an der Kleinen Weisach bei Hermersdorf.....	27
Abb. 7: Probestelle oh Rohr an der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung und erst später im Monitoring bekannt gewordenes Abwasserrohr vom Gelände der kommunalen Kläranlage.	28
Abb. 8: Schöpfprobe aus der Kleinen Weisach und vorbereitete Multisonde zur Erfassung physikalisch-chemischer Parameter.....	29
Abb. 9: Temperaturlogger, eingesetzt in aufgeschraubte Metallkapsel, und Verankerung der eingekapselten Logger an einer am Ufer festgeketteten Schwimmboje im Strom der Kleinen Weisach.....	32
Abb. 10: Probenahme qualifizierter Stichproben bei den Versuchen zur Fällmittelreduktion.	35
Abb. 11: Probestrecken für die Entnahme von Makrozoobenthos.....	40
Abb. 12: Großmuschelkartierung in der Kleinen Weisach.	42
Abb. 13: Ausgewertete Daten der installierten Temperaturlogger an den Probestellen ARA, M1, M2 und M3.....	53
Abb. 14: Überlagerung der ausgewerteten Loggerdaten von M1, Kleine Weisach oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung, und M2, Kleine Weisach unterhalb der Einleitung.....	54
Abb. 15: Tagesgang der Temperaturen an den Probestellen M1, Kleine Weisach oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung, M2, Kleine Weisach unterhalb der Einleitung, und M3 unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage, an den Tagen zwischen dem 18. und dem 20. Juni 2021.	54
Abb. 16: Tagesgang der Temperaturen an der ARA an den Tagen zwischen dem 18. und dem 20. Juni 2021.....	55
Abb. 17: Errechnete Temperaturdifferenzen zwischen M2 und M1 (ΔT in $^{\circ}C$) im Winter- und im Sommerhalbjahr.	56
Abb. 18: Entwicklung der Wassertemperatur (T , in $^{\circ}C$) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie für das Sommer- (B) und Winterhalbjahr (C).....	57
Abb. 19: Entwicklung des pH-Wertes (pH, ohne Einheit) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA.....	58
Abb. 20: Entwicklung des Sauerstoffgehaltes (O_2 , in $mg L^{-1}$) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA.....	60
Abb. 21: Entwicklung der Sauerstoffsättigung (O_2 -Sättigung, in %) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA.....	62
Abb. 22: Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeit (LF, in $\mu S cm^{-1}$) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA.....	63
Abb. 23: Entwicklung des Gehalts an Nitrit-Stickstoff (NO_2-N , in $mg L^{-1}$) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA.....	65
Abb. 24: Entwicklung des Gehalts an Nitrat-Stickstoff (NO_3-N , in $mg L^{-1}$) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA.....	67
Abb. 25: Entwicklung des Gehalts an Ammonium-Stickstoff (NH_4-N , in $mg L^{-1}$) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA.....	69

Abb. 26: Entwicklung des errechneten Gehalts an Ammoniak-Stickstoff ($\text{NH}_3\text{-N}$, in $\mu\text{g L}^{-1}$) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA.....	71
Abb. 27: Entwicklung des Gehalts an Orthophosphat-Phosphor ($\text{o-PO}_4\text{-P}$, in mg L^{-1}) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA.....	73
Abb. 28: Entwicklung des Gehalts an Gesamtphosphor (TP, mg L^{-1}) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittel-reduzierten Zustand der ARA.	75
Abb. 29: Entwicklung des Gehalts an gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC, mg L^{-1}) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA.....	77
Abb. 30: Entwicklung des Gehalts an gesamtem organischen Kohlenstoff (TOC, in mg L^{-1}) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittel-reduzierten Zustand der ARA.....	78
Abb. 31: Entwicklung des Gehalts an biochemischem Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB_5 , in mg L^{-1}) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA.....	80
Abb. 32: Entwicklung des Gehalts an chemischem Sauerstoffbedarf für $0,7 \mu\text{m}$ -filtrierte Proben (CSB_{rit} , in mg L^{-1}) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA.....	82
Abb. 33: Entwicklung des Gehalts an chemischem Sauerstoffbedarf für unfiltrierte Proben (CSB, in mg L^{-1}) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA.....	83
Abb. 34: Entwicklung des Chloridgehalts (Cl, in mg L^{-1}) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA.....	85
Abb. 35: Entwicklung des Aluminiumgehalts (Al, in mg L^{-1}) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA.....	87
Abb. 36: Entwicklung des Gehalts an adsorbierbaren organisch gebundenen Halogenverbindungen (AOX, in mg L^{-1}) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA.....	89
Abb. 37: Auffällig schwach gefärbtes Abwasser der ARA in Mai und November 2021 sowie typisch gefärbtes Abwasser im April 2021.....	96
Abb. 38: Abwasser der Betriebskläranlage im fällmittelreduzierten Zustand und im anschließenden Normalbetrieb einige Tage nach dem Versuchsdurchlauf.....	104
Abb. 39: Verfärbungen an der Sechselbachmündung und der Probestelle M2 während der Fällmittelreduktion.	112
Abb. 40: Relative Häufigkeiten der taxonomischen Gruppen an PS 1 (oberhalb) und PS 2 (unterhalb der Einleitung) im April 2021.....	136
Abb. 41: Relative Häufigkeiten der Zonierungs- (links) und Strömungspräferenzen (rechts) an PS 1 (oberhalb) und PS 2 (unterhalb der Einleitung) im April 2021	137
Abb. 42: Relative Häufigkeiten der Mikrohabitatpräferenzen (links) und Ernährungstypen (rechts) an PS 1 (oberhalb) und PS 2 (unterhalb der Einleitung) im April 2021	138

Zusammenfassung

Die Martin Bauer GmbH & Co. KG, die am Standort Vestenbergsgreuth pflanzliche Produkte für die Tee-, Getränke- und Lebensmittelindustrie produziert, besitzt eine betriebseigene Abwasserreinigungsanlage (ARA). Die anfallenden Abwässer werden vor Ort in den Sechselbach (Vorfluter) abgeschlagen, der in die Kleine Weisach mündet. Die Einleitstelle der Betriebskläranlage soll künftig direkt an die Kleine Weisach verlegt werden (geplanter Zufluss über eine Rohrleitung). Ferner wird die Anhebung des Bescheidwertes für den maximal zulässigen Abwasserwert des chemischen Sauerstoffbedarfs (CSB), der Wegfall der Überwachung der abfiltrierbaren Stoffe und eine Anhebung der täglichen Maximalmenge an Abwasser angestrebt. Hintergrund sind eine geplante Reduktion des Fällmitteleinsatzes zur Phosphat-Fällung und Ausflockung der CSB-wirksamen Substanzen aus dem Abwasser sowie eine Intensivierung des Betriebs.

Die Umweltverträglichkeitsvorprüfung durch das Landratsamt Erlangen-Höchstadt ergab, dass für das Vorhaben eine Umweltverträglichkeitsprüfung notwendig ist. Als Grundlage dafür sollte eine Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) erarbeitet werden, die die Auswirkungen des Vorhabens auf die verschiedenen Schutzgüter abschätzt. Hierfür sowie für das vorliegende gewässerökologische Gutachten, das der UVS als Grundlage dient, wurde die ÖKON Gesellschaft für Landschaftsökologie, Gewässerbiologie und Umweltplanung mbH (ÖKON GmbH), Maxhütte-Haidhof, beauftragt.

In Abstimmung mit den zuständigen Behörden entwickelte die ÖKON GmbH ein Untersuchungskonzept, das insbesondere die möglichen Auswirkungen der geplanten Fällmittelreduktion und dadurch steigende CSB-Werte sowie die Effekte erhöhter Abwasserabgaben aufzeigen sollte. Das Untersuchungsprogramm wurde für einen Zeitraum von 1 Jahr konzipiert, mit monatlicher Datenerhebung zur Wasserchemie und Wasserbeschaffenheit des Abwassers der ARA sowie des Wassers der Kleinen Weisach ober- und unterhalb der Einleitstelle der ARA (d. h. der Sechselbachmündung) und unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage von Vestenbergsgreuth. Gesonderte Probenahmen und Messungen der CSB-wirksamen Fraktionen, d. h. die Abbaubarkeit des gelösten organischen Kohlenstoffs, die Menge an Huminstoffen sowie die ökotoxikologische Wirkung des Abwassers der ARA im Normalbetrieb und im versuchsweise fällmittelreduzierten Betrieb erfolgten in vier Durchläufen. Neben der Wasserchemie der Kleinen Weisach wurden außerdem in Anlehnung an die Gewässerbewertung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) die verschiedenen biologischen Qualitätskomponenten (QK) untersucht: der Fischbestand, die im Wasser lebende Wirbellosenfauna (Makrozoobenthos) und das Vorkommen höherer Wasserpflanzen (Makrophyten) und Aufwuchsalgen (Phytobenthos), jeweils ober- und unterhalb der Einleitung der ARA (d.h. der Sechselbachmündung). Zudem wurden zur Einschätzung des Bachmuschelvorkommens im Bereich der Einleitung Detailkartierungen sowie auf einem umfangreicheren Streckenabschnitt der Kleinen Weisach Übersichtskartierungen durchgeführt.

Die Ergebnisse der Gewässeruntersuchung bestätigten im Wesentlichen die aktuelle offizielle Einstufung der Wasserchemie („nicht gut“) aufgrund von Überschreitungen der Orientierungswerte nach Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016), die die WRRL in deutsches Recht umsetzt. Auffällig war bei den Untersuchungen der vergleichsweise geringe durchschnittliche Chloridgehalt in der Kleinen Weisach oberhalb der Einleitung. Dieser lag in den Messungen 2019 durch das Ingenieurbüro Dr. Resch & Partner, Weißenburg, deutlich höher, was jedoch der im gewässerökologischen

Monitoring verwendeten Probenahmetechnik geschuldet sein könnte. Die kontinuierlichen Temperatureaufzeichnungen per Datenlogger zeigten nur vereinzelt grenzwertige Bachtemperaturen an und wiesen die Temperaturerhöhung, die durch das warme Abwasser der ARA erfolgt, im Schnitt als konform mit den Grenzwerten der OGewV (2016) aus.

Auch die Ergebnisse der biologischen QK entsprachen mehr oder weniger der aktuellen Bewertung nach WRRL und ließen keinen deutlichen Unterschied zwischen oberhalb der Einleitung der ARA und unterhalb (im normalen Betriebszustand) erkennen. Bezüglich der Bachmuschel zeigte sich eine geringe Besiedlung der Kleinen Weisach, deren Schwerpunkt zwischen Frimmersdorf und der Aischmündung bei Lonnerstadt anzusetzen sein dürfte. Exemplare, die 2020 im Bereich der Sechselbachmündung in der Kleinen Weisach erfasst wurden, konnten 2021 nicht erneut dort nachgewiesen werden. Aufgefundene Jungtiere deuten auf eine Reproduktion der Art hin.

Aus den Untersuchungen zur Auswirkung der geplanten Fällmittelreduktion auf 49 % der Normalzugabe ließ sich ableiten, dass im Abwasser der ARA möglicherweise kritische Konzentrationsänderungen für Phosphor und auch für Ammonium- und Ammoniak-Stickstoff zu erwarten sind sowie auch Konzentrationsänderungen für CSB-wirksame Substanzen, insbesondere für gelöste organische Kohlenstoffverbindungen (DOC). Offenbar kann sich auch eine Zunahme an Aluminium und adsorbierbaren organischen Halogenverbindungen (AOX) im Abwasser ergeben. Die Zunahme der Kohlenstoffverbindungen kann im Hinblick auf den Orientierungswert nach OGewV (2016) als unkritisch eingestuft werden. Der DOC im Abwasser der ARA bestand in den Versuchen zu über 70 % aus Huminstoffen und sorgte für eine deutlich verstärkte Braunfärbung des Abwassers, die sich auch im Sechselbach sowie andeutungsweise in der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung noch erkennen ließ. Da sich nur maximal rund 31 % und im Mittel nur im Mittel nur 15 % des DOC innerhalb von 28 Tagen unter idealen Laborbedingungen durch Bakterien abbauen ließen, kann der Großteil des DOC im Abwasser als chemisch relativ unveränderlich (inert) angesehen werden. Ein durch künftige Fällmittelreduktion auf 49 % der Normalzugabe erhöhter CSB-Wert der Anlage (gemäß Versuchen durchschnittlich 114 mg L^{-1} im Abwasser) führt daher voraussichtlich nur zu relativ geringem zusätzlichem Sauerstoffverbrauch bachabwärts der Einleitstelle, da der Großteil der CSB-wirksamen Substanzen natürlicherweise nicht abgebaut und der abbaubare Anteil nur langsam umgesetzt wird. Die stützen auch die Laborergebnisse des zeitgleich gemessenen biochemischen Sauerstoffbedarf innerhalb von 5 Tagen (BSB_5), der in den Fällmittelreduktionsversuchen stets weniger als 3 mg L^{-1} für das Anlagenabwasser betrug. Die Versuche ergaben weiter, dass weder im Normalzustand noch im auf 49 %-fällmittelreduzierten Betriebszustand das Abwasser der ARA einen gravierenden ökotoxikologischen Effekt auf Testorganismen (Fischeier, Wasserflöhe, Grünalgen und Leuchtbakterien) entfaltete. Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, dass diese Ergebnisse nicht direkt auf beliebige andere Gewässerlebewesen übertragen werden können. Chronische und/oder subletale Schädigungen lassen sich durch derlei Nachweisverfahren ohnehin nicht ausschließen. Die Ergebnisse der Toxizitätstests sind daher mehr als Hinweis zu verstehen.

Mit den gewonnenen Ergebnissen und frei verfügbaren Daten zur Gewässerchemie sowie den Werten aus der Eigenüberwachung der ARA wurden Mischungsberechnungen angestellt, deren Plausibilität sich anhand tatsächlicher Messdaten unterhalb der Einleitstelle überprüfen und bestätigen ließen. Die Berechnungen sollten insbesondere als Prognose für die geplante Abschlagserhöhung

- mit oder ohne Fällmittelreduktion - sowie als Ausblick auf mögliche Konzentrationsveränderungen an der offiziellen Messstelle der Kleinen Weisach bei Lonnerstadt dienen.

Die Berechnungen zeigten, dass eine Erhöhung der Abschlagsmenge vor Ort (bzw. lokal) neben der bereits bestehenden Überdüngung der Kleinen Weisach durch Phosphor und des für Bachmuscheln ungünstigen Nitratgehaltes möglicherweise einen für Bachmuscheln grenzwertigen Chloridgehalt sowie eine Überhöhung des Ammoniak-Stickstoffgehaltes und einen grenzwertigen BSB₅ gem. OGewV (2016) ergeben kann, schließt man gemessene Extremwerte in die Berechnungen mit ein (Mittelwertprognose). Streicht man Extremwerte aus den Berechnungen und basiert die Prognose auf Medianwerten, so bleiben die genannten Parameter im Gewässer unkritisch.

Bei einer Reduktion der Fällmittelzugabe auf 49 % der Normalzugabe ist hingegen erwartungsgemäß von einer gewissen Senkung des Chloridgehaltes - und theoretisch auch des Aluminiumgehaltes - im Bach auszugehen. In der Praxis zeigte sich allerdings eine Zunahme der Aluminiumkonzentration, die sich u. U. durch die in diesem Betriebszustand mangelnde Ausfällung von Huminstoffen und daran gebundenem Aluminium erklären lässt. Die Senkung des Chloridgehaltes geschieht jedoch v. a. auf Kosten erhöhter Phosphorkonzentrationen im Abwasser, deren Werte in der Kleinen Weisach bereits über den Orientierungswerten liegen. Wird das Fällmittel auf 49 % der Normalzugabe reduziert, so sollte der Prognose nach auch bei Abschlagserhöhung der Orientierungswert für Ammoniak-Stickstoff (gerade) noch eingehalten werden. Betrachtet man die Berechnungen für die offizielle Messstelle bei Lonnerstadt, für die sich nur Schätzungen aufgrund fehlender Abflusswerte tätigen lassen, bleiben voraussichtlich die aktuellen Verfehlungen der Orientierungswerte auch künftig erhalten und werden z. T. noch erhöht.

Darüber hinaus angestellte Mischungsberechnungen mit den aktuellen und den angestrebten Bescheidwerten, die eine „worst case“-Betrachtung erlauben, zeigten, dass sowohl eine Ausschöpfung der derzeit festgelegten als auch der angestrebten Grenzwerte für Ammonium-Stickstoff und Gesamtphosphor (v. a. in Form von Orthophosphat-Phosphor) vermieden werden sollte, da bei einer Ausreizung sehr hohe Konzentrationen in der Kleinen Weisach vor Ort erreicht werden könnten, die weit über den Orientierungswerten liegen würden.

Für Gewässerorganismen sind von den untersuchten Parametern die Ammonium-Stickstoffwerte als besonders kritisch zu sehen, da je nach Temperatur und pH-Verhältnissen aus Ammonium toxischer Ammoniak entstehen kann. Die im Monitoring gemessenen Ammonium-Stickstoffkonzentrationen lassen jedoch momentan keine negativen Auswirkungen auf Bachmuscheln oder deren Wirtsfische erwarten. Festzuhalten ist aber, dass im Betrieb der ARA offenbar gelegentlich Spitzenwerte auftreten können, bei denen über mehrere Tage hinweg hohe Ammoniumkonzentrationen in die Vorflut abgegeben werden, die zumindest für Wirtsfische der Bachmuschel ein Problem darstellen können.

Neben Ammonium ist v. a. auch Phosphor in Süßwasserökosystemen als kritischer Faktor einzustufen, da Phosphor i. d. R. das wachstumslimitierende Element darstellt und so die Produktivität des Systems steuert. Die Orientierungswerte für Gesamtphosphor und Orthophosphat-Phosphor, die aktuell im Bach überschritten werden, sollten daher dringend eingehalten werden - insbesondere, da die Gesamtbewertung des ökologischen Zustands aktuell im 3. Bewirtschaftungszeitraum „unbefriedigend“ ausfällt.

Wie die Fällmittelreduktionsversuche (auf 49 % der Normalzugabe) zeigten, nimmt mit zurückgehendem Fällmitteleinsatz die Braunfärbung des Abwassers, die v. a. durch die darin gelösten Huminstoffe entsteht, zu. Für optisch orientierte Gewässerbewohner kann ein verändertes Lichtklima u. U. Beeinträchtigungen des Lebensraums mit sich bringen. Eine intensivere Auseinandersetzung mit den vielfältigen Wirkungen von DOC bzw. Huminstoffen ist jedoch im vorliegenden Bericht und anhand der Datenlage im gegebenen Rahmen nicht möglich. Es darf lediglich davon ausgegangen werden, dass der steigende DOC-Gehalt im Falle einer künftigen Fällmittelreduktion voraussichtlich keinen akuten Sauerstoffmangel aufgrund von Abbauprozessen nach sich ziehen würde, da ein Großteil des DOC als chemisch inert zu betrachten ist.

Zum Thema Chlorid gibt es derzeit keine experimentellen Erkenntnisse, die auf konkrete Richtwerte für Bachmuscheln im Speziellen schließen lassen. Inwieweit also Chlorid einen tatsächlich hemmenden Faktor darstellen könnte, kann hier nicht klar beurteilt werden. Ebenso muss eine Bewertung für mögliche toxische Wirkungen von Aluminium und AOX unter der gegebenen Literatur- und Datenlage entfallen.

Im Hinblick auf die Wirkung von Stoffen aus dem Abwasser der ARA sei abschließend darauf hingewiesen, dass das Monitoring nur ein gewisses Spektrum an Substanzen untersuchen konnte. Auswirkungen nicht untersuchter Substanzen können dementsprechend nicht beurteilt werden.

Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen aus allen ausgewerteten Daten erscheint insgesamt eine reine Abschlagserhöhung bei gleichzeitiger Beibehaltung des vollen Fällmitteleinsatzes am ehesten vertretbar, da die Hintergrundwerte für Chlorid bei Fällmittelreduktion auf 49 % der Normalzugabe nur eine relativ geringfügige Änderung erfahren würden. Der Ammoniak-Gehalt könnte dabei allerdings den Orientierungswert bereits unterhalb der Einleitung überschreiten, sofern man Extremwerte in der Messreihe bei der Prognose berücksichtigt. Als problematischer erscheint dagegen die Reduktion des Fällmittels auf 49 % der Normalzugabe, da das Abwasser bei reduziertem Einsatz nachweislich um ein Vielfaches höhere Konzentrationen an Orthophosphat-Phosphor und Gesamtphosphor enthalten würde und dies u. U. weitreichende Konsequenzen sowie nicht zuletzt einen Widerspruch zum Verbesserungsgebot nach WRRL nach sich ziehen würde.

Anzumerken ist, dass bei den Fällmittelreduktionsversuchen 2021/2022 technisch bedingt eine Senkung des Fällmitteleinsatzes auf 49 % der Normalzugabe, also eine Reduktion um 51 %, erreicht wurde, was in den Versuchen in einem durchschnittlichen CSB-Wert von 114 mg L^{-1} im Abwasser resultierte. Die durchgeführten Prognoseberechnungen aller dargestellten Parameter basieren auf diesen Werten (49 % Fällmittelzugabe, durchschnittlich 114 mg L^{-1} CSB). Aussagen zu den Auswirkungen bei einer Anhebung des CSB-Wertes auf die angestrebten 200 mg L^{-1} können somit anhand der vorliegenden Untersuchungen nicht getroffen werden. Analog gelten die im Gutachten getroffenen Aussagen zur Erhöhung der Abschlagsmenge nur für einen maximalen Tageswert von $420 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ bzw. einer Jahresmenge von $153.000 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ unter Einhaltung des genannten Tagesmaximums.

Kumulative Wirkungen weiterer Vorhaben und Maßnahmen am Gewässer sind bei der Beurteilung des Vorhabens in jedem Fall unbedingt zu berücksichtigen. Hierzu zählt z. B. die aktuelle Sanierung der kommunalen Kläranlage von Vestenbergsgreuth, insbesondere für den wahrscheinlichen Fall, dass hier ein Modul zur Phosphatfällung mit entsprechendem Einsatz von Fällungssalzen betrieben werden dürfte.

Der Aspekt der gewünschten Verlegung der Einleitstelle wird unkritisch gesehen - eine Verlegung direkt an die Kleine Weisach dürfte keine erkennbaren Nachteile mit sich bringen, sofern die Ufergehölze erhalten bleiben und potenziell möglichen Ausspülungen und Ufererosionserscheinungen hierdurch vorgebeugt wird. Ob die im Falle der Verlegung wegfallende Fließstrecke des Abwassers im Sechselbach eine Rolle spielt, da u. U. eine gewisse Selbstreinigung und Abkühlung des Abwassers auf dieser Etappe entfällt, kann jedoch nicht beurteilt werden. Da ein Vorkommen von Bachmuscheln im Eingriffsbereich trotz Kartierung nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann, sollte bei der Umsetzung dieses Vorhabens auf entsprechende Maßnahmen geachtet werden, um mögliche Muschelvorkommen zu schützen.

Aus gutachterlicher Sicht ist bei Abänderung der Bescheidwerte ein Gewässermonitoring empfehlenswert, das die Wasserchemie sowie u. U. auch die Entwicklung biologischer Komponenten bei laufendem Betrieb über einen längeren Zeitraum begleitet.

1 Allgemeine Angaben zum Vorhaben

Projekt

Verlegung der Einleitstelle der Betriebskläranlage der Fa. Martin Bauer GmbH & Co. KG, Änderung der Bescheidwerte hinsichtlich Abflussvolumen (angestrebte Anhebung), CSB (angestrebte Anhebung) und abfiltrierbare Stoffe (Wegfall der Überwachung)

Projekträger

Martin Bauer GmbH & Co. KG, Vestenbergsgreuth

Ansprechpartner: Hr. Jürgen Anger, juergen.anger@martin-bauer-group.com

Projekttyp

Gewässerökologisches Gutachten

Bundesland

Bayern

Regierungsbezirk

Mittelfranken

Landratsamt

Landratsamt Erlangen-Höchstadt

Allg. Ansprechpartner

Hr. Hans Leuchs, hans.leuchs@erlangen-hoechstadt.de

Fr. Angela Bauer, angela.bauer@erlangen-hoechstadt.de

Untere Naturschutzbehörde

Ansprechpartner: Hr. Johannes Marabini, johannes.marabini@erlangen-hoechstadt.de

Hr. Jonas Wagner, jonas.wagner@erlangen-hoechstadt.de

Wasserwirtschaftsamt

Wasserwirtschaftsamt Nürnberg

Ansprechpartner: Hr. Björn Haller, poststelle@wwa-n.bayern.de

Schutzgebiete

Naturpark „Steigerwald“

Landschaftsschutzgebiet „LSG innerhalb des Naturparks Steigerwald (ehemals Schutzzone)“ entlang der Kleinen Weisach bei Weikersdorf (bachabwärts des Vorhabens)

Vogelschutzgebiet (SPA-Gebiet) „Aischgrund“ (Nr. 6331-471) (funktionaler Zusammenhang mit Kleiner Weisach)

Naturraum

Steigerwald (Meynen/Schmithüsen et. al. 1953-1962)

Steigerwald-Hochfläche (ABSP-Untereinheit)

2 Anlass der Untersuchung

Die Martin Bauer GmbH & Co. KG, die am Standort Vestenbergsgreuth pflanzliche Produkte für die Tee-, Getränke- und Lebensmittelindustrie produziert, besitzt eine betriebseigene Abwasserreinigungsanlage (ARA; zur ausschließlichen Reinigung der betrieblichen Abwässer). Die anfallenden Abwässer werden vor Ort in den Sechselbach (Vorfluter) abgeschlagen. Die Einleitstelle (EL) der Betriebskläranlage soll künftig vom Sechselbach direkt an die Kleine Weisach an eine Stelle knapp unterhalb der Sechselbachmündung verlegt werden. In diesem Zusammenhang sollen auch Bescheidwerte ausgewählter Parameter geändert (u. a. Anhebung des Bescheidwertes für den chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) sowie Streichung der abfiltrierbaren Stoffe, AbfSt) und die künftig maximal täglich erlaubte Abwassermenge deutlich erhöht werden (Tab. 1).

Hintergrund der angestrebten Änderungen ist zum einen eine geplante Reduktion des Fällmitteleinsatzes (Aquarel HN1143, Wirkstoff: Polyaluminiumchlorid) zur Phosphat-Fällung und Ausflockung der CSB-wirksamen Substanzen aus dem Abwasser. Zum anderen soll der Betrieb intensiviert werden, was eine höhere Abwassermenge bedeuten würde.

Tab. 1: Werte aus dem aktuell gültigen Bescheid des Landratsamtes Erlangen-Höchstadt und von der Martin Bauer GmbH & Co. KG angestrebte Werte für den künftigen Bescheid (**fett** = geplante Änderungen)

Parameter	Aktuell gültiger Bescheidwert	Angestrebter Bescheidwert
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	75 mg L ⁻¹	200 mg L⁻¹
Biologischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	15 mg L ⁻¹	15 mg L ⁻¹
Gesamtstickstoff (TN)	18 mg L ⁻¹	18 mg L ⁻¹
Ammoniumstickstoff (NH ₄ -N)	5 mg L ⁻¹	5 mg L ⁻¹
Gesamtphosphor (TP)	2 mg L ⁻¹	2 mg L ⁻¹
Abfiltrierbare Stoffe (AbfSt)	15 mg L ⁻¹	<i>Streichung des Wertes</i>
Maximale Abschlagsmenge an Kläranlagenabwasser pro Tag (Q _{ARA, d max})	350 m ³ d ⁻¹	420 m³ d⁻¹
pH-Wert	6,5 – 9,0	6,5 – 9,0

Die ÖKON Gesellschaft für Landschaftsökologie, Gewässerbiologie und Umweltplanung mbH (kurz: ÖKON GmbH), Maxhütte-Haidhof, hat dafür bereits Anfang 2020 für die Martin Bauer GmbH & Co. KG das Gutachten zur Vorprüfung des Einzelfalls gemäß UVPG (Umweltverträglichkeitsvorprüfung - UVVP) erstellt. Die anschließende Vorprüfung durch das Landratsamt (LRA) Erlangen-Höchstadt (ERH) ergab, dass für das Vorhaben eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) notwendig ist. Als Grundlage dafür ist eine Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) zu erarbeiten, die die Auswirkungen des Vorhabens auf die verschiedenen Schutzgüter abschätzt.

Zur näheren Eingrenzung des Untersuchungsumfangs wurde seitens der zuständigen Behörden (LRA ERH, Wasserwirtschaftsamt Nürnberg (WWA N), Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)) bei einem Treffen am 26.06.2020 mit dem Vorhabensträger und dem zuständigen Planungsbüro (Ingenieurbüro Dr. Resch & Partner, Weißenburg) verschiedene Forderungen zum Untersuchungsbedarf genannt (vgl. zugehöriges Protokoll). In weiteren Stellungnahmen wurden diese Forderungen präzisiert bzw. durch Aussagen weiterer Fachbehörden (Gesundheitsamt ERH,

Fischereifachberatung Mittelfranken, Gewerbeaufsicht Mittelfranken) ergänzt. Die einzelnen Stellungnahmen liegen dem LRA ERH vor und wurden der ÖKON GmbH am 26.10.2020 vom LRA ERH (Fr. Bauer) zur Verfügung gestellt. Basierend auf diesen Stellungnahmen sowie Gesprächen mit dem WWA N (Hr. Haller) und dem LfU (Fr. Büttner) wurde ein Konzept zur gewässerökologischen Untersuchung erarbeitet, welches die möglichen Auswirkungen eines reduzierten Fällmitteleinsatzes mit folglich angehobenen CSB-Werten sowie erhöhter Abwasserabgaben der ARA in die Kleine Weisach eingehend beleuchten soll. Auch die Temperaturerhöhung der Kleinen Weisach durch das aktuell abgegebene Abwasser sollte dabei untersucht und eine Prognose für mögliche weitere Temperaturveränderungen bei höheren Abschlagsmengen getroffen werden. Dabei stehen die Auswirkungen auf die Biozönose und die Zielerreichung des „guten ökologischen Zustands“ des Gewässers im Vordergrund. Die Ergebnisse des Monitorings werden im vorliegenden gewässerökologischen Gutachten zusammengestellt und bewertet.

3 Konzept zur gewässerökologischen Untersuchung

Gesamtplanung

Das Untersuchungsprogramm wurde für einen Zeitraum von 12 Monaten konzipiert. Für die Fragestellung zur möglichen Temperaturveränderung der Kleinen Weisach durch das derzeit abgegebene Abwasser sowie aufgrund der geplanten höheren Abgabemengen wurde eine kontinuierliche Überwachung an allen regulären Messstellen mit Temperaturdatenloggern vorgesehen und durchgeführt.

Die Erhebung der übrigen Daten zur Wasserchemie und Wasserbeschaffenheit sollten monatlich erfolgen - was im Falle des Abwassers der ARA einen geeigneten Querschnitt der Produktionsprozesse zwischen wechselnden Produkten abbilden sollte, auch wenn damit nicht sämtliche Produkte und die entsprechend variierenden Abwässer erfasst werden würden (Anm.: Produktwechsel ca. wöchentlich). Tageszeitliche Schwankungen an der ARA werden durch den großen Sammelbehälter abgepuffert und sollten deshalb nicht gesondert untersucht werden. Das Wasser der Kleinen Weisach sollte an drei Probestellen in der Kleinen Weisach untersucht werden.

Die im Folgenden genannten Parameter sollten schließlich vor Ort bzw. aus Wasserproben per Laboranalyse bestimmt werden.

Gesonderte Probenahmen und Messungen der CSB-wirksamen Fraktionen, d. h. die Abbaubarkeit des gelösten organischen Kohlenstoffs, die Menge an Huminstoffen sowie die ökotoxikologische Wirkung des Abwassers sollten in vier Versuchsdurchläufen erfolgen, bei denen zuvor die ARA über mehrere Tage mit verminderter Fällmittelzugabe betrieben werden sollte.

Untersuchungsparameter Wasserchemie

Um die Wirkung des eingeleiteten Abwassers einschätzen zu können, sollten neben den chemischen Parametern, die an der ARA in Eigenüberwachung gemessen werden, weitere Messgrößen nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) untersucht werden, die zur Bewertung des Gewässerzustands dienen können. Dazu gehören die Parameter nach Anlage 7 der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) sowie weitere chemische Komponenten, die Bestandteile des Prozessabwassers, der Reinigungs- oder des eingesetzten Fällungsmittels sind. Die Parameter werden in Kap. 5, Tab. 2, gelistet.

Bei dem ablaufenden Abwasser der ARA handelt es sich um membranfiltrierte Produktionsabwässer, die in einer mechanisch-biologischen Kläranlage zuvor anaerobe und aerobe Reinigungsstufen inklusive Phosphatfällung durch Ausflockung durchlaufen haben. Die zugeführten Prozessabwässer enthalten u. a. auch Reinigungsmittel, die im Betrieb eingesetzt werden, wenn zwischen Produkten ein Nutzungswechsel erfolgt oder neue Produkte produziert werden. Da künftig kein häufigerer Produktwechsel geplant, sondern hauptsächlich eine höhere zeitliche Auslastung der Anlage pro Produkt vorgesehen ist, soll die Menge an eingesetzten Reinigungsmitteln nicht proportional zur steigenden Abwassermenge ansteigen. Folglich soll sich keine große Änderung gegenüber der Bestandssituation ergeben. Eine gesonderte Untersuchung zum Thema Reinigungsmittel erschien daher nicht erforderlich.

Insgesamt sollten die Untersuchungen zur Wasserchemie zeigen, ob und wie sich die Konzentrationen der einzelnen Parameter im Jahresverlauf verändern würden, und ob aufgrund dessen eine

Verschlechterung des chemischen Zustands der Kleinen Weisach – der 2021 (ohne ubiquitäre Stoffe wie Quecksilber und ohne bromierte Diphenylether) als „gut“ eingestuft wurde – künftig eintreten könnte. Die Ergebnisse sollten im Hinblick auf die Bedürfnisse der biologischen Qualitätskomponenten nach WRRL (d. h. Fischzönose, Makrozoobenthos, Phytobenthos und Makrophyten) sowie den vorgefundenen heimischen Großmuschelarten in der Kleinen Weisach (u. a. Bachmuschel und Große Teichmuschel) diskutiert werden.

Abbauverhalten CSB-wirksamer Substanzen und Untersuchung der Huminsäuren

Ein Schwerpunkt der Untersuchungen wurde auf die Analyse der CSB-wirksamen Substanzen gelegt. Der CSB-Wert des Abwassers würde durch die künftig geplante Reduktion der Fällmittel (Fällmittel zur Phosphat-Fällung und Ausflockung des CSB) ansteigen.

Nicht bekannt ist, welche Stoffe im Detail zu den hohen CSB-Werten der ARA beitragen. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass Huminsäuren aus der Teeverarbeitung einen großen Anteil ausmachen (vgl. Änderungsantrag zum Vorhaben vom 14.10.2019). Da auch nicht bekannt ist, zu welchem Anteil die ins Gewässer abgegebenen CSB-wirksamen Stoffe weiter im Flussverlauf abgebaut werden können, sollte dieser Sachverhalt näher untersucht werden. Hierzu sollten CSB-Langzeitbestimmungen angesetzt werden, ähnlich zu den bereits durchgeführten Langzeituntersuchungen des BSB (Biochemischer Sauerstoffbedarf) am Zulauf der Biologie (d. h. vor der Fällung) der ARA (vgl. Änderungsantrag zum Vorhaben vom 14.10.2019). Darüber hinaus sollte der Anteil an Huminstoffen, der Phenolindex und die Konzentration an organischen Säuren im normalen und im fällmittelreduzierten Abwasser der ARA sowie in der Kleinen Weisach oberhalb der Sechselbachmündung untersucht werden.

Ökotoxikologische Untersuchungen

Um die Auswirkungen der erhöhten CSB-Belastung auf die biologische Gewässergüte besser abschätzen zu können, wurden Toxizitätstests mit dem Abwasser aus der ARA geplant. Die potenzielle Giftigkeit wird dabei in biologischen Testverfahren (Biotests) mit Wasserorganismen ermittelt. Anhand von Verdünnungsreihen können so Aussagen getroffen werden, bei welcher Konzentration des Abwassers negative Effekte eintreten.

Eine Senkung des Fällmitteleinsatzes bedingt einen gleichzeitigen Anstieg des Phosphatgehaltes und eine zeitgleiche Senkung des Chlorid- und des Aluminiumgehaltes (Erläuterung durch Fr. Cellarius, Ingenieurbüro Dr. Resch & Partner, Weißenburg, Telefonat vom 12.01.2021; siehe auch Antrag zum Vorhaben vom 14.10.2019). Die Ergebnisse der Tests stellen daher einerseits ein realistisches Zukunftsszenario veränderter Stoffmengen im Abwasser der ARA dar, erlauben andererseits jedoch nicht, die reine Wirkung des CSB-Wertes auf die Testorganismen zu untersuchen. Es kann lediglich die kombinierte Wirkung der veränderten Konzentrationen genannter chemischer Komponenten (CSB-Wert – Phosphat – Chlorid – Aluminium) unter standardisierten Laborbedingungen betrachtet werden.

Effekt hoher Chloridwerte

Da ein künftig gesenkter Fällmitteleinsatz direkt mit einer Reduktion der Chloridkonzentration im Abwasser der ARA einhergehen würde, kann davon ausgegangen werden, dass eventuell

bestehende nachteilige Auswirkungen der Salzkonzentration künftig vermindert auftreten oder gar entfallen würden.

Da es keine Daten zum Ausgangszustand am Standort vor Inbetriebnahme der ARA gibt, ist die Frage, wie sich aktuell der Chlorideintrag auf die Biologie des Gewässers auswirkt, nicht zu beantworten. Einen möglichen Hinweis kann der Vergleich der benthischen Diatomeen-Gemeinschaften (aufwachsende Kieselalgen) oberhalb und unterhalb der ARA-Einleitung bzw. der Sechselbachmündung liefern. Deshalb wurde eine Untersuchung dieser biologischen Qualitätskomponente vorgesehen. Darüber hinaus sollte nach Möglichkeit anhand von Literaturdaten diskutiert werden, wie die Lebensbedingungen für Wasserorganismen hinsichtlich des Salzgehaltes aktuell aussehen bzw. künftig aussehen könnten.

Die zu erwartenden Salzkonzentrationen in der Kleinen Weisach sollten aus den gewonnenen Daten extrahiert sowie per Mischungsrechnung vorhergesagt werden, um die möglichen Auswirkungen auf die Biozönose sowie die Konformität der Salzkonzentrationen mit den Auflagen der WRRL und einschlägigen Chlorid-Gutachten überprüfen zu können.

Untersuchung biologischer Qualitätskomponenten

Wasserorganismen können als Anzeiger für die Wasserqualität angesehen werden. Aus diesem Grund sind Fische, die am Gewässergrund lebende Wasserwirbellosenfauna (Makrozoobenthos, kurz MZB) sowie auf Bodensubstraten (Bodenoberflächen) aufwachsende Algen (Phytobenthos) und höhere Wasserpflanzen (Makrophyten) in der WRRL als Qualitätskomponenten (QK) zur Beurteilung der Gewässergüte verankert.

Diese biologischen QK sollten gemäß bzw. in Anlehnung an die WRRL im jeweils geeigneten Zeitfenster beprobt und analysiert werden.

Kartierung des lokalen Großmuschelbestands in der Kleinen Weisach

Im Rahmen der Ortseinsicht zur Erstellung des Gutachtens zur UVVP wurden einzelne Individuen der streng geschützten sowie im Anhang II und IV der Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Richtlinie gelisteten Bachmuschel (*Unio crassus*) und einer weiteren besonders geschützten Muschelart (Gemeine Teichmuschel – *Anodonta anatina*) unmittelbar unterhalb Einmündung des Sechselbachs gefunden.

Um die Verbreitung und Größe der Muschelpopulationen in der Kleinen Weisach abschätzen und ggf. entsprechende Vermeidungsmaßnahmen (z.B. Umsiedlung in einen Bereich v. a. oberhalb der Einleitung) entwickeln zu können, sollte der Muschelbestand in unterschiedlichen Bereichen kartiert werden.

4 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

4.1 Projektgebiet

Die Betriebskläranlage der Martin Bauer GmbH & Co. KG schlägt ihr Abwasser seit Bestehen der Anlage in den Sechselbach ab, der nach einer kurzen Fließstrecke in die Kleine Weisach (Flusswasserkörper (FWK) 2_F074) mündet. Als neuer Vorfluter soll nun künftig direkt die Kleine Weisach dienen, mit einer Einleitstelle knapp unterhalb der Sechselbachmündung.

Die Kleine Weisach zählt zu den Mittelgebirgsbächen Mittelfrankens und findet ihren Ursprung durch den Zusammenfluss des Leyerbachs und kleineren Gräben im Ortsbereich der Ortschaft Obertaschendorf, die zum Markt Taschendorf, Landkreis Erlangen-Höchstadt, gehört. Dem Talverlauf folgend fließt die Kleine Weisach durch mehrere Gemeindegebiete und mündet schließlich östlich des Marktes Lonnerstadt in die Aisch, die über die Regnitz in den Main-Donau-Kanal entwässert und somit dem Rhein und letztlich der Nordsee zuströmt.

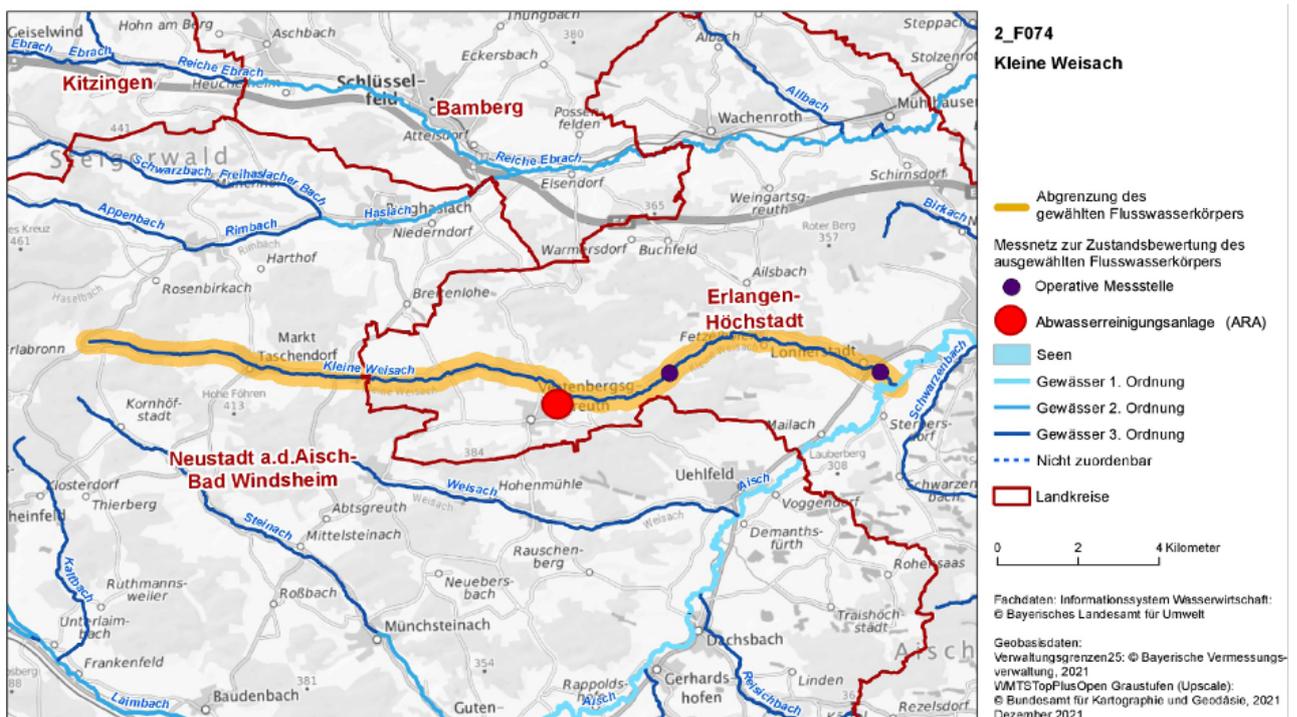


Abb. 1: Steckbriefkarte des FWK 2_F074 „Kleine Weisach“ mit Lage der Abwasserreinigungsanlage der Martin Bauer GmbH & Co. KG bei Vestenbergsgreuth sowie den offiziellen operativen WRRL-Messstellen bei Frimmersdorf und Lonnerstadt. Quelle: Bayerisches Ministerium für Umwelt 2021. Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung 2021

Das Tal der Kleinen Weisach zählt zum Südwestlichen Mittelgebirge und dessen Stufenland. Es wird den Naturraumeinheiten „Fränkisches Keuper-Liasland“ (Ssysmank D59) und dem darin liegenden Steigerwald (Meynen/Schmithüsen et. al. 1953-1962, Nr. 115) zugerechnet. Ein Teil der Talfläche ist als Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen und liegt innerhalb des Naturparks „Steigerwald“. Der Talraum der Aisch ist im Bereich des Zuflusses der Kleinen Weisach als Vogelschutzgebiet (SPA-Gebiet) „Aischgrund“ ausgewiesen.

4.2 Vorfluter „Kleine Weisach“

Auf ihrem Weg durch die Niederungen wird die Kleine Weisach von zahlreichen namenlosen Quellzuflüssen und Gräben gespeist, die teilweise teichwirtschaftlich genutzt werden. Daneben fließen ihr mehrere Bäche zu, wie z. B. Großbach, Gründleinsbach, Oberwinterbach, Sechselbach, Altbach und Weiherlendgraben oder der Ailsbach. Das angrenzende Umland der Kleinen Weisach und der ihr zufließenden Seitenbäche ist überwiegend durch landwirtschaftlich genutzte Grün- und Ackerflächen geprägt.

Der Lauf der Kleinen Weisach ist durch etliche Verrohrungen, Sohlbauwerke und Sohlrampen künstlich verändert worden. Zum aktuellen Stand wird für diese baulichen Veränderungen überwiegend eine eingeschränkte bis mangelhafte Durchgängigkeit dokumentiert, im Oberlauf gelten viele Einbauten sogar als komplette Barrieren. Die errichteten Wehre bei Burgweisach, Dutendorf, Weikersdorf, Frimmersdorf, nahe Unterwinterbach und Lonnerstadt gelten ebenfalls als unpassierbar (Informationen des Umweltatlas Bayern, <https://www.umweltatlas.bayern.de>).

Klassifiziert wird die Kleine Weisach als Fließgewässertyp 6_K, „Feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche des Keupers“. Ihrem Charakter nach wird sie hinsichtlich der Fischfauna als Cypripinidenregion eingestuft (Mitteilung Hr. Balk, Fischereifachberatung Mittelfranken, 29.01.2020). Die Kleine Weisach gilt als eigenständiger Flusswasserkörper. Nach § 28 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) gilt der Bach als natürliches Gewässer.

Für den 3. Gewässerbewirtschaftungszeitraum mit Datenstand von Dezember 2021 wurde der Kleinen Weisach ein ökologisch „unbefriedigender“ Zustand (Z4) attestiert. Grund hierfür ist eine dementsprechend schlechte Bewertung der Makrophyten und des Phytobenthos, also der Gewässerflora. Für die im Wasser lebenden bodenständigen wirbellosen Tiere (Makrozoobenthos), zu denen auch die Bachmuschel zählt (aber nicht in die Wertung mit einfließt), wurde insgesamt ein „mäßiger“ Zustand beschrieben, der sich seit der Bewertung im Jahr 2015 verschlechtert hat (von „gut“ auf „mäßig“). Die Fischfauna wurde sowohl 2015 als auch 2021 mit „gut“ bewertet. Der chemische Zustand des Gewässers gilt aufgrund von Quecksilber, Quecksilberverbindungen und bromierten Diphenylethern (BDE) als „nicht gut“. Bei den Nährstoffen wurden für einige Messgrößen die Orientierungswerte nach der aktuellen Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) verfehlt: Ammoniak-Stickstoff, Ammonium-Stickstoff, Nitrit-Stickstoff, Orthophosphat-Phosphor und Gesamtphosphor liegen über den Werten für den „guten Zustand“ des Fließgewässertyps 6_K.

Die Zielerreichung („guter Zustand“) bis 2027 wurde zur Zeit der Datenveröffentlichung im Dezember 2021 insgesamt als „unwahrscheinlich“ betrachtet und für die Ökologie erst nach 2028 als erreichbar eingestuft. Für die Chemie gilt die Zielerreichung („guter Zustand“) sogar erst nach 2045 als möglich. Eine Reihe von ergänzenden Maßnahmen sind im Gewässersteckbrief notiert, die v.a. eine Verringerung der Nährstoffeinträge, die Herstellung und Verbesserung der Durchgängigkeit, Habitatverbesserungen sowie die Gewährleistung des Mindestabflusses vorsehen.

Dem Bayernatlas (zuletzt abgerufen am 19.12.2022, Datenquellen: Bayerisches Landesamt für Umwelt, Bayerische Vermessungsverwaltung, EuroGeographics) lässt sich unter dem Thema „Wasser“ und der Rubrik „Kommunale Kläranlagen“ und „Industrielle / Gewerbliche Direkteinleiter“ entnehmen, dass derzeit mehrere Kläranlagen in die Kleine Weisach Abwasser abschlagen: Der Markt Taschendorf besitzt eine unbelüftete Abwasserteichanlage aus dem Jahr 1979, die für 800

Einwohnerwerte ausgelegt ist und am östlichen Ortsrand von Taschendorf in die Kleine Weisach abschlägt. Diese Einleitung liegt damit rund 7,8 km bachaufwärts der Sechselbachmündung. Eine weitere Kläranlage bachaufwärts des Vorhabensbereiches ist die unbelüftete Abwasserteichanlage von Burghaslach – Ortsteil Breitenlohe. Diese Anlage stammt aus dem Jahr 1978 und ist für 250 Einwohnerwerte bemessen. Sie gibt Abwasser in den Gründleinsbach ab, der in die Kleine Weisach mündet. Diese Einleitstelle liegt somit rund 4,5 km bachaufwärts der Sechselbachmündung. Ein Stück weit unterhalb der Sechselbachmündung leitet die kommunale Kläranlage von Vestenbergsgreuth Abwasser ein. Entscheidend für die Vorbelastung der Kleinen Weisach am Standort der ARA sind allerdings auch nur die Beaufschlagungen oberhalb der Sechselbachmündung, während für den Gesamtzustand der Kleinen Weisach, der an der offiziellen Messstelle bei Lonnerstadt erhoben wird, sämtliche Gewässerbenutzungen und Belastungen (auch landseitig) relevant sind.

5 Methodik

5.1 Gewässerchemisches Monitoring

5.1.1 Lage und Beschreibung der Probestellen

Für das Untersuchungsprogramm waren zunächst folgende Messstellen vorgesehen (Konzeptentwurf für das gewässerökologische Gutachten vom 10.02.2021): Eine Probestelle am Ablaufrohr der ARA (ehemals M1, Rohrmündung in den Sechselbach), eine Probestelle im Sechselbach knapp oberhalb dessen Mündung in die Kleine Weisach, zur Differenzierung von ARA-Abwasser und Sechselbachwasser (ehemals M2), eine Referenzprobestelle in der Kleinen Weisach oberhalb der Mündung des Sechselbaches (samt ARA-Abwasser) für den Hintergrundwert des Gewässers (ehemals M3) sowie eine Probestelle an der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung zur Erfassung der Belastung durch die ARA und den Sechselbach (ehemals M4).

Nach Ansicht des Wasserwirtschaftsamt Nürnberg (Stellungnahme Hr. Haller, Email vom 10.03.2021) sollte jedoch eine Erfassung der Wasserbelastung durch die kommunale Kläranlage Vestenbergsgreuth erfolgen, d. h. eine Probestelle unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage angesiedelt werden, um eine Gesamtbetrachtung der Gewässerbelastung zu ermöglichen. In gemeinsamer Abstimmung mit Auftraggeber und WWA wurde deshalb aus Kostengründen auf die Probestelle im Sechselbach verzichtet und eine entsprechend geeignete Probestelle in der Kleinen Weisach weit genug unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage eingerichtet (M3) (Bestätigung durch Hr. Haller, Email vom 29.03.2021).

Für das durchgeführte Untersuchungsprogramm wurden folglich die nachstehenden 4 regulären Messstellen beprobt, um die Auswirkungen veränderter Einleitwerte auf die Wasserchemie abschätzen zu können (Abb. 2):

ARA	Probestelle direkt an der aktuellen Einleitstelle der ARA (Ablauf aus dem Rohr, bei Hochwasser des Sechselbaches im Anlagenhaus am Umlaufhahn vor Einspeisung in das Abwasserrohr). Die Werte dieser Probestelle bilden die physikalisch-chemische und chemische Qualität des aktuellen Abwassers aus dem laufenden Betrieb der Betriebskläranlage ab.
M1	Referenz-Probestelle in der Kleinen Weisach oberhalb der Sechselbachmündung. Die Werte dieser Probestelle gelten als örtliche Hintergrundwerte der Kleinen Weisach.
M2	Probestelle in der Kleinen Weisach ca. 80 m unterhalb der Sechselbachmündung, knapp oberhalb der Kanalöffnung (Einleitstelle) der kommunalen Kläranlage (s. unten). Die Werte an der M2 repräsentieren vollständig vermisches Wasser der Kleinen Weisach mit dem Wasser des Sechselbaches und des darin enthaltenen Abwassers der ARA.
M3	Probestelle unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage, knapp oberhalb der Brücke von Hermersdorf. Die Werte an der M3 stellen das vollständig

vermischte Wasser von Kleiner Weisach, Sechselbach, ARA Abwasser und Abwasser der kommunalen Kläranlage dar.

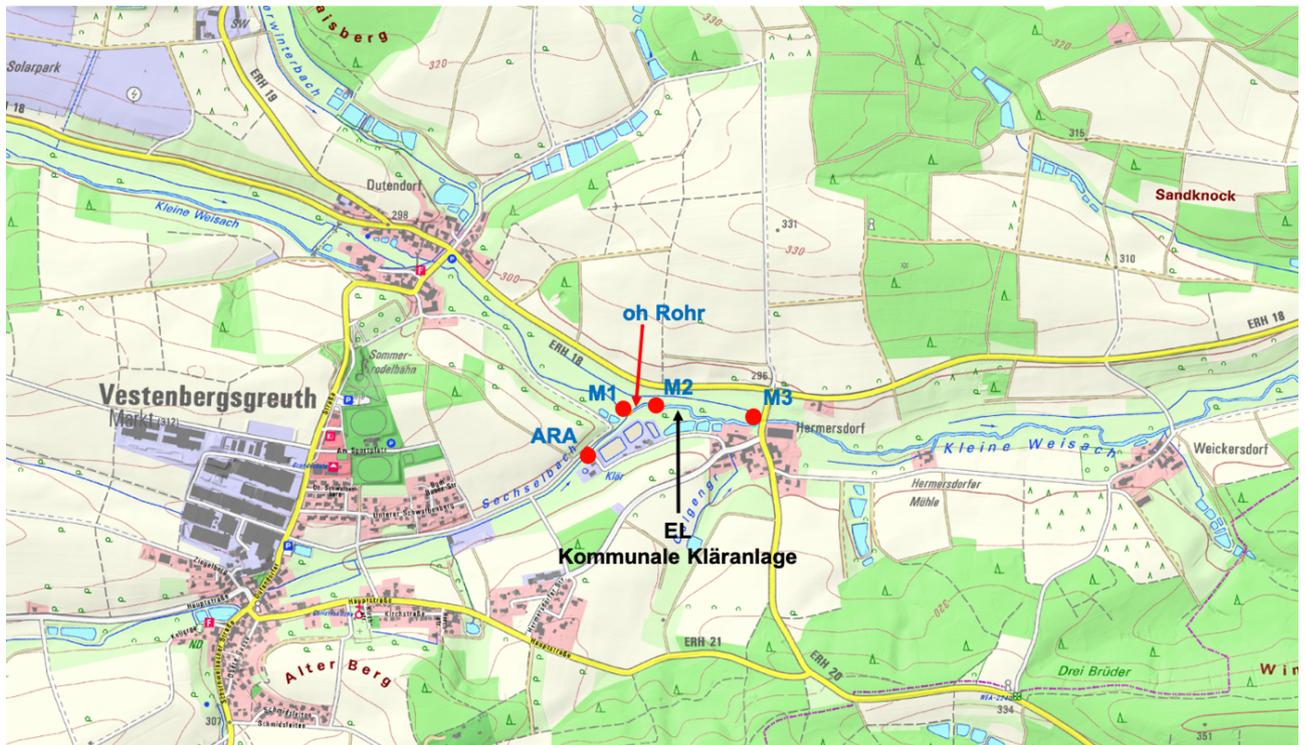


Abb. 2: Lage der Probestellen für das Monitoringprogramm zwischen Dutendorf und Hermersdorf. ARA = Probestelle an der aktuellen Einleitstelle der ARA in den Sechselbach, M1 = Referenz-Probestelle oberhalb der Sechselbachmündung in die Kleine Weisach, oh Rohr = Probestelle ca. 30 m unterhalb der Sechselbachmündung und oberhalb eines von der kommunalen Kläranlage in den Bach entwässernden Rohres, M2 = Probestelle unterhalb des Kläranlagenrohres, und noch oberhalb der Einleitstelle (Kanalöffnung) der kommunalen Kläranlage, M3 = Probestelle unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage, EL = Einleitung der kommunalen Kläranlage. Quelle: Bayerische Vermessungsverwaltung 2022, EuroGeographics

Nachdem bei einer Begutachtung der Ufererosion durch vorangegangene Hochwässer am 02.02.2022 ein bis dahin nicht bekanntes Abwasserrohr der kommunalen Kläranlage entdeckt wurde, das bereits oberhalb der Probestelle M2 scheinbar konstant Abwasser in den Bach abgab, wurde ab Februar 2022 noch eine zusätzliche Probestelle eingerichtet, um zumindest eine sehr grobe Abschätzung treffen zu können, inwieweit sich die Abschläge aus diesem Rohr zusätzlich auf die Messungen unterhalb auswirken würden:

oh Rohr Probestelle ca. 30 m unterhalb der Sechselbachmündung und ca. 5 m oberhalb des bis dahin nicht bekannten Rohres (ca. DN 200) aus der kommunalen Kläranlage.

Probestelle ARA

Das Wasser der ARA wurde im Normalbetrieb i. d. R. am aktuellen Entwässerungsrohr entnommen, das nahe der Zufahrtsstraße zum Gelände der Anlage in den Sechselbach entwässert und ca. 158 m (Gewässerlinie) oberhalb der Sechselbachmündung in die Kleine Weisach liegt. Hierzu ist anzumerken, dass die Abwässer über das ursprüngliche Entwässerungsrohr bis zum Jahr 2019 ca. 15 m

unterhalb der Probestelle in den Sechselbach abgeschlagen wurden, aufgrund der von der Gemeinde im Jahr 2019 neu angelegten Kinderspieleinrichtung (Teil des „Schaukelpfades“) jedoch ein neues, vorläufiges Abwasserrohr verlegt wurde, damit der Abschlag etwas entfernt vom Spielplatz erfolgen konnte. Das neue, vorläufige Rohr stellte die Probestelle „ARA“ im Normalbetrieb für das Monitoringprogramm dar.

Bei den Versuchen zur Fällmittelreduktion („reduzierter Zustand) sowie bei sehr hohem Wasserspiegel im Sechselbach wurde das Probenwasser der ARA direkt im Anlagengebäude aus dem Umlaufhahn vor Einspeisung des Permeat-Wassers (membrangefiltertes Abwasser) in das Abwasserrohr entnommen. Diese Entnahmen im Haus fanden am 18.10.2021, 11.01.2022, 10.02.2022 und 24.03.2022 statt.



Abb. 3: Probestelle ARA am Sechselbach und im Anlagenhaus. Im Normalbetrieb fand die Probenentnahme üblicherweise im Freien am Auslauf des Abwasserrohres am Sechselbach statt (grünes Abwasserrohr im linken Bild), während bei den Versuchen zur Fällmittelreduktion und bei zu hohem Wasserstand im Sechselbach das Probenwasser im Anlagenhaus entnommen wurde (Hahn mit weißem Hebel im Vordergrund des rechten Bildes).

Probestelle M1 an der Kleinen Weisach bachaufwärts der Sechselbachmündung

Die Referenzprobestelle M1, die die örtlichen Hintergrundwerte der Kleinen Weisach lieferte, lag ca. 5 m bachaufwärts der Sechselbachmündung, auf derselben Bachseite wie diese (orographisch rechte Bachseite).

Die Ufer der Probestelle sind beidseitig steil und durch Erosionserscheinungen geprägt. Ein mehr oder weniger dichter Bewuchs mit Gras, Kraut und Röhricht liegt hier vor. Die Umgebung der M1 wird durch landwirtschaftliche Grünflächen am orographisch linken Ufer geprägt, die weite Teile des Tals der Kleinen Weisach prägen. Am orographisch rechten Ufer liegen parallel zum Bach und etwas bachaufwärts versetzt zwei kleinere Fischteiche innerhalb einer Grünfläche, deren Ablauf sich etwas oberhalb der M1 befindet.

Zur Entnahme der Wasserproben wurde ein Uferabrutsch gewählt, der einen kleinen Vorsprung in den Bach bildete und die zugänglichste und somit auf Dauer am besten geeignete Stelle bot. Da an dieser Stelle jedoch keine Uferbäume stehen, an denen die Temperaturlogger verankert hätten werden können, wurde für deren Installation der nächstgelegene Baum ca. weitere 13 m bachaufwärts gewählt.



Abb. 4: Probestelle M1 an der Kleinen Weisach. Erste Reihe: Blick im April 2021 von der Stelle zur Wasserprobenentnahme auf die bachaufwärts gelegene Stelle, an der die Temperaturlogger verankert wurden (linkes Bild), und Blick auf den kleinen betretbaren Uferabrutsch zur Wasserprobenentnahme (kleiner lehmiger Abbruch am Ufer gegenüber) und die hinterhalb des Baches gelegenen Fischteiche (oben rechts im Bild zu erkennen) im November 2021 (rechtes Bild). Zweite Reihe: Rohr, das aus den Fischteichen in die Kleine Weisach ragt (linkes Bild), und deutlich fortgeschrittene Ufererosion im Februar 2022 an der Stelle zur Entnahme der Wasserproben in Folge länger anhaltender hoher Wasserstände im Verlauf des Jahres (rechtes Bild).

Probestelle M2 an der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung

Für Probestelle M2 sollte ein Bereich gewählt werden, in dem das Wasser der Kleinen Weisach vollständig mit dem Wasser der ARA vermischt vorliegt. Als Faustregel wurde hier ein Abstand von $12 \times$ Gewässerbreite angesetzt, d. h. $12 \times$ geschätzte max. 4 m Breite = 48 m. Gleichzeitig sollte die M2 noch oberhalb der Einleitstelle (Kanalöffnung) der kommunalen Kläranlage liegen. Deshalb wurde eine prägnante Weide mit Biberbisspuren am orographisch rechten Ufer in ca. 71 m Abstand (Gewässerlinie) zur Sechselbachmündung gewählt, ca. 15 m oberhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage. Hier konnten auch die Temperaturlogger verankert werden. Die Vermischung des Wassers wurde etwas bachaufwärts der M2 durch Uferbäume begünstigt, die durch Stämme und Wurzelwerk hier eine Engstelle im Bachbett mit entsprechender Strömung schaffen.

Auch an der M2 besitzt das Ufer steile Böschungen mit teils starken Erosionserscheinungen und grasig-krautigem Bewuchs neben vereinzelt Uferbäumen. Das orographisch linke Ufer wird

jenseits des Baches durch die landwirtschaftlich genutzte Grünfläche des Bachtals geprägt, am orographisch rechten Ufer liegt eine offenbar nur zeitweilig genutzte Pferdekoppel, die gleichzeitig als landwirtschaftliche Grünfläche genutzt zu werden scheint. An die Pferdekoppel grenzen bachabwärts zwei größere Fischteiche. Hinterhalb der Pferdekoppel liegt das Gelände der kommunalen Kläranlage.





Abb. 5: Probestelle M2 an der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung. Erste Reihe: Blick im April 2021 auf die uferständige Weide, an der die Temperaturlogger verankert wurden (linkes Bild), und Blick bachaufwärts der M2 auf die durch Uferbäume gebildete Engstelle im November 2021 (rechtes Bild). Zweite Reihe: Ufererosion im Bereich der M2, aufgenommen im Februar 2022. Dritte Reihe: Umland der M2 mit Koppel und Kläranlagengelände am orographisch rechten Ufer (linkes Bild) und landwirtschaftlich genutzter Talgrünfläche auf der anderen Uferseite (rechtes Bild) im November 2021. Vierte Reihe: Blick vom Wartungsschacht der kommunalen Kläranlageneinleitstelle Richtung M2 bachaufwärts (linkes Bild) und dunkle Abwasserfahne der Kläranlageneinleitung aus der Kanalöffnung direkt entlang der Uferkante in der Kleinen Weisach (rechtes Bild) im Februar 2022.

Probestelle M3 an der Kleinen Weisach unterhalb der Einleitstelle (Kanalöffnung) der kommunalen Kläranlage

Die Probestelle M3 lag etwa 20 m bachaufwärts der Brücke bei Hermersdorf am orographisch rechten Ufer, somit also rund 385 m (Gewässerlinie) unterhalb der Sechselbachmündung und rund 245 m unterhalb der Einleitstelle (Kanalöffnung) der kommunalen Kläranlage.



Abb. 6: Probestelle M3 an der Kleinen Weisach bei Hermersdorf. Blick von der M3 auf die etwas bachabwärts gelegene Brücke von Hermersdorf (linkes Bild) und Blick von der Brücke bachaufwärts auf die M3 im Februar 2022 (rechtes Bild). An der roten Boje im linken Bild wurden die beiden Temperaturlogger für die M3 schwimmend befestigt.

Wie an den übrigen Uferprobestellen wies auch die M3 steile Uferböschungen auf, die dicht mit Gras und krautiger Flur bewachsen waren. Eine dickstämmige Weide diente hier als Verankerungspunkt für die Temperaturlogger.

Auch an der M3 war das Umland des orographisch linken Ufers durch die landwirtschaftlich genutzte Talgrünfläche geprägt, das rechte Ufer bildete den Ortsrand von Hermersdorf, an dem unmittelbar ein Pferdehof an den Bach grenzte.

Probestelle oh Rohr an der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung und oberhalb des Entwässerungsrohrs der kommunalen Kläranlage

Die im Frühjahr 2022 zusätzlich eingeführte Probestelle oh Rohr lag am orographisch rechten Ufer der Kleinen Weisach ungefähr 20-30 m unterhalb der Sechselbachmündung und etwa 8 m oberhalb des vom Gelände der kommunalen Kläranlage kommenden Abwasserrohres.

An dieser Stelle war die Uferböschung durch Erosion stark zerfurcht und abgeflacht. Außer den Uferbäumen fand sich nur wenig Bewuchs. Im Bach lag Totholz, das für kleine Stromschnellen und etwas Strukturreichtum sorgte.



Abb. 7: Probestelle oh Rohr an der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung und erst später im Monitoring bekannt gewordenes Abwasserrohr vom Gelände der kommunalen Kläranlage. Erste Reihe: Probestelle oh Rohr mit stark erodierten Ufern, Blick bachaufwärts (linkes Bild), und Blick bachabwärts über Totholz und weitere Bereiche mit Ufererosion im April 2022 (rechtes Bild). Zweite Reihe: Abwasserrohr, das aus dem Gelände der kommunalen Kläranlage in die Kleine Weisach führt und im Februar 2022 (linkes Bild) sehr dunkel gefärbtes Wasser abschlug, während im März 2022 (rechtes Bild) eher klares Wasser abgegeben wurde.

5.1.2 Monatliche Probenahme

An den regulären Probestellen ARA, M1, M2 und M3 wurde ab April 2021 einmal im Monat Wasser mit einem Messbecher entnommen. Im Zuge der Versuche zur Fällmittelreduktion erfolgte z. T. eine zusätzliche Beprobung der Flussprobestellen im fällmittelreduzierten Betriebszustand der ARA. Wasser, der erst im Februar 2022 eingerichteten Probestelle oh Rohr, wurde lediglich in Februar und März 2022 untersucht.

Da am 11.01.2022 der Sechselbach einen so hohen Wasserstand aufwies, dass das Abwasserrohr der ARA überflutet war, wurden an diesem Tag die Abwasserproben im Anlagenhaus abgefüllt und die physikalisch-chemischen Parameter, die per Sonde zu messen waren, in der abgefüllten Probe ermittelt. Insbesondere der Sauerstoffgehalt sowie die Wassertemperatur dürften daher erhebliche Abweichungen zum Wasser, das aus dem Abwasserrohr kommt, aufgewiesen haben. Weitere Entnahmen im Haus fanden bereits am 18.10.2021 sowie später am 10.02.2022 und am 24.03.2022 statt – ebenfalls aufgrund zu hoher Wasserstände im Sechselbach bzw. aus logistischen Gründen.



Abb. 8: Schöpfprobe aus der Kleinen Weisach und vorbereitete Multisonde zur Erfassung physikalisch-chemischer Parameter.

Gewonnene Proben wurden umgehend nach dem Abfüllen in einer Kühlbox gekühlt und nach Abschluss der Probenahme an die akkreditierte Laborgruppe „AGROLAB Labor GmbH“ (kurz: Agrolab), Bruckberg, zur Analyse versendet. Eine Ausnahme bildeten die Proben vom 23.06.2021, die aus organisatorischen Gründen eingefroren werden mussten. Das Labor verwies in diesem Fall darauf, dass bei eingefrorenen Proben eine fehlerhafte Bestimmung des Nitrit-Stickstoffgehaltes möglich ist. Wie sich zeigte, stellten diese Werte tatsächlich Ausreißer dar und wurden daher aus der Datenserie genommen (vgl. Kap. 6.3.6).

Die Erhebungen der physikalisch-chemischen Standardparameter (Wassertemperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, relative Sauerstoffsättigung und elektrische Leitfähigkeit) wurden mit einem stets neu kalibriertem Multiparameter-Gerät der Firma WTW Xylem Analytics (Dreikanal Multiparameter-sonde Modell MPP 930 IDS und Digitales Multiparametermessgerät Multi 3630 MDS) gemessen. Die Messungen erfolgten in der fließenden Welle mit vollständig eingetauchter Sonde.

Während der Versuche zur Fällmittelreduktion (sowie bei zu hohen Wasserständen im Sechselbach, s. o.) wurde das Abwasser der ARA nicht am Abwasserrohr im Freien sondern im Anlagenhaus an einem Umlaufhahn entnommen, an dem das gereinigte, membranfiltrierte Abwasser abgezapft werden kann (sog. Permeatwasser).

Tab. 2 führt die Parameter auf, die beim monatlichen Monitoring gemessen wurden.

