

Monitoring Biologie Bern 2019 - 2022

Beurteilung der biologisch indizierten
Wasserqualität



Bericht

Dokument Nr. 1862-B-01
Datum Entwurf: 31.1.2023
Datum Endfassung: 7.12.2023

Impressum

Auftraggeber: Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern (AWA),
Gewässer- und Bodenschutzlabor (GBL)
Schermenweg 11 · CH-3014 Bern

Auftragnehmer: AquaPlus AG
Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug

Bearbeitung: Caroline Baumgartner · Isabella Hegglin · Yvonne Bernauer ·
Barbara Imhof · Helena Vogler · Ernst Roth · Christa Gufler

Titelfoto: Ruisseau de Chaluet, 24.3.2021

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|--|-----------|
| 0 Zusammenfassung | 1 |
| 1 Ausgangslage und Auftrag | 11 |
| 2 Untersuchungsgebiet | 11 |
| 3 Untersuchungsprogramm und Methoden | 15 |
| 3.1 Hydrografische Angaben | 15 |
| 3.2 Morphometrie | 15 |
| 3.3 Äusserer Aspekt | 16 |
| 3.4 Flora der Gewässersohle (Algen, Moose und Markophyten) | 16 |
| 3.5 Kieselalgen und die Bestimmung der biologisch indizierten Wasserqualität | 17 |
| 3.6 Wasserwirbellose und Bestimmung der Gewässergüte | 20 |
| 3.7 Vergleich der aktuellen Daten mit früheren Probenahmen | 23 |
| 4 Ergebnisse und Diskussion | 28 |
| 4.1 Region Aare - Sense | 28 |
| 4.1.1 Äusserer Aspekt | 28 |
| 4.1.2 Flora der Gewässersohle | 32 |
| 4.1.3 Kieselalgen | 38 |
| 4.1.4 Wasserwirbellose | 43 |
| 4.2 Region Emmental | 55 |
| 4.2.1 Äusserer Aspekt | 55 |
| 4.2.2 Flora der Gewässersohle | 59 |
| 4.2.3 Kieselalgen | 63 |
| 4.2.4 Wasserwirbellose | 69 |
| 4.3 Region Jura - Seeland | 79 |
| 4.3.1 Äusserer Aspekt | 79 |
| 4.3.2 Flora der Gewässersohle | 84 |
| 4.3.3 Kieselalgen | 88 |
| 4.3.4 Wasserwirbellose | 93 |

| | | |
|------------|-----------------------------|------------|
| 4.4 | Region Oberland | 102 |
| 4.4.1 | Äusserer Aspekt | 102 |
| 4.4.2 | Flora der Gewässersohle | 104 |
| 4.4.3 | Kieselalgen | 108 |
| 4.4.4 | Wasserwirbellose | 111 |
| 5 | Literaturverzeichnis | 120 |

Anhang

Stellendokumentationen

Elektronische Übergabe von Daten

- Äusserer Aspekt, pflanzlicher Bewuchs (Excel),
- Kieselalgenzähllisten und Auswertungen (Excel),
- Wasserwirbellose und Auswertungen (Excel),
- Files für CSCF: Kopfdaten, IBCH-Raster, IBCH-Laborblatt (Excel),
- Stellendokumentationen (pdf-Format).

0 Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Untersuchung wird der gewässerökologische Zustand verschiedener Fließgewässer im Kanton Bern in den Regionen Aare - Sense, Emmental, Jura - Seeland und Oberland besprochen. Zudem wird mit früheren gewässerökologischen Erhebungen verglichen. Die Untersuchungen an 43 Stellen umfassten den Äusseren Aspekt, den pflanzlichen Bewuchs sowie die biologisch indizierte Wasserqualität, ermittelt basierend auf den Organismengruppen der Kieselalgen (Pflanzen) und den Wasserwirbellosen (Tiere). Die Untersuchungen erfolgten gemäss Modul-Stufen-Konzept des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und möglichst in gleicher Art und Weise wie bei den früheren Untersuchungen. Vergleiche mit früheren Untersuchungen sind somit zulässig. Die Untersuchungen wurden im März 2019, 2020, 2021 und 2022 durchgeführt. Eine genaue Auflistung der Probenahmestellen und Untersuchungsjahre befindet sich in Kapitel 2 und Kapitel 3.7. Die Untersuchungsgebiete sind in Abbildung A1, B1, C1 und D1 dargestellt. Die wichtigsten Resultate werden in den Tabellen A1/A2, B1/B2, C1/C2 und D1/D2 zusammengefasst

