
Biologische Untersuchungen der Limmat 2020



Fachbericht Äusserer Aspekt und
pflanzlicher Bewuchs inkl. Kieselalgen
Untersuchungen vom 16. - 20. März 2020

Bericht Nr. 1947-B-01
Datum Entwurf: 23.11.2020
Datum Endfassung: 27.1.2021

Impressum

Auftraggeber

Kanton Aargau

Departement Bau, Verkehr und Umwelt. Abteilung für Umwelt, Sektion Abfallwirtschaft, Altlasten, Umweltlabor und Oberflächengewässer

Entfelderstrasse 22, 5001 Aarau

Lukas De Ventura

Kanton Zürich

Baudirektion, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL

Gewässerschutz, Oberflächengewässerschutz

Hardturmstrasse 105, 8005 Zürich

Patrick Steinmann

Auftragnehmer

AquaPlus AG, Gotthardstrasse 30, CH-6300 Zug

Hydra AG, Lukasstrasse 29, CH-9008 St. Gallen

Projektleitung

Barbara Imhof, AquaPlus AG

Feld- und Laborarbeiten

Yvonne Bernauer, Margrit Ensner Egloff, Joachim Hürlimann, AquaPlus AG

Taucharbeiten

John Hesselschwerdt, Boris Unger und Stefan Pfannschmidt, Hydra AG

Fachbericht Äusserer Aspekt, pflanzlicher Bewuchs und Kieselalgen

Christa Gufler, Joachim Hürlimann, AquaPlus AG

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	2
1 Ausgangslage und Auftrag	4
2 Material und Methoden	5
2.1 Feldarbeit	5
2.2 Laborarbeit	7
2.3 Auswertung	7
3 Resultate und Diskussion	10
3.1 Messstelle Werdhölzli (Li_010)	11
3.2 Messstelle Kloster Fahr (Li_020)	17
3.3 Messstelle Oetwil a.d.L. (Li_030)	23
3.4 Messstelle Wettingen (Li_040)	30
3.5 Messstelle Turgi (Li_050)	36
3.6 Auswertungen und Schlussfolgerungen im Fließverlauf	42
4 Literaturverzeichnis	53
<hr/>	
5 ANHANG	55
A Stellendokumentationen	
Messstelle Werdhölzli	Li_010
Messstelle Kloster Fahr	Li_020
Messstelle Oetwil a.d.L.	Li_030
Messstelle Wettingen	Li_040
Messstelle Turgi	Li_050
B Pflanzlicher Bewuchs	
C Zählraten Kieselalgen	
D Felddaten und Sondenmesswerte	

Zusammenfassung

Die biologische Untersuchung der Limmat wurde im März 2020 durchgeführt und fand an drei Messstellen im Kanton Zürich (Werdhölzli, Kloster Fahr, Oettwil a.d.L.) und an zwei Messstellen im Kanton Aargau (Wettingen, Turgi) statt. Eine Messstelle bestand jeweils aus 5 Transektstellen, verteilt über die ganze Flussbreite. Diese Untersuchungskampagne 2020 stellt die Fortsetzung des Langzeitmonitorings dar, welches im Jahr 2010 an den beiden Messstellen im Kanton Aargau begann.

Für biologische Untersuchungen an grösseren Flüssen sind spezielle Probenahme- und Beurteilungsmethoden anzuwenden. Die üblichen Methoden des Modulstufenkonzepts des BAFU sind nur für watbare Gewässer geeignet, was bei der Limmat nicht der Fall ist. So wurden die mittleren drei Transektstellen tauchend beprobt während die Uferbereiche watbar waren. Im vorliegenden Fachbericht werden die Sondenmesswerte, der Äussere Aspekt, der pflanzliche Bewuchs sowie die Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität mittels Kieselalgen besprochen.

Sondenmesswerte Das Wasser war mehrheitlich mit Sauerstoff gesättigt. Die Wassertemperatur wie auch die Leitfähigkeit nahmen im Fließverlauf zu. Die Leitfähigkeit nahm um rund 10 % zu (von ca. 295 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf ca. 330 $\mu\text{S}/\text{cm}$), was vermutlich durch die Einleitung des gereinigten Abwassers bedingt wurde.

Äusserer Aspekt Der Äussere Aspekt wies vor allem im Bereich der Parameter der Gewässersohle Beeinträchtigungen auf (Abfälle, Geruch im Sediment, Verschlammung, Eisensulfid, Kolmation). Es handelte sich grösstenteils um leichte bis höchstens mittelstarke Beeinträchtigungen. Die fliessende Welle war bis auf wenig Schaum nicht beeinträchtigt. Die mittleren drei Transektstellen wiesen ebenfalls bis auf eine allfällige Kolmation keine Beeinträchtigung auf. Die Anforderungen an die ökologischen Ziele gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) Anhang 2 wurden hinsichtlich des Äusseren Aspektes bei den Parametern der fliessenden Welle fast durchgehend erfüllt. Bei den Parametern der Gewässersohle war die Erfüllung dieser Anforderungen bei einigen Parametern fraglich.

Pflanzlicher Bewuchs Der pflanzliche Bewuchs bestand vor allem aus Algen und bezüglich Deckung nur zu geringen Anteilen aus Moosen und Wasserpflanzen. Die Algen prägten die Gewässersohle mit fädigen Algen vor allem ab der Stelle Kloster Fahr. Von Auge gut sichtbar waren die fädige Grünalge *Cladophora glomerata* sowie der sehr ausgeprägte Kieselalgenbewuchs. Die Bewuchsdichte war ab Oettwil a.d.L. so hoch, dass die Konturen der Steine zum Teil weitflächig nicht mehr erkannt werden konnten. Diese Wucherung von Algen (Veralgung) entsprechen nicht mehr den Anforderungen an die Fließgewässer gemäss Anhang 2 der GSchV. Die Algenbewuchsdichte insgesamt, die resultierende pflanzliche Biomasse und damit verbunden die Folgeprozesse (Mineralisierung, Sedimentation, Verschlammung, Eisensulfid, Kolmation) sind deutliche Anzeichen für eine Eutrophierung der Limmat flussabwärts.

Kieselalgen

Insgesamt wurden an den 5 Messstellen mit 11 bis 37 Kieselalgenarten pro Transektstelle für Flüsse eher wenig Arten gefunden. Die gefundenen Arten mit einem Anteil von $\geq 10\%$ sind in der Schweiz weit verbreitete Taxa. Von diesen sogenannten Hauptarten bevorzugt keine Art sehr sauberes und weitgehend unbelastetes Wasser. Alle im Untersuchungsgebiet vorkommenden Hauptarten, mit Ausnahme von *Amphora pediculus* sind typisch für mehrheitlich gering bis mittel nährstoffbelastete Fließgewässer der Schweiz. *Amphora pediculus* hingegen toleriert auch leicht erhöhte organische Belastungen und Nährstoffkonzentrationen. An allen 5 Messstellen wurde aber die gebietsfremde Alge *Achnanthes delmontii* gehäuft nachgewiesen. Diese gebietsfremde Art beeinflusst die Artenvielfalt massiv, indem andere (standortgerechte) Arten verdrängt werden.

Die indizierte Wasserqualität auf Basis des Kieselalgenindex DI-CH war im Fließverlauf sehr ähnlich (gerundete Mittelwerte von 3.4 bis 3.7). Die Messstelle Werdhölzli nahm mit der Zustandsklasse «sehr gut» wenig bessere Verhältnisse ein wie alle anderen flussabwärts gelegenen Messstellen (Zustandsklasse «gut»). Auf Niveau der artspezifischen autökologischen Ansprüche, traten aber im Fließverlauf deutlichere Verschiebungen der Artenzusammensetzungen auf. Der Einfluss der Eutrophierung (vor allem gereinigte Abwässer) manifestierte sich somit weniger deutlich im Indexwert DI-CH wie in der Artenzusammensetzung. Bis auf wenige Ausnahmen wurden die ökologischen Ziele gemäss Anhang 1 der GSchV erfüllt.

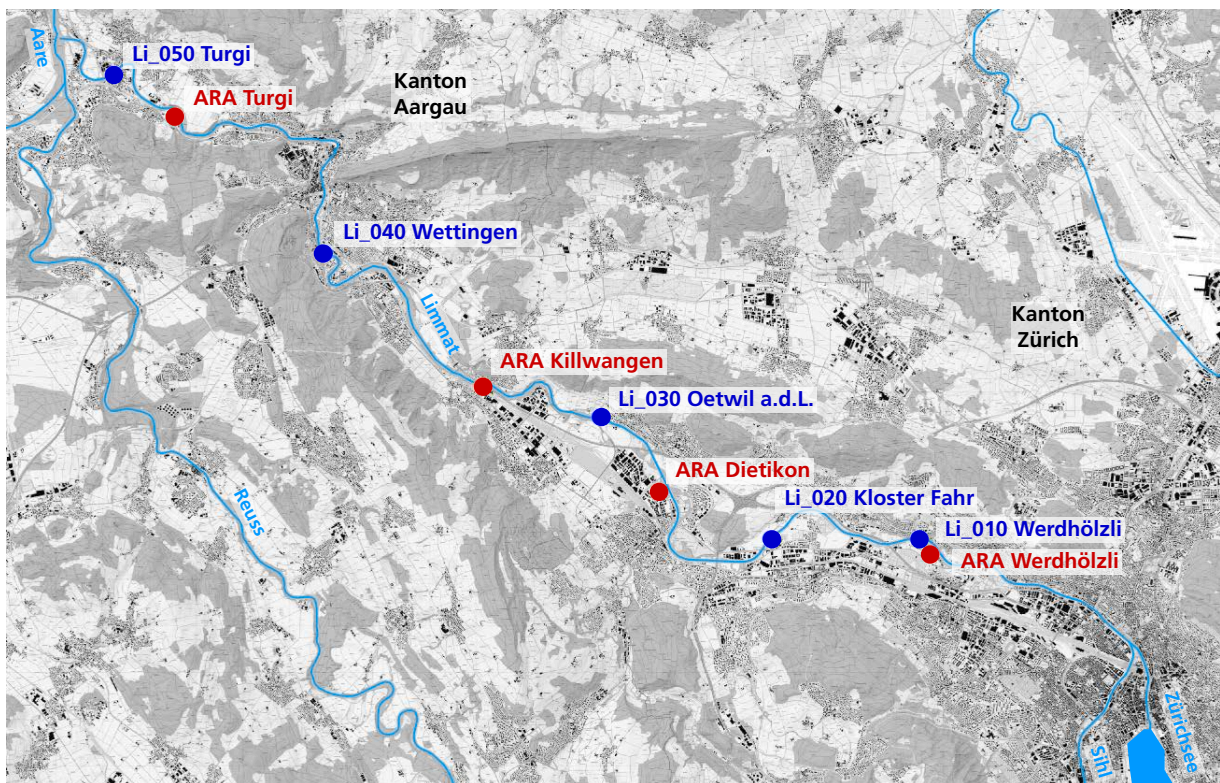


Abb. 1: Untersuchungsgebiet mit den 5 Messstellen und den Standorten der Abwasserreinigungsanlagen (ARA).

Messstellen: Li_010 Werdhölzli, Li_020 Kloster Fahr, Li_030 Oetwil a.d.L., Li_040 Wettingen und Li_050 Turgi

ARA: Werdhölzli (670'000 EW), Dietikon (biochemisch: 110'000 EW, hydraulisch: 90'000 EW), Killwangen (35'000 EW) und Turgi (80'000 EW). EW: Einwohnergleichwert.

1 Ausgangslage und Auftrag

Die Gewässerschutzfachstelle des Kantons Aargau beschloss im Jahr 2010 an zwei Messstellen der Limmat (Wettingen, Turgi) koordinierte biologische Untersuchungen durchzuführen (AquaPlus 2010, Hydra 2010). Im Jahr 2020 wurde die Untersuchung an den beiden Messstellen wiederholt sowie durch die Gewässerschutzfachstelle des Kantons Zürich um drei Messstellen erweitert (Werdhölzli, Kloster Fahr, Oettwil a.d.L.). Für biologische Untersuchungen an grösseren Flüssen sind spezielle Probenahme- und Beurteilungsmethoden anzuwenden. Die üblichen Methoden des Modulstufenkonzepts des BAFU sind nur für watbare Gewässer geeignet, was bei der Limmat nicht der Fall ist.

Der Auftrag wurde an die folgenden beiden Firmen erteilt, welche viel Erfahrung haben mit der Untersuchung grosser Fliessgewässer:

- AquaPlus AG, Zug
Projektleitung, Sondenmessungen, Äusserer Aspekt, pflanzlicher Bewuchs, Kieselalgen.
- Hydra AG, St. Gallen
Taucharbeiten, Makrozoobenthos, eDNA-Probenahme.

Die beiden beauftragten Unternehmen erstellen je einen eigenständigen Fachbericht. Der Fachbericht der Firma AquaPlus AG enthält den Teil des Äusseren Aspektes, der Sondenmessungen sowie den pflanzlichen Bewuchs (Algen, Moose, Wasserpflanzen) inklusive Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität mit Hilfe der Kieselalgen. Der Fachbericht der Hydra AG enthält den Teil Makrozoobenthos (wirbellose Kleintiere der Gewässersohle). Des Weiteren erstellen beide beauftragten Unternehmen gemeinsam einen Kurzbericht, welche die wichtigsten Kernaussagen der beiden Fachberichte zusammenfasst sowie zusätzlich das Thema eDNA (Neozoen, Wassertierkrankheiten) abhandelt.

Stellenauswahl

Die 5 Stellen wurden bewusst so gelegt, dass Einflussfaktoren nicht dominierend wirkten. So lag keine der Stellen direkt im Einleitbereich einer grossen Kläranlage, in einem Auengebiet oder im Staubereich der Wasserkraftwerke. Einzig die Stelle Oettwil a.d.L. befindet sich knapp im Bereich der Stauwurzel der Stauhaltung des Kraftwerkes Wettingen.

Einflussfaktoren

Die folgenden Einflussfaktoren dürften in der Limmat für die Gewässerbiologie von grosser Bedeutung sein:

- **Zürichsee** mit nährstoffarmem (mesotrophem) Wasser, für Seeausflüsse typisch gedämpftes Abflussregime und wenig Geschiebetrieb,
- **Zufluss Sihl** als einziger grosser Zufluss mit erhöhter Partikelfracht während Hochwasserereignissen,

- **Ökomorphologie** mit weitgehend verbauten Ufern,
- **Wasserkraft** mit Stauhaltungen und zum Teil kurzfristigen Abflussschwankungen mit Einfluss auf die Strömungsverhältnisse, Geschiebetrieb, Kolmation der Gewässersohle und Sedimentation,
- **Kläranlagen**, respektive die Einleitung von gereinigtem Abwasser mit Zuführung von Nährstoffen und gelöstem organischen Kohlenstoff,
- **Siedlungsgebiete** mit viel versiegelten Flächen (Häuser, Gewerbe, Industrie) und entsprechenden Entlastungen aus der Kanalisation (Mischwasser, Regenwasser),
- **Strassen** und die Einleitung von Strassenabwasser (Partikel, Kohlenwasserstoffe, Schwermetalle).

2 Material und Methoden

2.1 Feldarbeit

Die biologischen Untersuchungen der Limmat wurden vom 16. bis 20. März 2020 an fünf Messstellen (Werdhölzli, Kloster Fahr, Oettwil, Wettingen, Turgi) durchgeführt (Tabelle 1, Abbildung 1). Jede Messstelle wurde gemäss Methodik für grosse Fließgewässer der Firma Hydra AG (Hydra, 2017) im Querschnitt von links nach rechts mit fünf Teilmessstellen beprobt (Uli: Ufer links, Mli: Mitte links, Mi: Mitte, Mre: Mitte rechts, Ure: Ufer rechts). Die Teilmessstellen wurden gewässerökologisch charakterisiert sowie deren geografische Lage erfasst (Tabelle 1). Die Feldaufnahmen, welche durch das Unternehmen AquaPlus AG in diesem Bericht abgehandelt werden, umfassten:

- Aufnahme des Äusseren Aspektes mit den Parametern Trübung, Verfärbung, Geruch, Schaum, Verschlammung, heterotropher Bewuchs, Eisensulfid, Feststoffe und Abfälle gemäss Modul-Stufen-Konzept (BAFU, 2007a),
- Aufnahme des pflanzlichen Bewuchses (makroskopisch erkennbare Algen und Moose, submerse Makrophyten) nach Thomas & Schanz (1976),
- Probenahme Kieselalgen mit anschliessender Präparation und Bestimmung im Labor gemäss Modul-Stufen-Konzept (BAFU, 2007b),
- Erfassung der Begleitparameter Wassertemperatur, Leitfähigkeit Sauerstoffkonzentration und -sättigung mittels Multisonde HQ40d (Hach Lange GmbH),

- Messung der Fließgeschwindigkeit an den Ufern und der Wassertiefe der Transektstellen mit MiniAir20 (Schiltknecht Messtechnik AG). Die Fließgeschwindigkeiten der mittleren Tauchstellen entsprechen Schätzungen des Tauchers.

Die Probenahme sowie die Aufnahmen des Äusseren Aspektes und des pflanzlichen Bewuchses der Teilmessstellen in der Flussmitte (Mli, Mi, Mre) erfolgte jeweils durch den Taucher der Firma Hydra AG.

Tab. 1: Geografische Angaben zu den fünf Messstellen der Limmat (Werdhölzli, Kloster-Fahr, Oetwil a.d.L., Wettingen, Turgi) im Jahr 2020. Uli: Ufer links, Mli: Mitte links, Mi: Mitte, Mre: Mitte rechts, Ure: Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend.

Gewässer	Messstelle	Bezeichnung	KT	Datum	Koordinaten m ü. M.		
Limmat	Werdhölzli, Auenpark	Li_010_1_Uli	ZH	16.3.2020	678455	250832	393
Limmat	Werdhölzli, Auenpark	Li_010_2_Mli	ZH	16.3.2020	678467	250844	393
Limmat	Werdhölzli, Auenpark	Li_010_3_Mi	ZH	16.3.2020	678453	250852	393
Limmat	Werdhölzli, Auenpark	Li_010_4_Mre	ZH	16.3.2020	678453	250880	393
Limmat	Werdhölzli, Auenpark	Li_010_5_Ure	ZH	16.3.2020	678448	250886	393
Limmat	Kloster Fahr	Li_020_1_Uli	ZH	17.3.2020	675312	250851	387
Limmat	Kloster Fahr	Li_020_2_Mli	ZH	17.3.2020	675296	250849	387
Limmat	Kloster Fahr	Li_020_3_Mi	ZH	17.3.2020	675266	250855	387
Limmat	Kloster Fahr	Li_020_4_Mre	ZH	17.3.2020	675267	250868	387
Limmat	Kloster Fahr	Li_020_5_Ure	ZH	17.3.2020	675270	250883	387
Limmat	Oetwil a.d.L., Stauwurzel	Li_030_1_Uli	ZH	18.3.2020	671653	253416	380
Limmat	Oetwil a.d.L., Stauwurzel	Li_030_2_Mli	ZH	18.3.2020	671625	253439	380
Limmat	Oetwil a.d.L., Stauwurzel	Li_030_3_Mi	ZH	18.3.2020	671603	253475	380
Limmat	Oetwil a.d.L., Stauwurzel	Li_030_4_Mre	ZH	18.3.2020	671613	253486	380
Limmat	Oetwil a.d.L., Stauwurzel	Li_030_5_Ure	ZH	18.3.2020	671646	253494	380
Limmat	Wettingen, Neuenhof	Li_040_1_Uli	AG	19.3.2020	665728	256941	358
Limmat	Wettingen, Neuenhof	Li_040_2_Mli	AG	19.3.2020	665751	256927	358
Limmat	Wettingen, Neuenhof	Li_040_3_Mi	AG	19.3.2020	665719	256992	358
Limmat	Wettingen, Neuenhof	Li_040_4_Mre	AG	19.3.2020	665732	256989	358
Limmat	Wettingen, Neuenhof	Li_040_5_Ure	AG	19.3.2020	665749	256985	358
Limmat	Turgi, Untersiggenthal	Li_050_1_Uli	AG	20.3.2020	661271	260810	334
Limmat	Turgi, Untersiggenthal	Li_050_2_Mli	AG	20.3.2020	661254	260809	334
Limmat	Turgi, Untersiggenthal	Li_050_3_Mi	AG	20.3.2020	661231	260801	334
Limmat	Turgi, Untersiggenthal	Li_050_4_Mre	AG	20.3.2020	661161	260781	334
Limmat	Turgi, Untersiggenthal	Li_050_5_Ure	AG	20.3.2020	661178	260809	334

Der **pflanzliche Bewuchs** (Algen, Moose, Makrophyten) wurde mittels Bewuchsdichte-Schätzung gemäss der sechsstufigen Bildskala von Thomas & Schanz (1976) erhoben. Die Erhebung des pflanzlichen Bewuchses hatte zum Ziel die makroskopisch auffälligen Arten zu erfassen. Eine möglichst vollständige Artenliste war nicht das Ziel des Auftrages. Der pflanzliche Bewuchs der mittleren drei Tauchstellen wurden erhoben aufgrund der Beobachtungen der Taucher selber, der Unterwasserfotos sowie den beprobten Steinen. Dabei wurde vermutlich die Deckungen der krustenförmigen Rotalge *Hildenbrandia rivularis* sowie der ebenfalls krustenförmigen Braunalge *Heribaudiella fluviatilis* unterschätzt. Sie treten oft gemeinsam auf und auf Steinunterseiten. Die Steinunterseiten konnten aber anlässlich der Tauchaufnahmen nicht systematisch auf diese Algen hin untersucht werden. Von auffälligen Algenlagern wurden Proben zur späteren mikroskopischen Bestimmung entnommen. Die submersen Makrophyten und Moose wurden so weit wie möglich im Feld bestimmt. Die Verifizierungen der Moosbestimmungen auf Artniveau erfolgten durch Frau Senta Stix, FUB Forschungsstelle für Umweltbeobachtung AG, Rapperswil.

Die Probenahme der **Kieselalgen** erfolgte gemäss dem Modul-Stufen-Konzept Kieselalgen (BAFU, 2007b). Dabei wurden pro Teilmessstelle von 3-5 Steinen eine gleich grosse Aufwuchsfläche mittels Abkratzutensilien gemäss Douglas (1958) abgekratzt (Abbildung 6 rechts). Die Proben wurden im Anschluss mit Formaldehyd (37 %) auf eine Endkonzentration von rund 4 % fixiert.

2.2 Laborarbeit

Die mikroskopische Bestimmung der **benthischen Algen** erfolgte nach LANUV (2009) und bei Bedarf mit weiterer Spezialliteratur.

Die **Kieselalgen-Proben** wurden im Labor mittels Heissoxidationsmethode (Salz- und Schwefelsäure sowie anschliessende Endoxidation mit Kaliumnitrat) präpariert (Straub 1981; BAFU, 2007b). Anschliessend erfolgte die Einbettung der gereinigten Schalen in Kunstharz (Naphrax). Für die Zählung der 500 Schalen (jede Kieselalgenart besteht aus zwei Schalenhälften, Summe der gezählten Schalen = 100 %) wurde ein Mikroskop mit 1'000facher Vergrösserung verwendet. Die Teratologien wurden für jede Art erfasst, indem nach Typen unterschieden wurde (siehe auch AquaPlus 2011). Die Bestimmung erfolgte nach Hofmann et al. (2013), Krammer & Lange-Bertalot (1986; 1991a; 1991b; 2007) und Lange-Bertalot & Metzeltin (1996) sowie bei Bedarf weiterer Spezialliteratur. Die Nomenklatur richtet sich weitgehend nach Hofmann et al. (2013) sowie der firmeneigenen Synonymliste.

2.3 Auswertung

Beim **pflanzlichen Bewuchs** werden neben den Bewuchsdichten der Algen, Moose und Wasserpflanzen diverse Organismengruppen mit autökologischen Hinweisen thematisiert.

Mit den **Kieselalgenuntersuchungen** wird der biologische Zustand der Fliessgewässer der Schweiz anhand des Kieselalgen-Indexes DI-CH (Diatomeen Index Schweiz) charakterisiert. Die Zustandsbeschreibungen haben einen bekannten Bezug zu chemischen Parametern, die anthropogene Stoffbelastungen anzeigen, und sind somit ein wichtiger Aspekt im Hinblick auf die Überprüfung der ökologi-

schen Zielsetzung gemäss Anhang 1 der Gewässerschutzverordnung (GSchV, 1998). Der DI-CH reicht von 1 (nährstoffarmes Wasser) bis 8 (nährstoffreiches und organisch belastetes Wasser) und wird in 5 Klassen eingeteilt: «sehr gut», «gut», «mässig», «unbefriedigend», «schlecht» (Tabelle 2). Der DI-CH basiert auf Daten von grösstenteils kleineren und mittleren watbaren Fließgewässern. Bei der Eichung wurden jedoch Daten von sehr kleinen Bächen und grossen Flüssen weniger berücksichtigt, so dass die Anwendung wohl zulässig ist, jedoch von Fall zu Fall kritisch hinterfragt werden muss. Die Auswertungen beruhen alle auf den relativen Häufigkeiten, welche an jeder Stelle für jede gefundene Kieselalgenart aufgrund der Zählung eruiert wurden.

Die Überprüfung der ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1 (GSchV, 1998) erfolgt für jede Transektstelle nach dem in Abbildung 2 aufgeführten Vorgehen und bezieht neben der Beurteilung des DI-CH-Wertes noch weitere Kriterien mit ein. Die verschiedenen Klassierungen zusammen ergeben ein Gesamtbild der Untersuchungsstelle und erlauben eine mehrfach abgestützte Beurteilung des Gewässerzustandes. Da innerhalb einer Kieselalgenprobe die einzelnen Klassierungen voneinander abweichen können, ist im Normalfall für die 5-teilige Gesamtbewertung («sehr gut», «gut», «mässig», «unbefriedigend», «schlecht») und den Zielerfüllungsgrad («sehr gut erfüllt», «gut erfüllt», «knapp nicht erfüllt», «nicht erfüllt») diejenige Klassierung massgebend, welche die schlechteste Zustandsklasse indiziert.

Neben der Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität mittels DI-CH, D-Gruppen und Differentialartenanalyse werden für jede Transektstelle weitere Parameter wie Artenvielfalt, planktische Arten, Neophyten (gebietsfremde Arten) und Teratologie diskutiert. Teratologien sind durch Stressoren ausgelöste Missbildungen der Schalen ausserhalb der natürlichen phänotypischen Variabilität. Ursachen können natürlich sein (Silikatmangel, hohe UV-Strahlung im Gebirge) oder auch unnatürlich (Schwermetall- oder Kohlenwasserstoffbelastungen).

Die ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung Anhang 1 (GSchV, 1998) lauten:

Die Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen oberirdischer Gewässer und der von ihnen beeinflussten Umgebung sollen:

- a) naturnah und standortgerecht sein sowie sich selbst reproduzieren und regulieren;
- b) eine Vielfalt und eine Häufigkeit der Arten aufweisen, die typisch sind für nicht oder nur schwach belastete Gewässer des jeweiligen Gewässertyps.