Tab. 2: Physikalisch-chemische und chemische Untersuchungsparameter für das monatliche Monitoringprogramm

Parameter	Abkürzung	Begründung
Wassertemperatur (vor Ort)	T	Neben Ist-Zustand und Konformität mit OGewV (2016) sollte überprüft werden, ob das eingeleitete Abwasser zu einer Temperaturerhöhung der Kleinen Weisach beitragen kann.
Sauerstoffgehalt (vor Ort)	O ₂	Neben Ist-Zustand und Konformität mit OGewV (2016) sollte überprüft werden, ob durch die Einleitung Sauerstoffdefizite auftreten können.
Sauerstoffsättigung (vor Ort)	O ₂ -Sättigung	
Elektrische Leitfähigkeit (vor Ort)	LF	Die LF dient als Gesamtmaß für den Gehalt an leitfähigen Ionen im Wasser und damit als Summenparameter für gelöste Salze (u. a.).
pH-Wert (vor Ort)	pH	
Gesamter organischer Kohlenstoff	TOC	
Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen	BSB ₅	
Orthophosphat-Phosphor	o-PO ₄ -P	Überprüfung von Ist-Zustand und Konformität mit OGewV (2016) im Jahresverlauf, Basis für Prognose stofflicher Belastung
Gesamtposphor	TP	
Ammonium-Stickstoff	NH ₄ -N	
Nitrit-Stickstoff	NO ₂ -N	
Nitrat-Stickstoff	NO ₃ -N	
Gelöster organischer Kohlenstoff	DOC	Überprüfung von Ist-Zustand im Jahresverlauf, Basis für Prognose stofflicher Belastung und Klärung, welcher Anteil des TOC bzw. DOC inert ist
Chemischer Sauerstoffbedarf (gesamt und 0,7 µm-filtrierte)	CSB _{ges.} , CSB _{filtr.}	
Chlorid	Cl	Als Bestandteil des Fällungsmittels sollten Ist-Zustand und Jahresverlauf untersucht und nach OGewV (2016) bzw. einschlägigen Gutachten zu biologisch verträglichen Chloridgehalten beurteilt werden
Aluminium	Al	Als Bestandteil des Fällungsmittels sollten Ist-Zustand und Jahresverlauf untersucht werden, Basis für Prognose stofflicher Belastung
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene	AOX	Als Bestandteil eingesetzter Reinigungsmittel sollten Ist-Zustand und Jahresverlauf untersucht werden, Basis für Prognose stofflicher Belastung

Tab. 3 gibt einen Überblick über die Termine zur Probenahme und die entsprechenden Untersuchungsparameter an den beprobten Probestellen.

Tab. 3: Beprobungsschema

Datum	Zugabe Fällmittel	Probenahme an entsprechender Probestelle			
		Physikalisch-chemische und chemische Parameter	CSB-Langzeitversuch	Ökotoxizitätstests	Huminstoffe und Phenolindex
13.04.2021	normal	ARA, M1-M3			
04.03.2021	normal	ARA, M1-M3			
21.06.2021	reduziert	*ARA, M1	*ARA	*ARA	*ARA
23.06.2021	normal	*ARA, M1-M3	*ARA, M1	*ARA	*ARA, M1
13.07.2021	normal	ARA, M1-M3			
10.08.2021	normal	ARA, M1-M3			
21.09.2021	normal	ARA, M1-M3			
12.10.2021	reduziert	*ARA, M1-M3	*ARA, M1	*ARA	*ARA, M1
18.10.2021	normal	*ARA, M1-M3	*ARA	*ARA	*ARA
17.11.2021	normal	ARA, M1-M3			
15.12.2021	normal	ARA, M1-M3			
11.01.2022	normal	*ARA, M1-M3			
02.02.2022	reduziert	*ARA, M1-M3	*ARA, M1	*ARA	*ARA, M1
10.02.2022	normal	*ARA, M1-M3, oh Rohr	*ARA	*ARA	
16.03.2022	reduziert	*ARA, M1-M3, oh Rohr	*ARA, M1	*ARA	*ARA, M1
24.03.2022	normal	*ARA, M1-M3, oh Rohr	*ARA	*ARA	

Erläuterungen: * = Entnahme des ARA-Abwassers fand im Anlagengebäude statt

5.1.3 Temperatureaufzeichnung per Datenlogger

An den Probestellen M1 bis M3 sowie im Abwasserrohr der ARA am Sechselbach wurden zu Beginn des Monitorings Temperaturdatenlogger (sog. T.e.M.P-Sonden), von blattfisch e.U. (www.blattfisch.at), Wels, Österreich, in Zusammenarbeit mit der Höheren Technischen Bundeslehranstalt Steyr, Oberösterreich, entwickelt, installiert. Die Logger sind jeweils in ein metallenes, wasserdichtes Gehäuse eingeschraubt. An den Probestellen in der Kleinen Weisach (M1-M3) wurden jeweils zwei derart gekapselte Logger pro Probestelle an einer kleinen Schwimmboje befestigt und die Schwimmboje jeweils am der Probestelle nächstgelegenen, geeigneten Uferbaum angekettet. Im Abwasserrohr der ARA wurden die beiden Loggerkapseln ca. 40 cm weit im Rohr – und somit anzunehmender Weise stets oberhalb des Sechselbachwasserpegels – mit einer Drahtschlinge eingebunden. Hochwasserlagen konnten dabei allerdings nicht berücksichtigt werden.

Die Sonden wurden vor der Installation am 13.04.2021 so programmiert, dass eine Aufzeichnung der Temperatur mit einer Genauigkeit von 0,0625 °C und in einem Intervall von 30 Minuten erfolgen sollte. Aus Gründen der Speicherkapazität mussten die Sonden mit diesen Einstellungen etwa alle 3 Monate entnommen und gegen Ersatzsonden getauscht werden. Zu Kontrollzwecken fand jedoch innerhalb der ersten 8 Monate des Monitorings ein häufigerer Sondenwechsel statt, da nicht alle Sonden den Bedingungen konstant aufzeichneten (s. unten) (Wechsel: 04.05.2021, 23.06.2021, 13.07.2021, 10.08.2021, 17.11.2021, 09.02.2022). Der Abbau der Sonden erfolgte am 16.03.2022.

In einem Testlauf zeigte sich, dass die Messwerte der Sonden bei gleicher Raumtemperatur (Messung im Trockenen) deutlich voneinander abwichen. Deshalb wurde mit einem Referenzsensor (Leitfähigkeitssonde Tetracon 925 und Digitales Multiparametermessgerät Multi 3630 MDS, Firma WTW Xylem Analytics) die Raumtemperatur auf 0,1 °C genau ermittelt. Pro Sonde wurden parallel jeweils 4 Messwerte aufgezeichnet, der Mittelwert gebildet und die Abweichung (Delta T) zur Referenzmessung bestimmt. Für jeden Datenlogger wurde später von den aufgezeichneten Messwerten aus dem Monitoring der zugehörige Delta T-Wert abgezogen – unter der Annahme, dass sich der Delta T-Wert bei Wassertemperaturen zwischen 0 und 40 °C nicht verändern würde. Diese Annahme ließ sich später bestätigen, da die jeweils zusammengehörenden Datenlogger pro Probestelle nach Messwertkorrektur annähernd gleiche Messwertkurven lieferten (vgl. Kap. 6.2).

Im Laufe der Untersuchungen fiel eine Reihe von Sonden aus oder zeichnete unvollständige bzw. fehlerhafte Daten auf. Abschließend wurden deshalb sämtliche Loggerdaten zusammengetragen, sich überlappende Zeiträume herausgeschnitten und händisch offenkundig fehlerhafte Werte aus dem Datensatz entfernt. Insgesamt konnte so zwar nicht an allen Probestellen der Gesamtzeitraum vollständig mit Messwerten abgedeckt werden, jedoch weite Teile davon.



Abb. 9: Temperaturlogger, eingesetzt in aufgeschraubte Metallkapsel, und Verankerung der eingekapselten Logger an einer am Ufer festgeketteten Schwimmboje im Strom der Kleinen Weisach.

5.2 Versuche zur Fällmittelreduktion

5.2.1 Fällmittelreduktionsstufen und Wasserprobenentnahme

Um zu untersuchen, wie sich die Abwasserqualität der ARA bei künftiger Reduktion des eingesetzten Fällmittels verändern könnte, wurden insgesamt 4 Reduktionsversuche durchgeführt. In Absprache mit den Behörden erfolgte für diese Versuche eine schrittweise Senkung des Fällmitteleinsatzes, der im Normalbetrieb bei 220 L pro Tag (24 h) liegt. Eine schrittweise Reduktion war notwendig, da zeitgleich überwacht werden musste, wie leistungsfähig die Membranfiltration der ARA blieb und wie gut die Phosphatfällung funktionierte. Die Reduktionsschritte der einzelnen Versuche sind in Tab. 4 aufgeführt.

Tab. 4: Fällmittelzugabe während der verschiedenen Versuchsdurchläufe zur Fällmittelreduktion

Prozentuale Fällmittelzugabe gegenüber dem Normalbetrieb von 100 % (Menge an zugesetztem Fällmittel gegenüber dem Normalbetrieb von 220 L)				
Fortlaufender Tag	Durchlauf Nr. 1 11.06.2021 bis 21.06.2021	Durchlauf Nr. 2 28.09.2021 bis 12.10.2021	Durchlauf Nr. 3 19.01.2022 bis 10.02.2022	Durchlauf Nr. 4 02.03.2022 bis 16.03.2022
0	86,4 % (190 L)	60 % (132 L)	100 % (220 L)	100 % (220 L)
1	86,4 % (190 L)	60 % (132 L)	54 % (118,8 L)	60 % (132 L)
2	86,4 % (190 L)	60 % (132 L)	54 % (118,8 L)	54 % (118,8 L)
3	86,4 % (190 L)	54 % (118,8 L)	54 % (118,8 L)	54 % (118,8 L)
4	70 % (154 L)	54 % (118,8 L)	54 % (118,8 L)	54 % (118,8 L)
5	70 % (154 L)	54 % (118,8 L)	54 % (118,8 L)	54 % (118,8 L)
6	70 % (154 L)	54 % (118,8 L)	54 % (118,8 L)	54 % (118,8 L)
7	60 % (132 L)	48,6 % (106,92 L)	48,6 % (106,92 L)	48,6 % (106,92 L)
8	60 % (132 L)	48,6 % (106,92 L)	48,6 % (106,92 L)	48,6 % (106,92 L)
9	60 % (132 L)	48,6 % (106,92 L)	48,6 % (106,92 L)	48,6 % (106,92 L)
10	60 % (132 L)	48,6 % (106,92 L)	48,6 % (106,92 L)	48,6 % (106,92 L)
11		48,6 % (106,92 L)	48,6 % (106,92 L)	48,6 % (106,92 L)
12		48,6 % (106,92 L)	48,6 % (106,92 L)	48,6 % (106,92 L)
13		48,6 % (106,92 L)	48,6 % (106,92 L)	48,6 % (106,92 L)
14		48,6 % (106,92 L)	48,6 % (106,92 L)	48,6 % (106,92 L)
Endgültige Reduktionsstufe	60 %	48,6 %	48,6 %	48,6 %
Fällmittelzugabe (total)	132 L	106,92 L	106,92 L	106,92 L

Erläuterung: *kursiv* = Daten wurden nachträglich berechnet, da die Dokumentation nicht zur Verfügung stand

Bei Versuch Nr. 1. erfolgte die schrittweise Reduktion über einen Zeitraum von 10 Tagen auf eine finale Fällmittelzugabe von 60 % des normalen Fällmitteleinsatzes. Da sich dieser Zeitraum als etwas zu kurz erwiesen hatte, um die Anlage optimal umzustellen, fand die Reduktion des Fällmittels bei den Versuchen Nr. 2, 3 und 4 über einen Zeitraum von 14 Tagen statt. Zudem wurde bei den Versuchen Nr. 2, 3 und 4 auf die Ergebnisse aus Versuch Nr. 1 aufgebaut, d.h. mit der endgültigen Reduktionsstufe aus dem ersten Versuch (ca. 40 %) begonnen und schrittweise weiter reduziert. Wie sich im Versuch Nr. 2 zeigte, bleibt die Anlage bis zu einer Reduktion des Fällmittels auf etwa 49 % der Normalzugabe (bzw. einer Reduktion um 51 %) einigermaßen stabil. Laut des hauptverantwortlichen Ingenieurs der ARA (Hr. Frischmann, Martin Bauer GmbH & Co. KG) stieß die Membranfiltrationseinheit der Anlage jedoch in diesem Bereich an ihre Grenzen. Mehr als 50 % des aktuellen Fällmittelverbrauchs können also auch künftig aufgrund der Funktionalität der Anlage nicht eingespart werden.

Während jedes Versuchsdurchlaufs wurde vom ersten Tag der Fällmittelreduktion an einmal täglich die Probestelle M2, die an der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung liegt, durch Mitarbeiter der Martin Bauer GmbH & Co. KG in Augenschein genommen. Bei dieser täglichen Kontrolle während der Versuche wurde auf Auffälligkeiten geachtet, wie z. B. Schaumbildung, ungewöhnlicher Geruch oder ungewöhnliche Wasserfärbung des Bachwassers. So sollte sichergestellt werden, dass bei augenscheinlich negativen Effekten der Fällmittelreduktion auf die Kleine Weisach der Versuch rechtzeitig abgebrochen werden konnte. Neben der optischen Überprüfung des Bachwassers wurde durch den jeweils zuständigen Mitarbeiter der Martin Bauer GmbH & Co. KG täglich eine Wasserprobe entnommen und als Rückstellprobe bei -20 °C tiefgefroren, um im Bedarfsfall analysiert werden zu können.

Das gesamte Spektrum physikalisch-chemischer und chemischer Messparameter wurde bei Versuch Nr. 1 im fällmittelreduzierten Zustand nur an den Probestellen ARA und M1 erfasst. Bei den folgenden Versuchen entschied man sich dazu, neben der M1 auch die M2 und M3 (sowie später die Probestelle oh Rohr) ebenfalls zu beproben, um direkt die Veränderung der Parameter im Flusslauf zu messen.

Bei Versuch Nr. 1 wurde im Anschluss an die Entnahme des fällmittelreduzierten Abwassers der Betrieb in einem einzigen Schritt auf den „Normalzustand“ zurückgesetzt. Es wurde davon ausgegangen, dass sich etwa 2 Tage später - wenn das „normalisierte“ Abwasser wieder die Anlage durchspült haben sollte, erneut Abwasserproben für den Normalzustand (d. h. für das reguläre Monitoring) entnommen werden könnten. Das Beprobungszeitfenster von insgesamt knapp 3 Tagen sollte ermöglichen, dass sowohl die Proben für den erhöhten CSB als auch für den CSB im Normalzustand im Idealfall aus dem gleichen Produktionsbetrieb und damit aus einem Zeitfenster relativ kontinuierlicher Abwasserzusammensetzung gewonnen werden konnten. Wie sich jedoch anhand der hohen Chlorid-Werte des „normalisierten“ Abwassers nach Zurücksetzen der Anlage in den Normalzustand zeigte, reichten trotz überschlägiger Berechnung offenbar 2 Tage nicht aus, um den gesamten Mischbehälter der Anlage mit „normalisiertem“ Abwasser zu durchspülen und so das fällmittelreduzierte Abwasser aus dem Versuch zu verdrängen. Aus diesem Grund wurde bei den folgenden drei Versuchen die Entnahme des „normalisierten“ Abwassers nach Zurückschalten der Anlage erst 6-8 Tage zeitversetzt durchgeführt.

Für den Versuch Nr. 4 ist festzuhalten, dass am 05.03.2022 ein Kommunikationsfehler im Steuerungssystem der Anlage auftrat. Infolgedessen wurde bis einschließlich 07.03.2022 kein Fällmittel dosiert (mündl. Auskunft Hr. Frischmann, Martin Bauer GmbH & Co. KG, 16.03.2022). Zwischen dem 07.03.2022 und dem 11.03.2022 fand hingegen – den Daten der Anlageneigenüberwachung nach zu urteilen (vgl. Anhang) - eine nicht vorgesehene Überdosierung statt. Erst ab dem 12.03.2022 verlief die Fällmittelzugabe bis zum Ende am 16.03.2022 wieder nach Plan mit reduzierter Zugabe (49 % des Normalwertes).

Für die Wasserproben der ARA im fällmittelreduzierten Zustand wurden durch die ÖKON GmbH alle 20-30 Minuten über einen Zeitraum von 2 Stunden Einzelproben entnommen, in einen Mischbehälter gefüllt und bei -20 °C gekühlt. Abschließend wurde die gesamte Mischprobe sorgfältig durch vorsichtiges Drehen und Kippen des Mischbehälters homogenisiert und aus dieser qualifizierten Stichprobe das Wasser für die einzelnen Untersuchungen abgefüllt.

Für die Entnahme der Wasserproben der ARA im Normalzustand (nach mehrtägiger Wartezeit) wurde so verfahren, wie im fällmittelreduzierten Zustand, d. h. es wurde, wie oben beschrieben, eine qualifizierte Stichprobe aus Einzelproben hergestellt, die im Anlagengebäude entnommen wurden.

Proben für ökotoxikologische Tests (IDUS Biologisches Analytischer Umweltlabor GmbH, Ottendorf-Okrilla), Huminstoff- und Phenolanalysen (CLG Chemischer Labor Dr. Graser, Schonungen) sowie für den Langzeit CSB-Ansatz (eurofins Umwelt Ost GmbH, Jena) wurden in Abstimmung mit dem jeweiligen Labor bei -20 °C eingefroren, während die Proben für die chemischen Analysen i. d. R. umgehend in Kühlboxen verpackt und gekühlt an das Chemielabor (AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, s. Kap. 5.1.2) versandt wurden.



Abb. 10: Probenahme qualifizierter Stichproben bei den Versuchen zur Fällmittelreduktion. Links: Startprobe des fällmittelreduzierten Abwassers der ARA zu Beginn der zweistündigen Beprobung bei Versuch Nr. 1 bei 60% des Fällmitteleinsatzes. Rechts: Mischbehälter zur Sammlung der Einzelproben.

Beim ersten Versuchsdurchgang war aus logistischen Gründen jedoch kein Versand der Chemieproben des Normalzustands am gleichen Tag mehr möglich, so dass für diese Probenahme auch die Chemieproben eingefroren und am Folgetag versendet werden mussten. Durch Gefrierbruch äußerlich beschädigte Proben für den Parameter AOX der Probestellen M2 und M3 wurden dabei in neue Gefäße überführt. Das Labor wies zudem darauf hin, dass durch das Einfrieren der Gehalt

für Nitrit-Stickstoff ($\text{NO}_2\text{-N}$) verfälscht werden könne. Die tatsächlich ungewöhnlich hohen Werte für $\text{NO}_2\text{-N}$ wurden daher als Ausreißer aus der Wertung genommen (vgl. Kap. 5.1.2 und 6.3.6).

5.2.2 Ökotoxikologische Tests

Die mögliche toxische Wirkung des Abwassers der ARA wurde sowohl im Normalzustand als auch im fälltmittelreduzierten Zustand untersucht. Hierfür kamen folgende genormte Verfahren zur Anwendung, ausgeführt durch IDUS Biologisches Analytisches Umweltlabor GmbH, Ottendorf-Okrilla:

- DIN EN ISO 15088 (T6):2009-06, Giftigkeit gegenüber Fischeiern
- DIN 38412 (L30):1989-03, Giftigkeit gegenüber Daphnien
- DIN 38412 (L33):1991-03, Giftigkeit gegenüber Grünalgen
- DIN EN ISO 11348-2 (L52):2009-05, Giftigkeit gegenüber Leuchtbakterien

Daneben wurden die Randparameter pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt zu Beginn der Untersuchungen zur Interpretation der Ergebnisse bestimmt.

Im Detail wird in diesen Testverfahren bei Fischeiern (Zebrabärbling, *Danio rerio*, Hamilton-Buchanan) in 10 parallelen Ansätzen die letale und subletale Wirkung der Embryonen bei Zugabe des Probenwassers über einen Expositionszeitraum von 48 Stunden untersucht und mit der Wirkung eines ausgewählten Giftstoffes (3,4-Dichloranilin) verglichen. Das Probenwasser wird unverdünnt bzw. so lange in geometrischen Verdünnungsschritten (1:2, 1:3, 1:4, 1:6, 1:8, usw.) zugegeben, bis max. 10 % der Fischeier absterben bzw. einen Entwicklungsdefekt aufweisen. Die Verdünnungsstufe, bei der 10 % oder weniger sterben, gilt als ungiftig.

Im Toxizitätstest mit Daphnien (*Daphnia magna* STRAUS) wird die akute Toxizität der Wasserinhaltsstoffe anhand der Beweglichkeit der Wasserflöhe überprüft (24 Stunden-Exposition). Auch hier gilt das Probenwasser als ungiftig, wenn max. 10 % der Testorganismen Schädigungen anzeigen.

Bei Grünalgen (*Desmodesmus suspicatus*) untersucht man die Hemmung der Biomasseproduktion über eine Expositionsdauer von 72 Stunden im Vergleich zu einem Negativkontrollansatz mit der Hemmsubstanz Kaliumdichromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Konzentration: $0,5 \text{ mg L}^{-1}$). Hierbei gelten max. 20 % Wachstumshemmung als Grenzwert für die Ungiftigkeit der Testsubstanz.

Bei Leuchtbakterien (*Aliivibrio fischeri*) wird schließlich das Leuchtvermögen, d. h. die Biolumineszenzabnahme der Bakterien nach einer Kontaktzeit von 0,5 Stunden im Vergleich zur Hemmsubstanz Zink (Zn (II) , Konzentration: 25 mg L^{-1}) gemessen. Auch bei Leuchtbakterien gilt der Grenzwert von 20 %, unterhalb dem das Probenwasser als ungiftig gilt.

5.2.3 Dynamische Erfassung des Langzeitabbauverhaltens von gelöstem organischem Kohlenstoff über 28 Tage

Im Monitoring sollte untersucht werden, in wie weit die im Abwasser der ARA enthaltenen CSB-wirksamen Stoffe biologisch abbaubar sind und somit möglicherweise zu einer verstärkten Sauerstoffzehrung im Gewässer führen könnten. Im fälltmittelreduzierten Zustand sowie im Normalbetrieb wurde daher die Abbaubarkeit des im Abwasser enthaltenen organischen Kohlenstoffs (engl.: *dissolved organic carbon*, DOC) im Langzeitversuch mittels Zahn-Wellens-Testverfahren (Methodenverordnung EG Nr. 440/2008) untersucht, durchgeführt durch die eurofins Umwelt Ost GmbH, Jena.

Bestimmt wird bei dieser Untersuchung der biologische Abbau des DOC über einen Zeitraum von 28 Tagen durch Bakterien aus Kläranlagenbelebtschlamm (standardisierte Mengen und Chargen). Während der Versuchslaufzeit wird wiederholt im Abstand von mehreren Tagen der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) gemessen, der darüber Aufschluss gibt, wieviel Oxidationsmittel eingesetzt werden muss, um die in der Probe noch vorhandenen oxidierbaren Substanzen zu oxidieren. Je mehr DOC bereits von den Bakterien abgebaut wurde, umso weniger kann noch chemisch oxidiert werden, d. h. umso geringer fällt der CSB-Wert aus. Angegeben wird schließlich, wieviel DOC/CSB eliminiert werden konnte, d.h. wieviel DOC im Endeffekt durch Bakterien unter standardisierten Idealbedingungen natürlicherweise abgebaut wurde bzw. um wieviel der CSB-Wert gesenkt werden konnte. Im Detail heißt es im Prüfprotokoll des Labors eurofins dazu:

„Belebtschlamm wird in mindestens einem Liter Mineralsalzlösung suspendiert und in Glasgefäßen bei 20 bis 25 °C belüftet und gerührt. Das wasserlösliche Prüfgut wird als einzige C- und Energiequelle dem Ansatz zugefügt. Der Prüfansatz und die Kontrollansätze werden bis zu 28 Tage inkubiert. Der Abbau der Prüfsubstanz wird über die Bestimmung des DOC bzw. des CSB in regelmäßig entnommenen Proben bestimmt. Es wird die DOC/CSB-Konzentration am jeweiligen Probenahmezeitpunkt zur Start-DOC/CSBKonzentration ins Verhältnis gesetzt und als prozentuale DOC/CSB-Elimination (Abbaukurve) dargestellt.“

Daneben wurden die Randparameter pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit sowie gesamter organischer Kohlenstoff (engl.: *total organic carbon*, TOC) zu Beginn der Untersuchungen zur Interpretation der Ergebnisse bestimmt.

Bei den Versuchsdurchläufen Nr. 3 und 4 wurde aufgrund zu geringer CSB-Gehalte anstelle der CSB-Elimination die (direkte) Eliminierung von DOC gemessen, die eine sensitivere Methode darstellt und lt. Labor die gleiche Aussagekraft bzw. analoge Aussagen zur CSB-Elimination erlaubt. Unterschiede zwischen den Methoden lägen lt. Labor im vorliegenden Fall im Messfehlerbereich. Das Ersetzen der CSB-Messung durch die DOC-Messung ist nur bei Proben ohne hohe Sulfid- oder Metallanteile möglich, da diese Komponenten im Labortest auch oxidiert werden könnten und damit den DOC-Gehalt falsch wiedergeben würden. Im vorliegenden Fall wurde die DOC-Methode als passende Alternative eingestuft (mündl. Mitteilung Hr. Günther, eurofins, 25.05.2022).

5.2.4 Huminstoffe, Phenolindex und organische Säuren

Im Abwasser der ARA im Normalzustand und im fällmittelreduzierten Zustand sowie im Bachwasser der Kleinen Weisach an der Probestelle M1 wurde die Menge an Huminstoffen, der Phenolindex sowie die Menge an organischen Säuren nach den folgenden Methoden ermittelt, durchgeführt durch das CLG Chemischer Labor Dr. Graser, Schonungen:

- Huminstoffe – keine Angabe der Methodik
- Phenolindex nach DIN 38409-16: 1984-06
- Organische Säuren (als Essigsäure) nach DIN 38414-S 19: 1999-12 (BGK-Methodenbuch, 5. Auflage 2006 - Kap III.C3)

Daneben wurden die Randparameter Nitrat-Stickstoff und Ammonium-Stickstoff zur Interpretation der Ergebnisse bestimmt.

Über die Menge an Huminstoffen sollte letztlich ein Rückschluss darauf erfolgen, zu welchen Anteilen sich die gelösten organischen Kohlenstoffverbindungen (DOC) im Abwasser der ARA aus eher schwer abbaubaren und somit biologisch nicht reaktiven (inerten) Huminstoffen zusammensetzt. Ist der Anteil inerte DOC-Bestandteile hoch, so ist es relativ unwahrscheinlich, dass durch den DOC aus dem Abwasser im Vorfluter bakterielle Abbautätigkeiten verstärkt werden und dadurch Sauerstoffmangel im Vorfluter ausgelöst wird.

5.3 Fischfauna der Kleinen Weisach im Bereich oberhalb und unterhalb der Sechselbachmündung

Zur Untersuchung der biologischen Qualitätskomponente Fische wurde durch das Ingenieurbüro IBF Umwelt, Fischach, im Auftrag der ÖKON GmbH eine einmalige Elektrobefischung der Kleinen Weisach auf geeigneten Streckenabschnitten oberhalb und unterhalb der Sechselbachmündung durchgeführt. Auf Empfehlung des WWA Nürnberg (Hr. Haller, Email vom 22.12.2020) erfolgte in Abstimmung mit der Fischereifachberatung Mittelfranken eine Befischung von 6 Teilabschnitten (A1-A6) mit jeweils ca. 100 m Länge, davon 2 Abschnitte (A6 und A5) oberhalb und 4 Abschnitte (A1-A4) unterhalb der Sechselbachmündung (insgesamt rund 600 m Befischungsstrecke). Von den letzteren erstreckte sich Abschnitt A4 auf den Bereich unterhalb der Mündung des Sechselbaches bis oberhalb der Einleitstelle der kommunalen Kläranlage, Abschnitt A3 begann direkt unterhalb der Einleitstelle der kommunalen Kläranlage. Zwei weitere (A2 und A1) lagen noch etwas weiter bachabwärts und damit ebenfalls unterhalb der kommunalen Einleitung, wobei A1 unterhalb der Brücke bei Hermersdorf gelegt wurde und damit auch die abgeschlagenen Wässer enthält, die an der Brücke bei Hermersdorf eingeleitet werden. Allem Anschein nach handelt es sich hierbei um Niederschlagswässer, genaueres hierzu ist jedoch nicht bekannt. Die genaue Lage der Probestrecken kann dem zugehörigen Teilbericht von IBF Umwelt (2021) entnommen werden.

Die Vorgehensweise bei der Elektrobefischung, die am 17.08.2021 durchgeführt wurde, sowie die Zustandsbewertung orientierten sich an den Vorgaben der WRRL, jedoch mit notwendigen, der Fragestellung und den örtlichen Verhältnissen geschuldeten Abweichungen von den üblichen Vorgaben. Für eine valide Bewertung der Fische nach FIBs-Handbuch (Dußling 2004, 2009, Dußling et al. 2014) wären mindestens 2 Befischungen in unterschiedlichen Jahren und zu unterschiedlichen Jahreszeiten (innerhalb eines Bewertungszeitraums von 5 Jahren) und gemäß der Gewässergröße der Kleinen Weisach jeweils eine Mindestbefischungsstrecke oberhalb und unterhalb der Einleitung von 200 m auf für das Gewässer repräsentativen Fließstrecken notwendig gewesen – d. h. mindestens 400 m Gesamtbefischungsstrecke und 2 Bestandsaufnahmen. Aufgrund der notwendigen Abweichung von diesen Vorgaben sind die gewonnenen Ergebnisse daher mit Vorsicht zu betrachten. Jährliche Varianzen, wie z. B. aufgrund unterschiedlicher Fortpflanzungsraten, zufallsbedingten Veränderungen oder Einflüssen durch die Probenahmebedingungen (Abflussverhältnisse usw.) können bei einer einmaligen Untersuchung nicht erfasst werden.

Für die Bewertung wurde die potenziell natürlich vorhandene Fischfauna (Referenzzönose) der Kleinen Weisach herangezogen, die sich nach Auskunft der Fachberatung für Fischerei Bezirk Mittelfranken wie folgt zusammensetzt:

Tab. 5: Referenzzönose der Fischfauna in der Kleinen Weisach (Quelle: Fachberatung für Fischerei Bezirk Mittelfranken)

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Anteile [%]
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>	0,5
Aitel	<i>Aqualius cephalus</i>	17,0
Bachforelle	<i>Salmo trutta f.</i>	0,5
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	4,0
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	0,5
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	18,0
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	17,0
Hecht	<i>Esox lucius</i>	0,5
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	0,5
Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>	4,0
Nerfling	<i>Leuciscus idus</i>	0,5
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>	20,0
Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0,5
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	0,5
Bachschmerle (Schmerle)	<i>Barbatula barbatula</i>	15,0
Stichling	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	1,0

Erläuterung: **Fett** gedruckt sind Leitarten mit Anteilen von > 5 % an der Referenzzönose

Die erhobenen Daten wurden in Anlehnung an die amtliche Zustandsbewertung nach WRRL mit dem Fischbasierten Bewertungssystem (FiBs) ausgewertet, das die erhobenen Daten mit der Referenzzönose abgleicht. Die Einteilung erfolgt schließlich in die fünf Bewertungsstufen gemäß WRRL, „sehr gut“ bis „schlecht“. Weitere Details zur Methodik finden sich im zugehörigen Teilbericht von IBF Umwelt (2021).

Tab. 6: Zustandsklasse nach WRRL

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

5.4 Makrozoobenthos der Kleinen Weisach im Bereich oberhalb und unterhalb der Sechselbachmündung

Die Untersuchung des Makrozoobenthos (Wasserwirbellose, kurz: MZB) wurde mit der standardisierten Methode zur Aufsammlung, Aufbereitung und Auswertung gemäß der WRRL nach Meier et al. (2006a) durchgeführt. Die Probenahme an der Kleinen Weisach erfolgte am 29.04.2021 unmittelbar ober- (PS 1) und unterhalb (PS 2) der Sechselbachmündung auf einer Strecke von jeweils ca. 50 m (Abb. 11). Der ungefähre Mittelpunkt der Untersuchungsstrecke PS1 besitzt die Koordinaten 32U 620044 (Rechtswert) / 5505730 (Hochwert; etwa auf Höhe der beiden Fischteiche), für PS 2

lauten die Koordinaten 32U 620085 (Rechtswert) / 5505728 (Hochwert; etwa 15 m unterhalb der Sechselbachmündung).



Abb. 11: Probestrecken für die Entnahme von Makrozoobenthos. Links: Probestrecke PS 1 oberhalb der Sechselbachmündung. Rechts: Probestrecke PS 2 unterhalb der Sechselbachmündung und oberhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage.

Die Beprobung der Habitate im Freiland wurde dabei proportional zum Vorkommen der einzelnen Habitate (Substratstrukturen) an den beiden Probestrecken (Multi-Habitat-Sampling mit 20 Teilproben) durchgeführt. Das gesammelte biologische Material wurde, soweit im Gelände nicht bestimmbar, in Ethanol (70 %) konserviert.

Im Labor wurden jeweils Unterproben zur Reduktion des Probenmaterials gemäß des o.g. Handbuchs entnommen, wobei pro Probe mindestens 350 Tiere ausgelesen und bestimmt wurden. Die taxonomische Bestimmung der Organismen wurde mindestens entsprechend den Vorgaben der Operationellen Taxaliste für Fließgewässer in Deutschland durchgeführt. Darüber hinaus erfolgte, soweit möglich, eine Auftrennung der Tubificidae und Naididae innerhalb der Wenigborster (Oligochaeta). Die Angaben zur Abundanz sind auf einen Quadratmeter standardisiert (Ind m^{-2}).

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

Auf Basis der Ergebnisse der vorgefundenen Makrozoobenthos-Besiedlung und unter Berücksichtigung des Fließgewässertyps 6_K „Feinmaterialreicher, karbonatischer Mittelgebirgsbach des Keupers“ wurden für jede Probestrecke die Module Saprobie (Maß der organischen Belastung) und die Allgemeine Degradation im Vergleich zum Referenzzustand berechnet und interpretiert. Nach dem „worst case“ Verfahren wurde die ökologische Zustandsklasse gemäß der schlechteren Bewertung der beiden Module Saprobie und Allgemeine Degradation ermittelt. Die Zustandsklassen nach WRRL sind in Tab. 6 im Kap. 5.3 dargestellt.

5.5 Makrophyten und Phytobenthos der Kleinen Weisach im Bereich oberhalb und unterhalb der Sechselbachmündung

Die Kartierung der pflanzlichen Komponenten erfolgte an den Probestrecken PS 1 und PS 2 oberhalb und unterhalb der Einmündung des Sechselbaches, an denen auch das MZB beprobt wurde. Makrophyten (MP) und Phytobenthos (PB) wurden dabei nach der „PHYLIB-Verfahrensanleitung des LfU für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie“ (Makrophyten und Phytobenthos, Stand Januar 2012, LfU 2012) erfasst. Hierfür wurde eine Probenahme im Sommer am 09.09.2021 durchgeführt.

Zur Ermittlung der Makrophytenbestände wird normalerweise die Schätzskala nach Kohler (1978) verwendet. Die Wuchsformen werden hier in der Regel mit „S“ für „submers“ (untergetaucht), „Em“ für „emers“ (über die Wasseroberfläche hinauswachsend) oder mit „F-SB“ (auf der Wasseroberfläche aufschwimmend) unterschieden. Da auf den untersuchten Probestrecken kein Makrophytenbewuchs vorhanden war, entfiel jede weitere Einstufung.

Zur Analyse des Phytobenthos ohne Diatomeen wurden alle makroskopisch sichtbaren Aufwüchse fotografisch dokumentiert und der Deckungsgrad des Belages nach der Skala gemäß Schaumburg et al. (2012a) abgeschätzt. Im Anschluss daran wurde Aufwuchsmaterial gewonnen, fixiert und im Labor (IDUS, Ottendorf-Okrilla) bestimmt (Phytobenthos ohne benthische Diatomeen und benthische Diatomeen). Die Aufbereitung der Diatomeenproben fand gemäß der PHYLIB-Verfahrensanleitung (Schaumburg et al. 2006, 2012a) statt.

Die Bewertungen erfolgte nach WRRL mit der aktuellsten Version der PHYLIB Software. Auf Basis der vorgefundenen Makrophyten- und Phytobenthosbesiedlung wurde so für jede Messstelle eine ökologischen Zustandsklasse (dezimal nach dem 5-stufigen System der WRRL, s. Tab. 6, Kap. 5.3) ermittelt, welche den Grad der Abweichung vom Referenzzustand widerspiegelt. Den Referenzzustand stellt der entsprechende Makrophyten-, Diatomeen- bzw. Phytobenthostyp dar, welcher auf Basis der biozönotisch begründeten Fließgewässertypen Deutschlands den Probestrecken zugewiesen wird. Details hierzu finden sich unter <https://gewaesser-bewertung.de>, dem Informationsportal zur Bewertung der Oberflächengewässer gemäß WRRL, unterstützt durch das Umweltbundesamt (UBA) und die Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).

5.6 Großmuschelkartierung in der Kleinen Weisach

Die Kartierung des Bachmuschelbestands in der Kleinen Weisach erfolgte gemäß den Abstimmungen zwischen Frau Dipl.-Biol. Baumann, Landschaftspflegeverband Mittelfranken e.V., und Frau Cellarius, Ingenieurbüro Dr. Resch & Partner, anhand einer Übersichtskartierung und einer Detailkartierung. Die genaue Lage der Abschnitte kann dem Anhang des zugehörigen Kartierberichtes entnommen werden (ÖKON 2022 bzw. Anlage 3 der UVS).

Die Detailkartierung erfolgte in insgesamt 28 Abschnitten (D1–D28) mit jeweils 200 m Länge auf einer Strecke von etwa 5,0 km zwischen der Wehranlage Dutendorf und Frimmersdorf. Der vorgesehene Abschnitt D29 erwies sich vor Ort aufgrund des Wehrrückstaus als ungeeignet. Die Methodik orientierte sich am derzeit gängigen Standard (Kartieranleitung „Bachmuschel“ des LWF & LfU, Stand 2013; Ansatz mit 10 Min. Suchzeit auf 20 m Gewässerstrecke). Im Anschluss an die

Detailkartierung wurde an der jeweils vielversprechendsten Stichprobenstelle ober- und unterhalb der Einmündung des Sechselbachs die Altersstruktur der Bachmuschelpopulation erhoben (Vermessen und Zählen der Altersringe bei max. 100 Individuen pro Abschnitt).

Zusätzlich zur Detailkartierung erfolgte eine Übersichtskartierung mittels Stichproben an insgesamt 8 Abschnitten (Ü1-Ü8), davon 4 Abschnitte oberhalb des Bereichs der Detailkartierung, zwischen Hombeer und Wehranlage Dutendorf, sowie 4 Abschnitte unterhalb, zwischen Frimmersdorf und der Mündung der Kleinen Weisach in die Aisch. Die Übersichtskartierung richtete sich nach den Methoden der Detailkartierung (10 Min. Suchzeit auf 20 m Gewässerstrecke, in Anlehnung an LWF & LfU 2013). Dabei wurden die Probestellen in möglichst gut für Bachmuscheln geeignete Abschnitte gelegt. Die Auswahl dieser Bereiche erfolgte über Luftbilddauswertung und Überprüfung der Bedingungen vor Ort. Eine vollständige Einsicht der Habitatbedingungen dieser Gewässerstrecken erfolgte aus Gründen der Kostenersparnis nicht.

Die Absuche des Gewässergrundes erfolgte visuell mit Hilfe von Aquaskopen und taktil (Abb. 12). Gefundene Muscheln wurden jeweils kurz in Eimern zwischengehändert und bestimmt. Im Anschluss daran wurden die Tiere wieder vorsichtig ins Gewässer zurückgesetzt.

Die Kartierung der Abschnitte Ü1-Ü4 sowie D1-D15 erfolgte am 02. und 03.08.2021. Die Abschnitte D16-D28 sowie Ü5-Ü8 wurden am 07. und 08.09.2021 auf Bachmuschelbestände untersucht. Die Altersbestimmung (D1 und D25) fand am 08.09.2021 statt.



Abb. 12: Großmuschelkartierung in der Kleinen Weisach. Links: Taktile Muschelsuche mit den Händen durch vorsichtiges Durchgraben des sandigen Substrates. Rechts: Visuelle Muschelsuche mit dem Aquaskop.

5.7 Daten der offiziellen WRRL-Messstelle Lonnerstadt

Von der WRRL-Messstelle in Lonnerstadt (Messst.-Nr. 38463) wurden alle zur offiziellen Verfügung bereitgestellten relevanten wasserchemischen Datensätze heruntergeladen (www.gkd.bayern.de). Dabei handelt es sich um Daten aus den Untersuchungsjahren 2011, 2014, 2017 und 2020.

5.8 Anlagenwerte der ARA aus dem Untersuchungszeitraum April 2021 bis März 2022

Von der Martin Bauer GmbH & Co. KG wurden die Messprotokolle aus der Eigenüberwachung der Betriebskläranlage aus dem Zeitraum vom 01.01.2021 bis 30.04.2022 zur Verfügung gestellt.

5.9 Datenbehandlung

Für die Darstellung der Messwerte wurden die im Feld gewonnenen **Rohdaten** abgebildet und zu weiteren Berechnungen herangezogen.

Zur Berechnung der **Mittelwerte** für den Normalbetrieb (100 % Fällmittelzugabe) und den fällmittelreduzierten Betrieb (49 % Fällmittelzugabe) wurden die Daten aus dem ersten Versuchsdurchlauf zur Fällmittelreduktion ausgespart (reduzierter Betrieb: 21.06.2021 und Normalbetrieb: 23.06.2021). Grund hierfür ist zum einen, dass im ersten Versuch noch nicht die höchstmögliche Reduktionsstufe erreicht wurde, während bei den Versuchen Nr. 2 bis 4 einheitlich eine Reduktion auf rund 49 % Fällmitteleinsatz stattfand. Zum anderen zeigte sich anhand der etwas zu niedrigen Chlorid- und noch relativ hohen DOC-Werte im ARA-Abwasser, dass am 23.06.2021, an dem die Anlage wieder normal lief und der Mischwasserbehälter bereits mit „normalem“ Abwasser hätte gespült sein müssen, die Wartezeit von knapp 3 Tagen dennoch zu kurz gewesen und offenbar noch „reduziertes“ Abwasser im Mischtank verblieben war (s. Kap. 5.2.1). Die an diesem Tag entnommenen Proben, die als „Normalbetrieb“ hätten gelten sollen, waren somit noch „teilreduziert“ und wurden deshalb vorsorglich aus der Bewertung genommen. Demnach berechnen sich Mittel- und Medianwerte des Normalzustands aus 11 Messwerten, während für den fällmittelreduzierten Zustand 3 Messwerte zur Berechnung von Mittel- und Medianwert vorliegen.

Aus den vorhandenen Messdaten zu den Parametern pH-Wert, Temperatur und Ammonium-Stickstoffgehalt wurde die theoretisch vorhandene Menge an **Ammoniak-Stickstoff** mit der chemischen Umrechnungsformel nach Emerson et al. (1975) berechnet.

Bei den **Proben vom 23.06.2021**, die aus organisatorischen Gründen eingefroren werden mussten, ist aufgrund der Frostung von einem **fehlerhaften Nitrit-Stickstoffgehalt** auszugehen, weshalb diese Werte aus der Datenserie genommen wurden.

Zur Angabe von physikalischen Einheiten wird im vorliegenden Gutachten die **wissenschaftliche Schreibweise mit Exponenten** verwendet: Beispielsweise wird die Stoffkonzentration von 1 Gramm pro Liter im Text angegeben als 1 g L^{-1} . In der nachfolgenden Tabelle finden sich die im Bericht verwendeten gängigen Einheiten.

Zur **Angabe von chemischen Elementen** werden die einfachen Abkürzungen nach dem allgemeingültigen Periodensystem der Elemente verwendet, z. B. P für Phosphor oder N (engl.: *nitrogen*) für Stickstoff. Geladene Teilchen (Ionen) werden im Bericht fortan der Einfachheit halber ohne Ladungen angegeben, so z. B. Cl anstelle von Cl^- für Chlorid-Ionen.

Zahlen über Tausend werden mit dem **Tausenderzeichen** angegeben, z. B. 5.000.

Analytische Messwerte, die unter der jeweiligen **Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze** lagen, werden für weitere Betrachtungen dieser gleichgesetzt, also im Sinne eines „worst case Szenarios“ behandelt.

Zur **Datenanalyse** wurde Microsoft Excel für Mac 2019 Version 16.47, verwendet sowie die freie Software R (R, Version 4.1.2 (2021) "Bird Hippie" und R Studio, Version 1.4.1106, „Tigerdaylily“ mit den Softwarepaketen base, dplyr, ggplot2, ggpubr, grid, gridExtra, gtable, lubridate, plyr, readxl, reshape2, scales, tidyr, xlsx, zoo.

Tab. 7: Verwendete physikalische Einheiten

Einheit	Kürzel	Umrechnung in höhere und niedrigere Einheit
Kilogramm	kg	1 kg = 1.000 g
Gramm	g	1 g = 0,001 kg und 1 g = 1.000 mg
Milligramm	mg	1 mg = 0,001 g und 1 mg = 1.000 µg
Mikrogramm	µg	1 µg = 0,001 mg
Liter	L	1 L = 1.000 ml
Milliliter	ml	1 ml = 0,001 L
Gramm pro Liter	g L ⁻¹	1 g L ⁻¹ = 1.000 mg L ⁻¹
Milligramm pro Liter	mg L ⁻¹	1 mg L ⁻¹ = 0,001 g L ⁻¹ und 1 mg L ⁻¹ = 1.000 µg L ⁻¹
Meter	m	1 m = 100 cm

5.10 Berechnungen theoretischer Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach

Die theoretische stoffliche Belastung der Kleinen Weisach unterhalb der Einleitungsstelle, die künftig unterhalb der Sechselbachmündung liegen soll, kann aus einer einfachen Mischungsrechnung abgeleitet werden:

Fracht Kl. Weisach unterhalb (uh) Mündung =

Fracht ARA + Fracht Kleine Weisach oberhalb (oh) + Fracht Sechselbach

oder in Formelschreibweise:

$$C_{\text{Kl. Weisach uh}} \cdot Q_{\text{Kl. Weisach uh}} = C_{\text{ARA}} \cdot Q_{\text{ARA}} + C_{\text{Kl. Weisach oh}} \cdot Q_{\text{Kl. Weisach oh}} + C_{\text{S}} \cdot Q_{\text{S}}$$

Nach Umstellung der Variablen erhält man die Stoffkonzentration in der Kleinen Weisach unterhalb der Einleitungsstelle bzw. der Sechselbachmündung (Gleichung 1):

$$C_{\text{Kl. Weisach uh}} = (C_{\text{ARA}} \cdot Q_{\text{ARA}} + C_{\text{Kl. Weisach oh}} \cdot Q_{\text{Kl. Weisach oh}} + C_{\text{S}} \cdot Q_{\text{S}}) / Q_{\text{Kl. Weisach uh}} \quad (1)$$

Die Stoffkonzentrationen im Sechselbach sind nicht bekannt. Sie werden der Einfachheit halber der Konzentration der Kleinen Weisach oberhalb gleichgesetzt (Gleichung 2).

$$C_S = C_{\text{Kl. Weisach oh}} \quad (2)$$

Der Abfluss der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung setzt sich aus Kleiner Weisach, Sechselbach und Abwasser der ARA zusammen:

$$Q_{\text{Kl. Weisach uh}} = Q_{\text{Kl. Weisach oh}} + Q_S + Q_{\text{ARA}} \quad (3)$$

Aus dem Einsetzen der Gleichungen (2) und (3) in (1) ergibt sich:

$$C_{\text{Kl. Weisach uh}} = \{C_{\text{ARA}} * Q_{\text{ARA}} + C_{\text{Kl. Weisach oh}} * (Q_{\text{Kl. Weisach oh}} + Q_S)\} / (Q_{\text{Kl. Weisach oh}} + Q_S + Q_{\text{ARA}})$$

ARA	Betriebskläranlage Martin Bauer GmbH & Co. KG
C _{ARA}	Mittelwert der im Monitoring gemessenen Stoffkonzentrationen im Abwasser der ARA
C _{Kl. Weisach oh}	Stoffkonzentration im Wasser der Kleinen Weisach oberhalb der Sechselbachmündung (Hintergrundkonzentration)
C _{Kl. Weisach uh}	Stoffkonzentration im Wasser der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung, d.h. uh der Einleitung der ARA (voll durchmischt)
C _S	Stoffkonzentration im Wasser des Sechselbaches; da unbekannt, wird der Wert den Werten der Kleinen Weisach oberhalb gleichgesetzt
Q _{ARA}	Abfluss ARA: im aktuellen Betrieb max. 350 m ³ d ⁻¹ , im künftig angestrebten Betrieb max. 420 m ³ d ⁻¹
Q _{Kl. Weisach oh}	Abfluss der Kleinen Weisach oberhalb der Sechselbachmündung: 70 L s ⁻¹ bei Mittlerem Niedrigwasser (MNQ) – Angabe aus dem Wasserrechtsverfahren der Kommunalen Kläranlage Vestenbergsgreuth (Mitteilung Fr. Cellarius, Ingenieurbüro Dr. Resch & Partner, Weißenburg, Email vom 21.01.2020)
Q _S	Abfluss des Sechselbaches: 9 L s ⁻¹ bei Mittlerem Niedrigwasser (MNQ) – Angabe aus dem Wasserrechtsbescheid der ARA Martin Bauer GmbH & Co. KG, Landratsamt Erlangen-Höchstadt 2012
Q _{Kl. Weisach uh}	Abfluss der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung

Bei der Berechnung können verschiedene Messwerte zugrunde gelegt und miteinander kombiniert werden: Messwerte für die Kleine Weisach aus dem vorliegenden gewässerökologischen Monitoring oder Werte aus den offiziellen Erhebungen des WRRL-Monitorings an der Messstelle bei

Lonnerstadt sowie Messwerte des ARA-Abwassers aus dem Monitoring, aus der Eigenüberwachung der Anlage oder aber die angestrebten sowie auch die aktuellen Bescheidwerte.

Es wurden folgende Varianten ausgewählt, bei denen für die ARA stets die Monitoringdaten herangezogen werden:

Variante 1a – Mittelwerte Monitoringdaten Kleine Weisach und ARA

Der Hintergrundwert der Kleinen Weisach wird durch den Mittelwert aus den erhobenen Monitoringdaten gebildet. Zusätzlich erfolgt noch eine Betrachtung für Chlorid mit dem Mittelwert aus den in 2019 durch Resch & Partner erhobenen Daten. Die Stoffkonzentration im Abwasser der ARA wird ebenfalls als Mittelwert der Monitoringdaten (Normalbetrieb oder 49 % Fällmitteleinsatz) übernommen.

Variante 1b – Medianwerte Monitoringdaten Kleine Weisach und ARA

Der Hintergrundwert der Kleinen Weisach wird durch den Medianwert aus den erhobenen Monitoringdaten gebildet. Zusätzlich erfolgt noch eine Betrachtung für Chlorid mit dem Medianwert aus den in 2019 durch Resch & Partner erhobenen Daten. Die Stoffkonzentration im Abwasser der ARA wird ebenfalls als Medianwert der Monitoringdaten (Normalbetrieb oder 49 % Fällmitteleinsatz) übernommen.

Vorteil dieser Variante ist, dass Ausreißer in der Datenserie nicht zum Tragen kommen.

Variante 2 – WRRL-Bewertung Kleine Weisach aus dem 3. Monitoringzeitraum (Datenerhebung 2017)

Der Hintergrundwert der Kleinen Weisach wird durch die offiziellen WRRL-Monitoringwerte aus dem aktuellen Bewertungsergebnis der Allgemein-Physikalisch-Chemischen Parameter mit den Daten des 3. Monitoringzeitraums (2016-2021) von 2017 gebildet (Messstelle Lonnerstadt). Die Stoffkonzentration im Abwasser der ARA wird als Mittelwert der Monitoringdaten (Normalbetrieb oder 49 % Fällmitteleinsatz) übernommen.

Da an der Messstelle jedoch kein Abfluss erhoben wird, kann die tatsächliche Stofffracht im Bach nicht berechnet werden. Es lässt sich nur eine Schätzung unter der Annahme abgeben, dass der Abfluss der Weisach an dieser Stelle aufgrund der unterhalb der Sechselbachmündungen zufließenden Bäche und Gräben sowie aufgrund der abgeschlagenen kommunalen und industriellen Abwässer um einen erheblichen Prozentsatz gestiegen ist.

Für die vorliegenden Berechnungen wurde daher die Annahme getroffen, dass der Abfluss bei Lonnerstadt 150 % des MNQ unterhalb des Sechselbachmündung beträgt (inklusive Normalabschlag der ARA), d.h. rund 114 L s^{-1} . Dieser Wert basiert nicht auf Messungen oder offiziellen Daten, sondern auf einer überschlägigen Schätzung anhand der Anzahl der zulaufenden Gräben und Bäche inkl. Einleitern bis Lonnerstadt. Wahrscheinlich wird der Abfluss der Kleinen Weisach an der Messstelle hierdurch jedoch zu niedrig angesetzt. Mit diesem Annahmewert lassen sich nun die theoretischen Hintergrundkonzentrationen in der Kleinen Weisach oberhalb der ARA-Einleitung mit den o. g. Formeln errechnen und folglich die künftig möglichen Konzentrationen bei Lonnerstadt unter verschiedenen Betriebszuständen der ARA ermitteln.

Die Ergebnisse dieser Berechnungsvariante sind daher als grobe Schätzungen einzustufen und besitzen nur Hinweischarakter!

Variante 3 – Aktuelle WRRL-Daten Kleine Weisach (Datenerhebung 2020)

Der Hintergrundwert der Kleinen Weisach wird durch die WRRL-Monitoringergebnisse von 2020 gebildet (die in die Bewertung für den Zeitraum 2022-2027 eingehen werden). Diese Werte können über den Gewässerkundlichen Dienst Bayern (GKD) für die Messstelle Lonnerstadt abgerufen werden. Die Stoffkonzentration im Abwasser der ARA wird als Mittelwert der Monitoringdaten (Normalbetrieb oder 49 % Fällmitteleinsatz) übernommen.

Die Berechnungen erfolgen analog zu Variante 2 unter denselben Annahmen bzgl. des Abflusses und den sich daraus ergebenden Einschränkungen. Die Ergebnisse dieser Berechnungsvariante sind daher als grobe Schätzungen einzustufen und besitzen nur Hinweischarakter!

Variante 4 – Eigenüberwachung ARA

Der Hintergrundwert der Kleinen Weisach wird durch den Mittelwert aus den erhobenen Monitoringdaten gebildet. Zusätzlich erfolgt noch eine Betrachtung für Chlorid mit dem Mittelwert aus den in 2019 durch Resch & Partner erhobenen Daten. Die Stoffkonzentration im Abwasser der ARA wird als Mittelwert aus der Eigenüberwachung im Zeitraum Januar 2021 bis April 2022 übernommen. Für den Normalbetrieb wird der Mittelwert aus jenen Monatsmitteln gebildet, in denen kein Versuch zur Fällmittelreduktion stattfand. Für den Wert bei 49 % Fällmitteleinsatz werden die Werte des jeweils letzten Versuchstages gemittelt.

Variante 5a und b – Angestrebte Bescheidwerte

Der Hintergrundwert der Kleinen Weisach wird durch den Mittelwert (Variante 5a) bzw. den Medianwert (Variante 5b) aus den erhobenen Monitoringdaten gebildet. Die Stoffkonzentration im Abwasser der ARA wird den angestrebten Bescheidwerten gleichgesetzt.

Diese Variante ist als „worst case“ Szenario zu betrachten und soll veranschaulichen, wie sich eine Ausschöpfung der erlaubten Grenzwerte bemerkbar machen würde - zur Ergänzung wurden auch Prognosewerte für die aktuellen Bescheidwerte berechnet.

Variante 6 – Aktuelle Bescheidwerte

Der Hintergrundwert der Kleinen Weisach wird durch den Mittelwert aus den erhobenen Monitoringdaten gebildet. Die Stoffkonzentration im Abwasser der ARA wird den aktuellen Bescheidwerten gleichgesetzt.

5.11 Berechnungen der Mischwassertemperatur in der Kleinen Weisach

Um zu überprüfen, ob das zugeleitete Abwasser der ARA zu einer kritischen Erhöhung der Wassertemperatur in der Kleinen Weisach führt, wurde nach dem im vorangegangenen Kapitel 5.10 beschriebenen Berechnungsmodell die Wassertemperatur für die Kleine Weisach unterhalb der Einleitung der ARA ermittelt. Da auch zu den Wassertemperaturen des Sechselbaches nichts bekannt

ist, wurde der Einfachheit halber die Sechselbachttemperatur derjenigen der Kleinen Weisach oberhalb der Einleitung gleichgesetzt.

Bei der Betrachtung der Wassertemperaturen geht es lediglich um die erreichten Maximaltemperaturen, wenn man der OGewV (2016) nach urteilt. Unterschieden wird dabei zwischen Winterhalbjahr, das gem. der OGewV-Bewertung von Dezember bis März andauert, und Sommerhalbjahr, das von April bis November angesetzt wird. Es sei angemerkt, dass sich OGewV-Definition der Halbjahre von derjenigen der hydrologischen Halbjahre in Bezug auf den Abfluss abweicht: Das hydrologische Winterhalbjahr im Bezug auf den Abfluss dauert von November bis einschließlich April, das hydrologische Sommerhalbjahr im Bezug auf den Abfluss von Mai bis einschließlich Oktober. Die erlaubte Temperaturerhöhung durch Wärmeeinleiter richtet sich nach der Fischregion des Gewässers.

Auch bei der Berechnung der Mischwassertemperatur können verschiedene Ausgangswerte zugrunde gelegt werden:

Hintergrundwert der Kleinen Weisach an der M1

- Maximalwerte der monatlichen Messwerte aus dem gewässerökologischen Monitoring
- Maximalwerte aus den Aufzeichnungen der Datenlogger
- Maximalwert aus den über den GKD abrufbaren Werten der Kleinen Weisach an der Messstelle bei Lonnerstadt

Abwassertemperatur der ARA

- Maximalwerte der monatlichen Messwerte aus dem gewässerökologischen Monitoring
- Maximalwerte aus den Aufzeichnungen der Datenlogger
- Maximalwert aus den Protokollen der Eigenüberwachung im Untersuchungszeitraum

Da die Eigenüberwachung die Abwasserwerte im Anlagenhaus misst, die Monitoringdaten jedoch i. d. R. am Abwasserrohr erfasst wurden und damit die reale Situation widerspiegeln – nämlich, dass das Abwasser vor Einleitung in den Vorfluter bereits eine gewisse Strecke im Abwasserrohr fließt und so bereits vermutlich etwas abkühlt – wird auf eine zusätzliche Berechnungsvariante mit Werten aus der Eigenüberwachung verzichtet.

5.12 Bewertung der gesammelten Untersuchungsergebnisse

Gemäß Anhang V der WRRL dienen in Fließgewässern die allgemeinen chemischen und physikalisch-chemischen Komponenten (Temperaturverhältnisse, Sauerstoffhaushalt, Salzgehalt, Versauerungszustand, Nährstoffverhältnisse) der unterstützenden Bewertung der biologischen Komponenten. Im Rahmen der Projekte O 3.12 und O 3.15 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2012 der LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) wurde von Halle & Müller (2014, 2015 & 2017) anhand der bundesweiten WRRL-Monitoringergebnisse der biologischen Qualitätskomponenten (QK) und der chemisch-physikalischen Parameter eine datenbasierte statistische Ableitung von Orientierungswertvorschlägen für die allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter (ACP) in Fließgewässern durchgeführt. Unter dem Begriff „Orientierungswert“ eines ACP wird der Wert verstanden, bei dessen Verletzung (d. h. Über- oder Unterschreitung)

der ACP eine Größenordnung annimmt, die in aller Regel keinen guten ökologischen Zustand des Gewässers mehr erlaubt, ohne dass es dazu noch eines weiteren ACP mit Orientierungswertverletzung brauchen würde (Halle & Müller 2014). Mit Ausnahme des Orientierungswertvorschlags für Chlorid fanden sämtliche andere Wertvorschläge von Halle & Müller Eingang in die 2016 novellierte Oberflächengewässerverordnung (OGewV).

Tab. 8: Orientierungswerte nach OGewV (2016) für den Fließgewässertyp 6_K mit zugeordneter Fischgemeinschaft „cyprinidengeprägtes Rhitral“ bzw. nach Umweltqualitätsnorm (UQN)

Parameter	Zustand „gut“	JD
Orientierungswerte nach OGewV (2016) Anlage 7		
Temperatur, maximal, Sommerhalbjahr (April-November) [T, °C]	≤ 23	
Δ T _{Sommer} , maximal erlaubte zusätzliche Erwärmung durch Wärmeeinleiter im Sommerhalbjahr (April bis November) [°C]	≤ 2	
Temperatur, maximal, Winterhalbjahr (Dezember-März) [°C]	≤ 10	
Δ T _{Winter} , maximal erlaubte zusätzliche Erwärmung durch Wärmeeinleiter im Winterhalbjahr (Dezember bis März) [°C]	≤ 2	
Sauerstoffgehalt [O ₂ , mg L ⁻¹]	> 7	
Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen [BSB ₅ , mg O ₂ L ⁻¹]	< 3	
Gesamter organischer Kohlenstoff [TOC, mg L ⁻¹]	< 7	
Chlorid [Cl, mg L ⁻¹]	≤ 200	
pH-Wert [pH, -]	7,0 – 8,5	
Orthophosphat-Phosphor [o-PO ₄ -P, mg L ⁻¹]	≤ 0,07	
Gesamtphosphor [P _{ges} , mg L ⁻¹]	≤ 0,10	
Ammonium-Stickstoff [NH ₄ -N, mg L ⁻¹]	≤ 0,1	
Ammoniak-Stickstoff [NH ₃ -N, µg L ⁻¹]	≤ 2	
Nitrit-Stickstoff [NO ₂ -N, µg L ⁻¹]	≤ 50	
Orientierungswert nach OGewV (2016) Anlagen 6 und 8		
Nitrat-Stickstoff [NO ₃ -N, mg L ⁻¹], umgerechnet aus Vorgabe für Nitrat		≤ 11,29

Erläuterungen: Orientierungswert (Spalte 2) ist der Jahresdurchschnittswert für einen „guten ökologischen Zustand“ - nach OGewV (2016) gilt das arithmetische Mittel aus den Mittelwerten drei aufeinanderfolgender Kalenderjahre. JD = Jahresdurchschnittswert.

Zur Bewertung der in den Fließgewässern erfassten Gewässerparameter wurde als Orientierung die OGewV (2016) für den Fließgewässertyp 6_K, „Feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche des Keupers“, verwendet (Tab. 8), dem die Kleine Weisach zugeordnet wird. Die hiesige Fischgemeinschaft fällt nach Auskunft der Fischereifachberatung Mittelfranken (Mitteilung Herr Balk, 29.01.2020) in das cyprinidengeprägten Rhitral. Des Weiteren wurde die Güteklassifikation der LAWA (1998) (Tab. 9) zur Bewertung der Menge an adsorbierbaren organischen Halogenverbindungen (AOX) verwendet, für die es in der OGewV (2016) noch keinen Wertvorschlag gibt. Ebenso wurden als Beurteilungsgrundlage die Wertangabe nach Halle & Müller (2014) für Chlorid

herangezogen (Tab. 10) und die allgemeine Umschreibung des Fließgewässertyps 6_K nach Pottgießer & Sommerhäuser (2008), die neben verschiedenen Kenngrößen auch die gewässertypischen Werte für die elektrische Leitfähigkeit beinhaltet (Tab. 11).

Tab. 9: Auszug der Güteklassifikation nach LAWA (1998)

Gewässergüteklasse		AOX [mg L ⁻¹]	Cl [mg L ⁻¹]
I	Anthropogen unbelastet	0	≤ 25
I-II	Sehr geringe Belastung	≤ 0,010	≤ 50
II	Mäßige Belastung	≤ 0,025	≤ 100
II-III	Deutliche Belastung	≤ 0,050	≤ 200
III	Erhöhte Belastung	≤ 0,100	≤ 400
III-IV	Hohe Belastung	≤ 0,200	≤ 800
IV	Sehr hohe Belastung	> 0,200	> 800

Abkürzung: AOX = adsorbierbare organische Halogenverbindungen, Cl = Chlorid

Tab. 10: Chloridwert für einen günstigen Zustand nach Halle & Müller (2014) für Fließgewässertyp 6_K

Parameter	Cl [mg L ⁻¹]
Wertebereich (günstig)	≤ 50

Abkürzung: Cl = Chlorid mit Angabe für Gewässer basenarm-organischer Ausprägung (d.h. nicht silikatisch)

Tab. 11: Leitfähigkeits-Kennwerte für den Fließgewässertyp 6_K nach Pottgießer & Sommerhäuser (2008)

Parameter	LF [μS cm ⁻¹]
Wertebereich (typisch)	400 – 2.500

Abkürzung: LF = elektrische Leitfähigkeit

Tab. 12: Empfehlungswerte für Bachmuschelgewässer (Bachmuscheln und deren Wirtsfische) nach dem Leitfaden zum Bachmuschelschutz des LfU (2013)

Parameter	BSB ₅ [mg L ⁻¹]	Cl [mg L ⁻¹]	NH ₄ -N [mg L ⁻¹]	NO ₃ -N [mg L ⁻¹]
Wertebereich (gut)	≤ 6	≤ 50	≤ 0,4 (Bachmuschel) ≤ 0,2 (Wirtsfische)	≤ 2

Abkürzung: BSB₅ = biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen, Cl = Chlorid, NH₄-N = Ammonium-Stickstoff, NO₃-N = Nitrat-Stickstoff

6 Ergebnisse

6.1 Klimatische Verhältnisse und weitere Beobachtungen im Untersuchungszeitraum

Für die monatlichen Probenahmen vor Ort sind folgende klimatische bzw. das Gewässer betreffende Beobachtungen zu vermerken:

- Perioden reichen Niederschlags und Hochwasserlagen bzw. hohe Wasserpegel mit entsprechender Strömung und teils starker Gewässertrübung in der Kleinen Weisach in den Monaten Juni, Juli, August und Dezember 2021 sowie Januar und Februar 2022
- Sehr trübes Wasser im Oktober 2021 in den beiden kleinen Fischteichen, die knapp oberhalb der Probestelle M1 an die Kleine Weisach angebunden sind; an der Wasseroberfläche schwammen größere Mengen Fallobst; das Bachwasser war hingegen klar
- ein von der Probestelle M3 aus zu sehender, oberhalb gelegener Biberdamm im November 2021
- viel Geschwemmsel an der Bojenkette der Temperaturlogger an Probestelle M1, v. a. nach höheren Wasserlagen; hierdurch trieb die Boje samt darunter hängender Logger nicht immer in der Bachmitte und wurde manchmal unter Wasser gezogen; die Sonden wurden durch das Geschwemmsel möglicherweise auch gelegentlich oberflächennah positioniert oder gerieten gar in Kontakt mit der Luft

Tab. 13: Wochenmittelwerte (zu den Beprobungsterminen) der Abflusswerte der Aisch an der Pegelmessstelle „Laufermühle“ unterhalb der Mündung der Kleinen Weisach und Stammdaten der Pegelmessstelle

Monat	Abfluss Q [m ³ s ⁻¹]			Stammdaten 1927-2012 - Q [m ³ s ⁻¹]		
	MW	Max	Min	Winter	Sommer	Jahr
Apr 21	2,72	3,35	2,44	NQ	0,61	0,30
Mai 21	3,08	3,86	2,44			
Jun 21	5,04	7,65	2,80	MNQ	2,06	1,55
Jul 21	22,77	68,90	7,65			
Aug 21	3,62	4,65	3,04	MQ	7,00	3,28
Sep 21 (f)	2,87	3,36	2,56			
Sep 21 (n)	2,61	3,23	2,00	MHQ	63,30	28,30
Okt 21 (f)	2,64	3,16	2,11			
Okt 21 (n)	3,46	5,70	1,69	HQ	218,00	360,00
Nov 21	2,48	2,85	1,89			
Dez 21	4,40	5,90	3,35			
Jan 22	9,43	18,50	6,53			
Feb 22 (f)	9,59	18,60	6,10			
Feb 22 (n)	7,05	12,50	5,82			

Monat	Abfluss Q [m ³ s ⁻¹]			Stammdaten 1927-2012 - Q [m ³ s ⁻¹]		
	MW	Max	Min	Winter	Sommer	Jahr
Mrz 22 (f)	4,16	5,28	3,45			
Mrz 22 (n)	3,31	3,65	3,02			

Erläuterungen und Abkürzungen: MW = Wochenmittelwert zu den Beprobungsterminen, Max = Maximum in der Woche des Probenahmetermins, Min = Minimum der Woche des Probenahmetermins, (f) = Beprobung fällmittelreduzierter Betrieb der ARA, (n) = Beprobung Normalbetrieb der ARA, NQ = Niedrigwasserabfluss, MNQ = Mittlerer Niedrigwasserabfluss, MQ = Mittelwasserabfluss, MHQ = Mittlerer Hochwasserabfluss, HQ = Hochwasserabfluss, Winter = 01.11.-30.04., Sommer = 01.05.-31.10. Die unterschiedlichen Abflusskategorien werden verschiedenfarbig dargestellt und richten sich nach dem Wochenmittelwert (MW). Übergangstönungen wie Türkis oder Hellgrün zeigen eine Einordnung der Werte hin zur nächst höheren Abflusskategorie an.

Für die Kleine Weisach stehen keine Abflusswerte zur Verfügung, weshalb das Abflussgeschehen im Untersuchungszeitraum nicht konkret zurückverfolgt werden konnte. Unterhalb der Mündung des Baches in die Aisch befindet sich die nächstgelegene Pegelmessstelle „Laufermühle“ (Messst.-Nr. 24263000) an der Aisch. Tägliche Abflusswerte von dieser Stelle wurden über den Gewässerkundlichen Dienst Bayern (GKD) abgerufen und die Tageswerte aus den Wochen, an deren Anfang Proben im gewässerökologischen Monitoring gezogen wurden, gemittelt. Die Mittelwerte wurden mit den Stammdaten der Pegelmessstelle verglichen – nach Sommer- und Winterhalbjahr unterschieden – und grob den Abflusskategorien Niedrigwasserabfluss (NQ), Mittlerer Niedrigwasserabfluss (MNQ), Mittelwasserabfluss (MQ), Mittlerer Hochwasserabfluss (MHQ) und Hochwasserabfluss (HQ) zugeordnet (Tab. 13).

Es zeigte sich, dass zu den Zeitpunkten der Probenahmen des Monitorings zeitgleich an der Aisch überwiegend Werte um den MQ sowie im Juli 2021 ein deutlich erhöhter Abfluss vorlag. Nur im November 2021 lag der Wert deutlich näher am Winterhalbjahres-MNQ als am MQ. Vermutlich – und in Übereinstimmung mit den Beobachtungen vor Ort – treffen diese Einschätzungen also auch für die Kleine Weisach an den untersuchten Probestellen zu.

6.2 Temperatureaufzeichnung mit Datenloggern

Abb. 13 zeigt die grafische Auswertung des Gesamtdatensatzes der installierten Temperaturlogger. Aus den Messdaten geht hervor, dass sich die täglichen Abwassertemperaturen am Auslauf der ARA (Probestelle Abwasserrohr am Sechselbach) im Jahresverlauf i. d. R. zwischen etwa 27 °C und 35 °C bewegen, jedoch deutlichen Tagesschwankungen unterliegen: In kühlen Winter- und Frühjahrsmonaten wurden Unterschiede von bis zu fast 30 °C gemessen (April 2021). Diese ungewöhnliche Spannweite kann möglicherweise mit den täglichen Betriebsphasen der ARA erklärt werden - nähere Informationen zum täglichen Ablauf des Betriebes liegen jedoch nicht vor. Die Temperatureinbrüche in den Monaten August 2021 und Dezember 2021 gehen vermutlich auf Betriebspausen der Martin Bauer GmbH & Co. KG zurück.

Die Temperaturen der Kleinen Weisach (M1-M3) folgten einem jahrestypischen Verlauf mit Höchstwerten im Juni, die an der Probestelle M3 (und am 21.06.2021 an nur einem Datenlogger an der M1) an zwei Tagen den sommerlichen Orientierungswert für den Gewässertyp (maximal 23 °C) überschritten. Zwischen November und März lagen die Wassertemperaturen an allen Probestellen

unter 10 °C und stiegen erst im April über diesen Wert an. Die Orientierungswerte wurden demnach überwiegend eingehalten.