Region Aare - Sense

Äusserer Aspekt: Von den 14 untersuchten Stellen waren nur 4 bezüglich der Parameter des Äusseren Aspektes unbeeinträchtigt (Zulg ZUL003, Giesse Belp GIB002, Kalte Sense SEN001, Schwarzwasser SWA004). An den restlichen Stellen war die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 fraglich. Oft wurde an den untersuchten Stellen eine leichte bis mittlere Schaumbildung festgestellt. An einigen Untersuchungsstellen wurde auch eine Kolmation der Gewässersohle sowie das Vorkommen von Verpackungsabfällen beanstandet. Nur im Amletenbach wies die Gewässersohle aufgrund des Auftretens von Schlamm und Eisensulfidflecken auf eine Belastung des Gewässers hin. Die Untersuchungsstellen in der Rotache, im Giessen Belp und in der Worble zeigten gegenüber früheren Untersuchungsjahren eine Verbesserung der Bewertung des Äusseren Aspektes. Im Amletenbach und in der Gürbe musste hingegen eine Verschlechterung bezüglich des Äusseren Aspektes festgestellt werden.

Pflanzlicher Bewuchs: Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden bezüglich des pflanzlichen Bewuchses an allen Stellen ausser an der Stelle im Richigenbach (RIH001) erfüllt. Im Richigenbach wies die hohe Bewuchsdichte der nährstoffzeigenden fädigen Alge *Vaucheria* sp. auf Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft hin. Auch im Scherlibach (SRB001) wurde ein erhöhtes Vorkommen von nährstoffzeigenden Algen erfasst, die Anforderungen an die Wasserqualität wurden aber knapp noch eingehalten. Erwähnenswert ist das Vorkommen der invasiven Kieselalge *Didymosphenia geminata* in der Kalten Sense. Ihr Vorkommen sollte weiter beobachtet werden. In der Gürbe, Sense und im Schwarzwasser (SWA001, SWA002) wurden weder Moose noch Makrophyten vorgefunden. In Amletenbach, Giessen Belp und Richigenbach konnte in früheren Jahren eine höhere Algenbewuchsdichte erfasst werden. In der Worble zeigte sich hingegen eine leichte Verbesserung (weniger Algen). An den restlichen Stellen war der Algenbewuchs in früheren Untersuchungsjahren vergleichbar mit den Resultaten 2019.

Kieselalgen: Sämtliche Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense erfüllten hinsichtlich DI-CH-Wert die ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung Anhang 1. Bezüglich Standortgerechtigkeit hingegen wiesen 9 der 14 Untersuchungsstellen keine standortgerechte Kieselalgenlebensgemeinschaft auf.

Wasserwirbellose: Die Lebensgemeinschaft der Wasserwirbellosen unterschied sich an den verschiedenen Stellen stark, dies sowohl bezüglich Individuendichten, Zusammensetzung der Taxa als auch der verschiedenen Indices. An allen Stellen kamen Vertreter fast aller wichtigen Wasserwirbellosentaxa vor. Einzige Ausnahme waren die Steinfliegen. Im Amletenbach, in der Worble und im Chräbsbach wurden von dieser als besonders empfindlich gegenüber Belastungen geltenden Gruppe keine Individuen erfasst. Die Untersuchungsstellen im Oberlauf von Gewässern (z.B. Zulg, Gürbe, Kalte Sense, Schwarzwasser) wiesen tendenziell tiefere Individuendichten auf und einen höheren Anteil an Insekten und insbesondere EPT-Taxa (und auch Dichten) sowie vermehrt strömungsliebende Taxa. Stellen im Unterlauf, welche im Einzugsgebiet einen höheren Anteil an Landwirtschaft aufwiesen (z.B. Amletenbach, Chräbsbach, Worble, Richigenbach und Dorfbach Schwarzenburg), wiesen tendenziell geringere Taxazahlen auf (insbesondere EPT Taxazahlen). Belastungszeiger wie z.B. Wenigborster waren an einigen dieser Stellen stärker vertreten, empfindliche Steinfliegen weniger. Im Unterlauf waren die verschiedenen Wasserwirbellosenindices auch tendenziell schlecht (ökologischen Ziele nicht erreicht: Amletenbach, Worble, Chräbsbach). Der SPEAR-Index zeigte für die Stellen im Amletenbach, Giessen Belp, Richigenbach, Worble, Chräbsbach und Dorfbach Schwarzenburg eine Pestizidbelastung an. Besonders erwähnenswert ist das Vorkommen der Rote-Liste-Art *Physa fontinalis* (Schnecke, VU) in der Rotache ROA003 sowie der Steinfliegenart *Perla marginata* im Schwarzwasser an der Stelle SWA004 (NT).