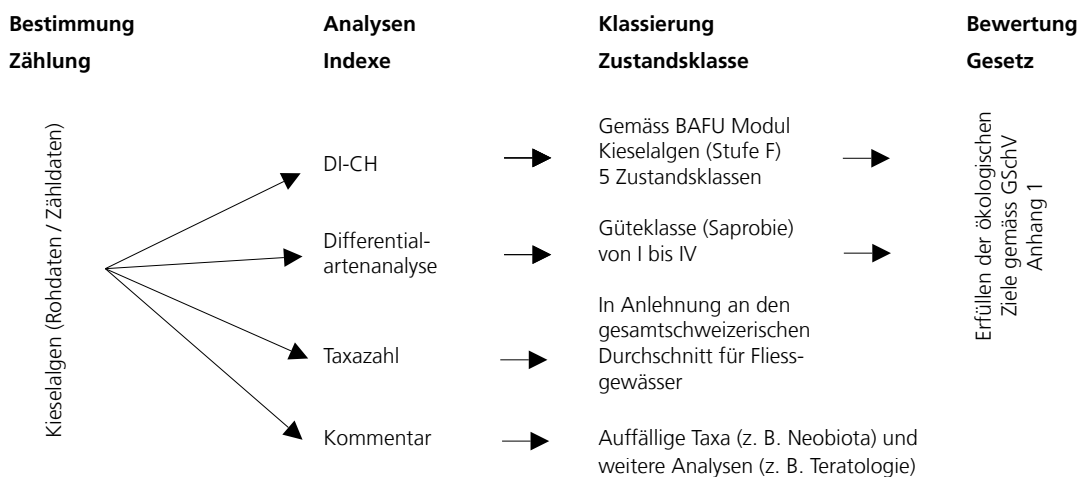
Die Stellendokumentationen, die Feldsondenmesswerte, die Daten des pflanzlichen Bewuchses sowie die Zählraten der Kieselalgenproben sämtlicher untersuchten Transektstellen sind im Anhang aufgeführt.

Tab. 2: Klassen des DI-CH-Wertes und der D-Werte mit ihren jeweiligen numerischen Werten, der Beurteilung sowie der Farbcodierung. Bei den D-Werten werden zusätzlich in der Klasse «sehr gut» die Taxa mit einem D-Wert < 2.5 unterschieden und optisch gesondert ausgewiesen.

DI-CH	Beurteilung	Farbcode	D-Werte	Beurteilung	Farbcode
1.00 - 3.49	sehr gut	blau	1, 1.5, 2	sehr gut	hellblau
3.50 - 4.49	gut	grün	2.5, 3	sehr gut	blau
4.50 - 5.49	mässig	gelb	3.5, 4	gut	grün
5.50 - 6.49	unbefriedigend	orange	4.5, 5	mässig	gelb
6.50 - 8.00	schlecht	rot	5.5, 6	unbefriedigend	orange
			6.5, 7, 7.5, 8	schlecht	rot

Abb. 2: Methodischer Ablauf zur Überprüfung der ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung Anhang 1 (GSchV, 1998).

Die Zustandsklasse jeder untersuchten Transektstelle wird mit mehreren Kriterien überprüft. Die verschiedenen Klassierungen zusammen ergeben ein Gesamtbild der Untersuchungsstelle und erlauben eine mehrfach abgestützte Beurteilung des Gewässerzustandes. Die farbig hinterlegten Flächen kennzeichnen die definierten Erkennungsfarben der einzelnen Indizes und ihrer Zustandsklassen (blau = «sehr gut», grün = «gut», gelb = «mässig», orange = «unbefriedigend», rot = «schlecht»). Da innerhalb einer Kieselalgenprobe die einzelnen Klassierungen voneinander abweichen können, ist im Normalfall für die 5-teilige Gesamtbewertung («sehr gut», «gut», «mässig», «unbefriedigend», «schlecht») und den Zielerfüllungsgrad («sehr gut erfüllt», «gut erfüllt», «knapp nicht erfüllt», «nicht erfüllt») diejenige Klassierung massgebend, welche die schlechteste Zustandsklasse indiziert.



DI-CH	Güteklasse	Taxazahl	Kommentar	Gesamtbewertung	GSchV Anhang 1
1.00 - 3.49	I		Keine Klassierung möglich. Beizug zur Bewertung von Fall zu Fall.	sehr gut	sehr gut erfüllt
	I (I-II)				
	I-II	≥40			
3.50 - 4.49	I-II (II)	10 - 39		gut	gut erfüllt
	II				
4.50 - 5.49	II (II-III)	<10		mässig	knapp nicht erfüllt
	II-III				
5.50 - 6.49	III			unbefriedigend	nicht erfüllt
6.50 - 8.00	III-IV und IV			schlecht	nicht erfüllt

3 Resultate und Diskussion

In den Kapiteln 3.1 bis 3.5 werden sämtliche Erhebungen pro Transekt besprochen. Es handelt sich dabei um folgende Themen:

Charakterisierung der Transektstelle

- Lage und wichtige Nutzungen,
- Strömungs- und Tiefenverhältnisse,
- Wassertemperatur, Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt,
- Fotos.

Äusserer Aspekt

- Fließende Welle,
- Gewässersohle / Sediment,
- Fazit mit Bewertung hinsichtlich GSchV Anhang 2.

Pflanzlicher Bewuchs

- Bewuchsdichten Algen, Moose und Wasserpflanzen,
- Organismengruppen mit autökologischen Hinweisen,
- Fazit mit Bewertung hinsichtlich GSchV Anhang 2.

Kieselalgen

- Artenvielfalt,
- Plankton,
- Neophyten,
- Teratologien,
- Biologisch indizierte Wasserqualität (DI-CH, D-Gruppen, Differentialartenanalyse),
- Fazit mit Bewertung hinsichtlich GSchV Anhang 1.

Die Abhandlung dieser Themen bedingt zum Teil die Wiederholung gleicher Aussagen.

Im Kapitel 3.6 werden Themen stellenübergreifend abgehandelt. Es geht dabei insbesondere um Gemeinsamkeiten und um Änderungen im Fließverlauf sowie um den Vergleich mit früheren Untersuchungen.

3.1 Messstelle Werdhölzli (Li_010)

Lage und wichtige Nutzungen

Die untersuchte Messstelle Li_010 Werdhölzli befindet sich rund 7.3 km unterhalb des Zürichsees und rund 5.5 km unterhalb der Mündung der Sihl in die Limmat. Zwischen Zürichsee und der Messstelle Li_010 Werdhölzli liegen die beiden Laufkraftwerke Letten und Höngg der EWZ. Die Abwasserreinigungsanlage Werdhölzli (670'000 EW) entwässert die gereinigten Abwässer unterhalb der Messstelle Li_010 Werdhölzli in die Limmat und tangiert diese somit nicht. Die Limmat weist bei Werdhölzli eine Breite von rund 55 m auf (Abbildungen 1, 3 und 4).



Abb. 3: Messstelle Li_010 Limmat Werdhölzli im Jahr 2020. Von links nach rechts: Überblick Messstelle (Blick abwärts vom Steg aus), Ufer links (Blick aufwärts), Ufer rechts (Blick abwärts). Aufnahmen vom 16.3.2020.

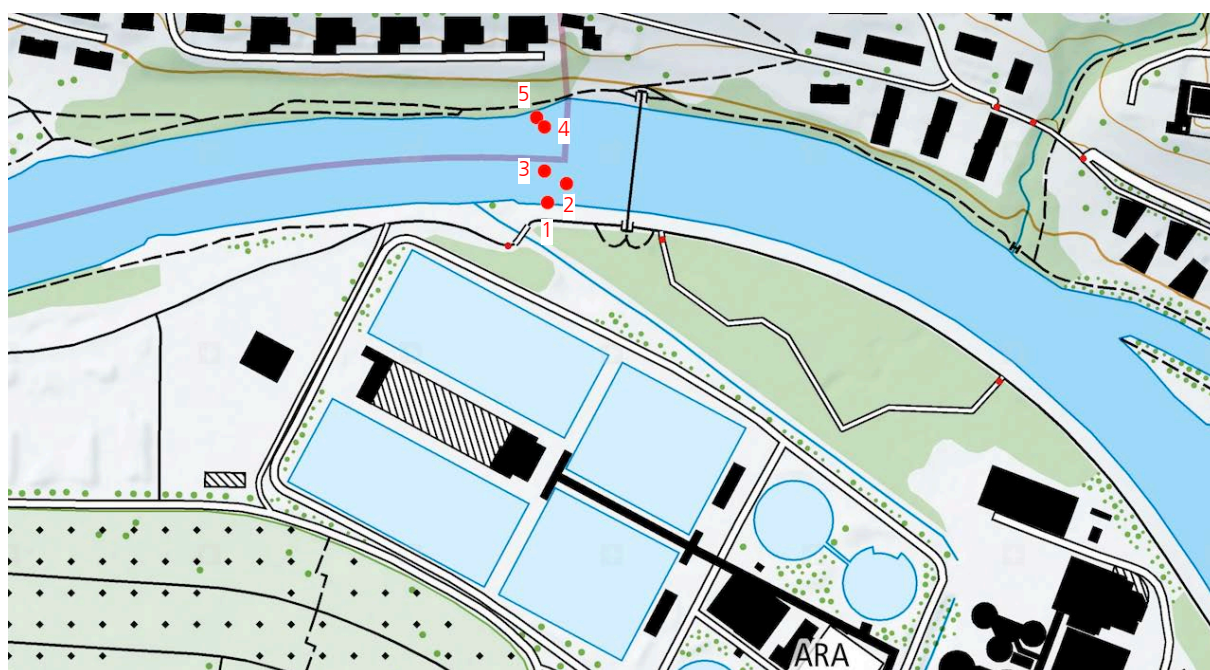


Abb. 4: Messstelle Li_010 Limmat Werdhölzli mit der Lage der 5 Transektstellen des Jahres 2020. Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links (1), Mli Mitte links (2), Mi Mitte (3), Mre Mitte rechts (4), Ure Ufer rechts (5). Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend.

Strömungsverhältnisse sowie Sondenmesswerte

Die Strömungsverhältnisse wie auch die Sondenmesswerte sind in Anhang D und die Tiefenverhältnisse in Abbildung 5 ersichtlich. Die Werte entsprachen den Erwartungen.

Äusserer Aspekt

Die Untersuchung des Äusseren Aspektes wies bei den Parametern der fliessenden Welle und den Parametern der Gewässersohle der 5 Transektstellen der Messstelle Li_010 Werdhölzli keine Beeinträchtigungen auf. Einzig die Transektstelle Li_010_4_Mre war durch wenige Abfälle (Plastik) gekennzeichnet (Tabelle 3).

Fazit: Die Messstelle Li_010 Werdhölzli wies hinsichtlich den Parametern des Äusseren Aspektes keine Beeinträchtigungen auf. Die Anforderungen an die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 2 wurden hinsichtlich des Äusseren Aspektes erfüllt. Einzig die wenigen Abfälle an einer Transektstelle stellen eine anthropogen bedingte Beeinträchtigung dar.

Pflanzlicher Bewuchs

Moose und Makrophyten

Bei der Messstelle Li_010 Werdhölzli wies nur die Transektstelle Li_010_5_Ure eine geringe Dekung an submersen Moosen und Makrophyten auf (1-10% der Gewässersohle bedeckt). Bei den Moosen waren dies die Arten *Cinclidotus riparius* und *Fontinalis antipyretica* und bei den Makrophyten die Art *Myriophyllum spicatum*. Das Moos *Cinclidotus riparius* tritt in kalkhaltigen Flüssen und grösseren Bächen im Mittelland auf und bevorzugt Stellen die oft überflutet werden (oberhalb der Mittelwasserlinie, siehe www.swissbryophytes.ch). Das Quellmoos *Fontinalis antipyretica* wie auch das Ährige Tausendblatt *Myriophyllum spicatum* sind in der Schweiz und speziell im Mittelland weit verbreitet und tolerieren auch eutrophe Gewässer. Keine der gefundenen Arten weist einen Schutzstatus auf.

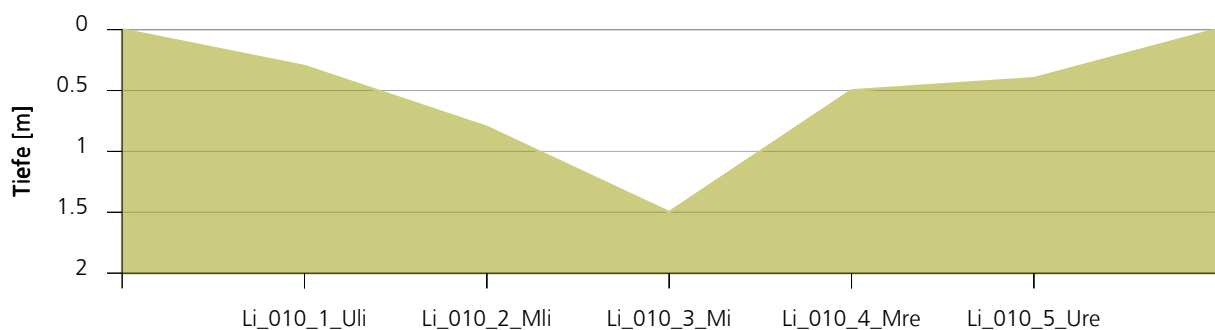


Abb. 5: Messstelle Li_010 Limmat Werdhölzli mit Angabe der Tiefenverhältnisse der 5 Transektstellen. Hinweis: Die Transektstellen befinden sich nicht wie abgebildet auf einer Linie. Die genaue Position der Transektstellen kann der vorhergehenden Abbildung entnommen werden. Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links, Mli Mitte links, Mi Mitte, Mre Mitte rechts, Ure Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend.

Algen

Die Messstelle Li_010 Werdhölzli wies bei 4 von 5 Transektstellen Ansätze von Fäden und Zotten auf (Bewuchsdichte 2). Die Transektstelle Li_010_1_Uli war hingegen durch gut ausgebildete Fäden und Zotten gekennzeichnet (Bewuchsdichte 3). Bei allen 5 Transektstellen konnten in geringen Mengen krustige Blaualgen (Cyanophyceae) festgestellt werden. An der Transektstelle des rechten Ufers traten an der Spritzwasserlinie zwei Blaualgen-Gattungen auf, nämlich die Gallerten bildende Art *Nostoc* sp. (siehe Abb. 6) sowie die Haut bildende Art *Phormidium* sp. Beide Arten sind gegen das Austrocknen gut geschützt. Die zu den Rotalgen gehörende krustenförmige *Hildenbrandia rivularis* wurde an 4 von 5 Transektstellen in geringer Dichte gefunden (Abbildung 6). Die Art ist die einzige ihrer Gattung im Süsswasser. *Hildenbrandia rivularis* ist eine schattentolerante Form, welche sensibel auf zu viel Geschiebeaktivität eines Gewässers reagiert. Ebenfalls sensibel reagiert sie auf erhöhte Trophie und organische Belastung (LANUV 2009). Zusammen mit

Tab. 3: Parameter des Äusseren Aspektes an den 5 Transektstellen der Messstelle Li_010 Limmat Werdhölzli des Jahres 2020. Bewertung gemäss Modul-Stufen-Konzept Äusserer Aspekt (BAFU, 2007a). Aufnahmen vom 16.3.2020.

Äusserer Aspekt	Li_010_1_Uli	Li_010_2_Mli	Li_010_3_Mi	Li_010_4_Mre	Li_010_5_Ure
Fließende Welle					
Trübung	keine	keine	keine	keine	keine
Verfärbung	keine	keine	keine	keine	keine
Geruch	kein	n.e.	n.e.	n.e.	kein
Schaum	kein	kein	kein	kein	kein
Gewässersohle					
Abfälle	keine	keine	keine	wenige ^A	keine
Geruch Sediment	kein	kein	kein	kein	kein
Verschlämmung	keine	keine	keine	keine	keine
Abfälle Siedlungsentw.	keine	keine	keine	keine	keine
Heterotropher Bewuchs	kein	kein	kein	kein	kein
Eisensulfid	0%	0%	0%	0%	0%
Kolmation	keine	keine	keine	keine	keine

Legende

- Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt
- Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich
- Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt

Fussnote

- ^U Ursache unbekannt
- ^A Ursache anthropogen
- n.e. nicht erhoben

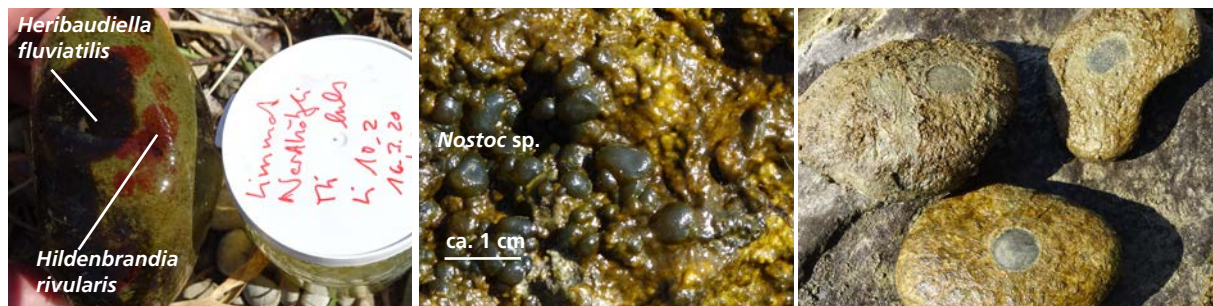


Abb. 6: Messstelle Li_010 Limmat Werdhölzli im Jahr 2020. Von links nach rechts: Stein mit Bewuchs der Rotalge *Hildenbrandia rivularis* und der Braunalge *Heribaudiella fluviatilis* (Li_010_2_Mli), Uferstein im Spritzwasserbereich mit gallertiger Blaualge *Nostoc* sp. (Li_010_5_Ure). Rechts: abgekratzte Steine der Kieselalgen-Probenahme (Li_010_5_Ure). Aufnahmen vom 16.3.2020.

Hildenbrandia rivularis trat vereinzelt auch die seltener anzutreffende Braunalge *Heribaudiella fluviatilis* auf (Abb. 6). Diese Art gilt in kalkhaltigen Fließgewässern als Indikator für eine gute ökologische Qualität (LANUV 2009). Wir finden diese Art eher selten und wenn z. B. bei Seeausflüssen (z. B. Reuss unterhalb Vierwaldstättersee). Die Art wird aber mit Sicherheit infolge der dunklen Farbe übersehen oder verwechselt. Sie tritt nicht selten zusammen mit *Hildenbrandia rivularis* auf. Bei den fädigen Grünalgen kamen die Arten *Cladophora glomerata* (mittleren 3 Transektstellen) und *Ulothrix zonata* (beide Uferstellen) in geringen Dichten vor. Die Transektstelle Li_010_1_Uli wies zudem vereinzelt die Goldalge *Hydrurus foetidus* auf, eine typische Art der kalten Jahreszeit. Sie verschwindet makroskopisch wenn das Wasser wärmer wird (> 15 °C) und erscheint wieder auf das Jahresende hin. Die Kieselalgen waren bei allen 5 Transektstellen zum Teil mit erhöhten Anteilen insbesondere an den beiden Ufern vertreten.

Fazit: Der pflanzliche Bewuchs wies bei der Messstelle Li_010 Werdhölzli eine für Flüsse mit wenig Geschiebetrieb typische bis eher dichte Bewuchsdichte sowie für den Winter zu erwartende Faden- und Krustenalgenarten auf. Insbesondere das Vorhandensein der Rotalge *Hildenbrandia rivularis* wie auch noch Restbestände der Goldalge *Hydrurus foetidus* sind typisch. Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden hinsichtlich des pflanzlichen Bewuchses erfüllt.

Kieselalgen

Artenvielfalt

Die Artenvielfalt lag mit 15 bis 28 Taxa unter dem zu erwartenden Mittel in einem grösseren Fließgewässer von 35 bis 40 Taxa. Das häufigste Taxon war fast an jeder Stelle die gebietsfremde Art *Achnanthydium delmontii*. Sie erreichte Häufigkeiten zwischen rund 20 und 75 %. Die Summe der drei häufigsten Arten war mit 57 bis 88 % beachtlich hoch. Damit sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass auch nicht zahlreiche Arten innerhalb einer Zählung von 500 Schalen erfasst werden können (Tabelle 11).

Plankton

Die Anteile an vorgefundenen planktischen Arten waren an den 5 Transektstellen mit 0.0 - 0.8 % gering. An den 5 Transektstellen konnten 6 planktische Arten nachgewiesen werden. Es waren dies *Asterionella formosa*, *Cyclotella comensis* sensu lato, *Fragilaria crotonensis*, *Stephanodiscus alpinus*, *Stephanodiscus hantzschii* und *Stephanodiscus parvus*. Die planktischen Arten wurden vermutlich vom Zürichsee abgeschwemmt (Tabelle 11).

Teratologien

Der Anteil an Schalen mit Teratologien lag bei den 5 Transektstellen bei 0.6 - 1.2 %, die Messstelle Li_010_2_Mli wies sogar einen Anteil von 4.6 % auf. Die Teratologien wurden allesamt bei der Art *A. delmontii* nachgewiesen, welche stärker als andere Arten zur Bildung von Teratologien neigt. Die 5 Transektstellen wiesen Teratologien des Typs 1 (Schalenumriss intakt, Strukturen im Innern der

Schale leicht gestört) und/oder des Typs 4.1 (Schalenumriss defekt und Strukturen im Innern nicht gestört) auf (Tabelle 11). Da die Missbildungen sich nur auf eine Art beziehen, gehen wir eher von einem natürlichen Phänomen aus.

Neophyten

Die gebietsfremde Art *A. delmontii* kam bei den 5 Transektstellen mit hohen respektive sehr hohen Anteilen von rund 20 bis 75 % vor. *A. delmontii* war bei 4 von 5 Transektstellen das dominierende Taxon (Tabelle 11). *A. delmontii* wird in der Schweiz seit 2012 beobachtet (AquaPlus 2020). Aktuelle Nachkontrollen in den Proben der Limmat-Untersuchung des Jahres 2010 (AquaPlus 2010), zeigten jedoch, dass das Taxon schon damals vorhanden war. Im Jahr 2010 war jedoch dieses Taxon noch nicht beschrieben (Pérès et al. 2012), so dass es zu dem sehr ähnlichen Taxon *Achnantheidium pyrenaicum* (= *Achnanthes biasoletiana*) gezählt wurde. Die gebietsfremde Art *A. delmontii* dürfte für Mensch, Nutztiere und Infrastruktur keine Probleme geben. Das Taxon beeinflusst aber die Artenvielfalt in einem Fliessgewässer sehr stark, indem es mit den hohen Zelldichten andere (standortgerechte) Arten verdrängt.

Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität

Der Kieselalgenindex DI-CH erreichte bei den 5 Transektstellen Indexwerte zwischen 3.14 und 3.54. Der Mittelwert des DI-CH-Wertes über alle Transektstellen hinweg betrug 3.36. Vier von 5 Transektstellen befanden sich in der Zustandsklasse «sehr gut». Die Transektstelle Li_10_2_Mli erreichte diese Zustandsklasse knapp nicht und fiel in die Zustandsklasse «gut». Sämtliche Transektstellen erfüllten basierend auf dem DI-CH-Wert die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 1 (Abbildung 7, Tabelle 11).

Die D-Gruppen illustrieren den Anteil der Zustandsklassen innerhalb einer Stelle. Bei allen Transektstellen dominierten die D-Gruppen der Zustandsklassen «sehr gut» (D-Wert: < 3.5) und «gut» (D-Wert \geq 3.5 bis < 4.5). Die D-Gruppen dieser beiden Zustandsklassen nahmen dabei Anteile von rund 95 bis 99 % ein, wobei die D-Gruppe der Zustandsklasse «gut» mit Ausnahme bei der Transektstelle Li_010_Ure stets am häufigsten vertreten war (Abbildung 8).

Bei den Differentialartengruppen nahmen bei den 5 Transektstellen die «hypersensiblen», «sensiblen» und «sensiblen bis toleranten» Arten 90 bis 97 % ein. Alle 5 Transektstellen entsprechen der Güteklasse II (Tabelle 11).

Fazit: Hinsichtlich Überprüfung der ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1 erreichte die Messstelle Li_010 Werdhölzli bei allen 5 Transektstellen den Zielerfüllungsgrad «gut erfüllt» (Tabelle 11).

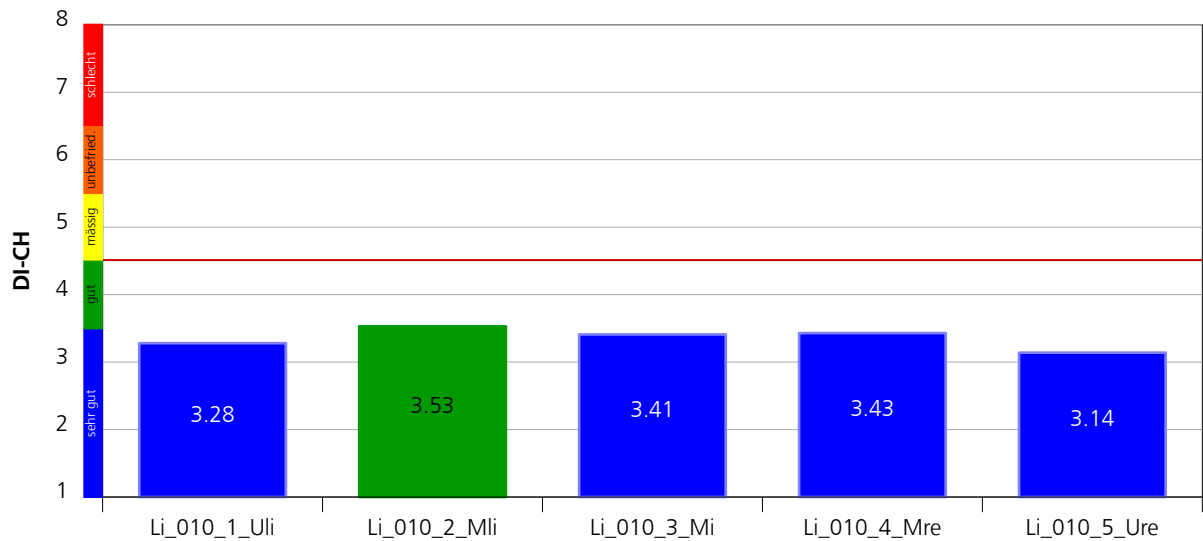


Abb. 7: Biologisch indizierte Wasserqualität basierend auf den Kieselalgen, dargestellt mit dem DI-CH-Wert an den 5 Transektstellen der Messstelle Li_010 Limmat Werdhölzli des Jahres 2020.

Bewertung: gemäss Modul-Stufen-Konzept Kieselalgen, Stufe F, Zweiteichung mit 5 Zustandsklassen (BAFU, 2007b). Rote Linie: ab einem DI-CH von 4.5, werden die Anforderungen der GSchV, Anhang 1 nicht mehr erfüllt (GSchV, 1998). Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links, Mli Mitte links, Mi Mitte, Mre Mitte rechts, Ure Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend. Aufnahmen vom 16.3.2020.