Wie an der farblichen Überlagerung der Probestellen sichtbar wird, wies die M3 i. d. R. die höchsten Temperaturen auf, während an der M2 und/oder an der M1 niedrigere Werte gemessen wurden.

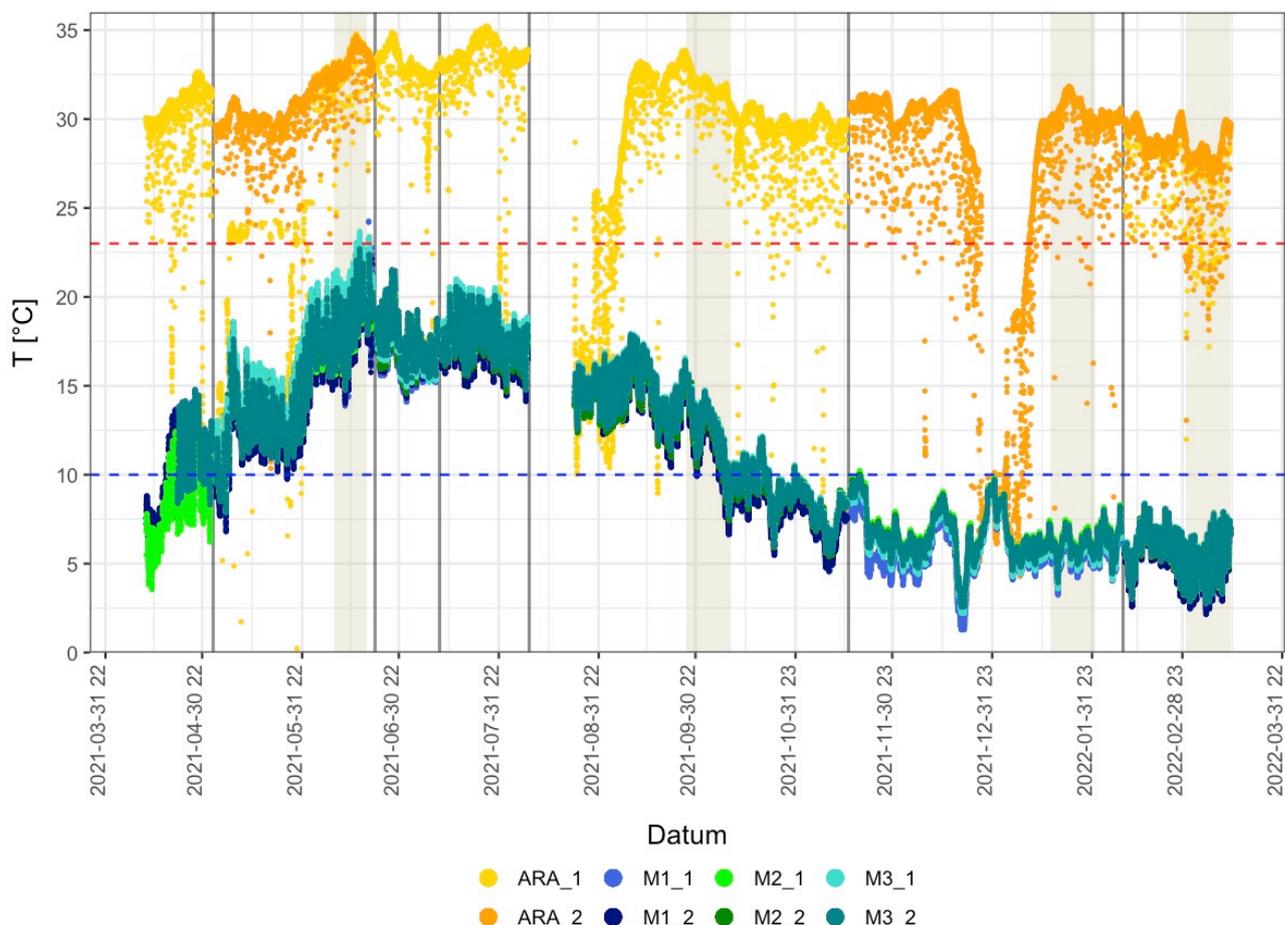


Abb. 13: Ausgewertete Daten der installierten Temperaturlogger an den Probestellen ARA, M1, M2 und M3. Pro Probestelle wurden jeweils zwei Logger installiert, deren Rohdaten um den logger-spezifischen Messfehler und offenkundige Fehlerwerte korrigiert und zeitlich aneinandergereiht wurden. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden, die vertikalen verdickten grauen Linien zeigen die Zeitpunkte des Sondenwechsels. Gelb und orange = Logger im Ablaufrohr der ARA am Sechselbach, hellblau und dunkelblau = Logger an M1, hellgrün und dunkelgrün = Logger an M2, helltürkis und dunkeltürkis = Logger an M3. Die horizontalen gestrichelten Linien geben die maximale Temperatur für das Sommerhalbjahr (rot) bzw. Winterhalbjahr (blau) für Fließgewässer des Typs 6_K im guten Zustand nach OGewV (2016) an (Orientierungswerte vgl. Tab. 8).

In Abb. 14 sind die Messwerte der Logger an M1 und M2 gesondert dargestellt (ohne ARA und M3). Die blauen Datenpunkte sind am unteren Rand der Temperaturkurve fast immer sichtbar, was bedeutet, dass die Messwerte der M1 fast immer niedriger lagen als an der M2. Abb. 15 zeigt beispielhaft den Tagesgang der Bachtemperaturen an M1 und M2, Abb. 16 den Tagesgang an der ARA im April 2021.

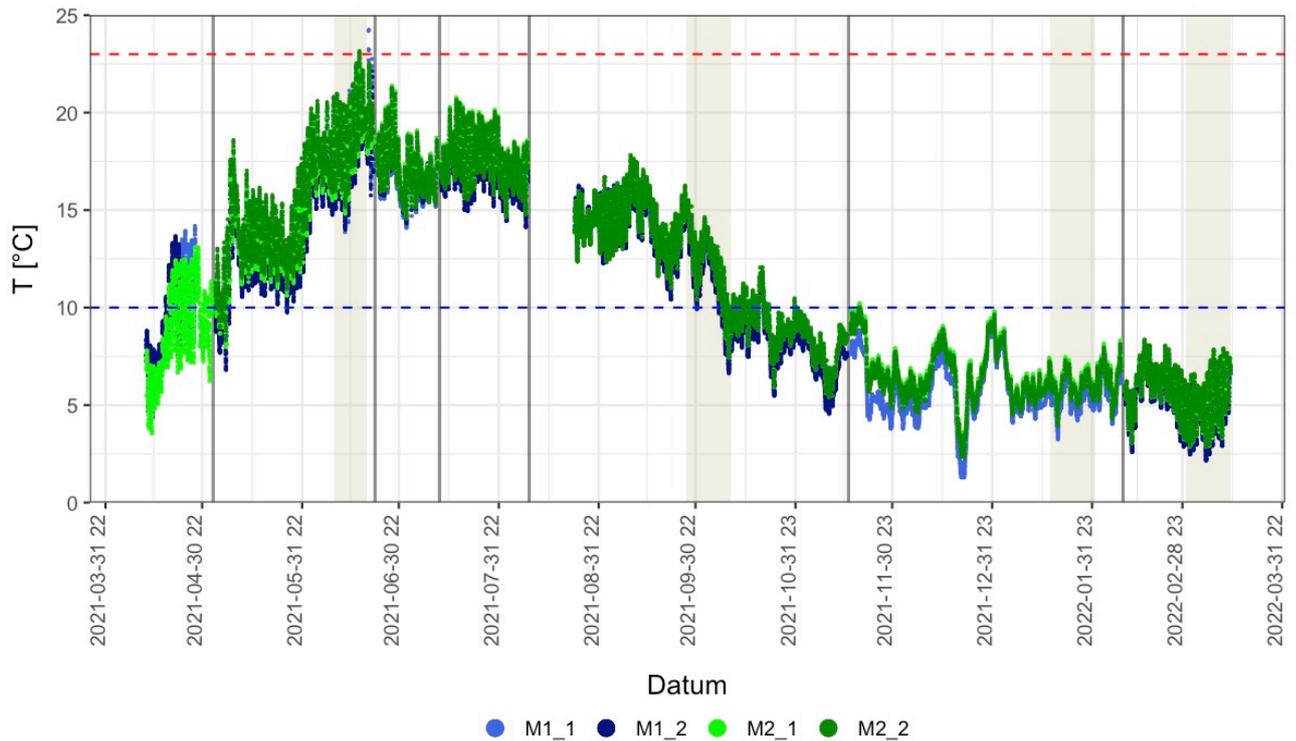


Abb. 14: Überlagerung der ausgewerteten Loggerdaten von M1, Kleine Weisach oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung, und M2, Kleine Weisach unterhalb der Einleitung. Erläuterungen siehe Abb. 13.

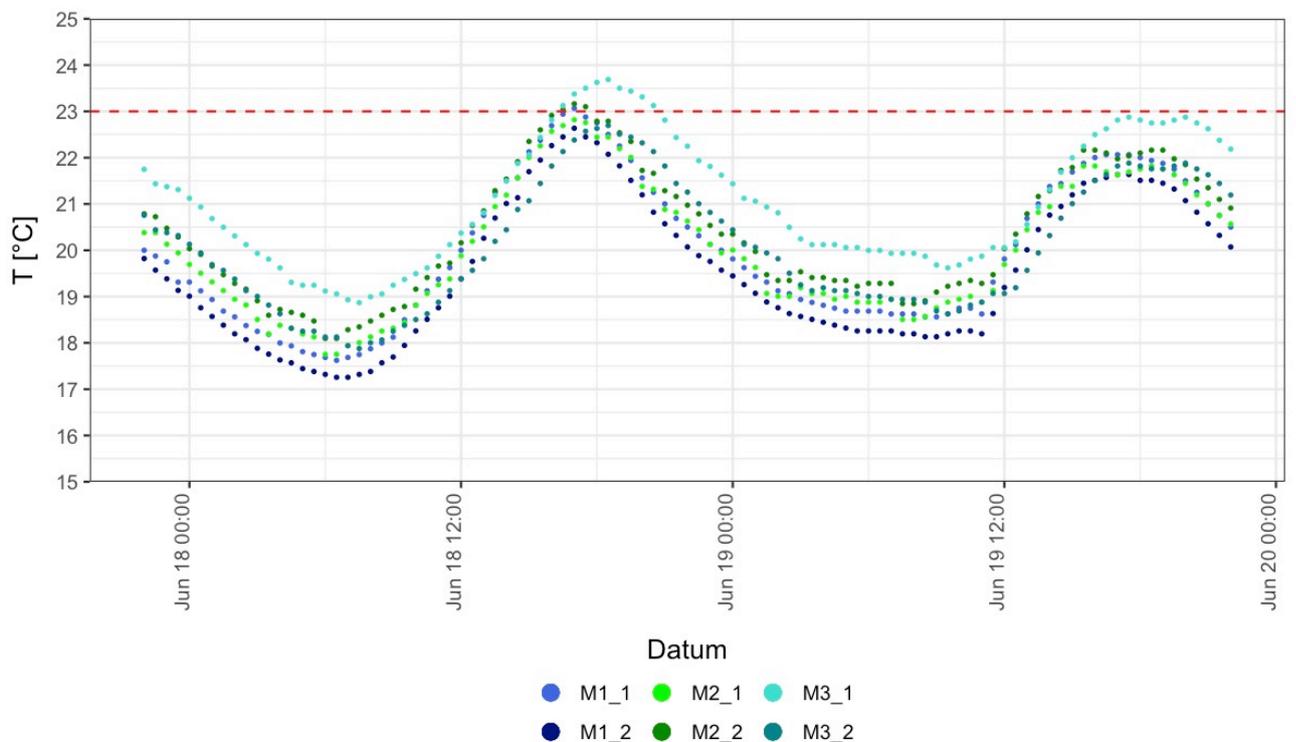


Abb. 15: Tagesgang der Temperaturen an den Probestellen M1, Kleine Weisach oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung, M2, Kleine Weisach unterhalb der Einleitung, und M3 unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage, an den Tagen zwischen dem 18. und dem 20. Juni 2021. Pro Probestelle wurden jeweils zwei Logger installiert, deren Rohdaten um den logger-spezifischen Messfehler und offenkundige Fehlerwerte korrigiert und zeitlich aneinandergereiht wurden. Hellblau und dunkelblau = Logger an M1 (die Werte der beiden Logger überlagern sich stark), hellgrün und dunkelgrün = Logger an M2, helltürkis und dunkeltürkis = Logger an M3.

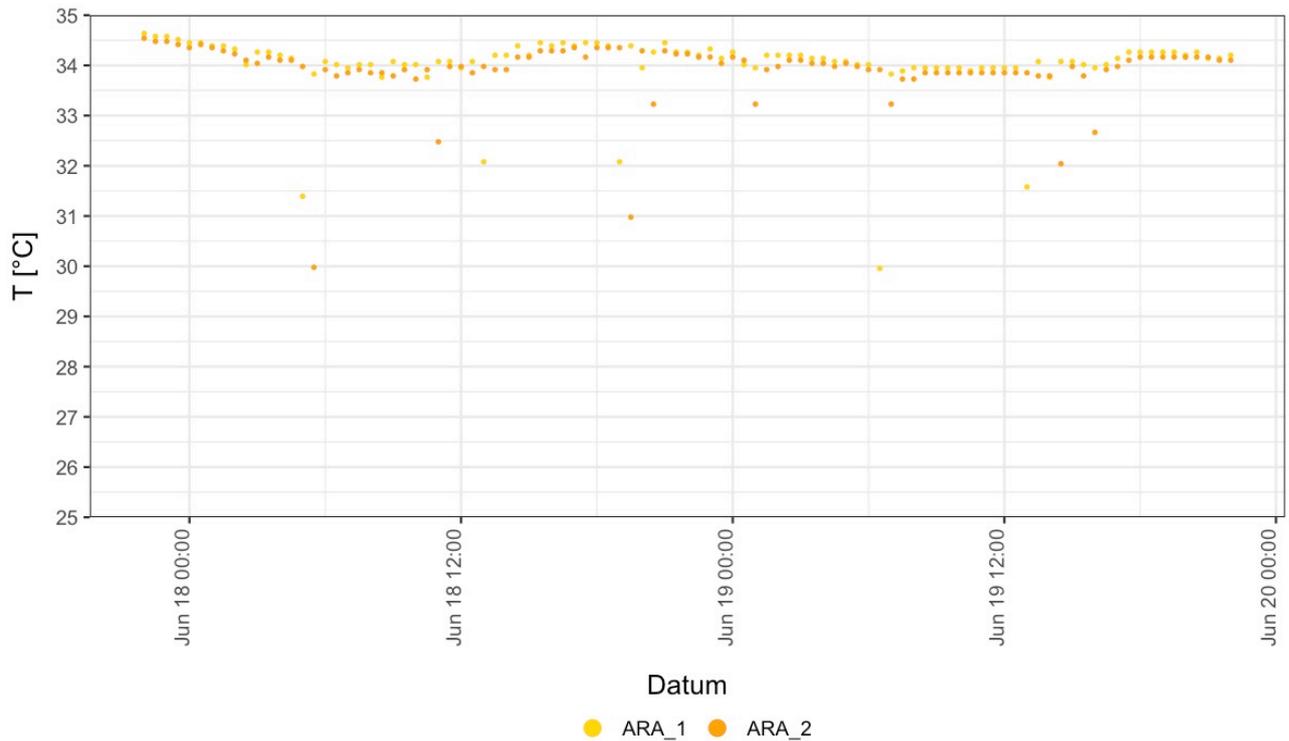


Abb. 16: Tagesgang der Temperaturen an der ARA an den Tagen zwischen dem 18. und dem 20. Juni 2021. An der Probestelle wurden zwei Logger installiert, deren Rohdaten um den logger-spezifischen Messfehler und offenkundige Fehlerwerte korrigiert und zeitlich aneinandergereiht wurden. Gelb und orange = Logger im Ablaufrohr der ARA am Sechselbach (die Werte der beiden Logger überlagern sich stark).

Um zu überprüfen, wie stark die Erwärmung zwischen M1 und M2 durch den Zulauf des Sechselbaches und die darin enthaltenen Abwässer der ARA ausfällt, wurde im Folgenden der tägliche Differenzwert ΔT berechnet und für die Halbjahre (Sommerhalbjahr: April bis November, Winterhalbjahr: Dezember bis März) aufgetragen und gemittelt bzw. der Medianwert bestimmt. Es zeigt sich, dass im Winterhalbjahr an der M2 (Kleine Weisach unterhalb der Einleitung) im Mittel eine Erwärmung um rund $+0,64$ °C gemessen werden konnte, im Median $+0,58$ °C. Für das Sommerhalbjahr betrug die mittlere Erwärmung rund $+0,42$ °C, im Median $+0,56$ °C. Nach den Vorgaben der OGeV (2016) ist für den Fließgewässertyp 6_K und die Flussregion der Kleinen Weisach (cyprinidengeprägtes Rhithral) eine Erwärmung durch Einleiter von maximal $+2$ °C (Sommer wie Winter) tolerierbar. Der Anstieg von im winterlichen Mittel maximalen $0,64$ °C liegt somit im Rahmen der Vorgaben. Auch im Sommer wird der erlaubte Erwärmungswert von max. $+2$ °C im Mittel und im Median eingehalten, wengleich im Sommer einige wenige Differenzwerte über der erlaubten Erhöhung liegen.

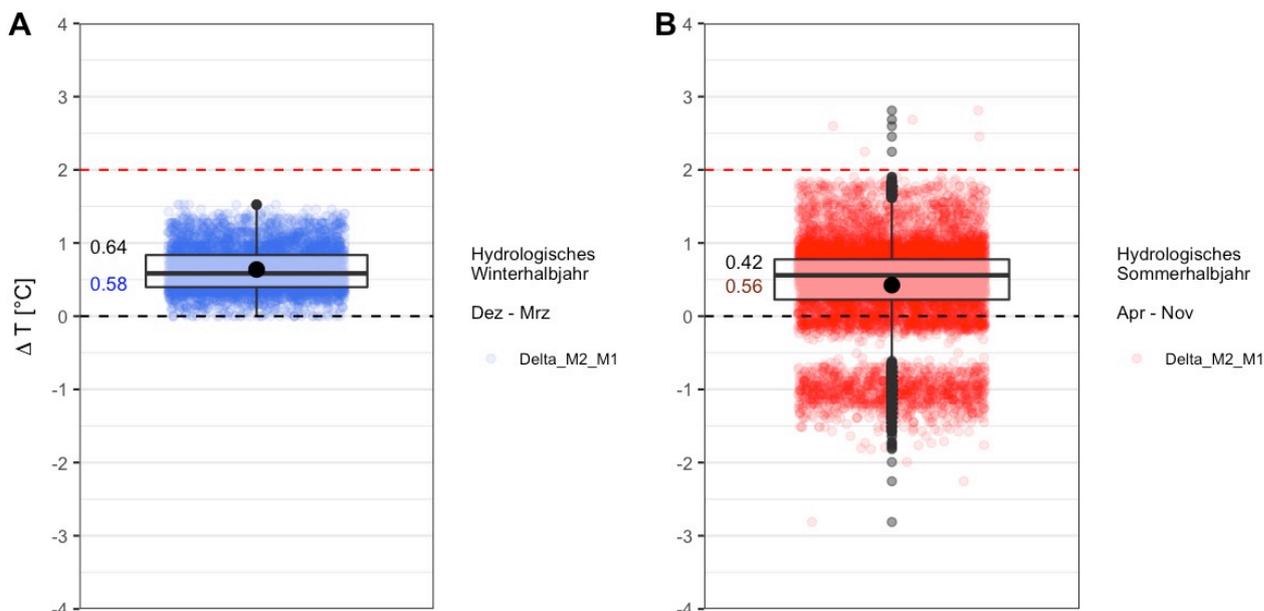


Abb. 17: Errechnete Temperaturdifferenzen zwischen M2 und M1 (ΔT in $^{\circ}C$) im Winter- und im Sommerhalbjahr. Aufgetragen sind die einzelnen Differenzwerte (bunte Punkte) für die Halbjahre (A) Winter, von Dezember 2021 bis einschließlich März 2022, und (B) Sommer, von April bis einschließlich November 2021. Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertschere), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte), grauer Punkt = Ausreißer per Definition > 3 -facher Interquartilsabstand, dicker Punkt in der Boxmitte und schwarze Zahl = Mittelwert, dicker Querbalken und bunte Zahl = Medianwert (50 %-Wert). Die gestrichelten farbigen Linien geben die maximal erlaubte Temperaturdifferenz für das Winterhalbjahr (blau) bzw. Sommerhalbjahr (rot) für Fließgewässer des Typs 6_K im cyprinidengeprägten Rhithral, zu dem die Kleine Weisach zählt, im guten Zustand nach OGewV (2016) an (Orientierungswerte vgl. Tab. 8). Auf Höhe der gestrichelten schwarzen Linie bei $\Delta T = 0$ sind die Temperaturen an M2 und M1 identisch.

6.3 Physikalisch-chemische Parameter und Wasserchemie

Die nachfolgenden Kapitel geben eine grafische Auswertung der erhobenen Messdaten wieder. Die zugehörigen Feldprotokolle befinden sich in der Anlage zum vorliegenden Bericht.

6.3.1 Temperatur

Die Temperaturmessungen (T) mit der Multisonde ergaben während des Untersuchungszeitraums für die ARA Abwassertemperaturen zwischen rund $29^{\circ}C$ und $33^{\circ}C$. Eine Ausnahme bildete die Messung am 11.01.2022. Hier wurden lediglich rund $21^{\circ}C$ gemessen, allerdings im Anlagenhaus, da die Probestelle am Sechselbach zu diesem Zeitpunkt überflutet war. An den Probestellen in der Kleinen Weisach, M1 (oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung), M2 (unterhalb der Einleitung) und M3 (unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage) bewegten sich die Wassertemperaturen zwischen $4,4^{\circ}C$ im Minimum (Februar 2022 an der M1) und $18,6^{\circ}C$ (Juni 2021 an der M2). (Abb. 18A). Dabei zeigten diese monatlichen Einzelmessungen keine Überschreitung des Orientierungswertes nach OGewV (2016) von $23^{\circ}C$ für das Sommerhalbjahr (Abb. 18B) bzw. $10^{\circ}C$ für das Winterhalbjahr (Abb. 18C).

Im Mittel und im Median lag die Temperatur der Kleinen Weisach unterhalb der Einleitung etwas höher als oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung, was die Ergebnisse der Temperaturaufzeichnungen durch die Datenlogger (vgl. Kap. 6.2) bestätigt. Die Probestelle oh Rohr wies dabei etwas höhere Temperaturen auf als die Probestelle M2. Da sich der fällmittelreduzierte Zustand

nicht auf die Temperatur der ARA auswirkt, wurde auf eine separate Betrachtung von ARA und ARA_red bei der Berechnung und Betrachtung der Mittel- und Medianwerte verzichtet.

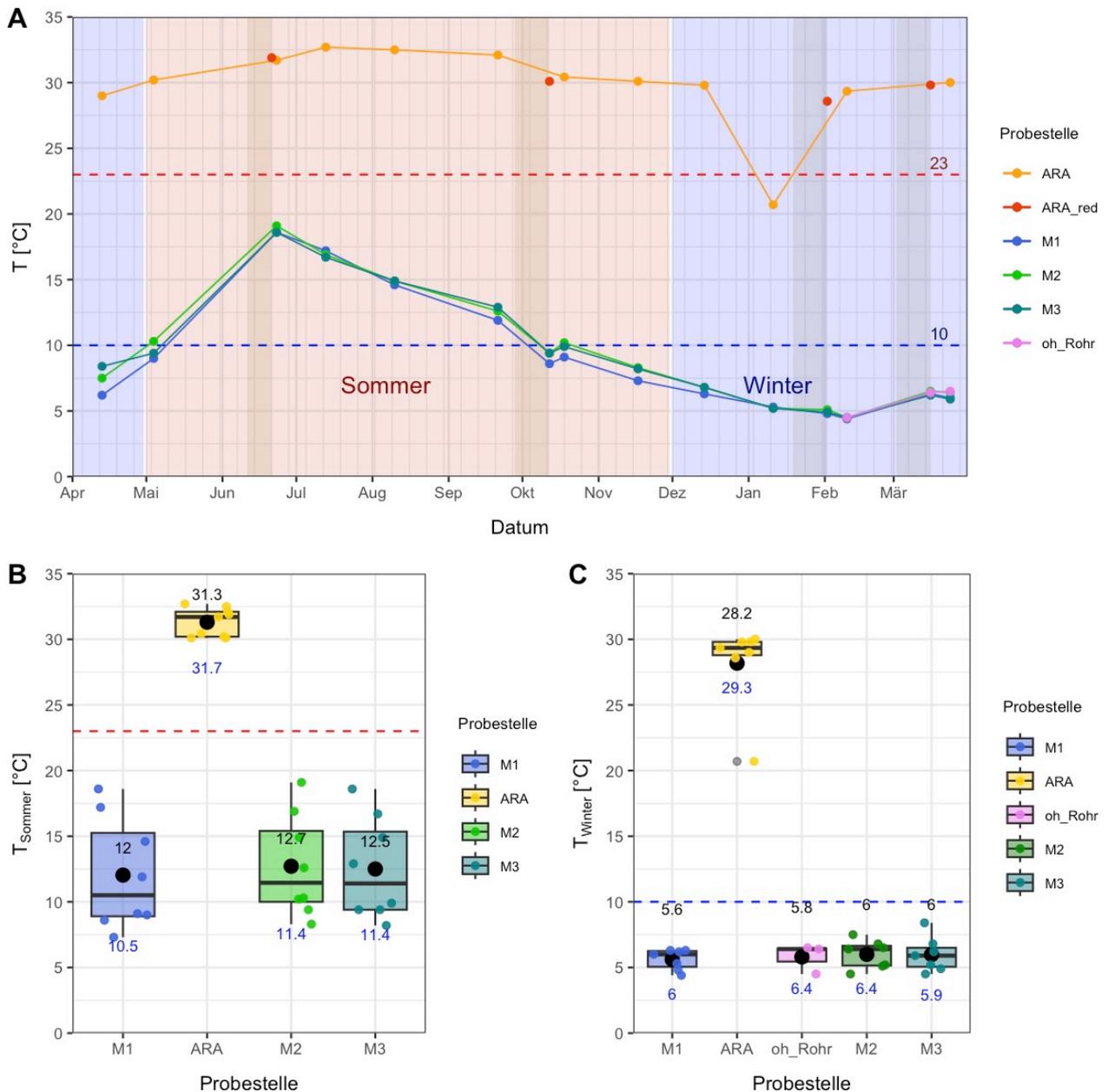


Abb. 18: Entwicklung der Wassertemperatur (T, in °C) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie für das Sommer- (B) und Winterhalbjahr (C). Die jeweils vergleichsweise dunkler eingefärbten Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelten Linien samt farbiger Zahlenangabe geben die Temperaturmaxima für das Winterhalbjahr (blau) bzw. Sommerhalbjahr (rot) für Fließgewässer des Typs 6_K im cyprinidengeprägten Rithral, zu dem die Kleine Weisach zählt, im guten Zustand nach OGeV (2016) an (Orientierungswerte vgl. Tab. 8). **A:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B und C:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im (B) Sommerhalbjahr (April bis November) und (C) Winterhalbjahr (Dezember bis März). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertschere), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte), grauer Punkt = Ausreißer per Definition > 3-facher Interquartilsabstand. Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert. Da sich der fällmittelreduzierte Zustand nicht auf die Temperatur der ARA auswirkt, wurde auf eine separate Betrachtung von ARA und ARA_red verzichtet.

6.3.2 pH

Der pH-Wert der ARA bewegte sich häufig in einem leicht alkalischen Bereich und schwankte zwischen rund 7,4 und 8,1. In der Kleinen Weisach lagen die Werte zwischen rund 7,7 und 8,3, wobei an der M1 (oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung) häufig höhere pH-Werte als an der M2 (unterhalb der Einleitung) und M3 (unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage) verzeichnet wurden. Die Orientierungswerte nach OGewV (2016) wurden eingehalten (Abb. 19A). Zwischen den Messwerten aus dem Normalbetrieb und dem fällmittelreduzierten Betrieb bei 49 % Fällmittelzugabe gab es im Bachwasser keine deutlichen Unterschiede, während an der ARA im fällmittelreduzierten Zustand im Schnitt ein etwas basischerer pH-Wert ermittelt wurde (Abb. 19B, C).

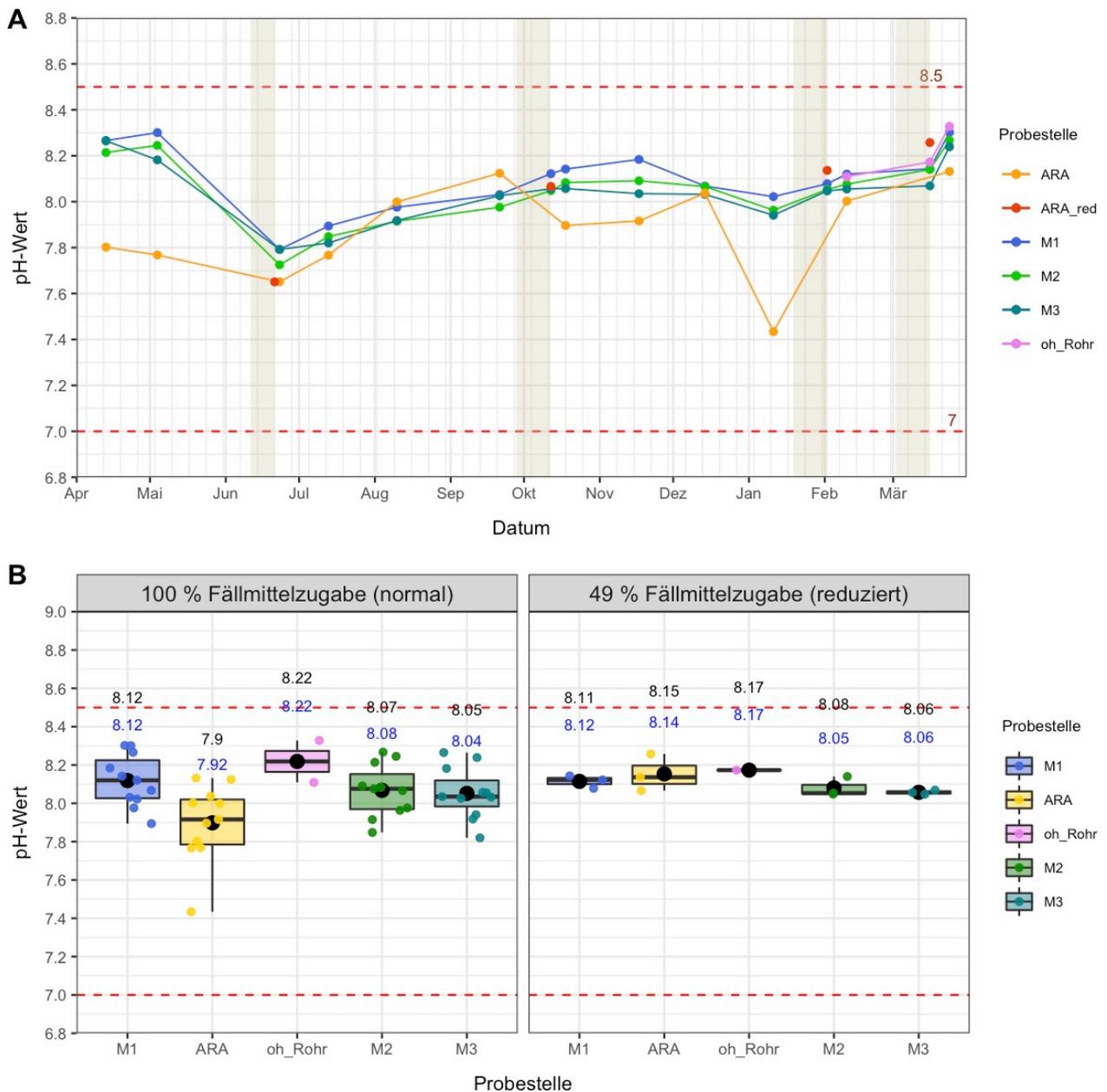


Abb. 19: Entwicklung des pH-Wertes (pH, ohne Einheit) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelten Linien samt farbiger Zahlenangabe geben den oberen und unteren Orientierungswert für Fließgewässer des Typs 6_K im

cyprinidengeprägten Rithral, zu dem die Kleine Weisach zählt, im guten Zustand nach OGewV (2016) an (Orientierungswerte vgl. Tab. 8). **A:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertspanne), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte). Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

Der pH-Wert lag an der M2 im Mittel im Normalbetrieb um 0,05 Einheiten niedriger (11 Messungen), bei 49 % Fällmittelzugabe um 0,03 Einheiten niedriger (3 Messungen) als an der M1. Für die Medianwerte ergeben sich Differenzen von -0,06 Einheiten bei Normalbetrieb und -0,07 Einheiten bei Fällmittelreduktion. Die Probestelle oh Rohr (3 Messungen, da die Einleitung erst zum Ende des Monitorings hin bekannt wurde) wies hingegen im Schnitt stets den höchsten pH-Wert auf.

6.3.3 Sauerstoffgehalt

Der Gehalt an gelöstem Sauerstoff (O_2) im Abwasser der ARA bewegte sich i. d. R. zwischen rund 6 und 7 mg L^{-1} . Eine Ausnahme bildete die Messung im Januar 2022, bei der die Temperatur des Abwassers bei nur etwa 21 °C lag (ansonsten i. d. R. zwischen 29 °C und 33 °C, vgl. Kap. 6.3.1). Die Messung wurde an diesem Tag aufgrund der überfluteten Außenprobestelle im Anlagenhaus durchgeführt. Beim Abfüllen der Probe lässt es sich i. d. R. nicht vermeiden, dass durch den Wasserstrahl aus dem Hahn viel Luft - und damit Sauerstoff - in das Probenwasser eingebracht wird. Sowohl die niedrige Temperatur des Abwassers als auch die Abfüllmethode dürften den hohen Sauerstoffgehalt von über 8,5 mg L^{-1} an diesem Termin verursacht haben. In der Kleinen Weisach wurden zu Beginn des Untersuchungsprogramms im April 2021 über 13 mg L^{-1} ermittelt. Bis Mitte/Ende Juni sank der Sauerstoffgehalt anschließend stark ab und bewegte sich an M1 und M3 etwas unter 7 mg L^{-1} während an der M2 sogar unter 6 mg L^{-1} gemessen wurden. In den Monaten Juni, Juli und August lagen dabei hohe Wasserstände an der Kleinen Weisach vor. Bis zum Ende des Messprogramms im März 2022 stieg der Sauerstoffgehalt in der Kleinen Weisach mehr oder weniger kontinuierlich wieder an. Der Orientierungswert nach OGewV (2016) von > 7 mg L^{-1} O_2 wurde demnach einmalig im Juni 2021 unterschritten (Abb. 20A).

Im Vergleich wurde im Mittel an der M1 (Kleine Weisach oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung) stets der höchste Sauerstoffgehalt gemessen, gefolgt von der M2 (unterhalb der Einleitung) und der M3 (unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage, Abb. 20B, C). Die Probestelle oh Rohr lag bei den insgesamt nur 3 Erfassungen etwas über den anderen Probestellen, was möglicherweise an der örtlich geringfügig turbulenteren Strömung gelegen haben kann. Im reduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe wurde generell ein etwas höherer Sauerstoffgehalt gemessen, was jedoch an den niedrigeren Temperaturen zum Zeitpunkt der Fällmittelreduktionsversuche Nr. 2, 3 und 4 zwischen Oktober und März gelegen haben dürfte. Im Mittel lag der Sauerstoffgehalt an der M2 im Normalbetrieb um 0,3 mg L^{-1} niedriger als an der M1 (11 Messungen), bei 49 % Fällmittelzugabe um 0,4 mg L^{-1} (3 Messungen). Für die Medianwerte ergaben sich ähnliche Unterschiede. Die Messwerte der Probestelle oh Rohr lagen in den parallelen Einzelmessungen unter den Werten der M1 und über den Werten der M2.

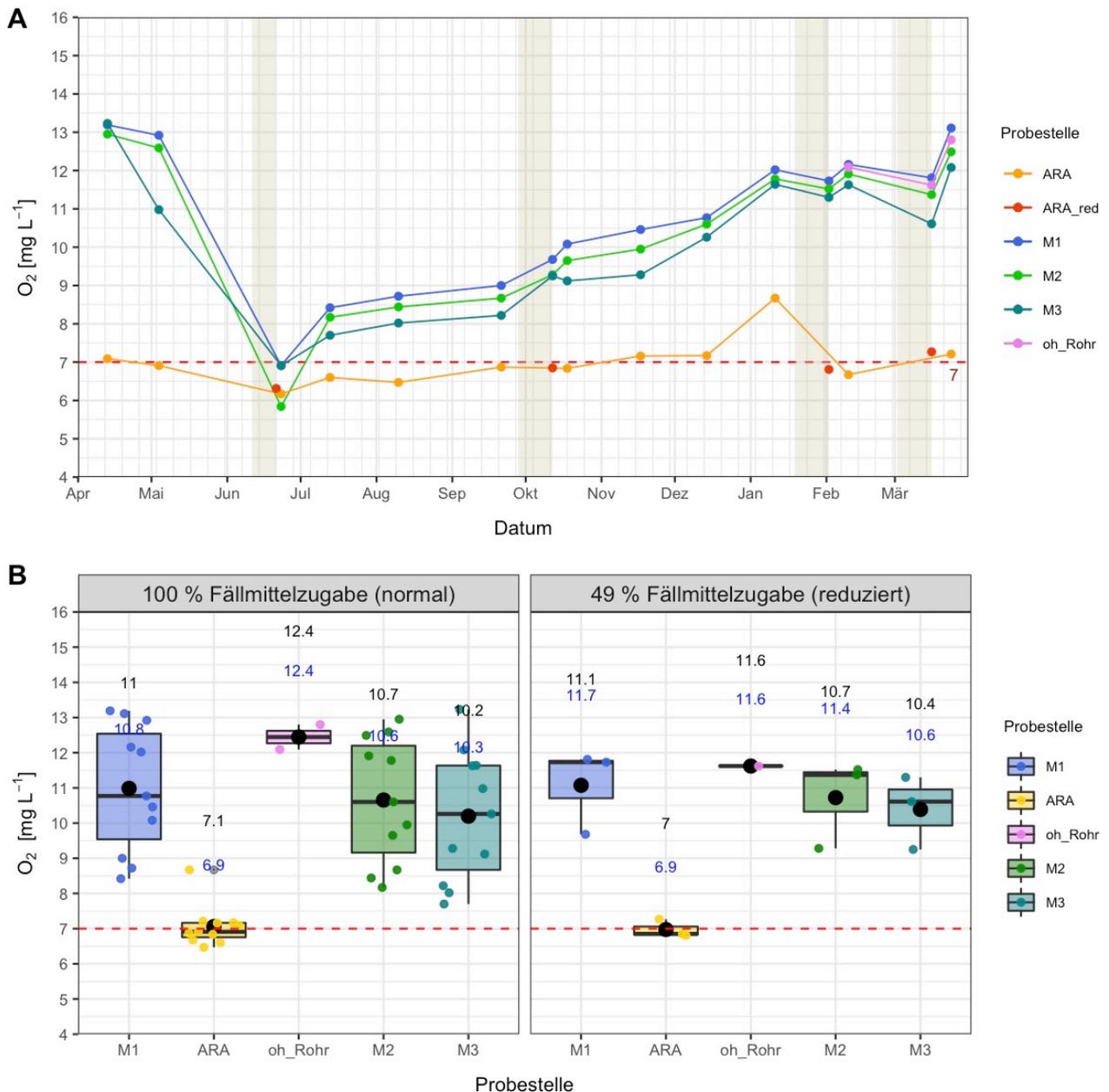


Abb. 20: Entwicklung des Sauerstoffgehaltes (O₂, in mg L⁻¹) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelte Linie samt farbiger Zahlenangabe gibt den Orientierungswert für Fließgewässer des Typs 6_K im cyprinidengeprägten Rithral, zu dem die Kleine Weisach zählt, im guten Zustand nach OGewV (2016) an (Orientierungswerte vgl. Tab. 8). **A:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertspanne), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte), grauer Punkt = Ausreißer per Definition > 3-facher Interquartilsabstand. Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

6.3.4 Sauerstoffsättigung

Die Sauerstoffsättigung (O₂-Sättigung) des ARA-Abwassers bewegte sich zwischen rund 86 und 98 % im Jahresverlauf. Das Wasser der Kleinen Weisach wies den Großteil des Jahres eine

Untersättigung auf und überschritt den 100%-Wert (vollständige Sättigung) lediglich zu Beginn und Ende der Messkampagne in April und Mai 2021 bzw. März 2022 (Abb. 21A).

An der Probestelle M1 (Kleine Weisach oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung) lagen im Schnitt höhere Sättigungswerte vor als an M2 (unterhalb der Einleitung) und M3 (unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage). An der Probestelle oh Rohr wurde ebenfalls eine höhere Sättigung erzielt. Im Vergleich lag bei reduzierter Fällmittelzugabe insgesamt eine niedrigere Sauerstoffsättigung vor (Abb. 21B, C). Dabei lag die Sauerstoffsättigung im Mittel an der M2 im Normalbetrieb um 1,5 % niedriger als an der M1 (11 Messungen), bei 49 % Fällmittelzugabe um 1,9 % (3 Messungen). Die Messwerte der Probestelle oh Rohr lagen in den parallelen Einzelmessungen unter den Werten der M1 und über den Werten der M2. Für die Medianwerte ergaben sich ähnliche Unterschiede und Tendenzen.

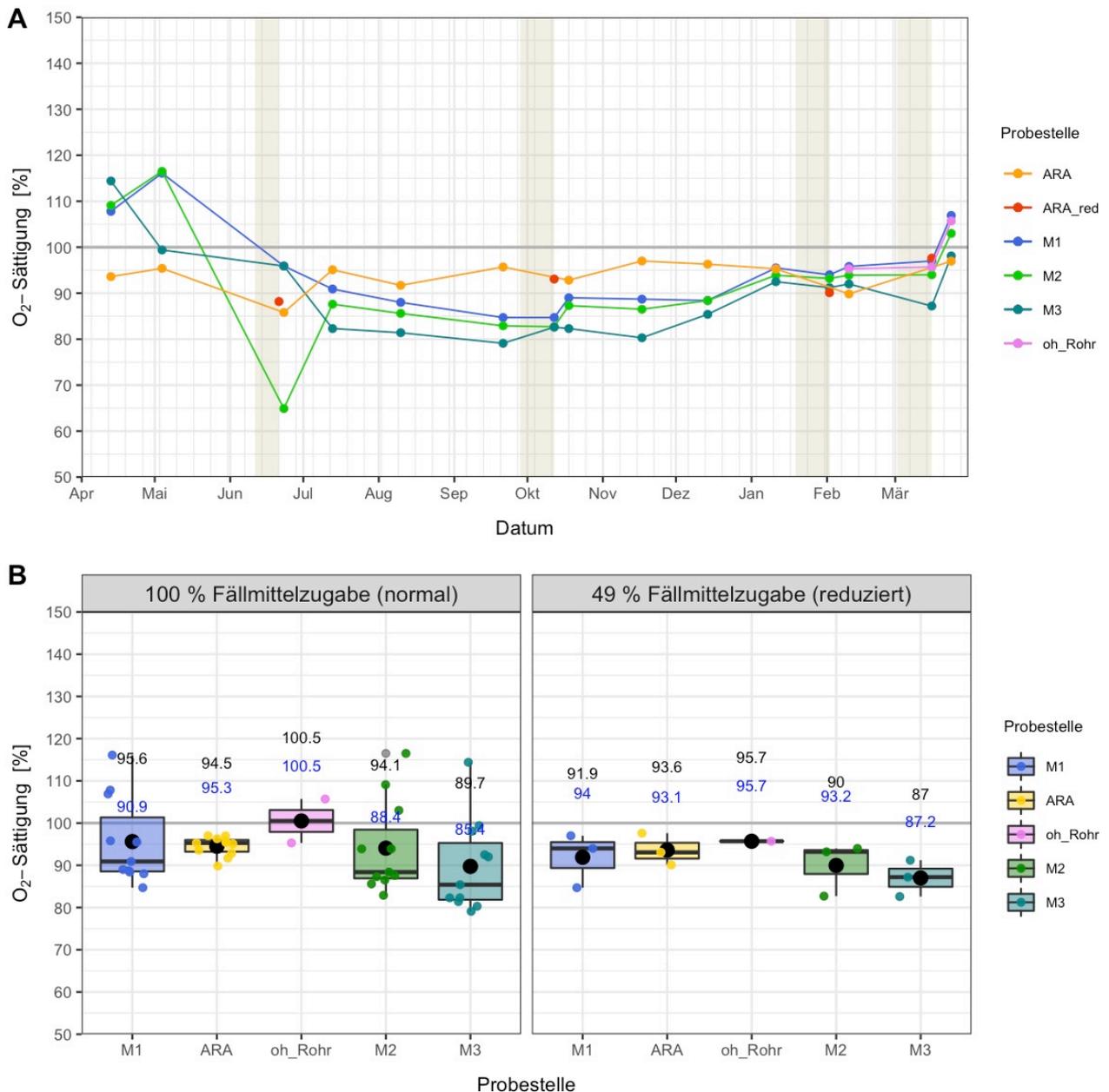


Abb. 21: Entwicklung der Sauerstoffsättigung (O₂-Sättigung, in %) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. **A:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertsprende), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte), grauer Punkt = Ausreißer per Definition > 3-facher Interquartilsabstand. Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

6.3.5 Elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit (LF) der ARA schwankte im Jahresverlauf deutlich und bewegte sich zwischen Werten von rund 1.460 $\mu\text{S cm}^{-1}$ und rund 2.220 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Die Werte der Kleinen Weisach lagen mit rund 570 bis 1.040 $\mu\text{S cm}^{-1}$ deutlich niedriger. Dabei wies die M1 (oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung) i. d. R. die niedrigsten Werte auf, gefolgt von den Probestellen oh

Rohr, M2 (unterhalb der Einleitung) und M3 (unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage, Abb. 22A). Zu beachten ist, dass der Probenahme im Juni 2021 eine Hochwasserlage vorausging und auch in den Monaten Juli und August - zumindest den Beobachtungen vor Ort nach - hohe Wasserstände in der Kleinen Weisach durch regenreiche Perioden vorlagen. Im Mittel zeigte sich, dass sowohl im Normalbetrieb (Abb. 22B) als auch im fällmittelreduzierten Betrieb bei 49 % Fällmittelzugabe (Abb. 22C) die Leitfähigkeit bachabwärts zunahm (ausgenommen davon ist die Probe-stelle oh Rohr). Im Normalbetrieb (11 Messungen) lag der Mittelwert der M2 etwa um $24 \mu\text{S cm}^{-1}$ höher als an der M1, im reduzierten Zustand (3 Werte) um etwa $14 \mu\text{S cm}^{-1}$. Die Messwerte der Probestelle oh Rohr lagen im Einzelnen in etwa auf dem Niveau von M1 und M2, im Mittel etwas niedriger als der Mittelwert von M1 und M2. Für die Medianwerte ergaben sich ähnliche Unterschiede und Tendenzen.

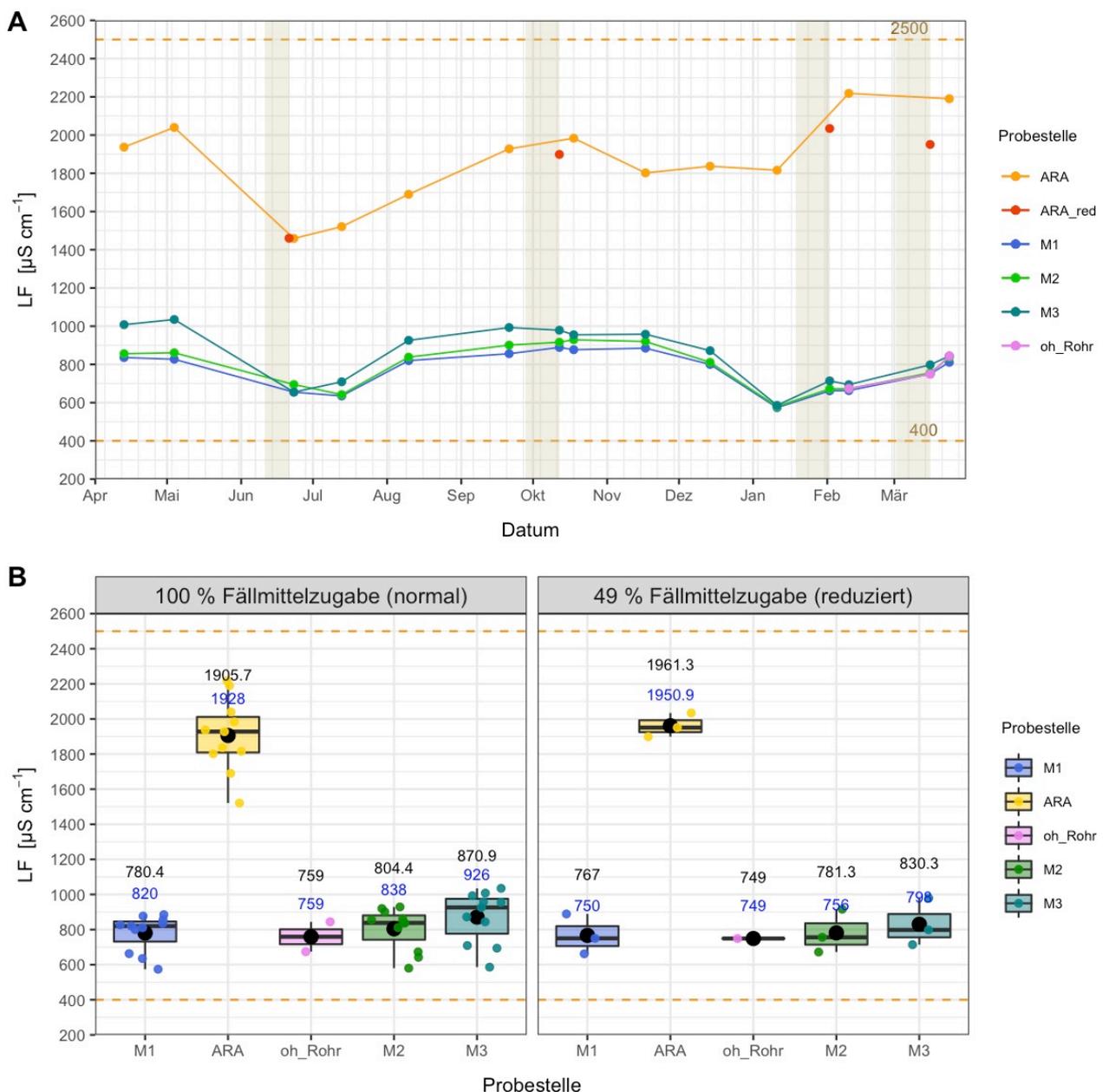


Abb. 22: Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeit (LF, in $\mu\text{S cm}^{-1}$) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die

beigen Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelten Linien samt farbiger Zahlenangabe geben den oberen und unteren Kennwert für Fließgewässer des Typs 6_K, zu dem die Kleine Weisach zählt, nach Pottgießer & Sommerhäuser (2008) an (Kennwerte vgl. Tab. 11). **A:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertschere), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte). Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

6.3.6 Nitrit-Stickstoff

Die Menge an Nitrit-Stickstoff ($\text{NO}_2\text{-N}$) im Abwasser der ARA lag in den meisten Fällen unter der Labornachweisgrenze von $0,006 \text{ mg L}^{-1}$, maximal wurden $0,033 \text{ mg L}^{-1}$ im April 2021 gemessen. In der Kleinen Weisach lagen alle Messwerte deutlich über der Nachweisgrenze und in vielen Fällen auch über bzw. nahe dem Orientierungswert von $0,050 \text{ mg L}^{-1}$ nach OGWV (2016). Hochwasserlagen durch regenreiche Perioden kennzeichneten dabei die Monate Juni bis August 2021. Die Proben vom 23.06.2021 mussten aus organisatorischen Gründen eingefroren werden. Da das Labor darauf verwies, dass bei eingefrorenen Proben eine fehlerhafte Bestimmung des $\text{NO}_2\text{-N}$ -Wertes möglich ist, wurden die zugehörigen Werte aus der Datenserie genommen (Abb. 23A).

Im Mittel lagen für den Normalzustand (ohne den 23.06.2021) und den fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe an der M1 (Kleine Weisach oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung) und der M2 (unterhalb der Einleitung) Werte $< 0,050 \text{ mg L}^{-1}$ vor, d. h. der Orientierungswert wurde insgesamt im Untersuchungszeitraum eingehalten. An der M3 (unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage) wurde diese Marke jedoch in beiden Zuständen deutlich überschritten (Abb. 23B, C). Im Normalzustand (11 Messungen) lag der Wert an der M1 im Mittel um $0,006 \text{ mg L}^{-1}$ höher als an der M2, im reduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (3 Messungen) um $0,005 \text{ mg L}^{-1}$ höher. Die Messwerte der Probestelle oh Rohr lagen im Mittel unter jenen der M1 und M3 im Normalzustand und über jenen der M1 und M2 im fällmittelreduzierten Zustand. Für die Medianwerte ergaben sich ähnliche Unterschiede und Tendenzen, wenngleich mit teils niedrigeren Werten.

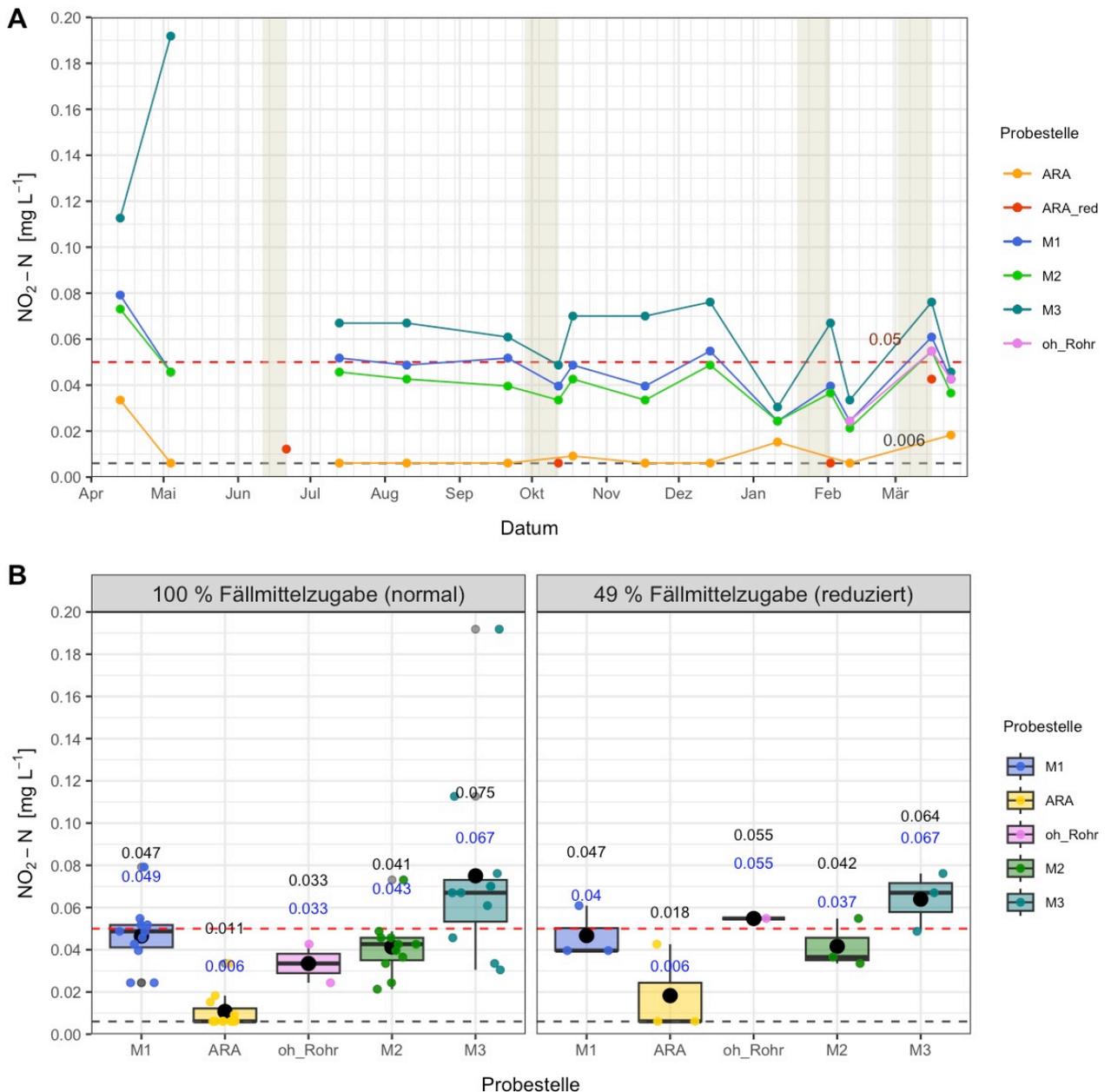


Abb. 23: Entwicklung des Gehalts an Nitrit-Stickstoff (NO₂-N, in mg L⁻¹) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelte farbige Linie samt farbiger Zahlenangabe gibt den Orientierungswert für Fließgewässer des Typs 6_K im cyprinidengeprägten Rithral, zu dem die Kleine Weisach zählt, im guten Zustand nach OGewV (2016) an (Orientierungswerte vgl. Tab. 8). Die gestrichelte schwarze Linie markiert die Labornachweisgrenze. **A**: Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B**: Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertspanne), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte), grauer Punkt = Ausreißer per Definition > 3-facher Interquartilsabstand. Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

6.3.7 Nitrat-Stickstoff

Der Gehalt an Nitrat-Stickstoff (NO₃-N) im Ablauf der ARA schwankte leicht im Jahresverlauf und bewegte sich im Normalzustand zwischen der Nachweisgrenze von 0,226 mg L⁻¹ und etwa

1,7 mg L⁻¹. Im fällmittelreduzierten Betrieb wurden bis zu 3,6 mg L⁻¹ erreicht. In der Kleinen Weisach lagen ausnahmslos höhere Werte für den Nitrat-Stickstoffgehalt vor, die sich zwischen rund 6,0 mg L⁻¹ im Juli 2021 und maximal 14,7 mg L⁻¹ im Mai 2021 (M2, gefolgt von M3) bewegten. Der Probenahme im Juni ging eine Hochwasserlage voraus und auch in den Monaten Juli und August lagen hohe Wasserstände dank regenreicher Perioden vor. Abgesehen der Spitzenwerte im Mai 2021 lagen alle Messwerte unter dem Orientierungswert (aus dem Nitrat-Wert der OGewV Anlage 8 nach Atomgewicht umgerechnet) von 11,29 mg L⁻¹ Nitrat-Stickstoff. In den meisten Fällen wurde an der M3 (unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage) der höchste Wert im Bach gemessen, für M1 (oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung) und M2 (unterhalb der Einleitung) gab es allerdings keine festgelegte Rangfolge (Abb. 24A). Der nach LfU (2013) für Bachmuscheln empfohlene Wert von ≤ 2 mg L⁻¹ wurde in der Kleinen Weisach in jedem Fall verfehlt.

Dies zeigte sich auch in der Mittelwertberechnung, bei der die M3 sowohl im Normalbetrieb als auch im fällmittelreduzierten Betrieb bei 49 % Fällmittelzugabe den Höchstwert erreichte. Im Normalbetrieb (11 Messungen) lag dabei der Mittelwert der M2 um 0,1 mg L⁻¹ höher als der Mittelwert für die M1, im fällmittelreduzierten Zustand (3 Messungen) waren die Mittelwerte gleich hoch. Die Messwerte der Probestelle oh Rohr lagen im Einzelnen niedriger als die der anderen Probestellen. Die Medianwerte der M2 lagen hingegen unter jenen der M1.

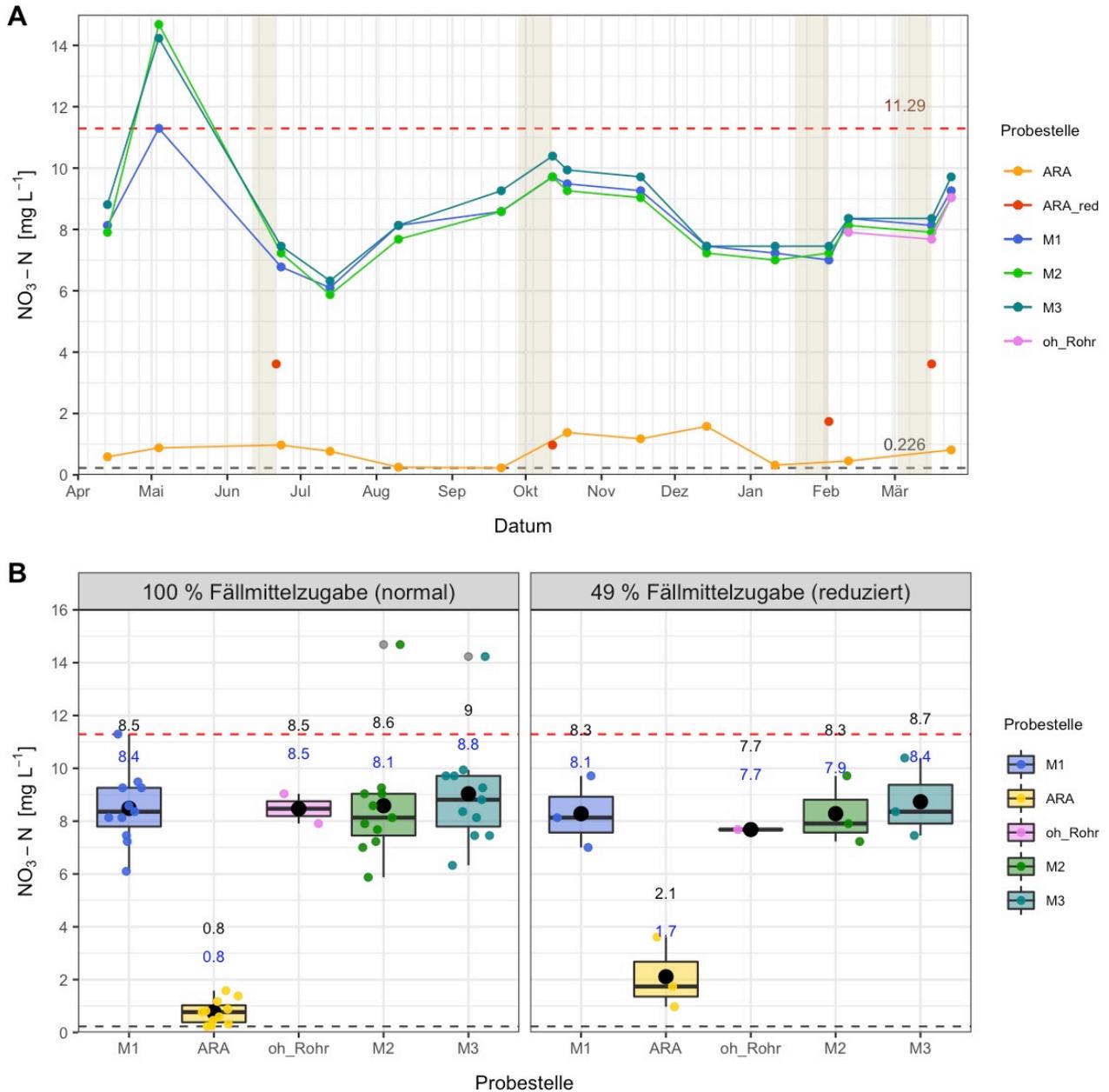


Abb. 24: Entwicklung des Gehalts an Nitrat-Stickstoff (NO₃-N, in mg L⁻¹) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelte farbige Linie samt farbiger Zahlenangabe gibt den Orientierungswert für Fließgewässer des Typs 6_K im cyprinidengeprägten Rithral, zu dem die Kleine Weisach zählt, im guten Zustand nach OGewV (2016) an (Orientierungswerte vgl. Tab. 8). Die gestrichelte schwarze Linie markiert die Labornachweisgrenze. **A:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertspanne), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte), grauer Punkt = Ausreißer per Definition > 3-facher Interquartilsabstand. Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

6.3.8 Ammonium-Stickstoff

In den meisten Fällen lag der Messwert für Ammonium-Stickstoff (NH₄-N) im Abwasser der ARA unter der Labornachweisgrenze von 0,023 mg L⁻¹. Im April und Oktober 2021 sowie im Januar 2022

wurden jedoch deutlich erhöhte Werte festgestellt, wobei im Januar 2022 ein Spitzenwert von rund $7,38 \text{ mg L}^{-1}$ und im Oktober 2021 der zweithöchste Wert mit $4,19 \text{ mg L}^{-1}$ gemessen wurden. Diese Werte wurden auf Rückfrage durch das Labor bestätigt und nicht als Messfehler eingestuft (Hr. Stahn, Agrolab GmbH, Mails vom 13.01. und 24.01.2022).

In der Kleinen Weisach schwankte die Konzentration an Ammonium-Stickstoff im Jahresverlauf häufiger. Absolute Spitzenwerte wurden hier an allen 3 Probestellen (M1, M2, M3) im Juni 2021 mit Werten um die $1,5\text{-}1,7 \text{ mg L}^{-1}$ erreicht (bei rückläufigem Hochwasser im Bach). Zwischen Juli und Anfang Oktober blieben die Werte auf einheitlich niedrigem Niveau, gefolgt von regelmäßigen Ausschlägen bis März 2022. Dabei ist festzuhalten, dass die Werte meist an allen Probestellen der Kleinen Weisach gleichzeitig – wenn auch unterschiedlich stark – anstiegen. Im Normalbetrieb der Anlage (11 Messungen) lagen die Mittelwerte für die M1 (oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung) und M2 (unterhalb der Einleitung) mit $0,07$ bzw. $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ (gerade noch) innerhalb der Orientierungswerte der OGewV (2016) von $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, und somit auch unter dem nach LfU (2013) für Bachmuscheln empfohlenen Wert von $\leq 0,4 \text{ mg L}^{-1}$ bzw. dem für Wirtsfische von $\leq 0,2 \text{ mg L}^{-1}$. Die Differenz zwischen M2 und M1 betrug dabei $0,03 \text{ mg L}^{-1}$. An der M3 (unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage) wurde hingegen der Orientierungswert mit durchschnittlich $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ überschritten, kann jedoch noch als für Bachmuscheln und deren Wirtsfische als verträglich gelten (LfU 2013). Die Abwässer der ARA führten im Mittel $1,13 \text{ mg L}^{-1}$ Ammonium-Stickstoff mit sich, wobei dieser Mittelwert stark durch die Spitzenwerte bestimmt wird: Üblicherweise lag der Ammonium-Stickstoffgehalt der ARA unter oder nahe der Labornachweisgrenze von $0,023 \text{ mg L}^{-1}$, was sich im Medianwert der Daten deutlich widerspiegelt. Die Messwerte der Probestelle oh Rohr lagen im Einzelnen gleich hoch oder niedriger als die der anderen Probestellen.

Bei der reduzierten Fällmittelzugabe von 49 % (3 Messungen) lag der Mittelwert an der M1 bereits bei $0,32 \text{ mg L}^{-1}$. Dieser hohe Ausgangswert ist vermutlich dem Zeitpunkt der Fällmittelreduktionsversuche Nr. 2 bis 4 geschuldet, die im Oktober 2021 sowie im Februar und im März 2023 durchgeführt wurden. Versuch Nr. 3 und 4 fielen damit in das Winterhalbjahr mit entsprechend niedrigen Wasser- und Außentemperaturen. Bei niedrigen Temperaturen läuft der Nitrifikationsprozess im Belebtecken herkömmlicher Kläranlagen nur unzureichend ab, weshalb in den Wintermonaten üblicherweise viel höhere Ammoniumkonzentrationen in Kläranlagenabläufen auftreten. Je nach zugehörigem Wasserrechtsbescheid ist für das Winterhalbjahr sehr häufig auch kein Abgabegrenzwert für Ammonium festgesetzt. Es kann also davon ausgegangen werden, dass der hohe Mittelwert an der M1 - und damit auch bachabwärts - für den fällmittelreduzierten Zustand auf die hohe Ammonium-Vorbelastung der Kleinen Weisach z. B. durch die Kläranlage Taschendorf und ggf. weiterer Einleitungen zurückzuführen ist. Die Konzentrationsänderung in der Kleinen Weisach durch die Einleitung der ARA fiel im fällmittelreduzierten Zustand im Mittel sogar geringer aus als im Normalbetrieb. Zwischen M2 und M1 ergab sich dabei eine Mittelwertdifferenz von nur $0,01 \text{ mg L}^{-1}$. Eine deutliche weitere Beaufschlagung mit Ammonium im Winterhalbjahr fand hingegen offenbar durch die Einleitung der kommunalen Kläranlage statt, stieg an der M3 im fällmittelreduzierten Zustand doch der Ammonium-Stickstoffgehalt im Mittel noch einmal um fast $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ auf $0,6 \text{ mg L}^{-1}$ an der M3 an. Im fällmittelreduzierten Zustand wurde somit an keiner Probestelle der Orientierungswert nach OGewV (2016) eingehalten und der Empfehlungswert für Bachmuschelgewässer (LfU 2013) an der M2 für Wirtsfische, an der M3 für Wirtsfische und Bachmuscheln überschritten. Die Medianwerte

liefern deutlich höhere Werte für die Kleine Weisach und einen niedrigeren Wert für die ARA, da Extremwerte bzw. Ausreißer hier nicht zum Tragen kommen.