Region Emmental

Äusserer Aspekt: Von den 11 untersuchten Stellen wiesen nur zwei (Rötebach, RET001 und Hornbach, HOB001) keine Beeinträchtigungen der Parameter des Äusseren Aspektes auf. An den restlichen Stellen war die fliessende Welle vor allem durch Schaum beeinträchtigt, die Stellen Önz (ONZ007) und Ösch (OEH001) wies eine leichte Verfärbung des Wassers auf. Die Gewässersohle war hauptsächlich durch Kolmation beeinträchtigt. An einigen Stellen wurden Verpackungs- und Kunststoffabfälle gesehen, und auch Schlamm (Urtenen, URT0014 und Önz, ONZ007), Eisensulfid (Önz, ONZ007) und heterotropher Bewuchs (Önz, ONZ007 und Rot, ROT002) kamen vor.

Pflanzlicher Bewuchs: Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 bezüglich des pflanzlichen Bewuchses wurde an allen Stellen ausser der Önz (ONZ007) erfüllt. In der Önz wiesen die Wucherungen der fädigen Gelbgrünalge *Vaucheria* sp. auf eine Nährstoffbelastung hin. Wahrscheinlich ist die ARA Herzogenbuchsee mindestens teilweise für diesen Nährstoffeintrag verantwortlich. Auch krustige und fädige Kieselalgen, fädige Grünalgen (*Cladophora* sp.) und Blaualgen (u.a. *Phormidium incrustatum*) kamen häufig vor. In der Urtenen, der Önz und der Rot wurden auch Rotalgen erfasst. Ausser im Rötebach und Hornbach kamen überall Moose und/oder Makrophyten vor, besonders in der Urtenen war die Makrophytendichte hoch.

Kieselalgen: Bezüglich DI-CH-Wert erfüllten alle Untersuchungsstellen der Region Emmental die ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung Anhang 1. Keine der 11 Stellen wies jedoch eine standortgerechte Lebensgemeinschaft auf.

Wasserwirbellose: Die Untersuchungsstellen in der Region Emmental unterschieden sich bezüglich der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft der Wasserwirbellosen. Die Stellen, welche sich im Oberlauf eines Gewässers befinden (Emme, Rötobach, Ilfis, Hornbach, Grüene) wiesen tendenziell mehr Eintags-, Stein- und Köcherfliegen sowie mehr strömungsliebende Taxa auf. An Stellen im Unterlauf traten vermehrt Bachflohkrebe, Wenigborster und Weichtiere sowie gegenüber Belastungen tolerante Taxa auf. Dasselbe Resultat zeigten die Wasserwirbellosenindices (Saprobie, IBCH-2019, Makroindex und SPEAR-Index). Die ökologischen Ziele bezüglich des IBCH-2019 Index wurden bis auf drei Stellen (Biglenbach, Urtenen und Önz) überall erreicht. Im Untersuchungsgebiet kamen 3 Rote Liste Arten vor. Es handelt sich um die drei Köcherfliegenarten *Lepidostoma basale* (VU, Stelle Önz, OEH007), *Drusus monticola* (NT, Stelle Ösch, OEH001) und *Tinodes rostocki* (NT, Stellen Ilfis, ILF002 und Biglenbach, BIG001). An der Untersuchungsstelle in der Önz war die Lebensgemeinschaft der Wasserwirbellosen vermutlich durch die Siedlungsentwässerung beeinträchtigt. Es wurden verschiedene Belastungszeiger festgestellt (Auftreten von Egel, Asseln, Wenigborstern) sowie ein erhöhter Anteil an filtrierenden Taxa (z.B. die Köcherfliege *Hydropsyche* sp.). In der Urtenen wurde neben der Belastung durch die Siedlungsentwässerung auch einen starken Einfluss der Landwirtschaft festgestellt (unbefriedigender SPEAR-Index).