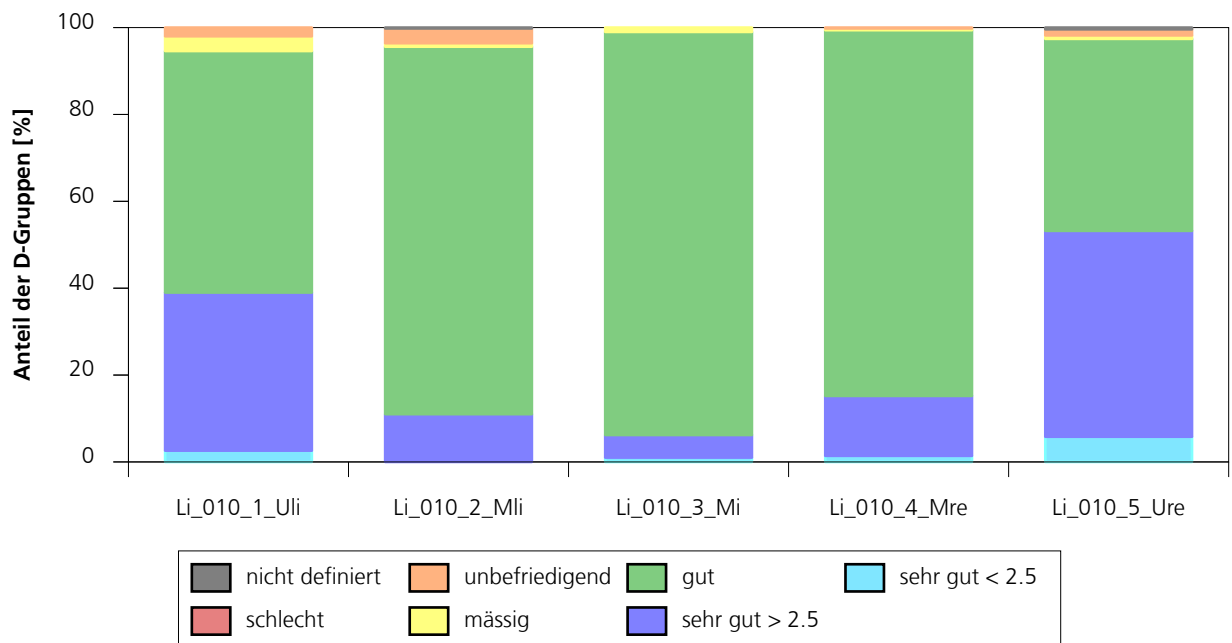


Abb. 8: Anteile der D-Gruppen der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften der 5 Transektstellen der Messstelle Li_010 Limmat Werdhölzli des Jahres 2020.

Summe aller Taxa mit D-Werten derselben Zustandsklasse; D-Werte gemäss Modul-Stufen-Konzept Kieselalgen (BAFU, 2007b). Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links, Mli Mitte links, Mi Mitte, Mre Mitte rechts, Ure Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend. Aufnahmen vom 16.3.2020.

3.2 Messstelle Kloster Fahr (Li_020)

Lage und wichtige Nutzungen

Die untersuchte Messstelle Li_020 Kloster Fahr liegt rund 3.6 km unterhalb der Messstelle Li_010 Werdhölzli und nördlich von Schlieren. Die Abwasserreinigungsanlage Werdhölzli (670'000 EW) entwässert die gereinigten Abwässer unterhalb der Messstelle Li_010 Werdhölzli in die Limmat, so dass das Wasser an der Stelle Kloster Fahr dieses gereinigte Abwasser mitführt. Die Limmat weist bei Kloster Fahr eine Breite von 50 m auf (Abbildungen 1, 9 und 10).



Abb. 9: Messstelle Li_020 Limmat Kloster Fahr im Jahr 2020. Von links nach rechts: Überblick Messstelle (Blick aufwärts von der Brücke aus), Ufer links (Blick abwärts), Ufer rechts (Blick aufwärts). Aufnahmen vom 17.3.2020.



Abb. 10: Messstelle Li_020 Limmat Kloster Fahr mit der Lage der 5 Transektstellen des Jahres 2020. Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links (1), Mli Mitte links (2), Mi Mitte (3), Mre Mitte rechts (4), Ure Ufer rechts (5). Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend.

Strömungsverhältnisse sowie Sondenmesswerte

Die Strömungsverhältnisse wie auch die Sondenmesswerte sind in Anhang D und die Tiefenverhältnisse in Abbildung 11 ersichtlich. Das Wasser war sauerstoffgesättigt bis übersättigt (linke Seite: 12.2 mg O₂/l, 111 %; rechte Seite: 11.6 mg O₂/l, 102 %). Der höhere Sauerstoffgehalt dürfte auf die höhere pflanzliche Biomasse (tagsüber erhöhte Produktion) zurückzuführen sein. Die anderen Werte entsprachen den Erwartungen.

Äusserer Aspekt

Die Untersuchung des Äusseren Aspektes wies bei den Parametern der fließenden Welle der 5 Transektstellen der Messstelle Li_020 Kloster Fahr keine Beeinträchtigungen auf. Einzig die Transektstelle Li_020_5_Ure war durch wenig Schaum unbekannter Ursache gekennzeichnet. Bezüglich den Parametern der Gewässersohle wies die Transektstelle Li_020_5_Ure wenige Abfälle (Plastik) sowie Eisensulfidflecken (1-10 %) auf. Die Eisensulfidflecken an der rechten Uferseite sowie die leichte bis mittlere Kolmation der drei mittleren Transektstellen sind vermutlich auf die an der Messstelle vorherrschende geringe Dynamik (wenig Geschiebetrieb) zurückzuführen. Das linke und das rechte Ufer der Messstelle Li_020 Kloster Fahr sowie deren angrenzenden Gewässersohlen sind durch Blockwurf verbaut. Die Beurteilung der Kolmation fällt als leicht bis mittelstark kolmatiert aus (Tabelle 4).

Fazit: Die an der Messstelle Li_020 Kloster Fahr vermutlich vorherrschende geringe Dynamik (wenig Geschiebetrieb) dürfte für die Beeinträchtigungen der Gewässersohle mitverantwortlich sein. Die Anforderungen an die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 2 sind hinsichtlich des Äusseren Aspektes grösstenteils erfüllt. Am rechten Ufer gilt die Erfüllung der Anforderungen an die GSchV für die Parameter Schaum und Abfälle jedoch als fraglich. Dasselbe gilt für alle Transektstellen für den Parameter Kolmation.

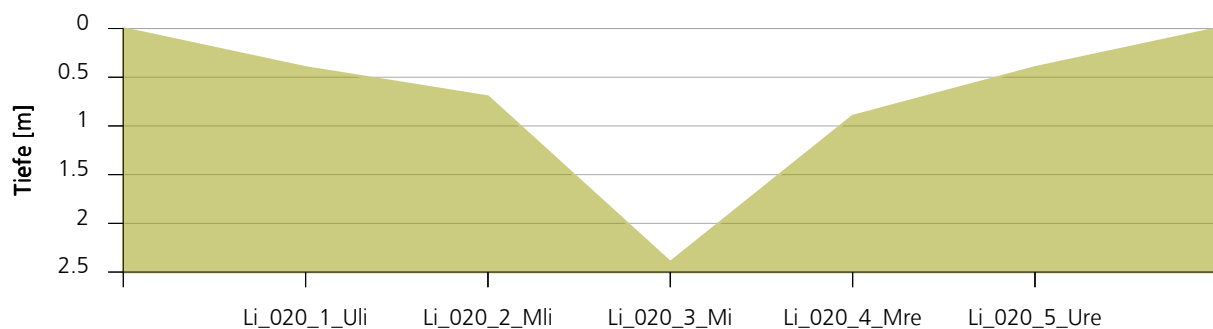


Abb. 11: Messstelle Li_020 Limmat Kloster Fahr mit Angabe der Tiefenverhältnisse der 5 Transektstellen. Hinweis: Die Transektstellen befinden sich nicht wie abgebildet auf einer Linie. Die genaue Position der Transektstellen kann der vorhergehenden Abbildung entnommen werden. Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links, Mli Mitte links, Mi Mitte, Mre Mitte rechts, Ure Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend.

Pflanzlicher Bewuchs

Moose und Makrophyten

Bei der Messstelle Li_020 Kloster Fahr konnte an 3 der 5 Transektstellen je eine Moosart mit geringem Deckungsgrad (1-10% der Gewässersohle bedeckt) nachgewiesen werden. Es waren dies *Cinclidotus riparius* (Li_020_5_Ure), *Fontinalis antipyretica* (Li_020_1_Uli) und *Rhynchostegium riparioides* (Li_020_4_Mre). Die Stelle wies somit eine ähnliche Moosflora auf wie flussaufwärts.

Bei den Makrophyten war die Art *Ranunculus fluitans* an der Transektstelle Li_020_2_Mli mit einer geringen Deckung (11-25% der Gewässersohle bedeckt) vertreten. Dieser flutende Wasserhahnenfuss tritt untergetaucht (submers) in kalkhaltigen Fließgewässern des Mittellandes auf. Bei hoher Dichte vermag die Art den Lebensraum zu prägen (www.infoflora.ch). Alle Moosarten wie auch die Wasserpflanze weisen keinen Schutzstatus auf.

Algen

Die Messstelle Li_020 Kloster Fahr wies an den 5 Transektstellen eine Bewuchsdichte von 3 (gut ausgebildete Fäden und Zotten) auf. Bei allen 5 Transektstellen konnten in geringen Mengen krustige Blaualgen (Cyanophyceae) festgestellt werden. An der Transektstelle des rechten Ufers trat die häutige Blaualgen-Gattung *Phormidium* sp. und an vier der fünf Transektstellen die zu den Rotalgen gehörende krustige *Hildenbrandia rivularis* in geringen Mengen auf. Des Weiteren kam wiederum vereinzelt die krustige Braunalge *Heribaudiella fluviatilis* (Li_020_2_Mli) vor.

Tab. 4: Parameter des Äusseren Aspektes an den 5 Transektstellen der Messstelle Li_020 Limmat Kloster Fahr des Jahres 2020. Bewertung gemäss Modul-Stufen-Konzept Äusserer Aspekt (BAFU, 2007a). Aufnahmen vom 17.3.2020.

Äusserer Aspekt	Li_020_1_Uli	Li_020_2_Mli	Li_020_3_Mi	Li_020_4_Mre	Li_020_5_Ure
Fließende Welle					
Trübung	keine	keine	keine	keine	keine
Verfärbung	keine	keine	keine	keine	keine
Geruch	kein	n.e.	n.e.	n.e.	kein
Schaum	kein	kein	kein	kein	wenig ^U
Gewässersohle					
Abfälle	keine	keine	keine	keine	wenig ^A
Geruch Sediment	kein	kein	kein	kein	kein
Verschlämmung	keine	keine	keine	keine	keine
Abfälle Siedlungsentw.	keine	keine	keine	keine	keine
Heterotropher Bewuchs	kein	kein	kein	kein	kein
Eisensulfid	0%	0%	0%	0%	1-10% ^U
Kolmation	leicht/mittel ^A	leicht/mittel ^U	leicht/mittel ^U	leicht/mittel ^U	leicht/mittel ^A

Legende

- Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt
- Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich
- Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt

Fussnote

- ^U Ursache unbekannt
- ^A Ursache anthropogen
- n.e. nicht erhoben

Die fädige Grünalge *Cladophora glomerata* kam an allen Transektstellen mit unterschiedlichen Anteilen vor (Abbildung 12). Die mittlere Transektstelle war dabei durch die grösste Dichte gekennzeichnet (26-50% der Gewässersohle bedeckt), während die anderen vier Transektstellen eine Deckung von 11-25 % aufwiesen. *Cladophora glomerata* gilt bei hoher Deckung (> 1/3 Fläche des Bachbettes) als Störzeiger (LANUV 2009), was im vorliegenden Fall in der Flussmitte vermutlich zutrifft. Am linken Ufer trat zudem mit geringer Dichte die fädige Gelbgrünalge *Vaucheria sp.* auf, welche ebenfalls bei hoher Dichte als Störzeiger bezeichnet wird. Diese erhöhte pflanzliche Biomasse und damit bedingte pflanzliche Produktion dürften Grund sein für die leicht übersättigten Sauerstoffwerte. Die Kieselalgen waren bei 3 der 5 Transektstellen mit deutlich erhöhten Anteilen von 51-75 % Deckung vertreten.

Fazit: Der pflanzliche Bewuchs wies bei der Messstelle Li_020 Kloster Fahr eine im Vergleich zur Stelle Werdhölzli deutlich erhöhte Bewuchsdichte an Fadenalgen (*Cladophora glomerata*) auf. Die Flächenausdehnung dieser Algenart ist stellenweise grösser wie ein Drittel der Flussbettfläche, so dass dies für den Lebensraum Fluss als atypisch beurteilt wird. Diese erhöhte pflanzliche Produktion dürfte durch die gereinigten Abwässer der ARA Werdhölzli zumindest mitbedingt worden sein. Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 (*unnatürliche Wucherungen von Algen*) wurden hinsichtlich des pflanzlichen Bewuchses zumindest im mittleren Bereich des Flussbettes nicht erfüllt.

Kieselalgen

Artenvielfalt

Die Artenvielfalt liegt mit 20 bis 28 Taxa unter dem zu erwartenden Mittel in einem grösseren Fließgewässer von 35 bis 40 Taxa. Die drei häufigsten Taxa waren einerseits wiederum die gebietsfremde Art *Achnanthydium delmontii* sowie die beiden in Schweizer Gewässern häufig auftretenden Taxa *Nitzschia dissipata* und *Nitzschia fonticola*. Die Summe der relativen Häufigkeiten dieser drei häufigsten Arten war mit rund 55 bis 90 % beachtlich hoch. Damit sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass auch nicht zahlreiche Arten innerhalb einer Zählung von 500 Schalen erfasst werden können (Tabelle 11).

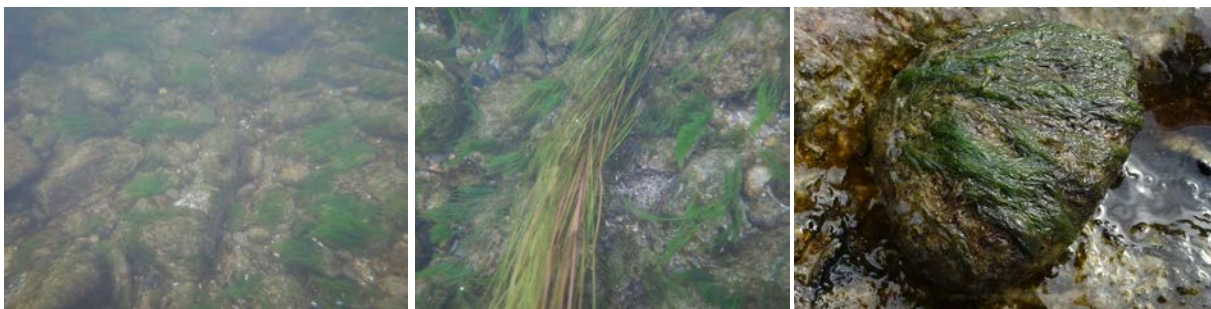


Abb. 12: Messstelle Li_020 Limmat Kloster Fahr im Jahr 2020. Von links nach rechts: Flussgrund mit deutlichem Bewuchs der Grünalge *Cladophora glomerata* sowie in der Mitte die Wasserpflanze *Ranunculus fluitans*. Rechts ein Stein mit der fädigen Grünalge *Cladophora glomerata*. Aufnahmen vom 17.3.2020 (Fotos links und Mitte der Hydra AG).

Plankton

Die Anteile an vorgefundenen planktischen Arten waren an den 5 Transektstellen mit 0.4 - 1.0 % gering. An den 5 Transektstellen konnten 8 planktische Arten nachgewiesen werden. Es waren dies *Asterionella formosa*, *Cyclotella atomus*, *Cyclotella comensis* sensu lato, *Cyclotella ocellata*, *Fragilaria crotonensis*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Stephanodiscus minutulus* und *Stephanodiscus parvus*. Die planktischen Arten stammen vermutlich aus dem Zürichsee (Tabelle 11).

Teratologien

Der Anteil an Schalen mit Teratologien lag bei den 5 Transektstellen bei 0.0 - 2.0 %. Die Teratologien wurden allesamt bei der Art *A. delmontii* nachgewiesen, welche stärker als andere Arten zur Bildung von Teratologien neigt. Die Transektstellen wiesen vor allem Teratologien des Typs 4.1 (Schalenumriss defekt und Strukturen im Innern nicht gestört) auf (Tabelle 11). Da die Missbildungen sich nur auf eine Art beziehen, gehen wir eher von einem natürlichen Phänomen aus.

Neophyten

Die gebietsfremde Art *A. delmontii* kam bei den 5 Transektstellen mit hohen respektive sehr hohen Anteilen von rund 10 bis 51 % vor. *A. delmontii* war bei 3 von 5 Transektstellen das dominierende Taxon (Tabelle 11). Für weitere Hinweise zu diesem Taxon verweisen wir auf das Kapitel 3.1 (Stelle Werdhölzli).

Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität

Der Kieselalgenindex DI-CH erreichte bei den 5 Transektstellen Indexwerte zwischen 3.49 und 3.57. Der Mittelwert des DI-CH-Wertes über alle Transektstellen hinweg betrug 3.52. Zwei von 5 Transektstellen befanden sich knapp noch in der Zustandsklasse «sehr gut». Die Transektstelle Li_20_2_Mli, Li_20_3_Mi und Li_20_5_Ure erreichten diese Zustandsklasse knapp nicht und fielen in die Zustandsklasse «gut». Sämtliche Transektstellen erfüllten basierend auf dem DI-CH-Wert die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 1 (Abbildung 13, Tabelle 11).

Die D-Gruppen illustrieren den Anteil der Zustandsklassen innerhalb einer Stelle. Bei allen Transektstellen dominierten die D-Gruppen der Zustandsklassen «sehr gut» (D-Wert: < 3.5) und «gut» (D-Wert \geq 3.5 bis < 4.5). Die D-Gruppen dieser beiden Zustandsklassen nahmen dabei Anteile von rund 94 bis 97 % ein, wobei die D-Gruppe der Zustandsklasse «gut» stets am häufigsten vertreten war (Abbildung 14). Im Vergleich zur aufwärts gelegenen Stelle Werdhölzli nahm der Anteil der Gruppe «sehr gut» insbesondere an den beiden Uferstellen deutlich ab.

Bei den Differentialartengruppen nahmen bei den 5 Transektstellen die «hypersensiblen», «sensiblen» und «sensiblen bis toleranten» Arten 89 bis 99 % ein. Alle 5 Transektstellen entsprechen der Güteklasse II (Tabelle 11).

Fazit: Hinsichtlich Überprüfung der ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1 erreicht die Messstelle Li_020 Kloster Fahr bei allen 5 Transektstellen den Zielerfüllungsgrad «gut erfüllt» (Tabelle 11).

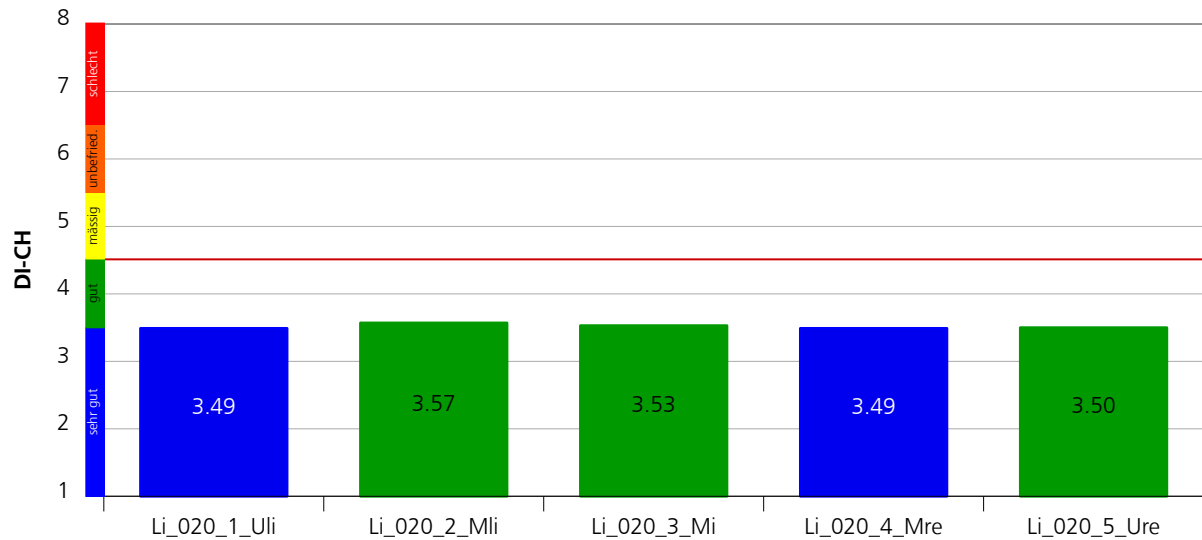


Abb. 13: Biologisch indizierte Wasserqualität basierend auf den Kieselalgen, dargestellt mit dem DI-CH-Wert an den 5 Transektstellen der Messstelle Li_020 Limmat Kloster Fahr des Jahres 2020.

Bewertung gemäss Modul-Stufen-Konzept Kieselalgen, Stufe F, Zweiteichung mit 5 Zustandsklassen (BAFU, 2007b). Rote Linie: ab einem DI-CH von 4.5, werden die Anforderungen der GSchV, Anhang 1 nicht mehr erfüllt (GSchV, 1998). Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links, Mli Mitte links, Mi Mitte, Mre Mitte rechts, Ure Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend. Aufnahmen vom 17.3.2020.

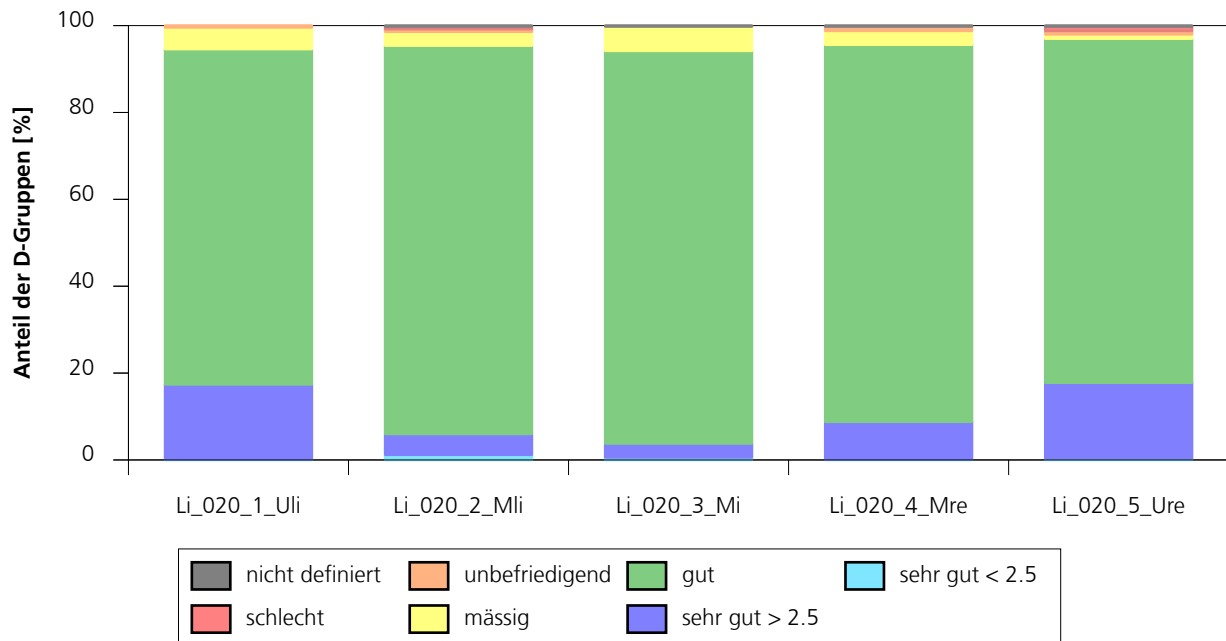


Abb. 14: Anteile der D-Gruppen der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften der 5 Transektstellen der Messstelle Li_020 Limmat Kloster Fahr des Jahres 2020. Summe aller Taxa mit D-Werten derselben Zustandsklasse; D-Werte gemäss Modul-Stufen-Konzept Kieselalgen (BAFU, 2007b). Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links, Mli Mitte links, Mi Mitte, Mre Mitte rechts, Ure Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend. Aufnahmen vom 17.3.2020.

3.3 Messstelle Oetwil a. d. L. (Li_030)

Lage und wichtige Nutzungen

Die untersuchte Messstelle Li_030 Oetwil a.d.L. liegt rund 6 km unterhalb der Messstelle Li_020 Kloster Fahr. Zwischen den beiden Messstellen befindet sich das Laufkraftwerk Dietikon der EKZ sowie die linksseitige Einmündung der Reppisch. Die Abwasserreinigungsanlage Dietikon (biochemisch: 110'000 EW, hydraulisch: 90'000 EW) befindet sich rund 2.2 km oberhalb der Messstelle. Die Limmat weist bei Oetwil a.d.L. eine Breite von 80 m auf (Abbildungen 1, 15 und 16). Die Stelle befindet sich gerade im oder höchstens wenig oberhalb der Stauwurzel des Stauraumes des Kraftwerkes Wettingen.



Abb. 15: Messstelle Li_030 Limmat Oetwil a.d.L. im Jahr 2020. Von links nach rechts: Überblick Messstelle (Blick aufwärts), Ufer links (Blick abwärts), Ufer rechts (Blick aufwärts). Aufnahmen vom 18.3.2020.

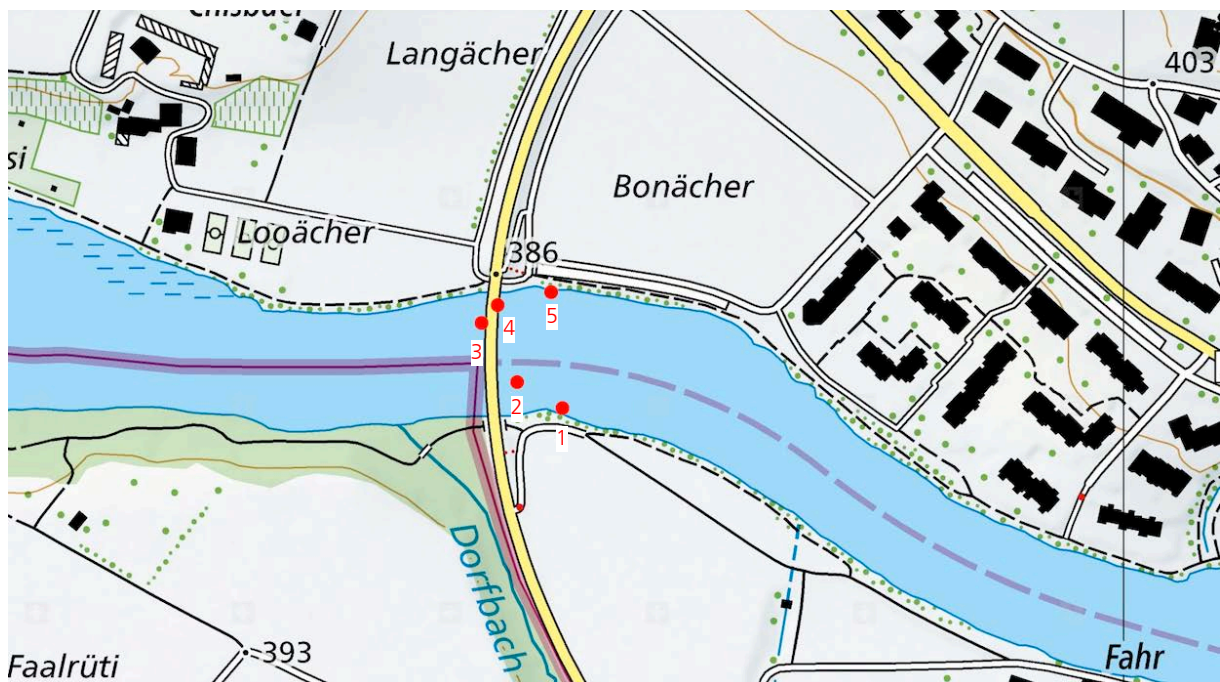


Abb. 16: Messstelle Li_030 Limmat Oetwil a.d.L. mit der Lage der 5 Transektstellen des Jahres 2020. Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links (1), Mli Mitte links (2), Mi Mitte (3), Mre Mitte rechts (4), Ure Ufer rechts (5). Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend.