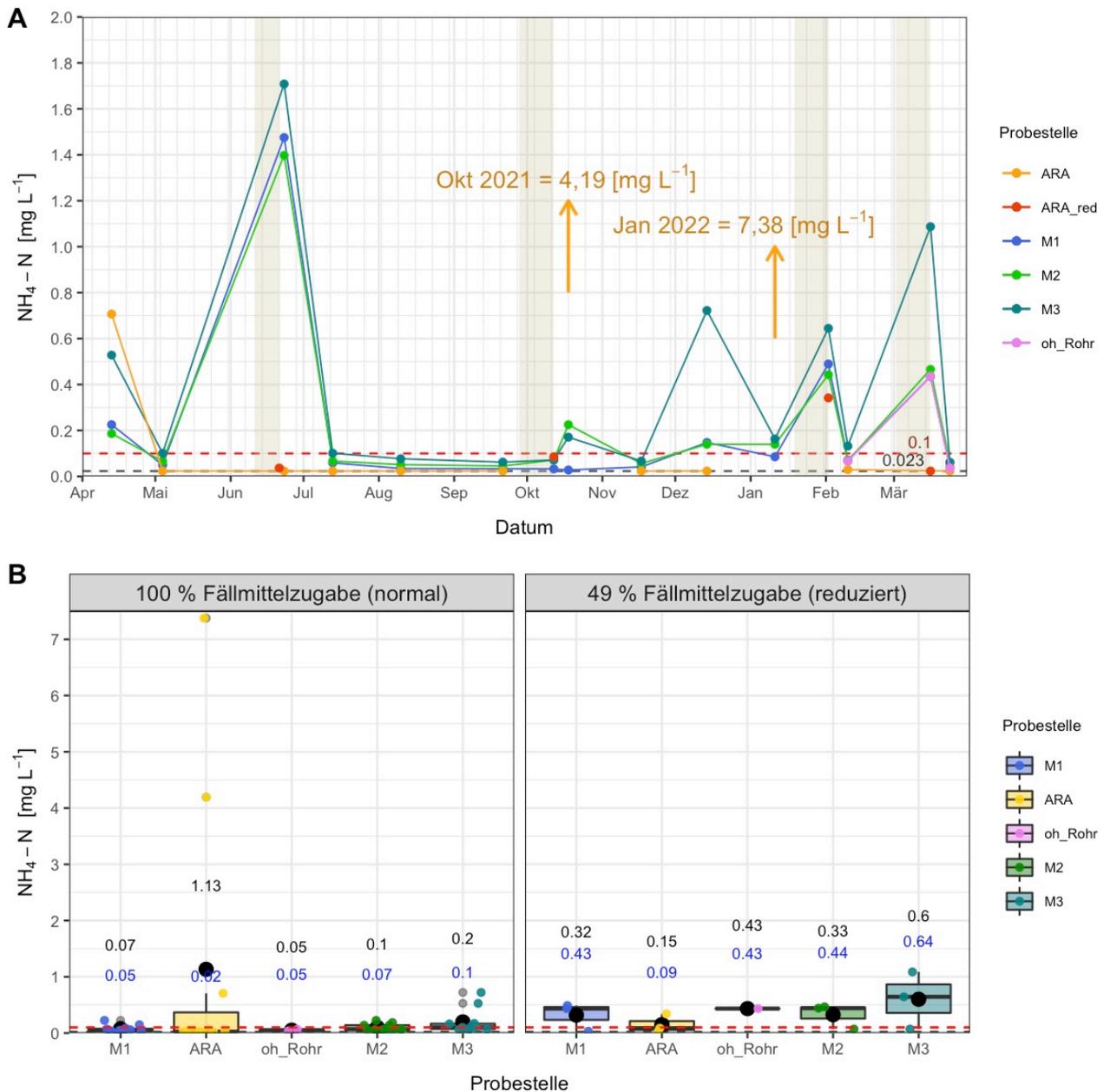


Abb. 25: Entwicklung des Gehalts an Ammonium-Stickstoff (NH₄-N, in mg L⁻¹) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelte farbige Linie samt farbiger Zahlenangabe gibt den Orientierungswert für Fließgewässer des Typs 6_K im cyprinidengeprägten Rithral, zu dem die Kleine Weisach zählt, im guten Zustand nach OGewV (2016) an (Orientierungswerte vgl. Tab. 8). Die gestrichelte schwarze Linie markiert die Labornachweisgrenze. **A**: Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. Die beiden Pfeile weisen auf Ausreißerwerte jenseits der Skalierung hin. **B**: Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertschance), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte), grauer Punkt = Ausreißer per Definition > 3-facher Interquartilsabstand. Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

6.3.9 Errechneter Ammoniak-Stickstoff

Der errechnete Gehalt an Ammoniak-Stickstoff ($\text{NH}_3\text{-N}$) folgte im Prinzip der Dynamik der Ammonium-Stickstoffkonzentrationen. Für die ARA wurde ein Maximalwert im Oktober 2021 mit $257 \mu\text{g L}^{-1}$ errechnet, ein zweiter Spitzenwert im Januar 2022 mit $83 \mu\text{g L}^{-1}$. In der Kleinen Weisach lagen die Höchstwerte im Juni 2021 zwischen etwa $27 \mu\text{g L}^{-1}$ und $37 \mu\text{g L}^{-1}$. Insgesamt wurde der Orientierungswert nach OGewV (2016) von $2 \mu\text{g L}^{-1}$ im Gewässer mehrfach überschritten (Abb. 26A).

Im Mittel lag der Ammoniak-Stickstoffgehalt in der Kleinen Weisach im Normalbetrieb unter den Werten für den fällmittelreduzierten Betrieb (Abb. 26B). Dabei wurde im Normalbetrieb der Orientierungswert an der M1 (Kleine Weisach oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung) knapp eingehalten, an der M2 (unterhalb der Einleitung) erreicht und an der M3 (unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage) überschritten. Für den fällmittelreduzierten Betrieb bei 49 % Fällmittelzugabe lag eine konstante Verfehlung vor. Im Normalbetrieb (11 Messungen) stieg der Ammoniak-Stickstoffgehalt von der M1 bis zur M2 um $0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ an, im fällmittelreduzierten Zustand (3 Messungen) betrug der Unterschied nur $0,2 \mu\text{g L}^{-1}$. Die Messwerte der Probestelle oh Rohr lagen im fällmittelreduzierten Zustand höher als an M1 und M2. Analog zum Ammonium-Stickstoffgehalt liefern die Medianwerte für Ammoniak-Stickstoff im fällmittelreduzierten Zustand zumeist höhere Werte für die Kleine Weisach und einen niedrigeren Wert für die ARA, im Normalzustand ist der Median stets niedriger als der Mittelwert, da Extremwerte bzw. Ausreißer hier nicht zum Tragen kommen.

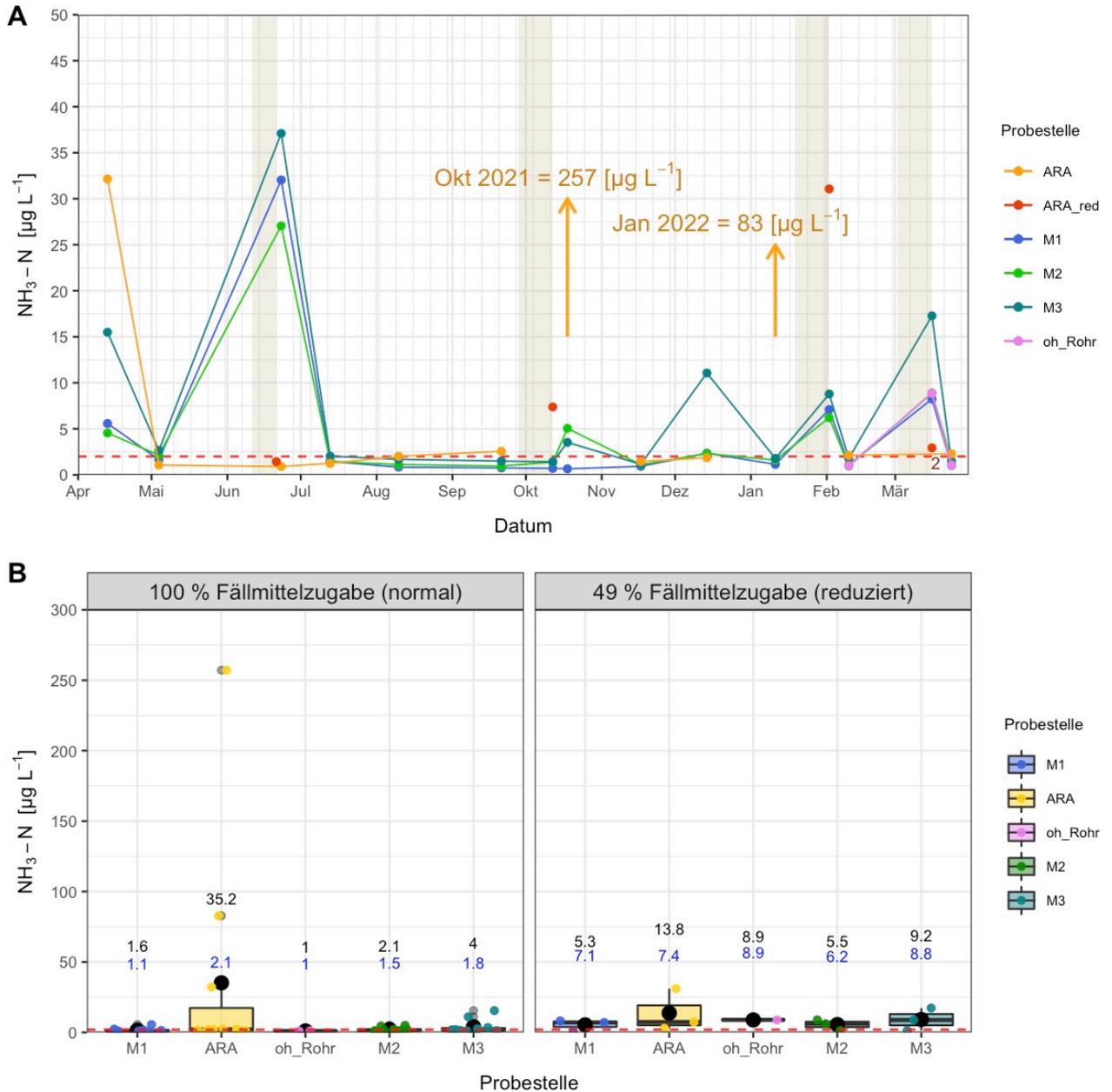


Abb. 26: Entwicklung des errechneten Gehalts an Ammoniak-Stickstoff ($\text{NH}_3\text{-N}$, in $\mu\text{g L}^{-1}$) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelte farbige Linie samt farbiger Zahlenangabe gibt den Orientierungswert für Fließgewässer des Typs 6_K im cyprinidengeprägten Rithral, zu dem die Kleine Weisach zählt, im guten Zustand nach OGWV (2016) an (Orientierungswerte vgl. Tab. 8). **A**: Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. Die beiden Pfeile weisen auf Ausreißerwerte jenseits der Skalierung hin. **B**: Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertspanne), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte), grauer Punkt = Ausreißer per Definition > 3-facher Interquartilsabstand. Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

6.3.10 Orthophosphat-Phosphor

Der Gehalt an Orthophosphat-Phosphor ($\text{o-PO}_4\text{-P}$) im Abwasser der ARA bewegte sich im Normalbetrieb der Anlage i. d. R. unter $0,05 \text{ mg L}^{-1}$. Im fällmittelreduzierten Zustand wurden jedoch

Spitzenwerte bis knapp $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ erreicht. In der Kleinen Weisach lagen die Messwerte bereits an der Probestelle M1 (oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung) fast ausnahmslos über dem Orientierungswert (OGewV 2016) von $0,07 \text{ mg L}^{-1}$. Im Juni 2021 wurden im Maximum etwa $0,17 \text{ mg L}^{-1}$ erreicht (rücklaufendes Hochwasser im Bach). Die Werte an der M2 (unterhalb der Einleitung) lagen auf fast identischem Niveau wie an der M1. An der M3 (unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage) wurden hingegen i. d. R. deutlich höhere Werte erfasst, die sich zwischen rund $0,12 \text{ mg L}^{-1}$ und rund $0,35 \text{ mg L}^{-1}$ (Juni 2021) bewegten und damit auf eine starke Beaufschlagung des Gewässers mit Phosphat durch die Einleitung der kommunalen Kläranlage hindeuten (Abb. 27A).

Im Normalbetrieb (11 Messungen) der ARA wiesen die M1 und M2 im Mittel $0,08$ bzw. $0,09 \text{ mg L}^{-1}$ Orthophosphat-Phosphor auf und überschritten somit den Orientierungswert nach OGewV (2016). An der M3 wurden im Mittel $0,20 \text{ mg L}^{-1}$ gemessen, während das Abwasser der ARA etwa $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ Orthophosphat-Phosphor mit sich führte. Die Differenz zwischen M2 und M1 betrug $-0,1 \text{ mg L}^{-1}$. Im fällmittelreduzierten Betrieb bei 49 % Fällmittelzugabe (3 Messungen) lagen die Werte von M1 und M2 nahezu gleichauf. Die Messwerte der Probestelle oh Rohr lagen im Einzelnen gleich hoch oder etwas höher als an der M1 und gleich hoch oder geringfügig niedriger als an der M2. Für die Medianwerte ergaben sich ähnliche Unterschiede und Tendenzen.

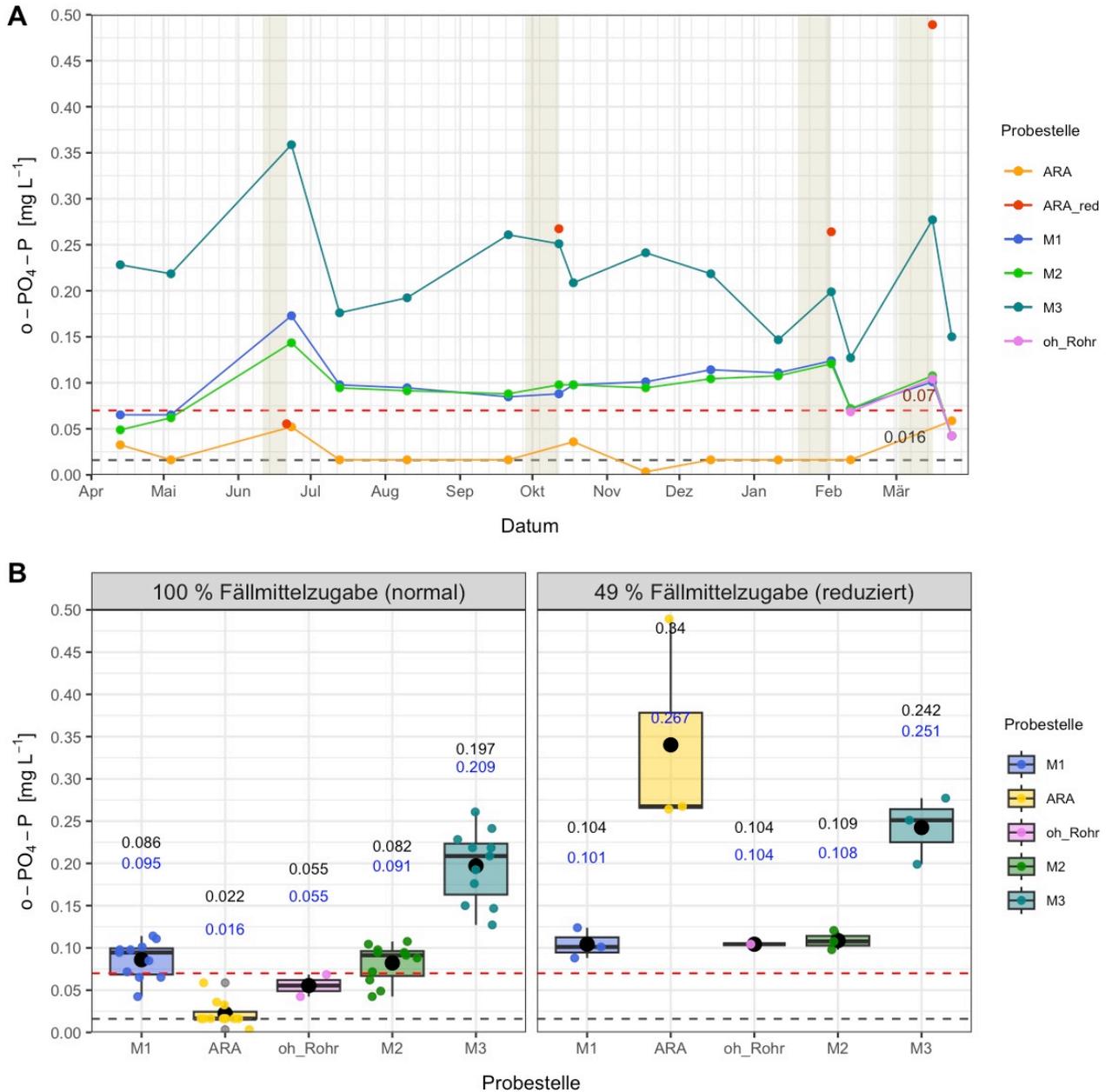


Abb. 27: Entwicklung des Gehalts an Orthophosphat-Phosphor (o-PO₄-P, in mg L⁻¹) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelte farbige Linie samt farbiger Zahlenangabe gibt den Orientierungswert für Fließgewässer des Typs 6_K im cyprinidengeprägten Rithral, zu dem die Kleine Weisach zählt, im guten Zustand nach OGewV (2016) an (Orientierungswerte vgl. Tab. 8). Die gestrichelte schwarze Linie markiert die Labornachweisgrenze. **A:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertspanne), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte), grauer Punkt = Ausreißer per Definition > 3-facher Interquartilsabstand. Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

6.3.11 Gesamtposphor

Der Gehalt an Gesamtposphor (engl.: *total phosphorous*, TP) im Abwasser der ARA bewegte sich ähnlich dem Orthophosphat-Phosphor auf niedrigem Niveau im Normalzustand und blieb i. d. R.

deutlich unter $0,1 \text{ mg L}^{-1}$. Bei reduzierter Fällmittelzugabe wurden Spitzenwerte bis zu rund $0,67 \text{ mg L}^{-1}$ ermittelt. In der Kleinen Weisach lag der Gesamtphosphorgehalt ganzjährig relativ hoch und schwankte zwischen $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ und maximalen $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ (Juni 2021, rückläufiges Hochwasser im Bach). An der M3 (Kleine Weisach unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage) wurden fast ausnahmslos stets die höchsten Werte gemessen, während die M1 (oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung) und M2 (unterhalb der Einleitung) beinahe gleichauf und deutlich niedriger lagen (Abb. 28A).

Im Normalbetrieb (11 Messungen) wurden an der M1 und M2 im Mittel $0,12 \text{ mg L}^{-1}$ verzeichnet, d.h. die Einleitung der ARA mit durchschnittlich $0,04 \text{ mg L}^{-1}$ sorgte sogar für einen - allerdings nicht messbaren - Verdünnungseffekt. An der M3 wurde im Gegensatz hierzu eine Zunahme an Gesamtphosphor um weitere $0,14 \text{ mg L}^{-1}$ auf insgesamt $0,26 \text{ mg L}^{-1}$ im Mittel dokumentiert. Im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (3 Messungen) lagen die M1 und M2 mit $0,14$ und $0,15 \text{ mg L}^{-1}$ etwas höher als im Normalbetrieb, d. h. der Hintergrundwert war bereits etwas höher. Mit einer Differenz von $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ließ sich hier an der M2 rein rechnerisch eine leichte Steigerung der Phosphorkonzentration unterhalb der Sechselbachmündung samt ARA-Abwasser erkennen, die im Mittel bei 49 % Fällmittelzugabe $0,49 \text{ mg L}^{-1}$ Gesamtphosphor enthielt. An der M3 wurden im Mittel $0,28 \text{ mg L}^{-1}$ gemessen und damit auch im reduzierten Zustand eine klare Phosphatbelastung durch die kommunale Kläranlage aufgezeigt (Abb. 28B). Die Messwerte der Probestelle oh Rohr lagen im Einzelnen gleich hoch oder niedriger als an der M1 und damit den übrigen Probestellen. Für die Medianwerte ergaben sich ähnliche Unterschiede und Tendenzen.

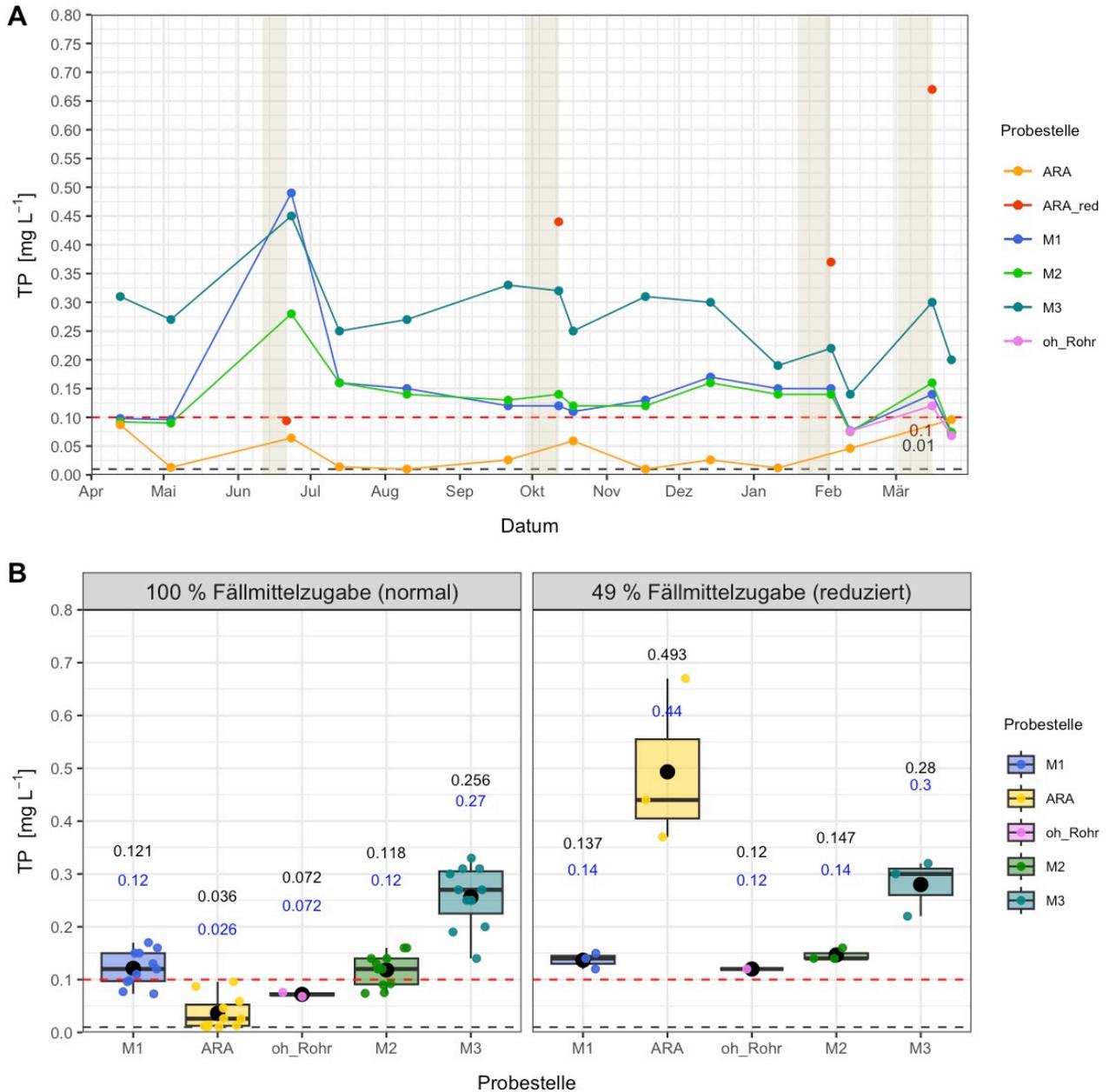


Abb. 28: Entwicklung des Gehalts an Gesamtphosphor (TP, mg L⁻¹) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittel-reduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelte farbige Linie samt farbiger Zahlenangabe gibt den Orientierungswert für Fließgewässer des Typs 6_K im cyprinidengeprägten Rithral, zu dem die Kleine Weisach zählt, im guten Zustand nach OGewV (2016) an (Orientierungswerte vgl. Tab. 8). Die gestrichelte schwarze Linie markiert die Labornachweisgrenze. **A:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertspanne), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte). Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

6.3.12 Gelöster organischer Kohlenstoff

Die Menge an gelöstem organischem Kohlenstoff (engl.: *dissolved organic carbon*, DOC) im Abwasser der ARA variierte im Jahresverlauf und schwankte im Normalbetrieb zwischen etwa 8 mg L⁻¹ und

28 mg L⁻¹. Bei 49 % Fällmittelzugabe wurden maximal knapp 50 mg L⁻¹ gemessen. In der Kleinen Weisach lagen die Konzentrationen deutlich niedriger und schwankten zwischen etwa 3 und 10 mg L⁻¹, wobei Höchstwerte im Juli 2021 (Hochwasserlage im Bach) und im Januar 2022 erreicht wurden. Die M1 (Kleine Weisach oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung) wies tendenziell am wenigsten DOC auf, jedoch waren die Unterschiede zwischen M1, M2 (unterhalb der Einleitung) und M3 (unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage) nur gering (Abb. 29A).

Im Mittel wurden für den Normalbetrieb (11 Messungen) an der M1 3,8 mg L⁻¹ gemessen, an der M2 mit 4,2 mg L⁻¹ etwa 0,4 mg L⁻¹ mehr und etwa 4,3 mg L⁻¹ an der M3. Das Abwasser der ARA führte durchschnittlich 16 mg L⁻¹ DOC mit sich. Bei einer Reduktion des Fällmittels auf 49 % der üblichen Zugabemenge stieg der ARA-Wert im Schnitt auf rund 40 mg L⁻¹ an. Die Differenz zwischen der M1 (3,6 mg L⁻¹) und der M2 (4,5 mg L⁻¹) vergrößerte sich dabei auf 0,9 mg L⁻¹ (Abb. 29B). Die Messwerte der Probestelle oh Rohr lagen im Einzelnen etwas über jenen der M1, teils auch über M2 und/oder gar M3. Für die Medianwerte ergaben sich ähnliche Unterschiede und Tendenzen.

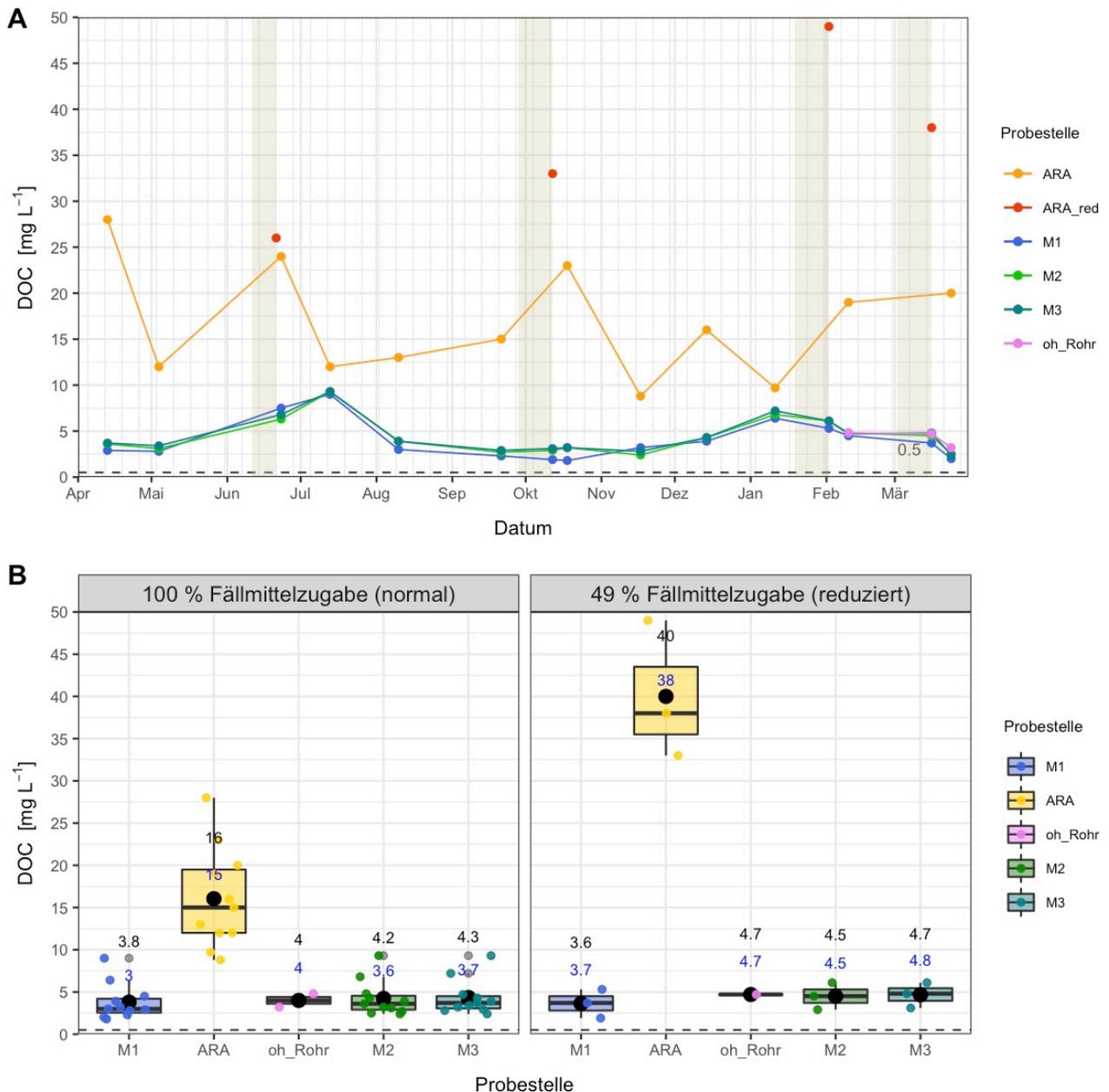


Abb. 29: Entwicklung des Gehalts an gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC, mg L⁻¹) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelte schwarze Linie markiert die Labornachweisgrenze. **A:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertspanne), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte), grauer Punkt = Ausreißer per Definition > 3-facher Interquartilsabstand. Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

6.3.13 Gesamter organischer Kohlenstoff

Der Gesamtgehalt an organischem Kohlenstoff (engl.: *total organic carbon*, TOC) lag an allen Probestellen nur minimal über den Werten für den gelösten organischen Kohlenstoff (DOC) und spiegelte somit die gleiche Dynamik wider (Abb. 30A).

Für den Normalbetrieb (11 Messungen) lagen im Mittel 4,5 mg L⁻¹ an der M1 (Kleine Weisach oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung) vor, unterhalb der Einleitung der ARA, die rund 16,3 mg L⁻¹ enthielt, etwa 5,0 mg L⁻¹ an der M2 (unterhalb der Einleitung) – also 0,5 mg L⁻¹ mehr. Mit 5,1 mg L⁻¹ stieg der TOC-Gehalt an der M3 (unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage) noch etwas an. Bei einer Fällmittelreduktion auf 49 % Fällmittelzugabe (3 Messungen) stieg der Gehalt der ARA auf rund 40,3 mg L⁻¹ an, die absoluten Werte und Differenz zwischen der M1 und der M2 veränderten sich jedoch kaum merklich (0,6 mg L⁻¹). Die Messwerte der Probestelle oh Rohr lagen im Einzelnen etwas höher als an der M1 und teilweise auch der M2. Für die Medianwerte ergaben sich ähnliche Unterschiede und Tendenzen.

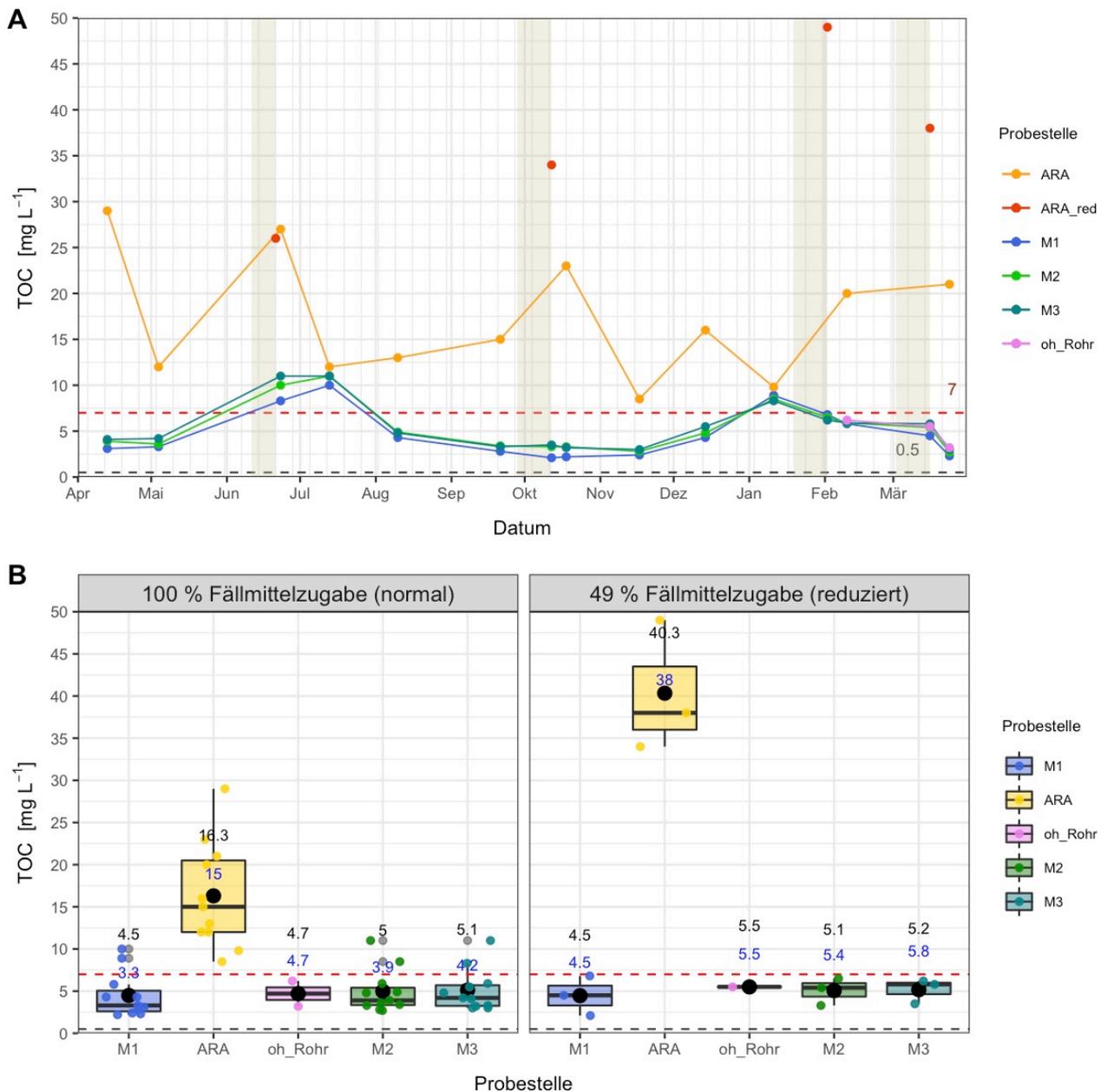


Abb. 30: Entwicklung des Gehalts an gesamtem organischen Kohlenstoff (TOC, in mg L⁻¹) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelte farbige Linie samt farbiger Zahlenangabe gibt den Orientierungswert für Fließgewässer des Typs 6_K im cyprinidengeprägten Rithral, zu dem die Kleine Weisach zählt, im guten Zustand nach OGewV (2016) an

(Orientierungswerte vgl. Tab. 8). Die gestrichelte schwarze Linie markiert die Labornachweisgrenze. **A:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittel-reduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertspanne), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte), grauer Punkt = Ausreißer per Definition > 3-facher Interquartilsabstand. Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

6.3.14 Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen

Der biochemische Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB₅), der als Anzeiger organischer, biologisch abbaubarer Belastungen gesehen werden kann, lag für die meisten Messungen unter der Labornachweisgrenze von 3 mg L⁻¹. Vereinzelt wurden jedoch relativ hohe Werte ermittelt: an der ARA maximal 12 mg L⁻¹ (April 2021), an der M1 maximal 6 mg L⁻¹ (August 2021, hoher Wasserstand; deckungsgleich mit dem Wert der ARA zu diesem Zeitpunkt), an der M2 maximal 10 mg L⁻¹ (Juni 2021, Hochwasserlage) und an der M3 mehrfach 4 mg L⁻¹ (Abb. 31A).

Im Normalbetrieb (11 Messungen) wurde im Mittel an allen Probestellen der Kleinen Weisach der Orientierungswert nach OGewV (2016) von 3 mg L⁻¹ eingehalten und damit auch der für Bachmuscheln empfohlene Maximalwert von 6 mg L⁻¹ (LfU 2013). Zwischen der M1 (oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung) mit durchschnittlich 2,4 mg L⁻¹ und der M2 (unterhalb der Einleitung) mit durchschnittlich 2,5 mg L⁻¹ konnte ein leichter Anstieg verzeichnet werden, der vermutlich auf das Abwasser der ARA mit rund 3,3 mg L⁻¹ zurückzuführen gewesen sein dürfte. Im fällmittelreduzierten Betrieb bei 49 % Fällmittelzugabe (3 Messungen) änderten sich die absoluten Werte kaum und zwischen der M1 und der M2 war im Mittel kein Unterschied erkennbar (Abb. 31B). Die Messwerte der Probestelle oh Rohr lagen im Einzelnen gleich hoch wie jene der M1 und M2. Die Medianwerte zeigen für den Normalbetrieb hingegen keine Unterschiede zwischen den Probestellen – nur bei Fällmittelreduktion liegen ARA und oh Rohr höher als die übrigen Probestellen.

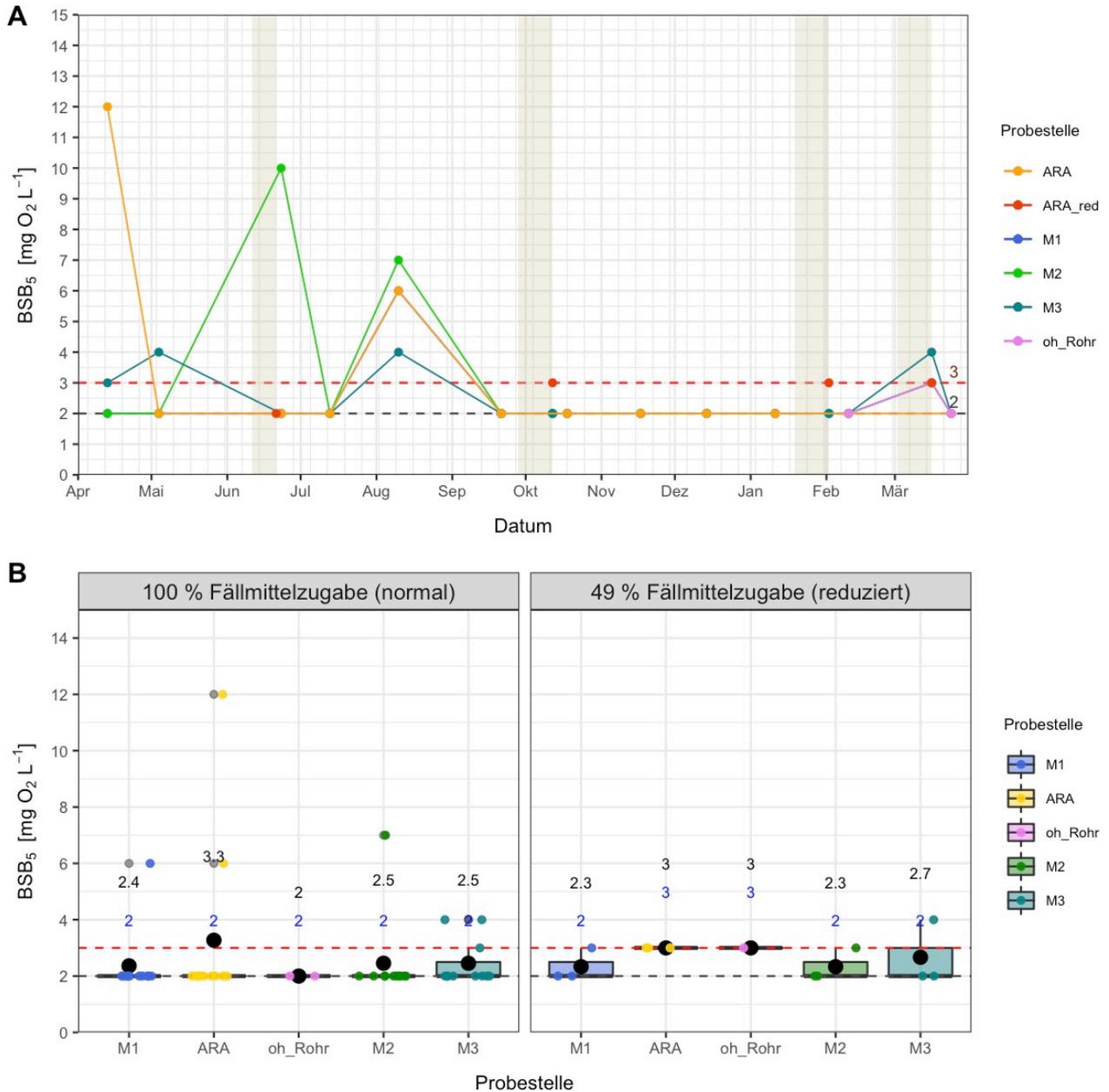


Abb. 31: Entwicklung des Gehalts an biochemischem Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB₅, in mg L⁻¹) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelte farbige Linie samt farbiger Zahlenangabe gibt den Orientierungswert für Fließgewässer des Typs 6_K im cyprinidengeprägten Rithral, zu dem die Kleine Weisach zählt, im guten Zustand nach OGewV (2016) an (Orientierungswerte vgl. Tab. 8). Die gestrichelte schwarze Linie markiert die Labornachweisgrenze. **A**: Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B**: Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertspanne), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte), grauer Punkt = Ausreißer per Definition > 3-facher Interquartilsabstand. Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

6.3.15 Chemischer Sauerstoffbedarf filtrierter und unfiltrierter Proben

Der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) für das Probenwasser der ARA unterschied sich bei 0,7 µm-filtrierten Proben von unfiltrierten Proben kaum und wies die gleiche Dynamik und praktisch

identische Absolutwerte auf, die zwischen rund 25 und 70 mg L⁻¹ schwankten (Abb. 32A und Abb. 33A). Für den Normalbetrieb ergaben sich im Mittel Konzentrationen von 40,5 mg L⁻¹ für die filtrierten und 40,4 mg L⁻¹ für die unfiltrierten Proben. Der Unterschied liegt laut Labor im Bereich des Messfehlers bei CSB-Messungen (10,05 %). Im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmitteleinsatz (3 Messungen) lagen im Mittel 110,7 mg L⁻¹ für filtrierte Proben und 114,0 mg L⁻¹ für unfiltrierte Proben vor (Abb. 32B und Abb. 33B). In der Kleinen Weisach lagen die Messwerte sowohl für filtrierte als auch für unfiltrierte Proben häufig unter der Labornachweisgrenze von 15 mg L⁻¹. Im Juli 2021 (Hochwasserlage) sowie im Frühjahr 2022 konnte der CSB-Wert jedoch gemessen werden und lag für filtrierte Proben bei etwa 20-30 mg L⁻¹ (Abb. 32A). In den unfiltrierten Proben der Kleinen Weisach wurden generell höhere Werte gemessen, wobei an der M2 (Kleine Weisach unterhalb der Einleitung) ein Spitzenwert von über 70 mg L⁻¹ im Januar 2022 erreicht wurde (Abb. 33A), der sich jedoch weder mit dem Abwasser der ARA noch durch den Hintergrundwert der M1 (oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung) erklären lässt. Möglich ist hier eine Einleitung über das Rohr oberhalb der M2 (spätere Probestelle oh Rohr), das zu diesem Zeitpunkt noch nicht bekannt war und daher nicht beprobt wurde. Möglich ist jedoch auch eine starke Verunreinigung des Sechselbaches, dessen Wasserqualität nicht näher untersucht wurde. Die Werte an der M3 unterhalb der kommunalen Kläranlage lagen deutlich niedriger, so dass fraglich bleibt, ob Abwasser aus dem Rohr für den Wert an der M2 überhaupt verantwortlich sein hätte können (Abb. 32A und Abb. 33A).

Die Mittelwerte in der Kleinen Weisach bewegten sich für filtrierte Proben im Normalbetrieb (11 Messungen) im Bereich von 16,0 bis 17,5 mg L⁻¹, wobei an der M1 der höchste Mittelwert errechnet wurde. Im fällmittelreduzierten Betrieb bei 49 % Fällmittelzusatz (3 Messungen) lag die M2 etwas höher als die M1 (Abb. 32B). Für unfiltrierte Proben lagen die absoluten Mittelwerte etwas höher und der Unterschied zwischen der M1 und der M2 belief sich im Normalbetrieb auf +3,8 mg L⁻¹, im reduzierten Zustand auf +2,3 mg L⁻¹ (Abb. 33B). Die Messwerte der Probestelle oh Rohr lagen im Einzelnen mal höher, mal niedriger und mal gleich hoch wie die Werte an den Probestellen M1 und M2. Für die Medianwerte ergaben sich meist ähnliche Unterschiede und Tendenzen, wobei bei filtrierten als auch bei unfiltrierten Proben zwischen den Werten von M1 und M2 kein Unterschied bestand.

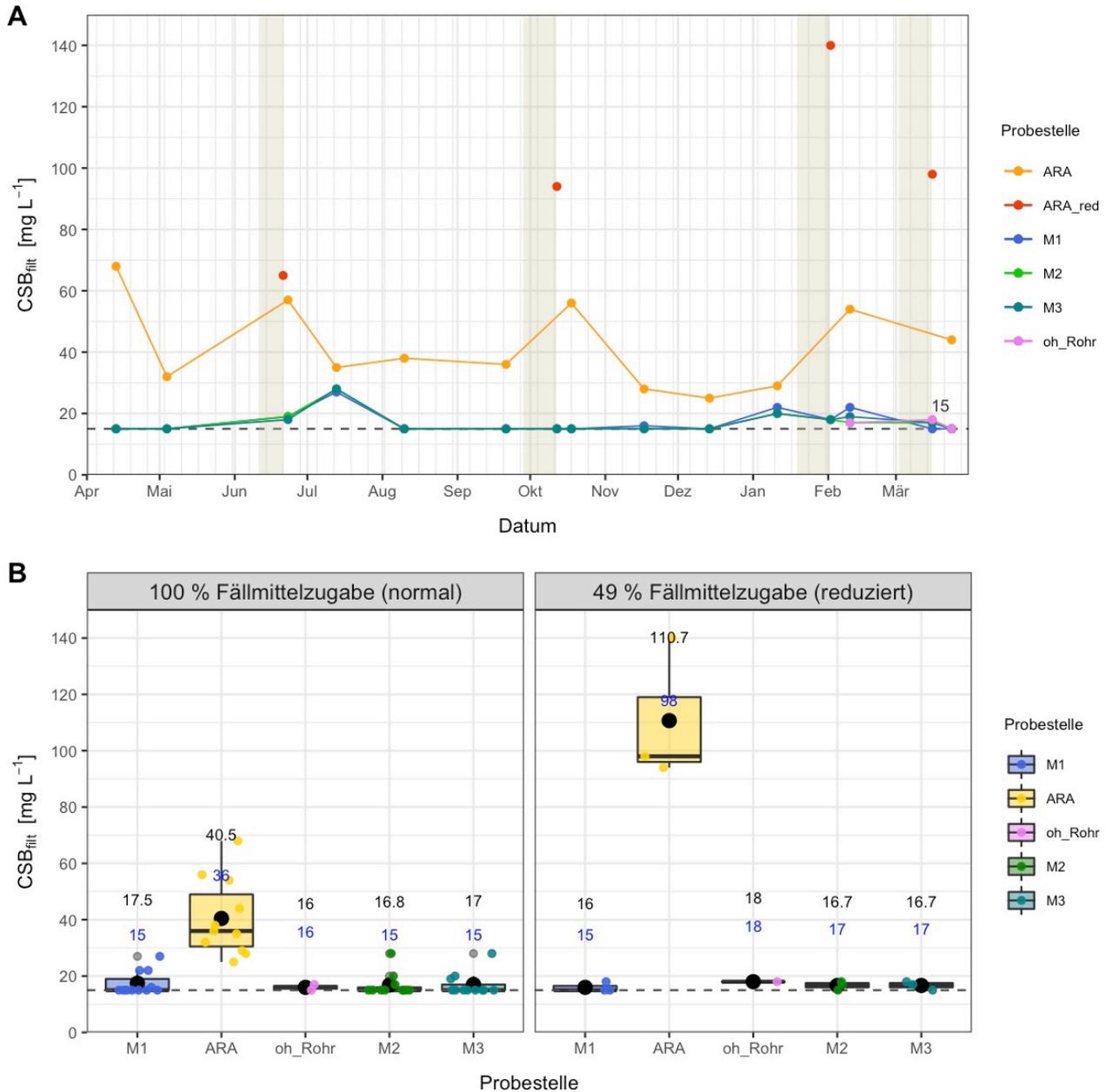


Abb. 32: Entwicklung des Gehalts an chemischem Sauerstoffbedarf für 0,7 µm-filtrierte Proben (CSB_{fit}, in mg L⁻¹) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelte schwarze Linie markiert die Labornachweisgrenze. **A:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertschance), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte), grauer Punkt = Ausreißer per Definition > 3-facher Interquartilsabstand. Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

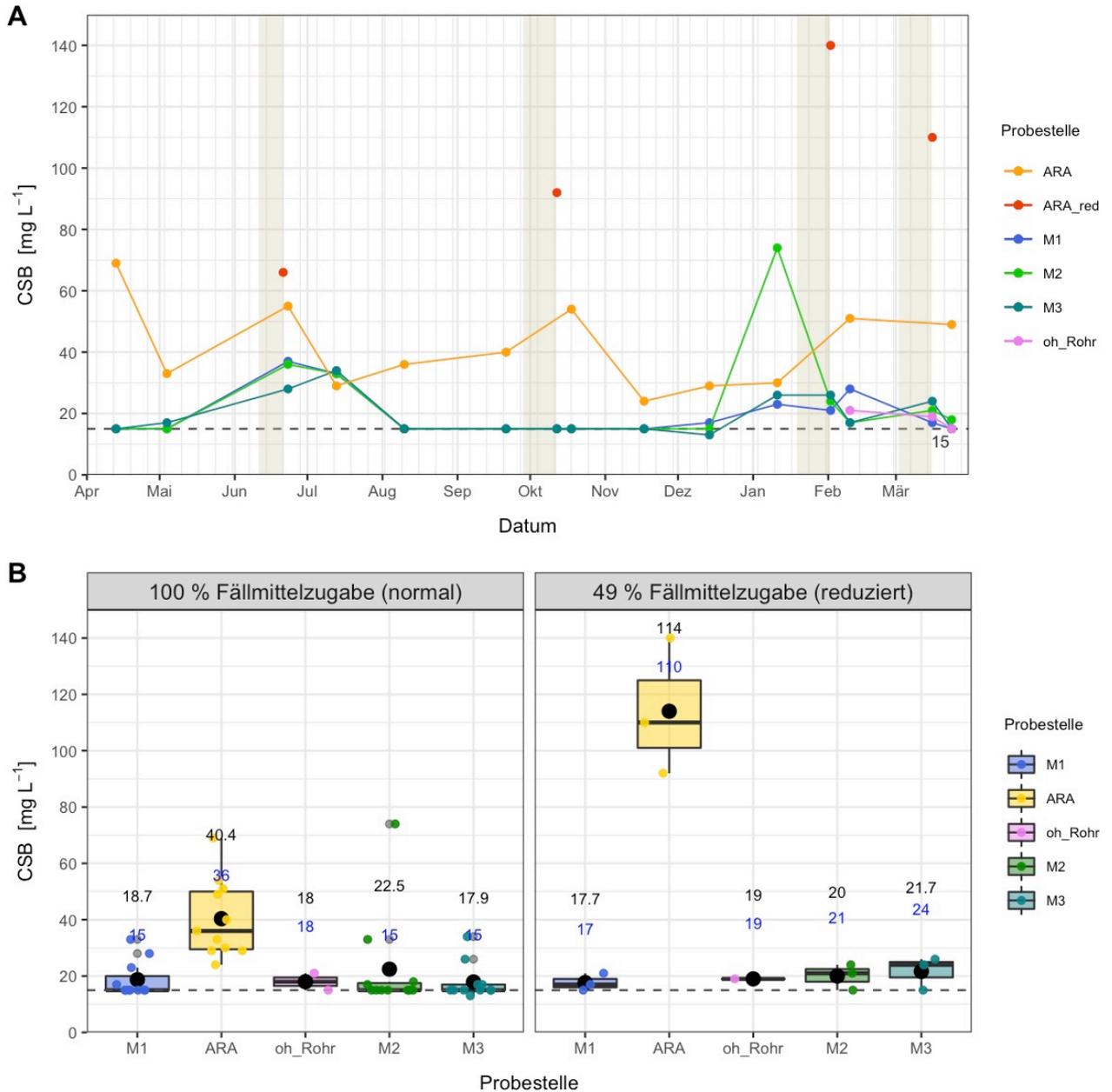


Abb. 33: Entwicklung des Gehalts an chemischem Sauerstoffbedarf für unfiltrierte Proben (CSB, in mg L⁻¹) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelte schwarze Linie markiert die Labornachweisgrenze. **A:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertschance), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte), grauer Punkt = Ausreißer per Definition > 3-facher Interquartilsabstand. Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

6.3.16 Chlorid

Der Chloridgehalt (Cl) im Ablauf der ARA schwankte im Jahresverlauf deutlich und lag im Normalbetrieb bei Werten zwischen rund 230 und 480 mg L⁻¹. Bei den Versuchen zur Fällmittelreduktion wurden zwischen 200 und 240 mg L⁻¹ nachgewiesen. In der Kleinen Weisach schwankten die Werte

ebenfalls im Jahresverlauf (geringfügig) und bewegten sich an der M1 (oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung) zwischen rund 21 und 99 mg L⁻¹. An der M2 (unterhalb der Einleitung) und der M3 (unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage) lagen die Messwerte teils deutlich höher, mit Werten zwischen 27 und 44 mg L⁻¹ an der M2 sowie 32 bis 93 mg L⁻¹ an der M3. Die M3 wies i. d. R. die höchsten Werte auf und überschritt häufig die von Halle & Müller (2014) für den Fließgewässertyp 6_K vorgeschlagene Wertvorgabe von 50 mg L⁻¹ als Hintergrundwert, die gleichzeitig vom LfU (2013) als oberer Leitwert für Bachmuscheln angegeben wird. Die LAWA gab 1998 für Gewässergüteklasse II („mäßig belastet“) einen Wert von 100 mg L⁻¹ an, der hier nicht überschritten wurde. Der Orientierungswert nach OGewV (2016) von 200 mg L⁻¹ wurde zu keinem Zeitpunkt überschritten (Abb. 34A).

Im Normalzustand (11 Messungen) wurden an der M1 im Schnitt 35,2 mg L⁻¹ Chlorid gemessen und eine Zunahme von +3,2 mg L⁻¹ bis zur M2 festgestellt. Die M3 setzte sich deutlich mit durchschnittlich 54,7 mg L⁻¹ im Normalbetrieb ab. Für die ARA lag der Wert im Normalbetrieb bei 372,7 mg L⁻¹. Im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (3 Messungen) reduzierte sich die Chloridkonzentration im ARA-Abwasser auf durchschnittlich 226,7 mg L⁻¹. Der Unterschied zwischen der M1 und der M2 lag in diesen Fällen im Schnitt bei +4,6 mg L⁻¹ und hatte sich somit kaum verändert (Abb. 34B). Die Messwerte der Probestelle oh Rohr lagen für Chlorid ebenfalls im Einzelnen mal höher, mal niedriger und mal gleich hoch wie die Werte an den Probestellen M1 und M2. Betrachtet man die Medianwerte, ergeben sich ähnliche Verhältnisse wie bei den Mittelwerten, wobei jedoch sämtliche Medianwerte noch im Rahmen der Orientierungswerte bzw. Wertvorschläge nach Halle & Müller (2014) bzw. nach LfU (2013) liegen.

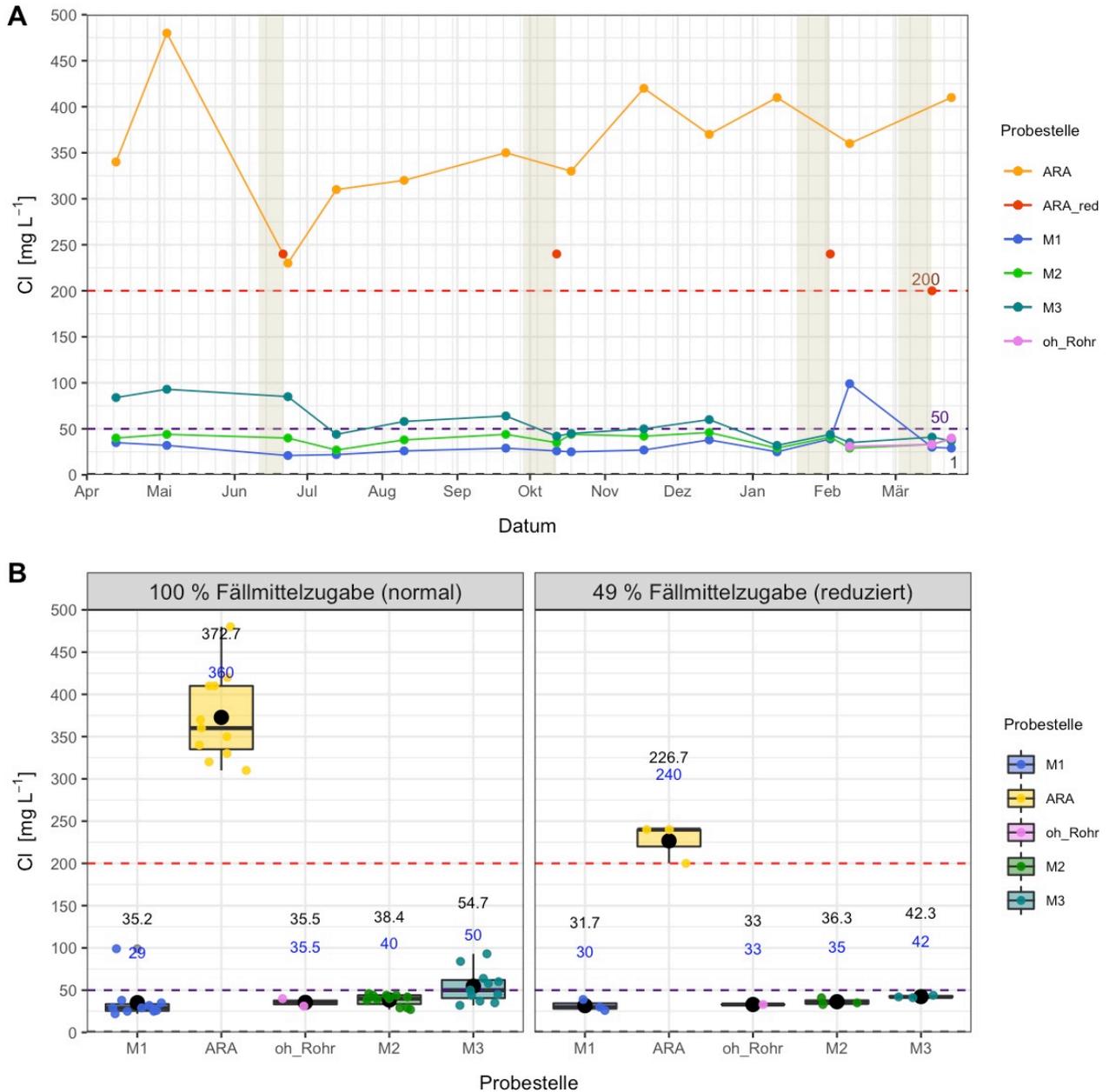


Abb. 34: Entwicklung des Chloridgehalts (Cl, in mg L⁻¹) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelten farbigen Linien samt farbiger Zahlenangabe geben die Orientierungswerte für Fließgewässer des Typs 6_K im cyprinidengeprägten Rithral, zu dem die Kleine Weisach zählt, im guten Zustand nach OGewV (2016) (rot) sowie nach Müller et al. (2014) (violett) an (Orientierungswerte vgl. Tab. 8 bzw. Tab. 10). Die gestrichelte schwarze Linie markiert die Labornachweisgrenze. **A:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertspanse), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte), grauer Punkt = Ausreißer per Definition > 3-facher Interquartilsabstand. Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

6.3.17 Aluminium

Die Gesamtkonzentration an Aluminium (Al) im Abwasser der ARA unterlag ebenfalls ausgeprägten Schwankungen im Jahresverlauf und bewegte sich insgesamt zwischen 0,1 mg L⁻¹ und 1,3 mg L⁻¹

im Normalbetrieb. Bei Fällmittelreduktion wurden maximal $1,7 \text{ mg L}^{-1}$ erreicht und die Werte lagen generell höher als im Normalbetrieb der Anlage im Anschluss an den jeweiligen Reduktionsversuch. In der Kleinen Weisach lagen die Messwerte meist unter $0,4 \text{ mg L}^{-1}$. Eine Ausnahme bildeten die Werte von Juni 2021 (Hochwasserlage): hier wurden $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ an der M1 (Kleine Weisach oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung), knapp $0,7 \text{ mg L}^{-1}$ an der M2 (unterhalb der Einleitung) und etwas mehr als $0,4 \text{ mg L}^{-1}$ an der M3 (unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage) gemessen (Abb. 35A).

Für die Berechnung des Mittelwertes im Normalbetrieb wurde der Juni-Wert allerdings generell an allen Probestellen ausgeschlossen, da das Abwasser der ARA wahrscheinlich noch nicht den Normalzustand erreicht hatte (die Messung erfolgte nach dem ersten Fällmittelreduktionsversuch in zu kurzem Abstand, vgl. Kap. 5.1.2). Aus diesem Grund fließt der ungewöhnlich hohe Wert aller Probestellen der Kleinen Weisach vom 23.06.2022 nicht in die Auswertung ein. Im Normalbetrieb (11 Messungen) wurden durchschnittlich $0,69 \text{ mg L}^{-1}$ Aluminium im Abwasser der ARA gemessen. Der Hintergrundwert der M1 stieg von $0,11 \text{ mg L}^{-1}$ auf der Strecke zur M2 um $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ auf $0,13 \text{ mg L}^{-1}$ an. An der M3 wurden $0,12 \text{ mg L}^{-1}$ im Schnitt erfasst. Im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmitteleinsatz (3 Messungen) wurden im Mittel $1,47 \text{ mg L}^{-1}$ Aluminium im ARA-Abwasser gemessen - d. h. (widererwartend) deutlich mehr als bei vollem Einsatz des aluminiumhaltigen Fällmittels. Die Differenz zwischen der M2 und der M1 betrug in diesem Fall $0,05 \text{ mg L}^{-1}$, lag also etwas höher als im Normalbetrieb. An der M3 lag, wie auch im Normalbetrieb, ein etwas geringerer Aluminiumgehalt im Wasser vor als an der M2 (Abb. 35B). Die Messwerte der Probestelle oh Rohr lagen im Einzelnen stets etwas über den Werten an der M1 und in 2 von 3 Fällen unter den Werten an der M2. Die Medianwerte liegen im Einzelnen teilweise niedriger, weisen jedoch ähnliche Tendenzen auf.

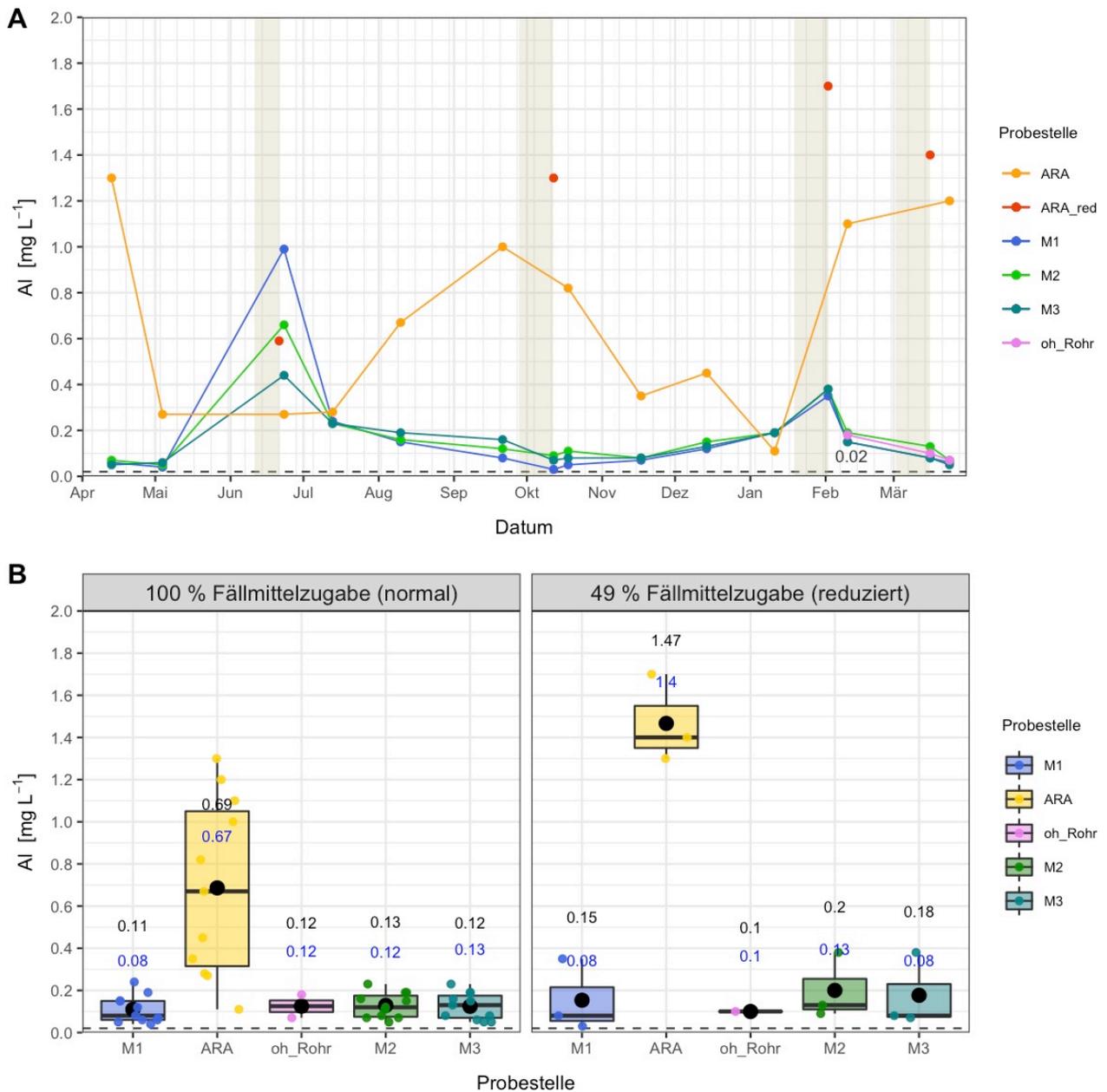


Abb. 35: Entwicklung des Aluminiumgehalts (Al, in mg L⁻¹) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelte schwarze Linie markiert die Labornachweisgrenze. **A:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertschere), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte). Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

6.3.18 Adsorbierbare organisch gebundene Halogenverbindungen

Der Gehalt an adsorbierbaren organisch gebundenen Halogenverbindungen (AOX) im Abwasser der ARA schwankte deutlich im Jahresverlauf und bewegte sich zwischen Werten von rund 0,02 und 0,27 mg L⁻¹ im Normalbetrieb. Im fällmittelreduzierten Betrieb wurden zwischen 0,05 und 0,32 mg L⁻¹ gemessen. Die Werte in der Kleinen Weisach bewegten sich zwischen Werten unterhalb der

Nachweisgrenze von $0,010 \text{ mg L}^{-1}$ und $0,027 \text{ mg L}^{-1}$. An der M2 (unterhalb der Einleitung) und der M3 (unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage) wurde dabei der von der LAWA (1998) vorgeschlagene Grenzwert für die Einteilung des Gewässers in Güteklasse II („mäßige Belastung“) von $0,025 \text{ mg L}^{-1}$ einige Male (3x M2 und 2x M3) geringfügig überschritten bzw. erreicht (Abb. 36A).

Für den Normalbetrieb (11 Messungen) wurden im Mittel $0,012 \text{ mg L}^{-1}$ an der M1 (Kleine Weisach oberhalb der Sechselbachmündung samt Einleitung) und $0,017 \text{ mg L}^{-1}$ an der M2 – also ein Anstieg um $0,005 \text{ mg L}^{-1}$ bei einem ARA-Wert von $0,096 \text{ mg L}^{-1}$ - ermittelt. An der M3 lag der Wert bei $0,016 \text{ mg L}^{-1}$. Bei einer Reduktion des Fällmittels auf 49 % Zugabe der Normalmenge (3 Messungen) stieg die Menge an AOX im Abwasser der ARA auf $0,180 \text{ mg L}^{-1}$ an. An der M2 wurden in diesem Fall jedoch $0,002 \text{ mg L}^{-1}$ weniger AOX als an der M1 gemessen, d. h. die Veränderung der AOX-Menge in der Kleinen Weisach durch den Zulauf der ARA wirkte sich in den Messungen nicht negativ aus. Auch an der M3 zeigte sich keine Wertveränderung (Abb. 36B). Die Messwerte der Probestelle oh Rohr lagen im Einzelnen stets etwas über den Werten an der M1 und einmal auch über dem Wert der M2. Für die Medianwerte ergaben sich ähnliche Unterschiede und Tendenzen.

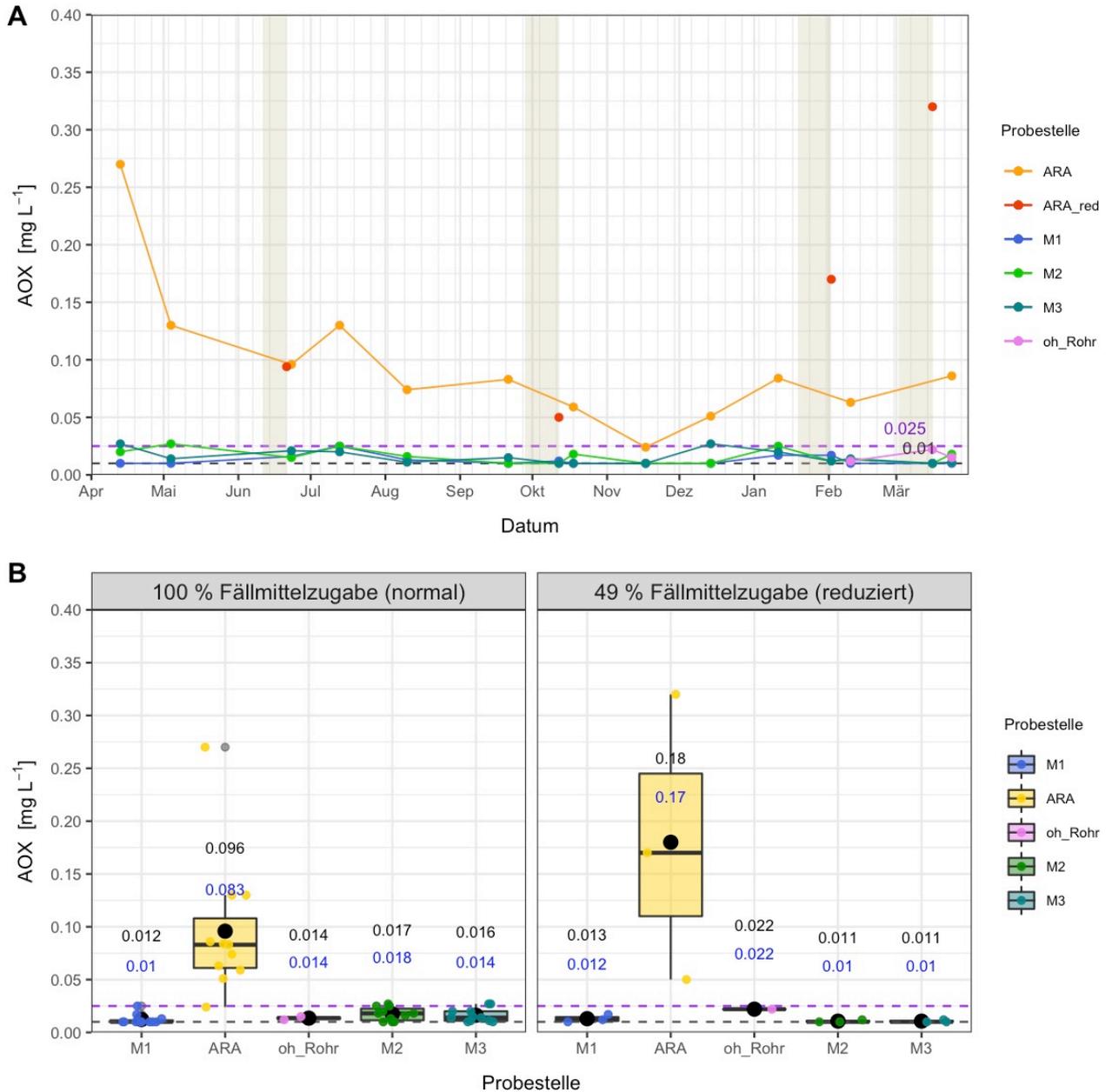


Abb. 36: Entwicklung des Gehalts an adsorbierbaren organisch gebundenen Halogenverbindungen (AOX, in mg L⁻¹) an den unterschiedlichen Probestellen im Jahresverlauf des Untersuchungszeitraums (A) sowie Auftrennung (B) für Normalzustand und fällmittelreduzierten Zustand der ARA. Die beige Flächen markieren die Zeitfenster, in denen die Versuche zur Fällmittelreduktion stattfanden. Die gestrichelte farbige Linie samt farbiger Zahlenangabe gibt den Wert für Gewässergüteklasse II nach LAWA (1998) an (vgl. Tab. 9). Die gestrichelte schwarze Linie markiert die Labornachweisgrenze. **A:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte im Jahresverlauf von April 2021 bis Ende März 2022. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Probestellen, wobei für die ARA zwischen dem Normalzustand (ARA, goldgelb) und dem fällmittelreduzierten Zustand (ARA_red, rote Einzelpunkte) unterschieden wird. **B:** Aufgetragen sind die einzelnen Messwerte (bunte Punkte) für jede Probestelle im Normalbetrieb und im fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % Fällmittelzugabe (unterschiedliche Diagrammkästen). Schwarzer Punkt = Mittelwert, dicker Querbalken = Medianwert (50 %-Wert), Box = 2. und 3. Quartil (25 % - 75 %-Wertspanse), Antenne = 1. und 4. Quartil (oberste und unterste 25 % der vorhandenen Werte), grauer Punkt = Ausreißer per Definition > 3-facher Interquartilsabstand. Die schwarzen Zahlen in der Grafik geben den jeweiligen Mittelwert an, die blauen Zahlen den Medianwert.