Region Jura - Seeland

Äusserer Aspekt: Von den 10 untersuchten Stellen wies nur die Untersuchungsstelle am Ruisseau de Chaluet (CHA001) keine Beeinträchtigungen auf. Auf der fließenden Welle wurde an 5 von 10 Stellen stabiler Schaum erfasst. Einige Stellen wiesen eine Verschlämzung der Gewässersohle auf, zudem traten an einigen Stellen Eisensulfidflecken und Verpackungsabfälle auf. Ausser am Hauptkanal und Lyssbach (HKA001, LYB002) war an allen Untersuchungsstellen die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität fraglich. Im Hauptkanal und Lyssbach war die Sohle stark verschlammt, im Hauptkanal wurde zusätzlich viel Eisensulfid festgestellt. Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden an beiden Gewässern klar nicht erfüllt. Grund für die starke Beeinträchtigung sind wahrscheinlich hauptsächlich Einträge aus der Landwirtschaft.

Pflanzlicher Bewuchs: Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden an allen Stellen bezüglich des pflanzlichen Bewuchses erfüllt. An 2 der 10 Stellen (Hauptkanal HKA001, Trame TRA004) deutet das Vorkommen der fädigen Algen *Cladophora* sp. und *Vaucheria* sp. auf erhöhte Nährstoffeinträge, vermutlich aus der Landwirtschaft, hin. An 8 der 10 Stellen wurden Moose in meist kleinen Dichten erfasst, an den langsamer fließenden Stellen (Hauptkanal HKA001, Suze SUZ001, Birse BIZ001, Lyssbach LYB002, Alte Aare ALA010) wurden auch Makrophyten festgestellt.

Kieselalgen: Hinsichtlich DI-CH-Wert erfüllten alle Untersuchungsstellen der Region Jura - Seeland die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1. Jedoch wiesen 9 der 10 Stellen keine standortgerechte Lebensgemeinschaft auf.

Wasserwirbellose: Die verschiedenen Untersuchungsstellen wiesen eine sehr unterschiedliche Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft auf. Im landwirtschaftlich geprägten Hauptkanal waren Individuendichten und Taxazahlen (auch EPT Taxa) sehr gering, die Lebensgemeinschaft durch Taxa geprägt, welche langsam fließende, sandige, pflanzenreiche Gewässer bevorzugen. Einen starken Kontrast dazu bildeten die beiden Fließgewässer Ruisseau de Chaluet und Sorne. An diesen beiden Stellen war die Taxazahl (auch EPT Taxa, v.a. auch Steinfliegen) hoch. Der Anteil an Landwirtschaft war an diesen Stellen verhältnismässig gering, was sich auch in der guten Bewertung des SPEAR-Index widerspiegelt. Es wurden im Untersuchungsgebiet 9 Rote Liste Arten gefunden (Eintags-, Stein- und Köcherfliegen). Diese wurden in der Suze, dem Ruisseau de Chaluet, der Sorne und der Alten Aare bestimmt. In der Trame, im Ruisseau de Chaluet und in der Alten Aare wurden die ökologischen Ziele bezüglich des IBCH 2019 erreicht. An den restlichen Stellen war der gewässerökologische Zustand gemäss IBCH 2019 mässig bzw. ungenügend.

Region Oberland

Äusserer Aspekt: Von den 8 untersuchten Stellen wiesen 5 keine Beeinträchtigungen auf. An den anderen 3 Stellen war die Gewässersohle kolmatiert (AAR001) oder das Wasser war getrübt bzw. verfärbt (AAR004, LUT001). Als Grund für diese Beeinträchtigungen kommt unter anderem die Wasserkraftnutzung (v.a. AAR004) in Frage.

Pflanzlicher Bewuchs: An allen Untersuchungsstellen wurden die Anforderungen an die Wasserqualität bezüglich des Pflanzlichen Bewuchses erfüllt. Grundsätzlich wiesen die untersuchten Bäche einen Gebirgsbachcharakter auf. Dies zeigt sich auch in der Zusammensetzung der Algenlebensgemeinschaft. Es kamen hauptsächlich krustige Kieselalgen vor, mit wenigen Ansätzen oder kleinen Polstern von fädigen oder häutigen Algen. Nur an 2 der 8 Stellen traten Moose in kleinen Dichten auf, Makrophyten wurden an keiner der Stellen erfasst.