Strömungsverhältnisse sowie Sondenmesswerte

Die Strömungsverhältnisse wie auch die Sondenmesswerte sind in Anhang D und die Tiefenverhältnisse in Abbildung 17 ersichtlich. Die Fließgeschwindigkeit variierte im Uferbereich und der fließenden Welle im mittleren Flussbereich nicht stark (0.1 - 0.2 m/s im Uferbereich und an den Taucherstellen 0.3 - 0.5 m/s). Die doch eher geringen und über die Breite recht homogene Fließgeschwindigkeiten, die grössere Tiefe sowie der je nach Transektstelle hohe Anteil an Grob- und Feinkies sowie Feinsedimenten verdeutlichen, dass die Stelle zum Zeitpunkt der Untersuchung sich vermutlich gerade noch im Einflussbereich des Stauraumes Wettlingen befand. Die anderen Werte entsprachen den Erwartungen. Die Übersättigung wie an der Stelle Kloster Fahr war nicht mehr vorhanden. Dies vermutlich weil der Algenbewuchs- wie auch die Moosdichte in der Flussmitte vergleichsweise gering waren. Die grössere Tiefe, die geringere Lichtintensität und der instabilere Untergrund dürften mitverantwortlich sein für den geringeren pflanzlichen Bewuchs.

Äusserer Aspekt

Die Untersuchung des Äusseren Aspektes stellte bei den 5 Transektstellen der Messstelle Li_030 Oetwil a. L. hinsichtlich Parameter der fließenden Welle keine Beeinträchtigungen fest. Bezüglich den Parametern der Gewässersohle wies die Transektstelle Li_030_5_Ure wenige Abfälle auf (Glasflasche). Der Geruch des Sediments war am linken und rechten Ufer durch eine mittlere respektive geringe Beeinträchtigung gekennzeichnet. Am linken Ufer roch das Sediment faulig und nach Kohlenwasserstoffen (Strassenabwasser?) sowie Abwasser und am rechten Ufer faulig und nach Abwasser. Die Transektstellen des linken und des rechten Ufers wiesen zudem eine geringe respektive mittlere Verschlammung (Abbildung 18) sowie Eisensulfidflecken (1-10 %) auf. Zwei der drei mittleren Transektstellen wiesen eine leichte bis mittlere Kolmation auf. Die Beeinträchtigungen der Gewässersohle sind vermutlich auf die an der Messstelle meistens geringe Dynamik

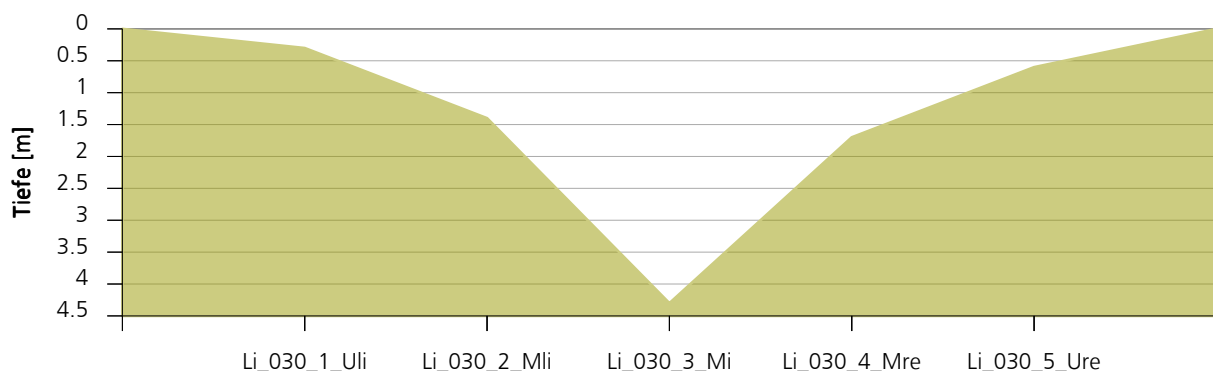


Abb. 17: Messstelle Li_030 Limmat Oetwil a.d.L. mit Angabe der Tiefenverhältnisse der 5 Transektstellen. Hinweis: Die Transektstellen befinden sich nicht wie abgebildet auf einer Linie. Die genaue Position der Transektstellen kann der vorhergehenden Abbildung entnommen werden. Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links, Mli Mitte links, Mi Mitte, Mre Mitte rechts, Ure Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend.

(wenig Geschiebetrieb) zurückzuführen (Tabelle 5). Zumindest führte die im Vergleich zu den Fließstrecken doch geringe Strömung im Stauwurzelbereich zu erhöhter Sedimentation mit der Konsequenz der Akkumulation von Schadstoffen.

Fazit: Die an der Messstelle Li_030 Oetwil a.d.L. im Vergleich zu Fließstrecken geringere Strömung und demzufolge auch geringere Dynamik (wenig Geschiebetrieb) im Stauwurzelbereich des Kraftwerks Wettingen dürfte für die diversen Beeinträchtigungen der Gewässersohle hauptsächlich verantwortlich sein. Die Anforderungen an die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 2 sind hinsichtlich des Äusseren Aspektes für die Parameter der fließenden Welle erfüllt. Bei den Parametern der Gewässersohle ist die Erfüllung der Anforderungen für einige Parameter fraglich. Dies betrifft grösstenteils die Transektstellen des linken und des rechten Ufers.

Tab. 5: Parameter des Äusseren Aspektes an den 5 Transektstellen der Messstelle Li_030 Limmat Oetwil des Jahres 2020. Bewertung gemäss Modul-Stufen-Konzept Äusserer Aspekt (BAFU, 2007a). Aufnahmen vom 18.3.2020.

Äusserer Aspekt	Li_030_1_Uli	Li_030_2_Mli	Li_030_3_Mi	Li_030_4_Mre	Li_030_5_Ure
Fließende Welle					
Trübung	keine	keine	keine	keine	keine
Verfärbung	keine	keine	keine	keine	keine
Geruch	kein	n.e.	n.e.	n.e.	kein
Schaum	kein	kein	kein	kein	kein
Gewässersohle					
Abfälle	keine	keine	keine	keine	wenig ^A
Geruch Sediment	mittel ^A	kein	kein	kein	gering ^A
Verschlämmung	wenig ^U	keine	keine	keine	mittel ^U
Abfälle Siedlungsentw.	keine	keine	keine	keine	keine
Heterotropher Bewuchs	vereinzelt ^U	vereinzelt ^U	kein	kein	kein
Eisensulfid	1-10% ^U	0%	0%	0%	1-10% ^U
Kolmation	keine	keine	leicht/mittel ^U	leicht/mittel ^U	keine

Legende

- Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt
- Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich
- Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt

Fussnote

- ^U Ursache unbekannt
- ^A Ursache anthropogen
- n.e. nicht erhoben



Abb. 18: Messstelle Li_030 Limmat Oetwil a.d.L. im Jahr 2020. Von links nach rechts: Starke Veralgung (Bewuchsdichte 4) des linken Ufers mit der Kolonien bildenden Kieselalge *Diatoma* sp. (Li_030_1_Uli), Stein mit Eisensulfidflecken und Egel. Rechts: mit Feinsedimenten überdeckte Steine (Li_030_5_Uli). Aufnahmen vom 18.3.2020.

Pflanzlicher Bewuchs

Moose und Makrophyten

Bei der Messstelle Li_030 Oetwil a.d.L. trat hinsichtlich der Makrophyten an der Transektstelle Li_030_2_Mli wie bereits flussaufwärts beim Kloster Fahr der flutende Wasserhahnenfuss *Ranunculus fluitans* mit einer geringen Deckung (1-10 % der Gewässersohle bedeckt) auf. Submerse Moose konnten bei keiner der 5 Transektstellen nachgewiesen werden.

Algen

Die Messstelle Li_030 Oetwil a.d.L. war am linken und rechten Ufer durch eine starke Veralgung gekennzeichnet (Bewuchsdichte 4, Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen, Abbildung 18). Bei zwei der mittleren Transektstellen war die Bewuchsdichte etwas geringer (Bewuchsdichte 3, gut ausgebildete Fäden und Zotten). Bei allen 5 Transektstellen konnten in geringen Mengen krustige Blaualgen (Cyanophyceae) festgestellt werden. Die krustenförmige Rotalge *Hildenbrandia rivularis* wurde bei allen 5 Transektstellen in geringer Dichte gefunden. Die fädige Grünalge *Cladophora glomerata* kam vereinzelt an der Stelle Li_030_4_Mre vor. Eine hohe Dichte dieser fädigen Grünalge konnte sich vermutlich nur nicht etablieren, weil das Wasser in der Flussmitte zu tief (wenig Licht) und die dominierende Steingrösse (faust- bis nussgross) zu klein waren und daher zu beweglich. Fädige Grünalgen benötigen mehr Zeit und stabilen Untergrund für eine flächendeckende Besiedlung. Die Kieselalgen, welche sich schneller vermehren können, waren an allen 5 Transektstellen zum Teil mit erhöhten Anteilen vertreten. Es dominierten oft die Kolonien bildenden Arten der Gattung *Diatoma* (Abbildung 18). Diese Kolonien bilden sich verhältnismässig schnell, sind aber fragil und werden bei Hochwasserereignissen oft grossflächig abgeschwemmt.

Fazit: Der pflanzliche Bewuchs wies bei der Messstelle Li_030 Oetwil a.d.L. eine für Flüsse mit wenig Geschiebetrieb typische Artenzusammensetzung auf mit im Bereich der Ufer sehr hohen Bewuchsdichte. Insbesondere das Vorhandensein der Rotalge *Hildenbrandia rivularis* sowie die Kolonien bildende Kieselalgen der Gattung *Diatoma* sp. sind typisch für wenig dynamische Gewässer, respektive für stabile Sohlen und längere Phasen ohne Hochwasser. Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden hinsichtlich des pflanzlichen Bewuchses dennoch weitgehend erfüllt. Aber die Transektstelle Li_030_1_Uli wies eine sehr hohe Algenbewuchsdichte auf, was unserer Einschätzung nach einer unnatürlichen Wucherung von Algen entspricht.

Kieselalgen

Artenvielfalt

Die Artenvielfalt liegt mit 11 bis 32 Taxa unter dem zu erwartenden Mittel in einem grösseren Fliessgewässer von 35 bis 40 Taxa. Die häufigsten Taxa waren einerseits wiederum die gebietsfremde Art *Achnanthydium delmontii* (dominierend

in der Flussmitte sowie rechtes Ufer) sowie die in Schweizer Gewässern häufig auftretenden Taxa *Nitzschia dissipata*, *Nitzschia fonticola*, *Navicula cryptotenella* sowie *Diatoma ehrenbergii* (dominierend auf der linken Seite Uli). Die Transektstelle Li_030_2_Mli mit 11 Taxa ist dabei durch eine sehr hohe relative Häufigkeit der Summe der drei häufigsten Arten von rund 90 % gekennzeichnet. Dies minimiert die Wahrscheinlichkeit, dass auch nicht zahlreiche Arten innerhalb einer Zählung von 500 Schalen erfasst werden können. Die anderen Transektstellen der Messstelle Li_30 Oetwil a.d.L. sind ebenfalls durch eine hohe relative Häufigkeit der Summe der drei häufigsten Arten gekennzeichnet (rund 52 % bis 72 %) (Tabelle 11).

Plankton

Die Anteile an vorgefundenen planktischen Arten waren an den 5 Transektstellen mit 0.0 - 1.2 % gering (ausser bei der Transektstelle Li_030_1_Uli mit 3.2 %). An den 5 Transektstellen konnten 7 planktische Arten nachgewiesen werden. Es waren dies *Asterionella formosa*, *Aulacoseira crenulata*, *Cyclotella comensis sensu lato*, *Cyclotella costei*, *Fragilaria crotonensis*, *Stephanodiscus minutulus* und *Stephanodiscus parvus*. Die planktischen Arten dürften vermutlich vom Staubereich des Kraftwerks Dietikon und/oder vom Zürichsee abgeschwemmt worden sein (Tabelle 11).

Teratologien

Der Anteil an Schalen mit Teratologien lag bei den 5 Transektstellen bei 0.2 - 2.6 %. Die Teratologien wurden allesamt bei der Art *A. delmontii* nachgewiesen, welche stärker als andere Arten zur Bildung von Teratologien neigt. Die Transektstellen wiesen ausschliesslich Teratologien des Typs 4.1 (Schalenumriss defekt und Strukturen im Innern nicht gestört) auf (Tabelle 11). Da die Missbildungen sich nur auf eine Art beziehen, gehen wir eher von einem natürlichen Phänomen aus.

Neophyten

Die gebietsfremde Art *A. delmontii* kam bei den 5 Transektstellen mit hohen respektive sehr hohen Anteilen von rund 13 bis 77 % vor. *A. delmontii* war bei 4 von 5 Transektstellen das dominierende Taxon (Tabelle 11).

Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität

Der Kieselalgenindex DI-CH erreichte bei den 5 Transektstellen Indexwerte zwischen 3.47 und 3.66. Der Mittelwert des DI-CH-Wertes über alle Transektstellen hinweg betrug 3.57. Die Transektstelle Li_030_1_Uli befand sich ganz knapp noch in der Zustandsklasse «sehr gut», die anderen Transektstellen in der Zustandsklasse «gut». Die bessere Zustandsklasse auf der linken Flussseite hängt mit der Dominanz des Taxons *Diatoma ehrenbergii* zusammen, nämlich 22.6 % relative Häufigkeit und einem D-Wert von 2.5 (Gewichtung 1, siehe auch unten Abschnitt zu den D-Gruppen und Abbildung 20). Sämtliche Transektstellen erfüllten basierend auf dem DI-CH-Wert die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 1 (Abbildung 19, Tabelle 11).

Die D-Gruppen illustrieren den Anteil der Zustandsklassen innerhalb einer Stelle. Bei allen Transektstellen dominierten die D-Gruppen der Zustandsklassen «sehr gut» (D-Wert: < 3.5) und «gut» (D-Wert \geq 3.5 bis < 4.5). Die D-Gruppen dieser beiden Zustandsklassen nahmen dabei Anteile von rund 84 bis 95 % ein, wobei die D-Gruppe der Zustandsklasse «gut» stets am häufigsten vertreten war (Abbildung 20). Die D-Gruppe «sehr gut» wurde wesentlich durch das eine Taxon *D. ehrenbergii* bestimmt.

Bei den Differentialartengruppen nahmen bei den 5 Transektstellen die «hypersensiblen», «sensiblen» und «sensiblen bis toleranten» Arten 94 bis 99.4 % ein. Die Transektstelle Li_030_1_Uli entspricht aufgrund der Summe der sauerstoffbeeinflussten Arten, welche ebenfalls in die Berechnung miteinfließen, der Güteklasse II (mit Tendenz zu II-III). Sauerstoffbeeinflusste Arten tolerieren bei guter (gesättigter) Sauerstoffversorgung auch eine leicht erhöhte Nährstoff- und Abwasserbelastung. Ohne Berücksichtigung dieser sauerstoffbeeinflussten Arten, wird eine Stelle hinsichtlich des Differentialartensystems eher zu gut beurteilt. Alle anderen Transektstellen befinden sich in der Güteklasse II (Tabelle 11).

Fazit: Hinsichtlich Überprüfung der ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1 erreicht die Messstelle Li_030 Oetwil a.d.L. bei 4 von 5 Transektstellen den Zielerfüllungsgrad «gut erfüllt». Die Transektstelle Li_30_1_Uli fällt aufgrund des erhöhten Anteils an sauerstoffbeeinflussten Arten in die Güteklasse II (mit Tendenz zu II-III) und entspricht somit dem Zielerfüllungsgrad «knapp nicht erfüllt» (Tabelle 11).

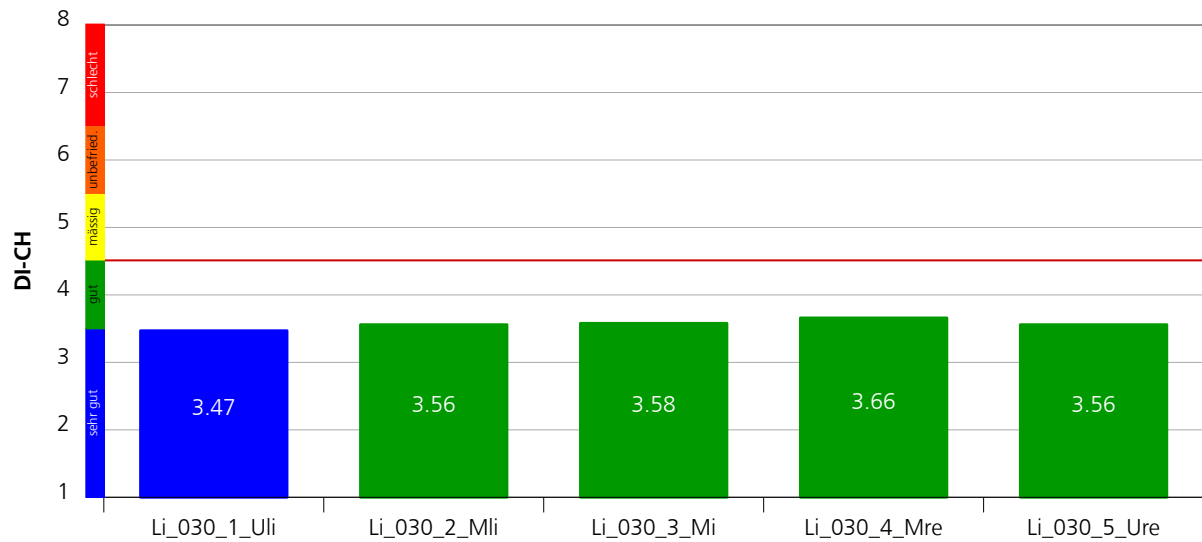


Abb. 19: Biologisch indizierte Wasserqualität basierend auf den Kieselalgen, dargestellt mit dem DI-CH-Wert an den 5 Transektstellen der Messstelle Li_030 Limmat Oetwil a.d.L. des Jahres 2020.

Bewertung gemäss Modul-Stufen-Konzept Kieselalgen, Stufe F, Zweiteichung mit 5 Zustandsklassen (BAFU, 2007b). Rote Linie: ab einem DI-CH von 4.5, werden die Anforderungen der GSchV, Anhang 1 nicht mehr erfüllt (GSchV, 1998). Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links, Mli Mitte links, Mi Mitte, Mre Mitte rechts, Ure Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend. Aufnahmen vom 18.3.2020.

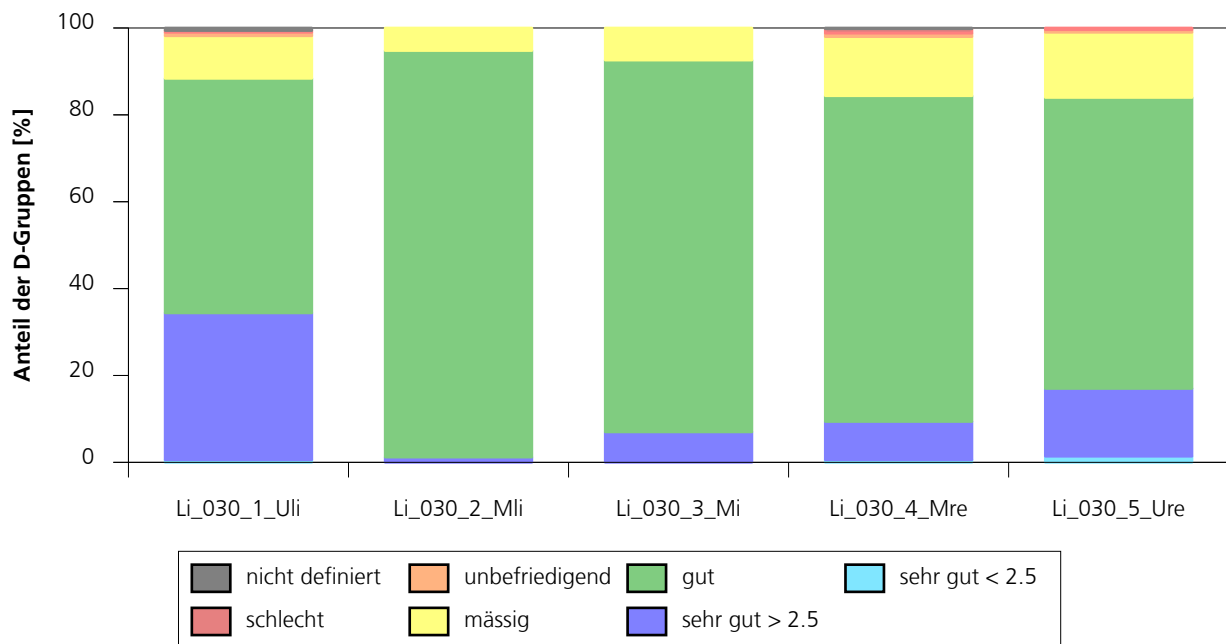


Abb. 20: Anteile der D-Gruppen der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften der 5 Transektstellen der Messstelle Li_030 Limmat Oetwil a.d.L. des Jahres 2020.

Summe aller Taxa mit D-Werten derselben Zustandsklasse; D-Werte gemäss Modul-Stufen-Konzept Kieselalgen (BAFU, 2007b). Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links, Mli Mitte links, Mi Mitte, Mre Mitte rechts, Ure Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend. Aufnahmen vom 18.3.2020.

3.4 Messstelle Wettingen (Li_040)

Lage und wichtige Nutzungen

Die untersuchte Messstelle Li_040 Wettingen liegt rund 8.5 km unterhalb der Messstelle Li_030 Oetwil a.d.L.. Rund 1.7 km oberhalb der Messstelle befindet sich das Laufkraftwerk Wettingen der EWZ und dessen Stausee. Die gereinigten Abwässer der Abwasserreinigungsanlage Killwangen (35'000 EW) gelangen in rund 5.5 km Distanz oberhalb der Messstelle in den Stausee Wettingen. Die Limmat weist bei Wettingen eine Breite von 60 m auf (Abbildungen 1, 21 und 22).



Abb. 21: Messstelle Li_040 Limmat Wettingen im Jahr 2020. Von links nach rechts: Überblick Messstelle (Blick aufwärts), Ufer links (Blick abwärts), Ufer rechts (Blick abwärts). Aufnahmen vom 19.3.2020.

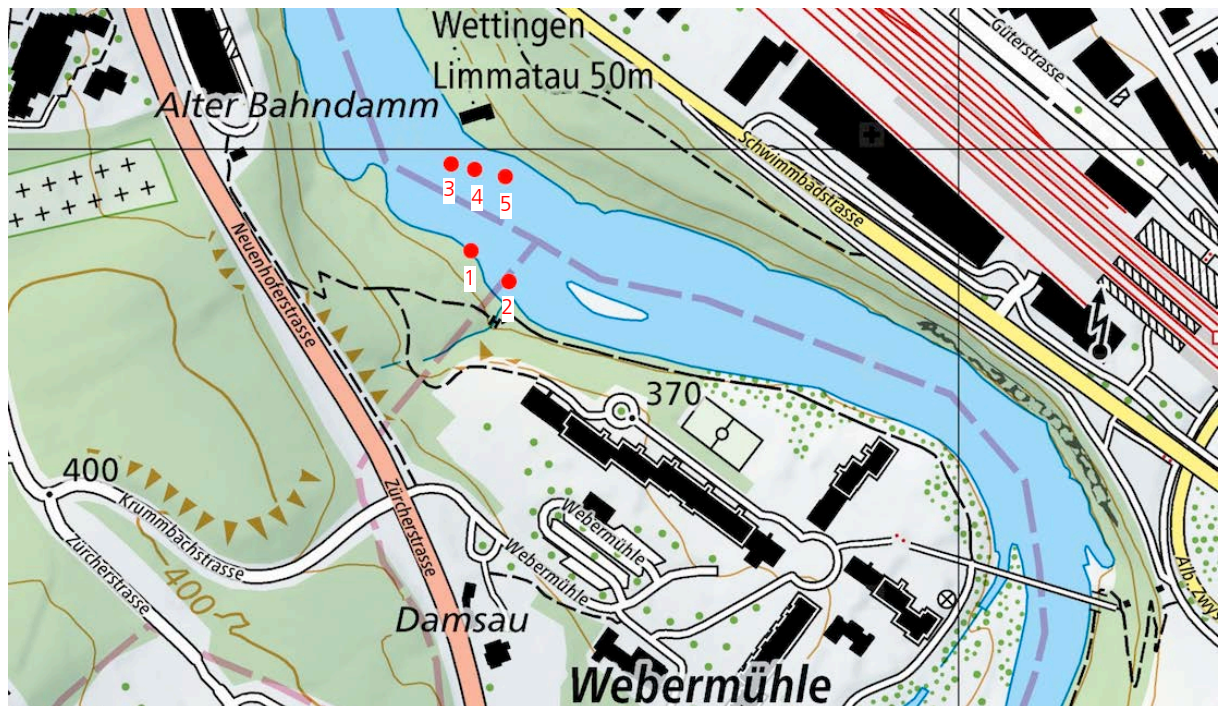


Abb. 22: Messstelle Li_040 Limmat Wettingen mit der Lage der 5 Transektstellen des Jahres 2020. Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links (1), Mli Mitte links (2), Mi Mitte (3), Mre Mitte rechts (4), Ure Ufer rechts (5). Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend.

Strömungsverhältnisse sowie Sondenmesswerte

Die Strömungsverhältnisse wie auch die Sondenmesswerte sind in Anhang D und die Tiefenverhältnisse in Abbildung 23 ersichtlich. Die Werte entsprachen den Erwartungen.

Äusserer Aspekt

Die Untersuchung des Äusseren Aspektes wies bei den Parametern der fliessenden Welle der 5 Transektstellen der Messstelle Li_040 Wettingen keine Beeinträchtigungen auf. Bezüglich den Parametern der Gewässersohle wies die Transektstelle Li_040_5_Uli wenige Abfälle (Plastik) und die Transektstelle Li_040_5_Ure einen leicht fauligen Geruch des Sediments auf. Die Transektstellen des linken und des rechten Ufers waren zudem durch eine geringe Verschlamung sowie durch Eisensulfidflecken (1-10 %) gekennzeichnet (Abbildung 24). Die mittleren drei Tauchstellen wiesen keine offensichtliche Beeinträchtigung der Gewässersohle auf. Die festgestellten Beeinträchtigungen der Gewässersohle der beiden Uferpartien weisen auf eine sehr stabile bis hin zu stabilisierte Sohle hin, welche wohl selten bis nie bewegt wird (Tabelle 6).