6.3.19 Zusammenfassende Übersicht zu den physikalisch-chemischen und chemischen Parametern

Tab. 14: Übersicht über die Messergebnisse der physikalisch-chemischen Parameter im Normalbetrieb und bei Fällmittelreduktion Angabe der Mittelwerte und Medianwerte im Ablauf der ARA sowie an den Probestellen M1 bis M3 in der Kleinen Weisach. Für den Sauerstoffgehalt und den pH-Wert sind Minimum bzw. Minimum und Maximum entscheidend, für die Temperatur wird nur zwischen den Halbjahren unterschieden und nicht zwischen der Zugabe an Fällmittel.

Parameter	T Sommer/Winter [°C]	O ₂ Min [mg L ⁻¹]	O ₂ -Sättigung [%]	pH Min/Max	LF [µS cm ⁻¹]
Mittelwerte, Minima oder Maxima Normalbetrieb - Fällmittelzugabe 100 % (n=11)					
M1 _{MW norm}	11,4 / 5,5	6,91* (Juni 2021)	95,6	7,89 (7,79 Juni 2021*) / 8,30	780
ARA _{MW norm}	31,1 / 28,0	6,47	95,3	7,43 / 8,13	1.906
M2 _{MW norm}	12,1 / 5,8	8,17 (5,84 Juni 2021*)	94,1	7,85 / 8,27	804
M3 _{MW norm}	12,0 / 5,6	7,70 (6,91 Juni 2021*)	89,7	7,79 / 8,27	871
Medianwerte Normalbetrieb - Fällmittelzugabe 100 % (n=11)					
M1 _{MD norm}	9,1 / 5,7	-	90,9	-	820
ARA _{MD norm}	31,1 / 29,6	-	95,3	-	1.928
M2 _{MD norm}	10,3 / 5,8	-	88,4	-	838
M3 _{MD norm}	9,9 / 5,6	-	85,4	-	926
Fällmittelreduktion auf 60 % des Normalwertes (n=1) im Juni 2021					
ARA _{MW red 60}				7,65	1.460
Mittelwerte, Minima oder Maxima - Fällmittelreduktion auf 49 % des Normalwertes (n=3) im Oktober 2021 sowie Februar und März 2022					
M1 _{MW red 49}	-	9,68	91,9	8,08 / 8,14	767
ARA _{MW red 49}	-	6,81	93,6	8,07 / 8,26	1.961
M2 _{MW red 49}	-	9,28	90,0	8,05 / 8,14	781

Parameter	T Sommer/Winter [°C]	O ₂ Min [mg L ⁻¹]	O ₂ -Sättigung [%]	pH Min/Max	LF [µS cm ⁻¹]
M3 MW red 49	-	9,25	87,0	8,05 / 8,07	830
Medianwerte Fällmittelreduktion für Sauerstoffsättigung und Leitfähigkeit auf 49 % des Normalwertes (n=3) im Oktober 2021 sowie Februar und März 2022					
M1 MD red 49	-	-	94,0	-	750
ARA MD red 49	-	-	93,1	-	1.951
M2 MD red 49	-	-	93,2	-	756
M3 MD red 49	-	-	87,2	-	798
Parameterveränderung im Ablauf der ARA – Faktor X, um den sich der mittlere/mediane Normalwert bei 49 % Fällmittelzugabe vervielfacht hat					
X MW	-	-	1,0	-	1,0
X MD	-	-	1,0	-	1,0

Abkürzungen und Erläuterungen: Abkürzungen der chemischen Parameter vgl. Tab. 2. * = Wert aus dem ersten Fällmittelversuch, der bei den Berechnungen von Mittelwert und Medianwert nicht weiter berücksichtigt wurde. MW = Mittelwert, MD = Medianwert, norm = Normalbetrieb mit 100 % Fällmitteleinsatz, red 60 = reduzierte Fällmittelzugabe von 60 % des Normalwertes, red 49 = reduzierte Fällmittelzugabe von 49 % des Normalwertes, Min = Minimumwert, Max = Maximumwert, grün hinterlegt = Wert erfüllt den Orientierungswert nach OGewV (2016) bzw. den nach Kennwert nach Pottgießer & Sommerhäuser (2008) für die Leitfähigkeit, rot hinterlegt = Wert verfehlt den Orientierungswert nach OGewV (2016), orange hinterlegt = Werte aus Normalbetrieb in Ordnung, der eingeklammerte Wert aus dem ersten Fällmittelversuch (Juni 2021) für den Normalbetrieb, bei dem unterhalb der M1 vermutlich noch fällmittelreduziertes Abwasser eingeleitet wurde, verfehlt jedoch den Orientierungswert nach OGewV (2016) - für die M1 besitzt der Wert aus dem ersten Fällmittelversuch und damit das Verfehlen des Orientierungswertes nach OGewV (2016) sicher Gültigkeit, da die M1 nicht vom Abwasser der ARA betroffen ist, ohne Farbe = keine Bewertung sinnvoll bzw. möglich. Für die Leitfähigkeit werden zur Beurteilung die Kennwerte von Pottgießer & Sommerhäuser (2008) herangezogen, - = keine Berechnung sinnvoll bzw. möglich. Anmerkung: Die Wassertemperatur (T) wird primär durch die Jahreszeit bestimmt und ist vom Betriebszustand (Normalbetrieb, Fällmittelreduktion) unabhängig, weshalb die nach WRRL relevante Betrachtung nach Winter- und Sommerhalbjahr erfolgt. Der Sauerstoffgehalt (O₂) hängt zunächst von der Wassertemperatur ab, weshalb der Vergleich zwischen den Betriebszuständen der ARA irreführend sein kann. Für O₂ und pH-Wert werden nach WRRL bzw. OGewV (2016) das Jahresminimum (O₂) bzw. Minimum und Maximum (pH) beurteilt.

Tab. 15: Übersicht über die Messergebnisse der chemischen Parameter im Normalbetrieb und bei Fällmittelreduktion Angabe der Mittelwerte und Medianwerte im Ablauf der ARA sowie an den Probestellen M1 bis M3 in der Kleinen Weisach.

Parameter [mg L ⁻¹]	Al	AOX	BSB ₅	Cl	CSB (unfilt.)	CSB _{fit}	DOC	NH ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	o-PO ₄ -P	TOC	TP
Mittelwerte Normalbetrieb - Fällmittelzugabe 100 % (n=11)														
M1 _{MW norm}	0,11	0,012	2,4	35,2	18,7	17,5	3,8	0,0016	0,07	0,047	8,5	0,086	4,5	0,121
ARA _{MW norm}	0,69	0,096	3,3	372,7	40,4	40,5	16,0	0,0352	1,13	0,011	0,8	0,022	16,3	0,036
M2 _{MW norm}	0,13	0,017	2,5	38,4	22,5	16,8	4,2	0,0021	0,10	0,041	8,6	0,082	5,0	0,118
M3 _{MW norm}	0,12	0,016	2,5	54,7	17,9	17,0	4,3	0,0040	0,20	0,075	9,0	0,197	5,1	0,256
Medianwerte Normalbetrieb - Fällmittelzugabe 100 % (n=11)														
M1 _{MD norm}	0,08	0,010	2,0	29,0	15,0	15,0	3,0	0,0011	0,05	0,049	8,4	0,095	3,3	0,120
ARA _{MD norm}	0,67	0,083	2,0	360,0	36,0	36,0	15,0	0,0021	0,02	0,006	0,8	0,016	15,0	0,026
M2 _{MD norm}	0,12	0,018	2,0	40,0	15,0	15,0	3,6	0,0015	0,07	0,043	8,1	0,091	3,9	0,120
M3 _{MD norm}	0,13	0,014	2,0	50,0	15,0	15,0	3,7	0,0018	0,10	0,067	8,8	0,209	4,2	0,270
Fällmittelreduktion auf 60 % des Normalwertes (n=1) im Juni 2021														
ARA _{red 60}	0,59	0,094	< 2	240,0	66,0	65,0	26,0	0,0014	0,04	0,012	3,6	0,060	26,0	0,090
Mittelwerte Fällmittelreduktion auf 49 % des Normalwertes (n=3) im Oktober 2021 sowie Februar und März 2022														
M1 _{MW red 49}	0,15	0,013	2,3	31,7	17,7	16,0	3,6	0,0053	0,32	0,047	8,3	0,104	4,5	0,137
ARA _{MW red 49}	1,47	0,180	3,0	226,7	114,0	110,7	40,0	0,0138	0,15	0,018	2,1	0,340	40,3	0,493
M2 _{MW red 49}	0,20	0,011	2,3	36,3	20,0	16,7	4,5	0,0055	0,33	0,042	8,3	0,109	5,1	0,147
M3 _{MW red 49}	0,18	0,011	2,7	42,3	21,7	16,7	4,7	0,0092	0,60	0,064	8,7	0,242	5,2	0,280
Medianwerte Fällmittelreduktion (ausgenommen pH-Wert) auf 49 % des Normalwertes (n=3) im Oktober 2021 sowie Februar und März 2022														
M1 _{MD red 49}	0,08	0,012	2,0	30,0	17,0	15,0	3,7	0,0071	0,43	0,040	8,1	0,101	4,5	0,140

Parameter [mg L ⁻¹]	Al	AOX	BSB ₅	Cl	CSB (unfilt.)	CSB _{fit}	DOC	NH ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	o-PO ₄ -P	TOC	TP
ARA _{MD red 49}	1,40	0,170	3,0	240,0	110,0	98,0	38,0	0,0074	0,09	0,006	1,7	0,267	38,0	0,440
M2 _{MD red 49}	0,13	0,010	2,0	35,0	21,0	17,0	4,5	0,0062	0,44	0,037	7,9	0,108	5,4	0,140
M3 _{MD red 49}	0,08	0,010	2,0	42,0	24,0	17,0	4,8	0,0088	0,64	0,067	8,4	0,251	5,8	0,300
Parameterveränderung im Ablauf der ARA – Faktor X, um den sich der mittlere/mediane Normalwert bei 49 % Fällmittelzugabe vervielfacht hat														
X _{MW}	2,1	1,9	0,9	0,6	2,9	2,7	2,5	0,4	0,1	1,6	2,6	17,0	2,5	12,3
X _{MD}	2,1	2,0	1,5 ¹	0,7	3,1	2,7	2,5	3,5 ¹	4,5 ¹	1,0 ¹	2,1	13,5	2,5	14,7

Abkürzungen und Erläuterungen: Abkürzungen der chemischen Parameter vgl. Tab. 2. _{MW} = Mittelwert, _{MD} = Medianwert, _{norm} = Normalbetrieb mit 100 % Fällmitteleinsatz, _{red 60} = reduzierte Fällmittelzugabe von 60 % des Normalwertes, _{red 49} = reduzierte Fällmittelzugabe von 49 % des Normalwertes, _{Min} = Minimumwert, _{Max} = Maximumwert, grün hinterlegt = Wert erfüllt den Orientierungswert nach OGewV (2016) bzw. den Empfehlungswert nach LAWA (1998) für AOX bzw. nach Halle & Müller (2014) bzw. LfU (2013) für Chlorid, rot hinterlegt = Wert liegt über dem Orientierungswert nach OGewV (2016), orange = Wert liegt über dem Empfehlungswert nach Halle & Müller (2014) bzw. LfU (2013) für Chlorid oder den Empfehlungen des LfU (2013) für Bachmuscheln und ihre Wirtsfische für Nitrat-Stickstoff, ohne Farbe = keine Bewertung sinnvoll bzw. möglich

¹ : Bei Verwendung der Medianwerte steigen die Konzentrationen bei Ammonium- und Ammoniak-Stickstoff sowie bei BSB₅ im fällmittelreduzierten Betrieb teils um ein Mehrfaches an, während bei der Verwendung der Mittelwerte die Konzentrationen vorgeblich stark abnehmen. Umgekehrtes ist für Nitrit-Stickstoff der Fall. Grund hierfür sind Ausreißerwerte in den Monitoringdaten. Diese ziehen rein rechnerisch den Mittelwert für den Normalbetrieb deutlich nach oben bzw. nach unten, während der Medianwert des Normalbetriebs von diesen Extremwerten unbeeinflusst bleibt. So ergibt sich ein ggf. „über-“ bzw. „unterschätzter“ Mittelwert für den Normalbetrieb und damit eine scheinbare Reduktion bzw. Steigerung, wenn das Fällmittel reduziert wird. Würde man jedoch die Extremwerte nicht betrachten, ergäbe sich bei Fällmittelreduktion eine Zunahme an Ammonium- bzw. Ammoniakstickstoff und BSB₅ sowie keine Veränderung für Nitrit-Stickstoff.

Mittelwerte, Minima und Maxima

In der Zusammenfassung (Tab. 14) lässt sich festhalten, dass bereits an der M1 oberhalb der Einleitung der ARA in der Kleinen Weisach die Orientierungswerte für gelösten Orthophosphat-Phosphor und Gesamtphosphor nach OGeV (2016) im Untersuchungszeitraum im Normalbetrieb verfehlt wurden. Auch der Gehalt an Nitrat-Stickstoff liegt im Hinblick auf die Empfehlungen des LfU (2013) für Bachmuschelgewässer zu hoch (Empfehlungswert: 2 mg L^{-1}). Darüber hinaus wurde der Orientierungswert gem. OGeV (2016) für Sauerstoff einmalig (bei Hochwasserlage) knapp unterschritten.

Zu den Zeitpunkten der Fällmittelreduktionsversuche (bewertet wurden nur die Versuche mit einem Endwert von 49 % Fällmitteleinsatz, vgl. Methodik Kap. 5.2.1 und 5.9) lagen an allen Probestellen zusätzlich überhöhte Mittelwerte für Ammonium-Stickstoff und den daraus errechneten Gehalt an Ammoniak-Stickstoff vor. Dabei muss allerdings beachtet werden, dass die Fällmittelreduktionsversuche zwischen Oktober und März stattfanden, in 2 von 3 Fällen also im Winterhalbjahr, in dem aus kommunalen Kläranlagen i. d. R. hohe Ammonium-Stickstoff-Frachten abgegeben werden (vgl. Kap. 6.3.8). Hohe Werte an der M1 (sowie auch an der M3) sind deshalb nicht ungewöhnlich, da die Kläranlagen z. B. von Taschendorf bachaufwärts (und die Kläranlage von Vestenbergsgreuth) vermutlich – wie die meisten kommunalen Kläranlagen – keinen Aufschlagwerten für Ammonium im Winterhalbjahr nachkommen müssen.

Es sei angemerkt, dass im Mittel die Stoffkonzentrationen an der M2 (Kleine Weisach unterhalb der Einleitung) niedriger lagen als an der M3 (unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage) und an der M2 bereits überschrittene Orientierungswerte (o.ä.) auch bachabwärts nicht eingehalten wurden. Ausnahmen hiervon bilden Aluminium und adsorbierbare organisch gebundene Halogenverbindungen (AOX), deren Konzentrationen von M2 nach M3 etwas abnahmen.

Weiter zeigen die Ergebnisse, dass sich bei Reduktion des Fällmittels auf rund 49 % der Normalzugabe die Stoffkonzentrationen folgender chemischer Parameter im Abwasser der ARA offenbar im Schnitt erhöhen: AOX, Aluminium, chemischer Sauerstoffbedarf, gelöster und gesamter organischer Kohlenstoff, Nitrit- und Nitrat-Stickstoff sowie um ein Vielfaches die Konzentrationen an Orthophosphat-Phosphor (17-fach) und Gesamtphosphor (12-fach). Die Parameter biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen, Leitfähigkeit, pH-Wert und Sauerstoffgehalt bleiben auf ähnlichem Niveau wie im Normalbetrieb, während die Parameter Chlorid, Ammoniak- und Ammonium-Stickstoff teils deutlich abnehmen.

Medianwerte

Die Medianwerte aus dem Messprogramm geben ein ähnliches Bild wie die Mittelwerte wieder, wobei für Chlorid, Ammoniak- und Ammonium-Stickstoff hier keine Überschreitungen an der Probe-stelle M3 im Normalbetrieb vorliegen.

Für den fällmittelreduzierten Zustand mit 49 % Fällmitteleinsatz ergibt sich die gleiche Bewertung wie für die Mittelwerte, wenn auch mit abweichenden Einzelwerten.

Auch der Faktor, um den die Werte bei Fällmittelreduktion im Vergleich zum Normalbetrieb ansteigen, liegt für die meisten Parameter auf einem ähnlichen Niveau wie bei der Betrachtung der Veränderung der Mittelwerte. Eine auffallende Abweichung stellen jedoch die Faktor-Werte von

Ammonium-Stickstoff und errechnetem Ammoniak-Stickstoff, biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB₅) sowie Nitrit-Stickstoff dar: Bei Verwendung der Medianwerte steigen die Konzentrationen bei Ammonium- und Ammoniak-Stickstoff sowie bei BSB₅ im fällmittelreduzierten Betrieb teils um ein Mehrfaches an, während bei der Verwendung der Mittelwerte die Konzentrationen vorgeblich stark abnehmen. Umgekehrtes ist für Nitrit-Stickstoff der Fall. Grund hierfür sind Ausreißerwerte in den Monitoringdaten. Diese ziehen rein rechnerisch der Mittelwert für den Normalbetrieb deutlich nach oben bzw. nach unten, während der Medianwert des Normalbetriebs von diesen Extremwerten unbeeinflusst bleibt. So ergibt sich ein ggf. „überschätzter“ bzw. „unterschätzter“ Mittelwert für den Normalbetrieb und damit eine scheinbare Reduktion bzw. Steigerung, wenn das Fällmittel reduziert wird. Würde man jedoch die Extremwerte nicht betrachten, ergäbe sich bei Fällmittelreduktion eine Zunahme an Ammonium- bzw. Ammoniakstickstoff und BSB₅ sowie keine Veränderung für Nitrit-Stickstoff.

6.3.20 Auffälligkeiten in der Messreihe

Als optisch auffällig sind die Wasserproben der ARA vom 04.05.2021, 17.11.2021 und 11.01.2022 einzustufen, die sich durch ihre kaum vorhandene Farbgebung von allen anderen Proben im Verlauf des Monitoringprogramms unterschieden (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die besagten Proben waren nur schwach gelblich-bräunlich eingefärbt, während die üblichen Abwasserproben einen deutlich bernsteinähnlichen Farbton aufwiesen.

Den genannten Proben gemein war die Tatsache, dass die Leitfähigkeit eher durchschnittlich ausfiel und die Werte für den Gehalt an Phosphor, gesamtem und gelöstem organischem Kohlenstoff (teils sehr) niedrig waren sowie auch die Werte für den biochemischen und chemischen Sauerstoffbedarf. Diese Merkmale traten jedoch auch gelegentlich im Einzelnen bei „typisch gefärbten“ Abwasserproben auf.

Interessanterweise unterschieden sich die übrigen Messparameter der Proben in ihrer Ausprägung stark voneinander: In der Mai-Probe wurde eine maximale Chloridmenge festgestellt sowie ein eher relativ hoher Gehalt an adsorbierbaren organisch gebundenen Halogenverbindungen (AOX). Der pH-Wert sowie die Konzentrationen für Ammonium-Stickstoff (und damit der errechnete Gehalt an Ammoniak-Stickstoff), Nitrit- und Nitratstickstoff sowie auch für Aluminium lagen auf eher niedrigem Niveau. Die November-Probe kennzeichnete sich ebenfalls durch relativ hohe Werte für Chlorid und besonders niedrige Werte für Ammonium-Stickstoff (und damit dem errechneten Ammoniak-Stickstoff). Jedoch lag hier ein relativ hoher Gehalt an Nitrat-Stickstoff und ein sehr niedriger Gehalt an AOX vor. In der Januar-Probe wiederum stachen die besonders niedrigen Werte für die Abwassertemperatur, den pH-Wert, den Gehalt an Nitrat-Stickstoff und Aluminium heraus. Absolut überhöht war hingegen der Ammonium-Gehalt dieser Probe (und damit der errechnete Gehalt an Ammoniak-Stickstoff), ein Maximum erreichte die Sauerstoffkonzentration und etwas erhöht war auch der Nitrit-Stickstoffgehalt im Abwasser.

Für die Andersartigkeit der Januar-Probe kann vermutlich die Winterpause des Betriebs herangezogen werden, der zwischen Weihnachten 2021 und dem 09.01.2022 (dem Protokoll der Eigenüberwachung nach zu urteilen) ruhte. Da über diesen Zeitraum vom Jahresbeginn keine Daten in der Eigenüberwachung vorliegen, lässt sich nichts Weiteres überprüfen. Es ist nur allgemein zu vermuten, dass sich das Hochfahren des Betriebs und die Reaktivierung des Reinigungsprozesses der

ARA stark auf die Beschaffenheit des Abwassers auswirken dürften, da biologische Prozesse im Allgemeinen auf Veränderungen meist zeitverzögert und mit Schwankungen reagieren. Es dauert also entsprechend, bis sich (annähernde) Gleichgewichtszustände nach „Störungen“ im System einpendeln können.

In Mai und November 2021 gab es jedoch offenbar keine Betriebspausen. Aus den Protokollen der Eigenüberwachung (Daten siehe Anlage GÖG) wird lediglich ersichtlich, dass bereits in den Vortagen vor dem 04.05.2021 der chemische Sauerstoffbedarf auf relativ niedrigem Niveau angesiedelt war, bei zeitgleich hohen Fällmitteleinsätzen, niedrigen pH- und fluktuierenden Phosphor-Werten. Es kann sein, dass sich die Beschaffenheit der Probe z. B. einfach durch die zu diesem Zeitpunkt im Betrieb verarbeiteten Produkte ergeben haben könnte. Dies kann anhand der vorliegenden Daten jedoch nicht untersucht und daher weder bestätigt noch verworfen werden.

Ähnliches gilt für die Probe im November, bei der in den Vortagen des 17.11.2021 der im Ablauf gemessene CSB-Wert auf einem äußerst niedrigen Niveau für die ARA lag (Werte um die 23 mg L^{-1}). Zwei Tage zuvor wurde ein sehr hoher Phosphorgesamtgehalt (über der Labormessgrenze von 2 mg L^{-1}) ermittelt, der am Vortag dann allerdings bereits wieder an der unteren Nachweisgrenze ($0,20 \text{ mg L}^{-1}$) lag. Die übrigen Werte erschienen unauffällig. Außerdem wurde für die Membranbiologie, die dem Ablauf vorgeschaltet ist, in den Vortagen eine vergleichsweise niedrige Alkalinität registriert. Auch im November könnte die Beschaffenheit der Probe der damaligen Produktauswahl in der Produktion geschuldet sein, was sich aber im Nachhinein nicht überprüfen lässt.



Abb. 37: Auffällig schwach gefärbtes Abwasser der ARA in Mai und November 2021 sowie typisch gefärbtes Abwasser im April 2021. Links: Probenwasser vom 04.05.2021. Mitte: Probenwasser vom 17.11.2021. Rechts: Probenwasser vom 13.04.2021.

6.4 Werte der Anlagenüberwachung von Januar 2021 bis April 2022

6.4.1 Durchschnittswerte, Minima und Maxima

In der Eigenüberwachung werden verschiedene Parameter an verschiedenen Messstellen im Regelkreis und Abwasserdurchlauf der ARA erfasst. Tab. 16 gibt für einige Überwachungsparameter die Monatsmittelwerte, Minima und Maxima im Zeitraum Januar 2021 bis April 2022 an. Aus dem monatlichen Fällmittelverbrauch und dem monatlichen Abschlag Q_{ARA} wurde hierfür die durchschnittliche Chloridkonzentration im Abwasser errechnet. Dabei wurde von einem Chloridgehalt von 0,27

kg L⁻¹ ausgegangen (20% Cl-Anteil bei einer Dichte von 1.350 kg m⁻³ Fällmittel, vgl. „Antrag zur Änderung der Anforderungswerte aus dem Bescheid vom 22.03.2012“, Resch & Partner 2019, Anhang 1). Da zum Überblick nur eine Umrechnung für Monatsmittelwerte durchgeführt wurde, können zu Minimum und Maximum der theoretischen Chloridkonzentrationen im Abwasser keine Angaben gemacht werden.

Aus den Überwachungswerten geht u. a. hervor, dass vereinzelt sehr hohe Konzentrationen an Ammonium-Stickstoff, Nitrat-Stickstoff und Nitrit-Stickstoff erfasst wurden. Die Maximalwerte fallen dabei in den Januar 2021, weitere hohe Werte in den Januar 2022 - jeweils in die Anschlussstape an die winterliche Betriebspause (Daten im Einzelnen hier nicht gezeigt). Wie von der Fa. Martin Bauer erläutert, gehen solche Spitzenwerte auf das Anfahren der Anlage (Anfahr-Drehzahl der Pumpen) zurück. Dieses Phänomen ist unumgänglich und tritt bei jedem Neustart der Anlage auf (Erläuterung Hr. Frischmann, Martin Bauer GmbH & Co. KG am Besprechungstermin vom 07.11.2023, Landrat samt Erlangen).

Für Ammonium-Stickstoff wird außerdem fast monatlich 1- bis 2-mal eine Konzentration von über 1 mg L⁻¹ erreicht. Des Weiteren wurde mehrfach (10-mal zwischen Juni und November 2021) die obere Labormessgrenze für Gesamtphosphor überschritten, die bei 2 mg L⁻¹ liegt. Wieviel Phosphor an den betreffenden Tagen tatsächlich im Abwasser enthalten war, kann daher nicht gesagt werden.

Vergleicht man aus dem Untersuchungszeitraum von April 2021 bis März 2022 die Durchschnittswerte der Eigenüberwachung aus dem Normalbetrieb, d. h. das Mittel aus jenen Monatswerten, in denen kein Fällmittelreduktionsversuch stattfand (Tab. 16, letzte Zeile), mit den im Monitoring für den Normalzustand der ARA errechneten Mittel- und Medianwerten (Tab. 14, Tab. 15), so zeigt sich, dass durchaus Abweichungen voneinander bestehen:

- Der gemessene biochemische Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB₅) im Normalbetrieb liegt im Mittel etwas höher, im Median jedoch niedriger als jener aus der Eigenüberwachung. Letzteres dürfte der Tatsache geschuldet sein, dass der gemessene BSB₅-Wert häufig unter der Labornachweisgrenze lag, damit also auch der Medianwert diesen Wert annahm.
- Die gemessene Konzentration von Chlorid liegt im Mittel und im Median deutlich höher als die aus der Eigenüberwachung errechneten Werte.
- Auch der mittlere Gehalt an Ammonium-Stickstoff liegt im Mittel in den Monitoringmessungen deutlich höher als der Wert der Eigenüberwachung, der Medianwert jedoch deutlich niedriger – was auf die beiden starken Ausreißerwerte in den Monitoringdaten zurückgeht.
- Die gemessenen Nitrit-Stickstoffwerte liegen im Mittel und Median (deutlich) niedriger als in der Eigenüberwachung. Gleiches gilt für den Nitrat-Stickstoffgehalt.
- Besonders auffällig ist der Unterschied in den Messungen des Gesamtphosphorgehaltes, der bei den Monitoringergebnissen im Schnitt bei nur 10 % des Wertes der Eigenüberwachung liegt – in der Eigenüberwachung also 10-mal höher ausfällt.
- Die Werte für den chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) sind sich im Mittel und Median relativ ähnlich.

Aufgrund der angesprochenen auffälligen Unterschiede in den Messwerten wurden aus den Datenblättern zur Eigenüberwachung die Tagesmesswerte herausgesucht, die an den Tagen der Probenahme des Monitorings erhoben wurden. Die zugehörigen Daten finden sich im Anhang (Tab. 40 bis

Tab. 46). In dieser Detailbetrachtung bestätigen sich die obigen Feststellungen: Die Monitoringergebnisse für die Parameter Chlorid und Ammonium-Stickstoff liegen im Schnitt (deutlich) höher als die der Eigenüberwachung, der CSB-Wert stimmt recht gut überein und die Ergebnisse für Nitrat- und Nitrit-Stickstoff sowie für Gesamtphosphor fallen im Monitoring ganz klar niedriger aus.

Weshalb sich die Messwerte teilweise so eklatant unterscheiden, ist unklar. Lediglich die Abweichung zwischen gemessenem und aus Fällmittelverbrauch und Abfluss berechnetem, theoretischem Chlorid-Wert erscheint erwartungsgemäß, da der Fällmittelverbrauch und der Abfluss relativ ungenau bestimmt werden und auch der Anteil an Chlorid im Fällmittel als Gewichts-Prozent nur ungefähr angegeben wird (ca. 20 %). Hinzu kommt die Tatsache, dass sich im Mischwassertank das Abwasser vieler Tage sammelt und vermengt, die Berechnung also nur für die zugehörige Tagescharge, nicht aber für das abgegebene Mischwasser zutreffen kann.

Bei den übrigen Messparametern liegt dieses Problem jedoch nicht vor und die Unstimmigkeiten werfen Fragen auf. Die Tatsache, dass die routinemäßigen monatlichen Probenahmen des Anlagenabwassers am Auslaufrohr am Sechselbach stattfinden, kann zumindest nicht als Erklärung dienen: Auch die Messwerte jener Proben, die (bei den Fällmittelreduktionsversuchen im reduzierten und im späteren Normalzustand) im Anlagenhaus genommen wurden, unterscheiden sich stets von den Werten aus der Eigenüberwachung. Es bleibt daher offen, ob die Abweichungen auf Messfehler, unterschiedliche Methoden oder unbekanntere andere Faktoren zurückzuführen sind. Festzuhalten ist, dass sich aus den unterschiedlichen Ergebnissen auch unterschiedliche Schlussfolgerungen für die ARA als Gewässerbelastung ergeben.

Tab. 16: Überwachungswerte ausgewählter Parameter der ARA zwischen Januar 2021 und April 2022 (Datenquelle: Martin Bauer GmbH & Co. KG)

Monat - Jahr	FV	Cl _{berechnet}	T _{Luft}	T _{ARA}	Q _{ARA}	* BSB ₅	CSB	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	TN	TP
	[L d ⁻¹]	[mg L ⁻¹]	[°C]		[m ³ d ⁻¹]	[mg L ⁻¹]						
Monatsmittelwerte												
01-21	322,8	381,9	0,7	23,9	228,2	1,9	23	2,75	3,53	0,062	6,34	0,36
02-21	418,3	358,8	0,7	27,8	314,8	2,4	33	0,14	1,48	0,010	1,64	0,32
03-21	358,7	295,5	4,0	27,8	327,8	2,3	27	0,08	1,82	0,020	1,91	0,35
04-21	328,5	291,8	10,0	28,1	306,3	2,1	34	0,23	1,59	0,028	1,84	0,43
05-21	406,6	315,6	12,9	29,1	347,8	2,5	24	0,38	2,10	0,015	2,49	0,49
06-21	236,2	173,8	22,0	31,9	367,0	3,9	40	0,04	2,76	0,020	3,53	0,39
07-21	332,8	244,3	21,3	31,6	367,8	2,6	35	0,28	1,45	0,010	1,74	0,47
08-21	232,0	244,3	19,4	29,8	256,4	2,8	32	0,04	0,63	0,004	0,68	0,20
09-21	189,9	177,5	16,9	29,7	288,8	3,8	40	0,12	2,81	0,022	2,95	0,53
10-21	251,2	207,7	10,7	29,4	326,5	4,1	60	0,23	2,22	0,014	3,13	0,69
11-21	334,4	265,2	6,8	28,8	340,5	3,4	35	0,06	2,54	0,020	2,61	0,52
12-21	247,2	258,1	4,8	27,2	258,6	2,4	39	0,05	2,40	0,013	2,46	0,31
01-22	161,1	182,8	3,4	24,6	238,0	3,0	54	0,58	2,61	0,033	3,22	0,24
02-22	290,2	251,8	6,8	28,1	311,2	2,5	59	0,04	1,60	0,017	1,66	0,20
03-22	245,4	205,4	4,1	28,3	322,6	2,2	70	0,05	3,71	0,018	3,78	0,31
04-22	315,1	270,3	10,1	27,8	314,8	3,9	34	0,04	2,57	0,020	2,63	0,20
Min ^a	0,0	-	-12,1	16,6	0	1,7	12	<0,04	0,30	0,003	0,34	<0,20
Max ^a	523,6	-	27,4	33,3	385,9	5,5	65	13,90	6,89	0,246	21,70	>2,00

Monat - Jahr	FV	Cl _{berechnet}	T _{Luft}	T _{ARA}	Q _{ARA}	* BSB ₅	CSB	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	TN	TP
	[L d ⁻¹]	[mg L ⁻¹]	[°C]		[m ³ d ⁻¹]	[mg L ⁻¹]						
MW _{normal}	329,6	292,6	9,1	28,2	306,3	2,6	32	0,41	2,01	0,020	2,43	0,37
MW _{gesamt}	291,9	257,7	9,7	28,4	307,3	2,9	40	0,32	2,24	0,20	2,66	0,38

Erläuterungen und Abkürzungen: Abkürzungen der chemischen Parameter vgl. Tab. 2. FV = Fällmittelverbrauch, Cl_{berechnet} = Chloridkonzentration berechnet aus dem Fällmitteleinsatz und dem monatlichen Abschlag Q_{ARA}, T_{Luft} = Lufttemperatur vor Ort, T_{ARA} = Temperatur im Ablauf der ARA, TN = Gesamtstickstoff als Summe aus NH₄-N, NO₃-N und NO₂-N, * = wird nur alle 14 Tage erfasst, Min = Tagesminimum im Zeitraum 01.01.2021-30.04.2022, Max = Tagesmaximum im Zeitraum 01.01.2021-30.04.2022, MW_{normal} = Mittelwert aus den Monatsmittelwerten im Normalbetrieb (d.h. ohne Monate mit fällmittelreduziertem Betrieb – Juni 2021, September/Oktober 2021, Januar/Februar 2022 und März 2022), ^a = ausgenommen sind die Zeiträume der Versuche zur Fällmittelreduktion (inkl. 10 Tage nach Versuchsende), d. h. die Minima und Maxima stammen aus dem Normalbetrieb, MW_{gesamt} = Mittelwert aus den Monatsmittelwerten April 2021 bis März 2022 – d.h. dem gesamten Untersuchungszeitraum des gewässerökologischen Monitorings. Gelb hinterlegt = Monate mit Versuchen zur Fällmittelreduktion. Betriebspausen der ARA lt. Überwachungsprotokoll: 16.08.-05.09.2021, 24.12.2021-09.01.2022, 15.04.-18.04.2022.

Anmerkung: Die Maximalwerte von NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N und TN wurden allesamt zwischen dem 07.01. und 19.01.2021 registriert. Maximalwerte für TP von > 2,0 mg L⁻¹ (Nachweisgrenze des hausinternen Labors der Martin Bauer GmbH & Co. KG lt. Protokollen) wurden insgesamt 10-mal im Zeitraum von Juni 2021 bis November 2021 gemessen.

6.4.2 Reaktionsträgheit der ARA

Aus den täglichen Überwachungswerten (Daten siehe Anlage GÖG) lässt sich ferner abschätzen, wie lange die Anlage „nachschiebt“, wenn Veränderungen an der Fällmittelzugabe unternommen werden. Dabei kann der CSB-Wert im Ablauf der ARA als Maß für die „Normalisierung“ des Abwassers dienen: Hierzu orientiert man sich am CSB-Wert in den Tagen des Normalbetriebs vor Versuchsbeginn und überprüft, wann in etwa dieser Wertebereich nach der erneuten Volldosierung des Fällmittels nach Versuchsende erreicht wird.

Im ersten Versuch zur Fällmittelreduktion im Juni 2022 endete der Versuchsdurchlauf, bei dem eine Reduktion auf etwa 60 % des Fällmitteleinsatzes getestet wurde, am 21.06.2022 mit einem CSB-Wert von 53 mg L⁻¹ im Ablauf der ARA. Dieser Wert stieg in den Folgetagen – trotz normalisierter Fällmittelzugabe – noch weiter an und erreichte am 23.06.2021 einen Höchstwert von 63 mg L⁻¹. Deutlich niedrigere Werte mit 49 mg L⁻¹ wurden erst ab dem 28.06.2021 erreicht, eine Rückkehr zum ursprünglichen CSB-Niveau fand erst um den 06.07.2021 statt. Der 2. Fällmittelreduktionsversuch im September/Oktober 2021 begann am 28.09.2021 und endete am 12.10.2021 mit einem Reduktionswert von 49 % der normalen Fällmitteldosierung. Nach der Probenahme am Morgen wurde die Dosierung bereits am Nachmittag auf den Normalwert (100% Fällmittelzugabe) umgestellt. Am 12.10.2021 verzeichnete die Anlage im Ablauf einen CSB-Wert von 95 mg L⁻¹, am 13.10. wurden 103 mg L⁻¹ CSB gemessen. In den Folgetagen sanken die Werte jedoch deutlich ab und schwankten ab dem 15.10.2021 bei Werten zwischen 35 und 75 mg L⁻¹. Beim 3. Versuchsdurchlauf in Januar/Februar 2022 endete der Versuch am 02.02.2022 bei einem CSB-Wert von 138 mg L⁻¹. Eine Normalisierung der Werte auf einem Niveau zwischen 40 und 60 mg L⁻¹ wurde ab dem 07.02.2022 erreicht. Beim 4. Versuchsdurchlauf im März 2022 endete der Versuch mit einem CSB-Wert von 114 mg L⁻¹ am 16.03.2022. Ab dem 24.03.2022 stabilisierten sich die Werte zwischen 40 und 60 mg L⁻¹.

Da beim ersten Fällmittelreduktionsversuch andere Rahmenbedingungen vorherrschten (Sommertemperaturen, niedrigere (60%) Fällmittelreduktionsstufe), wurde dieser Versuch aus der Auswertung ausgeklammert. Für die übrigen, gleichartig angesetzten Reduktionsversuche dauerte eine Umstellung auf den Normalbetrieb demnach zwischen 3 und 8 Tage. Damit ist im Nachhinein abgesichert, dass die zugehörigen Probenahmen für den „Normalzustand“ der Anlage, die auch auf die Kleine Weisach ausgeweitet wurden und am 18.10.2021, 10.02. sowie 24.03.2022 durchgeführt wurden, tatsächlich unter „wieder normalisierten“ Bedingungen stattfanden.

6.5 Versuche zur Fällmittelreduktion

Um eine mögliche künftige Reduktion des Fällmitteleinsatzes zu simulieren, wurde in 4 Versuchsdurchläufen von je 10 bzw. 14 Tagen die Zugabe des Fällmittels stufenweise reduziert. Am Endpunkt jedes Durchlaufs wurden Wasserproben für verschiedene chemische- und biochemische Analysen entnommen. Für einen zeitnahen Normalzustand wurden nach einer gewissen Wartezeit von mehreren Tagen erneut Proben entnommen und analysiert (vgl. Kap. 5.2.1, 6.4.2).

Im ersten Versuchsdurchlauf wurde die Wartezeit, innerhalb der die Anlage wieder auf Normalbetrieb umgestellt wurde, in Abstimmung mit dem Ingenieurbüro Dr. Resch & Partner (Fr. Cellarius), Weißenburg, auf 3 Tage festgesetzt, so dass am 23.06.2021 das Wasser zur Untersuchung der

„Normalwerte“ entnommen wurde. Die Wartezeit wurde überschlägig der anzunehmenden Dauer gleichgesetzt, mit sich der Mischwasserbehälter, in dem die Abwässer vor Abgabe gesammelt werden, einmal komplett neu mit Abwasser befüllen würde. Wie sich im Nachhinein herausstellte (s. Kap. 6.4.2), bestand das wieder „normalisierte“ Abwasser am 23.06.2021 jedoch vermutlich noch zu großen Anteilen aus Abwasser des fällmittelreduzierten Betriebes. Zumindest deuteten dies die Chlorid- und CSB-Werte an, die sich am 23.06.2021 kaum von jenen aus dem vorangegangenen Fällmittelreduktionsversuch unterschieden. Die Probe „ARA Normalzustand“ vom 23.06.2021 wurde im vorliegenden Gutachten daher nicht als solche gewertet, sondern vorsorglich aus der Betrachtung ausgeschlossen. Die Analyseergebnisse sind im Folgenden in den Tabellen der Vollständigkeit halber genannt, durch eine graue Farbgebung jedoch gekennzeichnet.

Als weitere Abweichung von der Planung ist zu vermerken, dass beim letzten Durchgang am 05.03.2022 ein Kommunikationsfehler im Steuerungssystem der Anlage auftrat, so dass bis einschließlich 07.03.2022 kein Fällmittel dosiert wurde. Zwischen dem 07.03.2022 und dem 11.03.2022 fand hingegen – der Anlageneigenüberwachung nach zu urteilen - eine nicht vorgesehene Überdosierung statt. Erst ab dem 12.03.2022 verlief die Fällmittelzugabe wieder nach Plan mit reduzierter Zugabe (49 % des Normalwertes). Infolge der fehlerhaften Fällmitteldosierung schwankten während des Versuchsdurchlaufs der Gehalt an Gesamtphosphor (TP), an Chlorid sowie der CSB-Wert (vgl. Daten aus der Eigenüberwachung in der Anlage GÖG). Bis zur Probenahme für den finalen fällmittelreduzierten Zustand am 16.03.2022 hatte jedoch zumindest der CSB-Wert ein Maximum erreicht. Der TP-Gehalt stieg noch bis zum 17.03.2022 um weitere rund 10 % von 0,48 mg L⁻¹ auf 0,58 mg L⁻¹ an – dieses Maximum wurde also offenbar nicht in der Probenahme erfasst, sollte jedoch nicht außer Acht gelassen werden.

6.5.1 Begrifflichkeit und Aussagekraft des Parameters CSB

Bei der Diskussion zum Thema CSB ist es wichtig, klar zu stellen, dass der Begriff „Sauerstoffbedarf“ irreführend ist. Korrekterweise ist von einem chemischen Sauerstoffverbrauch zu sprechen, da in der zugehörigen DIN-Methode zur Bestimmung dieses Parameters tatsächlich der Bedarf des sehr starken Oxidationsmittels Kaliumdichromat (K₂Cr₂O₇) unter speziellen Laborbedingungen (u.a. ca. 148 °C über 110 Minuten bei Überdruck, Zugabe von Schwefelsäure, Silbersulfat und Quecksilbersulfat) ermittelt wird. Korrekt ist der CSB-Wert, wie folgt, zu beschreiben:

„In der summarischen Erfassung der organischen Substanzen über den Chemischen Sauerstoffbedarf wird die Menge eines Oxidationsmittels ermittelt, die unter festliegenden Reaktionsbedingungen für die Oxidation der organischen Inhaltstoffe verbraucht wird. Hieraus lässt sich die für die Oxidation erforderliche Sauerstoffmenge, d. h. der Sauerstoffbedarf, errechnen“ (DVWK-Merkblatt 228/1996 Aussagekraft von Gewässergüteparametern in Fließgewässern, Teil II: Summenparameter Kohlenstoffverbindungen und sauerstoffverbrauchende Substanzen, Mineralstoffe, Organische Schadstoffe, Hygienische Kennwerte).

Die Bestimmung des CSB-Wertes involviert also das Zufügen starker Säuren und eines starken chemischen Oxidationsmittels, das in der Natur nicht vorkommt. Die Übertragung der Ergebnisse auf natürliche Verhältnisse ist daher nicht möglich (und auch nicht wissenschaftlich haltbar). Als Summenparameter gibt der CSB nur Auskunft über die chemische Oxidierbarkeit einer Gesamtprobe, trifft jedoch keine Aussage über die Qualität bzw. Schädlichkeit der einzelnen Inhaltsstoffe.

Liegt ein hoher CSB-Wert vor, so kann nur eine detaillierte Inhaltsanalyse, die sämtliche Stoffe identifiziert, tatsächlich zum Nachweis unnatürlicher und/oder möglicherweise schädlicher (organischer) Belastungen dienen. Ein hoher CSB-Wert tritt auch ganz natürlicherweise auf, z. B. in moorigen, huminstoffreichen Gewässern. Diese besitzen jedoch nicht von Haus aus eine „schlechtere“ Wasserqualität. Torf, Laub oder Holz, aus denen sich biologisch schwer abbaubare chemische Verbindungen lösen und einen hohen CSB-Wert im Wasser verursachen können, sind unter normalen Umständen zumindest nicht per se giftig.

Für den CSB gibt es daher nachvollziehbarer Weise keine Orientierungswerte nach OGeWV (2016) und es finden sich auch keine greifbaren Erfahrungswerte in der Literatur. Für Gewässerlebewesen, wie z. B. Bachmuscheln, gibt es (insofern) diesbezüglich ebenfalls keine Angaben.

6.5.2 Veränderungen der Konzentration von chemischem Sauerstoffbedarf, Phosphor, Chlorid und Kohlenstoffkomponenten bei Fällmittelreduktion

In Tab. 17 werden die Befunde aus den monatlichen wasserchemischen Analysen (eingeschickt an das Labor Agrolab) für eine Reihe besonders relevanter Parameter aufgeführt. Die Tabelle verdeutlicht noch einmal die Auswirkungen der Fällmittelreduktion: Werden ungefähr nur 50 % der üblichen Menge an Fällmittel eingesetzt, so steigen der Orthophosphat-Phosphorgehalt ($\text{o-PO}_4\text{-P}$) und der Gesamtposphorgehalt (TP) an der ARA um ein Vielfaches: $\text{o-PO}_4\text{-P}$ um das 7- bis 13-fache und TP ca. um das 7-fache. Der CSB steigt gleichzeitig auf das 2- bis 3-fache und der Gehalt an organischem Kohlenstoff (gelöst und gesamt, DOC und TOC) steigt ebenfalls um ein Drittel bis um die Hälfte. Der Chlorid-Gehalt sinkt hingegen um 30-50 % ab. Bei den Stickstoffkomponenten ist der Zusammenhang eher unklar. Der biochemische Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB_5) ändert sich offenbar nicht.

Dazu ist anzumerken, dass sich die Ergebnisse für einzelne Stoffe im Detail von den Analyseergebnissen der anderen Labore (Labor eurofins für Zahn-Wellens-Testverfahren, vgl. Tab. 18, und Labor LGL für Huminstoffanalytik, vgl. Tab. 19) unterscheiden. Es kann also davon ausgegangen werden, dass trotz Akkreditierung und Messverfahren nach DIN z. T. ein gewisser Spielraum für die Messergebnisse gilt. Dies trifft offenbar auf die Parameter CSB, TOC, DOC, $\text{NO}_3\text{-N}$ und $\text{NH}_4\text{-N}$ zu, die jeweils parallel in zwei Laboren untersucht wurden.

6.5.3 Huminstoffe, Phenolindex und organische Säuren

Die Analysen des Labors LGL zeigten, dass im Normalbetrieb der Anlage zwischen rund 15 mg L^{-1} und 17 mg L^{-1} **Huminstoffe** im Abwasser vorlagen. Setzt man diese Konzentrationen in Relation zu den durch das Labor Agrolab ermittelten Konzentrationen an gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) und gesamtem organischem Kohlenstoff (TOC), so ergibt sich, dass im Normalbetrieb der Anlage die Huminstoffe zwischen 75 % und 85 % des DOC-Gehaltes bzw. 73 % und 81 % des TOC-Gehaltes ausmachten. Die gleichzeitig relativ niedrig ausfallenden Stickstoffgehalte ($\text{NO}_3\text{-N}$ und $\text{NH}_4\text{-N}$) deuteten darauf hin, dass die Huminstoffe aus dem langsamen Abbau stickstoffarmer organischer Substanzen stammten (LGL Prüfberichte 21/11/2140081-1 und 21/06/2123842-1).

Rein rechnerisch wurden tatsächlich maximal 120 % des DOC-Gehaltes ermittelt (siehe Tab. 19). Der Anteilswert von 120 % ist natürlich fehlerhaft, da eine Teilmenge maximal nur 100 % der Gesamtmenge ausmachen kann. Dieser Fehler lässt sich wohl durch die Messung der einzelnen

chemischen Parameter in unterschiedlichen Laboren erklären, was offenbar zu unstimmgigen Ergebnissen geführt hatte. Ähnliches zeigt auch der Vergleich zwischen den Ergebnissen des Labors Agrolab und eurofins für die gemessenen DOC-, TOC- und CSB-Werte in den Abwasserproben der Fällmittelreduktionsversuche (vgl. Tab. 17 und Tab. 18), die sich im Einzelnen teils deutlich unterschieden. Im Schnitt stimmten die Werte allerdings gut überein: die Werte des Labors eurofins betrugen 102 % des DOC-Wertes, 108 % des TOC-Wertes und 96 % des CSB-Wertes aus den Analysen des Labors Agrolab (Daten hier nicht gezeigt).



Abb. 38: Abwasser der Betriebskläranlage im fällmittelreduzierten Zustand und im anschließenden Normalbetrieb einige Tage nach dem Versuchsdurchlauf. Obere Reihe: Abwasser bei einer reduzierten Fällmittelzugabe mit 60 % Fällmitteleinsatz im Juni 2021 (linkes Bild) und bei je 49 % Fällmitteleinsatz im Oktober 2021 (mittleres Bild) und Februar 2022 (rechtes Bild). Zu erkennen ist, dass bei der Fällmittelreduktion im Februar 2022 eine besonders tiefe Braunfärbung entstand. Untere Reihe: Abwasser aus der wieder im Normalbetrieb laufenden Anlage nach dem Fällmittelreduktionsversuch im Oktober 2021 (linkes Bild) und im Februar 2022 (rechtes Bild). Das Abwasser weist wieder die übliche gelblich-bräunliche Färbung auf.

Im fällmittelreduzierten Betrieb (bei 49 % Fällmitteleinsatz) bewegte sich der Huminstoffgehalt zwischen 26 mg L^{-1} und 46 mg L^{-1} und betrug damit anteilig zwischen 78 % und 100 % des DOC-Gehaltes bzw. 77 % und 100 % des TOC-Gehaltes bei gleichzeitig teilweise höherem Stickstoffgehalt.

Im Vergleich zum Abwasser der Anlage wies die Kleine Weisach oberhalb der Sechselbachmündung (M1) stets niedrige Huminstoffkonzentrationen zwischen rund 2 mg L^{-1} und 6 mg L^{-1} auf, die zwischen 71 % und 85 % des DOC-Gehaltes bzw. 55 % und 77 % des TOC-Gehaltes ausmachten. Verhältnismäßig hoch zu diesen Werten, jedoch typisch für Oberflächengewässer, lag der zeitgleiche Stickstoffgehalt ($\text{NO}_3\text{-N}$ und $\text{NH}_4\text{-N}$) des Bachwassers, was offenbar darauf schließen ließ, dass die Huminstoffe aus bakteriellen Abbauprozessen stammten (CLG Prüfberichte 21/11/2140081-1 und 21/06/2123842-1).

Neben den Huminstoffmengen wurden auch der sog. Phenolindex und die Menge an organischen Säuren in Form von Essigsäure analysiert. Diese Daten sind hier nicht dargestellt, sondern finden sich in den Laborberichten in der Anlage GÖG „Feldprotokolle und Laborberichte“.

Phenole sind natürlicherweise in Pflanzen enthalten (z.B. Farbstoffe, Gerbstoffe, Lignine), bilden jedoch auch Bestandteile von Kohle- und Teerprodukten, Herbiziden, pharmazeutischen Produkten, Farben, Lacken und Holzschutzmitteln. Der **Phenolindex** ist ein Summenparameter, der neben Phenol auch halogenierte Phenole, Nitrophenole und Alkylphenole erfasst. Er soll damit als Maß für die Belastung einer Probe mit Phenolen und Phenolformen dienen. Als Einschränkung gilt dabei, dass die Nachweismethode (DIN 38409/H16), bei der die Phenolverbindungen über Färbung angezeigt werden, auf einige Phenolformen schwächer reagiert und bestimmte Phenolformen gar nicht erfassen kann (Licha et al. 2001 und enthaltene Referenzen).

In allen untersuchten Proben unterschritt der Phenolindex die Labornachweisgrenze von $0,010 \text{ mg L}^{-1}$. Die detaillierten Daten befinden sich in den Laborberichten in der Anlage GÖG „Feldprotokolle und Laborberichte“.

Organische Säuren entstehen in Kläranlagen zum einen bei den Prozessen der Nitrifikation und Denitrifikation, bei denen Bakterien Ammonium unter Sauerstoffverbrauch zu Nitrat und unter sauerstofffreien Bedingungen (anaerob) schließlich zu molekularem Stickstoff umwandeln. Zum anderen werden organische Säuren in der sog. „Versäuerungsphase“ gebildet: Organisches Material kann durch Mikroorganismen bei anaeroben Verhältnissen in lösliche und unlösliche Verbindungen aufgespaltet werden. Die löslichen Komponenten werden von den Zellen aufgenommen und hauptsächlich in Kohlendioxid (CO_2), Wasserstoff (H_2), Alkohole und organische Säuren umgewandelt (Versäuerungsphase). Anschließend erfolgt eine Weiterverarbeitung v.a. zu CO_2 , H_2 und Essigsäure (Essigsäure-Phase). Bei der Methangärung wird letztlich aus CO_2 , H_2 , Methanol und einfachen organischen Säuren Methan gebildet, welches ausgast (Methanphase) (Braun et al 1996).

Organische Säuren in Form von Essigsäure konnten zwar in allen Proben (Kleine Weisach oberhalb der Sechselbachmündung, ARA normal und ARA reduziert) in Mengen zwischen rund 15 mg L^{-1} und 75 mg L^{-1} nachgewiesen werden, jedoch zeigte sich hier kein erkennbares Muster in der Rangfolge. Das heißt, in einem Probensatz enthielt die Kleine Weisach die höchste Menge organischer Säuren, in zwei anderen Fällen die Abwässer aus dem Normalbetrieb der ARA und im vierten Probensatz die Abwässer aus dem fällmittelreduzierten Betrieb. Dazu lagen die Werte der drei Proben pro Versuchsdurchlauf meist auf ähnlich hohem Niveau, wobei beim ersten Versuch zur Fällmittelreduktion im Juni 2021 etwas weniger organische Säuren in der Kleinen Weisach und im ARA-Abwasser nachgewiesen wurden als in den Versuchen von Oktober 2021, Februar und März 2022. Der Gehalt an organischen Säuren brachte daher insgesamt ebenfalls keine zusätzliche Information.

Die detaillierten Daten hierzu befinden sich in den Laborberichten in der Anlage „Feldprotokolle und Laborberichte“.

6.5.4 Organische Kohlenstoffe und biologische Abbaubarkeit

Zur Überprüfung der **biologischen Abbaubarkeit des DOC** wurde mit Proben aus dem Normalbetrieb und aus dem fällmittelreduzierten Betrieb der Anlage sowie Wasser aus der Kleinen Weisach das Zahn-Wellens-Testverfahren durchgeführt. Dieser Test prüft, inwieweit sich der DOC-Gehalt bzw. der zugehörige CSB-Wert einer Probe über die Zeit verändert, wenn Klärschlambakterien der Probe zugesetzt werden und die Probe bei standardisierten Wachstumsbedingungen (Proben mit 20-25 °C Wassertemperatur, belüftet und gerührt) inkubiert wird. Er gibt somit Aufschluss über das Maß an biologischer Abbaubarkeit für den in der Probe enthaltenen DOC unter idealen Bedingungen.

Tests mit dem Abwasser der ARA zeigten, dass im Normalbetrieb der Anlage zwischen 1 % und 17 % des DOC nach 7 Tagen biologisch abgebaut werden konnten, nach einer Gesamtlaufzeit von 28 Tagen maximal 14 % bis 26 % (s. Tab. 18). Im fällmittelreduzierten Betrieb ließen innerhalb von 7 Tagen zwischen 0 % und 19 % des DOC abbauen, innerhalb von 28 Tagen zwischen 6 % und 31 %. Dabei lag der Anteil an biologisch abbaubaren DOC im fällmittelreduzierten Zustand jedoch nicht prinzipiell höher oder niedriger als im Normalbetrieb der Anlage. Im Mittel ließen sich somit, ungeachtet der Fällmittelzugabe, nach 28 Tagen rund 15 % des vorhandenen DOC im Anlagenabwasser abbauen.

Der DOC-Gehalt der Kleinen Weisach reichte nur in einem von vier Fällen zur Durchführung des Tests aus: In diesem Fall, in dem 9 mg L⁻¹ DOC im Bachwasser vorlagen (von denen 64 % als Huminstoffe analysiert wurden), konnten bis Tag 7 rund 40 % des DOC abgebaut werden, bis Tag 28 rund 46 %.

Aus den monatlichen chemischen Analysen (Tab. 17) ging hervor, dass die korrespondierenden Werte des biochemischen Abbaus in 5 Tagen (BSB₅) dabei stets unter 3 mg L⁻¹ Sauerstoffverbrauch lagen.

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass in den untersuchten Proben stets über 70 % des organischen Kohlenstoffs der Betriebskläranlage aus Huminstoffen bestand und maximal 31 % des DOC innerhalb von 28 Tagen unter idealen Laborbedingungen biologisch abgebaut werden konnten – etwa die Hälfte bis zwei Drittel hiervon in den ersten 7 Tagen. Im Bachwasser fiel der Anteil an Huminstoffen (teils deutlich) geringer aus und bis zu 46 % des organischen Kohlenstoffs ließen sich innerhalb von 28 Tagen biologisch abbauen.

Die detaillierten Daten befinden sich in den Laborberichten in der Anlage GÖG „Feldprotokolle und Laborberichte“.

6.5.5 Ökotoxikologie

Probenwasser der ARA aus dem Normalbetrieb und dem fällmittelreduzierten Betrieb wurde an verschiedenen Testorganismen auf seine hemmende bzw. toxische Wirkung hin getestet.

Für Fischeier (Zebrafisch, *Danio rerio*), Daphnien (*Daphnia magna*) und Algen (*Desmodesmus subspicatus*) wurde keine Ökotoxizität festgestellt – weder für das Anlagenabwasser im Normalbetrieb

noch bei den Versuchen zur Fällmittelreduktion (s. Tab. 20). Lediglich für Leuchtakterien zeigte in zwei von drei Fällen das Wasser der ARA bei einem reduzierten Fällmitteleinsatz (49 % der Normalmenge) eine hemmende Wirkung auf das Leuchtvermögen, wobei in einem Fall auch das Wasser im Normalbetrieb nach dem Fällmittelreduktionsversuch (18.10.2021) diese Wirkung zeigte. Bei einer Verdünnung des Probenwassers um 1:2 konnte die hemmende Wirkung jedoch nicht mehr festgestellt werden.

Zwar lassen sich diese Ergebnisse nicht direkt auf andere Organismen, wie z. B. Bachmuscheln, übertragen, sprechen jedoch dafür, dass das Anlagenwasser i. d. R. weder im Normalbetrieb noch bei Fällmittelreduktion gravierende unmittelbare Schädigungen verursacht. Chronische, subletale Auswirkungen können natürlich nicht ausgeschlossen werden. Es sei angemerkt, dass das Anlagenabwasser durch die Kleine Weisach auch bei einem künftig erhöhten Abschlag noch eine Verdünnung von über 16:1 bei mittlerem Niedrigwasser (MNQ) erfährt, eine mögliche Ökotoxizität also entsprechend abgemildert würde.

Die detaillierten Daten befinden sich in den Laborberichten in der Anlage GÖG „Feldprotokolle und Laborberichte“.

Tab. 17: Ergebnisse der wasserchemischen Analysen (Labor Agrolab) bei den verschiedenen Versuchsdurchläufen zur Fällmittelreduktion

Fällmittel-einsatz	Datum Probenahme	Probe	CSB mg L ⁻¹	TOC mg L ⁻¹	DOC mg L ⁻¹	BSB ₅ mg L ⁻¹	o-PO ₄ -P mg L ⁻¹	TP mg L ⁻¹	Cl mg L ⁻¹	NO ₃ -N mg L ⁻¹	NH ₄ -N mg L ⁻¹
60 %	21.06.2021	ARA _{reduziert}	66	26	26	< 2	0,06	0,09	240	3,61	0,04
	23.06.2021*	ARA _{normal}	55	27	24	< 2	0,05	0,06	230	0,97	0,02
	23.06.2021	Kleine Weisach M1	37	8,3	7,5	2	0,17	0,49	21	6,78	1,48
49 %	12.10.2021	ARA _{reduziert}	92	34	33	3	0,27	0,44	240	0,97	0,09
	18.10.2021	ARA _{normal}	54	23	23	2	0,04	0,06	330	1,38	(4,19)
	12.10.2021	Kleine Weisach M1	< 15	2,1	1,9	< 2	0,09	0,12	26	9,71	0,03
49 %	02.02.2022	ARA _{reduziert}	140	49	49	3	0,26	0,37	240	1,74	0,34
	10.02.2022	ARA _{normal}	51	20	19	< 2	0,02	0,05	360	0,45	0,03
	02.02.2022	Kleine Weisach M1	21	6,8	5,3	< 2	0,07	0,15	39	8,36	0,07
49 %	16.03.2022	ARA _{reduziert}	110	38	38	3	0,49	0,67	200	3,61	0,02
	24.03.2022	ARA _{normal}	49	21	20	< 2	0,06	0,10	410	0,81	0,02
	16.03.2022	Kleine Weisach M1	17	4,5	3,7	3	0,10	0,14	30	8,13	0,43

Erläuterungen und Abkürzungen: Abkürzungen der chemischen Parameter vgl. Tab. 2, ARA _{normal} = ARA im Normalbetrieb, ARA _{reduziert} = ARA im fällmittelreduzierten Betriebszustand, * = bei der Probe vom 23.06.2021 muss davon ausgegangen werden, dass das Abwasser immer noch größtenteils aus dem fällmittelreduzierten Betrieb stammte und daher nicht als „normal“ bewertet werden kann, (*kursiv*) = Wert ist möglicher Weise als Messfehler einzustufen, da er sich nicht mit den Ergebnissen paralleler Analysen (vgl. Huminstoffanalytik in Tab. 19) deckt.

Tab. 18: Ergebnisse des Zahn-Wellens-Testverfahrens (Labor eurofins) zur biologischen Abbaubarkeit (CSB- bzw. DOC-Elimination) bei den verschiedenen Versuchsdurchläufen zur Fällmittelreduktion

Fällmittel-einsatz	Datum Probenahme	Probe	Start-TOC mg L ⁻¹	Start-DOC mg L ⁻¹	Start-CSB mg L ⁻¹	E Tag 0 %	E Tag 2/3 %	E Tag 7 %	E Tag 13/14 %	E Tag 21 %	E Tag 28 %
60 %	21.06.2021	ARA _{reduziert}	18,7	18,0	51	0	0	3	0	2	7
	23.06.2021*	ARA _{normal}	22,0	22,0	63	0	4	0	0	6	9
	23.06.2021	Kleine Weisach M1	15,9	9,0	44	0	18	40	43	31	46
49 %	12.10.2021	ARA _{reduziert}	37,1	37,0	94	0	9	19	19	-	31
	18.10.2021	ARA _{normal}	17,0	17,0	48	0	0	17	20	-	26
	12.10.2021	Kleine Weisach M1	3,5	3,1	< 15	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-	n.b.
49 %	02.02.2022	ARA _{reduziert}	51,0	35,0	125	0	3	5	2	9	6
	10.02.2022	ARA _{normal}	20,0	18,0	47	0	7	1	11	10	15
	02.02.2022	Kleine Weisach M1	5,9	5,8	21	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-	n.b.
49 %	16.03.2022	ARA _{reduziert}	42,0	42,0	101	0	0	0	5	6	8
	24.03.3033	ARA _{normal}	19,0	20,0	46	0	0	11	6	13	14
	16.03.2022	Kleine Weisach M1	4,8	4,2	15	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-	n.b.

Erläuterungen und Abkürzungen: Abkürzungen der chemischen Parameter vgl. Tab. 2, E = Berechnete CSB-Elimination bzw. DOC-Elimination der Probe, Tag x/y = Ergebnis von Tag x oder y (je nach Ansatz im Labor), ARA _{normal} = ARA im Normalbetrieb, ARA _{reduziert} = ARA im fällmittelreduzierten Betriebszustand, n.b. = nicht bestimmbar wegen zu geringer Mengen an DOC und CSB, * = bei der Probe vom 23.06.2021 muss davon ausgegangen werden, dass das Abwasser immer noch größtenteils aus dem fällmittelreduzierten Betrieb stammte und daher nicht als „normal“ bewertet werden kann.

Anmerkung: Die Eliminierung wird anhand von 2 bis 3 Testansätzen bestimmt und der Wert gemittelt. Am Tag 0 erfolgt die Bestimmung nach 3 h Inkubationszeit. Bei den Versuchsdurchläufen Nr. 3 und 4 wurde anstelle der CSB-Elimination aufgrund zu geringer CSB-Gehalte die Eliminierung von DOC gemessen, die eine sensitivere Methode darstellt und lt. Labor die gleiche Aussagekraft bzw. analoge Aussagen zur CSB-Elimination erlaubt (sofern keine hohen Sulfidanteile in der Probe enthalten sind).

Tab. 19: Ergebnisse zur Untersuchung des Huminstoffgehalts (Labor CLG) in normalem und fällmittelreduziertem Abwasser der Betriebskläranlage in den verschiedenen Versuchsdurchläufen zur Fällmittelreduktion sowie im Bachwasser der Kleinen Weisach oberhalb der Sechselbachmündung (M1)

Fällmittel-einsatz	Datum	Probe	NO ₃ -N mg L ⁻¹	NH ₄ -N mg L ⁻¹	Huminstoffe (HS) mg L ⁻¹	HS-Anteil an TOC**	HS-Anteil an DOC**
60 %	21.06.2021	ARA <i>reduziert</i>	2,38	< 0,01	19,3	74 %	74 %
	23.06.2021*	ARA <i>normal</i>	0,20	< 0,01	20,7	77 %	86 %
	23.06.2021	M1, Kleine Weisach	2,84	0,49	5,8	70 %	77 %
49 %	12.10.2021	ARA <i>reduziert</i>	0,32	0,091	26,1	77 %	79 %
	18.10.2021	ARA <i>normal</i>	0,84	0,32	17,3	75 %	75 %
	12.10.2021	M1, Kleine Weisach	> 3,70	< 0,01	1,61	77 %	85 %
49 %	02.02.2022	ARA <i>reduziert</i>	1,95	0,6	38,12	78 %	78 %
	10.02.2022	ARA <i>normal</i>	0,45	0,12	16,22	81 %	85 %
	02.02.2022	M1, Kleine Weisach	4,29	0,19	3,76	55 %	71 %
49 %	16.03.2022	ARA <i>reduziert</i>	3,8	0,079	45,69	120 %	120 %
	24.03.2022	ARA <i>normal</i>	0,66	0,055	15,28	73 %	76 %
	16.03.2022	M1, Kleine Weisach	> 4,88	0,14	2,67	59 %	72 %

Erläuterungen und Abkürzungen: Abkürzungen der chemischen Parameter vgl. Tab. 2, ARA *normal* = ARA im Normalbetrieb, ARA *reduziert* = ARA im fällmittelreduzierten Betriebszustand, * = bei der Probe vom 23.06.2021 muss davon ausgegangen werden, dass das Abwasser immer noch größtenteils aus dem fällmittelreduzierten Betrieb stammte und daher nicht als „normal“ bewertet werden kann, ** = Prozentualer Anteil des Huminstoffgehaltes am Gesamtgehalt an organischem Kohlenstoff (TOC) bzw. gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) – DOC-/TOC-Messwerte aus dem Monitoringprogramm, Labor Agrolab, *kursiv* = maximal kann der Huminsäureanteil an DOC oder TOC nur 100 % betragen, liegt hier rechnerisch jedoch über 100 %, vermutlich aufgrund der Tatsache, dass die einzelnen chemischen Parameter in verschiedenen Laboren ermittelt wurden und sich daher Messungenauigkeiten ergeben.

Tab. 20: Ergebnisse der ökotoxikologischen Testreihen (Labor IDUS) zur Untersuchung des fällmittelreduzierten Abwassers der ARA in den verschiedenen Versuchsdurchläufen zur Fällmittelreduktion

Fällmittel-einsatz	Datum	Probe	Verdünnungsstufe mit (oder ohne) toxikologischer Wirkung			
			Fischei (<i>Danio rerio</i>)	Daphnien (<i>Daphnia magna</i>)	Algen (<i>Desmodesmus subspicatus</i>)	Leuchtbakterien (<i>Aliivibrio fischerii</i>)
60 %	21.06.2021	ARA <i>reduziert</i>	G1 (ohne)	G1 (ohne)	G1 (ohne)	G1 (ohne)
	23.06.2021*	ARA <i>normal</i>	G1 (ohne)	G1 (ohne)	G1 (ohne)	G1 (ohne)
49 %	12.10.2021	ARA <i>reduziert</i>	G1 (ohne)	G1 (ohne)	G1 (ohne)	G2
	18.10.2021	ARA <i>normal</i>	G1 (ohne)	G1 (ohne)	G1 (ohne)	G2
49 %	02.02.2022	ARA <i>reduziert</i>	G1 (ohne)	G1 (ohne)	G1 (ohne)	G2
	10.02.2022	ARA <i>normal</i>	G1 (ohne)	G1 (ohne)	G1 (ohne)	G1 (ohne)

Fällmittel-einsatz	Datum	Probe	Verdünnungsstufe mit (oder ohne) toxikologischer Wirkung			
			Fischei (<i>Danio rerio</i>)	Daphnien (<i>Daphnia magna</i>)	Algen (<i>Desmodesmus subspicatus</i>)	Leuchtbakterien (<i>Aliivibrio fischerii</i>)
49 %	16.03.2022	ARA _{reduziert}	G1 (ohne)	G1 (ohne)	G1 (ohne)	G1 (ohne)
	24.03.2022	ARA _{normal}	G1 (ohne)	G1 (ohne)	G1 (ohne)	G1 (ohne)

Erläuterungen und Abkürzungen: ARA _{normal} = ARA im Normalbetrieb, ARA _{reduziert} = ARA im fällmittelreduzierten Betriebszustand, G = geometrische Verdünnungsstufe, G1 (ohne) = keine Toxizität des Testwassers im Rahmen der Testbedingungen, G2 = keine Toxizität bei Verdünnung von 1:1, * = bei der Probe vom 23.06.2021 muss davon ausgegangen werden, dass das Abwasser immer noch größtenteils aus dem fällmittelreduzierten Betrieb stammte und daher nicht als „normal“ bewertet werden kann.