Kieselalgen: Alle Untersuchungsstellen der Region Oberland erfüllten hinsichtlich des DI-CH-Werts die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1. Fünf der insgesamt acht Stellen wiesen eine standortgerechte Lebensgemeinschaft auf, was die Erfüllung der ökologischen Ziele bestätigt. Die Region Oberland wies somit am meisten Stellen mit einer erfüllten Standortgerechtigkeit auf.

Wasserwirbellose: Die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft der Wasserwirbellosen wies an allen Stellen einen typischen Bergbachcharakter auf. Sowohl die Individuendichten wie auch die Taxazahlen waren eher tief, der Anteil an empfindlichen Eintags-, Stein- und Köcherfliegen aber war sowohl bezüglich Taxazahl wie auch Dichte hoch. Chirel und Gadmerwasser wiesen die höchste Anzahl Taxa auf. Die Lebensgemeinschaft der Wasserwirbellosen war an allen Stellen durch Taxa geprägt, welche kalte, schnellströmende und steinige Bäche in höheren Lagen bevorzugen. Käfer und Flohkrebse kamen nur vereinzelt vor. Im Untersuchungsgebiet wurden keine Rote Liste Arten erfasst. Sowohl bezüglich der Saprobie wie auch bezüglich des Makroindex erreichten alle Stellen die ökologischen Ziele. Der IBCH 2019 war in der Saane «mässig» (ökologische Ziele nicht erreicht, mögliche Gründe: Morphologie, Bergbachcharakter, Geschiebetrieb), an den restlichen Stellen wurden die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 1 er-

reicht. Der SPEAR-Index war an allen Stellen sehr gut, es konnte keine Pestizidbelastung festgestellt werden.

Regionenübergreifende Zusammenfassung Kieselalgen und Wasserwirbellose (Artenvielfalt/Taxazahlen, ökologische Ziele, Neozoen, Vergleich mit früheren Daten)

Kieselalgen

In den 43 untersuchten Fließgewässern des Kantons Bern konnten in den Untersuchungsjahren 2019-2022 insgesamt **165 Kieselalgentaxa** nachgewiesen werden. An den einzelnen Stellen waren 16 (Richigenbach RIH001) bis 61 Kieselalgentaxa (Hauptkanal HKA001) vorhanden, was deutlich unter respektive über dem schweizerischen Mittel von rund 25 Taxa liegt. Geringe Taxazahlen können verschiedene Ursachen haben. Einerseits sind es natürliche Faktoren wie Geschiebetrieb oder sehr hohe Fließgeschwindigkeiten, andererseits gibt es auch methodische Gründe wie hohe Dominanz einzelner Arten. Da eine Kieselalgen-Lebensgemeinschaft mit 500 Schalen definiert wird, nimmt der Anteil der seltenen Arten und damit der Taxazahl insgesamt mit zunehmendem Anteil der Summe der Haupt- und Begleitarten ab. Demgegenüber haben grosse Flüsse, Staustufen, Seeausflüsse, grosse langsam fließende und verschlammte Kanäle sowie mässig bis deutlich organisch belastete Gewässer oft eine erhöhte Taxazahl.

Die untersuchten Stellen des Kantons Bern in den Untersuchungsjahren 2019-2022 befanden sich allesamt in der Zustandsklasse «sehr gut» und «gut» und **erfüllten** somit hinsichtlich **DI-CH-Wert die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1**. 28 Untersuchungsstellen erreichten die Zustandsklasse «sehr gut» und 15 Untersuchungsstellen die Zustandsklasse «gut». Bezüglich **Standortgerechtigkeit** hingegen waren die Lebensgemeinschaften von 30 der 43 untersuchten Stellen nicht standortgerecht und bei drei Stellen galt die Erfüllung der Standortgerechtigkeit als unklar. Nur 10 der 43 untersuchten Stellen wiesen eine standortgerechte Lebensgemeinschaft auf. Insgesamt traten an den untersuchten Stellen drei gebietsfremde Arten (**Neophyten**) auf (*Achnantheidium delmontii*, *Didymosphenia geminata*, *Eolimna comperei*). Ein für die Schweiz als gebietsfremd eingestuftes Taxon, welches in den Fließgewässern des Kantons Bern in den Untersuchungsjahren 2019-2022 dominierend vorkam, war *Achnantheidium delmontii*. Die Art kam an 31 der 43 untersuchten Stellen vor und wies Anteile von 0.2 bis 61.2 % auf. Bei acht Untersuchungsstellen kam *A. delmontii* mit Anteilen $\geq 10\%$ vor, bei drei dieser Stellen sogar mit Anteilen $\geq 40\%$ (Rötebach RET001, Ilfis ILF002, Grüene GRN001). Dieses Taxon wurde im Jahr 2012 in französischen Fließgewässern als neues Taxon beschrieben (Pérès et al. 2012). Früher wurde das Taxon möglicherweise zu der ähnlichen *Achnantheidium pyrenaicum* gezählt und damit übersehen. Die gebietsfremde Art *A. delmontii* dürfte für Mensch, Nutztiere und Infrastruktur kein Problem darstellen. Das Taxon beeinflusst aber die Artenvielfalt in einem Fließgewässer sehr stark, indem es mit den hohen Zelldichten andere (standortgerechte) Arten verdrängt respektive die Wahrscheinlichkeit sinkt, dass eine Art im Rahmen einer Zählung erfasst wird.