Fazit: Die an der Messstelle Li_040 Wettingen vermutlich vorherrschende geringe Sohlendynamik (wenig Geschiebetrieb) bedingt durch die stabile Sohle der beiden Uferpartien wie auch durch den Stauraum des Kraftwerks Wettingen, dürfte für die Beeinträchtigungen der Gewässersohle im Uferbereich verantwortlich sein. Die Anforderungen an die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 2 sind hinsichtlich des Äusseren Aspektes für die Parameter der fliessenden Welle erfüllt. Bei den Parametern der Gewässersohle ist die Erfüllung der Anforderungen für einige Parameter fraglich. Davon betroffen sind jedoch nur die Transektstellen des linken und des rechten Ufers.

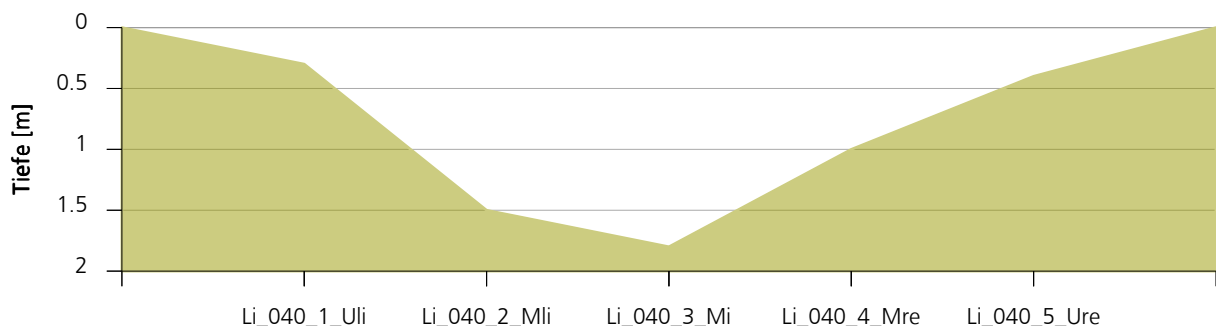


Abb. 23: Messstelle Li_040 Limmat Wettingen mit Angabe der Tiefenverhältnisse der 5 Transektstellen. Hinweis: Die Transektstellen befinden sich nicht wie abgebildet auf einer Linie. Die genaue Position der Transektstellen kann der vorhergehenden Abbildung entnommen werden. Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links, Mli Mitte links, Mi Mitte, Mre Mitte rechts, Ure Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend.

Pflanzlicher Bewuchs

Moose und Makrophyten

Bei der Messstelle Li_040 Wettingen konnten an den Transektstellen des linken und rechten Ufers vier verschiedene Moosarten mit geringem Deckungsgrad (1-10% der Gewässersohle bedeckt) nachgewiesen werden. Es waren dies *Cinclidotus riparius* (Li_040_1_Uli), *Fissidens crassipes* (Li_040_5_Ure), *Hygroamblystegium fluviatile* (Li_040_1_Uli, Li_040_5_Ure) und *Rhynchostegium riparioides* (Li_040_1_Uli, Li_040_5_Ure). An der Transektstelle Li_040_4_Mre konnte des Weiteren ein nicht bestimmtes Moos mit ebenfalls geringem Deckungsgrad nachgewiesen werden (1-10% der Gewässersohle bedeckt). Es dürfte sich um eines der oben genannten Moose handeln. Alle gefundenen Moosarten weisen keinen Schutzstatus auf. Sie sind in Fliessgewässern des Schweizer Mittellandes verbreitet. Die Messstelle Li_040 Wettingen wies bei keiner der 5 Transektstellen Makrophyten auf.

Tab. 6: Parameter des Äusseren Aspektes an den 5 Transektstellen der Messstelle Li_040 Limmat Wettingen des Jahres 2020. Bewertung gemäss Modul-Stufen-Konzept Äusserer Aspekt (BAFU, 2007a). Aufnahmen vom 19.3.2020.

Äusserer Aspekt	Li_040_1_Uli	Li_040_2_Mli	Li_040_3_Mi	Li_040_4_Mre	Li_040_5_Ure
Fliessende Welle					
Trübung	keine	keine	keine	keine	keine
Verfärbung	keine	keine	keine	keine	keine
Geruch	kein	n.e.	n.e.	n.e.	kein
Schaum	kein	kein	kein	kein	kein
Gewässersohle					
Abfälle	wenig ^A	keine	keine	keine	keine
Geruch Sediment	kein	kein	kein	kein	gering ^A
Verschlammung	wenig ^U	keine	keine	keine	wenig ^U
Abfälle Siedlungsentw.	keine	keine	keine	keine	keine
Heterotropher Bewuchs	kein	kein	kein	kein	vereinzelt ^U
Eisensulfid	1-10% ^U	0%	0%	0%	1-10% ^U
Kolmation	keine	keine	keine	keine	keine

Legende

- Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt
- Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich
- Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt

Fussnote

- ^U Ursache unbekannt
- ^A Ursache anthropogen
- n.e. nicht erhoben



Abb. 24: Messstelle Li_040 Limmat Wettingen im Jahr 2020. Von links nach rechts: Unterwasser-Aufnahme von Stein mit Bewuchs der Grünalge *Cladophora glomerata* (Li_040_5_Ure), Netz der Taucher gefüllt mit faustgrossen Steinen für die Kieselalgen-Probenahme (Li_040_2_Mi), Eisensulfidflecken am linken Ufer (Li_040_5_Uli). Aufnahmen vom 19.3.2020.

Algen

Die Messstelle Li_040 Wettingen war am linken und rechten Ufer durch eine hohe Bewuchsdichte 4 (Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen) gekennzeichnet. Bei zwei der drei mittleren Transektstellen war die Bewuchsdichte geringer (Bewuchsdichte 3, gut ausgebildete Ansätze von Fäden und Zotten). Bei allen 5 Transektstellen konnten in geringen Mengen krustige Blaualgen (Cyanophyceae) festgestellt werden. An der Transektstelle des linken Ufers trat die häutige Blaualge *Oscillatoria limosa* flächig auf. Diese Algenlager sind fragil, so dass das flächige Aufkommen dieser Algenlager auf stabile Sohlenverhältnisse schliessen lässt. Am linken und rechten Ufer kam die zu den Rotalgen gehörende krustige *Hildenbrandia rivularis* in geringer Dichte vor. Möglicherweise besiedelt sie auch die Flussmitte. Die fädige Goldalge *Hydrurus foetidus* (eine Winteralge) wurden in geringen Mengen an der Transektstelle des rechten Ufers nachgewiesen. Sie wird im Laufe des Frühlings verschwinden und im nächsten Winter wieder wachsen. Die fädige Grünalge *Cladophora glomerata* wurde an vier Stellen mit geringer Deckung 1 (< 10 % Bedeckung) festgestellt. Am rechten Ufer waren die grösseren Steine markant bewachsen (Deckung 2, 11-25 %). Die Kieselalgen waren an allen 5 Transektstellen zum Teil mit erhöhten Anteilen vertreten. So dominierte makroskopisch an beiden Ufern die Kolonien bildenden Arten der Gattung *Diatoma* (Gesamtdeckung 5: 76-100 % der Gewässersohle bedeckt).

Fazit: Der pflanzliche Bewuchs wies bei der Messstelle Li_040 Wettingen eine für Flüsse mit wenig Geschiebetrieb typische Artenzusammensetzung auf mit im Bereich der Ufer sehr hohen Bewuchsdichte. Insbesondere das Vorhandensein der hautförmigen Blaualgenlager *Oscillatoria limosa*, die krustenförmige Rotalge *Hildenbrandia rivularis* sowie die Kolonien bildende Kieselalgen der Gattung *Diatoma* sp. sind typisch für wenig dynamische Gewässer. Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden hinsichtlich des pflanzlichen Bewuchses in der Flussmitte erfüllt. Die beiden Ufer wiesen aber eine sehr hohe Algenbewuchsdichte auf, was unserer Einschätzung nach einer unnatürlichen Wucherung von Algen entspricht.

Kieselalgen

Artenvielfalt

Die Artenvielfalt liegt mit 21 bis 28 Taxa (ausser der Transektstelle Li_040_1_Uli mit 37 Taxa) unter dem zu erwartenden Mittel in einem grösseren Fliessgewässer von 35 bis 40 Taxa. Die häufigsten Taxa waren einerseits wiederum die gebietsfremde Art *Achnanthydium delmontii* sowie die in Schweizer Gewässern häufig auftretenden Taxa *Nitzschia fonticola*, *Amphora pediculus* sowie *Diatoma ehrenbergii*. Das Taxon *Amphora pediculus* ist gut bekannt, toleriert auch erhöhte Nährstoffkonzentrationen (D-Wert: 5), tritt aber auch bei besserer Wasserqualität mit hohen Anteilen auf (daher Gewichtung nur 0.5). Die Summe der drei häufigsten Arten ist mit rund 50 bis 71 % hoch. Damit sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass auch nicht zahlreiche Arten innerhalb einer Zählung von 500 Schalen erfasst werden können (Tabelle 11).

Plankton

Die Anteile an vorgefundenen planktischen Arten waren an 4 von 5 Transektstellen mit maximal 0.4 % sehr gering (ausser bei der Transektstelle Li_040_1_Uli mit 2.2 %). An den 5 Transektstellen konnten 6 planktische Arten nachgewiesen werden. Es waren dies *Asterionella formosa*, *Cyclotella costei*, *Cyclotella radiosa*, *Fragilaria crotonensis*, *Stephanodiscus minutulus* und *Stephanodiscus parvus*. Sie dürften aus Staubereichen und/oder vom Zürichsee abgeschwemmt worden sein.

Teratologien

Der Anteil an Schalen mit Teratologien lag bei den 5 Transektstellen bei 0.0 - 2.6 %. Die Teratologien wurden fast ausschliesslich bei der Art *A. delmontii* nachgewiesen, welche stärker als andere Arten zur Bildung von Teratologien neigt. Die Transektstellen wiesen nahezu nur Teratologien des Typs 4.1 auf (Schalenumriss defekt und Strukturen im Innern nicht gestört) auf, Tabelle 11). Da die Missbildungen sich weitgehend nur auf eine Art beziehen, gehen wir eher von einem natürlichen Phänomen aus.

Neophyten

Die gebietsfremde Art *A. delmontii* kam bei den 5 Transektstellen mit sehr hohen Anteilen von rund 24 bis 39 % vor und war bei 4 von 5 Transektstellen das dominierende Taxon. Des Weiteren wurde an der Messstelle Li_040 Wettingen *Navicula jakovljevicii* mit je 1 Schale an zwei Transektstellen nachgewiesen (Tabelle 11).

Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität

Der Kieselalgenindex DI-CH erreichte bei den 5 Transektstellen Indexwerte zwischen 3.50 und 3.86. Der Mittelwert des DI-CH-Wertes über alle Transektstellen hinweg betrug 3.66. Alle Transektstellen befanden sich in der Zustandsklasse «gut» und erfüllten basierend auf dem DI-CH-Wert die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 1 (Abbildung 25, Tabelle 11).

Die D-Gruppen illustrieren den Anteil der Zustandsklassen innerhalb einer Stelle. Bei allen Transektstellen dominierten die D-Gruppen der Zustandsklassen «sehr gut» (D-Wert: < 3.5) und «gut» (D-Wert \geq 3.5 bis < 4.5). Die D-Gruppen dieser beiden Zustandsklassen nahmen dabei Anteile von rund 62 bis 95 % ein, wobei die D-Gruppe der Zustandsklasse «gut» stets am häufigsten vertreten war (Abbildung 26). Die Anteile der Zustandsklasse «mässig» (D-Wert \geq 4.5 bis < 5.5) wies jedoch mit Werten bis 37 % deutlich höhere Anteile auf wie flussaufwärts. Diesen hohen Anteil machten im wesentlichen die gegenüber Stoffbelastungen toleranten Taxa *Amphora pediculus*, *Rhoicosphenia abbreviata* und *Navicula antonii* aus.

Bei den Differentialartengruppen nahmen bei den 5 Transektstellen die «hypersensiblen», «sensiblen» und «sensiblen bis toleranten» Arten rund 93 bis 98 % ein. Sämtliche Transektstellen entsprechen der Güteklasse II (Tabelle 11).

Fazit: Hinsichtlich Überprüfung der ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1 erreicht die Messstelle Li_040 Wettingen bei allen 5 Transektstellen den Zielerfüllungsgrad «gut erfüllt» (Tabelle 11). Der hohe Anteil an Arten der Zustandsklasse «mässig» ist jedoch auffällig und für die Limmat atypisch.

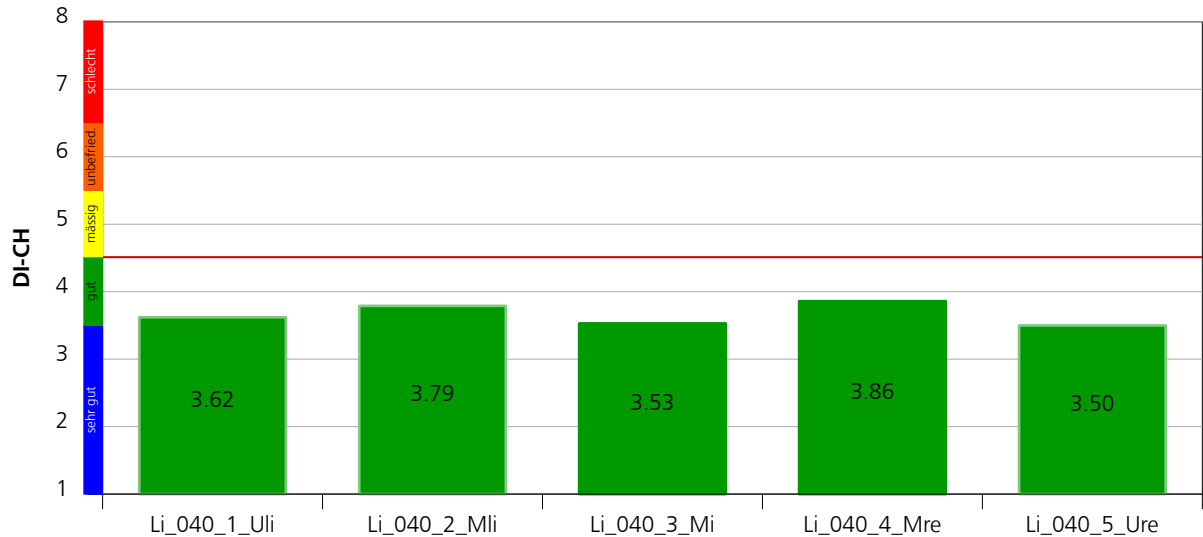


Abb. 25: Biologisch indizierte Wasserqualität basierend auf den Kieselalgen, dargestellt mit dem DI-CH-Wert an den 5 Transektstellen der Messstelle Li_040 Limmat Wettingen des Jahres 2020.

Bewertung gemäss Modul-Stufen-Konzept Kieselalgen, Stufe F, Zweiteichung mit 5 Zustandsklassen (BAFU, 2007b). Rote Linie: ab einem DI-CH von 4.5, werden die Anforderungen der GSchV, Anhang 1 nicht mehr erfüllt (GSchV, 1998). Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links, Mli Mitte links, Mi Mitte, Mre Mitte rechts, Ure Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend. Aufnahmen vom 19.3.2020.

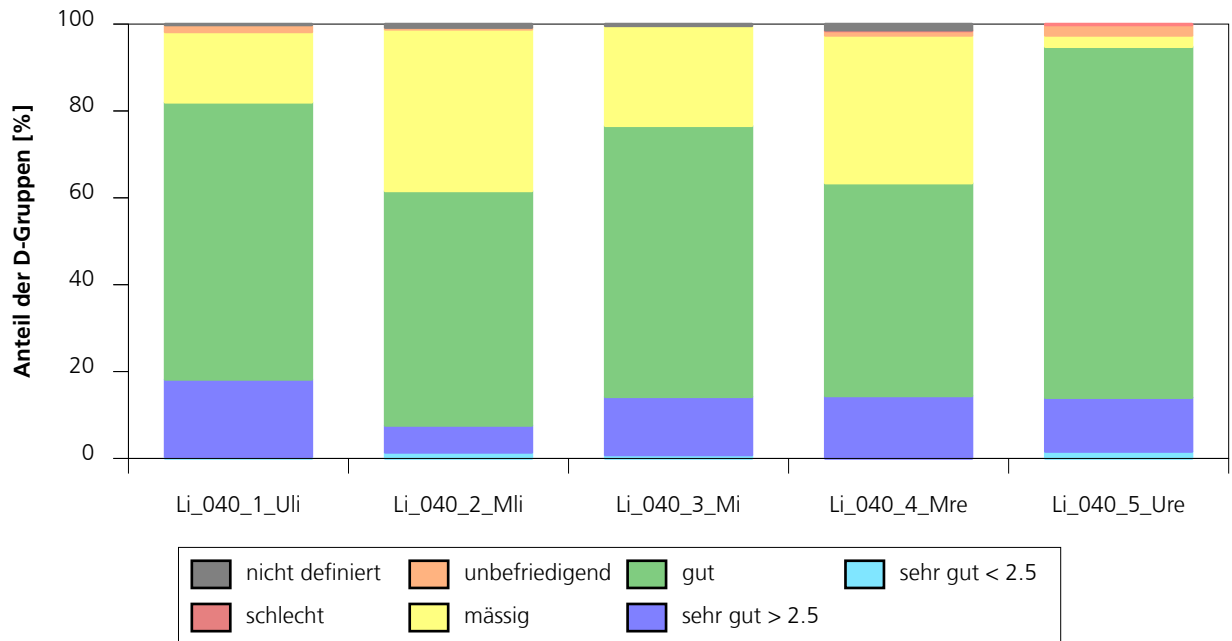


Abb. 26: Anteile der D-Gruppen der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften der 5 Transektstellen der Messstelle Li_040 Limmat Wettingen des Jahres 2020. Summe aller Taxa mit D-Werten derselben Zustandsklasse; D-Werte gemäss Modul-Stufen-Konzept Kieselalgen (BAFU, 2007b). Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links, Mli Mitte links, Mi Mitte, Mre Mitte rechts, Ure Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend. Aufnahmen vom 19.3.2020.

3.5 Messstelle Turgi (Li_050)

Lage und wichtige Nutzungen

Die untersuchte Messstelle Li_050 Turgi befindet sich rund 8.7 km unterhalb der Messstelle Li_040 Wettingen. Zwischen den beiden Messstellen liegen diverse Wasserkraftwerke (Aue LKW, Oederlin Xpo, Kappelerhof LKW, Schiffmühle LKW, Gebenstorf Hydroelectra, Turgi LKW) mit zum Teil kurzen Restwasserstrecken. Rund zwei Kilometer oberhalb der Messstelle Li_050 Turgi befindet sich die Abwasserreinigungsanlage Turgi, welche ihre gereinigten Abwässer in die Limmat entwässert (80'000 EW). Nach rund 1.9 km mündet die Limmat in die Aare, welche kurz zuvor mit der Reuss zusammenfliesst. Die Limmat weist bei der Messstelle Li_050 Turgi eine Breite von 55 m auf (Abbildungen 1, 27 und 28).



Abb. 27: Messstelle Li_050 Limmat Turgi im Jahr 2020. Von links nach rechts: Überblick Messstelle (Blick abwärts), Ufer links (Blick abwärts), Ufer rechts (Blick aufwärts). Aufnahmen vom 20.3.2020.

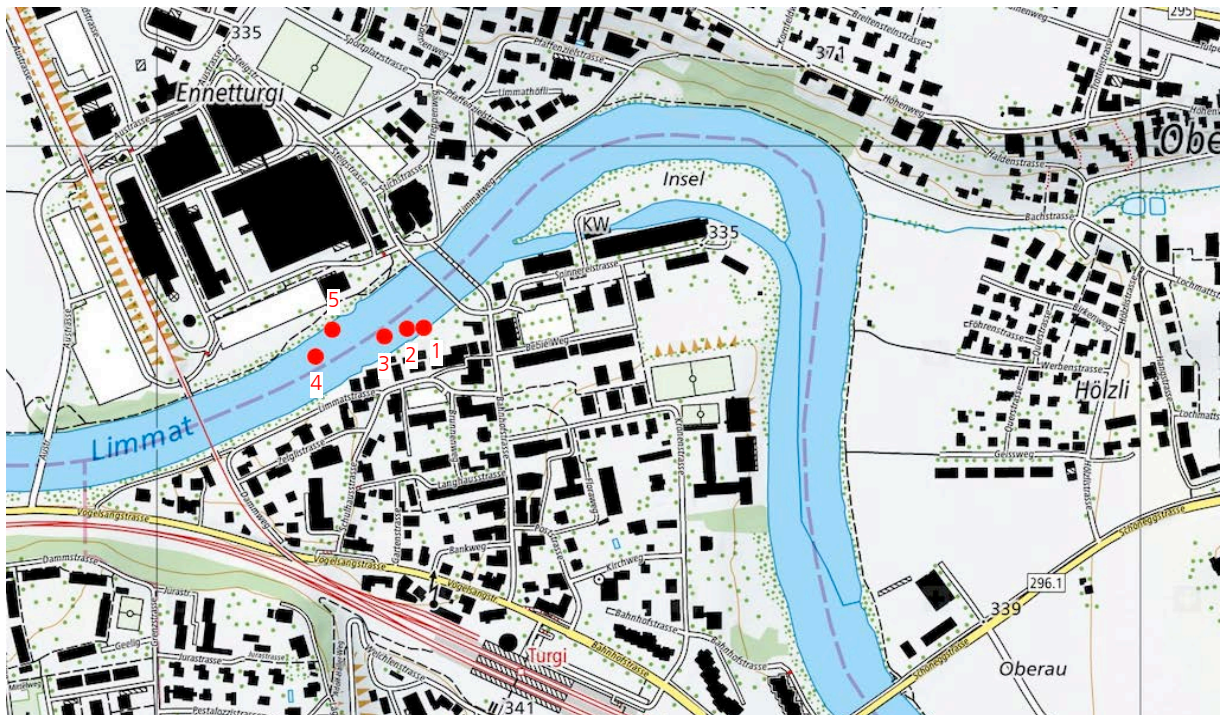


Abb. 28: Messstelle Li_050 Limmat Turgi mit der Lage der 5 Transektstellen des Jahres 2020. Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links (1), Mli Mitte links (2), Mi Mitte (3), Mre Mitte rechts (4), Ure Ufer rechts (5). Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend.

Strömungsverhältnisse sowie Sondenmesswerte

Die Strömungsverhältnisse wie auch die Sondenmesswerte sind in Anhang D und die Tiefenverhältnisse in Abbildung 29 ersichtlich. Die Werte entsprachen den Erwartungen. Die Leitfähigkeit nahm nun Werte von rund 330 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ein und war somit im Vergleich zur Stelle Werdhölzli (Li_010) um rund 10 % höher.

Äusserer Aspekt

Die Untersuchung des Äusseren Aspektes wies bei den 5 Transektstellen der Messstelle Li_050 Turgi hinsichtlich den Parametern der fliessenden Welle auf der rechten Uferseite wenig stabilen Schaum unbekannter Ursache auf (Abbildung 30). Bezüglich den Parametern der Gewässersohle war das rechte Ufer durch wenige Abfälle gekennzeichnet (Plastik, Glas). Auf der linken und der rechten Uferseite roch das Sediment leicht faulig, die Sohle war wenig verschlammmt, wies Eisensulfidflecken (1-10 %) auf und vereinzelt heterotropher Bewuchs. Die mittleren drei Tauchstellen wiesen keine offensichtliche Beeinträchtigung der Gewässersohle auf. Die festgestellten Beeinträchtigungen der Gewässersohle der beiden Uferpartien weisen wie bereits bei der Stelle Wettingen auf eine sehr stabile bis hin zu stabilisierte Sohle hin, welche wohl selten bis nie bewegt wird (Tabelle 7).

Fazit: An der Messstelle Li_050 Turgi ist die Gewässersohle der beiden Uferpartien beeinträchtigt. Die vorhandenen Beeinträchtigungen (Eisensulfidflecken, Verschlammung, heterotropher Bewuchs und fauliger Geruch im Sediment) treten bei Flüssen gehäuft auf bei ufernahen Stellen mit Sedimentation von Partikeln und eine über längere Zeit stabile Gewässersohle. Dann werden sedimentierte organische Stoffe in der Gewässersohle abgebaut, was zu Sauerstoffzehrung führt und damit zu den oben aufgeführten Effekten. Die Anforderungen an die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 2 sind hinsichtlich des Äusseren Aspektes für die Parameter der fliessenden Welle bis auf eine Ausnahme erfüllt. Bei den Parametern der Gewässersohle ist die Erfüllung der Anforderungen für einige Parameter fraglich. Davon betroffen sind jedoch nur die Transektstellen des linken und des rechten Ufers.

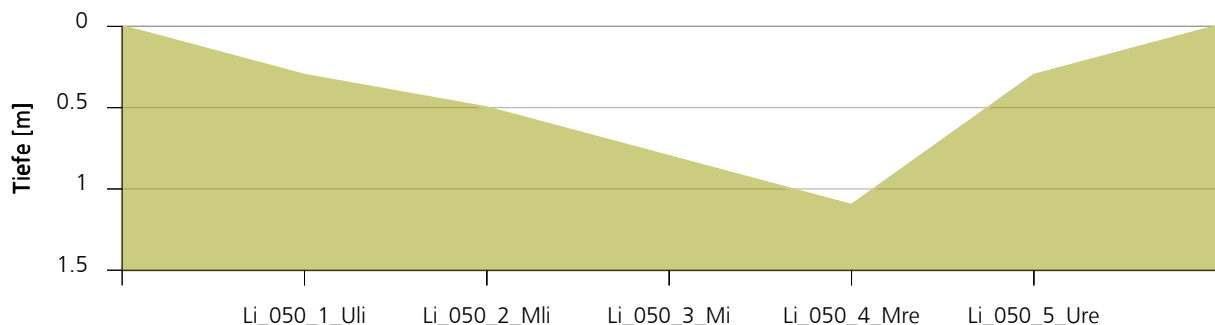


Abb. 29: Messstelle Li_050 Limmat Turgi mit Angabe der Tiefenverhältnisse der 5 Transektstellen. Hinweis: Die Transektstellen befinden sich nicht wie abgebildet auf einer Linie. Die genaue Position der Transektstellen kann der vorhergehenden Abbildung entnommen werden. Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links, Mli Mitte links, Mi Mitte, Mre Mitte rechts, Ure Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend.