6.5.6 Beobachtungen an der Kleinen Weisach während der Versuche zur Fällmittelreduktion

Während des ersten Versuchsdurchlaufs im Juni 2021 wurden keine Besonderheiten an der Kleinen Weisach an Probestelle M2 registriert, d. h. es fanden weder erkennbare Schaumbildung noch andere auffällige Veränderungen statt. Das Abwasser der ARA färbte sich über die Versuchstage erwartungsgemäß zunehmend bräunlich.

Gleiches galt für die Versuchsdurchläufe Nr. 2, 3 und 4, bei denen die Braunfärbung des ARA-Abwassers auch gut sichtbar den Sechselbach einfärbte und noch an der Einmündung des Sechselbaches in die Kleine Weisach erkennbar war (Abb. 39, Bild oben rechts). Das Wasser der Kleinen Weisach an Probestelle M2 wirkte je nach Fällmittelreduktionsstufe scheinbar etwas bräunlicher gegen Versuchsende. Diese Einschätzung wurde jedoch teilweise durch die natürliche Trübung des Bachwassers sowie die unterschiedlichen Lichtverhältnisse erschwert.

Hinsichtlich der klimatischen Verhältnisse ist festzuhalten, dass beim ersten Fällmittelreduktionsversuch im Juni 2021 das Wetter der Vortage durch Gewitter mit teils sehr starken Niederschlägen gekennzeichnet war. Die Kleine Weisach verzeichnete Hochwasser während der Probenahmen zum Versuch, bei gleichzeitig starker Trübung des Bachwassers.

Im Zeitraum der Probenahme beim zweiten Fällmittelreduktionsversuch im Oktober 2021 herrschte regnerisches Wetter. Die Kleine Weisach hatte einen leicht erhöhten Wasserstand zum Zeitpunkt der Probenahme für den reduzierten Zustand am 12.10.2021. Feine Schwebstoffpartikel waren im Wasser erkennbar. Bei der Probenahme zum Normalbetrieb am 18.10.2021 war der Wasserstand bereits wieder gesunken und das Wasser mehr oder weniger klar.

Beim dritten Fällmittelreduktionsversuch im Februar 2022 war der Wasserstand der Kleinen Weisach sehr hoch und das Bachwasser wies eine starke Trübung auf, die sowohl bei der Probenahme im fällmittelreduzierten Betrieb am 02.02.2022 als auch bei der Probenahme zum Normalbetrieb am 10.02.2022 erkennbar war.

Während den Probenahmen zum vierten Fällmittelreduktionsversuch im März 2022 war der Wasserstand der Kleinen Weisach normal bis erhöht. Das Bachwasser wies bei der Probenahme zum fällmittelreduzierten Betrieb am 16.03.2022 eine mäßige Trübung auf, die bei der Probenahme zum Normalbetrieb am 24.03.2022 nur noch leicht vorhanden war.



Abb. 39: Verfärbungen an der Sechselbachmündung und der Probestelle M2 während der Fällmittelreduktion. Die linke obere Aufnahme zeigt die Mündung - mit dem Sechselbach von links kommend - zu Beginn des Versuchsdurchlaufs Nr. 3 am 19.01.2022, an dem noch Abwasser aus dem Normalbetrieb zufließt. In der rechten oberen Aufnahme vom 02.02.2022, an dem das Fällmittel bereits seit mehreren Tagen auf eine Zugabe von rund 49 % reduziert worden war, ist die Braunfärbung des Sechselbaches zu erkennen. In den unteren Aufnahmen wurde die Probestelle M2 unterhalb der Sechselbachmündung am 19.01.2022 (mit Zufluss von Abwasser aus Normalbetrieb) und am 02.02.2022 (mit Zufluss von Abwasser aus Fällmittelreduktion) fotografiert. Gut erkennbar ist die starke natürliche Trübung am 19.01.2022, die eine vergleichende Beurteilung der Färbung erheblich erschwerte.

6.6 Vergleich der Monitoringergebnisse mit Erhebungen aus dem Jahr 2019 im Zuge der Antragstellung

Das Ingenieurbüro Dr. Resch & Partner, Weißenburg, veranlasste im Zuge der Antragstellung „Antrag zur Änderung der Anforderungswerte aus dem Bescheid vom 22.03.2012“ eine Untersuchung, zu welchem Anteil der messbare chemische Sauerstoffbedarf (CSB) im Abwasser der ARA auf schwer abbaubare oder inerte (nicht abbaubare) Verbindungen zurückgeht. Hierzu wurden der CSB-Wert und der biochemische Sauerstoffbedarf in 20 Tagen (BSB₂₀) an 15 Versuchstagen

(15.07.2019 - 01.08.2019) am Ablauf der ARA in 24h-Mischproben bestimmt (vgl. Resch & Partner 2019, Anlage 2). Aus dem Differenzbetrag wurde der **schwer abbaubare bzw. inerte Anteil des CSB-Wertes** berechnet.

Es zeigte sich, dass in den gesammelten Abwasserproben der CSB zu 66 % aus (unter Laborbedingungen) schwer abbaubaren Verbindungen gebildet wurden. Die Wertspannbreite lag zwischen 45 % und 89 %. Im gewässerökologischen Monitoring konnten im Normalbetrieb der ARA zwischen 1 % und 17 % des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC) nach 7 Tagen biologisch abgebaut werden, maximal 14 % bis 26 % nach einer Gesamtlauzeit von 28 Tagen, d.h. zwischen 74 % und 86 % des DOC waren auch nach einer Laufzeit von vier Wochen biologisch nicht weiter abbaubar. Die beiden Untersuchungsreihen stimmen daher recht gut überein und die aktuellen Ergebnisse bestätigen somit die Messungen, auf denen die Antragsstellung beruht.

In einer qualifizierten Stichprobe vom 22.07.2019 wurde für den Antrag außerdem der Anteil an Huminstoffen am DOC im Abwasser der ARA ermittelt: 37,8 % des DOC bestanden aus Huminstoffen, weitere 26,3 % aus hydrolysierten (gespaltenen) Huminstoffen. Somit lag der Anteil der **Huminstoffe** am DOC insgesamt bei rund 64 %. Im gewässerökologischen Monitoring wurden im Normalbetrieb der ARA Anteile von 75 % bis 100 % und damit ein noch höherer Anteil von Huminstoffen am DOC ermittelt.

Neben CSB und BSB₂₀ wurde in den entnommenen 24h-Mischproben der ARA von 2019 auch der Salzgehalt gemessen (Natriumchlorid bzw. **Chlorid** und **Aluminium**). Im Schnitt lag der Gehalt an Aluminium bei 0,54 mg L⁻¹ (0,32-0,76 mg L⁻¹) und bei 389 mg L⁻¹ Chlorid (9,6-530 mg L⁻¹). Streicht man für das Chlorid die zwei Tage der Messserie, an denen aus unbekanntem Gründen offenbar kaum Fällmittel zugegeben wurde, als Ausreißer aus der Mittelwertberechnung heraus, so ergeben sich im Mittel 442 mg L⁻¹ Chlorid in den Proben des Untersuchungszeitraums. Im gewässerökologischen Monitoring lag die durchschnittliche Chloridkonzentration im Abwasser bei 373 mg L⁻¹ (230-480 mg L⁻¹) und damit unter den Werten von 2019, der Aluminiumgehalt bei 0,69 mg L⁻¹ (0,27-1,30 mg L⁻¹) und somit höher als 2019. Letzteres ist angesichts der offenbar gesunkenen Chloridmenge verwunderlich, sollte man doch davon ausgehen, dass das Fällmittel hauptverantwortlich für diese beiden Elemente im Abwasser ist.

Die vom 15.07.-01.08.2019 parallel durchgeführten Messungen der Chloridkonzentration in der Kleinen Weisach oberhalb der Sechselbachmündung (ebenfalls 24h-Mischproben) ergaben, dass im genannten Untersuchungszeitraum im Schnitt 110 mg L⁻¹ Chlorid im Bachwasser enthalten waren. Die Tageswerte schwankten dabei zwischen 7,7 und 230 mg L⁻¹, mit einem Medianwert von 70,5 mg L⁻¹. Die Befunde für das gewässerökologische Monitoring ergaben eine durchschnittliche Chloridkonzentration im Bachwasser von nur 35 mg L⁻¹ (21-99 mg L⁻¹) und lagen somit weit unter den Werten von 2019.

Die Unterschiede beider Untersuchungen für den Huminstoffgehalt im Abwasser der ARA sind vermutlich zu einem Großteil darauf zurückzuführen, dass zu unterschiedlichen Zeiten unterschiedliche Produkte im Betrieb verarbeitet werden. Je nachdem, was gerade produziert wird, sind mehr oder weniger CSB-wirksame Substanzen und sicherlich auch unterschiedliche Nährstoffmengen im Prozesswasser gelöst. Da die Fällmittelzugabe stets justiert wird, könnte dies auch den unterschiedlichen Chloridgehalt erklären - nicht aber die konträre Entwicklung der Aluminiumkonzentration, die

unlogisch erscheint. Insgesamt kann nicht außer Acht gelassen werden, dass Laborergebnisse unterschiedlicher Herkunft von einander in gewissem Maß abweichen können.

Dass die Chloridkonzentration oberhalb der Sechselbachmündung bei den Messungen in 2019 um rund das 2-fache höher lag, ist verwunderlich. 2019 wurden 24h-Mischproben aus dem Bach entnommen, während im gewässerökologischen Monitoring die Wasserproben als einfache Schöpfproben zwischen etwa 09.30 Uhr und 13.30 Uhr entnommen wurden. Die Frage, ob dieser zeitliche Unterschied in der Probenahme als Erklärung dienen kann, muss unbeantwortet bleiben. Die Kläranlage der Gemeinde Taschendorf liegt etwa 7,8 km bachaufwärts der Sechselbachmündung, die Kläranlage von Breitenlohe etwa 2 km bachaufwärts der Mündung des Gründleinsbaches in die Kleine Weisach, und damit rund 4,5 km bachaufwärts der Sechselbachmündung. Es ist nichts darüber bekannt, wie die dortigen Abschlüge erfolgen bzw. wann im abgegebenen Abwasser mögliche Konzentrationsspitzen enthalten sein könnten und wann diese die Probestelle M1 ggf. passieren. Da die Messungen von 2019 allerdings deutlich zeigen, wie variabel die tägliche Salzfracht in der Kleinen Weisach offenbar ausfallen kann, ist nicht auszuschließen, dass im gewässerökologischen Monitoring der Hintergrundwert für Chlorid unterschätzt wurde.

6.7 Mischungsrechnung für die theoretischen Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung im Normalbetrieb, im fällmittelreduzierten Betrieb sowie bei erhöhten Abschlagsmengen

Um zu ermitteln, wie hoch die Stoffe theoretisch in der Kleinen Weisach unterhalb der Einleitung der ARA, d. h. der Sechselbachmündung, sind, wurden Mischungsberechnungen mit folgenden Datenkombinationen verwendet (vgl. Kap. 5.10):

Variante 1 – Monitoringdaten Kleine Weisach und Monitoringdaten ARA

Variante 2 – WRRL-Monitoringdaten 2017 Kleine Weisach und Monitoringdaten ARA

Variante 3 – WRRL-Monitoringdaten 2020 Kleine Weisach und Monitoringdaten ARA

Variante 4 – Monitoringdaten Kleine Weisach und Eigenüberwachung ARA

Variante 5 - Monitoringdaten Kleine Weisach und angestrebte Bescheidwerte ARA

Dabei wurde zwischen dem Normalbetrieb und dem fällmittelreduzierten Betrieb mit 49 % Fällmitteleinsatz unterschieden sowie zwischen der aktuell erlaubten Abschlagsmenge (max. $350 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$) und der angestrebten erhöhten Abschlagsmenge (max. $420 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$). Die Ergebnisse der Berechnungen samt Ausgangswerten finden sich in Tab. 21 bis Tab. 26.

6.7.1 Variante 1a – Mittelwerte der Monitoringdaten Kleine Weisach und der Monitoringdaten ARA

In Variante 1a (Tab. 21) sind die in die Berechnung einfließenden Hintergrundwerte der Kleinen Weisach für Orthophosphat-Phosphor und Gesamtphosphor bereits zu hoch (gem. OGeV 2016). Da die ARA im Normalbetrieb sehr geringe Mengen an Phosphor abschlägt, macht sich ein negativer Einfluss deutlich höherer Phosphormengen im Anlagenabwasser (12- bis 17-fach) im fällmittelreduzierten Zustand v.a. bei letzterem bemerkbar und lässt hier die errechneten Werte weiter ansteigen. Auch der Gehalt an Nitrat-Stickstoff überschreitet in der Kleinen Weisach bereits oberhalb der

Einleitung den Empfehlungswert für Bachmuschelgewässer (LfU 2013). Eine Einleitung des weniger belasteten Wassers der ARA macht sich hier in allen Betriebszuständen positiv bemerkbar.

Davon abgesehen erfahren die meisten Parameter durch das stofflich stärker belastete ARA-Abwasser theoretisch in der Kleinen Weisach eine Konzentrationssteigerung, darunter auch adsorbierbare organische gebundene Halogenverbindungen (AOX) und Aluminium. Hinsichtlich Orientierungs- und Empfehlungswerten ergeben sich dabei für den Normalbetrieb überhöhte Werte für den Ammoniak-Stickstoffgehalt – nicht aber für den fällmittelreduzierten Betrieb. Der Gehalt für Ammonium-Stickstoff erreicht bei beiden Betriebszuständen den Grenzwert - geht man nach der in der OGewV (2016) angegebenen Nachkommastelle - und liegt damit noch im akzeptablen Bereich. Ähnliches gilt für den biochemischen Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB₅) bzw. den gesamten organischen Kohlenstoff (TOC), der mit einem Wert von 2,5 mg L⁻¹ bzw. 6,6 mg L⁻¹ - auf die ganze Zahl gerundet 3 mg L⁻¹ bzw. 7 mg L⁻¹ - bei Abschlagserhöhung ohne bzw. und Fällmittelreduktion (auf 49 % Normalzugabe) bereits über der Vorgabe von < 3 mg L⁻¹ bzw. < 7 mg L⁻¹ nach OGewV (2016) zu liegen kommt.

Da der für die Berechnung zugrunde liegende Mittelwert für Ammonium-Stickstoff im Normalbetrieb stark durch die Messwerte vom 18.10.2021 und 11.01.2022 nach oben gezogen wurde, erscheint es jedoch relativ plausibel, dass im Regelfall die beiden Stickstoffparameter in ihrer Konzentration deutlich niedriger im Abwasser ausfallen und somit in der Kleinen Weisach keine Überschreitung der Orientierungswerte verursachen würden. Dies legt die Berechnung mit Medianwerten nahe (folgendes Kap. 6.7.2) sowie auch der vergleichsweise niedrige Durchschnittswert von 2021 für Ammonium-Stickstoff aus der Eigenüberwachung der Anlage (vgl. Tab. 16), der etwa nur 36 % des in Variante 1a verwendeten Wertes für die ARA beträgt.

Als gerade noch grenzwertig muss der errechnete Chloridgehalt im Normalbetrieb eingestuft werden (zumindest, wenn man den Empfehlungen von Halle & Müller 2014 bzw. LfU 2013 folgt), der bei Abschlagserhöhung jedoch entsprechend ansteigen wurde. Bei erhöhtem Abschlag liegt der Wert bei rund 55 mg L⁻¹ und damit um 5 mg L⁻¹ bzw. 10 % über dem Empfehlungswert von Halle & Müller (2014) sowie über dem gleich hohen, derzeit für Bachmuscheln empfohlenen Wert des LfU (2013). Nach LAWA (1998) würden die Werte ganz knapp über Gewässergüteklasse I-II („sehr geringe Belastung“) und somit in der Güteklasse II („mäßige Belastung“) liegen. Nach OGewV (2016) liegt für Chlorid knapp der „gute Zustand“ vor, an der Grenze zum „sehr guten Zustand“ (≤ 50 mg L⁻¹).

In der Messreihe von 2019 fanden sich in der Kleinen Weisach deutlich höhere Chloridkonzentrationen mit einem Mittelwert von 110 mg L⁻¹. Nimmt man diesen Wert als Hintergrundwert für die Kleine Weisach und zieht für die ARA die Mittelwerte aus dem Monitoring heran, so ergeben sich Endkonzentrationen, die allesamt über den Empfehlungen für Bachmuscheln laut LfU (2013) sowie von Halle & Müller (2014) liegen. Nach LAWA (1998) lägen diese Werte bereits im Bereich der vormaligen und als schlechter eingestuften Gewässergüteklasse II-III („deutliche Belastung“), nach OGewV (2016) jedoch immer noch im Bereich für den „guten Zustand“ (≤ 200 mg L⁻¹).

Vergleicht man die Ergebnisse der Variante 1a für den Normalbetrieb bei aktuell erlaubtem Abschlag (350 m³ d⁻¹) mit den tatsächlich unterhalb der Sechselbachmündung an der Probestelle M2 gemessenen und gemittelten Werten aus dem Monitoring, so finden sich nur mäßige Unterschiede. Die realen Werte liegen häufig etwas niedriger, ausgenommen des Wertes für den chemischen

Sauerstoffbedarf (CSB) unfiltrierter Proben, dem BSB₅, dem Gehalt an AOX und dem Nitrat-Stickstoffgehalt, die in der Messung durchschnittlich etwas höher lagen als der Berechnung zufolge. Berücksichtigt man beim CSB die laut Labor Agrolab bei 10 % liegende Messunsicherheit für den CSB, so stimmen Rechnungswert und Messwert jedoch sehr gut überein. Im Detail weichen im Vergleich die Konzentrationen für Chlorid sowie Ammonium-Stickstoff und folglich auch den berechneten Ammoniak-Stickstoff um mehr als 10 % nach unten von der Berechnung ab, während sich die übrigen Parameter in der Messung maximal um 10 % von den Berechnungswerten unterscheiden. Ein Grund für diese Abweichungen dürfte sicherlich die Tatsache sein, dass der reale Abfluss der Kleinen Weisach v. a. angesichts der niederschlagsreichen Perioden im Sommer 2021 im Untersuchungszeitraum nicht dem Mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ), sondern höheren Abflüssen entsprach. Damit dominierten die Hintergrundwerte der Kleinen Weisach in der Realität noch stärker als in der Berechnung.

Bis auf die Überschätzung von Chlorid, Ammonium-Stickstoff und Ammoniak-Stickstoff sowie die Unterschätzung von Nitratgehalt und CSB ließen sich die Mischungsberechnungen durch die tatsächlichen Messwerte an der M2 also relativ gut bestätigen. Umgekehrt lässt sich schlussfolgern, dass die M2 eine geeignete Probestelle darstellte, an der sich die unterschiedlichen Wässer offenbar hinreichend durchmischten hatten.

6.7.2 Variante 1b - Medianwerte der Monitoringdaten Kleine Weisach und der Monitoringdaten ARA

Eine Berechnung mit Medianwerten bietet den Vorteil, dass Ausreißerwerte keinen Einfluss auf das Ergebnis nehmen. Bei fast allen Parametern liegen (daher) die Medianwerte unter den Mittelwerten. Einzig Nitrit-Stickstoff und Orthophosphat-Phosphor weisen einen etwas höheren Median- als Mittelwert auf. Die i.d.R. niedrigeren Medianwerte wirken sich im Vergleich zu den Berechnungen mit den Mittelwerten insbesondere auf das Ergebnis für die Ammonium- und Ammoniak-Konzentrationen aus: Zieht man die Medianwerte als Grundlage heran, so ergibt die Prognose ein Einhalten der Orientierungswerte für diese beiden Parameter (s. Tab. 22).

Für den Chloridgehalt der Kleinen Weisach aus dem Jahr 2019 gibt der Median mit nur 70,5 mg L⁻¹ ebenfalls einen deutlich niedrigeren Wert an als der zugehörige Mittelwert von 2019 (110 mg L⁻¹) - d.h. der Median entspricht nur rund 64 % des Mittelwertes. Dennoch liegen diese Chlorid-Prognosewerte auch basierend auf dem Medianwert über dem empfohlenen Wert von Halle & Müller (2014) sowie dem des LfU (2013). Nach LAWA (1998) würde noch die Gewässergüteklasse II („mäßige Belastung“) eingehalten, nach OGewV (2016) der „gute“ Zustand.

6.7.3 Variante 2 – Schätzung anhand von WRRL-Daten aus dem 3. Monitoringzeitraum mit Stand 2017 Kleine Weisach und Monitoringdaten ARA (Mittelwerte)

Bei Variante 2 (Tab. 23) liegen aufgrund der für die Kleine Weisach verwendeten WRRL-Monitoringergebnissen, die aus dem Jahr 2017 an der Messstelle bei Lonnerstadt stammen, bereits Überschreitungen der Orientierungswerte für eine Reihe von Parametern vor: BSB₅, Chlorid, Ammonium-, Ammoniak-, Nitrat- und Nitrit-Stickstoff sowie Orthophosphat-Phosphor und Gesamtphosphor liegen über den offiziellen Orientierungs- sowie den Empfehlungswerten. Die genannten Parameter weisen in den WRRL-Monitoringergebnissen außerdem deutlich höhere

Konzentrationen auf, als jene, die in den Messungen des gewässerökologischen Monitorings ermittelt wurden. Den getroffenen Schätzungen zufolge werden für fast alle diese Parameter deshalb sowohl im Normalbetrieb als auch im fällmittelreduzierten Betrieb bei aktuellem sowie bei angestrebtem Abschlagsvolumen Überschreitungen der Wertvorgaben verursacht. Ausnahmen bilden Ammonium-Stickstoff, der im fällmittelreduzierten Zustand noch innerhalb der Vorgaben bleibt, sowie Ammoniak-Stickstoff und Chlorid im fällmittelreduzierten Zustand. Die Werte für Chlorid liegen in der Prognose jedoch trotzdem über den Empfehlungswerten für Bachmuscheln (LfU 2013) bzw. dem Wert nach Halle & Müller (2014), während nach LAWA (1998) die Güteklasse II („mäßige Belastung“) und nach OGeWV (2016) der „gute Zustand“ vorläge. Ammoniak-Stickstoff liegt über dem Orientierungswert (OGeWV 2016). Der Nitrat-Stickstoffgehalt bleibt außerdem deutlich über dem für Bachmuscheln empfohlenen Grenzwert von rund 2 mg L^{-1} (LfU 2013).

Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die Berechnungen dieser Variante unter groben Annahmen erfolgen mussten und daher nur Hinweischarakter besitzen!

6.7.4 Variante 3 – Schätzungen anhand von aktuellen WRRL-Daten mit Stand 2020 Kleine Weisach und Monitoringdaten ARA (Mittelwert)

In der Variante 3 (Tab. 24) werden für die Kleine Weisach nur die neuesten WRRL-Messwerte aus dem Jahr 2020 verwendet, die zu den Ergebnissen des laufenden 4. Monitoringzeitraums zählen. Diese Daten aus 2020 sind über den Gewässerkundlichen Dienst Bayern (GKD) abrufbar. Den getroffenen Schätzungen zufolge besteht der Unterschied zu Variante 2 darin, dass sich fast alle erhobenen und hier aufgeführten Werte seit 2017 weiter verschlechtert haben und die hieraus errechneten Stoffkonzentrationen somit noch höher liegen. Die Aussage der Variante 2 trifft also auch für Variante 3 zu, wenngleich noch stärker ausgeprägt.

Analog zu Variante 2 sei auch für Variante 3 noch einmal darauf hingewiesen, dass die Berechnungen unter groben Annahmen erfolgen mussten und daher nur Hinweischarakter besitzen!

6.7.5 Variante 4 – Mittelwerte Monitoringdaten Kleine Weisach und Werte aus der Eigenüberwachung der ARA

In der Eigenüberwachung werden regulär nur einige der im gewässerökologischen Monitoring untersuchten Parameter erfasst (vgl. Kap. 6.4). Zudem wird der BSB₅ im Betrieb nur alle 14 Tage ermittelt. Die Labornachweisgrenzen der Martin Bauer GmbH & Co. KG unterscheiden sich außerdem von den Nachweisgrenzen des Labors Agrolab, das die Messungen der Monitoringproben übernommen hatte, was zu Unterschieden in der Auswertung führt. Im Detail liegt die untere Nachweisgrenze für Ammonium-Stickstoff bei $0,04 \text{ mg L}^{-1}$ im Labor der Betriebskläranlage, während das Auftragslabor Agrolab bereits Konzentrationen ab $0,023 \text{ mg L}^{-1}$ nachweisen kann. Zudem besteht beim Betriebslabor für Gesamtphosphor eine obere Messgrenze von $2,0 \text{ mg L}^{-1}$. Werte über dieser Grenze werden nicht näher bestimmt. In den Berechnungen ergeben sich daher Unterschiede, wenn Nachweisgrenzen erreicht werden, da behelfsmäßig zur Berechnung ein Wert gleich der Nachweisgrenze angenommen wird (vgl. Kap. 5.9).

Im Endergebnis ähneln die Prognosewerte jenen aus Variante 1a, wenngleich für den Normalbetrieb der Gesamtphosphorgehalt noch etwas höher ausfällt als bei Variante 1a (Tab. 25). Von den bewertbaren Parametern überschreiten somit BSB₅ im fällmittelreduzierten Zustand, sowie in allen

Betriebszuständen Gesamtphosphor und Nitrat-Stickstoff die Orientierungs- bzw. Empfehlungswerte. Die Chloridgehalte sind nahe an der Grenze zum Wert, der von Halle & Müller (2014) bzw. vom LfU (2013) empfohlen wird, bei Variante 1a werden diese im Normalbetrieb sowohl bei aktuellem, maximal erlaubtem Abschlag als auch bei angehobener maximaler Abschlagsmenge knapp überschritten.

6.7.6 Varianten 5a und 5b – Mittel- und Medianwerte Monitoringdaten Kleine Weisach und angestrebte Bescheidwerte für die ARA

Bei Ausschöpfung der angestrebten Bescheidwerte für die ARA würden die nach OGewV (2016) bewertbaren Parameter BSB₅, Ammonium-Stickstoff und Gesamtphosphor die Orientierungswerte überschreiten (Tab. 26 und Tab. 27). Der Nitrat-Stickstoff läge über dem Empfehlungswert für Bachmuschelgewässer (LfU 2013). Zwar werden diese bei Nitrat-Stickstoff und Gesamtphosphor bereits oberhalb der geplanten Einleitung nicht eingehalten, aber mit Ausschöpfung der Bescheidwerte käme es zu einer zusätzlich massiven Erhöhung insbesondere der Ammonium-Stickstoffkonzentration und weiteren starken Steigerung der Konzentration an Gesamtphosphor.

Wie sich bei einer analog angestellten Berechnung zeigt, wäre dies auch bereits bei Ausschöpfung der aktuell erlaubten Werte der genannten Parameter der Fall (Tab. 28).

6.7.7 Variante 6 –Mittelwerte für die Kleine Weisach aus dem gewässerökologischen Monitoring und aktuelle Bescheidwerte für die ARA

Bei Ausschöpfung der aktuellen Bescheidwerte für die ARA würden - wie in Variante 5a bzw 5b - die nach OGewV (2016) bewertbaren Parameter BSB₅, Ammonium-Stickstoff und Gesamtphosphor die Orientierungswerte bzw. der Nitrat-Stickstoff den Empfehlungswert für Bachmuschelgewässer überschreiten.

6.8 Mischungsrechnung für die maximale Wassertemperatur in der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung bei aktuell genehmigten sowie bei erhöhten Abschlagsmengen

Die Berechnungen zur maximalen Mischtemperatur (Tab. 29) der Kleinen Weisach unterhalb der Einleitung ergaben i. d. R. eine theoretische Einhaltung des Orientierungswertes für die maximale Sommertemperatur nach OGewV (2016), geht man nach dem auf ganze Grad Celsius angegebenen Orientierungswert der OGewV (2016). In den Messungen an der Probestelle M2 (unterhalb der Einleitung) wurde der Sommer-Orientierungswert in den monatlichen Messungen nicht verfehlt und laut Datenaufzeichnung der Logger nur an einem einzigen Tag erreicht. Die in den Orientierungswerten der OGewV (2016) genannte Temperaturdifferenz zwischen oberhalb und unterhalb der Wärmeeinleitung wird in allen Prognosevarianten eingehalten. Dies kann durch die Loggeraufzeichnungen im Schnitt bestätigt werden, wenngleich einige einzelne Differenzwerte über der genannten Temperaturdifferenz von +2 °C (nach Wärmeeinleitung) liegen (vgl. Kap. 6.2).

Die prognostizierten maximalen Wintertemperaturen unterhalb der Sechselbachmündung werden theoretisch um einige Zehntel Grad Celsius - und somit auch auf das ganze Grad gerundet - verfehlt, was sich jedoch weder durch die Loggerdaten noch durch die monatlichen Messungen bestätigen

ließ. Deshalb liegen im Vergleich zu den tatsächlich gemessenen Werten an der M2 die Prognosewerte meist etwas höher. Grund hierfür können die in der Realität vorgefundenen höheren Abflüsse der Kleinen Weisach sein, wie sie in 2021 häufiger auftraten, sowie auch eine mögliche Wärmeabgabe an die Umgebung auf der Fließstrecke zwischen M1 und M2.

Tab. 21: Berechnete Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung - Variante 1a: Mittelwerte aus dem gewässerökologischen Monitoring

Parameter	Mittelwerte Monitoring [mg L ⁻¹] (vgl. Tab. 14, Tab. 15)			Orientierungswert OGewV (2016) [mg L ⁻¹]	Empfehlung Bachmuschel / Wirtschaftsfische LfU (2013) [mg L ⁻¹]	Prognosewerte für Stoffkonzentration in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung (Sechselbachmündung) [mg L ⁻¹]				Mittelwerte Monitoring an der M2 bei Normalbetrieb [mg L ⁻¹] (vgl. Tab. 14, Tab. 15)
	MW KI. W _{M1}	MW ARA _{norm}	MW ARA _{red 49}			Q _{ARA normal} 350	Q _{ARA normal} 420	Q _{ARA red 49} 350	Q _{ARA red 49} 420	
Al	0,11	0,69	1,47	-	-	0,14	0,14	0,18	0,19	0,13
AOX	0,012	0,096	0,180	≤ 0,025 ^{LAWA}	-	0,016	0,017	0,020	0,022	0,017
BSB ₅	2,4	3,3	3,0	< 3	≤ 6	2,4	2,5	2,4	2,4	2,5
Cl	35,2	373,2	226,7	≤ 200 / ≤ 100 ^{LAWA} / ≤ 50 ^{HM}	≤ 50	51,7 ^{HM}	54,8 ^{HM}	44,6	46,3	38,4
Cl ₂₀₁₉	110,1 ^{HM}	373,2	226,7			122,8 ^{HM, LAWA}	125,3 ^{HM, LAWA}	115,7 ^{HM, LAWA}	116,8 ^{HM, LAWA}	-
CSB	18,7	40,4	114,0	-	-	19,80	20,0	23,3	24,2	22,5
CSB _{filt}	17,5	40,5	110,7	-	-	18,6	18,8	22,0	22,9	16,8
DOC	3,8	16,0	40,0	(< 7 s. TOC)	-	4,4	4,5	5,6	5,9	4,2
LF	780	1906	1961	-	-	835	845	838	848	804
NH ₃ -N	0,0016	0,0352	0,0138	≤ 0,002		0,0032	0,0035	0,0022	0,0023	0,0021
NH ₄ -N	0,07	1,13	0,15	≤ 0,1	≤ 0,4 / ≤ 0,2	0,12	0,13	0,07	0,07	0,10
NO ₂ -N	0,047	0,011	0,018	≤ 0,050	-	0,045	0,045	0,046	0,045	0,041
NO ₃ -N	8,5 ^{LfU}	0,8	2,1	≤ 11,29	≤ 2	8,1 ^{LfU}	8,1 ^{LfU}	8,2 ^{LfU}	8,1 ^{LfU}	8,6 ^{LfU}
o-PO ₄ -P	0,086	0,022	0,340	≤ 0,07	-	0,083	0,082	0,098	0,101	0,082
TOC	4,5	16,3	40,3	< 7	-	5,1	5,2	6,2	6,6	5,0
TP	0,121	0,036	0,493	≤ 0,10	-	0,117	0,116	0,139	0,143	0,118

Erläuterungen und Abkürzungen: Abkürzungen der chemischen Parameter vgl. Tab. 2. MW = Mittelwert, Kl. W = Kleine Weisach, M_1 = Werte der Probestelle M1, ARA = Betriebskläranlage, $norm$ = Normalbetrieb der ARA, red_{49} = fällmittelreduzierter Betrieb der ARA mit 49 % Fällmitteleinsatz, 2019 = Mittelwert der in 2019 in der Kleinen Weisach gemessenen Chloridwerte durch Resch & Partner, OGWV = Oberflächengewässerverordnung (2016), $LAWA$ = Empfehlungswert nach Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (1998), HM = Orientierungswert nach Halle & Müller (2014), LfU = Landesamt für Umwelt (2013), $P\&G$ = Pottgießer & Sommerhäuser (2008), Q = Abschlagsmenge in $m^3 d^{-1}$, 350 = aktuell erlaubte Abschlagsmenge der ARA von $350 m^3 d^{-1}$, 420 = künftig angestrebte erhöhte Abschlagsmenge der ARA von $420 m^3 d^{-1}$, **fett** = Wert liegt über einem der Werte nach OGWV (2016), LAWA (1998), Halle & Müller (2014), LfU (2013) oder Pottgießer & Sommerhäuser (2008), - = es liegen keine Werte vor.

Tab. 22: Berechnete Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung - Variante 1b: Medianwerte aus dem gewässerökologischen Monitoring

Parameter	Medianwerte Monitoring [mg L ⁻¹] (vgl. Tab. 14, Tab. 15)			Orientierungs- wert OGwV (2016) [mg L ⁻¹]	Empfehlung Bachmuschel / Wirtschafts- LfU (2013) [mg L ⁻¹]	Prognosewerte für Stoffkonzentration in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung (Sechselbachmündung) [mg L ⁻¹]				Mittelwerte Monitoring an der M2 bei Normalbetrieb [mg L ⁻¹] (vgl. Tab. 14, Tab. 15)
	MD Kl. W M_1	MD ARA $norm$	MD ARA red_{49}			Q ARA $normal$ 350	Q ARA $normal$ 420	Q ARA red_{49} 350	Q ARA red_{49} 420	
Al	0,08	0,67	1,40	-	-	0,11	0,11	0,14	0,16	0,12
AOX	0,010	0,083	0,170	$\leq 0,025^{LAWA}$	-	0,014	0,014	0,018	0,019	0,018
BSB ₅	2,0	2,0	3,0	< 3	≤ 6	2,0	2,0	2,0	2,1	2,0
Cl	29,0	360,0	240,0	$\leq 200 /$ $\leq 100^{LAWA} /$ $\leq 50^{HM}$	≤ 50	45,1	48,2	39,3	41,2	40,0
Cl ₂₀₁₉	70,5^{HM}	360,0	240,0			84,6^{HM}	87,3^{HM}	78,8^{HM}	80,3^{HM}	-
CSB	15,0	36,0	110,0	-	-	16	16	20	21	15
CSB _{filtr}	15,0	36,0	98,0	-	-	16	16	19	20	15
DOC	3,0	15,0	38,0	(< 7 s. TOC)	-	3,6	3,7	4,7	5,0	3,6
LF	820	1928	1951	-	-	874	884	875	886	838
NH ₃ -N	0,0011	0,0021	0,0071	$\leq 0,002$		0,0011	0,0012	0,0014	0,0015	0,0015
NH ₄ -N	0,05	0,02	0,09	$\leq 0,1$	$\leq 0,4 / \leq 0,2$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07
NO ₂ -N	0,049	0,006	0,006	$\leq 0,050$	-	0,047	0,047	0,047	0,047	0,043

Parameter	Medianwerte Monitoring [mg L ⁻¹] (vgl. Tab. 14, Tab. 15)			Orientierungs- wert OGewV (2016) [mg L ⁻¹]	Empfehlung Bachmuschel / Wirtschaftliche LfU (2013) [mg L ⁻¹]	Prognosewerte für Stoffkonzentration in der Kleinen Weisach un- terhalb der geplanten neuen Einleitung (Sechselbachmündung) [mg L ⁻¹]				Mittelwerte Monitoring an der M2 bei Normalbetrieb [mg L ⁻¹] (vgl. Tab. 14, Tab. 15)
	MD Kl. W _{M1}	MD ARA norm	MD ARA _{red 49}			Q _{ARA normal} 350	Q _{ARA normal} 420	Q _{ARA red 49} 350	Q _{ARA red 49} 420	
NO ₃ -N	8,4 ^{LfU}	0,8	1,7	≤ 11,29	≤ 2	8,0 ^{LfU}	8,0 ^{LfU}	8,1 ^{LfU}	8,0 ^{LfU}	8,1 ^{LfU}
o-PO ₄ -P	0,095	0,016	0,267	≤ 0,07	-	0,091	0,090	0,103	0,105	0,091
TOC	3,3	15,0	38,0	< 7	-	3,9	4,0	5,0	5,3	3,9
TP	0,120	0,026	0,440	≤ 0,10	-	0,115	0,115	0,136	0,139	0,120

Erläuterungen und Abkürzungen: siehe Tab. 21, wobei anstelle von Mittelwerten (MW) Medianwerte (MD) verwendet wurden.

Tab. 23: Berechnete Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung - Variante 2: Schätzungen mit WRRL-Werten für die Kleine Weisach aus dem 3. Monitoringzeitraum (Datenstand 2017), geschätztem Abfluss bei Lonnerstadt und Verwendung von Mittelwerten der Betriebskläranlage aus dem gewässerökologischen Monitoring

Parameter	WRRL [mg L ⁻¹]	Mittelwerte Monitoring [mg L ⁻¹] (vgl. Tab. 14, Tab. 15)		Orientierungswert OGewV (2016) [mg L ⁻¹]	Empfehlung Bachmuschel / Wirtschaftliche LfU (2013) [mg L ⁻¹]	Prognosewerte für Stoffkonzentration in der Kleinen Weisach an der WRRL-Messstelle bei Lonnerstadt [mg L ⁻¹]			
	Kl. W ₂₀₁₇	MW ARA _{norm}	MW ARA _{red 49}			Q _{ARA normal} 350	Q _{ARA normal} 420	Q _{ARA red 49} 350	Q _{ARA red 49} 420
Al	-			-	-				
AOX	-			≤ 0,025 ^{LAWA}	-				
BSB ₅	2,5	3,3	3,0	< 3	≤ 6	2,5	2,5	2,5	2,5
Cl	65 ^{HM}	373,2	226,7	≤ 200 / ≤ 100 ^{LAWA} / ≤ 50 ^{HM}	≤ 50	65,0 ^{HM}	67,1 ^{HM}	60,0 ^{HM}	61,1 ^{HM}

Parameter	WRRL [mg L ⁻¹]	Mittelwerte Monitoring [mg L ⁻¹] (vgl. Tab. 14, Tab. 15)		Orientierungswert OGewV (2016) [mg L ⁻¹]	Empfehlung Bachmuschel / Wirtschaftliche LfU (2013) [mg L ⁻¹]	Prognosewerte für Stoffkonzentration in der Kleinen Weisach an der WRRL-Messstelle bei Lonnerstadt [mg L ⁻¹]			
	Kl. W ₂₀₁₇	MW ARA _{norm}	MW ARA _{red 49}			Q _{ARA normal} 350	Q _{ARA normal} 420	Q _{ARA red 49} 350	Q _{ARA red 49} 420
CSB	-			-	-				
CSB _{fit}	-			-	-				
DOC	-			(< 7 s. TOC)	-				
LF	-			-	-				
NH ₃ -N	0,004	0,0352	0,0138	≤ 0,002		0,0038	0,0040	0,0031	0,0031
NH ₄ -N	0,15	1,13	0,15	≤ 0,1	≤ 0,4 / ≤ 0,2	0,15	0,16	0,12	0,12
NO ₂ -N	0,060	0,011	0,018	≤ 0,050	-	0,060	0,060	0,060	0,060
NO ₃ -N	6,8 ^{LfU}	0,8	2,1	≤ 11,29	≤ 2	6,8 ^{LfU}	6,7 ^{LfU}	6,8 ^{LfU}	6,8 ^{LfU}
o-PO ₄ -P	0,22	0,022	0,340	≤ 0,07	-	0,220	0,219	0,231	0,232
TOC	5,3	16,3	40,3	< 7	-	5,3	5,4	6,1	6,4
TP	0,32	0,036	0,493	≤ 0,10	-	0,320	0,318	0,336	0,337

Erläuterungen und Abkürzungen: siehe Tab. 21. Parameter, die im WRRL-Monitoring nicht erfasst wurden (-), wurden nicht weiter bei den Messwerten der ARA und in der Prognose aufgeführt (leere Zelle).

Tab. 24: Berechnete Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung - Variante 3: Schätzungen mit aktuellen WRRL-Werten für die Kleine Weisach (Datenstand 2020), geschätztem Abfluss bei Lonnerstadt und Verwendung von Mittelwerten der Betriebskläranlage aus dem gewässerökologischen Monitoring

Parameter	WRRL [mg L ⁻¹]	Mittelwerte Monitoring [mg L ⁻¹] (vgl. Tab. 14, Tab. 15)		Orientierungswert OGewV (2016) [mg L ⁻¹]	Empfehlung Bachmuschel / Wirtschaftliche LfU (2013) [mg L ⁻¹]	Prognosewerte für Stoffkonzentration in der Kleinen Weisach an der WRRL-Messstelle bei Lonnerstadt [mg L ⁻¹]			
	Kl. W ₂₀₂₀	MW ARA _{norm}	MW ARA _{red 49}			Q _{ARA normal} 350	Q _{ARA normal} 420	Q _{ARA red 49} 350	Q _{ARA red 49} 420
Al	-			-	-				
AOX	-			≤ 0,025 ^{LAWA}	-				
BSB ₅	2,9	3,3	3,0	< 3	≤ 6	2,9	2,9	2,9	2,9
Cl	81^{HM}	373,2	226,7	≤ 200 / ≤ 100 ^{LAWA} / ≤ 50 ^{HM}	≤ 50	81,1^{HM}	83,1^{HM}	76,1^{HM}	77,1^{HM}
CSB	-			-	-	-			
CSB _{fit}	-			-	-	-			
DOC	4,1	16,0	40,0	(< 7 s. TOC)	-	4,1	4,2	4,9	5,1
LF	-			-	-	-			
NH ₃ -N	0,006	0,0352	0,0138	≤ 0,002		0,0058	0,0060	0,0050	0,0051
NH ₄ -N	0,20	1,13	0,15	≤ 0,1	≤ 0,4 / ≤ 0,2	0,19	0,20	0,16	0,16
NO ₂ -N	0,100	0,011	0,018	≤ 0,050	-	0,100	0,099	0,100	0,100
NO ₃ -N	7,0^{LFU}	0,8	2,1	≤ 11,29	≤ 2	7,0	7,0	7,1	7,0
o-PO ₄ -P	0,27	0,022	0,340	≤ 0,07	-	0,270	0,268	0,281	0,281
TOC	4,9	16,3	40,3	< 7	-	4,9	5,0	5,7	5,9
TP	0,37	0,036	0,493	≤ 0,10	-	0,370	0,368	0,386	0,386

Erläuterungen und Abkürzungen: siehe Tab. 21. Parameter, die im WRRL-Monitoring nicht erfasst wurden (-), wurden nicht weiter bei den Messwerten der ARA und in der Prognose aufgeführt (leere Zelle).

Tab. 25: Berechnete Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung - Variante 4: Mittelwerte für die Kleine Weisach aus dem gewässerökologischen Monitoring und Mittelwerte der ARA aus der Eigenüberwachung der Martin Bauer GmbH & Co. KG

Parameter	Mittelwerte Monitoring [mg L ⁻¹]	Mittelwerte Eigenüberwachung [mg L ⁻¹] (vgl. Tab. 16)		Orientierungswert OGEwV (2016) [mg L ⁻¹]	Empfehlung Bachmuschel / Wirtsfische LfU (2013) [mg L ⁻¹]	Prognosewerte für Stoffkonzentration in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung (Sechselbachmündung) [mg L ⁻¹]			
	Kl. W _{M1}	MW ARA _{norm}	MW ARA _{red 49}			Q _{ARA normal 350}	Q _{ARA normal 420}	Q _{ARA red 49 350}	Q _{ARA red 49 420}
Al	-			-	-				
AOX	-			≤ 0,025 ^{LAWA}	-				
BSB ₅	2,4	2,6	3,9	< 3	≤ 6	2,4	2,4	2,5	2,5
Cl	35,2	292,6	205,7	≤ 200 / ≤ 100 ^{LAWA} / ≤ 50 ^{HM}	≤ 50	47,8	50,1	43,5	45,1
CSB	18,7	32	115,7	-	-	19,3	19,5	23,4	24,3
CSB _{filt}	-			-	-				
DOC	-			(< 7 s. TOC)	-				
LF	-			-	-				
NH ₃ -N	-			≤ 0,002					
NH ₄ -N	0,07	0,41	0,05	≤ 0,1	≤ 0,4 / ≤ 0,2	0,09	0,09	0,07	0,07
NO ₂ -N	0,047	0,020	0,035	≤ 0,050	-	0,046	0,045	0,046	0,046
NO ₃ -N	8,5^{LfU}	2,0	3,4	≤ 11,29	≤ 2	8,2^{LfU}	8,1^{LfU}	8,3^{LfU}	8,2^{LfU}
o-PO ₄ -P	-			≤ 0,07	-				
TOC	-			< 7	-				

Parameter	Mittelwerte Monitoring [mg L ⁻¹]	Mittelwerte Eigenüberwachung [mg L ⁻¹] (vgl. Tab. 16)		Orientierungswert OGewV (2016) [mg L ⁻¹]	Empfehlung Bachmuschel / Wirtsfische LfU (2013) [mg L ⁻¹]	Prognosewerte für Stoffkonzentration in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung (Sechselbachmündung) [mg L ⁻¹]			
	Kl. W _{M1}	MW ARA _{norm}	MW ARA _{red 49}			Q _{ARA normal 350}	Q _{ARA normal 420}	Q _{ARA red 49 350}	Q _{ARA red 49 420}
TP	0,121	0,365	0,517	≤ 0,10	-	0,133	0,135	0,140	0,141

Erläuterungen und Abkürzungen: siehe Tab. 21. Mittelwerte von Ammonium-Stickstoff und Gesamtphosphor werden v.a. durch untere Nachweisgrenze geprägt (NH₄-N: 0,04 mg L⁻¹, TP: 0,02 mg L⁻¹): Zur Berechnung wurde die jeweilige Nachweisgrenze genommen, weshalb die Werte für TP und NH₄-N nur als grobe Schätzungen gesehen werden dürfen. Die Chlorid-Werte der ARA wurden aus den monatlichen bzw. für den fällmittelreduzierten Betrieb aus dem jeweiligen Tagesabfluss und dem Fällmitteleinsatz berechnet. BSB₅-Wert ARA: Dieser Wert wird i. d. R. nur alle 14 Tage bestimmt, so dass für die Versuche zur Fällmittelreduktion auf Werte innerhalb des Versuchszeitraums zurückgegriffen werden musste – hierfür standen nur 2 Werte zur Verfügung. Parameter, die in der Eigenüberwachung nicht erfasst wurden (-), wurden nicht weiter bei den Messwerten der ARA und in der Prognose aufgeführt (leere Zelle).

Tab. 26: Berechnete Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung - Variante 5a: Mittelwerte für die Kleine Weisach aus dem gewässerökologischen Monitoring und angestrebte Bescheidwerte für die ARA

Parameter	Mittelwerte Monitoring [mg L ⁻¹] (vgl. Tab. 14, Tab. 15)	Angestrebte Bescheidwerte ARA [mg L ⁻¹] (s. Tab. 1)	Orientierungswert OGewV (2016) [mg L ⁻¹]	Empfehlung Bachmuschel / Wirtsfische LfU (2013) [mg L ⁻¹]	Prognosewerte für Stoffkonzentration in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung (Sechselbachmündung) [mg L ⁻¹]	
	Kl. W _{M1}	ARA			Q _{ARA 350}	Q _{ARA 420}
Al	-	-	-	-		
AOX	-	-	≤ 0,025 ^{LAWA}	-		
BSB ₅	2,4	15	< 3	≤ 6	3,0	3,1
Cl	-	-	≤ 200 / ≤ 100 ^{LAWA} / ≤ 50 ^{HM}	≤ 50		
CSB	18,7	200	-	-	27,5	29,2
CSB _{filtr}	-	-	-	-		

Parameter	Mittelwerte Monitoring [mg L ⁻¹] (vgl. Tab. 14, Tab. 15)	Angestrebte Bescheidwerte ARA [mg L ⁻¹] (s. Tab. 1)	Orientierungswert OGewV (2016) [mg L ⁻¹]	Empfehlung Bachmuschel / Wirtsfische LfU (2013) [mg L ⁻¹]	Prognosewerte für Stoffkonzentration in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung (Sechselbachmündung) [mg L ⁻¹]	
	Kl. W _{M1}	ARA			Q _{ARA 350}	Q _{ARA 420}
DOC		-	(< 7 s. TOC)	-		
LF		-	-	-		
NH ₃ -N		-	≤ 0,002			
NH ₄ -N	0,07	5,0	≤ 0,1	≤ 0,4 / ≤ 0,2	0,31	0,36
NO ₂ -N		-	≤ 0,050	-		
NO ₃ -N	8,5^{LfU}	(z. B. 13,0 da TN = 18,0 und NH ₄ -N = 5)	≤ 11,29	≤ 2	8,7^{LfU}	8,8^{LfU}
o-PO ₄ -P		-	≤ 0,07	-		
TOC		-	< 7	-		
TP	0,121	4,0	≤ 0,10	-	0,310	0,346

Erläuterungen und Abkürzungen: siehe Tab. 21. TN = Gesamtstickstoff. Parameter, die im Bescheid nicht festgelegt werden sollen (-), wurden nicht weiter bei den Messwerten der ARA und in der Prognose aufgeführt (leere Zelle).

Tab. 27: Berechnete Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung - Variante 5b: Medianwerte für die Kleine Weisach aus dem gewässerökologischen Monitoring und angestrebte Bescheidwerte für die ARA

Parameter	Medianwerte Monitoring [mg L ⁻¹] (vgl. Tab. 14, Tab. 15)	Angestrebte Bescheidwerte ARA [mg L ⁻¹] (s. Tab. 1)	Orientierungswert OGeV (2016) [mg L ⁻¹]	Empfehlung Bachmuschel / Wirtsfische LfU (2013) [mg L ⁻¹]	Prognosewerte für Stoffkonzentration in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung (Sechselbachmündung) [mg L ⁻¹]	
	Kl. W _{M1}	ARA			Q _{ARA 350}	Q _{ARA 420}
Al	-	-	-	-		
AOX	-	-	≤ 0,025 ^{LAWA}	-		
BSB ₅	2,0	15	< 3	≤ 6	2,6	2,8
Cl	-	-	≤ 200 / ≤ 100 ^{LAWA} / ≤ 50 ^{HM}	≤ 50		
CSB	15,0	200	-	-	24,0	25,7
CSB _{fit}	-	-	-	-		
DOC	-	-	(< 7 s. TOC)	-		
LF	-	-	-	-		
NH ₃ -N	-	-	≤ 0,002	-		
NH ₄ -N	0,05	5	≤ 0,1	≤ 0,4 / ≤ 0,2	0,29	0,34
NO ₂ -N	-	-	≤ 0,050	-		
NO ₃ -N	8,4 ^{LfU}	(z. B. 13,0 da TN = 18,0 und NH ₄ -N = 5)	≤ 11,29	≤ 2	8,6 ^{LfU}	8,7 ^{LfU}
o-PO ₄ -P	-	-	≤ 0,07	-		
TOC	-	-	< 7	-		
TP	0,120	4	≤ 0,10	-	0,309	0,345

Erläuterungen und Abkürzungen: siehe Tab. 21. TN = Gesamtstickstoff. Parameter, die im Bescheid nicht festgelegt werden sollen (-), wurden nicht weiter bei den Messwerten der ARA und in der Prognose aufgeführt (leere Zelle).

Tab. 28: Berechnete Stoffkonzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung bei Ausschöpfung der aktuellen Bescheidwerte für die ARA – Variante 6: Mittelwerte für die Kleine Weisach aus dem gewässerökologischen Monitoring und aktuelle Bescheidwerte für die ARA

Parameter	Mittelwerte Monitoring [mg L ⁻¹] (Tab. 15)	Aktuelle Bescheidwerte ARA [mg L ⁻¹] (s. Tab. 1)	Orientierungswert OGewV (2016) [mg L ⁻¹]	Empfehlung Bachmuschel / Wirtschaftliche LfU (2013) [mg L ⁻¹]	Prognosewerte für Stoffkonzentration in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung (Sechselbachmündung) [mg L ⁻¹]	
	Kl. W _{M1}	ARA			Q _{ARA} 350	Q _{ARA} 420
BSB ₅	2,4	15	< 3	≤ 6	3,0	3,1
CSB	18,7	75			21,4	22,0
NH ₄ -N	0,07	5	≤ 0,1	≤ 0,4 / ≤ 0,2	0,31	0,36
NO ₃ -N	8,5 ^{LfU}	10	≤ 11,29	≤ 2	8,6 ^{LfU}	8,6 ^{LfU}
TP	0,121	4	≤ 0,10	-	0,310	0,346

Erläuterungen und Abkürzungen: siehe Tab. 21.

Tab. 29: Berechnete Mischwassertemperatur und Temperaturerhöhung durch die Einleitung in der Kleinen Weisach unterhalb der Einleitung bei MNQ und verschiedenen Abschlagsmengen

Parameter	Kl. W _{M1} [°C]	ARA [°C]	Orientierungswert OGewV (2016) [°C]	Prognosewerte für die Temperatur in der Kleinen Weisach unterhalb der geplanten neuen Einleitung (Sechselbachmündung) bei MNQ [°C]				Maximalwert Monitoring an der M2 [°C]
				Q _{ARA} 350	Q _{ARA} 420	ΔT Q _{ARA} 350	ΔT Q _{ARA} 420	
T _{Max Winter} - Moni / Moni	6,3	28	≤ 10 ΔT = +2	7,4	7,6	1,1	1,3	6,8
T _{Max Winter} - Logger / Logger	9,4	31,8		10,5	10,7	1,1	1,3	9,8
T _{Max Winter} - GKD / Moni	9,7	28		10,6	10,8	0,9	1,1	siehe oben
T _{Max Sommer} - Moni / Moni	18,6	31,1	≤ 23 ΔT = +2	19,2	19,3	0,6	0,7	19,1
T _{Max Sommer} - Logger / Logger	22,6	35,2		23,2	23,3	0,6	0,7	23,2
T _{Max Sommer} - GKD / Moni	19,8	31,1		20,4	20,5	0,6	0,7	siehe oben

Erläuterungen und Abkürzungen: siehe Tab. 21. T_{Max} = maximale Wassertemperatur, _{Winter} = Winterhalbjahr von Dezember bis einschließlich März, _{Sommer} = Sommerhalbjahr von April bis einschließlich November, Moni / Moni = Verwendung der monatlichen Messwerte aus dem gewässerökologischen Monitoring für die Kleine Weisach an der M1 bzw. M2 und der ARA, Logger / Logger = Verwendung der täglichen Logger-Daten aus dem gewässerökologischen Monitoring für die Kleine Weisach an der M1 bzw. M2 und der ARA, GKD / Moni = Verwendung der monatlichen Messwerte des Gewässerkundlichen Dienstes (GKD) Bayern zwischen 2011 und 2020 für die Kleine Weisach und der monatlichen Messwerte aus dem gewässerökologischen Monitoring für die ARA.

6.9 Untersuchung der Fischbestände oberhalb und unterhalb der Sechselbachmündung

Insgesamt wurden auf den 6 Befischungsabschnitten mit rund 630 m Gesamtlänge 478 Individuen aus 15 Arten gefangen. Bei den meisten Arten fanden sich verschiedene Größenklassen (IBF Umwelt 2021, Daten hier nicht gezeigt). Tab. 30 schlüsselt die einzelnen Fangergebnisse auf. Daraus wird ersichtlich, dass ein Großteil der Fischarten, die zur Referenzzönose der Kleinen Weisach gehören, vorgefunden werden konnte. Von den 16 Referenzarten fehlten Hecht, Schleie und Stichling. Dabei sind Hecht, Schleie und Stichling allerdings als Nebenarten mit 1 % und weniger Anteil gelistet. Die Leitarten waren demnach über sämtliche Streckenabschnitte zusammengenommen vorhanden.

Im Schnitt wurden 0,76 Fische pro m Befischungsstrecke (Einheitsfang) gefangen, wobei sich die einzelnen Abschnitte nicht gravierend voneinander unterschieden. Die einzelnen Arten waren jedoch sehr unterschiedlich verteilt, wobei mit 11 Arten die höchsten Artenanzahlen auf Streckenabschnitt A3 (unterhalb Einleitung der kommunalen Kläranlage) und A6 (westlichster Abschnitt oberhalb der Sechselbachmündung nahe Dutendorf) erfasst wurden. Mit 5 Arten fand sich die geringste Artenzahl auf A5 (oberhalb der Sechselbachmündung).

Von der strukturellen Ausstattung her unterschieden sich die Abschnitte teilweise deutlich: Auf den Abschnitten A1 (unterhalb der Brücke bei Hermersdorf) und A2 (oberhalb A1, jedoch ebenfalls unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage) fließt die Kleine Weisach langsam und ist von Hochstaudenfluren und lückigem Gehölzsaum (A1) bzw. durchgehendem Gehölzsaum (A2) eingewachsen. Das Sohlsubstrat besteht überwiegend aus Grobsand und anderen Feinsubstraten. Auch an A3 dominiert Grobsand am Bachgrund. Das Flussbett ist eher strukturlos mit vereinzelt Totholzvorkommen, der Bach fließt eher träge, u. U. durch temporäre Ansammlungen von Gschwemmsel. Der Abschnitt A4 (zwischen Sechselbachmündung und Einleitstelle der kommunalen Kläranlage) ähnelt dem unterhalb liegenden Abschnitt A3, wenngleich er etwas flacher ausgeprägt und mit einigen Unterständen und Einstellmöglichkeiten ausgestattet ist. Entlang Abschnitt A5 wächst teilweise dichtes Buschwerk, entlang A6 findet sich durchgehend dichtes Buschwerk. Die Weisach ist in diesen beiden Bereichen insgesamt flacher, die Tiefenvarianz größer und das Sohlsubstrat kiesiger als an den Abschnitten bachabwärts. Aufgrund dieser Umstände bilden diese Teilabschnitte einen attraktiveren Lebensraum für strömungsliebende Arten (wie z. B. die Bachforelle) als die restlichen Teilabschnitte. Weitere Details finden sich im zugehörigen Bericht zur Befischung (IBF Umwelt 2021).

Die kleinräumigen Verhältnisse, d. h. die nahe beieinander liegenden Einleitstellen und die sich daraus ergebende eng benachbarte Platzierung der Befischungsabschnitte, erschwerte die gezielte Beurteilung der Einflüsse der ARA bzw. der kommunalen Kläranlage auf den Fischbestand. Dennoch erscheint die jeweilige Strukturausstattung, Gewässertiefe und vorherrschende Strömungsgeschwindigkeit als ursächlich für den mehr oder weniger ausgeprägten Artenreichtum pro Abschnitt. Strömungsliebende Arten wie Barbe und Bachschmerle waren daher v. a. in den obersten Abschnitten A5 und A6 zu finden. Ein direkter Einfluss der ARA auf die Artenzahl oder den Einheitsfang an Fischen wurde nicht offenkundig (IBF Umwelt 2021).

Tab. 30: Ergebnisse der Elektrofischung im August 2021 auf 6 Teilabschnitten der Kleinen Weisach

Fischart		Gefangene Individuenzahl pro Befischungstrecke						Gesamt
Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	A1	A2	A3	A4	A5	A 6	
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>	0	0	1	0	0	0	1
Aitel	<i>Aqualius cephalus</i>	8	10	20	15	4	15	72
Bachforelle	<i>Salmo trutta f.</i>	4	0	1	13	20	4	42
Bachscherle	<i>Barbatula barbatula</i>	9	0	0	0	4	0	13
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	0	0	0	0	3	1	4
Blauband- bärbling	<i>Pseudorasbora parva</i>	40	13	2	2	26	13	96
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	1	4	4	6	0	3	18
Giebel	<i>Carassius gibelio</i>	0	8	4	10	0	9	31
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	38	12	24	16	16	18	124
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	0	1	0	0	0	0	1
Hecht	<i>Esox lucius</i>	0	0	0	0	0	0	0
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	0	0	7	0	0	2	9
Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>	1	0	0	0	0	1	2
Nerfling	<i>Leuciscus idus</i>	0	0	0	0	0	0	0
Rotaugen	<i>Rutilus rutilus</i>	0	11	11	0	0	18	40
Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0	8	9	1	0	6	24
Rutte	<i>Lota lota</i>	0	0	1	0	0	0	1
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	0	0	0	0	0	0	0
Dreistachli- ger Stichling	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0	0	0	0	0	0	0
Gesamtfang pro Streckenabschnitt		101	67	84	63	73	90	478
Anzahl Arten pro Streckenabschnitt		7	8	11	7	6	11	15
Einheitsfang Fische pro m der Befischungstrecke		0,86	0,64	0,77	0,74	0,67	0,87	Mittel: 0,76
Einheitsfang Bachforelle pro m der Befischungstrecke		0,03	0,00	0,01	0,15	0,18	0,04	Mittel: 0,07

Erläuterungen: Grün hinterlegte Zeilen markieren Fischarten, die zur Referenzzönose der Kleinen Weisach gehören. **Fett** = Fischart gilt als Wirtsfisch für Bachmuscheln (LfU 2012, 2013). Die Bachforelle gilt unter den vorkommenden Fischarten als die anspruchvollste Art hinsichtlich des Sauerstoffgehalts im Wasser. Datenquelle: IBF Umwelt (2021)

Die Bachforelle gilt unter den vorkommenden Fischarten als die anspruchvollste Art hinsichtlich des Sauerstoffgehalts im Wasser. Da durch die ARA eingeleitete CSB-wirksame Frachten als (potenziell) sauerstoffzehrend eingeschätzt werden, wurde der Einheitsfang an Bachforellen pro Meter Streckenabschnitt errechnet (Tab. 30). Es zeigte sich, dass der Einheitsfang für Bachforellen im Bereich

von A4, unterhalb der Sechselbachmündung (die die CSB-Frachten der ARA in die Kleine Weisach speist), zwar etwas geringer ist als im Bereich von A5 oberhalb der Sechselbachmündung, jedoch um ein Mehrfaches höher als im Bereich der A6, noch weiter oberhalb nahe der Ortschaft Dutendorf. Auf den weiter unterhalb gelegenen Abschnitten A3 bis A1 wurden deutlich weniger Bachforellen pro m erfasst. Die Verteilung der Einheitsfänge wird v. a. der Strukturausstattung zugeschrieben (IBF Umwelt 2021).

Tab. 31: FiBs-Bewertung der untersuchten Befischungstrecken an der Kleinen Weisach

Stecke	Ergebnis FiBs	Bewertung Zustand	Lage der Strecke (Beginn)
A1	2,06	mäßig	ca. 600 m uh Sechselbachmdg. / ARA und ca. 520 m uh KA
A2	1,97	unbefriedigend	ca. 550 m uh Sechselbachmdg. / ARA und ca. 470 m uh komm KA
A3	2,10	mäßig	ca. 210 m uh Sechselbachmdg. / ARA und ca. 130 m uh KA
A4	2,08	mäßig	direkt uh Sechselbachmdg. / ARA und oh KA
A5	1,75	unbefriedigend	ca. 270 m oh Sechselbachmdg. / ARA und KA
A6	2,54	gut	ca. 300 m oh Sechselbachmdg. / ARA und KA
A1 + A2	2,50	gut	beide > 500 m uh beider Einleitungen (Sechselbachmdg. / ARA und KA)
A3 + A4	2,27	mäßig	direkt uh ARA und oh KA sowie uh KA
A5 + A6	2,74	gut	beide oh ARA und KA
A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6	2,97	gut	Gesamtstrecke

Erläuterungen und Abkürzungen: oh = oberhalb, uh = unterhalb, Sechselbachmdg. / ARA = Sechselbachmündung, über die die Abwässer der ARA in die Kleine Weisach gelangen, KA = Einleitung der kommunalen Kläranlage. Datenquelle: IBF Umwelt (2021)

Da zusammengenommen auf allen Abschnitten verschiedene Altersklassen der Bachforelle (und anderer Arten) – darunter auch relativ alte Individuen – dokumentiert wurden und die Tiere durchweg gut genährt und vital wirkten, wurde die örtliche Gewässergüte der Kleinen Weisach als für ausreichend gut befunden, um der Bachforelle ein Habitat zu bieten, ungeachtet der möglichen Herkunft der Tiere aus Besatzmaßnahmen. Die Tatsache, dass die Bachforelle mit einem Anteil von insgesamt 8,8 % am Gesamtfang, verglichen mit den Angaben aus der Referenzzönose (dort 0,5 % Anteil), in dem untersuchten Bereich der kleinen Weisach eher überrepräsentiert war, wird als Qualitätsmerkmal für die örtliche Güte des Gewässers gewertet. Ein Einfluss der ARA auf den Einheitsfang oder die räumliche Verteilung der Bachforelle lässt sich aus den Ergebnissen nicht ablesen. (IBF Umwelt 2021).

Mit den vorhandenen Einschränkungen (vgl. Methodik Kap. 5.3) wurde in Anlehnung an die amtliche Zustandsbewertung nach WRRL eine Auswertung mit dem Fischbasierten Bewertungssystem

(FiBs) vorgenommen. Die Teilstrecken wurden dabei sowohl einzeln als auch in Kombinationen bewertet. Bei der Betrachtung der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Aussagekraft nicht zuletzt aufgrund der geringen Einzelstreckenlänge von ca. 100 m (Vorgabe 200 m für den Fließgewässertyp 6_K) beschränkt ist. Tab. 31 gibt die Bewertungsergebnisse wieder.

In der Einzelbewertung zeigt sich, dass nur Abschnitt A6 mit „gut“ bewertet werden kann, der Rest mit „mäßig“ oder gar „unbefriedigend“ (A2 und A5) zu bewerten wäre. Die Bewertung ändert sich jedoch, wenn benachbarte Abschnitte zusammengefasst, oder gar sämtliche Teilstrecken als Ganzes bewertet werden. Im letzteren Fall wird die Gesamtbewertung „gut“ erzielt, mit der die Kleine Weisach hinsichtlich der WRRL-Qualitätskomponente Fische auch aktuell im Gewässersteckbrief geführt wird (Datenstand 2021).

6.10 Untersuchung des Makrozoobenthos oberhalb und unterhalb der Sechselbachmündung

6.10.1 Substratzusammensetzung nach Multi-Habitat-Sampling

Die Probestrecken (PS) wurden unter Berücksichtigung vergleichbarer Substrat-, Strömungs- und Beschattungsverhältnisse so ausgewählt, dass sie sich nach Möglichkeit nur geringfügig unterscheiden, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Die Vor-Ort-Verhältnisse an den Probestrecken können Tab. 32 entnommen werden.

Tab. 32: Probestrecken mit UTM Koordinaten, Substratzusammensetzung, Strömungseigenschaften, Beschattungszustand und Beschaffenheit der Proben am 29.04.2021

Probestrecke	PS 1	PS 2
Datum	29.04.21	29.04.21
Gewässer	Kleine Weisach	Kleine Weisach
Bezeichnung	oberhalb Einleitung ARA	unterhalb Einleitung ARA
Rechtswert	32U 620044	32U 620085
Hochwert	5505730	5505728
Substrat	Anteil in %	Anteil in %
Makrolithal	5	5
Mesolithal		5
Psammal	55	50
Lebende Teile terrestrischer Pflanzen	5	5
Xylal	15	15
CPOM	10	10
FPOM	10	10
Wasserführung	niedrig	niedrig
Strömungsbild	langsam fließend	langsam fließend
Strömungsvielfalt	mittel	mittel
Beschattung	halbschattig	halbschattig
Kolmation	leicht	leicht
Trübung	schwach	schwach

Probestrecke	PS 1	PS 2
Färbung	-	-
Geruch	ohne	ohne

Erläuterungen: Makrolithal = Größtkorn, Steine Kopfgröße: >20 - 40 cm, Mesolithal = Größtkorn, Steine Faustgröße: >6 - 20 cm, Psammal = Sand: >6 µm - 2 mm, Lebende Teile terrestrischer Pflanzen = z. B. Wurzelwerk, Xylal = Holz, CPOM = grobpartikuläres organisches Material, FPOM = feinputikuläres organisches Material.

An beiden Probestrecken dominierten hinsichtlich der Substratzusammensetzung Sande (Psammal). Daneben fanden sich Steine, Wurzeln von Ufergehölz, Totholzäste, grob- und feinputikuläres organisches Material. Insgesamt sind die Unterschiede in der Substratzusammensetzung zwischen den beiden Probestrecken als geringfügig zu bewerten. Zusammen mit den Strömungs- und Beschattungsverhältnissen ist davon auszugehen, dass eine hinreichend gute Vergleichbarkeit der beiden Probestrecken gegeben war.

6.10.2 Taxaliste, Diversität und funktionelle Gruppen der MZB-Lebensgemeinschaften

Im Zuge der Makrozoobenthos (MZB)-Probennahmen konnten insgesamt 43 rezente (lebende) Taxa aus 12 zoologischen Großgruppen festgestellt werden (Daten im Anhang 0). Unter den gefundenen Taxa befand sich mit der Eintagsfliege, *Baetis nexus*, eine Art der Roten Liste Bayern (Gefährdungskategorie 1 „vom Aussterben bedroht“) sowie der Roten Liste Deutschland (Gefährdungskategorie 3 „gefährdet“) an beiden Probestrecken. Für *B. nexus* sind in Bayern derzeit im Rahmen der Erhebungen des WRRM-Monitorings an einigen Gewässern Vorkommen bekannt, darunter auch an der Aisch sowie an der Kleinen Weisach unterhalb von Lonnerstadt, kurz vor der Mündung in die Aisch (Gewässerkundlicher Dienst Bayern, letzter Aufruf: 24.02.2022). *B. nexus* gilt als wenig wählerisch und besiedelt eine Vielzahl potamaler bis potamalähnlicher, häufig unbeschatteter und relativ warmer Bäche mit teils deutlicher saprobieller Vorbelastung (Müller et al. 2008). Ferner wurde mit der Köcherfliege, *Athripsodes bilineatus*, eine weitere Art der Roten Liste Bayern („gefährdet“) bei PS 2 (unterhalb der Einleitung) nachgewiesen.

Mit der Wasserasselart, *Proasellus coxalis*, wurde eine eingeschleppte Tierart (Neozoe) im Untersuchungsgebiet nachgewiesen. *P. coxalis* besitzt ein breites ökologisches Profil und wurde bereits in den unterschiedlichsten Gewässern (Quellen, dauerhaft wasserführende und temporäre Bäche, Höhlengewässer, Grundwasser, Brackwasser) gefunden (Kaiser 2005).

Anhand der Besiedlungsdichten konnte bachabwärts eine Abnahme von PS 1 (4.389 Ind m⁻²) zu PS 2 (3.418 Ind m⁻²) beobachtet werden, die hauptsächlich mit den unterschiedlichen Abundanz der Würmer (Oligochaeten) zu begründen war. Die Taxazahl (ungefiltert, d. h. Angabe aller Taxa) lag bei PS 1 mit 32 Taxa geringfügig höher als bei PS 2 (29 Taxa). Taxazahlen allein geben jedoch nicht unbedingt Auskunft über qualitative Unterschiede. Die höchsten Taxazahlen innerhalb der 11 nachgewiesenen Großgruppen konnten bei PS 1 für die Gruppen der Eintagsfliegen (Ephemeroptera), Käfer (Coleoptera), Köcherfliegen (Trichoptera) und Zweiflügler (Diptera) mit jeweils 6 Taxa festgestellt werden. Bei PS 2 wies die Gruppe der Zweiflügler die höchste Taxazahl auf (Anzahl: 9), gefolgt von Eintags- und Köcherfliegen sowie Käfern mit jeweils 4 Taxa.

Eine vergleichende Darstellung zur prozentualen Verteilung der Individuendichte, bezogen auf die Großgruppen, kann Abb. 40 entnommen werden. Die Benthoszönose wurde an beiden Probestrecken von Würmern, Naididae/Tubificidae Gen. sp. (Großgruppe Oligochaeta), mit Anteilen von

70,9 % (PS 1) bzw. 74,1 % (PS 2), gefolgt von Zuckmücken der Familie Chironomidae Gen. sp. (Großgruppe Diptera, PS 1: 9,2 %; PS 2: 5,3 %) und dem Flussflohkrebs *Gammarus roesellii* (Großgruppe Crustacea, PS1: 3,8 %; PS 2: 4,8 %) dominiert.

Als Maß für die Biodiversität der Makrozoobenthosgesellschaften ergab der Shannon-Wiener-Index mit Werten von 1,23 (PS 1) bzw. 1,13 (PS 2) nahezu identische Ergebnisse für beide Probestrecken. Die Evenness, d. h. die Ausgewogenheit der Verteilung der Artenanteile, die Werte zwischen 0 (ungleiche Verteilung der Arten) und 1 (alle Arten in gleichen Anteilen vorhanden) erreichen kann, spiegelte mit 0,36 (PS 1) bzw. 0,34 (PS 2) - an beiden Probestrecken gleichermaßen - eine deutliche Ungleichverteilung der Individuenzahlen innerhalb der einzelnen Taxa wider. Diese wurde von der Dominanz der Würmer (Oligochaeta) geprägt.

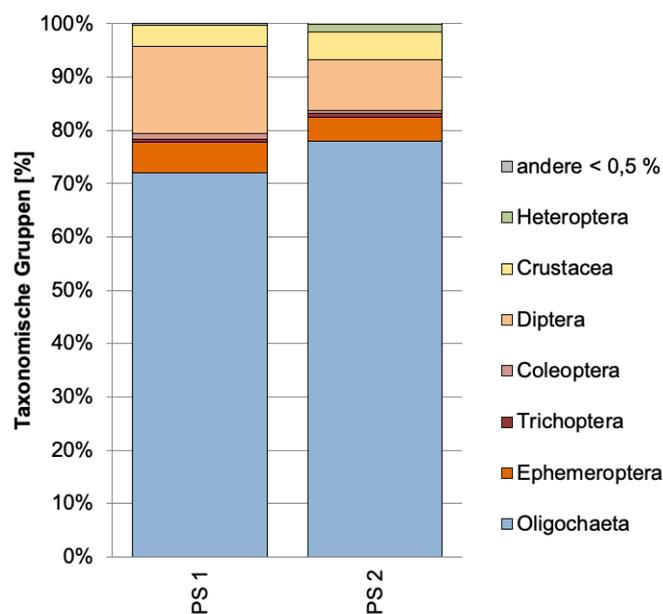


Abb. 40: Relative Häufigkeiten der taxonomischen Gruppen an PS 1 (oberhalb) und PS 2 (unterhalb der Einleitung) im April 2021

6.10.3 Funktionelle Gruppen

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

Zonierungspräferenzen

Der Untersuchungsbereich ließ sich an beiden PS anhand der Besiedlungsstruktur zu einem sehr hohen Anteil von ca. 80 % keiner Zonierung zuordnen (Abb. 41, links). Grund waren die hohen Abundanzen von Oligochaeten, einhergehend mit fehlenden bzw. unerforschten autökologischen Informationen und folglich defizitärer Datenlage. Die übrigen Prozentpunkte waren dem Rhithral (Bachregion), zu etwa gleichen Anteilen dem Potamal (Flussregion) und zu etwas geringen Anteilen dem Litoral/Profundal (Uferzone/Tiefenzone v.a. stehender Bereiche) zuzuordnen.

Wasserwirbellose mit Präferenz zur Quellregion (Krenal/Hypokrenal) kamen kaum vor. Unterschiede zwischen den beiden Probestrecken lagen im niedrigen einstelligen Prozentbereich.

Strömungspräferenzen

Auch hinsichtlich der Strömungspräferenzen (Abb. 41, rechts) konnten über 80% der nachgewiesenen Individuen aus genannten Gründen nicht eingestuft werden. Die Unterschiede zwischen beiden Probestrecken bezüglich des Anteils strömungsliebender (rheobiont bzw. -phil) sowie der Anteile der Übergangsbereiche von strömungsliebend bzw. -meidend (rheo- bis limnophil bzw. limno- bis rheophil) waren gering. Lediglich sich indifferent verhaltende Taxa lagen bei PS 1 etwa doppelt so hoch.

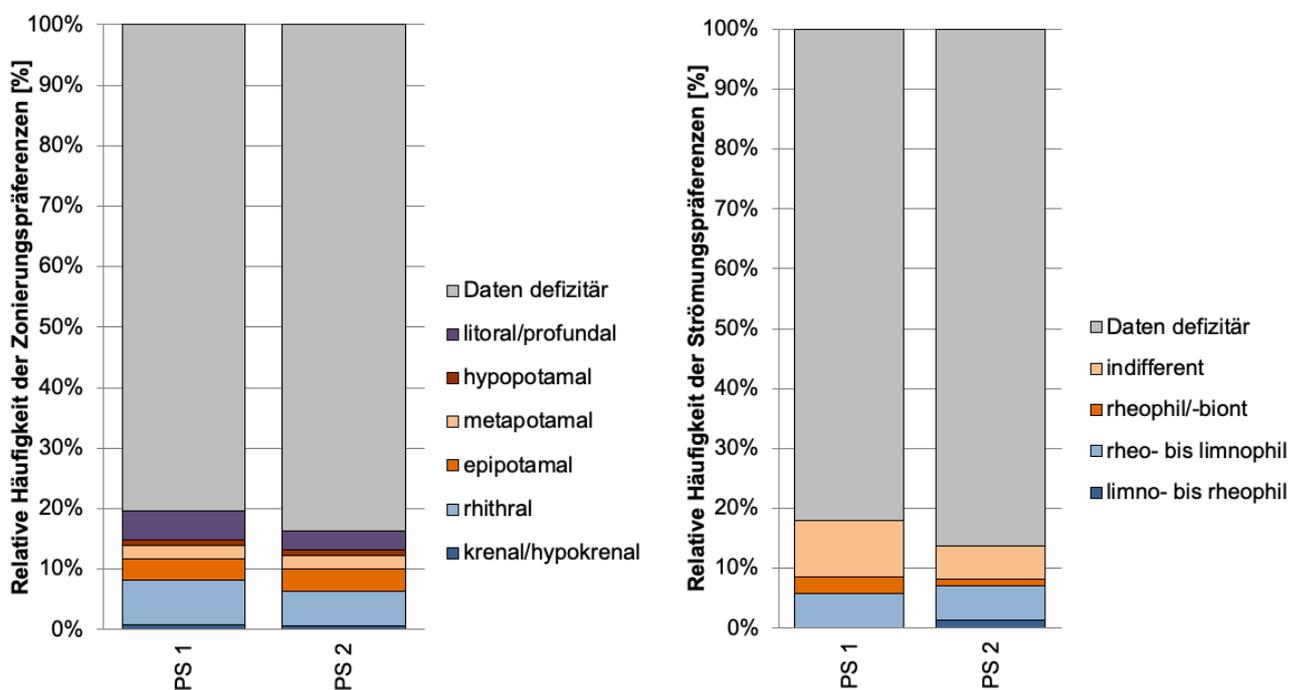


Abb. 41: Relative Häufigkeiten der Zonierungs- (links) und Strömungspräferenzen (rechts) an PS 1 (oberhalb) und PS 2 (unterhalb der Einleitung) im April 2021

Mikrohabitatpräferenzen

Neben einem sehr hohen Anteil aus oben genannten Gründen nicht eingestuft Taxa von ca. 80 % überwogen an beiden PS pflanzenpräferierende (Phytal) Taxa, die insbesondere an Wurzelgeflechten und an ins Wasser hängende Teilen uferbegleitender terrestrischer Vegetation vorkamen (Abb. 42, links). Wasserpflanzen (Makrophyten) wurden an keiner der beiden Probestrecken festgestellt. Weitere Mikrohabitate mit geringen Anteilen stellten Steine (Lithal), Sand (Psammal) und Schlamm (Pelal) dar. Die Unterschiede zwischen den beiden Probestrecken waren geringfügig.

Ernährungstypen

Anhand der Ernährungstypenkategorien zeigten sich zwischen beiden Probestrecken ebenfalls nur geringfügige Unterschiede im einstelligen Prozentbereich (Abb. 42, rechts). Insgesamt war auch hier

ein sehr hoher Anteil der Taxa nicht einstuftbar (fehlende autökologische Kenntnisse, s. o.). Daneben wiesen Sammler/Sedimentfresser den höchsten Anteil auf, gefolgt von Weidegängern, Zerkleinerern, Räubern und aktiven Filtrierern.

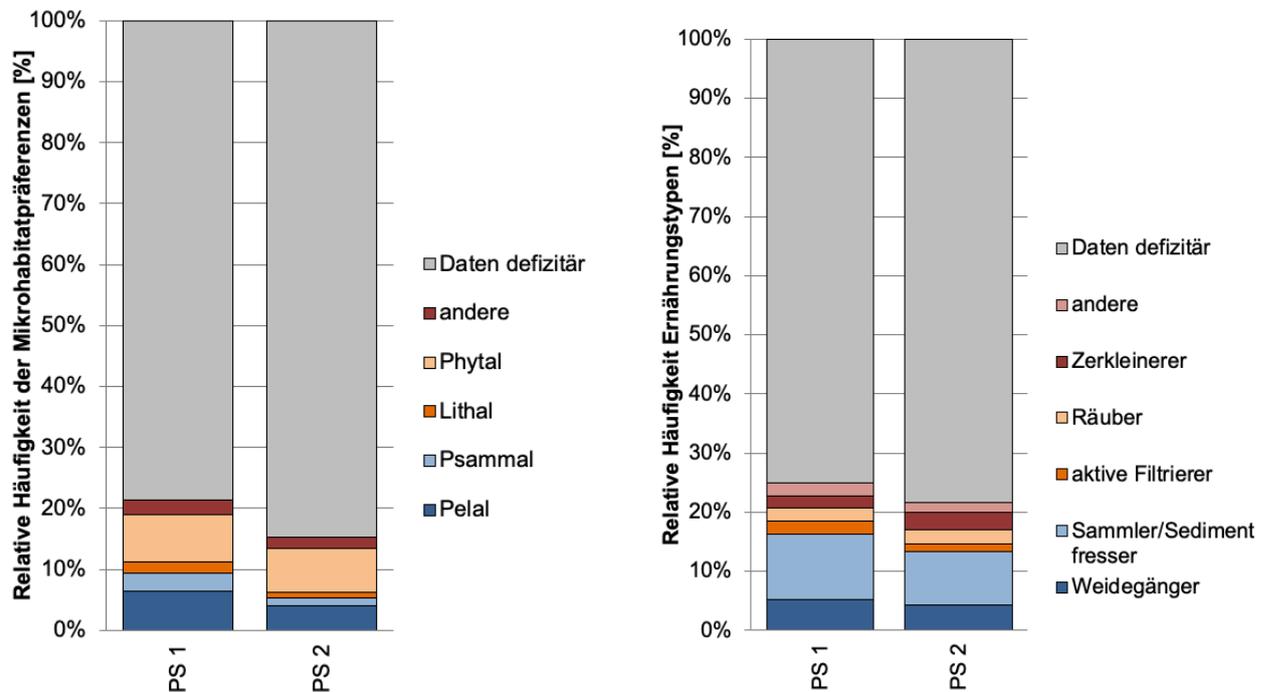


Abb. 42: Relative Häufigkeiten der Mikrohabitatpräferenzen (links) und Ernährungstypen (rechts) an PS 1 (oberhalb) und PS 2 (unterhalb der Einleitung) im April 2021

6.10.4 Bewertung nach der Wasserrahmenrichtlinie

Die Bewertungsergebnisse zur Ermittlung des ökologischen Zustands von Fließgewässern anhand der Qualitätskomponente Makrozoobenthos, nach Vorgaben der WRRL unter Verwendung der Software ASTERICS (Version 4.0.4), sind in Tab. 33 abgebildet.

Modul Saprobie

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

Der Fließgewässertyp 6_K „Feinmaterialreicher, karbonatischer Mittelgebirgsbach des Keupers“ zeichnet sich im naturnahen Zustand durch einen mäßig hohen saprobiellen Grundzustand aus. Dieser ist bedingt durch eine niedrige Wassertemperatur und einer weitgehenden Beschattung des Wasserkörpers. Durch eine vergleichsweise geringere Rauigkeit der Sohle als beispielsweise bei Fließgewässertyp 5, wird etwas weniger atmosphärischer Sauerstoff in das Gewässer eingetragen. Die Autosaprobität ist niedrig, da aufgrund des hohen Beschattungsgrades, die Primärproduktion innerhalb der Gewässer auf ein niedriges Niveau beschränkt bleibt (Meier et al. 2006b).

Im Grundzustand ist diesem Gewässertyp ein Saprobienindex von 1,60 zugewiesen. Die Klassengrenze vom „sehr guten“ zum „guten“ saprobiellen Zustand liegt bei 1,70, vom „guten“ zum „mäßigen“ Zustand bei 2,20. Alle weiteren Klassengrenzen waren für diese Untersuchung nicht relevant.

Die Ergebnisse des Moduls „Saprobie“ beider Probestrecken fielen sehr ähnlich aus und bewegten sich mit Werten von 2,10 bzw. 2,18 in einer „guten“ Bewertung, allerdings direkt an der Klassengrenze zu „mäßig“, was eine gewisse saprobielle Belastung widerspiegelt. Der etwas höhere (und damit geringfügig schlechtere) Score bei PS 2 könnte auf die etwas niedrigere Fließgeschwindigkeit (träge bis langsam fließend) in Verbindung mit der größeren Wassertiefe in diesem Abschnitt zurückzuführen sein.

Modul Allgemeine Degradation

Das Modul „Allgemeine Degradation“ spiegelt strukturelle Defizite (Degradation der Gewässermorphologie, Nutzung im Einzugsgebiet) auf Habitat- und Einzugsgebietebene wider. Darüber hinaus wird der Wert dieses Moduls auch durch stoffliche Einwirkungen (Pestizide, hormonäquivalente Stoffe etc.) mit beeinflusst. Die Allgemeine Degradation setzt sich als multimetrischer Index aus mehreren sog. Core-Metrics zusammen. Im Falle des Gewässertyps 6_K sind dies der Fauna-Index Typ 5 (DFI), der Rhithron Typie Index (RTI), der prozentuale Anteil der EPT-Taxa (Ephemeroptera = Eintagsfliegen, Plecoptera = Steinfliegen, Trichoptera = Köcherfliegen) an den Gesamtindividuen (Häufigkeitsklassen) und die Anzahl der EPT-Taxa allgemein.

Die Bewertung der Core-Metrics sowie der Allgemeinen Degradation erfolgt jeweils über Score-Points, wobei die Einteilung in Zustandsklassen schrittweise erfolgt (Zustandsklasse „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).

Für beide Probestrecken hat die Auswertungssoftware ein ungesichertes Ergebnis der Allgemeinen Degradation aufgrund einer zu geringen Anzahl an Indikatortaxa angegeben.

Der DFI bewertet die Naturnähe der Morphologie auf Habitat- und Einzugsgebietebene. Zudem kann dieser Index stoffliche Gewässerbelastungen durch eine Abnahme empfindlicher Gütezeiger und einer Zunahme von Störungszeigern indizieren. Insbesondere das Fehlen von Arten wichtiger Gruppen, wie Eintags-, Stein- und Köcherfliegen, können sich stark auf den DFI auswirken. Im Untersuchungsgebiet konnte PS 1 lediglich eine „mäßige“, PS 2 eine „gute“ Bewertung hinsichtlich des DFI erzielen. Unterschiede zwischen den beiden Probestrecken waren insbesondere auf das Vorkommen von Wasserasseln bei PS 1 (negative Bewertung) zurückzuführen. Der RTI, welcher die Affinität eines Taxons zur Bachregion beschreibt, erzielte Ergebnisse, die an PS 1 und PS 2 im „guten“ Bereich lagen. Der prozentuale Anteil der EPT-Taxa an der Gesamtbesiedlung lag bei PS 1 im „guten“ (starke Tendenz zu „mäßig“), bei PS 2 im „mäßigen“ Bereich. Die Anzahl verschiedener EPT-Taxa war an beiden Probestrecken für ein Fließgewässer dieses Typs zu gering, was sich in einer „mäßigen“ (PS 1) bzw. „unbefriedigenden“ (PS 2) Bewertungsklasse widerspiegelte. Auch hier könnte die höhere Wassertiefe in Verbindung mit der niedrigeren Fließgeschwindigkeit (träge bis langsam) bei PS 2 den Score hinsichtlich der EPT-Taxa leicht negativ beeinflussen.

In der Gesamtschau ergab sich für das Modul Allgemeine Degradation jeweils eine „gute“ Bewertung für PS 1 (Score: 0,61) und PS 2 (Score: 0,62), allerdings für beide Probestrecken direkt an der Klassengrenze zu „mäßig“. Wie bereits erwähnt, wurde das Ergebnis für die Allgemeine Degradation von der Auswertungssoftware als „ungesichert“ aufgrund fehlender Indikatortaxa angesehen. Das Ergebnis (Schwankungsbereich „gut“ bis „mäßig“) dürfte jedoch plausibel sein.

Tab. 33: Bewertungsergebnisse des MZB in der Kleinen Weisach an PS 1 und PS 2 nach WRRL mit Score-Points

Messstelle	PS 1	PS 2
Ergebnis Saprobie	gut	gut
Saprobienindex	2,10	2,18
Ergebnis Degradation	gut	gut
Degradation gesamt	0,61	0,62
Fauna-Index Typ 5	0,57	0,70
Rhithron-Typie Index	0,75	0,75
EPT [%] (HK)	0,61	0,48
Anzahl EPT	0,60	0,40
ÖZK gesamt	gut	gut

Erläuterungen und Abkürzungen: Die Score-Points für das Modul Degradation können Werte zwischen 0 (schlecht) und 1 (sehr gut) erreichen. ÖZK = Ökologische Zustandsklasse, Rhithron = Biozönose der Fließgewässerzone Rhithral, EPT = Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera, HK = Häufigkeitsklassen

Gesamtbewertung QK Makrozoobenthos

Nach dem Prinzip des „worst-case“ ergab die Fließgewässerbewertung anhand der Makrozoobenthos-Besiedlung aus den Modulen „Saprobie“ und „Allgemeine Degradation“ an beiden Probestrecken eine „gute ökologische Zustandsklasse“ mit starker Tendenz zur „mäßigen Zustandsklasse“. Die Unterschiede zwischen den beiden Probestrecken waren gering. Gemäß der Bewertungssoftware gelten die Ergebnisse der Allgemeinen Degradation und folglich der Gesamtbewertung aufgrund einer zu geringen Anzahl an Indikatortaxa als „ungesichert“, erscheinen jedoch plausibel.

6.11 Untersuchung der Makrophyten und des Phytobenthos oberhalb und unterhalb der Sechselbachmündung

Die Kleine Weisach wird an beiden Probestrecken PS 1 und PS 2 (gleiche Probestrecken wie für das MZB) dem Makrophyten-Typ der karbonatisch-rhithral geprägten Fließgewässer der Mittelgebirge, Voralpen und Alpen zugeordnet (MRK). Das Gewässer entspricht dem Diatomeen-Typ D8.1 (karbonatisch geprägte Bäche der Löss-, Keuper- und Kreideregionen mit Einzugsgebiet < 100 km²) sowie dem Phytobenthos-Typ PB4 (karbonatische, feinmaterialreiche, kleine Fließgewässer des Mittelgebirges).

6.11.1 Makrophyten

Beide Probestrecken PS 1 und PS 2 zeigten keine Makrophytenvorkommen, was mit der starken Beschattung der Probestrecken erklärt werden dürfte. Eine Makrophytenverödung, d. h. ein Mangel an aquatischen Wasserpflanzen durch anthropogene Einflüsse, wie z. B. übermäßige Nährstoffbelastung, Mahd, Räumung, Pestizideinsatz, lag also vermutlich nicht vor. Deshalb wurde das Modul Makrophyten im Folgenden auch bei der Gesamtbewertung der Qualitätskomponente „Makrophyten & Phytobenthos“ ausgeschlossen.

6.11.2 Benthische Diatomeen

Die Biozönose der benthischen Diatomeen an PS 1 oberhalb der Einleitung wurde durch die weit verbreitete und für den Gewässertyp charakteristische *Amphora pedicula* (27 %) dominiert. Ebenfalls häufiger traten *Cocconeis placentula* var. *euglypta* und die verschmutzungstolerante *Navicula gregaria* auf. Alle drei Arten weisen eine Toleranz gegenüber höheren Trophiegraden auf. Der Trophieindex lag mit 2,94 in einem deutlich eutrophen Bereich. Da der Diatomeentyp des Gewässers auch natürlicherweise durch die Vorkommen trophietoleranteren Arten geprägt ist und der Referenzzustand im eutrophen Bereich liegt, wird die Trophieklasse an der Messstelle PS 1 gerade noch mit „gut“ bewertet („gut“ = 2,65-2,94, „mäßig“ = 2,95-3,14). Der Anteil der Referenzarten lag mit der Referenzartensumme von 47,6 in einem „mäßigen“ Bereich. Der Diatomeenindex von 0,371 ergab an der Messstelle PS 1 eine „mäßige“ ökologische Zustandsklasse (ÖZK 3), mit Tendenz zur besseren ökologischen Zustandsklasse (Tab. 34).

An PS 2 unterhalb der Einleitung wurden die benthischen Diatomeen ebenfalls durch die charakteristische und weit verbreitete *Amphora pediculus* (14 %) dominiert. Häufigste Begleitarten waren die verschmutzungstolerante *Navicula gregaria* (9 %) und die höhere Trophiegrade bevorzugende *Navicula lanceolata* (7 %). Der Trophieindex lag mit 3,07 im stark eutrophen Bereich, was nicht mehr dem Referenzzustand entspricht und zeigte damit eine Nährstoffbelastung an. Der Anteil der Referenzarten war mit der Referenzartensumme von 23,6 deutlich zu gering und wurde mit „unbefriedigend“ bewertet. Der Diatomeenindex verschlechterte sich im Vergleich zur oberhalb gelegenen Messstelle auf 0,234 und wurde mit einer mäßigen ökologischen Zustandsklasse (ÖZK 3) bewertet, die eine deutliche Tendenz zur „unbefriedigenden“ ökologischen Zustandsklasse aufwies (Tab. 34).

Eine detaillierte Auflistung des Artenspektrums der phytobenthischen Organismen findet sich in Anhang 0 (Tab. 36, Tab. 37) sowie in den Laborprotokollen (siehe Anlage GÖG).

6.11.3 Phytobenthos ohne Diatomeen

Das Phytobenthos ohne Diatomeen erwies sich an der Probestrecke PS 1 als relativ artenarm, was aber vermutlich auch auf die teils starke Beschattung zurückgeführt werden kann. Insgesamt dominierten Referenzarten, die durch eine weite ökologische Amplitude gekennzeichnet sind. Als Störzeiger wies *Pleurocapsa minor* seltene Vorkommen auf. Sensible Referenzarten fehlten. Der Bewertungsindex bewegte sich mit 45 und einem umgerechneten Index von 0,725 noch im Bereich einer „guten“ ökologischen Zustandsklasse (ÖZK 3) und an der Grenze zur „mäßigen“ ökologischen Zustandsklasse (Tab. 34).

An PS 2 wurde das Phytobenthos ohne Diatomeen von unempfindlichen Referenzarten dominiert. Störanzeiger kamen seltener vor. Sensible Referenzarten fehlten. Der Bewertungsindex bewegte sich mit 35,29 und einem umgerechneten Index von 0,676 im Bereich einer „mäßigen“ ökologischen Zustandsklasse (ÖZK 3) (Tab. 34).

Eine detaillierte Auflistung des Artenspektrums der phytobenthischen Organismen findet sich in Anhang 0 (Tab. 37, Tab. 38) sowie in den Laborprotokollen (siehe Anlage GÖG).

6.11.4 Gesamtbewertung von Makrophyten und Phytobenthos

Das Teilmodul Makrophyten wurde aus den o. g. Gründen aus der Bewertung der pflanzlichen Qualitätskomponente ausgeschlossen. Die benthischen Diatomeen wurden oberhalb der Einleitung mit einer „mäßigen“ ökologischen Zustandsklasse (ÖZK 3) bewertet (mit Tendenz zur besseren). Unterhalb der Einleitung ergab sich für die Diatomeen eine „mäßige“ ökologische Zustandsklasse, die im Grenzbereich zur „unbefriedigenden“ ökologischen Zustandsklasse lag. Die Bewertung der Teilkomponente Phytobenthos ohne Diatomeen ergab an der Messstelle PS 1 noch eine „gute“ ökologische Zustandsklasse, die an der Grenze zur „mäßigen“ ökologischen Zustandsklasse lag. Unterhalb der Einleitung wurde das Phytobenthos ohne Diatomeen mit einer „mäßigen“ ökologischen Zustandsklasse (ÖZK 3) bewertet (Tab. 34).

Tab. 34: Bewertungsergebnisse von Makrophyten, Phytobenthos und benthischen Diatomeen in der Kleinen Weisach

Probestrecke	Benthische Diatomeen		Phytobenthos ohne Diatomeen		Makrophyten		Gesamt (ohne Makrophyten)	
	DI	ÖZK	M _{PB}	ÖZK	M _{MP}	ÖZK	P _{FG}	ÖZK
PS 1	0,371	3↑	0,725	2↓	n.b.	n.b.	0,548	3↑
PS 2	0,234	3↓	0,676	3	n.b.	n.b.	0,455	3

Erläuterungen und Abkürzungen: ÖZK = Ökologische Zustandsklasse, DI = Diatomeen-Index, M_{PB} = Index (dezimal) für das Modul Phytobenthos ohne Diatomeen, M_{MP} = Index (dezimal) für das Modul Makrophyten, P_{FG} = Phytobenthos-Index (dezimal) für Fließgewässer, ↑ = an der Grenze zur besseren Bewertungsklasse, ↓ = an der Grenze zur schlechteren Bewertungsklasse, n.b. = nicht bewertbar.

Die Gesamtbewertung der Qualitätskomponente Phytobenthos (ohne Makrophyten) erfolgte an beiden Messstellen mit einer mäßigen ökologischen Zustandsklasse (ÖZK 3). Oberhalb der Einleitung war diese Bewertung etwas besser. Diese Einschätzung fällt somit besser aus als die aktuell gültigen WRRL-Bewertungen der Kleinen Weisach aus dem 3. Monitoringzeitraum: In der offiziellen Bewertung der Messstelle Lonnerstadt liegen Diatomeen und Makrophyten bei „unbefriedigend“, das Phytobenthos ohne Diatomeen bei „mäßig“ und die Gesamtbewertung der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos damit bei „unbefriedigend“.

6.12 Untersuchung der Großmuschelbestände in der Kleinen Weisach

6.12.1 Muschelfunde

Insgesamt wurden im gesamten Untersuchungsgebiet im Laufe der Kartierungsarbeiten 2021 6 lebende Exemplare der Bachmuschel (*Unio crassus*) dokumentiert (im Unterlauf der Kleinen Weisach: oberhalb von Frimmersdorf, bei Fetzelhofen sowie kurz vor der Mündung in die Aisch). An weiteren heimischen Großmuschelarten traten die Gemeine Teichmuschel (*Anodonta anatina*, insgesamt 75 Exemplare), die Malermuschel (*Unio pictorum*) sowie die Aufgeblasene Flussmuschel (*Unio tumidus*) auf, wobei erstere über die gesamte Untersuchungsstrecke zu finden war. Die beiden letztgenannten Arten konnten nur nahe der Aischmündung festgestellt werden. Eine Übersichtskarte mit den eingezeichneten Kartierstrecken und Funden der Bachmuschel (*Unio crassus*) kann dem Anhang des zugehörigen Kartierberichtes (ÖKON 2022 bzw. Anlage 3 der UVS) entnommen werden.

Die Kleine Weisach scheint insgesamt im Untersuchungsbereich von Hombeer bis zur Mündung in die Aisch bei Lonnerstadt nur sehr dünn mit Bachmuscheln besiedelt zu sein. Dass oberhalb Frimmersdorf keine lebenden Bachmuscheln gefunden wurden, schließt ein Vorkommen auf dieser Strecke jedoch nicht generell aus. Im Rahmen einer Ortseinsicht durch die ÖKON GmbH im Jahr zuvor (15.01.2020) konnten wenige Meter unterhalb der Sechselbachmündung 2 lebende Individuen beobachtet werden, jedoch bei der Kartierung 2021 nicht erneut erfasst werden. Aufgrund der teils verborgenen Lebensweise insbesondere bei sandigen Substratverhältnissen werden im Rahmen von Kartierungen nie alle Individuen erfasst. Zudem erfolgten die Erfassungen nach starkem Hochwasser im Juli 2021, durch das eine Abdriftung von Individuen bachabwärts möglich gewesen sein könnte. Größere Bestände sind in der Kleinen Weisach nach aktuellem Stand nicht anzunehmen. Die Altersstruktur der wenigen vorgefundenen Muscheln (2 Jungtiere bis max. 5 Jahre) deutet aber auf eine erfolgreiche Reproduktion im Gewässer hin.

6.12.2 Habitatqualität

Die Gewässerstruktur ist in den durch die ÖKON GmbH kartierten Bereichen zumindest in Teilen naturnah zu bezeichnen, wenngleich viele Abschnitte zum Zeitpunkt der Kartierungen überwiegend unbeschattet oder nur temporär beschattet waren. Abschnittsweise lag eine mäßig bis gute Tiefen- und Breitenvarianz vor. Der Fluss war insbesondere im Unterlauf teils stark eingetieft, so dass eine Ausuferung erst bei sehr hohen Wasserständen stattfinden dürfte.

Auch wenn einige Abschnitte gute Substratbedingungen aufwiesen, ist die Substratqualität über das gesamte Untersuchungsgebiet betrachtet aufgrund des hohen Feinsandanteils und des sich darunter befindlichen Faulschlammes nur mäßig günstig bis ungünstig. Es existierten zumindest abschnittsweise Strömungsunterschiede von überwiegend langsam fließend bis hin zu rasch fließend.

Angesichts der aktuellen WRRL-Bewertung der Fischfauna („gut“) sowie aufgrund der Erkenntnisse der im Rahmen des gewässerökologischen Gutachtens durchgeführten Fischbestandserhebung (Gesamtstrecke „gut“) kann zumindest von einem potenziell guten Wirtsfischbestand für Bachmuscheln ausgegangen werden.

Hinsichtlich der chemischen Parameter lag der Nitrat-Stickstoffgehalt ($\text{NO}_3\text{-N}$) über dem für Bachmuscheln empfohlenen Wert von $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ (LfU 2013). Für den gesamten organischen Kohlenstoff (TOC) wurde der für Bachmuscheln empfohlene Wert von $> 6 \text{ mg L}^{-1}$ leicht unterschritten (Jahresmittel $5,3 \text{ mg L}^{-1}$). Für den Phosphatgehalt, der in der Kleinen Weisach über dem Orientierungswert nach OGewV (2016) liegt, gibt es derzeit keine Empfehlung für Bachmuscheln oder deren Wirtsfische.

An Beeinträchtigungen aus dem Umfeld sind vorrangig anthropogene Einleitungen zu nennen.

6.12.3 Gesamtbewertung des Großmuschelbestandes

Bei der Bachmuschel (*Unio crassus*) ist von einer kleinen, aber sich reproduzierenden Population auszugehen, die Habitatqualität (hoher Feinsandanteil) und insbesondere wasserchemische Beeinträchtigungen waren eher mit mäßig bis ungünstig zu beurteilen. Da diese Art im Anhang IV der Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Richtlinie gelistet ist, fällt sie unter den speziellen Artenschutz und ihre Betroffenheit hinsichtlich des Tötungs- und Störungsverbotes sowie des Verbotes der Beschädigung von Fortpflanzungs- und Ruhestätten bei Eingriffen in Natur und Landschaft muss im Rahmen einer

speziellen artenschutzrechtlichen Prüfung (saP) untersucht werden. Bei Bedarf sind entsprechende Maßnahmen zu ergreifen, um die vorgefundenen Tiere zu schützen. Hierzu wird an dieser Stelle auf den entsprechenden Fachbeitrag zum speziellen Artenschutz der ÖKON GmbH verwiesen.

Die Gemeine Teichmuschel (*Anodonta anatina*) steht gemäß Bundesartenschutzverordnung und Bundesnaturschutzgesetz unter besonderem Artenschutz (die Bachmuschel ist darüber hinaus streng geschützt) – auch hier gelten die bereits o.g. Verbote (ausgenommen des Störungsverbot) - und unterliegt, wie alle heimischen Großmuschelarten, dem Fischereirecht und somit der Hegepflicht. Selbiges gilt für die Aufgeblasene Flussmuschel (*Unio tumidus*) und die Malermuschel (*Unio pictorum*), von denen jeweils nur 2 Tiere dokumentiert werden konnten.

7 Diskussion der Ergebnisse

7.1 Aktueller Gewässerzustand

Abiotik

Den Messergebnissen des Monitorings zufolge überschritten im Untersuchungszeitraum zwischen April 2021 und März 2022 in der Kleinen Weisach im Mittel der monatlichen Erhebungen die Parameter Orthophosphat-Phosphor und Gesamtphosphor die entsprechenden Orientierungswerte nach OGewV (2016) – sowohl oberhalb der Sechselbachmündung, und damit der Einleitung der Martin Bauer GmbH & Co. KG, als auch unterhalb. Der Gehalt an Nitrat-Stickstoff lag außerdem generell über dem Empfehlungswert für Bachmuscheln (LfU 2013) und der von der OGewV (2016) angegebene Orientierungswert zum minimalen Sauerstoffgehalt des Gewässers wurde (einmalig) knapp an allen Probestellen im Gewässer unterschritten und somit verfehlt.

Für den Gehalt an Aluminium gibt es derzeit noch keine Orientierungswerte zur Beurteilung der Belastung. Bekannt ist jedoch eine schädliche Wirkung auf Organismen, insbesondere bei gleichzeitig niedrigen pH-Werten im sauren Bereich unter pH 6. Unter diesen Bedingungen wird das Aluminium freigesetzt, während es bei neutralen pH-Werten gebunden und damit immobil vorliegt. Das Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz gibt an, dass gelöstes Aluminium in Konzentrationen $> 200 \mu\text{g L}^{-1}$ (d.h. $0,200 \text{ mg L}^{-1}$) schädigend und toxisch auf Bachorganismen wirken kann, z. B. bei Kontakt mit den Atmungsorganen von Wirbellosen und Fischen (LfU Rheinland-Pfalz 2018). Diese Konzentration wurde für den gemessenen Gesamtgehalt an Aluminium in der Kleinen Weisach bisweilen (deutlich) im Jahresverlauf überschritten, ober- und unterhalb der Sechselbachmündung.

Ungewöhnlich erscheint der Unterschied der im gewässerökologischen Monitoring ermittelten Konzentrationen an Chlorid in der Kleinen Weisach oberhalb der Sechselbachmündung im Vergleich zu den Chloridmessungen von Resch & Partner (2019). Resch & Partner (2019) stellten im Mittel eine fast dreimal so hohe Konzentration fest. Ob dieser Unterschied an den in 2019 entnommenen 24-Stunden-Mischproben lag, die tageszeitliche Schwankungen erfassen konnten und die in den vorliegenden Untersuchungen bei der einmaligen monatlichen Schöpfprobe vormittags nicht aufgenommen wurden, oder ob die tägliche Probenahme über 15 Tage in 2019 im Vergleich zur monatlichen Untersuchung 2021/2022 eine Rolle spielte, kann nicht beantwortet werden. Möglich ist auch eine tatsächliche Änderung des Chloridgehaltes im Oberlauf der Kleinen Weisach, z. B. aufgrund veränderter Einleitwerte der Kläranlage Taschendorf. In jedem Fall kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden, dass im gewässerökologischen Monitoring der Chloridgehalt unterschätzt wurde.

Bachabwärts unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage zeigen die Monitoringdaten im Mittel überhöhte Werte für Ammonium-, Nitrit- und den errechneten Ammoniak-Stickstoffgehalt nach OGewV (2016) - im Medianwert lediglich für Nitrit-Stickstoff. Auch der Chloridgehalt überschritt im Mittel hier die Empfehlungswerte für Bachmuscheln (LfU 2013).

Insgesamt ist der chemische Zustand der Kleinen Weisach, basierend auf den Erhebungen durch die ÖKON GmbH im Untersuchungsgebiet daher als „nicht gut“ zu bewerten. Dies deckt sich mit der Bewertung aus dem WRRM-Monitoring. Durch die Einleitung der ARA (im Normalzustand) erfahren die meisten der untersuchten, im Wasser gelösten Stoffe im Mittel eine gewisse Konzentrationssteigerung unterhalb der Einleitung (d. h. im Bereich bis zur Einleitung der kommunalen Kläranlage).

Ausgenommen hiervon sind Phosphorkomponenten und Nitrit-Stickstoff, diese bleiben auf annähernd gleichem Niveau bzw. sinken leicht. Inwiefern der Sechselbach zu den beobachteten Ergebnissen beiträgt, kann nicht beantwortet werden, da das Gewässer nicht zusätzlich untersucht wurde.

Als Grund für das Übermaß an Phosphor und Nitrat-Stickstoff im Bachwasser ist u. a. eine entsprechende stoffliche Belastung durch die bachaufwärts gelegenen kommunalen Kläranlagen des Marktes Taschendorf und der Ortschaft Burghaslach, Ortsteil Breitenlohe, zu vermuten. Auch an das Gewässer angeschlossene Fischteichanlagen sowie Einträge aus den umgebenden landwirtschaftlichen Nutzflächen dürften einen Teil zur Belastung der Kleinen Weisach im Oberlauf beitragen.

Flora und Fauna

Bei der vorgenommenen abschnittswisen E-Befischung zur Untersuchung des **Fischbestandes** (IBF 2021) schien die jeweilige Strukturausstattung, Gewässertiefe und vorherrschende Strömungsgeschwindigkeit als ursächlich für den mehr oder weniger ausgeprägten Artenreichtum pro untersuchtem Gewässerabschnitt. Dies gilt auch für die in Bezug auf Sauerstoffgehalt und Strömung anspruchsvolle Bachforelle, die vermutlich am ehesten unter der potenziell sauerstoffzehrenden Wirkung CSB-wirksamer Substanzen im Abwasser der ARA leiden würde. Offenkundig befanden sich die gefangenen Tiere dieser Art in einem guten Gesundheitszustand, was auf ein hinreichend gutes Habitat vor Ort schließen ließ. Ein direkter Einfluss der ARA auf die Artenanzahl oder den Einheitsfang an Fischen (Individuen pro Meter untersuchter Gewässerstrecke) wurde nicht festgestellt.

Die kleinräumigen Verhältnisse, d. h. die nahe beieinander liegenden Einleitstellen und die sich daraus ergebende eng benachbarte Platzierung der Befischungsabschnitte, für die nur Streckenlängen von rund 100 m (anstatt 200 m gemäß Methodenstandard) eingerichtet werden konnten, erschwerten die gezielte Beurteilung der Einflüsse auf den Fischbestand. Auch die Hochwasserlagen, die der Elektrobefischung vorausgingen, stellen eine gewisse Schwierigkeit bei der Bewertung der Ergebnisse dar, da durch das Hochwasser möglicherweise Fische verdriftet wurden – zumal es sich um eine nur einmalige Befischung handelte.

Unter diesen Einschränkungen ergab sich in der Einzelbewertung bei der Auswertung der Fangergebnisse mit der FIBS-Bewertungsmethode nur für den am weitesten oberhalb gelegenen Streckenabschnitt der ökologische Zustand „gut“ für die Fischfauna, während die übrigen Abschnitte mit „mäßig“ oder gar „unbefriedigend“ schlechtere Bewertungen erhielten. Für die Gesamtstrecke von ca. 630 m wurde das Ergebnis „gut“ ermittelt, das der aktuellen Bewertung der WRRL im 3. Monitoringzeitraum entspricht.

Die Referenzfischfauna für die Kleine Weisach setzt sich bis auf die Arten Bachforelle und Nase aus relativ anpassungsfähigen und hinsichtlich der Wasserqualität eher unempfindlichen Arten zusammen. Die „Hürde“ Wasserqualität ist daher auf der untersuchten Gewässerstrecke derzeit nicht als defizitär für den Erhalt einer, dem Gewässertyp entsprechenden Fischartenzusammensetzung zu bewerten. Fänge der beiden empfindlichen o. g. Arten mit über 8 % Anteil am Gesamtfang unterstreichen diese Annahme noch.

Insgesamt kann daher vermutlich davon ausgegangen werden, dass sich die Fischfauna zwar im örtlichen Bereich direkt ober- und unterhalb der Sechselbachmündung (Streckenabschnitte A3 + A4) in einem „mäßigen“ (weiter ober- und unterhalb sogar in einem „unbefriedigenden“) Zustand befindet,

auf der gesamten Untersuchungsstrecke jedoch in einem „guten“ Zustand. Potenziell durch die Abwässer der ARA auftretende nachteilige Effekte können vermutlich auf der gesamten Gewässerstrecke ausgeglichen werden.

Anhand der Erhebung der biologischen Qualitätskomponente (QK) **Makrozoobenthos** (am Gewässerboden lebende Wirbellose) konnte an beiden Probestrecken, PS 1 oberhalb und PS 2 unterhalb der Einleitstelle der aufgereinigten Abwässer der ARA, der „gute ökologische Zustand“ nach WRRL mit starker Tendenz zur „mäßigen Zustandsklasse“ festgestellt werden. Das Ergebnis spiegelt die Ergebnisse des WRRL-Monitorings an der Kleinen Weisach mit Probestrecke weiter bachabwärts (Messstelle bei Lonnerstadt) wider. Im Rahmen der Erhebungen des 2. Bewirtschaftungszeitraums wurde dort der „gute ökologische Zustand“ anhand der QK Makrozoobenthos ermittelt (LfU 2015). Im Rahmen der aktuellen Erhebungen zum 3. Bewirtschaftungszeitraum indiziert der untersuchte Abschnitt lediglich noch eine „mäßige Zustandsklasse“ aufgrund einer „mäßigen“ Bewertung des Moduls der Allgemeinen Degradation (LfU 2021).

Bezüglich der beiden Probestrecken ober- und unterhalb der Betriebskläranlageeinleitung konnten nach der benthoszönotischen Auswertung und gemäß der Berechnung nach der WRRL keine wesentlichen Veränderungen hinsichtlich der QK Makrozoobenthos festgestellt werden. Ein maßgeblicher Einfluss der ARA auf das Makrozoobenthos war also nicht ersichtlich.

Basierend auf den durchgeführten Kartierungen ist, neben weiteren vorkommenden heimischen Großmuschelarten, für die **Bachmuschel** von einer geringen Besiedlung der Kleinen Weisach auszugehen. Aufgefundene Jungtiere deuten auf eine Reproduktion der Art hin. Bei der Ortseinsicht am 15.01.2020 im Zuge der Erstellung der Allgemeinen Vorprüfung für die Umweltverträglichkeit (UVVP) durch die ÖKON GmbH wurden 2 lebende Bachmuscheln wenige Meter unterhalb der Sechselbachmündung vorgefunden (ÖKON 2020), die allerdings bei der Kartierung 2021 nicht erneut dort erfasst werden konnten. Dass die Tiere bei der Kartierung im Sommer 2021 allesamt in Bereichen (weit) unterhalb der Sechselbachmündung erfasst wurden, ist vielleicht ungewöhnlich, da die chemische Gewässergüte angesichts der weiteren Einleitungen unterhalb (z. B. kommunale Kläranlage Lonnerstadt, Ortsteil Ailshofen, und Industrieeinleiter Wichmann Enten GmbH – Schlacht- und Fleischverarbeitung, Einleitung in den Ailsbach oberhalb des Wehres bei Fetzelhofen) sicherlich abnehmen dürfte. Dies deutet sich auch im Vergleich der erhobenen Daten mit den offiziell abrufbaren Daten der Messstelle bei Lonnerstadt an, die praktisch durchweg deutlich schlechter ausfallen als die erhobenen Monitoringwerte. Erklärungen für die Fundorte der Bachmuschel im Unterlauf könnte eine geeignetere Strukturausstattung der Kleinen Weisach sein, auch in Bezug auf Wirtschaftsfische. Bei Fetzelhofen sowie bei Frimmersdorf wirken sich u. U. die durch die Wehre erzeugten Strömungen positiv aus. Eine durchgängige Anbindung der Kleinen Weisach an die Aisch ist aufgrund eines unpassierbaren Wehres bei Lonnerstadt nicht gegeben (Umweltatlas Bayern, abgerufen am 09.01.2023). Verschiedene nicht durchgängige Querbauwerke, die sich über die gesamte Fließstrecke verteilen, unterbinden insgesamt die Durchgängigkeit der Kleinen Weisach und teilen sie in mehrere, voneinander getrennte Abschnitte auf. Die einzelnen Fisch- und Muschelpopulationen erfahren daher kaum oder gar keinen Austausch - zumindest nicht bachaufwärts - und sind u. U. zu klein, um z. B. den Erhalt der Bachmuscheln im jeweiligen Abschnitt langfristig zu gewährleisten. Die Funde junger Exemplare ist insofern erstaunlich.

Höhere unter Wasser wachsende **Pflanzen (Makrophyten)** fehlten an den untersuchten Probestellen vermutlich aufgrund der starken Beschattung, Makrophytenverödung, d. h. ein Mangel an aquatischen Wasserpflanzen durch anthropogene Einflüsse, lag vermutlich deshalb nicht vor und so wurden diese aus der weiteren Wertung ausgeschlossen. Aufwachsende **Algen** (Phytobenthos inklusive benthischer Diatomeen) zeigten hier einen eher mäßigen ökologischen Zustand an, bei dem die Artengemeinschaft von nährstofftoleranten und wenig sensiblen Arten geprägt wurde. Oberhalb der Sechselbachmündung fiel die Bewertung etwas besser aus, ein gravierender Unterschied ließ sich jedoch insgesamt nicht erkennen. Für die Ausprägung der Algengemeinschaft dürfte v. a. der Nährstoffhaushalt des Wassers sowie u. U. auch der Grad der lokalen Beschattung eine Rolle spielen. Nicht auszuschließen ist natürlich auch ein gewisser nachteiliger Effekt der ARA-Abwässer, jedoch auch des nicht untersuchten Wassers des Sechselbaches.

7.2 Potenzieller Einfluss des zusätzlichen Abwassers mit unbekannter Zusammensetzung aus dem Rohr der kommunalen Kläranlage oberhalb der Probestelle M2 auf die Monitoringdaten

Aus den 3 Messterminen, an denen auch die Probestelle oh Rohr untersucht wurde - also Probenwasser der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung und gleichzeitig noch oberhalb des anfangs unbekanntes Abschlagrohres der kommunalen Kläranlage - konnte nicht abgeleitet werden, ob das hier abgeschlagene Abwasser die Messungen an der M2 in gerichteter Weise beeinflusste. Zwar war das Abwasser teils tief braun gefärbt und damit offenkundig in irgendeiner Form belastet, jedoch ergaben sich nicht stets höhere Stoffkonzentrationen unterhalb an der M2 im Vergleich zur Probestelle oh Rohr.

Dass keine Aussage möglich ist, liegt zum einen an den wenigen Daten, die erhoben werden konnten. Zum anderen ist fraglich, ob an der Probestelle oh Rohr, die nur 20-30 m unterhalb der Sechselbachmündung liegt, das Abwasser der ARA bereits vollständig mit dem Wasser der Kleinen Weisach durchmischt ist. Als Faustregel gilt in etwa, dass der Ort der Volldurchmischung in einem durchschnittlichen Gewässerbett frühestens an einem Punkt unterhalb der Einleitung erreicht ist, dessen Abstand 12-mal die Gewässerbreite beträgt. An der Probestelle oh Rohr könnte also sowohl ARA-Wasser als auch Bachwasser der Kleinen Weisach dominiert oder auch zu unterschiedlichen Wasserständen in unterschiedlichen Mischungen vorgelegen haben. Angesichts der Färbung des Abwassers aus dem Rohr darf jedoch vermutlich pauschal davon ausgegangen werden, dass in jedem Fall eine gewisse Verunreinigung durch dieses Abwasser bei den Werten der M2 eine Rolle spielte.

7.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus den Versuchen zur Fällmittelreduktion

Aus den Untersuchungen geht hervor, dass bei einer Reduktion des Fällmittels auf 49 % der Normalzugabe verschiedene Stoffe im Anlagenabwasser Konzentrationsänderungen erfahren: Die normalen Durchschnittskonzentrationen des Orthophosphat-Phosphors und des Gesamtposphors steigen um ein Vielfaches an, der Wert für den chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) verdoppelt bis verdreifacht sich, der Gehalt an organischem Kohlenstoff (gelöst: DOC und gesamt: TOC) steigt

ebenfalls auf das 2,5-Fache an und der Gehalt an Aluminium verdoppelt sich - unerwarteter Weise - ebenfalls, während der Chloridgehalt erwartungsgemäß um rund 40 % absinkt. Andere Parameter zeigen keine gerichtete Änderung. Die rein rechnerisch im Mittel abnehmenden Konzentrationen für Ammonium-Stickstoff - und folglich dem hieraus errechneten Ammoniak-Stickstoff - sind vermutlich als Artefakte einzustufen, da Ausreißer den Mittelwert im Normalbetrieb verzerren: Im Median steigen auch diese Konzentrationen bei einer Fällmittelreduktion im Abwasser um ein Mehrfaches an.

Kritische Veränderungen im Abwasser der Betriebskläranlage sind demnach für die Stoffkonzentrationen und Frachten von Phosphor und CSB-wirksamen Substanzen (insbesondere DOC) und vermutlich auch für Ammonium-, Ammoniak- und Nitrat-Stickstoff zu erwarten, ungünstig wäre auch die offenbar mögliche Zunahme an Aluminium im Abwasser. Den Untersuchungsergebnissen nach besteht der gelöste organische Kohlenstoff im Abwasser zu über 70 % aus Huminstoffen. Mit der Zunahme dieser Stoffgruppe geht eine deutlich verstärkte Braunfärbung des Abwassers einher, die sich auch im Sechselbach sowie in der Kleinen Weisach unterhalb der Sechselbachmündung noch erkennen ließ.

In den angegliederten Versuchen zur biologischen Abbaubarkeit der Abwasserproben bei 49 % Fällmittelzugabe konnten 6 %, 8 % und 31 % des DOC innerhalb von 28 Tagen unter idealen Laborbedingungen (20-25 °C Wassertemperatur, belüftet, gerührt) durch Bakterien abgebaut werden, wobei der biochemische Sauerstoffbedarf innerhalb von 5 Tagen (BSB₅) dabei stets unter 3 mg L⁻¹ verblieb. Ein durch künftige Fällmittelreduktion auf 49 % der Normalzugabe erhöhter CSB-Wert der Anlage führt daher voraussichtlich nur zu relativ geringem zusätzlichem Sauerstoffverbrauch bachabwärts der Einleitstelle, da der Großteil der CSB-wirksamen Substanzen natürlicherweise nicht abgebaut und der abbaubare Anteil nur langsam umgesetzt wird.

Wie die Temperaturlaufzeichnungen mit den Datenloggern gezeigt haben, wurden in der Kleinen Weisach im Untersuchungszeitraum zusammengenommen nur für wenige Wochen mehr als 20 °C (und nie 25 °C oder mehr) gemessen, den Großteil des Jahres weniger als 15 °C. Diese Temperaturen bilden also eher suboptimale Rahmenbedingungen für den aeroben mikrobiellen Abbau verglichen mit den Laborbedingungen, unter denen der DOC-Abbau beobachtet wurde. Folglich ist mit einem noch langsameren Abbau des DOC im Freiland als im Labor zu rechnen. Hinzu kommt der häufig sauerstoffuntersättigte Zustand der Kleinen Weisach (vgl. Kap. 6.3.4), der im Vergleich zu den Laborbedingungen mit konstanter Belüftung des Wassers ebenfalls nicht optimal für aerobe Bakterien ist und die Abbauraten u. U. weiter verlangsamen könnte.

Die ökotoxikologischen Untersuchungen des Anlagenabwassers zeigten praktisch keinerlei hemmende oder toxische Wirkung auf die Testorganismen. Die Labortests lassen sich nicht direkt verallgemeinern, da jede Art unterschiedlich auf äußere Einflüsse reagiert. Die generelle Schlussfolgerung, dass die Inhaltsstoffe des Abwassers für Wasserorganismen völlig ungefährlich sind, lässt sich daher nicht ziehen. Chronische und/oder subletale Schädigungen können durch derlei Nachweisverfahren ohnehin nicht ausgeschlossen werden. Dennoch liefern die angestellten Untersuchungen einen Hinweis darauf, dass gravierende toxische Effekte auf die Lebewesen im Bach vermutlich weniger wahrscheinlich sein dürften. Hinzu kommt die Tatsache, dass das Anlagenabwasser durch die Kleine Weisach - auch bei einem künftig erhöhten Abschlag - eine Verdünnung von über 16 : 1 bei mittlerem Niedrigwasser (MNQ) erfährt und so mögliche nachteilige Wirkungen auf Wasserlebewesen entsprechend abgemildert werden.

7.4 Beurteilung der Prognosewerte für die Kleine Weisach bei künftiger Erhöhung des Abschlags und Reduktion des Fällmitteleinsatzes

Plausibilität der angestellten Mischungsrechnungen

Die Ergebnisse aus der Mischungsberechnung der Varianten 1a und 1b für die Stoffkonzentrationen chemischer Parameter decken sich gut mit den tatsächlichen Messwerten an der Probestelle M2 unterhalb der Einleitung, an der sich das Wasser der Kleinen Weisach mit dem des Sechselbaches inklusive Abwasser der ARA voll durchmischt haben dürfte. Daher können die Berechnungsergebnisse als plausible Prognosewerte gelten. Medianwerte (Variante 1b) sind dabei u. U. den Mittelwerten (Variante 1a) vorzuziehen, da diese weniger stark von Ausreißerwerten beeinflusst werden.

Auch die Temperaturberechnungen des Mischwassers erscheinen plausibel. Überschätzte Endwerte für die Kleine Weisach sind jedoch aufgrund der Tatsache möglich, dass der reelle Abfluss naturgemäß nicht stets auf der Höhe des MNQ lag, sondern bisweilen Hochwassersituationen an der Kleinen Weisach herrschten. Für die Wassertemperaturen ist außerdem ein gewisser Abkühlungseffekt auf der Fließstrecke vom Abwasserrohr am Sechselbach bzw. der Zapfstelle im Anlagenhaus bis zum Messpunkt an der M2 zu erwarten. Insgesamt bieten die Prognosewerte daher eine gute Abschätzungsmöglichkeit für künftig mögliche Szenarien und lassen noch einen gewissen Spielraum nach oben - d. h. vermutlich liegt die Prognose etwas zu hoch, so dass ein kleiner Puffer gegeben sein dürfte. Dürreperioden mit extremem Niedrigwasser werden allerdings nicht berücksichtigt, was im Übrigen auch für die Mischungsberechnungen der Stoffkonzentrationen gilt.

Für die Prognose künftiger Änderungen können verschiedene Hintergrundwerte für die Kleine Weisach herangezogen werden. Greift man auf die aktuellen tatsächlichen Messwerte der gewässerökologischen Untersuchungen zur Beurteilung zurück (Variante 1a und 1b), erhält man eine Prognose für die Gewässerqualität direkt im Nahbereich des Vorhabens. Zieht man die Daten der offiziellen Messstelle bei Lonnerstadt aus den Jahren 2017 (3. Monitoringzeitraum) oder 2020 (aktuellste Ergebnisse der Messstelle) heran, erhält man die potenziell möglichen Szenarien an der WRRL-Messstelle Lonnerstadt. Allerdings liegen auf der Gewässerstrecke zwischen Sechselbachmündung und Messstelle Lonnerstadt weitere punktuelle und diffuse Eintragsquellen, wie z. B. die der kommunalen Kläranlage Vestenbergsgreuth, die sich derzeit im Umbau befindet. Da die genauen Abflusswerte der Kleinen Weisach bei Lonnerstadt nicht bekannt sind, war eine diesbezüglich korrekte Mischungsberechnung nicht möglich. Die angestellten Schätzungen mit Behelfs-Abflusswerten deuten jedoch an, dass sich an den offiziellen Messwerten bei Lonnerstadt - die i.d.R. deutlich schlechter ausfallen als die Monitoringdaten aus dem bachaufwärts gelegenen Untersuchungsbe- reich und mehrfache Überschreitungen der Orientierungs- und Grenzwerte aufweisen - teilweise weitere Verschlechterungen ergeben dürften.

Konformität der Ergebnisse der Mischungsberechnung mit Orientierungs- und Empfehlungswerten

Die in der OGewV (2016) veranschlagten Orientierungswerte wurden aus gewässertypspezifischen Untersuchungsergebnissen abgeleitet und basieren somit weitgehend auf den ökologischen Ansprüchen der Gewässerorganismen. Die Orientierungswerte bieten daher eine Möglichkeit zur Beurteilung der Verträglichkeit von Stoffkonzentrationen und abiotischen Faktoren. Sie sollten jedoch

stets hinterfragt werden, da in der Natur i. d. R. graduelle Änderungen stattfinden und kein klarer Grenzwert für einen Faktor bestimmbar ist, ab dessen Überschreitung sich erste negative Effekte abrupt zeigen (Hillebrand et al. 2020).

Für den Fall, dass die **Abschlagsmenge** der Anlage von aktuell maximal $350 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ auf $420 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ erhöht wird, verringert sich rein rechnerisch das Verdünnungsverhältnis von Kleiner Weisach nach Einmündung des Sechselbaches bei MNQ zu Abwasser von einem aktuellen Mischungsverhältnis von ca. $19,5 : 1$ auf künftig $16,3 : 1$. Den Berechnungen zufolge würde dies i. d. R. zu steigenden Konzentrationen der erfassten stofflichen Parameter führen, ausgenommen Nitrit-Stickstoff, Nitrat-Stickstoff, Orthophosphat-Phosphor, Gesamtphosphor, Aluminium und CSB, da diese im Abwasser der ARA geringer konzentriert sind als in der Kleinen Weisach. Daneben dürfte die Wassertemperatur minimal ansteigen. Eine Überschreitung der maximal einzuhaltenden Gewässertemperatur im Winterhalbjahr wäre somit möglich – allerdings nur geringfügig und vermutlich nur auf einer begrenzten Gewässerstrecke. Aufgrund der Beobachtung, dass die theoretischen Berechnungen die tatsächlichen Bachtemperaturen für den Ist-Zustand übertrafen, wird das Risiko einer realen Temperaturüberschreitung als äußerst gering eingestuft.

Für die gelösten Stoffe ist die Berechnungsvariante, die man wählt, entscheidend: Basierend auf den erhobenen Daten durch die ÖKON GmbH würde sich neben der bereits bestehenden Überdüngung der Kleinen Weisach durch Phosphor und des für Bachmuscheln ungünstigen Nitratgehaltes möglicherweise ein für Bachmuscheln grenzwertiger Chloridgehalt sowie eine Überhöhung des Ammoniak-Stickstoffgehaltes ergeben – schließt man gemessene Extremwerte aus der Datenreihe in die Berechnungen (Mittelwerte, Variante 1a) mit ein. Ohne Extremwerte (Medianberechnung, Variante 1b) bleiben lediglich die bereits bestehenden Wertverfehlung von Orthophosphat-Phosphor, Gesamtphosphor sowie der ungünstige Nitrat-Stickstoffgehalt auch unterhalb der Einleitstelle erhalten. Dies trifft auch zu, wenn man die Mittelwerte der Eigenüberwachung (Variante 4) heranzieht. Auch bei den übrigen Berechnungsvarianten (Variante 2, 3) verschlechtern sich – mit Ausnahme von Phosphor - die bereits ungünstigen Parameterwerte teilweise noch weiter – zusätzliche Verfehlungen ergeben sich nicht.

Anhand der Versuche zur **Fällmittelreduktion** auf 49 % der derzeitigen Fällmittelzugabe zeigte sich, dass sich im Vergleich zum Normalbetrieb die Konzentration verschiedener Parameter im Abwasser der ARA veränderte (vgl. oben). Die Zunahme an Aluminium war dabei verwunderlich, da das im Abwasser enthaltene Aluminium vornehmlich auf das eingesetzte Fällmittel zurückgehen sollte. Normalerweise hätte also – wie beim Chlorid – der Aluminiumgehalt im Zuge der Fällmittelreduktion abnehmen müssen.

Eine mögliche Erklärung für den steigenden Aluminiumgehalt bei Fällmittelreduktion auf 49 % der Normalzugabe könnte die Tatsache sein, dass Aluminium (wie auch andere Metalle) die Tendenz besitzt, mit Huminstoffen Komplexe zu bilden. Werden bei reduzierter Fällmittelzugabe weniger Huminstoffe ausgefällt und damit dem Abwasser entzogen, so könnte u. U. auch mehr gelöstes und nicht ausgefälltes Aluminium im Abwasser der ARA enthalten sein. Ähnliches könnte auch für adsorbierte organische Halogenverbindungen (AOX) gelten, die bei Fällmittelreduktion auf 49 % der Normalzugabe erhöhte Konzentrationen im Abwasser der ARA zeigten. Dies ist jedoch nur eine Vermutung und keine fundierte These, da die Chemie der Komplexbildung ein tieferes Verständnis erfordert und über den Rahmen des vorliegenden Gutachtens hinausgehen.

Vermutlich muss insgesamt berücksichtigt werden, dass durch die wöchentliche bis 14-tägige Umstellung der produzierten Produkte das Prozessabwasser der Betriebskläranlage regelmäßig seine Beschaffenheit ändert. Bei den Untersuchungsergebnissen konnte aufgrund betrieblich festgelegter Abläufe ein Produktwechsel während der Fällmittelreduktionsversuche daher nicht ausgeschlossen werden. Zumindest ein Teil der Konzentrationsänderungen der verschiedenen Stoffe kann also – auch trotz der Mittelwertbildung von 3 Versuchsdurchläufen – auf veränderte Produktionsprozesse zurückgehen.

Bei einer Reduktion der Fällmittelzugabe auf 49 % der Normalzugabe ist den errechneten Prognosen nach in jedem Fall von einer gewissen Senkung des Chloridgehaltes – und theoretisch auch des Aluminiumgehaltes - im Bach auszugehen. Dies erfolgt jedoch v. a. auf Kosten erhöhter Phosphorkonzentrationen im Abwasser. Für Ammonium-Stickstoff und Ammoniak-Stickstoff stiegen die beobachteten Konzentrationen in der Kleinen Weisach unterhalb der Einleitung während der Fällmittelreduktionsversuche auf 49 % der Normalzugabe etwas an. Für beide Parameter lag jedoch während der Versuche bereits der Hintergrundwert oberhalb der Einleitung über dem Orientierungswert, weshalb keine zusätzliche Verletzung der Vorgaben erfolgte.

Hinsichtlich der Orientierungswerte, die für einen „guten“ ökologischen Zustand eingehalten werden sollten, kommen die Mischungsberechnungen für den auf 49 %-fällmittelreduzierten Zustand zu ähnlichen Ergebnissen wie bei der Erhöhung der Abschlagsmenge, mit dem Unterschied, dass bei Verwendung der Monitoringdaten keinerlei weitere Überschreitungen eintreten sollten – auch nicht für Chlorid oder Ammoniak-Stickstoff. Auch der TOC-Gehalt bleibt bei Berücksichtigung der ersten Nachkommastelle unterhalb des Orientierungswertes. Verwendet man die Daten aus dem WRRL-Monitoring an der Messstelle Lonnerstadt, so bleiben bestehende Überschreitungen erhalten. Einzige Ausnahme bildet der Ammonium-Stickstoffgehalt, der bei der Berechnung mit den Daten von 2017 für den auf 49 %-fällmittelreduzierten Zustand noch den Vorgaben (OGewV 2016) entspricht - mit den WRRL-Daten aus 2020 allerdings die Vorgaben verfehlt.

Bei den Fällmittelreduktionsversuchen 2021/2022 konnte technisch bedingt nur eine Senkung des Fällmitteleinsatzes auf 49 % der Normalzugabe, also eine Reduktion um 51 %, erreicht werden, was in den Versuchen in einem durchschnittlichen CSB-Wert von 114 mg L^{-1} im Abwasser resultierte. Die durchgeführten Prognoseberechnungen aller dargestellten Parameter basieren auf diesen Werten (49 % Fällmittelzugabe, durchschnittlich 114 mg L^{-1} CSB). Aussagen zu den Auswirkungen bei einer Anhebung des CSB-Wertes auf die angestrebten 200 mg L^{-1} können somit anhand der vorliegenden Untersuchungen nicht getroffen werden.

Aus den angestellten Berechnungen ist darüber hinaus zu entnehmen, dass eine Ausschöpfung der im Bescheid festgelegten Grenzwerte für Ammonium-Stickstoff und Gesamtphosphor (v. a. in Form vor Orthophosphat-Phosphor) vermieden werden sollte, da bei einer Ausreizung sehr hohe Konzentrationen in der Kleinen Weisach erreicht werden könnten, die weit über den Orientierungswerten liegen würden.

Bedeutung für das Ökosystem

Von den untersuchten Parametern sind im Hinblick auf Gewässerorganismen die Ammonium-Stickstoffwerte als besonders kritisch zu sehen: Ammonium entsteht natürlicherweise durch den Abbau von Proteinen, kommt aber i. d. R. nur in sehr geringen Konzentrationen vor, da Ammonium ziemlich

schnell in die toxische Form Ammoniak übergeht und dann durch aerobe Bakterien weiter zu Nitrit und Nitrat oxidiert wird (Nitrifikation). In einer wässrigen Lösung befinden sich **Ammonium und Ammoniak** in einem chemischen Gleichgewicht. Das Verhältnis der beiden Komponenten wird v. a. durch die vorherrschende Wassertemperatur und den pH-Wert des Wassers bestimmt. Bei steigenden Wassertemperaturen und steigendem pH-Wert liegt zunehmend Ammoniak vor. Bereits in sehr geringen Dosen entfaltet Ammoniak toxische und subletale (nicht sofort tödliche) Wirkungen auf Lebewesen, die ihn aufnehmen bzw. mit ihm in Kontakt treten. Schon geringe Mengen ab $0,006 \text{ mg L}^{-1}$ werden für fressfähige Forellenbrut als bedenklich eingestuft, für adulte Forellen gelten $0,100 \text{ mg L}^{-1}$ als oberer Grenzwert, für Karpfen $0,200 \text{ mg L}^{-1}$ (Schäperclaus & Lukowicz 1998).

Für Ammonium-Stickstoff ist bekannt, dass bei einer Konzentration von $2,4 \text{ mg L}^{-1}$ über 48 Stunden Einwirkzeit etwa 50 % der Bachmuschellarven (Glochidien) absterben (Black 2001). Negative Effekte können ab einer Konzentration von $0,4 \text{ mg L}^{-1}$ über 28 Tage beobachtet werden (LfU 2013). Für Wirtsfische in cyprinidengeprägten Gewässern (wie der Kleinen Weisach) werden maximal $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ Ammonium-Stickstoff empfohlen (LfU 2013 und hierin enthaltene Quellenangaben). Untersuchungen von Denic et al. (2014) zeigten, dass Bachmuscheln in einem dicht besiedelten bayerischen Gewässer (Sallingbach, nord-östlich von München, Zufluss in die Donau) bei Konzentrationen im Freiwasser von durchschnittlich $0,09 \text{ mg L}^{-1}$ vorkamen, wobei Konzentrationen von $0,01$ bis $0,32 \text{ mg L}^{-1}$ toleriert zu werden schienen.

Im Monitoringprogramm wurden oberhalb der Einleitung im Schnitt $0,07 \text{ mg L}^{-1}$ Ammonium-Stickstoff gemessen, unterhalb im Schnitt mit $0,10 \text{ mg L}^{-1}$ etwas mehr. Bei diesen Konzentrationen sind keine negativen Auswirkungen auf Bachmuscheln oder deren Wirtsfische zu erwarten. Festzuhalten ist jedoch, dass im Betrieb der Anlage offenbar gelegentlich Spitzenwerte auftreten können, bei denen über mehrere Tage hinweg hohe Ammonium-Stickstoffkonzentrationen in die Vorflut abgegeben werden: Aus den detaillierten Daten der Anlagenüberwachung der Martin Bauer GmbH & Co. KG von Januar 2021 bis April 2022 geht z. B. hervor, dass zwischen dem 12.01. und dem 19.01.2021 die Ammonium-Stickstoffkonzentrationen im Ablauf bei $2,7 \text{ mg L}^{-1}$ bis $13,90 \text{ mg L}^{-1}$ lagen. Diese Werte stellen in dem vorliegenden Datensatz eine extreme Ausnahme dar und gehen offenbar auf das Anfahrverhalten der Anlage nach einer Betriebspause zurück, d.h. mit diesem unumgänglichen Phänomen muss bei jedem Neustart der ARA gerechnet werden. Alle 1-2 Monate wurden im Ablauf jedoch durchaus Werte von $2-3 \text{ mg L}^{-1}$ erreicht. Durchschnittlich erfahren die Abwässer der Betriebskläranlage bei einer täglichen Abgabemenge von $350 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ durch das Wasser von Kleiner Weisach und Sechselbach eine Verdünnung von rund $19,5 : 1$. Spitzenwerte von rund 3 mg L^{-1} fallen also nicht ins Gewicht und liegen mit einem Mischwert von $0,21 \text{ mg L}^{-1}$ noch unter bzw. im Bereich der o. g. Konzentrationen, die zu negativen Auswirkungen bei Bachmuscheln und deren Wirtsfische führen können. Bei einem Spitzenwert von rund 14 mg L^{-1} werden rechnerisch rund $0,75 \text{ mg L}^{-1}$ bei voller Durchmischung erreicht. Auch hierbei ist also davon auszugehen, dass zumindest der Bachmuschelnachwuchs – aufgrund des begrenzten Zeitraums der auftretenden hohen Konzentrationen – nicht in gravierendem Maße geschädigt wurde. Für die Wirtsfische liegt der Wert jedoch über der Empfehlung. Hierbei ist allerdings zu bedenken, dass sich zumindest erwachsene Fische aus Gewässerbereichen mit ungünstigen Bedingungen zurückziehen können – soweit das Gewässer durchgängig genug gestaltet ist.