Pflanzlicher Bewuchs

Moose und Makrophyten

Bei der Messstelle Li_050 Turgi konnten an den Transektstellen Li_050_1_Uli und Li_050_2_Mli drei verschiedene Moosarten mit geringem Deckungsgrad (1-10% der Gewässersohle bedeckt) nachgewiesen werden (Abbildung 30). Es waren dies *Cinclidotus aquaticus* (Li_050_1_Uli), *Cinclidotus riparius* (Li_050_2_Mli) und *Fontinalis antipyretica* (Li_050_1_Uli, Li_050_2_Mli). Hinsichtlich der Makrophyten waren an den Transektstellen Li_050_2_Mli und Li_050_3_Mi der Flutende Wasserhahnenfuss *Ranunculus fluitans* und an der Stelle Li_050_Ure das Ährige Tausendblatt *Myriophyllum spicatum* (Li_050_Ure) mit je einer geringen Deckung vertreten (1-10% der Gewässersohle bedeckt). Alle gefundenen Moosarten wie auch die Wasserpflanzen weisen keinen Schutzstatus auf. Sie sind in Fließgewässern des Schweizer Mittellandes verbreitet.

Tab. 7: Parameter des Äusseren Aspektes an den 5 Transektstellen der Messstelle Li_050 Limmat Turgi des Jahres 2020. Bewertung gemäss Modul-Stufen-Konzept Äusserer Aspekt (BAFU, 2007a). Aufnahmen vom 20.3.2020.

Äusserer Aspekt	Li_050_1_Uli	Li_050_2_Mli	Li_050_3_Mi	Li_050_4_Mre	Li_050_5_Ure
Fließende Welle					
Trübung	keine	keine	keine	keine	keine
Verfärbung	keine	keine	keine	keine	keine
Geruch	kein	n.e.	n.e.	n.e.	kein
Schaum	kein	kein	kein	kein	wenig ^U
Gewässersohle					
Abfälle	keine	keine	keine	keine	wenig ^A
Geruch	gering ^A	kein	kein	kein	gering ^A
Verschlammung	wenig ^U	keine	keine	keine	wenig ^U
Abfälle Siedlungsentw.	keine	keine	keine	keine	keine
Heterotropher Bewuchs	vereinzelt ^U	kein	kein	kein	vereinzelt ^U
Eisensulfid	1-10% ^U	0%	0%	0%	1-10% ^U
Kolmation	keine	leicht/mittel	leicht/mittel	leicht/mittel	keine

Legende

- Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt
- Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich
- Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt

Fussnote

- ^U Ursache unbekannt
- ^A Ursache anthropogen
- n.e. nicht erhoben



Abb. 30: Messstelle Li_050 Limmat Turgi im Jahr 2020. Von links nach rechts: Unterwasser-Aufnahme von Moospolstern des linken Ufers (Li_050_1_Uli), Unterwasser-Aufnahme der starken Veralgung (Bewuchsdichte 4) des rechten Ufers mit der Kolonien bildenden Kieselalgen-Gattung *Diatoma* sp. (Li_050_5_Ure), wenig stabiler Schaum unbekannter Ursache am rechten Ufer (Li_050_5_Ure). Aufnahmen vom 20.3.2020.

Algen

Die Messstelle Li_050 Turgi war an den beiden Ufern durch eine starke Veralgung gekennzeichnet (Bewuchsdichte 4, Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen, Abbildung 30). Die mittleren drei Transektstellen waren weniger dicht mit Fadenalgen bewachsen (Bewuchsdichte 3, gut ausgebildete Fäden und Zotten). Bei allen 5 Transektstellen konnten in geringen Mengen krustige Blaualgen (Cyanophyceae) sowie die krustenförmige Rotalge *Hildenbrandia rivularis* festgestellt werden. An der Transektstelle des rechten Ufers trat die hautförmige Blaualge *Phormidium retzii* an den grossen Steinen entlang der Wasserlinie auf; zum Teil vertrocknet. Gehäuft wird sie als Störzeiger eingestuft (LANUV 2009). Die fädige Grünalge *Cladophora glomerata* kam vereinzelt an allen Stellen vor. Am rechten Ufer konnten zudem die fädige Gelbgrünalge *Vaucheria* sp. und die krustige Grünalge *Gongrosira incrustans* in geringen Mengen festgestellt werden. Die Kieselalgen waren an allen fünf Transektstellen zum Teil mit erhöhten Anteilen vertreten. Am rechten Ufer war die Kieselalgendichte sehr hoch, gebildet durch die Kolonien bildende Kieselalge *Diatoma* sp. (Abbildung 30).

Fazit: Der pflanzliche Bewuchs wies bei der Messstelle Li_050 Turgi eine für Flüsse mit wenig Geschiebetrieb typische Artenzusammensetzung auf mit zum Teil beachtlicher Algenbewuchsdichte. Insbesondere das Vorhandensein der hautförmigen Blaualgenlager *Phormidium retzii*, die krustenförmige Rotalge *Hildenbrandia rivularis* sowie die Kolonien bildende Kieselalgen der Gattung *Diatoma* sp. sind typisch für wenig dynamische Gewässer, respektive für stabile Sohlen. Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden hinsichtlich des pflanzlichen Bewuchses weitgehend erfüllt. Aber die beiden Ufer wiesen eine sehr hohe Algenbewuchsdichte auf, was unserer Einschätzung nach einer unnatürlichen Wucherung von Algen entspricht.

Kieselalgen

Artenvielfalt

Die Artenvielfalt liegt mit 12 bis 31 Taxa unter dem zu erwartenden Mittel in einem grösseren Fliessgewässer von 35 bis 40 Taxa. Die häufigsten Taxa waren wiederum die gebietsfremde Art *Achnantheidium delmontii* (dominierend in der Flussmitte) sowie die in Schweizer Gewässern häufig auftretenden Taxa *Nitzschia fonticola* und *Diatoma ehrenbergii*. Die Summe der drei häufigsten Arten ist mit rund 59 bis 86 % hoch. Damit sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass auch nicht zahlreiche Arten innerhalb einer Zählung von 500 Schalen erfasst werden können (Tabelle 11).

Plankton

Die Anteile an vorgefundenen planktischen Arten waren an den 5 Transektstellen mit 0.0 - 0.4 % gering. An den 5 Transektstellen konnten 2 planktische Arten nachgewiesen werden. Es waren dies *Cyclotella costei* und *Stephanodiscus parvus*. Die planktischen Arten dürften vermutlich von den beiden Staubereichen bei

Dietikon und Wettingen und/oder vom Zürichsee abgeschwemmt worden sein (Tabelle 11).

Teratologien

Der Anteil an Schalen mit Teratologien lag bei den 5 Transektstellen bei 0.0 - 3.0 %. Die Teratologien wurden ausschliesslich bei der Art *A. delmontii* nachgewiesen, welche stärker als andere Arten zur Bildung von Teratologien neigt. Die Teratologien stammten bis auf 1 Schale allesamt vom Typ 4.1 (Schalenumriss defekt und Strukturen im Innern nicht gestört) und Typ 4.2 (Schalenumriss gomphoid, eventuell ausgelöst durch Raumstress, Tabelle 11). Da die Missbildungen sich weitgehend nur auf eine Art beziehen, gehen wir eher von einem natürlichen Phänomen aus.

Neophyten

Die gebietsfremde Art *A. delmontii* kam bei den 5 Transektstellen mit hohen respektive sehr hohen Anteilen von rund 14 bis 72 % vor. *A. delmontii* war bei 3 von 5 Transektstellen das dominierende Taxon (Tabelle 11).

Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität

Der Kieselalgenindex DI-CH erreichte bei den 5 Transektstellen Indexwerte zwischen 3.45 und 3.56. Der Mittelwert des DI-CH-Wertes über alle Transektstellen hinweg betrug 3.51. Die beiden Ufer Transektstellen befanden sich in der Zustandsklasse «sehr gut». Die mittleren Transektstellen erreichten diese Zustandsklasse knapp nicht und fielen in die Zustandsklasse «gut». Sämtliche Transektstellen erfüllten basierend auf dem DI-CH-Wert die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 1 (Abbildung 31, Tabelle 11).

Die D-Gruppen illustrieren den Anteil der Zustandsklassen innerhalb einer Stelle. Bei allen Transektstellen dominierten die D-Gruppen der Zustandsklassen «sehr gut» (D-Wert: < 3.5) und «gut» (D-Wert \geq 3.5 bis < 4.5). Die D-Gruppen dieser beiden Zustandsklassen nahmen dabei Anteile von rund 89 bis 96 % ein, wobei die D-Gruppe der Zustandsklasse «gut» stets am häufigsten vertreten war (Abbildung 32).

Bei den Differentialartengruppen nahmen bei den 5 Transektstellen die «hypersensiblen», «sensiblen» und «sensiblen bis toleranten» Arten rund 93 bis 99 % ein. Die beiden Ufer-Transektstellen entsprechen aufgrund der Summe der sauerstoffbeeinflussten Arten, welche ebenfalls in die Berechnung miteinfließen, der Güteklasse II (mit Tendenz zu II-III) und die mittleren Transektstellen der Güteklasse II (Tabelle 11).

Fazit: Hinsichtlich Überprüfung der ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1 erreicht die Messstelle Li_050 Turgi bei den drei mittleren Transektstellen den Zielerfüllungsgrad «gut erfüllt». Die beiden Ufer-Transektstellen fallen aufgrund des erhöhten Anteils an sauerstoffbeeinflussten Arten in die Güteklasse II (mit Tendenz zu II-III) und entsprechen somit dem Zielerfüllungsgrad «knapp nicht erfüllt» (Tabelle 11).

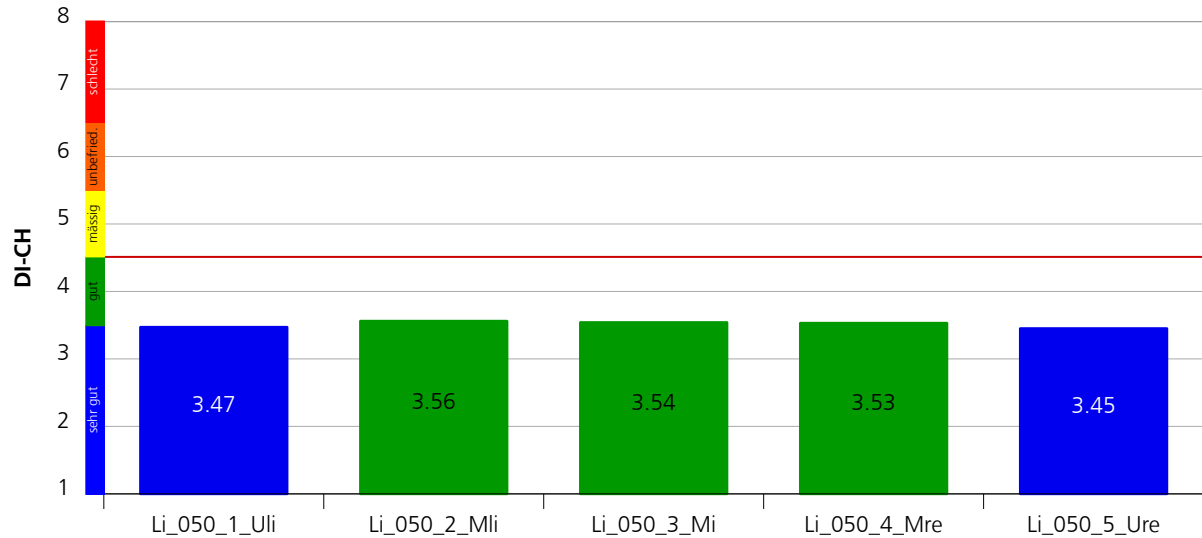


Abb. 31: Biologisch indizierte Wasserqualität basierend auf den Kieselalgen, dargestellt mit dem DI-CH-Wert an den 5 Transektstellen der Messstelle Li_050 Limmat Turgi des Jahres 2020.

Bewertung gemäss Modul-Stufen-Konzept Kieselalgen, Stufe F, Zweiteichung mit 5 Zustandsklassen (BAFU, 2007b). Rote Linie: ab einem DI-CH von 4.5, werden die Anforderungen der GSchV, Anhang 1 nicht mehr erfüllt (GSchV, 1998). Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links, Mli Mitte links, Mi Mitte, Mre Mitte rechts, Ure Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend. Aufnahmen vom 20.3.2020.

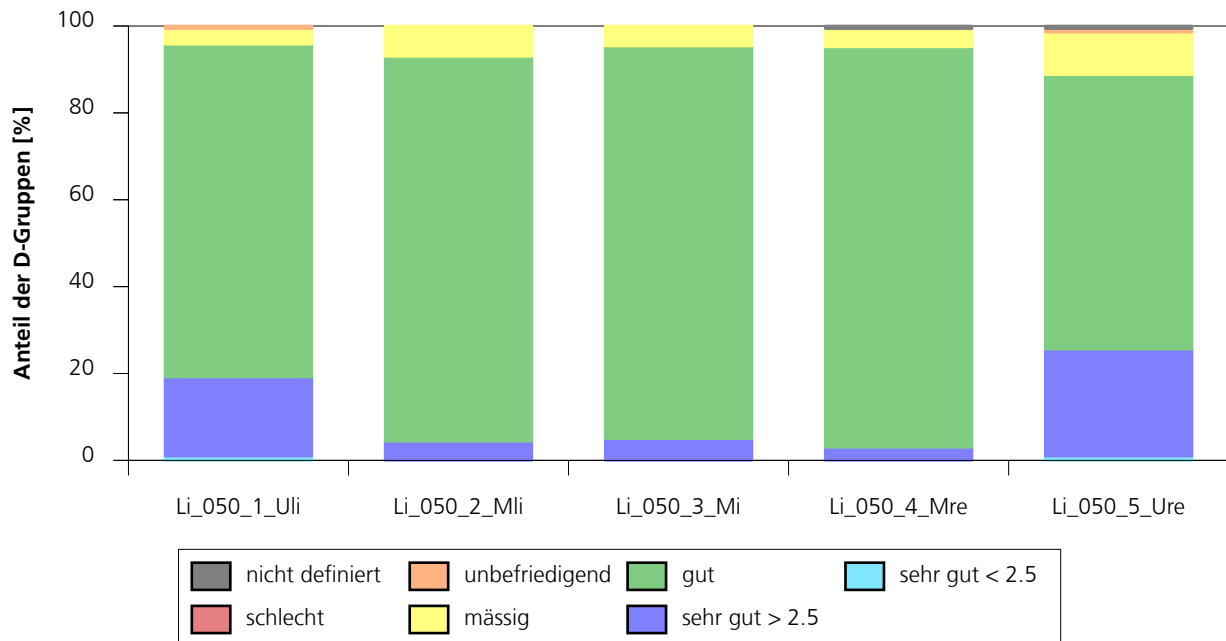


Abb. 32: Anteile der D-Gruppen der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften der 5 Transektstellen der Messstelle Li_050 Limmat Turgi des Jahres 2020. Summe aller Taxa mit D-Werten derselben Zustandsklasse; D-Werte gemäss Modul-Stufen-Konzept Kieselalgen (BAFU, 2007b). Bezeichnung Stellen: Uli Ufer links, Mli Mitte links, Mi Mitte, Mre Mitte rechts, Ure Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend. Aufnahmen vom 20.3.2020.

3.6 Auswertungen und Schlussfolgerungen im Fließverlauf

Wassertemperatur, Leitfähigkeit und Sauerstoff

Die Wassertemperaturen betragen je nach Stelle zwischen 6.6 und 9.3 °C. Im Fließverlauf nahm die Wassertemperatur geringfügig um 2 °C von rund 7 °C auf rund 9 °C zu. Inwieweit diese leichte Zunahme für die Limmat typisch ist (Stau-stufen, Einleitung von gereinigtem Abwasser) oder eher Zufall (Witterung, Zeit-punkt der Messung) kann nicht beurteilt werden.

Die Leitfähigkeiten nahmen im Fließverlauf kontinuierlich zu. Während oben an der Stelle Werdhölzli die Leitfähigkeit rund 295 µS/cm [25 °C] betrug, nahm sie an der untersten Stelle bei Turgi Werte von rund 330 µS/cm ein. Die Zunahme der Leitfähigkeit über die ganze Fließstrecke war demnach rund 10 %. Die Zu-nahme erfolgte, wenn pro Stelle die beiden Messwerte der Ufer gemittelt wer-den, mehr oder weniger linear. Wir gehen davon aus, dass diese Zunahme des lo-nengehaltes zu einem grossen Teil durch die Einleitung des gereinigten Abwas-sers bedingt wurde.

Der Sauerstoffgehalt zeigte im Fließverlauf keine Tendenz der Zu- oder Abnah-me. Er betrug im Mittel über alle Stellen hinweg 11.4 mg/l (102 % Sättigung). Einzig beim linken Ufer der Stelle Kloster Fahr stellten wir eine leichte Übersätti-gung von 111 % fest (12.2 mg/l). Diese Übersättigung dürfte auf die höhere pflanzliche Biomasse (tagsüber erhöhte Produktion) zurückzuführen sein.

Äusserer Aspekt

Der Äussere Aspekt manifestierte sich mit Beeinträchtigungen der Gewässersohle in den Uferbereichen und regelmässig und wiederholt ab der Stelle Oetwil a.d.L. (Tabelle 8). Die fließende Welle war bis auf wenig Schaum nicht beeinträchtigt. Die mittleren drei Transektstellen wiesen ebenfalls bis auf eine allfällige Kolmati-on keine Beeinträchtigung auf. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass der Äussere Aspekt basierend auf Tauchaufnahmen nicht gleich umfassend beur-teilt werden konnte, wie die Uferbereiche. Dennoch ist es naheliegend, dass die gut durchströmten Bereiche weniger bis keine Verschlammung oder andere Be-

Tab. 8: Äusserer Aspekt pro Untersuchungsstelle und im Fließverlauf der Limmat im Jahr 2020.

Dargestellt sind nur die Beeinträchtigungen der Gewässersohle, wobei Abfälle weggelassen wurden und Abfälle aus der Siedlungs-entwässerung wurden an keiner Stelle beobachtet. Die dargestellten Beeinträchtigungen stellen eine Synthese dar, respektive es wird die Häufigkeiten des Auftretens pro Untersuchungsstelle aufgeführt. Bis auf die Kolmation der Gewässersohle traten alle Bein-trächtigungen im Uferbereich auf.

Stelle	Geruch Sediment	Verschlammung	Heterotropher Bewuchs	Eisensulfid	Kolmation Gewässersohle
Werdhölzli (Li_010)	kein	keine	kein	kein	keine
Kloster Fahr (Li_020)	kein	keine	kein	1-10%	leicht-mittel
Oetwil a.d.L (Li_030)	gering-mittel	wenig-mittel	vereinzelt	1-10%	leicht-mittel
Wettingen (Li_040)	gering	wenig	vereinzelt	1-10%	keine
Turgi (Li_050)	gering	wenig	vereinzelt	1-10%	leicht-mittel

Legende

- Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt
- Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich
- Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt

eintrüchtigungen aufwiesen. Gehäuft traten die Beeinträchtigungen ab Oetwil a.d.L. auf, welche sich im Bereich der Stauwurzel befindet. Ab dieser Stelle wiesen die Ufer regelmässig eine Verschlammung auf und das Sediment einen fauligen Geruch (z.T. auch nach Kohlenwasserstoffen), Eisensulfid und vereinzelt heterotrophen Bewuchs. Die Staustufen, die zeitweise fehlende Dynamik (Winterabfluss, geringe Zahl an Geschiebetrieb), die je nach Ort ausgeglichenen Strömungsverhältnisse und die zum Teil auch sehr flachen und schwach durchströmten Ufer begünstigen die Akkumulation von Partikeln mit der Folge der oben aufgeführten Beeinträchtigungen.

Es gab aber an keiner Stelle eine offensichtliche oder eindeutige und sehr starke Beeinträchtigung, welche auf starke organische Belastung durch die gereinigten Abwässer hindeuten würde. Alle Beeinträchtigungen wurden höchstens der Klasse 2 (Erfüllung der Anforderungen der GSchV fraglich) zugeordnet. Offenbar werden die Abwässer in den Kläranlagen gut gereinigt und das eingeleitete gereinigte Abwasser in der Limmat stark verdünnt. An der Stelle Oetwil a.d.L., linke Uferseite roch das Feinsediment nach Kohlenwasserstoffe, was auf die Einleitung von Strassenabwasser hindeutet.

Pflanzlicher Bewuchs

Der pflanzliche Bewuchs bestand vor allem aus Algen und bezüglich Deckung nur zu geringen Anteilen aus Moosen (6 Arten) und Wasserpflanzen (2 Arten). Die Moose waren an den untersten beiden Transektstellen Wettingen und Turgi häufiger und artenreicher wie weiter flussaufwärts. Es muss aber berücksichtigt werden, dass es nicht das Ziel der Untersuchung war, die Moosvielfalt vollumfänglich zu erfassen. Die beiden Moose *Cinclidotus riparius* und *Fontinalis antipyretca* beobachteten wir am häufigsten (an vier Transektstellen), während *Hygroamblystegium fluviatile*, *Rhynchostegium riparioides*, *Cinclidotus aquaticus* und *Fissidens crassipes* seltener vorkamen (1 bis 3 Transektstellen). Bei den Wasserpflanzen wurden nur die submersen Arten erfasst. Beobachtet wurden das Ährige Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) und der flutende Wasserhahnenfuss (*Ranunculus fluitans*). Sowohl die Moose wie auch die Wasserpflanzen traten mit einer Deckung von maximal 1-10 % der Gewässersohle auf.

Die Algen bedeckten mit unterschiedlichen Wuchsformen (krustig, häutig, fädig) die Gewässersohle, wobei die fädigen Algen ab der Stelle Kloster Fahr den makroskopischen Eindruck prägten. In Abbildung 33 ist im Fliessverlauf die bewachsene Gewässersohle mittels Fotos charakterisiert. Zudem sind die Algenbewuchsdichten sowie die Deckungsgrade für die Gruppe der Kieselalgen, der krustenförmigen Rotalge *Hildenbrandia rivularis* wie auch für die fädige Grünalge *Cladophora glomerata* dargestellt. Während die Rotalge *Hildenbrandia rivularis* mit wenigen Ausnahmen überall vorkam, prägte vor allem an der Stelle Kloster Fahr die fädige Grünalge *Cladophora glomerata* das Bild der Gewässersohle. Dabei war die Flussmitte stärker mit dieser Grünalge bewachsen wie die beiden Ufer. Wir gehen davon aus, dass diese im Vergleich zur Stelle Werdhölzli deutliche Zunahme des Algenbewuchses durch die Einleitung der gereinigten Abwässer der Kläranlage Werdhölzli mitverursacht wurde.

	Ufer links	Mitte links	Mitte	Mitte rechts	Ufer rechts
Werdhölzli					
Li_010					
Algenbewuchsdichte	deutliche Fäden	Ansätze von Fäden	Ansätze von Fäden	Ansätze von Fäden	Ansätze von Fäden
Kieselalgen (<i>Diatoma</i>)	51-75 %	11-25 %	11-25 %	26-50 %	51-75 %
<i>Hildenbrandia rivularis</i>	1-10 %	1-10 %	1-10 %	1-10 %	-
<i>Cladophora glomerata</i>	-	1-10 %	1-10 %	1-10 %	-
Kloster Fahr					
Li_020					
Algenbewuchsdichte	deutliche Fäden	deutliche Fäden	deutliche Fäden	deutliche Fäden	deutliche Fäden
Kieselalgen (<i>Diatoma</i>)	51-75 %	51-75 %	26-50 %	26-50 %	51-75 %
<i>Hildenbrandia rivularis</i>	1-10 %	-	1-10 %	1-10 %	1-10 %
<i>Cladophora glomerata</i>	11-25%	11-25%	26-50%	11-25%	1-10 %
Oetwil a.d.L.	starke Veralgung				
Li_030					
Algenbewuchsdichte	flächendeckend Fäden	deutliche Fäden	deutliche Fäden	flächendeckend Fäden	flächendeckend Fäden
Kieselalgen (<i>Diatoma</i>)	76-100%	26-50 %	26-50 %	51-75 %	51-75 %
<i>Hildenbrandia rivularis</i>	1-10 %	1-10 %	1-10 %	1-10 %	1-10 %
<i>Cladophora glomerata</i>	-	-	-	1-10 %	-
Wettingen	starke Veralgung		starke Veralgung		
Li_040					
Algenbewuchsdichte	flächendeckend Fäden	deutliche Fäden	deutliche Fäden	flächendeckend Fäden	flächendeckend Fäden
Kieselalgen (<i>Diatoma</i>)	76-100%	26-50 %	11-25 %	51-75 %	76-100%
<i>Hildenbrandia rivularis</i>	1-10 %	-	-	-	1-10 %
<i>Cladophora glomerata</i>	1-10 %	1-10 %	1-10 %	1-10 %	11-25%
Turgi	starke Veralgung		starke Veralgung		
Li_050					
Algenbewuchsdichte	flächendeckend Fäden	deutliche Fäden	deutliche Fäden	deutliche Fäden	flächendeckend Fäden
Kieselalgen (<i>Diatoma</i>)	51-75 %	26-50 %	11-25 %	26-50 %	76-100%
<i>Hildenbrandia rivularis</i>	1-10 %	1-10 %	1-10 %	1-10 %	1-10 %
<i>Cladophora glomerata</i>	1-10 %	1-10 %	1-10 %	1-10 %	1-10 %

Abb. 33: Pflanzlicher Bewuchs pro Transektstelle von links nach rechts und im Fließverlauf von oben nach unten. Algenbewuchsdichte in Anlehnung an die Bildskala von Thomas & Schanz (1976) sowie der Deckungsgrad exemplarisch für drei an den Stellen der Limmat häufig vorkommende Algen. Die Gruppe der Kieselalgen umfasst die krustenförmigen wie auch die Kolonien bildenden Arten (v.a. Gattung *Diatoma*). *Hildenbrandia rivularis* (krustenförmige Rotalge, Deckung in den mittleren Stellen vermutlich eher unterschätzt), *Cladophora glomerata* (fädige Grünalge). Roter Rahmen = Veralgung. Bilder von Hydra AG und AquaPlus AG. Aufnahmen vom 16. - 20. März 2020.

Im Weiteren fiel auf, dass die Ufer jeweils einen zum Teil deutlich höheren Kieselalgenbewuchs aufwiesen wie die Flussmitte. Insbesondere an der Stelle Oetwil a.d.L. und flussabwärts wiesen fast alle Uferstellen immer einen sehr hohen Deckungsgrad von 76-100 % auf, bestehend aus Kolonien bildenden Arten.

Der Kieselalgenbewuchs prägte zum Teil die Gewässersohle extrem. So waren in Oetwil a.d.L. auf der linken Seite wie auch bei den weiter flussabwärts gelegenen Uferstellen bei Wettingen und Turgi die Bewuchsdichten so hoch, dass die Konturen der Steine zum Teil weitflächig nicht mehr erkannt werden konnten. An diesen Stellen erachten wir dies als Wucherung von Algen (Veralgung), so dass die Anforderungen an die Fließgewässer gemäss Anhang 2 der Gewässerschutzverordnung nicht erfüllt sein dürfte.

In Tabelle 9 ist der Algenbewuchs der 5 Transektstellen pro Indikationsgruppe zusammengefasst dargestellt. Diese gemäss Wasserrahmenrichtlinie (LANUV 2009) beigezogene Autökologie der Algen zeigt, dass die meisten in der Limmat gefundenen Algenarten der Algengruppe B (weniger sensible Arten) zugeordnet werden können. Artengruppe A (sensible Arten) trat nur einmal und die Artengruppe C (Störzeiger, Eutropierung, mässigen bis unbefriedigenden Zustand anzeigend) traten mehrmals und an der Stelle Kloster Fahr in der Flussmitte gehäuft auf. Die Artengruppe D (Störzeiger, sehr starke Eutropierung, unbefriedigenden bis schlechten Zustand anzeigend) fanden wir zumindest makroskopisch nicht. Im Fließverlauf machten sich somit die eingeleiteten gereinigten Abwässer bemerkbar, aber nicht im Sinne, dass flächendeckend überall Störzeiger auftraten. Die Algenbewuchsdichte aber insgesamt, die resultierende pflanzliche Biomasse und damit verbunden die Folgeprozesse (Mineralisierung, Sedimentation, Kolmation) sind jedoch deutliche Anzeichen für eine Eutrophierung der Limmat flussabwärts.

Tab. 9: Algenbewuchs der Limmat im Jahr 2020 im Fließverlauf mit Darstellung der Indikationsgruppen gemäss Wasserrahmenrichtlinie.

Dargestellt sind jeweils pro Indikationsgruppe die maximale Deckung, wobei die Kieselalgen nicht berücksichtigt wurden. Zuordnung der Indikationsgruppen A, B, C und D gemäss LANUV (2009), wobei der Typ 'MG_karb', also kalkhaltiger Mittelgebirgsbach ausgewählt wurde. Häufigkeitsklasse gemäss WRRL: HK WRRL 1 (mikroskopisch selten), HK WRRL 2 (mikroskopisch häufig), HK WRRL 3 (Einzelfund, makroskopisch selten, gerade noch erkennbar, bis 5 % Deckung des Bachbettes), HK WRRL 4 (häufig, aber weniger als 1/3 des Bachbettes bedeckend), HK WRRL 5 (massenhaft, mehr als 1/3 des Bachbettes bedeckend). Weitere Erläuterungen siehe Legende zu den Artengruppen.

Artengruppe	Werdhölzli					Kloster Fahr					Oetwil a.d.L.					Wettingen					Turgi				
	Li_010_1_Uli	Li_010_2_Mli	Li_010_3_Mi	Li_010_4_Mre	Li_010_5_Ure	Li_020_1_Uli	Li_020_2_Mli	Li_020_3_Mi	Li_020_4_Mre	Li_020_5_Ure	Li_030_1_Uli	Li_030_2_Mli	Li_030_3_Mi	Li_030_4_Mre	Li_030_5_Ure	Li_040_1_Uli	Li_040_2_Mli	Li_040_3_Mi	Li_040_4_Mre	Li_040_5_Ure	Li_050_1_Uli	Li_050_2_Mli	Li_050_3_Mi	Li_050_4_Mre	Li_050_5_Ure
-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-
B	3	3	3	3	1	4	4	1	4	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	3	1	3	3	3	3
C	-	-	-	-	-	3	-	5	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3	-	-	-	3
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legende zu den Artengruppen

- A Sensible Arten, charakteristisch für bestimmte Fließgewässertypen: *Gongrosira incrustans*
- B Weniger sensible Arten, Vorkommen nicht so eng begrenzt wie unter A: *Heribaudiella fluviatilis*, *Hildenbrandia rivularis*, *Hydrurus foetidus*, *Cladophora glomerata* (wenn nicht häufig), *Ulothrix zonata*
- C Typusspezifische Störzeiger (Eutrophierung bzw. einen mässigen bis unbefriedigenden Zustand anzeigend): *Phorphidium retzii*, *Oscillatoria limosa*, *Cladophora glomerata* (wenn häufig), *Vaucheria* sp.
- D Typusspezifische Störzeiger (sehr starke Eutrophierung, unbefriedigenden bis schlechten Zustand anzeigend): keine Arten gefunden.
- Keine Zuordnung möglich: *Cyanophyceae*, *Nostoc* sp.

Kieselalgen-Lebensgemeinschaften

Aufgrund der 25 untersuchten Transektstellen sind hinsichtlich der Lebensgemeinschaften der Kieselalgen zusammenfassend weitere Aussagen und Charakterisierungen der Limmat möglich.

Artenvielfalt

Die Transektstellen am Ufer (Uli, Ure) waren erwartungsgemäss artenreicher als die tieferen Transektstellen in der Mitte (Mli, Mi, Mre) des Flusses (Mittelwert Ufer: 28 Taxa; Mittelwert Mitte: 20 Taxa). Dies vermutlich daher, da die Ufer struktureicher sind und unterschiedliche Substrate und damit mehr ökologische Nischen aufweisen als die tieferen Transektstellen in der Flussmitte. Vermutlich ist auch die erhöhte Strömung mitverantwortlich für die tieferen Taxazahlen bei den Transektstellen in der Flussmitte (Mittelwert Ufer: 0.4 m/s; Mittelwert Mitte: 0.9 m/s). Des Weiteren ist die Summe der drei häufigsten Arten bei den Transektstellen am Ufer tiefer als jene bei den mittleren Transektstellen (Mittelwert Ufer: 58.6 %; Mittelwert Mitte: 77.8 %). Ein tieferer relativer Anteil der Summe der drei häufigsten Arten erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass auch nicht zahlreiche Arten innerhalb einer Zählung von 500 Schalen erfasst werden können (Tabelle 11).

Lebensgemeinschaften

Von den insgesamt 93 an den 5 Messstellen gefundenen Taxa galten 7 davon als Hauptarten und 4 weitere als Begleitarten. Als Hauptarten werden Taxa betrachtet, welche mindestens an einer Stelle eine relative Häufigkeit von $\geq 10\%$ erreichen. Begleitarten sind Taxa, die an mindestens einer Stelle mit einer relativen Häufigkeit von 5 bis $< 10\%$ auftreten. Die im Untersuchungsjahr 2020 gefundenen Hauptarten sind in der Schweiz weit verbreitete Taxa. Von den Hauptarten bevorzugt keine Art sehr sauberes und weitgehend unbelastetes Wasser (D-Wert ≤ 2). Alle im Untersuchungsgebiet vorkommenden Hauptarten, mit Ausnahme von *Amphora pediculus* sind typisch für mehrheitlich gering bis mittel nährstoffbelastete Fliessgewässer der Schweiz. *Amphora pediculus* hingegen toleriert höhere organische Belastungen und Nährstoffkonzentrationen (D-Wert ≥ 4.5). Die häufigsten bei allen 25 Transektstellen vorhandenen Taxa waren *Achnanthydium delmontii* und *Nitzschia fonticola* (Tabelle 10).

Tab. 10: Hauptarten der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften an den Messstellen der Limmat im Jahr 2020.

Hauptarten kommen mindestens an einer der Stellen mit einer relativen Häufigkeit (rH) von $\geq 10\%$ vor.

Taxon	D-Wert [-]	G-Wert [-]	minimale rH [%]	maximale rH [%]	Vorkommen [Stellen]
<i>Achnanthydium delmontii</i> *	3.5	1.0	10.0	76.6	25
<i>Nitzschia fonticola</i>	3.5	1.0	3.0	37.4	25
<i>Achnanthydium minutissimum</i> var. <i>minutissimum</i>	3.0	0.5	1.6	35.8	22
<i>Amphora pediculus</i>	5.0	0.5	1.8	29.2	19
<i>Diatoma ehrenbergii</i>	2.5	1.0	0.2	22.6	24
<i>Nitzschia dissipata</i>	3.5	1.0	0.4	17.0	25
<i>Navicula cryptotenella</i>	4.0	0.5	0.8	10.4	25

* gebietsfremdes Taxon, früher zusammen mit *Achnanthydium pyrenaicum* (= *Achnanthes biasoletiana*) gezählt.

Tab. 11: Resultate der Auswertung der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften der fünf Messstellen der Limmat (Werdhölzli, Kloster-Fahr, Oettwil a.d.L., Wettingen, Turgi) der Untersuchungsjahre 2010 und 2020. Uli: Ufer links, Mli: Mitte links, Mi: Mitte, Mre: Mitte rechts, Ure: Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten dabei tauchend. Verfahren und Methodenbeschreibung siehe Kapitel 2.3. Aufnahmen vom 16. bis 20. März 2020. * Schlechtere Bewertung bedingt durch den erhöhten Anteil an sauerstoffbeeinflussten Taxa (siehe Abb. 35 rechts und Text dazu).

Stellen- bezeichnung	Taxa- zahl	Anteil der 3 häufigsten		Anteil Plankton [%]	Anteil Terato- logie [%]	Anteil Neo- phyten [%]	Gesamt- bewertung			Erfüllung GSchV Anhang 1			
		Arten [%]					DI-CH	Güte- klasse	Gesamt- bewertung	Erfüllung GSchV Anhang 1	DI-CH	Güte- klasse	Gesamtbe- wertung
Untersuchung im Jahr 2020						Untersuchung im Jahr 2020				Untersuchung im Jahr 2010			
Li_010_1_Uli	23	56.4	0.4	0.6	27.0	3.28	II	gut	gut erfüllt	-	-	-	-
Li_010_2_Mli	19	82.0	0.4	4.6	66.0	3.53	II	gut	gut erfüllt	-	-	-	-
Li_010_3_Mi	16	88.2	0.6	0.8	75.6	3.41	II	gut	gut erfüllt	-	-	-	-
Li_010_4_Mre	15	88.0	0.0	0.8	69.4	3.43	II	gut	gut erfüllt	-	-	-	-
Li_010_5_Ure	28	63.4	0.8	1.2	19.4	3.14	II	gut	gut erfüllt	-	-	-	-
Li_020_1_Uli	26	55.4	0.6	0.0	10.0	3.49	II	gut	gut erfüllt	-	-	-	-
Li_020_2_Mli	26	81.4	0.4	2.0	51.4	3.57	II	gut	gut erfüllt	-	-	-	-
Li_020_3_Mi	20	89.6	0.4	0.4	51.0	3.53	II	gut	gut erfüllt	-	-	-	-
Li_020_4_Mre	22	76.8	0.8	1.0	38.6	3.497	II	gut	gut erfüllt	-	-	-	-
Li_020_5_Ure	28	67.0	1.0	0.4	12.6	3.502	II	gut	gut erfüllt	-	-	-	-
Li_030_1_Uli	29	52.0	3.2	1.0	13.0	3.47	II (II-III) *	mässig	knapp nicht erfüllt	-	-	-	-
Li_030_2_Mli	11	90.4	0.0	2.6	76.6	3.56	II	gut	gut erfüllt	-	-	-	-
Li_030_3_Mi	22	72.4	0.2	2.2	56.6	3.58	II	gut	gut erfüllt	-	-	-	-
Li_030_4_Mre	29	61.2	1.2	1.2	35.6	3.66	II	gut	gut erfüllt	-	-	-	-
Li_030_5_Ure	32	51.0	1.2	0.2	26.0	3.56	II	gut	gut erfüllt	-	-	-	-
Li_040_1_Uli	37	50.4	2.2	0.0	24.2	3.62	II	gut	gut erfüllt	3.95	II	gut	gut erfüllt
Li_040_2_Mli	21	66.6	0.0	0.4	33.2	3.79	II	gut	gut erfüllt	3.64	II	gut	gut erfüllt
Li_040_3_Mi	23	63.8	0.2	0.6	38.0	3.53	II	gut	gut erfüllt	3.21	II	gut	gut erfüllt
Li_040_4_Mre	28	64.2	0.2	1.0	25.6	3.86	II	gut	gut erfüllt	3.28	II	gut	gut erfüllt
Li_040_5_Ure	23	70.6	0.4	2.6	39.0	3.50	II	gut	gut erfüllt	3.63	II	gut	gut erfüllt
Li_050_1_Uli	25	63.6	0.0	0.6	14.6	3.47	II (II-III) *	mässig	knapp nicht erfüllt	3.27	II	gut	gut erfüllt
Li_050_2_Mli	18	76.2	0.2	1.6	48.2	3.56	II	gut	gut erfüllt	2.93	II	gut	gut erfüllt
Li_050_3_Mi	18	80.0	0.2	3.0	59.0	3.54	II	gut	gut erfüllt	2.90	II	gut	gut erfüllt
Li_050_4_Mre	12	85.6	0.0	2.0	71.6	3.53	II	gut	gut erfüllt	3.67	II	gut	gut erfüllt
Li_050_5_Ure	31	55.8	0.4	0.0	13.8	3.45	II (II-III) *	mässig	knapp nicht erfüllt	3.19	II	gut	gut erfüllt

Die Lebensgemeinschaften waren bezüglich der relativen Anteile pro Taxon bei den untersuchten Transektstellen nur bedingt ausgewogen. Die Werte der Evenness lagen zwischen 38 und 76 % (Mittelwert: 61 %). Zwei Transektstellen wiesen sogar Werte unterhalb 40 % auf und lassen somit auf ein sehr stark dominierendes Taxon schliessen. Die eher tiefen Evenness Werte der untersuchten Transektstellen sind unter anderem durch das häufig dominierende Taxon *A. delmontii* (bei 18 von 25 Stellen die Art mit der maximalen rH der Lebensgemeinschaft) respektive durch die hohen Anteile der drei häufigsten Arten bedingt (Mittelwert: 70 %; Minimum: 50 %, Maximum: 90 %).

Plankton und Teratologie

Sowohl der Anteil der Plankter wie auch der Teratologie (Missbildungen) waren tief. Sie erreichten wenige Prozente. Die Missbildungen wurden vor allem durch das Taxon *Achnantheidium delmontii* verursacht, welches vermutlich natürlicherweise zu Deformationen der Schalen neigt. Wir gehen daher davon aus, dass das beobachtete Auftreten der Teratologie in der Limmat ein natürliches Phänomen ist und keine gewässerökologische Bedeutung hat.

Neophyten

Da es auch bei Algen biogeographische Verbreitungsmuster gibt, werden einzelne Kieselalgentaxa als gebietsfremd betrachtet. Momentan sind die Schadenspotentiale von gebietsfremden Kieselalgen in der Schweiz jedoch noch unklar. Es gibt bekannte Fälle wie *Didymosphenia geminata*, die z. B. in Neuseeland durch Bildung gewaltiger Biomassen ökologische Probleme verursacht. Von anderen Taxa ist unklar, wie weit sie einheimische Arten verdrängen und etablierte Biozönosen des Phytobenthos stören können (AquaPlus 2020).

Ein für die Schweiz als gebietsfremd eingestuftes Taxon, welches in der Limmat im Untersuchungsjahr 2020 vorkam, ist *Achnantheidium delmontii*, welches 2012 aus französischen Fließgewässern als neues Taxon beschrieben wurde (Pères et al. 2012). Früher wurde das Taxon möglicherweise zu der sehr ähnlichen *Achnantheidium pyrenaicum* gezählt und damit übersehen. Die Unterschiede dieser beiden Taxa sind unserer Einschätzung nach aber nicht immer eindeutig. *Achnantheidium delmontii* kam an allen Messstellen mit hohen respektive sehr hohen Anteilen vor. Die Anteile reichten von rund 10 bis 77 %, wobei 9 der 25 untersuchten Transektstellen sogar einen Anteil von > 50 % aufwiesen. Auffällig war, dass *A. delmontii* die mittlere Flusssohle meist mit deutlich höheren Anteilen besiedelte wie die Uferbereiche. Die gebietsfremde Art *A. delmontii* dürfte für Mensch, Nutztiere und Infrastruktur keine Probleme geben. Das Taxon beeinflusst aber die Artenvielfalt in einem Fließgewässer sehr stark, indem es mit den hohen Zelldichten andere (standortgerechte) Arten verdrängt.

Als weitere gebietsfremde Kieselalge wurde im Untersuchungsjahr 2020 bei Wettingen *Navicula jakovljevicii* mit je 1 Schale an zwei Transektstellen nachgewiesen. Ihr Vorkommen dürfte eher Zufall sein und daher bedeutungslos.

Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität

Verhältnisse im Fliessverlauf

Betrachtet man die indizierten Verhältnisse hinsichtlich DI-CH Wert im Fliessverlauf, so sind die Verhältnisse sehr ähnlich (Mittelwert 5 Transektstellen: Li_010 Werdhölzli: 3.36; Li_020 Kloster Fahr: 3.52; Li_030 Oetwil a.d.L.: 3.57; Li_040 Wettingen: 3.66; Li_050 Turgi: 3.51). Der gemittelte DI-CH Wert der Messstelle Li_010 Werdhölzli indiziert somit wenig bessere Verhältnisse (Tabelle 11, Abbildung 34). Entspricht die Stelle Werdhölzli als Mittelwert insgesamt noch der Zustandsklasse «sehr gut», fallen die flussabwärts sich befindenden vier anderen Stellen, wenn auch knapp, im Mittelwert in die Zustandsklasse «gut». Die Unterschiede von links nach rechts waren nicht gross, wobei tendenziell die mittleren drei Stellen einen wenig schlechteren DI-CH-Wert aufwiesen, wie diejenigen der Ufer (Abbildung 34).

Da alle 25 Lebensgemeinschaften der Limmat sehr stark durch das gebietsfremde Taxon *Achnanthydium delmontii* geprägt wurden (Anteile je nach Stelle zwischen 10 und 77 %, mittleres Vorkommen über alle 25 Stellen hinweg: 40 %, siehe Anhang C), interessiert wie dieses Taxon mit einem D-Wert von 3.5 und einem G-Wert von 1 den DI-CH beeinflusst. Um dies zu prüfen, wurde der DI-CH-Wert neu berechnet, indem die D- und G-Werte des Taxons *A. delmontii* weggelassen wurden. Damit indizieren alle anderen Taxa den DI-CH-Wert. Als Resultat zeigte sich, dass die Stelle Werdhölzli nur um 0.12 Einheiten besser wäre und alle anderen Stellen bloss um 0.02 bis 0.09 Einheiten schlechter. Zudem wäre die Differenz zwischen dem besten Mittelwert der Stelle Werdhölzli und dem schlechtesten Mittelwert der Stelle Wettingen nicht 0.3-Einheiten, sondern 0.5 Einheiten. Damit wird ersichtlich, dass auch alle anderen Taxa in etwa dieselben gewässerökologischen Verhältnisse indizieren und *A. delmontii* wohl Einfluss auf die Struktur der Lebensgemeinschaft hatte, aber nicht auf den Indexwert DI-CH.

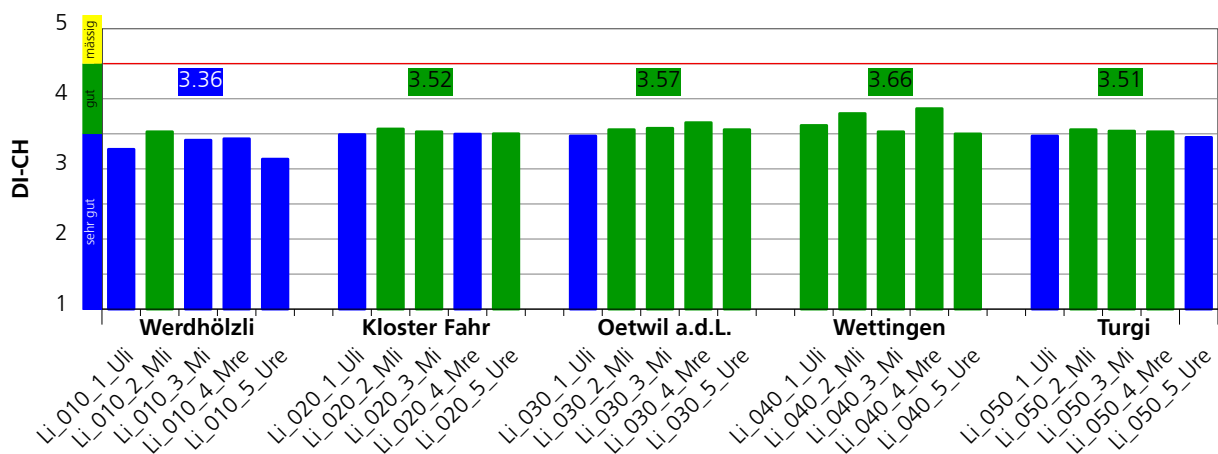


Abb. 34: Darstellung des Kieselalgen-Indexwertes DI-CH im Fliessverlauf der Limmat.

Die Farbskala bei der Y-Achse entspricht den ersten drei Zustandsklassen gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007b). Rote Linie: Ab einem DI-CH von 4.5, werden die ökologischen Ziele der GSchV, Anhang 1 nicht mehr erfüllt (GSchV, 1998). Aufnahmen vom 16. - 20. März 2020.

Die Lebensgemeinschaften wiesen aber auf Ebene der D-Gruppen im Fliessverlauf erkennbare Änderungen auf (Abbildung 35 links). So nahmen an der Stelle Werdhölzli die Arten mit D-Werten < 3.5 (Zustandsklasse «sehr gut») den höchsten Wert ein, während dieser anschliessend deutlich tiefer ausfiel. Gleichzeitig nahm der Anteil der Arten der Zustandsklasse «mässig» (D-Werte von ≥ 4.5 bis < 5.5) bis zur Stelle Wettingen (Li_040) stetig zu. An der Stelle Turgi (Li_050) waren dann die Anteile der D-Gruppen wieder ähnlich wie bei der Stelle Kloster Fahr (Li_020), die Verhältnisse wie bei Werdhölzli wurden aber nicht erreicht. Offenbar bewirkten die gereinigten Abwässer eine erkennbare Verschiebung der Artenzusammensetzungen und somit der Lebensgemeinschaften nicht aber ähnlich deutlich der DI-CH-Werte. Der Grund für die besseren Verhältnisse an der untersten Stelle Turgi ist aus unserer Sicht nicht offensichtlich erkennbar, war doch auch hier eine sehr starke Veralgung vorhanden. Möglicherweise trägt die Staustufe bei Wettingen zur Sedimentation von organischen Partikeln und damit zur Selbstreinigung bei, was sich dann möglicherweise auch auf die Wachstumsbedingungen der Kieselalgen auswirkte.

Betrachtet man diejenigen Arten, welche bei guten, weitgehend gesättigten Sauerstoffverhältnissen auch leicht erhöhte organische Belastungen tolerieren, dann wird gemäss Abbildung 35 (rechts) ersichtlich, dass sich die Lebensgemeinschaften ab Kloster Fahr bis und mit Turgi deutlich von der obersten Stellen Werdhölzli unterscheiden. Während der Anteil dieser Arten bei der Stelle Werdhölzli im Mittelwert bei rund 10 % einnahm, betrug der Mittelwert flussabwärts immer rund 30 bis 40 %. Dieser sehr hohe Anteil führte denn auch unter Berücksichtigung

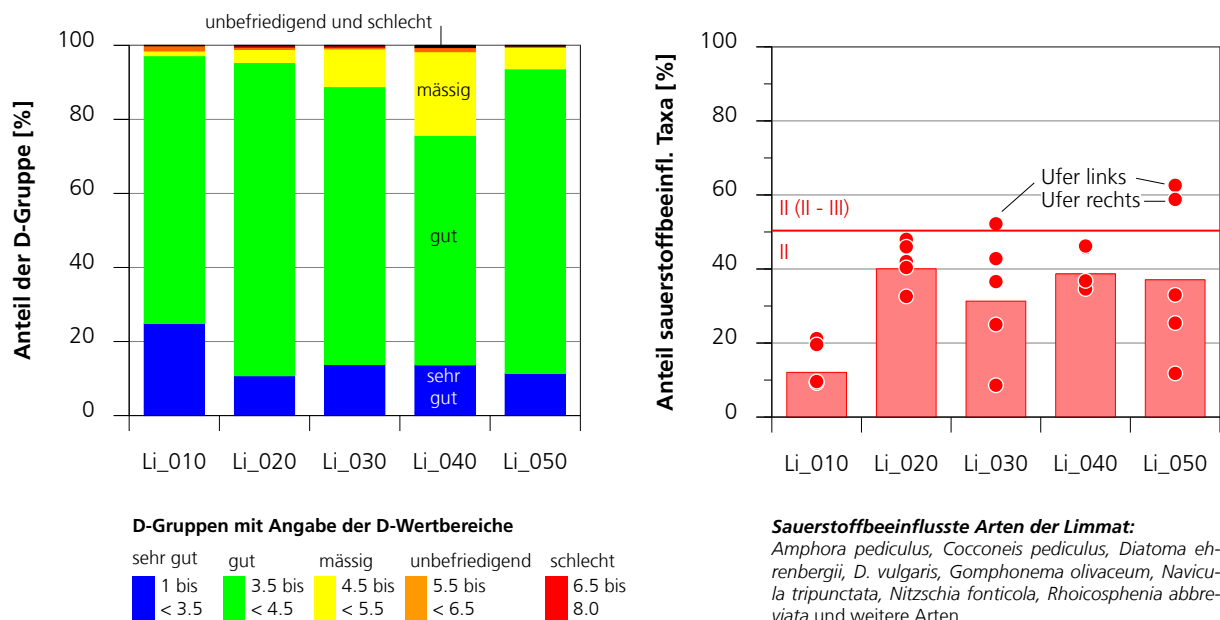


Abb. 35: Darstellung der D-Gruppen und der sauerstoffbeeinflussten Taxa pro Transekt (Mittelwerte).

Links: Anteile der D-Gruppen. Die Farben und Bezeichnungen entsprechen den Zustandsklassen gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007b). Aufnahmen vom 16.-20. März 2020.

Rechts: hellrote Säulen: Summe der sauerstoffbeeinflussten Taxa (Mittelwerte pro Messstelle). Diese Arten tolerieren bei guter Sauerstoffversorgung höhere Belastungen. Rote Punkte: Summe der sauerstoffbeeinflussten Taxa und tolerante und resistente Differentialarten (dargestellt sind die Einzelwerte der 5 Transektmessstellen pro Messstelle). Nimmt der Wert einen Anteil von ≥ 50 % ein ergibt dies im vorliegenden Fall die Gewässergüte II (mit Tendenz zu II-III).

der Differentialartengruppen zu einer Beurteilung des gewässerökologischen Zustandes, so dass die ökologischen Ziele bei Oetwil a.d.L. (linke Seite) sowie bei Turgi (beide Ufer) knapp nicht erfüllt wurden (siehe Abbildung 35 rechts und Tabelle 11).