Nitrat dient den meisten Pflanzen als Nährstoff, d. h. als Quelle für den benötigten Stickstoff. Es kann also direkt Einfluss auf die Produktivität der pflanzlichen Gewässerorganismen nehmen und indirekt somit auf die Fauna. Untersuchungen zeigen, dass Bachmuscheln überwiegend in Gewässern anzutreffen sind, in denen maximal rund 2 mg L^{-1} Nitrat-Stickstoff vorliegen (LfU 2013). Bei Denic et al. (2014) fanden sich Bachmuscheln bei Nitrat-Stickstoff-Konzentrationen zwischen $4,1$ und $6,5 \text{ mg L}^{-1}$, deutlich höheren Konzentrationen also, als bis dahin angenommen. Der Nitrat-Stickstoffgehalt in der Kleinen Weisach lag während des Untersuchungszeitraums bereits oberhalb der Sechselbachmündung mit durchschnittlich $8,5 \text{ mg L}^{-1}$ deutlich über dem für Bachmuscheln empfohlenen Wert bzw. auch über dem Wert von Denic et al. (2014). Unterhalb der Einleitung wurde im Schnitt eine minimale Erhöhung auf $8,6 \text{ mg L}^{-1}$ gemessen. Im Mittel wurde im Monitoring eine Nitrat-Stickstoffkonzentration von $0,8 \text{ mg L}^{-1}$ m Anlagenabwasser gemessen. Im Durchschnitt der vorliegenden Eigenüberwachungswerte liegt die Konzentration bei $0,3 \text{ mg L}^{-1}$. Zieht man die oben dargestellten Verdünnungen durch Kleine Weisach und Sechselbach heran, so wirkt sich das Abwasser der ARA sogar positiv auf den hohen Bachhintergrundwert aus. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die in 2021 vorgefundenen Bachmuscheln allesamt unterhalb von Frimmersdorf und somit unterhalb der Einleitung der ARA aufgefunden wurden und keine Tiere mehr - wie in 2020 - nahe der Sechselbachmündung vorgefunden wurden. Der Nitrat-Stickstoffgehalt galt zumindest für diese Individuen nicht als Ausschlusskriterium.

Nitrit entsteht u. a. als Übergangsprodukt beim Abbau vom Ammonium. Es ist ebenfalls in hohem Maße toxisch für Gewässerlebewesen: Chronische Schädigungen können bei Fischen bereits ab Nitrit-Konzentrationen von $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ (bzw. Nitrit-Stickstoffkonzentrationen von rund $0,006 \text{ mg L}^{-1}$) auftreten, akute Schäden an einsömrrigen Karpfen wurden ab $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ (bzw. Nitrit-Stickstoffkonzentrationen von rund $0,06 \text{ mg L}^{-1}$) beobachtet (Bohl 1999). Ältere Untersuchungen zeigen jedoch, dass sich die Toxizität von Nitrit in Anwesenheit anderer Ionen verändern kann: Chlorid vermag die Aufnahme von Nitrit zu hemmen (Lewis & Morris 1986) und Kalzium die Effektivität von Chlorid als Nitrit-Hemmer weiter zu erhöhen (Tomasso et al. 1979). Derartige kumulative Effekte - die z. B. auch bei der Toxizität von Schwermetallen beobachtet werden - erschweren folglich die Abschätzung der genauen Auswirkungen einer Stoffkonzentration. Ungeachtet dieser Komplikation wären den obigen Angaben von Bohl (1999) nach durch die aktuell im gewässerökologischen Monitoring gemessenen Hintergrundwerte der Kleinen Weisach chronische Schädigungen an Fischen durchaus möglich, akute Schädigungen allerdings eher nicht anzunehmen. Eine Abschlagserhöhung und/oder eine Fällmittelreduktion auf 49 % der Normalzugabe würde der Prognose nach an dieser Einschätzung für die Kleine Weisach unterhalb der Sechselbachmündung nichts ändern. Inwiefern sich die Chloridmengen des Baches ggf. noch positiv auswirken könnten, lässt sich nicht sagen. Für Bachmuscheln geben Denic et al. (2014) einen scheinbar akzeptablen Durchschnittswert von $0,04 \text{ mg L}^{-1}$ Nitrit-Stickstoff an, wobei die beobachtete Wertspanne von $0,03$ bis $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ Nitrit-Stickstoff reicht. Für Bachmuscheln lägen die gemessenen aktuellen Hintergrundwerte in der Kleinen Weißbach oberhalb der Sechselbachmündung demnach im Toleranzbereich. Gleiches gilt für die Prognosewerte unterhalb der Sechselbachmündung.

Die Menge an löslichem **Phosphor** stellt in Süßwasserökosystemen einen kritischen Faktor dar, da Phosphor i. d. R. das wachstumslimitierende Element bildet, während Stickstoff meist reichlich vorhanden ist. Das bedeutet, dass insbesondere das Pflanzenwachstum durch den verfügbaren Phosphor gesteuert wird. Je mehr Phosphor verfügbar ist, umso dichter wachsen Algen, Cyanobakterien

(Blaualgen) und höhere Pflanzen. Damit verbunden sind weitreichende Konsequenzen für das Gewässer und seine Bewohner. Eine hohe Pflanzen-, Algen- und/oder Cyanobakterienbiomasse im Wasser sorgt aufgrund der hohen Photosyntheseleistung z. B. für hohe Sauerstoff- und pH-Werte tagsüber, jedoch auch für Sauerstoffzehrung und u. U. sogar Sauerstoffdefizite nachts, die für manche Arten lebensbedrohlich werden können. Hohe pH-Werte begünstigen zudem die o. g. Verschiebung des Ammonium-Ammoniak-Gleichgewichtes in Richtung toxischem Ammoniak. Je nach Nährstoffmengen und -verhältnissen sowie möglichen Trübungen durch übermäßig wachsende Algen oder schattenspendende Wasserpflanzen verschiebt sich mit dem Phosphorangebot auch die Artzusammensetzung der Pflanzen und Bakterien im Wasser, was wiederum auf die übrigen Bewohner Einfluss nimmt. Abgestorbene Biomasse sorgt darüber hinaus beim bakteriellen Abbauprozess für eine weitere Sauerstoffzehrung und kann daneben zur Verstopfung (Kolmation) des Kieslückensystems am Gewässergrund beitragen – ein gänzlich eigener Lebensraum für Bodenbewohner und essentieller Lebensraum für substratlaichende Fische und deren Brut sowie heranwachsende Muscheln. Phosphor – insbesondere bioverfügbares Orthophosphat - stellt somit einen Schlüsselfaktor für das Fließgewässer dar. Die Orientierungswerte für Gesamtphosphor und Orthophosphat-Phosphor sollten daher dringend eingehalten werden.

Für die Menge an löslichem Phosphor in Form von Orthophosphat gibt es derzeit keine Empfehlungswerte für Bachmuscheln oder ihre Wirtsfische. Den Untersuchungen von Denic et al. (2014) ist lediglich zu entnehmen, dass Bachmuscheln gut bei durchschnittlich $0,06 \text{ mg L}^{-1}$ leben und sich fortpflanzen können. Im Detail wurden hier im untersuchten Bach Abschnitte besiedelt, in denen die Orthophosphat -Konzentrationen zwischen $0,01$ und $0,83 \text{ mg L}^{-1}$ lagen. Ein Ausschlusskriterium für Bachmuscheln wären die prognostizierten Phosphatwerte in der Kleinen Weißach demnach nicht. Es ist jedoch zu bedenken, dass die Gesamtheit der Habitatparameter für eine erfolgreiche Population entscheidend ist.

Unter diesem Aspekt muss daher bezüglich des Bodensubstrats der Kleinen Weisach ergänzt werden, dass zwar einige der im Monitoring untersuchten Abschnitte gute Substratbedingungen für Bachmuscheln aufwiesen, die Substratqualität über das gesamte Untersuchungsgebiet betrachtet jedoch aufgrund des hohen Feinsandanteils und des sich darunter befindlichen Faulschlammes nur als mäßig günstig bis ungünstig einzustufen ist. Selbst wenn erhöhte Phosphorkonzentrationen also u. U. für Bachmuscheln tolerierbar sind, so wäre doch eine zusätzliche Kolmation des Substrats aufgrund zu hoher Phosphoreinträge nicht ratsam. Das natürliche sandige, sehr häufig von Faulschlamm unterlagerte Substrat der Kleinen Weisach bietet jedoch bereits so, wie es bei der Kartierung vorgefunden wurde, vermutlich keinen idealen Lebensraum für Bachmuscheln.

Wie die Fällmittelreduktionsversuche auf 49 % der Normalzugabe zeigten, nimmt mit zurückgehendem Fällmitteleinsatz die Braunfärbung des Abwassers, die v. a. durch die darin gelösten **Huminstoffe** entsteht, zu. Für optisch orientierte Gewässerbewohner kann ein verändertes Lichtklima u. U. Beeinträchtigungen nach sich ziehen. Auch für Photosynthese betreibende Primärproduzenten kann sich die Lichtqualität und -quantität auf die Photosyntheseleistung auswirken und damit auf die Produktion von Sauerstoff und Biomasse und den Energiehaushalt des Nahrungsnetzes. In den letzten Jahrzehnten wurde intensiv am Thema „Brownification“ (engl. „Bräunung“) geforscht. „Brownification“ bezeichnet die zunehmende Braunfärbung von Fließ- und Stillgewässern sowie Küstengewässern durch die vermehrte Einspülung von gefärbtem gelöstem organischem Kohlenstoff

(cDOC, engl.: *coloured dissolved organic carbon*, v.a. in Form von Huminstoffen) und Eisen im Zuge des Klimawandels.

Zumindest auf Fische scheint DOC, für sich alleine genommen, auch in hohen Konzentrationen keinen direkten negativen Einfluss zu haben (Richards et al. 1999).

In einem Überblicksartikel über den bisherigen Stand der Erkenntnisse zu den Auswirkungen zunehmender Braunfärbung von Seen durch den Eintrag brauner organischer Kohlenstoffkomponenten (i. d. R. Huminstoffe) nennen Kritzberg et al (2020) folgende Punkte, die z. T. auch auf Fließgewässer übertragbar sein dürften:

- Schutz von Fischen vor schädigender UV-Strahlung
- Schutz von Fischen gegen die toxische Wirkung von Aluminium und den Auswirkungen von saurem Milieu in Gewässern mit saurem pH-Wert
- Ankurbelung der Fischproduktivität bis zu einem gewissen Grad, wenn das organische Material als Energie- und Nährstoffquelle nutzbar ist
- Negativer Einfluss auf Fischproduktivität von Räubern, falls eine zu starke Braunfärbung die optische Orientierung erschwert
- Abnahme der Primärproduktion planktischer Algen bei starker Färbung mit entsprechender Minderung der Gesamtproduktivität des Nahrungsnetzes
- Verschiebung des Arteninventars bei planktischen Algen hin zu Arten, die weniger ungesättigte Fettsäuren produzieren und damit eine weniger nahrhafte Grundlage für das Nahrungsnetz und letztlich für Fische darstellen
- Förderung von planktischen Algen, die sich von Bakterien und anderen Algen ernähren können und damit nicht mehr (so) lichtabhängig in der Produktion sind
- Förderung von planktisch lebenden Algenarten gegenüber am Boden und auf anderen Substraten aufwachsenden Algenarten
- mögliche Förderung von höheren Wasserpflanzen, die ihren Stamm verlängern und so näher an die lichtdurchflutete Wasseroberfläche heranwachsen können
- chemischer Stress durch Huminstoffe für eine Vielzahl von Wasserorganismen
- mögliche Senkung des pH-Wertes durch Huminstoffe
- Einfluss auf die Bildung, Mobilität und Bioverfügbarkeit der meisten kationischen (als Ion positiv geladenen) Metalle, inklusive Quecksilber: in Seen mit hohem DOC-Gehalt finden sich z. B. generell höhere Quecksilbermengen in Fischen
- Zunahme von Aluminium, Zink und Kupfer in Gewässern, was z. T. darauf zurückgeführt wird, dass DOC starke organische Komplexe mit diesen Metallen bildet, die die Mobilisierung und die Auswaschung aus Böden in Gewässer erleichtern

Die Mischungsberechnungen ergaben für einen Einsatz von 49 % des normalen Fällmittelbedarfs und einer Abschlagserhöhung auf $420 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ einen Prognosewert von max. rund 6 mg L^{-1} DOC in der Kleinen Weisach unterhalb der Einleitungsstelle. Dieser Wert dürfte noch als gering bis mäßig hoch einzustufen sein, angesichts der Tatsache, dass sich einige der o. g. Punkte auf Studien an skandinavischen Seen beziehen, die einen DOC-Gehalt von 2 bis $> 30 \text{ mg L}^{-1}$ aufwiesen. Die oben beschriebenen Auswirkungen von gefärbtem DOC bzw. den hierzu zählenden Huminstoffen sind also vermutlich eher in geringem Maße zu erwarten, sofern übertragbar auf Fließgewässersysteme. Eine intensivere Auseinandersetzung mit den vielfältigen direkten und kumulativen Wirkungen von

DOC bzw. Huminstoffen auf Gewässerchemie und Gewässerbiologie würde jedoch den Rahmen des vorliegenden Gutachtens sprengen und deutlich komplexere chemische Analysen des DOC im Abwasser der ARA erfordern.

Zu **Chlorid** gibt es derzeit keine experimentellen Erkenntnisse, die auf konkrete Richtwerte für Bachmuscheln im Speziellen schließen lassen. Aus der Tatsache, dass geeignete Lebensräume für diese Art nach der ehemaligen Gewässergüteeinteilung (7 Stufen) die Gewässergüteklasse I-II besitzen, die nach der chemischen Klassifikation (LAWA 1998) einen maximalen Chlorid-Wert von 50 mg L^{-1} aufweisen, wurde dieser Wert bis dato in die Vollzugshilfe des Landesumweltamtes Brandenburg aufgenommen. Auch das Bayerische LfU hält diese Vorgehensweise für plausibel, solange keine weiteren Erkenntnisse vorliegen (LfU 2013).

Aus den Monitoringergebnissen geht hervor, dass die Kleine Weisach oberhalb der Sechselbachmündung durchschnittlich 35 mg L^{-1} Chlorid im Untersuchungszeitraum 2021/2022 mit sich führte. Im Laufe des Monitorings wurde dabei ein einzelner Maximalwert von 100 mg L^{-1} ermittelt. Diese Werte liegen deutlich unter jenen, die Resch & Partner im Jahr 2019 festgestellt hatten: In der damaligen 15-tägigen Probenreihe lag der Mittelwert bei 110 mg L^{-1} , der Maximalwert bei 230 mg L^{-1} . Unterhalb der Einleitung ließ sich im Untersuchungszeitraum 2021/2022 im Mittel nur eine minimale Erhöhung auf rund 38 mg L^{-1} feststellen. Für die Anlagenabwässer wurden durchschnittlich rund 373 mg L^{-1} Chlorid im Normalbetrieb gemessen. Rein rechnerisch müsste sich mit den o. g. Verdünnungen eine Konzentration von rund $51,7 \text{ mg L}^{-1}$ unterhalb der Einleitung der Betriebskläranlage ergeben. Dieser Wert wurde annähernd allerdings erst bei der Brücke von Hermersdorf (M3) und damit unterhalb der Einleitung der kommunalen Kläranlage gemessen. Hinsichtlich der Bachmuschel kann also festgehalten werden, dass sich die Chloridkonzentration der Kleinen Weisach vor Ort bereits in als „gut“ eingestuftem Bereich bewegten, je nach Beaufschlagungssituation durch die Einleitungen im Oberlauf des Baches jedoch die empfohlenen Werte überschritten werden können. An der offiziellen Messstelle bei Lonnerstadt im Unterlauf des Baches wurde für den 3. Bewirtschaftungszeitraum mit Datenstand 2017 eine durchschnittliche Chloridkonzentration von 65 mg L^{-1} gemeldet, für das Jahr 2020 laut Gewässerkundlichem Dienst Bayern (GKD) sogar eine durchschnittliche Chloridkonzentration von 81 mg L^{-1} . Diese Werte liegen schon deutlich über dem Empfehlungswert. Interessanterweise wurden gerade hier im Unterlauf die Bachmuschelfunde bei der Kartierung im Jahr 2021 im Zuge des Monitorings erzielt. Der Fund der Jungmuscheln deutete zudem auf eine erfolgreiche Reproduktion im Gewässer hin. Inwieweit also Chlorid einen tatsächlich hemmenden Faktor darstellt, kann hier nicht klar beurteilt werden. Für andere Bachorganismen würde eine Literaturrecherche im Detail hier ebenfalls den Rahmen sprengen. Halle & Müller (2014) haben jedoch in ihrem Gutachten im Hinblick auf die verschiedenen biologischen Qualitätskomponenten (QK) nach WRRL einen tolerierbaren „guten“ Wert von maximal 50 mg L^{-1} für den Gewässertyp der Kleinen Weisach abgeleitet, der sich zumindest nach der am empfindlichsten reagierenden QK richtet. Dieser Wert stellt daher eine sinnvolle Orientierungshilfe dar – und deckt sich mit dem für die Bachmuschel genannten Richtwert.

Wie bereits angeführt, existieren zur Wirkung von **Aluminium** unter pH-neutralen Gewässerbedingungen im Süßwasser nur wenige Angaben in der aktuell verfügbaren Literatur. Die vom LfU Rheinland-Pfalz (2018) angegebene Konzentration von $0,200 \text{ mg L}^{-1}$, ab welcher schädigende und toxische Wirkungen auf Bachorganismen auftreten können, würde den Prognosen nach – die sich nur

auf die vorliegenden Monitoringwerte stützen lassen, da anderweitig keine Messungen vorliegen – noch nicht ganz erreicht.

Aluminium gilt in seinen anorganischen monomeren Formen - Al^{3+} , $\text{Al}[\text{OH}]^{2+}$, $\text{Al}[\text{OH}]_2^+$, AlF_2^+ , AlF_2^+ , $\text{Al}[\text{SO}_4]^+$ - als toxisch. Zu diesen Formen wurde eine signifikant erhöhte Sterblichkeit von Bachforellen im Labortest sowie bei Freilandexperimenten ab Konzentrationen von $0,100 \text{ mg L}^{-1}$ berichtet (zusammengefasst in Serrano et al. 2008). Es ist daher bei der Betrachtung des Gesamtgehaltes an Aluminium im Gewässer entscheidend, welcher Anteil des Aluminiums gebunden in organischen Komplexen vorliegt und welcher Teil tatsächlich als anorganisches Ion toxische Wirkungen entfalten kann. Hierüber lässt sich bei den vorliegenden Untersuchungen keine Aussage treffen. Welchen Einfluss somit eine Abschlagserhöhung oder/und eine Senkung des Fällmittelbedarfes auf 49 % der Normalzugabe hätte, muss hinsichtlich Aluminium unbeantwortet bleiben.

Der notwendige **Sauerstoffgehalt** und der maximal erlaubte **biochemische Sauerstoffbedarf** in 5 Tagen (BSB_5) werden für Wirtsfische der Bachmuschel in cyprinidengeprägten Gewässern mit $> 5 \text{ mg L}^{-1} \text{ O}_2$ und $< 6 \text{ mg L}^{-1} \text{ BSB}_5$ ausgewiesen (LfU 2013). Diese Werte werden in der Kleinen Weisach weder oberhalb noch unterhalb der Einleitung der Betriebsabwässer verfehlt, urteilt man nach den aktuellen Monitoringergebnissen. Auch aus den Betriebsdaten der Anlage zwischen Januar 2021 und April 2022 geht hervor, dass der BSB_5 -Wert i. d. R. zwischen 2 und 4 mg L^{-1} schwankt und nur im Maximum einen Spitzenwert von $5,5 \text{ mg L}^{-1}$ erreichte. Den Prognosen aus den Mischungsrechnungen zu Folge ergeben sich für den BSB_5 -Wert (unter Beachtung der ersten Nachkommastelle) noch durchweg akzeptable Werte. Zumindest für (Wirts-)Fische und Bachmuscheln stellen mögliche künftige BSB_5 -Änderungen daher vermutlich keinen Nachteil dar.

Wie die Untersuchungen gezeigt haben, ist der Großteil des von der ARA abgegebenen organischen Kohlenstoffs inert, d. h. biologisch nicht abbaubar, und verursacht somit keine erhöhte biologisch bedingte Sauerstoffzehrung im Gewässer. Die maximal beobachteten 30 % an biologisch abbaubarem **gelöstem organischem Kohlenstoff** – dies entsprach in den Versuchen etwa $10 \text{ mg L}^{-1} \text{ DOC}$ – wurden dabei über den Zeitraum von 28 Tagen von Bakterien verbraucht, etwa $5\text{-}7 \text{ mg L}^{-1}$ davon innerhalb der ersten Woche. Im Mittel beider Betriebszustände (normal und fällmittelreduziert) lag die Abbaubarkeit jedoch bei 15 %. Da die Abbauprobe unter Idealbedingungen stattfanden, ist zudem davon auszugehen, dass unter natürlichen Bedingungen der Abbauprozess deutlich langsamer ablaufen dürfte. Parallel zu den Abbauprobe lag der gemessene biochemische BSB_5 -Wert in den unverdünnten ARA-Proben aus dem fällmittelreduzierten Zustand bei 49 % der Normalzugabe bei maximal 3 mg L^{-1} , was für ein Gewässer des Typs der Kleinen Weisach gerade als Grenzwert nach OGewV (2016) eingestuft würde. Verdünnt im Bachwasser spielt der durch das Abwasser verursachte zusätzliche Sauerstoffverbrauch also keine tragende Rolle und dürfte nicht zu akutem Sauerstoffmangel führen – zumindest nicht im Nahbereich der Einleitung. Eine Anhebung des Bescheidwertes für den **chemischen Sauerstoffbedarf** im Abwasser alleine würde diesbezüglich also vermutlich kein Problem darstellen, ginge dies nicht durch die Senkung an Fällmittel mit erhöhten Phosphorkonzentrationen einher.

Abschließend ist festzuhalten, dass das Monitoring nur ein gewisses Spektrum an Substanzen untersuchen konnte. Auswirkungen **nicht untersuchter Substanzen** können dementsprechend nicht beurteilt werden. Auch besondere Situationen, wie Extremwerte im Abwasser oder Spitzenwerte im Bachwasser oberhalb der Einleitung, lassen sich in ihrer Wirkung nicht betrachten.

Auch wurde bei den Fällmittelreduktionsversuchen 2021/2022 technisch bedingt nur eine Senkung des Fällmitteleinsatzes auf 49 % der Normalzugabe, also eine Reduktion um 51 %, erreicht, was in den Versuchen in einem durchschnittlichen CSB-Wert von 114 mg L^{-1} im Abwasser resultierte. Die durchgeführten Prognoseberechnungen aller dargestellten Parameter basieren auf diesen Werten (49 % Fällmittelzugabe, durchschnittlich 114 mg L^{-1} CSB). Aussagen zu den Auswirkungen bei einer Anhebung des CSB-Wertes auf die angestrebten 200 mg L^{-1} können somit anhand der vorliegenden Untersuchungen nicht getroffen werden.

Desweiteren sind unbedingt **kumulative Wirkungen** weiterer Vorhaben und Maßnahmen am Gewässer zu bedenken, die Einfluss auf dessen Qualität nehmen und sich u. U. potenzieren können. Hierzu zählt insbesondere die aktuelle Sanierung der kommunalen Kläranlage von Vestenbergsgreuth. Detaillierte Angaben hierzu liegen nicht vor. Für den wahrscheinlichen Fall, dass die kommunale Kläranlage künftig mit einem Modul zur Phosphatfällung betrieben werden soll, ist natürlich zu bedenken, dass auch durch diese Kläranlage in direkter Nähe zur Einleitung der ARA Fällungssalze, wie z. B. Chlorid und Aluminium, der Kleinen Weisach in deutlich höherem Maß zugeführt werden würden, als es im aktuellen Zustand der Fall ist. Dies ist bei der Beurteilung des Vorhabens in jedem Fall zu berücksichtigen. Falls nicht bereits vorgesehen, sollten deshalb auch die örtlichen Wasserwerte künftig genau verfolgt werden, um ggf. Änderungen vornehmen und geeignete Maßnahmen ergreifen zu können.

Zu erwähnen wäre, im Hinblick auf kumulative Effekte die bereits angesprochene mäßige bis schlechte Strukturausstattung der Kleinen Weisach, die u. a. von sichtbarer Erosionsgefährdung der Ufer, dem von Fließeis und Faulschlammunterlagen geprägten Gewässerbett und einer Habitatzerstückelung durch zahlreiche Querbauwerke im Gewässerverlauf bedingt wird. Unter diesen ungünstigen Habitatbedingungen fallen stoffliche Belastungen möglicherweise noch mehr ins Gewicht. Für den aktuellen Bewirtschaftungszeitraum sind eine Reihe von Maßnahmen bis zum Jahr 2027 vorgesehen, die den Eintrag von Nährstoffen reduzieren und das Gewässer in seiner Struktur naturnäher gestalten sollen. Inwiefern diese Maßnahmen greifen und welche Wirkung auf die Gewässerchemie und -biologie erzielt werden kann, bleibt abzuwarten.

7.5 Verlegung der Einleitstelle des Sechselbaches direkt an die Kleine Weisach

Die Rolle des Sechselbaches wurde im vorliegenden Monitoring nicht untersucht. Fundierte Aussagen über dessen Wasserchemie lassen sich also nicht treffen. Es lässt sich nur vermuten, dass insbesondere der Schilfgürtel im untersten Bereich des Baches, kurz vor dessen Einmündung in die Kleine Weisach, eine gewisse Selbstreinigungskraft bedingt. Hier werden gewisse Nährstoffanteile – u. U. auch aus dem Abwasser der ARA – gebunden, möglicherweise auch andere Stoffe aus dem Wasser herausgefiltert.

Auch bietet die Gewässerstrecke bis zur Mündung in die Kleine Weisach durch eine relativ große Wasseroberfläche im Vergleich zur geringen Wassertiefe des Baches scheinbar einen guten Wärmeaustausch mit der Umgebungsluft. Auf dieser Strecke könnte also ein Teil der Abwärme des Abwassers bzw. des Mischwassers bereits vor Einmündung in die Kleine Weisach abgegeben werden. Die Mischungsrechnungen zur Temperatur sagen theoretisch höhere Werte an der M2 unterhalb der Mündung voraus, als tatsächlich gemessen wurden. Ob die Diskrepanz nun auf die

„Kühlwirkung“ des Sechselbaches oder aber auf die realen Abflussverhältnisse an den Messtagen zurückzuführen ist, kann nicht geklärt werden. Ebenso lässt sich nicht abschätzen, inwieweit Abwasser, das nach Planung künftig vom Anlagenhaus bis zur Kleinen Weisach unterirdisch durch ein Rohr verlaufen würde, durch Wärmeabgabe ans umgebende Erdreich abkühlen könnte.

Sofern Ufergehölze am ohnehin vegetationsarmen Ufer der Kleinen Weisach erhalten bleiben, ist der neue Standort der Einleitstelle vermutlich unkritisch hinsichtlich der Veränderungen des Uferlebensraumes zu bewerten. Zu empfehlen wäre lediglich ein geeigneter Einleitungswinkel oder aber ggf. eine Ufersicherung, um hydraulisch bedingte Ausspülungen durch das eingeleitete Abwasser zu vermeiden.

8 Abschließende Beurteilung des Vorhabens

Generell wird dringend empfohlen, die Orientierungswerte einzuhalten, damit eine Verbesserung des Gewässerzustandes hin zum „guten“ Zustand möglich bleibt (Verbesserungsgebot). Streng genommen wären daher zusätzliche Stofffrachten in der ohnehin bereits als chemisch „nicht gut“ bewerteten Kleinen Weisach zu vermeiden – nicht zuletzt, da die Gesamtbewertung des ökologischen Zustands im 3. Monitoringzeitraum (Datenstand 2017) „unbefriedigend“ lautet.

Zieht man die Messdaten aus dem gewässerökologischen Monitoring heran und prognostiziert hierauf basierend künftig mögliche Werte für das Gewässer, so erscheint eine reine Abschlagserhöhung auf $420 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ bei gleichzeitiger Beibehaltung des vollen Fällmitteleinsatzes vermutlich vertretbar: Die Prognosen für die maximalen Sommertemperaturen sowie für die maximale Temperaturdifferenz zwischen oberhalb und unterhalb der Wärmeeinleitung deuten bei erhöhter Abschlagsmenge keine Überschreitung der Orientierungswerte gemäß OGeWV (2016) an. Auch eine (regelmäßige) Überschreitung des Orientierungswertes der OGeWV (2016) für die Maximaltemperatur im Winterhalbjahr ist nicht zu erwarten. Die gemessenen Werte für Chlorid unterhalb der Einleitung lagen vor Ort im akzeptablen Bereich und unterhalb der kommunalen Kläranlage auf grenzwertigem Niveau. Laut Prognose würden die Chloridwerte durch die Abschlagserhöhung rein rechnerisch nur eine Erhöhung um wenige mg L^{-1} erfahren. In welchem Maß sich die entsprechende Konzentrationserhöhung von Aluminium (je nach vorliegender chemischer Form toxisch) und von adsorbierbaren organischen Halogenverbindungen auswirken würde, lässt sich allerdings nicht beantworten. Es kann nur festgehalten werden, dass das Abwasser der ARA praktisch keine (Kurzzeit-)Toxizität in den angestellten Ökotoxizitätstests zeigte. Zu bedenken ist hierbei, dass Toxizitätsversuche nur an ausgewählten Testorganismen unter Laborbedingungen über einen nach Standards vorgegebenen Zeitraum stattfinden. Damit geht eine gewisse Einschränkung der Aussagekraft einher, d. h. diese Ergebnisse können nicht direkt auf beliebige andere Gewässerlebewesen unter Freilandbedingungen übertragen werden. Chronische und/oder subletale Schädigungen lassen sich durch derlei Nachweisverfahren ohnehin nicht ausschließen. Bei Abschlagserhöhung wäre ferner eine Steigerung der Ammoniak-Konzentration als ungünstig einzustufen, die eintreten könnte, sofern man die Berechnungen mit Mittelwerten aus dem Monitoring durchführt. Durch die vergleichsweise hohen Konzentrationen im Abwasser der ARA wird aktuell unterhalb der Sechselbachmündung der Orientierungswert nach OGeWV (2016) bereits erreicht. Steigt die Abschlagsmenge weiter an, so ist theoretisch laut Prognose eine Überschreitung des Orientierungswertes möglich. Schließt man allerdings gemessene Extremwerte aus den Berechnungen aus und basiert die Prognose auf Medianwerten des Monitorings, so verbleiben bei Abschlagserhöhung die Ammoniak-Werte im unkritischen Bereich. Auch hierbei gilt, dass das Abwasser der ARA trotz seines Ammoniakgehalts in den ökotoxikologischen Tests keine bedenklichen Auswirkungen zeigte.

Als problematischer erscheint dagegen die Reduktion des Fällmittels auf 49 % der Normalzugabe, da das Abwasser bei reduziertem Fällmitteleinsatz nachweislich um ein Vielfaches höhere Konzentrationen an Orthophosphat-Phosphor und Gesamtphosphor enthalten würde. Diese beiden Parameter liegen in den Hintergrundwerten der Kleinen Weisach bereits über dem Niveau, das nach OGeWV (2016) einen „guten“ Zustand anzeigt. Eine Reduktion des Fällmittels um etwa die Hälfte bei gleichzeitiger Abschlagserhöhung würde sowohl vor Ort als auch an der offiziellen Messstelle bei Lonnerstadt theoretisch eine weitere Zunahme um bis zu $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ an Orthophosphat-

Phosphor und bis zu $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ an Gesamtphosphor bedeuten – zumindest nach der durchgeführten groben Schätzung mangels dort nicht vorhandener Abflusswerte. Die positive Wirkung auf den Chloridgehalt im Gewässer wäre der Messungen und Berechnungen nach eher gering im Bereich weniger mg L^{-1} und würde in Endkonzentrationen im Bach resultieren, die trotzdem noch relativ nah an den in der Literatur empfohlenen Richtwerten liegen. Legt man der Prognose hingegen die Hintergrundwerte für Chlorid aus den Messungen von 2019 zugrunde, so ist der Salzgehalt in der Kleinen Weisach jedoch bereits oberhalb der Einleitung zu hoch und würde um etwa 15 % steigen, wenn der Abschlag ohne Fällmittelreduzierung verändert wird.

Bei den Fällmittelreduktionsversuchen 2021/2022 wurde technisch bedingt nur eine Senkung des Fällmitteleinsatzes auf 49 % der Normalzugabe, also eine Reduktion um 51 %, erreicht, was in den Versuchen in einem durchschnittlichen Wert für den chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) von 114 mg L^{-1} im Abwasser resultierte. Die durchgeführten Prognoseberechnungen aller dargestellten Parameter basieren auf diesen Werten (49 % Fällmittelzugabe, durchschnittlich 114 mg L^{-1} CSB). Aussagen zu den Auswirkungen bei einer Anhebung des CSB-Wertes auf die angestrebten 200 mg L^{-1} können somit anhand der vorliegenden Untersuchungen nicht getroffen werden.

Hinsichtlich der angestrebten Erhöhung des Abschlagsvolumens ist analog hervorzuheben, dass die im vorliegenden Gutachten angestellten Berechnungen und gezogenen Schlußfolgerungen nur eine Gültigkeit für einen maximalen Tagesabschlag von $420 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ besitzen, d.h. für eine jährliche Abschlagsmenge von $153.300 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ unter Einhaltung der Tageshöchstmenge.

Die Verlegung der Einleitstelle dürfte hingegen keine erkennbaren Nachteile mit sich bringen, sofern die Ufergehölze erhalten bleiben und potenziell möglichen Ausspülungen und Ufererosionserscheinungen hierdurch vorgebeugt wird. Ob die im Falle der Verlegung wegfallende Fließstrecke des Abwassers im Sechselbach eine Rolle spielt, da u. U. eine gewisse Selbstreinigung und Abkühlung des Abwassers auf dieser Etappe entfällt, kann nicht beurteilt werden.

Da ein Vorkommen von Bachmuscheln im Eingriffsbereich trotz Kartierung nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann, sollte bei der Umsetzung des Vorhabens auf entsprechende Maßnahmen geachtet werden, um mögliche Muschelvorkommen zu schützen, wie z. B. Absammeln der Tiere im Vorfeld sowie Vermeidungsmaßnahmen zur Gewässertrübung während der Bauphase. Hierzu ist der entsprechende Fachbeitrag zum speziellen Artenschutz der ÖKON GmbH zu beachten, der einen Bestandteil der Antragsunterlagen bildet.

Insgesamt wird dringend angeraten, die aktuelle Sanierung der kommunalen Kläranlage Vestenbergsgreuth und die sich hieraus für die Kleine Weisach ergebenden Veränderungen als kumulative Wirkung zu berücksichtigen.

Aus gutachterlicher Sicht ist bei Abänderung der Bescheidwerte ein Gewässermonitoring empfehlenswert, das die Wasserchemie sowie auch die Entwicklung biologischer Komponenten bei laufendem Betrieb über einen längeren Zeitraum begleitet. Relevante allgemein chemische und physikalisch-chemische Parameter sowie die biologischen Qualitätskomponenten wären hierbei sinnvoller Weise für mind. 3 Jahre und erneut nach ca. 5 Jahren zu untersuchen. Für die allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parametern ist ebenfalls nach 5 Jahren eine kontinuierliche Überwachung von mind. 12 Monaten angeraten. Die erforderlichen Probenahmen sollten dabei in passenden und sinnvollen, regelmäßigen Abständen (z.B. monatlich bei den allgemein chemischen und

physikalisch-chemischen Parametern, jährlich bei den biologischen Qualitätskomponenten) stattfinden. Auf Vergleichbarkeit mit dem vorliegenden gewässerökologischen Monitoring ist bei der Konzeption unbedingt zu achten, d.h. es empfehlen sich mindestens die Probestellen M1 und M2 in der Kleinen Weisach sowie die Probenahme an der ARA für die allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter. Für die biologischen Qualitätskomponenten sollten mindestens die bereits gewählten Untersuchungsstrecken untersucht werden.

9 Literatur

- Binot, M., Bless, R., Boye, P., Gruttke, H. & Pretscher, P. (1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. – Bundesamt für Naturschutz, Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 55: 434 S.
- Black, M. C. (2001): Water quality standards for North Carolina's endangered mussels. Final Report, Department of Georgia, Athens, GA, USA. In: Augspurger, T., Keller, A. E., Black M. C., Cope, G. & Dwyer, F. J. (2003): Water quality guidance for protection of freshwater mussels (Unionidae) from ammonia exposure. *Environmental Toxicology and Chemistry* 22: 2569-2575.
- Bohl, M. (1999): Zucht und Produktion von Süßwasserfischen, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- Braun, R., Himmel, W., Steyskal, F. & Steffen, R. (1996): Empfehlungen für Kläranlagenbetreiber und Betreiber landwirtschaftlicher Biogasanlagen zur Verwertung biogener Abfälle in Faultürmen. Institut für angewandte Mikrobiologie, Universität für Bodenkultur, Wien. 39 S.
- Denic, M., Stöckl, K., Gum, B. & Geist J. (2014): Physicochemical assessment of *Unio crassus* habitat quality in a small upland stream and implications for conservation. – *Hydrobiologia* 735:111–122, Dordrecht.
- Dußling, U. (2014): Ergänzung zum Handbuch zu fiBS: Änderung des Bewertungsalgorithmus von fiBS Version 8.1.1.
- Dußling, U (2009): Handbuch zu fiBS – 2. Auflage, Version 8.0.6. 41 S.; Webseite der Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg. <http://www.lazbw.de/pb/,Lde/Startseite/Fischereiforschungsstelle/FIBS>
- Dußling, U., Berg, R., Klinger, H. & Wolter, C. (2004): Assessing the Ecological Status of River Systems Using Fish Assemblages. *Handbuch Angewandte Limnologie*, 20. Erg. Lfg. 12/04: 1–84. <http://online-library.wiley.com/doi/10.1002/9783527678488.hbal2004006/abstract>
- 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.
- Gruttke, H., Binot-Hafke, M., Balzer, S., Haupt, H., Hofbauer, N., Ludwig, G., Matzke-Hajek, G. & Ries, M. (2016): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands - Band 4: Wirbellose Tiere (Teil 2) - Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- Halle, M. & Müller, A. (2017): Ergänzende Arbeiten zu Korrelationen zwischen biologischen Qualitätskomponenten und allgemeinen chemischen und physikalisch-chemischen Parametern in Fließgewässern - im Auftrag des Sächsischen Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie (LfULG) zum LAWA-Projekt O 3.12 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“
- Halle, M. & Müller, A. (2014): Korrelationen zwischen biologischen Qualitätskomponenten und allgemeinen chemischen und physikalisch-chemischen Parametern in Fließgewässern - im Auftrag des Sächsischen Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie (LfULG) zum LAWA-Projekt O 3.12 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“
- Hillebrand, H., Donohue, I., Harpole, W. S., Hodapp, D., Kucera, M., Lewandowska, A. M., Merder, J., Montoya, J. M. & Freund, J. A. (2020) Thresholds for ecological responses to global change do not emerge from empirical data. *Nat Ecol Evol.* 4(11):1502-1509.
- IBF Umwelt (Ingenieurbüro für Umweltsicherung) (2021): Projektbericht: Untersuchung Betriebskläranlage Vestenbergsgreuth. Teilbericht: Fischbestandsuntersuchung der Kleinen Weisach. Im Auftrag der ÖKON GmbH. Fischach, 35 S.
- 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.
- Kaiser, I. (2005): *Proasellus coxalis* (Isopoda, Crustacea) – in Bayern gefunden. *Lauterbornia* 55: 81-82. Dinkelscherben.
- Landratsamt Erlangen-Höchstadt (2012): Vollzug der Wassergesetze; Betriebliche Abwasserreinigungsanlage, Einleiten von gereinigtem Betriebsabwasser in den Sechselbach durch die Firma Martin Bauer Services GmbH & Co. KG. Bescheid vom 22.03.2012
- LAWA (Hrsg.) (1998): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland – Chemische Gewässergüteklassifikation. Berlin, 80 S.

- Lewis, W. M. & Morris, D. P. (1986): Toxicity of nitrite to fish: a review. *Trans Amer Fish Soc* 115: 183-195
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (Hrsg.) (2003): Rote Liste der Eintagsfliegen (Ephemeroptera) Bayerns.– Bearbeitung: Adam, G. – BayLfU/166/2003, S. 56-58.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (Hrsg.) (2003): Rote Liste der Köcherfliegen (Trichoptera) Bayerns.– Bearbeitung: Weinzierl, A. – BayLfU/166/2003, S. 213-216.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (Hrsg.) (2012): Merkblatt Bachmuschel. Freising, 4 S.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (Hrsg.) (2013): Leitfaden Bachmuschelschutz – 2. aktualisierte Auflage. Augsburg, 119 S.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (Hrsg.) (2015): Wasserkörper-Steckbrief Flusswasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021): Flusswasserkörper 2_F074 „Kleine Weisach“.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (Hrsg.) (2021): Wasserkörper-Steckbrief Flusswasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2022-2027): Flusswasserkörper 2_F074 „Kleine Weisach“.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (Hrsg.) (2022): Rote Liste und Gesamtartenliste Bayern – Weichtiere – Mollusca.– Bearbeitung: Colling, M. – März 2022, Augsburg, 36 S.
- LfU Rheinland-Pfalz (Hrsg.) (2018): Gewässerschutz und Luftschadstoffe. 30 Jahre Monitoring versauerter Waldbäche in Rheinland-Pfalz. Mainz, 114 S.
- Licha, T., Herfort, M. & Sauter, M. (2001): Phenolindex – ein sinnvoller Parameter für die Altlastenbewertung? *Grundwasser* 6: 8-14.
- LWF & LfU (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft & Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2013): Erfassung & Bewertung von Arten der FFH-RL in Bayern – Bachmuschel (*Unio crassus*).
- Martin Bauer Services GmbH & Co. KG: Abwasserwerte der Eigenüberwachung 01/2021 – 04/2022
- 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).
- Meier, C., Böhmer, J., Rolaufts, P., Hering, D. (2006b): Kurzdarstellungen „Bewertung Makrozoobenthos“ & „Core Metrics Makrozoobenthos“.
- Meynen, E., Schmithüsen, J., Gellert, J., Neef, E., Müller-Miny, H. & Schultze, J. (1953–1962): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. Bd. 1-8, Selbstverlag der Bundesanstalt für Landeskunde, Remagen und Bad Godesberg.
- Müller, R., Haybach, A., Schönfelder, J. (2008): Erstnachweis von *Baetis nexus* Navás, 1918 (Ephemeroptera: Baetidae) für Brandenburg. *Lauterbornia* 62: 59-64, D-86424 Dinkelscherben, 2008-05-15.
- ÖKON (2022): Kartierung des Bachmuschelbestandes in der Kleinen Weisach im Rahmen des Änderungsvorhabens für die Betriebskläranlage der Fa. Martin Bauer GmbH & Co. KG, Vestenbergsgreuth. Kartierbericht. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Martin Bauer GmbH & Co. KG, Vestenbergsgreuth. Maxhütte-Haidhof, 17 S.
- ÖKON (2020): Allgemeine Vorprüfung der Umweltverträglichkeit (UVVP) zum Änderungsvorhaben Betriebskläranlage, Martin Bauer GmbH & Co. KG. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Martin Bauer GmbH & Co. KG, Vestenbergsgreuth. Kallmünz, 25 S.
- Pottgießer, T & Sommerhäuser, M. (2008): Erste Überarbeitung der Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen. Hrsg.: Umweltbundesamt
- Resch & Partner (2019): Antrag zur Änderung der Anforderungswerte aus dem Bescheid vom 22.03.2012 (inklusive Anlagen)
- Richards, J. G., Burnison, B. K. & Playle, R. C. (1999): Natural and commercial dissolved organic matter protects against the physiological effects of a combined cadmium and copper exposure on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56:407–418.
- Tomasso, J. R., Simco, B. A. & Davis, K. B. (1979): Chloride inhibition of nitrite-induced methemoglobinemia in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J Fish Res Bd Can* 36: 1141-1144

Rechtsgrundlagen

BArtSchV - Bundesartenschutzverordnung vom 16. Februar 2005 (BGBl. I S. 258, 896), die zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom 21. Januar 2013 (BGBl. I S. 95) geändert worden ist

BNatSchG - Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 8. Dezember 2022 geändert worden ist

Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Richtlinie – Richtlinie 92/43/EWG des Rates der Europäischen Gemeinschaft vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen, zuletzt geändert durch die Richtlinie 2013/17/EU des Rates vom 13. Mai 2013 anlässlich des Beitritts Kroatiens zur Europäischen Union

OGewV - Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373), die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 9. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2873) geändert worden ist

WRRL - Richtlinie 2000/60/EG (Europäische Wasserrahmenrichtlinie) des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, zuletzt geändert durch die Richtlinie 2014/101/EU der Kommission vom 30. Oktober 2014

Internetquellen

<https://www.geoportal.bayern.de/bayernatlas>: Bayernatlas

<https://www.gkd.bayern.de/de/>: Gewässerkundlicher Dienst Bayern

<https://www.umweltatlas.bayern.de>: Umweltatlas Bayern

<http://gisportal-umwelt2.bayern.de/finweb/>: Bayerisches Fachinformationssystem Naturschutz (FIN-Web), Online Viewer

Anhang

A1 Gesamttaxaliste des Makrozoobenthos für die untersuchten Probestrecken

Tab. 35: Gesamttaxaliste des Makrozoobenthos für PS 1 und PS 2 am 29.04.2021.

Angegeben sind die Individuenzahlen [Ind m⁻²] sowie der Gefährdungsstatus (gefährdete Arten sind blau hervorgehoben). RL BY: Rote Liste Bayern (LfU 2003); RL D: Rote Liste Deutschland (Binot 1998, erw. Gruttke et al. 2016).

Taxon	RL BY	RL D	PS 1	PS 2
Datum der Probenahme			29.04.21	29.04.21
BIVALVIA				
<i>Sphaerium sp.</i>			5	
OLIGOCHAETA				
Naididae/Tubificidae Gen. sp.			3.110	2.534
Oligochaeta Gen. sp.				5
Tubificidae Gen. sp.			34	38
CRUSTACEA				
<i>Asellus aquaticus</i>				5
<i>Gammarus roeselii</i>			168	163
<i>Proasellus coxalis</i> (Neozoe)				5
HYDRACHNIDIA				
Hydrachnidia Gen. sp.			10	
HIRUDINEA				
Piscicolidae Gen. sp.			5	
EPHEMEROPTERA				
<i>Baetis nexus</i>	1	3	108	112
<i>Baetis rhodani</i>			48	10
<i>Baetis sp.</i>			53	14
<i>Baetis vernus</i>			15	
<i>Ephemera danica</i>			15	12
<i>Leptophlebia sp.</i>			5	
ODONATA				
<i>Calopteryx splendens</i>			1	
COLEOPTERA				
<i>Elmis aenea/mauguetii</i> Ad.			5	
<i>Elmis sp.</i> Lv.			5	5
<i>Elodes sp.</i> Lv.			10	6
<i>Hydraena sp.</i> Ad.				5
<i>Orectochilus villosus</i>			14	1
<i>Oulimnius sp.</i> Lv.			5	
<i>Oulimnius tuberculatus</i> Ad.			10	
HETEROPTERA				
Corixidae Gen. sp.			5	48
LEPIDOPTERA				

Taxon	RL BY	RL D	PS 1	PS 2
Datum der Probenahme			29.04.21	29.04.21
Lepidoptera Gen. sp.				1
TRICHOPTERA				
<i>Athripsodes bilineatus</i>	3			1
<i>Halesus digitatus/tesselatus</i>			2	16
<i>Hydropsyche angustipennis</i>			5	
<i>Hydropsyche siltalai</i>			6	
<i>Hydropsyche sp.</i>			1	
<i>Hydroptila sp.</i>				5
<i>Limnephilus sp.</i>			5	
<i>Polycentropus sp.</i>			6	6
DIPTERA				
<i>Atrichops crassipes</i>			1	1
Chironomidae Gen. sp.			403	182
Chironomini Gen. sp.			163	48
<i>Nephrotoma sp.</i>				1
<i>Ptychoptera sp.</i>				1
<i>Simulium aureum</i> -Gr.				1
<i>Simulium sp.</i>			5	
Tabanidae Gen. sp.				2
Tanypodinae Gen. sp.			29	86
Tanytarsini Gen. sp.			134	106
Anzahl Taxa			32	29
Besiedlungsdichte [Ind m ⁻²]			4.389	3.418

A2 Artenzusammensetzung des Phytobenthos an den untersuchten Probestrecken

Tab. 36: Artenzusammensetzung der benthischen Diatomeen in der Kleinen Weisach an PS 1. Die Anteile der jeweiligen Art an der Gesamtzahl ausgezählter Zellen wird in % angegeben.

Taxon	%	Taxon	%
<i>Amphora pediculus</i>	27,0	<i>Navicula reichardtiana var. reichardtiana</i>	0,4
<i>Cocconeis placentula var. euglypta</i>	9,0	<i>Navicula trivialis</i>	0,4
<i>Navicula gregaria</i>	5,8	<i>Nitzschia amphibia</i>	0,4
<i>Achnanthydium minutissimum var. minutissimum</i>	4,7	<i>Nitzschia capitellata var. capitellata</i>	0,4
<i>Surirella brebissonii var. kuetzingii</i>	4,5	<i>Nitzschia palea var. palea</i>	0,4
<i>Navicula cryptotenella</i>	3,8	<i>Nitzschia paleacea</i>	0,4
<i>Navicula lanceolata</i>	3,8	<i>Nitzschia subtilis</i>	0,4

Taxon	%	Taxon	%
<i>Eolimna minima</i>	3,6	<i>Sellaphora seminulum</i>	0,4
<i>Parlibellus protractoides</i>	3,4	<i>Cocconeis pediculus</i>	0,2
<i>Eolimna subminuscula</i>	2,5	<i>Cocconeis placentula</i>	0,2
<i>Navicula tripunctata</i>	2,2	<i>Craticula molestiformis</i>	0,2
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	2,0	<i>Diatoma vulgare</i>	0,2
<i>Planothidium frequentissimum</i> var. <i>frequentissimum</i>	1,6	<i>Fallacia monoculata</i>	0,2
<i>Fragilaria construens</i> f. <i>venter</i>	1,1	<i>Fallacia subhamulata</i>	0,2
<i>Nitzschia dissipata</i> ssp. <i>dissipata</i>	1,1	<i>Fragilaria pararumpens</i>	0,2
<i>Planothidium lanceolatum</i>	1,1	<i>Fragilaria parasitica</i> var. <i>subconstricta</i>	0,2
<i>Amphora copulata</i>	0,9	<i>Frustulia vulgaris</i>	0,2
<i>Gomphonema parvulum</i> var. <i>parvulum</i> f. <i>parvulum</i>	0,9	<i>Gomphonema</i>	0,2
<i>Navicula vilaplani</i>	0,9	<i>Halamphora veneta</i>	0,2
<i>Nitzschia</i>	0,9	<i>Karayevia ploenensis</i>	0,2
<i>Reimeria sinuata</i> var. <i>sinuata</i>	0,9	<i>Lemnicola hungarica</i>	0,2
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	0,7	<i>Luticola goeppertiana</i>	0,2
<i>Gomphonema minutum</i>	0,7	<i>Melosira varians</i>	0,2
<i>Navicula</i>	0,7	<i>Navicula antonii</i>	0,2
<i>Nitzschia palea</i>	0,7	<i>Navicula capitatoradiata</i>	0,2
<i>Nitzschia supralitorea</i>	0,7	<i>Navicula cryptocephala</i> var. <i>cryptocephala</i>	0,2
<i>Psammothidium lauenburgianum</i>	0,7	<i>Navicula simulata</i>	0,2
<i>Reimeria uniseriata</i>	0,7	<i>Navicula tenelloides</i>	0,2
<i>Fragilaria brevistriata</i> var. <i>brevistriata</i>	0,4	<i>Navicula viridula</i> var. <i>viridula</i>	0,2
<i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>pinnata</i>	0,4	<i>Nitzschia bulnheimiana</i>	0,2
<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>olivaceum</i>	0,4	<i>Nitzschia calida</i> var. <i>calida</i>	0,2
<i>Gomphonema pumilum</i>	0,4	<i>Nitzschia fonticola</i> var. <i>fonticola</i>	0,2
<i>Hippodonta capitata</i>	0,4	<i>Nitzschia pusilla</i>	0,2
<i>Hippodonta lueneburgensis</i>	0,4	<i>Nitzschia recta</i> var. <i>recta</i>	0,2
<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i>	0,4	<i>Planothidium rostratum</i>	0,2
<i>Navicula cari</i>	0,4	<i>Tabularia fasciculata</i>	0,2

Tab. 37: Artzusammensetzung der benthischen Diatomeen in der Kleinen Weisach an PS 2. Die Anteile der jeweiligen Art an der Gesamtzahl ausgezählter Zellen wird in % angegeben.

Taxon	%	Taxon	%
<i>Amphora pediculus</i>	13,7	<i>Fragilaria pararumpens</i>	0,4
<i>Navicula gregaria</i>	9,1	<i>Gomphonema</i>	0,4

Taxon	%	Taxon	%
<i>Navicula lanceolata</i>	7,3	<i>Navicula</i>	0,4
<i>Navicula tripunctata</i>	4,7	<i>Navicula antonii</i>	0,4
<i>Nitzschia sociabilis</i>	4,7	<i>Navicula tenelloides</i>	0,4
<i>Achnanthydium minutissimum var. minutissimum</i>	4,2	<i>Navicula vilaplantii</i>	0,4
<i>Melosira varians</i>	4,2	<i>Nitzschia bulnheimiana</i>	0,4
<i>Surirella brebissonii var. kuetzingii</i>	4,0	<i>Nitzschia fonticola var. fonticola</i>	0,4
<i>Cocconeis placentula var. euglypta</i>	3,5	<i>Nitzschia linearis var. linearis</i>	0,4
<i>Nitzschia dissipata ssp. dissipata</i>	3,5	<i>Nitzschia pusilla</i>	0,4
<i>Planothidium lanceolatum</i>	2,7	<i>Amphora copulata</i>	0,2
<i>Parlibellus protractoides</i>	2,4	<i>Amphora minutissima</i>	0,2
<i>Eolimna minima</i>	2,0	<i>Cocconeis pediculus</i>	0,2
<i>Fragilaria pinnata var. pinnata</i>	1,6	<i>Cocconeis placentula</i>	0,2
<i>Gyrosigma sciotoense</i>	1,6	<i>Fallacia monoculata</i>	0,2
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	1,6	<i>Fragilaria</i>	0,2
<i>Navicula reichardtiana var. reichardtiana</i>	1,3	<i>Gomphonema augur</i>	0,2
<i>Navicula veneta</i>	1,3	<i>Gomphonema italicum</i>	0,2
<i>Nitzschia</i>	1,3	<i>Gomphonema micropus</i>	0,2
<i>Luticola goeppertiana</i>	1,1	<i>Halamphora veneta</i>	0,2
<i>Nitzschia palea</i>	1,1	<i>Hippodonta lueneburgensis</i>	0,2
<i>Planothidium frequentissimum var. frequentissimum</i>	1,1	<i>Lemnicola hungarica</i>	0,2
<i>Fragilaria capucina var. vaucheriae</i>	0,9	<i>Navicula cincta</i>	0,2
<i>Gomphonema parvulum var. parvulum f. parvulum</i>	0,9	<i>Navicula cryptocephala var. cryptocephala</i>	0,2
<i>Meridion circulare</i>	0,9	<i>Navicula simulata</i>	0,2
<i>Navicula cryptotenella</i>	0,9	<i>Navicula trivialis</i>	0,2
<i>Nitzschia paleacea</i>	0,9	<i>Nitzschia acidoclinata</i>	0,2
<i>Tabularia fasciculata</i>	0,9	<i>Nitzschia amphibia</i>	0,2
<i>Amphora inariensis</i>	0,7	<i>Nitzschia dissipata var. media</i>	0,2
<i>Caloneis lancettula</i>	0,7	<i>Nitzschia frequens</i>	0,2
<i>Fallacia subhamulata</i>	0,7	<i>Nitzschia palea var. palea</i>	0,2
<i>Frustulia vulgaris</i>	0,7	<i>Nitzschia subacicularis</i>	0,2
<i>Gyrosigma acuminatum var. acuminatum</i>	0,7	<i>Nitzschia supralitorea</i>	0,2
<i>Karayevia ploenensis</i>	0,7	<i>Reimeria sinuata var. sinuata</i>	0,2
<i>Mayamaea atomus var. permitis</i>	0,7	<i>Sellaphora pupula var. pupula</i>	0,2
<i>Navicula capitatoradiata</i>	0,7	<i>Sellaphora seminulum</i>	0,2
<i>Diatoma vulgare</i>	0,4	<i>Surirella angusta</i>	0,2

Taxon	%	Taxon	%
<i>Fragilaria construens f. venter</i>	0,4		

Tab. 38: Artenzusammensetzung des Phytobenthos ohne benthische Diatomeen in der Kleinen Weisach an PS 1.

Taxon	Klasse	Häufigkeitsklasse	Einstufung nach WRRL
<i>Chantransia - Stadien</i>	Florideophyceae	3	B
<i>Pleurocapsa minor</i>	Nostocophyceae	1	C
<i>Chroococcopsis gigantea</i>	Nostocophyceae	1	B
<i>Chroococcales</i>	Nostocophyceae	1	-
<i>Cladophora glomerata</i>	Ulvophyceae	3	B
<i>Chaetophorales</i>	Chlorophyceae	2	-

Erläuterungen und Abkürzungen: A = sensible Arten, charakteristisch für bestimmte Fließgewässertypen, B = weniger sensible Arten, Vorkommen nicht so eng begrenzt wie unter A, C = typenspezifische Störanzeiger (Eutrophierung bzw. einen mäßigen bis unbefriedigenden Zustand anzeigend).

Tab. 39: Artenzusammensetzung des Phytobenthos ohne benthische Diatomeen in der Kleinen Weisach an PS 2.

Taxon	Klasse	Häufigkeitsklasse	Einstufung nach WRRL
<i>Chamaesiphon incrustans</i>	Nostocophyceae	1	B
<i>Pleurocapsa minor</i>	Nostocophyceae	1	C
<i>Chantransia - Stadien</i>	Florideophyceae	3	B
<i>Phormidium retzii</i>	Nostocophyceae	4	-
<i>Phormidium</i>	Nostocophyceae	1	-
<i>Heteroleibleinia</i>	Nostocophyceae	1	-
<i>Vaucheria</i>	Tribophyceae	4	B
<i>Cladophora glomerata</i>	Ulvophyceae	3	B
<i>Chroococcopsis gigantea</i>	Nostocophyceae	1	B
<i>Chamaesiphon polymorphus</i>	Nostocophyceae	2	C

Erläuterungen und Abkürzungen: A = sensible Arten, charakteristisch für bestimmte Fließgewässertypen, B = weniger sensible Arten, Vorkommen nicht so eng begrenzt wie unter A, C = typenspezifische Störanzeiger (Eutrophierung bzw. einen mäßigen bis unbefriedigenden Zustand anzeigend).

A3 Vergleich der Messwerte von Monitoring und Eigenüberwachung der Betriebskläranlage

In den nachfolgenden Tabellen werden die im gewässerökologischen Monitoring gemessenen Werte für das Abwasser der Betriebskläranlage den Werten aus den Protokollen der Eigenüberwachung (Datenquelle: Martin Bauer GmbH & Co. KG) gegenübergestellt. Zum Vergleich wird berechnet, welchen Prozentsatz der Eigenüberwachungswert vom Monitoringwert ausmacht.

Tab. 40: Vergleich der im Monitoring erhobenen Messwerte für den biochemischen Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB₅) im Abwasser der Betriebskläranlage mit den zugehörigen Tageswerten aus der Eigenüberwachung der Anlage

Datum	BSB ₅		
	Monitoring [mg L ⁻¹]	Eigenüberwachung [mg L ⁻¹]	Anteil des Wertes der Eigenüberwachung vom Monitoringwert [%]
13.04.21	12	n.b.	
04.05.21	< 2	n.b.	
21.06.21	< 2	n.b.	
23.06.21	< 2	3,5	
13.07.21	< 2	3	
10.08.21	6	n.b.	
21.09.21	< 2	2,1	
12.10.21	3	n.b.	
18.10.21	2	n.b.	
17.11.21	< 2	n.b.	
14.12.21	< 2	1,9	
11.01.22	< 2	n.b.	
02.02.22	3	n.b.	
10.02.22	< 2	n.b.	
16.03.22	3	n.b.	
24.03.22	2	n.b.	
MW	3,067	2,625	

Erläuterungen und Abkürzungen: MW = Mittelwert, n.b. = nicht bestimmt, gelb hinterlegt = Probenahmetag zum Ende eines Fällmittelreduktionsversuches. Für Messwerte unter der Nachweisgrenze, gekennzeichnet durch das Symbol „<“, kann kein Vergleich bzw. keine Anteilsberechnung erfolgen. Für die Mittelwertbildung werden diese der Nachweisgrenze gleichgesetzt. Anmerkung: Der BSB₅ wird an der ARA nur alle 14 Tage gemessen.

Tab. 41: Vergleich der im Monitoring erhobenen Messwerte für den Gehalt an Chlorid (Cl) im Abwasser der Betriebskläranlage mit den zugehörigen errechneten Tageswerten aus der Eigenüberwachung der Anlage

Datum	Cl		
	Monitoring [mg L ⁻¹]	Eigenüberwachung (berechnet) [mg L ⁻¹]	Anteil des Wertes der Eigenüberwachung vom Monitoringwert [%]
13.04.21	340	327	96%
04.05.21	480	367	77%
21.06.21	240	89	37%
23.06.21	230	141	61%
13.07.21	310	243	78%
10.08.21	320	246	77%
21.09.21	350	176	50%
12.10.21	240	242	101%
18.10.21	330	248	75%
17.11.21	420	121	29%
14.12.21	370	265	72%
11.01.22	410	252	61%
02.02.22	240	(nicht berechenbar)	
10.02.22	360	251	70%
16.03.22	200	255	127%
24.03.22	410	293	71%
MW	328	234	72%

Erläuterungen und Abkürzungen: MW = Mittelwert, gelb hinterlegt = Probenahmetag zum Ende eines Fällmittelreduktionsversuches. Für Messwerte unter der Nachweisgrenze, gekennzeichnet durch das Symbol „<“, kann kein Vergleich bzw. keine Anteilsberechnung erfolgen. Anmerkung: Die Werte für die Eigenüberwachung wurden aus den Tageswerten für den Fällmittelverbrauch und dem Abfluss berechnet, beziehen jedoch nicht die Werte der Vortage mit ein. Da im Mischwassertank das Abwasser mehrerer Tage vermengt wird, sind Abweichungen dieses theoretischen Wertes vom gemessenen Wert zu erwarten.

Tab. 42: Vergleich der im Monitoring erhobenen Messwerte für den Gehalt an Ammonium-Stickstoff (NH₄-N) im Abwasser der Betriebskläranlage mit den zugehörigen Tageswerten aus der Eigenüberwachung der Anlage

Datum	NH ₄ -N		
	Monitoring [mg L ⁻¹]	Eigenüberwachung [mg L ⁻¹]	Anteil des Wertes der Eigenüberwachung vom Monitoringwert [%]
13.04.21	0,707	< 0,04	
04.05.21	0,023	< 0,04	
21.06.21	0,036	0,04	110%
23.06.21	< 0,023	0,05	
13.07.21	< 0,023	0,04	

Datum	NH ₄ -N		
	Monitoring [mg L ⁻¹]	Eigenüberwachung [mg L ⁻¹]	Anteil des Wertes der Eigenüberwachung vom Monitoringwert [%]
10.08.21	< 0,023	< 0,04	
21.09.21	< 0,023	< 0,04	
12.10.21	0,085	0,06	70%
18.10.21	4,193	0,43	10%
17.11.21	< 0,023	< 0,04	
14.12.21	< 0,023	< 0,04	
11.01.22	7,377	2,6	35%
02.02.22	0,342	0,04	12%
10.02.22	0,030	< 0,04	
16.03.22	0,023	0,06	258%
24.03.22	< 0,023	< 0,04	
MW	0,811	0,23	82%

Erläuterungen und Abkürzungen: MW = Mittelwert, gelb hinterlegt = Probenahmetag zum Ende eines Fällmittelreduktionsversuches, rot = außergewöhnlich hoher Wert, jedoch durch das Labor Agrolab bestätigt, grün = nach Angaben des Labors musste aufgrund der Probenbeschaffenheit eine Verdünnung bzw. eine notwendige Änderung der Nachweisgrenze erfolgen; diese Werte können daher ggf. Ungenauigkeiten aufweisen. Für Messwerte unter der Nachweisgrenze, gekennzeichnet durch das Symbol „<“, kann kein Vergleich bzw. keine Anteilsberechnung erfolgen. Für die Mittelwertbildung werden diese der Nachweisgrenze gleichgesetzt.

Tab. 43: Vergleich der im Monitoring erhobenen Messwerte für den Gehalt an Nitrat-Stickstoff (NO₃-N) im Abwasser der Betriebskläranlage mit den zugehörigen Tageswerten aus der Eigenüberwachung der Anlage

Datum	NO ₃ -N		
	Monitoring [mg L ⁻¹]	Eigenüberwachung [mg L ⁻¹]	Anteil des Wertes der Eigenüberwachung vom Monitoringwert [%]
13.04.21	0,59	0,81	138%
04.05.21	0,88	1,67	190%
21.06.21	3,61	3,33	92%
23.06.21	0,97	2,07	213%
13.07.21	0,77	1,31	171%
10.08.21	0,25	0,73	294%
21.09.21	0,23	1,51	668%
12.10.21	0,97	2,17	223%
18.10.21	1,38	1,42	103%
17.11.21	1,17	1,38	117%
14.12.21	1,58	2,6	164%
11.01.22	0,32	1,22	386%

Datum	NO ₃ -N		
	Monitoring [mg L ⁻¹]	Eigenüberwachung [mg L ⁻¹]	Anteil des Wertes der Eigenüberwachung vom Monitoringwert [%]
02.02.22	1,74	3,24	186%
10.02.22	0,45	0,78	173%
16.03.22	3,61	4,74	131%
24.03.22	0,81	1,49	183%
MW	1,21	1,90	215%

Erläuterungen und Abkürzungen: MW = Mittelwert, gelb hinterlegt = Probenahmetag zum Ende eines Fällmittelreduktionsversuches.

Tab. 44: Vergleich der im Monitoring erhobenen Messwerte für den Gehalt an Nitrit-Stickstoff (NO₂-N) im Abwasser der Betriebskläranlage mit den zugehörigen Tageswerten aus der Eigenüberwachung der Anlage

Datum	NO ₂ -N		
	Monitoring [mg L ⁻¹]	Eigenüberwachung [mg L ⁻¹]	Anteil des Wertes der Eigenüberwachung vom Monitoringwert [%]
13.04.21	0,033	0,007	21%
04.05.21	< 0,006	0,014	
21.06.21	0,012	0,028	230%
23.06.21	(Wert gestrichen*)	0,008	
13.07.21	< 0,006	0,044	
10.08.21	< 0,006	0,004	
21.09.21	< 0,006	0,005	
12.10.21	< 0,006	0,018	
18.10.21	0,009	0,012	131%
17.11.21	< 0,006	0,003	
14.12.21	< 0,006	0,005	
11.01.22	0,015	0,057	374%
02.02.22	< 0,006	0,053	
10.02.22	< 0,006	0,005	
16.03.22	0,043	0,034	80%
24.03.22	0,018	0,008	44%
MW	0,012	0,019	147%

Erläuterungen und Abkürzungen: * = aufgrund der notwendigen Frostung der Proben ist der NO₂-N-Gehalt der Proben möglicherweise fehlerhaft und wurde daher aus der Wertung genommen), MW = Mittelwert, gelb hinterlegt = Probenahmetag zum Ende eines Fällmittelreduktionsversuches. Für Messwerte unter der Nachweisgrenze, gekennzeichnet durch das Symbol „<“, kann kein Vergleich bzw. keine Anteilsberechnung erfolgen. Für die Mittelwertbildung werden diese der Nachweisgrenze gleichgesetzt.

Tab. 45: Vergleich der im Monitoring erhobenen Messwerte für den Gehalt an Gesamtphosphor (TP) im Abwasser der Betriebskläranlage mit den zugehörigen Tageswerten aus der Eigenüberwachung der Anlage

Datum	TP		
	Monitoring [mg L ⁻¹]	Eigenüberwachung [mg L ⁻¹]	Anteil des Wertes der Eigenüberwachung vom Monitoringwert [%]
13.04.21	0,087	< 0,020	
04.05.21	0,013	< 0,020	
21.06.21	0,094	< 0,020	
23.06.21	0,064	< 0,020	
13.07.21	0,014	1,04	7.429%
10.08.21	0,010	< 0,020	
21.09.21	0,026	0,78	3.000%
12.10.21	0,440	0,83	189%
18.10.21	0,059	< 0,020	
17.11.21	0,010	< 0,020	
14.12.21	0,026	< 0,020	
11.01.22	0,012	< 0,020	
02.02.22	0,370	0,24	65%
10.02.22	0,046	< 0,020	
16.03.22	0,670	0,48	72%
24.03.22	0,096	0,2	208%
MW	0,13	0,24	1.827%

Erläuterungen und Abkürzungen: MW = Mittelwert, gelb hinterlegt = Probenahmetag zum Ende eines Fällmittelreduktionsversuches. Für Messwerte unter der Nachweisgrenze, gekennzeichnet durch das Symbol „<“, kann kein Vergleich bzw. keine Anteilsberechnung erfolgen. Für die Mittelwertbildung werden diese der Nachweisgrenze gleichgesetzt.

Tab. 46: Vergleich der im Monitoring erhobenen Messwerte für den chemischen Sauerstoffbedarf (CSB unfiltriert) im Abwasser der Betriebskläranlage mit den zugehörigen Tageswerten aus der Eigenüberwachung der Anlage

Datum	CSB		
	Monitoring [mg L ⁻¹]	Eigenüberwachung [mg L ⁻¹]	Anteil des Wertes der Eigenüberwachung von Monitoringwert [%]
13.04.21	69	46	67%
04.05.21	33	24	73%
21.06.21	66	53	80%
23.06.21	55	63	115%
13.07.21	29	31	107%
10.08.21	36	29	81%
21.09.21	40	41	103%

Datum	CSB		
	Monitoring [mg L ⁻¹]	Eigenüberwachung [mg L ⁻¹]	Anteil des Wertes der Eigenüberwachung von Monitoringwert [%]
12.10.21	92	95	103%
18.10.21	54	58	107%
17.11.21	24	27	113%
14.12.21	29	32	110%
11.01.22	30	35	117%
02.02.22	140	138	99%
10.02.22	51	45	88%
16.03.22	110	114	104%
24.03.22	49	63	129%
MW	57	56	100%

Erläuterungen und Abkürzungen: MW = Mittelwert, gelb hinterlegt = Probenahmetag zum Ende eines Fällmittelreduktionsversuches, grün = aufgrund der Probenbeschaffenheit erfolgte im Labor eine Verdünnung bzw. eine notwendige Änderung der Nachweisgrenze. Für Messwerte unter der Nachweisgrenze, gekennzeichnet durch das Symbol „<“, kann kein Vergleich bzw. keine Anteilsberechnung erfolgen.

Anlage

- Anlage 1 Projektbericht: Untersuchung Betriebskläranlage Vestenbergsgreuth - Teilbericht: Fischbestandsuntersuchung der Kleinen Weisach, IBF Umwelt, Fischach
- Anlage 2 Bewertung der Kleinen Weisach nach WRRL auf Basis der Qualitätskomponenten Makrophyten & Phytobenthos durch die IDUS Biologisches Umweltlabor GmbH, Ottendorf-Okrilla
- Anlage 3 Feldprotokolle der ÖKON GmbH
- Anlage 4 Laborberichte der AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg
- Anlage 5 Laborberichte der IDUS Biologisches Umweltlabor GmbH, Ottendorf-Okrilla
- Anlage 6 Laborberichte der eurofins Umwelt GmbH, Jena
- Anlage 7 Laborberichte des CLG Chemischen Labors Dr. Graser, Schonungen
- Anlage 8 Protokolle aus der Eigenüberwachung der Betriebskläranlage der Fa. Martin Bauer GmbH & Co. KG, Vestenbergsgreuth, von Januar 2021 bis April 2022