Vergleich mit früheren Untersuchungen

Vergleicht man, wie in Tabelle 11 aufgelistet, die indizierten Verhältnisse hinsichtlich DI-CH Wert der Untersuchungsjahre 2010 und 2020 der Messstellen Li_040 Wettingen und Li_50 Turgi so zeigen die Messstellen im Jahr 2020 leicht schlechtere Verhältnisse an (Mittelwert 5 Transektstellen: Li_040 Wettingen 2010, 2020: 3.44, 3.66; Li_050 Turgi 2010, 2020: 3.19, 3.51). Dieser Unterschied dürfte zu einem grossen Teil auf das Auftreten des gebietsfremden Taxons *Achnanthydium delmontii* (D-Wert 3.5) zurückzuführen sein. Während im Jahr 2010 dieses Taxon infolge damals noch fehlendem Taxabeschrieb noch zusammen mit *Achnanthydium pyrenaicum* (D-Wert 1.5) bestimmt wurde, konnten die zwei Arten im Jahr 2020 unterschieden werden. Würden die Zählungen aus dem Jahr 2010 wieder-

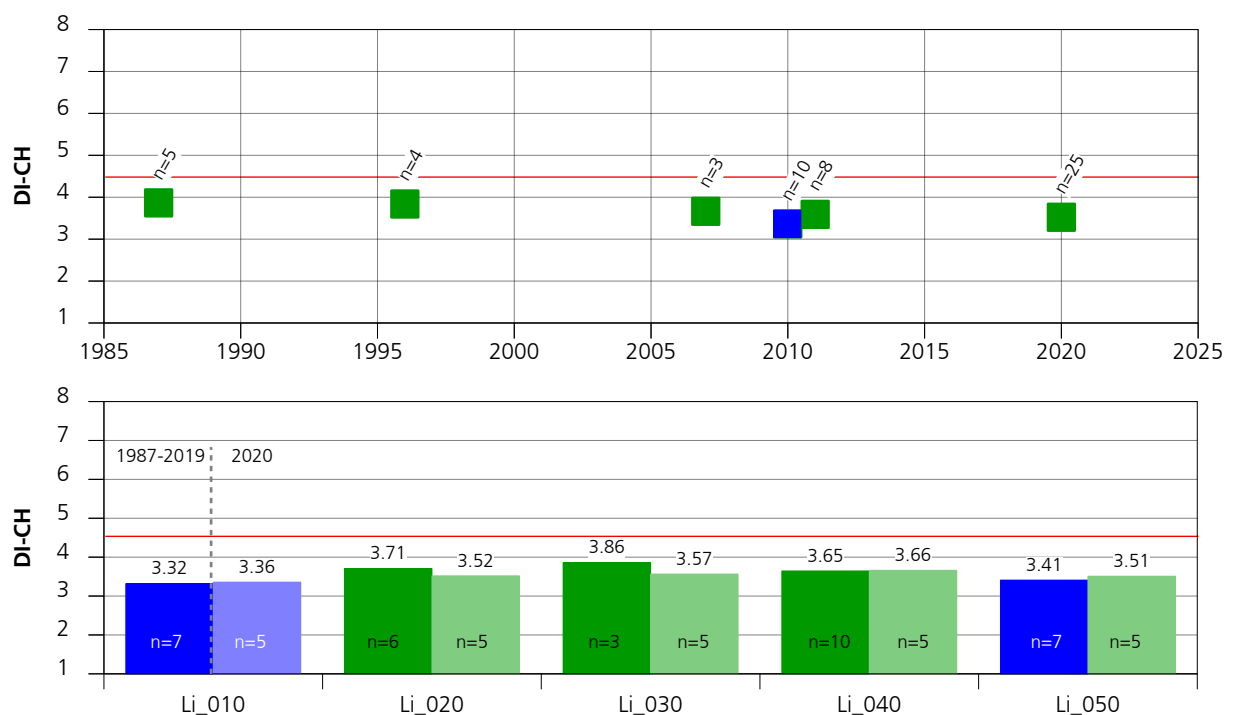


Abb. 36: Entwicklung des Kieselalgen-Indexwertes DI-CH im Zeitverlauf (oben) und im Fließverlauf der Limmat (unten).

Oben: für die Darstellung der Entwicklung wurden sämtliche in der Datenbank AquaPlus vorhandenen Daten der Limmat verwendet, wobei nur Proben des Monats März ausgewählt wurden und sofern pro Jahr ≥ 3 Proben vorhanden waren. Pro Jahr wurden die DI-CH-Werte über den ganzen Fließverlauf hinweg gemittelt. Die Anzahl Proben pro Jahr können der Grafik entnommen werden.

Unten: Für die Periode 1987-2019 wurden sämtliche 33 Märzproben der Datenbank AquaPlus einem der 5 Transektstellen zugewiesen und anschliessend der Mittelwert der DI-CH-Werte gebildet. Die Anzahl Proben pro Abschnitt können der Grafik entnommen werden.

Farben: Die Einfärbung der Datenpunkte (oben) und Säulen (unten) entsprechen den Zustandsklassen gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007b).

Rote Linie: Ab einem DI-CH von 4.5, werden die ökologischen Ziele der GSchV, Anhang 1 nicht mehr erfüllt (GSchV 1998).

holt, träten in der Berechnung des DI-CH-Wertes auch die D-Werte des leicht schlechter indizierenden Taxons *A. delmontii* auf, was eine leichte Verschlechterung des DI-CH-Wertes zur Folge hätte.

Zieht man alle uns bekannten Limmatuntersuchungen des Monates März der letzten 35 Jahre bei (1987-2020, 55 Proben, wobei Jahre mit total nur 2 Proben weggelassen wurden), wird eine über die Zeit leichte Verbesserung des DI-CH-Wertes erkennbar (Abbildung 36 oben). Die Änderungen sind aber gering, nämlich von rund 3.9 nach 3.5.

Weist man alle uns bekannten 33 Märzproben der Limmat einem der 5 Untersuchungsabschnitte (Transektstellen) zu, kann ein Mittelwert pro Abschnitt für die Zeitperiode 1987-2019 gebildet werden (Abbildung 36 unten). Vergleicht man diese Mittelwerte mit denjenigen der aktuellen Untersuchung 2020, so zeigt sich, dass die Änderung des DI-CH-Wertes im Fliessverlaufes sowohl früher wie auch aktuell sehr ähnlich erfolgte. Die Stelle Werdhölzli (Li_010) war immer besser wie alle anderen Stellen flussabwärts und die Stelle Turgi (Li_050) wenig besser wie die Stellen Kloster Fahr (Li_020), Oetwil a.d.L (Li_030) und Wettingen (Li_040). Offenbar ist das gewässerökologische Regime der Limmat auf Basis der Kieselalgen und des Indexwertes DI-CH recht konstant. Allfällige Änderungen im Fliessverlauf sind minim, aber ein Trend hin zu wenig besser ist erkennbar. Ebenso sind die Änderungen an den Transektstellen selber minim, wobei die Stellen Kloster Fahr (Li_020) und Oetwil a.d.L. (Li_030) mit rund 0.2 bis 0.3 Einheiten besserem DI-CH-Wert die stärksten Verbesserungen erfuhren.

4 Literaturverzeichnis

- AquaPlus (2010): Biologische Untersuchung der Limmat bei Turgi und Wettingen AG. Fachbericht Äusserer Aspekt und Flora. Untersuchungen vom 17./18. März 2010. Bericht im Auftrag des Departementes Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung für Umwelt, 60 Seiten inkl. Anhänge.
- AquaPlus (2011): Kieselalgen-Lebensgemeinschaften in Furtbach und Limmat. Verifizierung der Teratologie des Jahres 2010. Bericht im Auftrag des AWEL, Abteilung Gewässerschutz, Sektion Oberflächengewässerschutz des Kantons Zürich und des Departementes Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung für Umwelt, 68 Seiten inkl. Anhänge.
- AquaPlus (2020): Gebietsfremde Algen in der Schweiz. Grundlagen und Situationsanalyse. Bericht. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, Abteilung Arten, Ökosysteme, Landschaften, Bern. 61 Seiten inkl. Anhänge.
- BAFU (2007a): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Äusserer Aspekt. Umwelt-Vollzug Nr. 07101. Bundesamt für Umwelt, Bern. 43 S.
- BAFU (2007b): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Umwelt-Vollzug Nr. 0740. Bundesamt für Umwelt, Bern. 130 S.
- Douglas, B. (1958): The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stony stream. *J. Ecol.* 46: 295-322.
- Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998 (Stand vom 1. April 2020), Gesetzes-Nr. 814.201.
- Hofmann, G., Lange-Bertalot, H., Werum, M. (2013): Diatomeen im Süsswasser-Benthos von Mitteleuropa. 2. korrigierte Auflage. Koeltz Scientific Books, Königstein.
- Hydra (2010): Biologische Untersuchung der Limmat bei Turgi und Wettingen AG. Fachbericht Makrozoobenthos. Untersuchungen vom 17./18. März 2010. Bericht im Auftrag des Departementes Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung für Umwelt, 28 Seiten inkl. Anhänge.
- Hydra (2017): Methode zur Untersuchung und Beurteilung grosser Fliessgewässer Teil 2: MSK-Bewertungsmethode Makroinvertebraten in grossen Fliessgewässern; Methodenevaluation, Konzeptvorschlag. Stand: 31.01.2018, 115 Seiten.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. (1986): Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae (Vol. 2/1). Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. (1991a): Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae (Vol. 2). Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. (1991b): Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnantheaceae, kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4 (Vol. 2/4). Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag.

- Krammer K., Lange-Bertalot H. (2007): Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Unveränderter Nachdruck (Vol. 2/2). Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag.
- Lange-Bertalot, H., Metzeltin, D. (1996): Oligotrophie-Indikatoren. 800 Taxa repräsentativ für drei diverse Seen-Typen. Kalkreich - Oligodystroph - schwach gepuffertes Weichwasser. Iconographia Diatomologica Volume 2, Koeltz Scientific Books, Königstein, 390 S.
- LANUV (2009): Benthische Algen ohne Diatomeen und Characeen - Bestimmungshilfe. LANUV-Arbeitsblatt 9. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen. 474 S.
- Pérès, F., Barthès, A., Ponton, E., Coste, M., Ten-Hage, L., Le Cohu, R. (2012): *Achnantheidium delmontii* sp. nov., a new species from French rivers. Fottea 12: 189–198.
- Straub F., 1981: Utilisation des membranes filtrantes en teflon dans la préparation des Diatomées epilithiques. Cryptogamie, Algologie 2(2), 153.
- Thomas, E.A. & Schanz, F. (1976): Beziehungen zwischen Wasserchemismus und Primärproduktion in Fließgewässern, ein limnologisches Problem. Vjsschr. Natf. Ges. Zürich, 121 (4), 309-317.

5 Anhang

A Stellendokumentationen

Messstelle Werdhölzli	Li_010
Messstelle Kloster Fahr	Li_020
Messstelle Oetwil a.d.L.	Li_030
Messstelle Wettingen	Li_040
Messstelle Turgi	Li_050

B Pflanzlicher Bewuchs

C Zählraten Kieselalgen

D Felddaten und Sondenmesswerte

5 Anhang A

Stellendokumentationen

Messstelle Werdhölzli	Li_010
Messstelle Kloster Fahr	Li_020
Messstelle Oetwil a.d.L.	Li_030
Messstelle Wettingen	Li_040
Messstelle Turgi	Li_050

5 Anhang B

Pflanzlicher Bewuchs

Tab. B. Pflanzlicher Bewuchs an den Untersuchungsstellen der Limmat im Jahr 2020.

Zählliste Algen	Wuchsform	Stamm	Deutsche Bez.	Einheit	Limmat																														
					Gewässer					Stelle																									
					Datum					16.3.2020		17.3.2020		18.3.2020		19.3.2020		20.3.2020																	
					LI_010_1 UII	LI_010_2 MII	LI_010_3 MI	LI_010_4 Mre	LI_010_5 Ure	LI_020_1 UII	LI_020_2 MII	LI_020_3 MI	LI_020_4 Mre	LI_020_5 Ure	LI_030_1 UII	LI_030_2 MII	LI_030_3 MI	LI_030_4 Mre	LI_030_5 Ure	LI_040_1 UII	LI_040_2 MII	LI_040_3 MI	LI_040_4 Mre	LI_040_5 Ure	LI_050_1 UII	LI_050_2 MII	LI_050_3 MI	LI_050_4 Mre	LI_050_5 Ure						
					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Bewuchsdichte Algen					BD	3	2	2	2	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3	3	4						
Zählliste Moose																																			
Bryophyta		Bryophyta	nicht bestimmtes Moos	DG																															
Cinclidotus aquaticus (HEDWIG) BRUCH, SCHIMPER & GUEMBEL		Bryophyta	Moos	DG																															
Cinclidotus riparius (WEBER, MOHR) ARNELL		Bryophyta	Moos	DG																															
Fissidens crassipes WILSON		Bryophyta	Moos	DG																															
Fontinalis antipyretica HEDWIG		Bryophyta	Moos	DG																															
Hygroamblystegium fluviatile (HEDWIG) LOESKE		Bryophyta	Moos	DG																															
Rhynchostegium riparioides (HEDWIG) CARDOT		Bryophyta	Moos	DG																															
Deckungsgrad Moose					DG	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0			
Zählliste Makrophyten																																			
Myriophyllum spicatum LINNAEUS		Spermatophyta	Tausendblatt	DG																															
Ranunculus fluitans LAMARCK		Spermatophyta	Flutender Hahnenfuss	DG																															
Deckungsgrad Makrophyten					DG	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	

Legende Bewuchsdichte abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976)

- 0 = kein Bewuchs,
- 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Zotten,
- 2 = Ansätze von Fäden und Zotten,
- 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten,
- 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen,
- 5 = ganzer Bachgrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar.

Legende Deckungsgrad (DG) abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976)

- 0 = frei von Bewuchs,
- 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt,
- 2 = 11-25%,
- 3 = 26-50%,
- 4 = 51-75%,
- 5 = 76-100%.

5 Anhang C

Zählraten Kieselalgen

Fortsetzung Tab. C.

Teratologie	Limmat																																
	Gewässer			16.3.2020				17.3.2020				18.3.2020				19.3.2020				20.3.2020													
Stelle	LI_010_1_Ull	LI_010_2_Mll	LI_010_3_Ml	LI_010_4_Mre	LI_010_5_Ure	LI_020_1_Ull	LI_020_2_Mll	LI_020_3_Ml	LI_020_4_Mre	LI_020_5_Ure	LI_030_1_Ull	LI_030_2_Mll	LI_030_3_Ml	LI_030_4_Mre	LI_030_5_Ure	LI_040_1_Ull	LI_040_2_Mll	LI_040_3_Ml	LI_040_4_Mre	LI_040_5_Ure	LI_050_1_Ull	LI_050_2_Mll	LI_050_3_Ml	LI_050_4_Mre	LI_050_5_Ure								
Datum																																	
Typ 4.1: Achnanthidium minutissimum var. minutissimum (KUETZING) CZARN	25060	3.0	0.5																														
Typ 4.2: Achnanthidium delmontii PERES, LE COHU & BARTHES	100244	3.5	1.0																														
Statistik Teratologie																																	
Summe Teratologie Typ 1 [%]	0.6	3.4																															
Summe Teratologie Typ 2 [%]																																	
Summe Teratologie Typ 3 [%]																																	
Summe Teratologie Typ 4.1 [%]	1.2	0.8	0.8	1.2																													
Summe Teratologie Typ 4.2 [%]																																	
Summe alle Teratologietypen [%]	0.6	4.6	0.8	0.8	1.2																												
DI-CH (Zweiteichung)																																	
DI-CH Index (Zweiteichung)	3.28	3.53	3.41	3.43	3.14	3.49	3.57	3.53	3.497	3.502	3.47	3.56	3.58	3.66	3.56	3.62	3.79	3.53	3.86	3.50	3.47	3.56	3.54	3.53	3.45								
Zustandsklasse (Zweiteichung)	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1							
sehr gut < 2.5	2.6	0.0	1.0	1.4	5.8	0.2	1.2	0.6	0.2	0.4	0.6	0.0	0.0	0.6	1.4	0.4	1.4	0.8	0.0	1.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0							
sehr gut > 2.5	36.4	11.0	5.2	13.8	47.4	17.2	4.8	3.2	8.6	17.4	33.8	1.2	7.0	8.8	15.6	17.8	6.2	13.4	14.4	12.4	18.2	4.4	5.0	3.0	24.6								
gut	55.6	84.6	92.8	84.2	44.2	77.2	89.4	90.4	86.8	79.2	54.0	93.6	85.6	75.0	67.0	63.8	54.0	62.4	49.0	80.8	76.6	88.6	90.4	92.2	63.2								
mässig	3.4	0.8	1.0	0.4	0.8	5.0	3.2	5.6	3.2	1.0	9.8	5.2	7.4	13.6	15.0	16.2	37.2	23.0	34.0	2.6	3.6	7.0	4.6	4.2	9.8								
unbefriedigend	2.0	3.4	0.0	0.2	1.4	0.4	0.6	0.0	1.0	0.8	0.0	0.0	0.8	0.0	0.6	1.6	0.4	0.0	1.0	2.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.8								
schlecht	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	1.0	0.4	0.0	0.0	1.0	0.4	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0								
nicht definiert	0.0	0.2	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.6	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.8	0.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6								
DI-CH Index (Zweiteichung) ohne A. delmontii	3.19	3.60	3.13	3.25	3.04	3.49	3.65	3.56	3.496	3.503	3.46	3.81	3.69	3.75	3.58	3.66	3.97	3.55	4.01	3.51	3.46	3.61	3.61	3.60	3.45								
DI-CH Index Differenz mit und ohne A. delmontii	0.09	-0.07	0.28	0.18	0.10	-0.00	-0.08	-0.03	0.00	-0.00	0.01	-0.25	-0.11	-0.09	-0.02	-0.04	-0.18	-0.02	-0.15	-0.01	0.01	-0.05	-0.07	-0.07	0.00								
Differentialartenanalyse																																	
Gewässergüte	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II (I+II)	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II (II+III)	II	II	II	II (II+III)	II							
hypersensible Arten	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.4	0.6	0.4	1.4	0.8	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2								
sensible bis hypersensible Arten	27.4	66.0	76.2	69.4	19.4	10.0	51.4	51.2	38.6	12.6	13.0	76.6	56.6	35.6	26.8	24.2	33.0	38.0	25.4	39.6	14.6	48.2	59.2	71.6	13.8								
sensible Arten	61.0	29.0	17.0	27.0	69.0	75.2	42.0	43.8	54.8	80.0	75.0	19.8	37.8	50.8	62.0	60.6	37.0	37.8	39.4	51.2	76.2	45.0	36.0	23.6	75.2								
sensible bis tolerante Arten	1.8	0.4	0.0	0.4	0.6	3.4	2.0	3.6	1.8	0.2	5.8	3.0	5.0	8.2	6.8	7.4	26.2	17.8	29.4	2.2	2.6	3.8	2.8	4.2	7.0								
tolerante Arten	2.6	1.8	0.6	0.0	2.4	3.8	0.2	0.4	0.4	1.0	1.2	0.0	0.0	1.6	1.8	4.6	0.8	3.2	2.2	2.6	1.6	1.4	0.8	0.0	1.8								
resistente Arten	0.2	0.2	0.4	0.0	0.4	0.2	0.6	0.4	0.4	1.4	1.8	0.0	0.2	1.6	0.4	1.2	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.0								
nicht definiert	7.0	2.6	5.4	3.2	7.8	7.4	3.8	0.4	4.0	4.8	3.0	0.6	0.4	1.8	1.6	1.6	1.6	2.4	3.6	3.2	5.0	1.4	1.0	0.6	1.8								

Fortsetzung Tab. C.

Gewässer	Limmat																									
	16.3.2020			17.3.2020			18.3.2020			19.3.2020			20.3.2020													
Stelle	LI_010_1_Ull	LI_010_2_Mll	LI_010_3_Ml	LI_010_4_Mre	LI_010_5_Ure	LI_020_1_Ull	LI_020_2_Mll	LI_020_3_Ml	LI_020_4_Mre	LI_020_5_Ure	LI_030_1_Ull	LI_030_2_Mll	LI_030_3_Ml	LI_030_4_Mre	LI_030_5_Ure	LI_040_1_Ull	LI_040_2_Mll	LI_040_3_Ml	LI_040_4_Mre	LI_040_5_Ure	LI_050_1_Ull	LI_050_2_Mll	LI_050_3_Ml	LI_050_4_Mre	LI_050_5_Ure	
Datum																										
VanDam Sauerstoff	Tabellenwerte in Prozent [%]																									
> 30%	0.2	1	0.4	0	0.4	0.2	0.2	0.4	0.2	1.8	2.6	0.0	0.2	0.6	0.0	2.0	0.4	0.0	1.0	1.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.0	1.0
ca. 10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
nicht definiert	38.6	69	82.4	73	28	21.2	55.6	52.6	42.6	20.6	18.2	77.6	57.8	42.2	34.2	31.2	35.0	46.4	31.8	43.8	22.6	53.0	62.6	74.2	19.0	
O2 sensible Arten																										
Summe sauerstoffbeeinflussster Arten	18.4	7.4	8.2	9.6	16.8	44	31.8	41.2	39.6	43.6	49.2	8.6	24.8	33.4	40.6	39.8	45.0	31.4	44.0	33.2	61.0	31.4	24.4	11.8	56.8	
VanDam Stickstoff																										
N-autotroph (sensibel)	6.6	2.8	1.2	1.6	5.4	5.4	0.8	0.4	2.0	5.0	6.8	0.8	2.4	1.2	2.4	3.4	1.4	3.2	2.2	3.6	1.4	0.6	0.2	0.0	3.2	
N-autotroph (tolerant)	54.6	28.0	16.0	25.4	66.2	72.8	42.4	46.2	54.4	73.0	70.4	21.2	38.6	54.0	61.2	61.6	63.6	49.4	64.8	51.6	75.8	46.2	36.4	25.8	76.6	
Fakultativ N-heterotroph	0.2	0.2	0.4	0.0	0.4	0.6	0.4	0.4	0.2	1.4	2.2	0.0	0.2	0.6	0.4	1.4	0.0	0.0	0.2	0.8	0.2	0.2	0.2	0.0	1.0	
obligat N-heterotroph	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
nicht definiert	38.6	69.0	82.4	73.0	28.0	21.2	56.4	53.0	43.4	20.6	20.6	78.0	58.8	44.2	35.6	33.6	35.0	47.4	32.8	43.8	22.6	53.0	63.2	74.2	19.2	
Trophie/Saprobie																										
Trophieindex Schmedtje	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	2.3	2.3	2.3	2.2	2.3	2.1	2.2	2.3	2.3	2.2	2.2	2.3	2.2	2.3	2.3	2.2	2.3	2.3	2.3	2.1	
Saprobieindex Östereich	1.8	1.8	1.9	1.9	1.8	2.0	2.0	2.1	2.0	2.0	1.8	1.9	2.0	2.0	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	2.0	2.0	1.9	1.9	

Legende Qualitätsstufe BUWAL Modul Kieselalgen Stufe F (Zweiteichung)



Legende Teratologie

- Typ 1: Schalenriss intakt, Strukturen im Innern der Schale leicht gestört
- Typ 2: Schalenriss intakt, Strukturen im Innern der Schale stark gestört
- Typ 3: Schalenriss defekt und Strukturen im Innern der Schale gestört
- Typ 4.1: Schalenriss defekt und Strukturen im Innern nicht gestört
- Typ 4.2: Schalenriss gomphoid (Raumstress?)

5 Anhang D

Felddaten und Sondenmesswerte

Tab. D. Felddaten und Sondenmesswerte an den Untersuchungsstellen der Limmat im Jahr 2020.

1 Angaben Gemeinde, benetzte Breite und Grösse Einzugsgebiet gemäss Swisstopo (2020).

Gewässer	Messstelle	Bezeichnung	KT	Datum	Koordinaten	Gemeinde ¹	Meereshöhe [m ü. M.]	Beschattung [%]	Benetzte Breite [m] ¹	Mittl. Fließgeschw. [m/s]	Wassertiefe [m]	Abflussmenge [m ³ /s]	Wassertemp. [°C]	Sauerstoffkonz. [mg/l]	Sauerstoffsätt. [%]	Leitfähigkeit [µS/cm]	Mittl. Gefälle [%]	Grösse Einzugsgebiet [km ²] ¹	
Limmat	Werdhölzli, Auenpark	Li_010_1_Uli	ZH	16.3.2020	678455	250832	Zürich	393	0	0.4	0.3			7.1	11.8	104.8	295		
		Li_010_2_Mli	ZH	16.3.2020	678467	250844	Zürich	393	-	0.7	0.8			-	-	-	-		
		Li_010_3_Mi	ZH	16.3.2020	678453	250852	Zürich	393	-	1.0	1.5		95	-	-	-	-	0.1	2200
		Li_010_4_Mre	ZH	16.3.2020	678453	250880	Oberengstringen	393	-	1.2	0.5			-	-	-	-		
		Li_010_5_Ure	ZH	16.3.2020	678448	250886	Oberengstringen	393	0	0.4	0.4				6.6	11.1	96.2	294	
Limmat	Kloster Fahr	Li_020_1_Uli	ZH	17.3.2020	675312	250851	Schlieren	387	0	0.4	0.4			8.3	12.2	111.0	314		
		Li_020_2_Mli	ZH	17.3.2020	675296	250849	Schlieren	387	-	1.0	0.7			-	-	-	-		
		Li_020_3_Mi	ZH	17.3.2020	675266	250855	Untereingstringen	387	-	1.2	2.4		95	-	-	-	-	0.2	2205
		Li_020_4_Mre	ZH	17.3.2020	675267	250868	Untereingstringen	387	-	1.0	0.9			-	-	-	-		
		Li_020_5_Ure	ZH	17.3.2020	675270	250883	Untereingstringen	387	0	0.8	0.4				7.3	11.6	102.3	301	
Limmat	Oetwil a.d.L., Anfang Staubeereich	Li_030_1_Uli	ZH	18.3.2020	671653	253416	Dietikon	380	10	0.2	0.3			7.1	11.4	99.9	326		
		Li_030_2_Mli	ZH	18.3.2020	671625	253439	Dietikon	380	-	0.5	1.4			-	-	-	-		
		Li_030_3_Mi	ZH	18.3.2020	671603	253475	Oetwil a. d. L.	380	-	0.5	4.3		85	-	-	-	-	0.0	2305
		Li_030_4_Mre	ZH	18.3.2020	671613	253486	Oetwil a. d. L.	380	-	0.3	1.7			-	-	-	-		
		Li_030_5_Ure	ZH	18.3.2020	671646	253494	Oetwil a. d. L.	380	5	0.1	0.6				7.1	11.7	102.3	308	
Limmat	Wettingen, Neuenhof	Li_040_1_Uli	AG	19.3.2020	665728	256941	Baden	358	50	0.15	0.3			8.2	11.0	99.4	325		
		Li_040_2_Mli	AG	19.3.2020	665751	256927	Neuenhof	358	-	0.5	1.5			-	-	-	-		
		Li_040_3_Mi	AG	19.3.2020	665719	256992	Wettingen	358	-	1.2	1.8		90	-	-	-	-	0.2	2390
		Li_040_4_Mre	AG	19.3.2020	665732	256989	Wettingen	358	-	0.8	1.0			-	-	-	-		
		Li_040_5_Ure	AG	19.3.2020	665749	256985	Wettingen	358	50	0.3	0.4				8.0	10.7	95.9	328	
Limmat	Turgi, Untersiggenthal	Li_050_1_Uli	AG	20.3.2020	661271	260810	Turgi	334	0	0.6	0.3			9.3	11.3	103.1	334		
		Li_050_2_Mli	AG	20.3.2020	661254	260809	Turgi	334	-	1.0	0.5			-	-	-	-		
		Li_050_3_Mi	AG	20.3.2020	661231	260801	Turgi	334	-	1.6	0.8		90	-	-	-	-	0.1	2410
		Li_050_4_Mre	AG	20.3.2020	661161	260781	Untersiggenthal	334	-	1.0	1.1			-	-	-	-		
		Li_050_5_Ure	AG	20.3.2020	661178	260809	Untersiggenthal	334	0	0.3	0.3				9.0	11.5	105.1	328	