Vergleich mit früheren Untersuchungen: Auf Basis des Erfüllungsgrades der ökologischen Ziele gemäss der GSchV Anhang 1 bezüglich der Kieselalgen hat sich der ökologische Zustand der untersuchten Fließgewässer des Kantons Bern

insgesamt über die Jahre verbessert oder ist gleich geblieben. Die Verbesserung dürfte Ausdruck der vielen getroffenen Massnahmen im Einzugsgebiet der untersuchten Fließgewässer des Kantons Bern sein. Im Wesentlichen dürften dies Sanierungen der Kläranlagen sowie Massnahmen im Bereich der Siedlungs- und Strassenentwässerung gewesen sein.

Wasserwirbellose

An den 43 Untersuchungsstellen im Kanton Bern wurden zwischen 2019 und 2022 total 202 **Wasserwirbellosentaxa** erfasst. An der Stelle LUS001 (Schwarze Lutschine) wurde die geringste Taxazahl bestimmt (14 Taxa), die Ilfis (ILF001) wies die höchste Taxazahl auf. Bezüglich der EPT Taxa (Eintags-, Stein- und Köcherfliegenlarven) wurden zwischen 5 (Hauptkanal HKA001) und 28 (Ilfis ILF001) Taxa erfasst. Tendenziell traten an Stellen mit höherer Taxazahl auch mehr EPT Taxa auf. Die Siedlungsentwässerung, Einträge aus der Landwirtschaft, die Gewässermorphologie sowie Nutzungen (z.B. Wasserkraft) beeinflussen die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft der Wasserwirbellosen. Im Untersuchungsgebiet wurden total 14 Arten gefunden, welche in der **Roten Liste** aufgeführt sind (Lubini et al., 2012). Es handelt sich dabei um 4 Eintagsfliegentaxa, 2 Steinfliegentaxa, 7 Köcherfliegentaxa sowie 1 Schnecke. Viele dieser Arten sind Quell-, Bergbach- oder Tieflandgewässerbewohner und aufgrund von Habitatverlust oder anthropogenen Störungen selten. An 28 der 43 Stellen wurden die **ökologischen Ziele** gemäss GSchV Anhang 1 bezüglich des IBCH 2019 erreicht («sehr gut»: 5 Stellen; «gut»: 23 Stellen). An den restlichen Stellen wurden die ökologischen Ziele nicht erreicht («mässig»: 13 Stellen; «ungenügend»: 2 Stellen). Die Indikatorgruppe (IG) und die Diversitätsklasse (DK), aus welchen der IBCH 2019 berechnet wird, zeigen an viele Stellen für die chemische Wasserqualität (IG) einen guten Zustand an (an 38 Stellen Ziele erreicht), aber bezüglich der Habitatvielfalt (DK) Defizite (an 27 Stellen Ziele nicht erreicht). Der **SPEAR-Index** zeigt an 20 Stellen einen bezüglich Pestizidbelastung «mässigen» bis «ungenügenden» Zustand an. 5 Stellen sind bezüglich Pestizidbelastung «gut», an 16 Stellen wurde keine Pestizidbelastung festgestellt («sehr gut»). Insgesamt wurden im Untersuchungsgebiet 4 **Neozoentaxa** (nur Schnecken und Muscheln) erfasst, es handelt sich dabei um die Arten *Potamopyrgus antipodarum* (AML001, URT004, OEH001, LYB002, ALA010), *Physella acuta* (OEH001), *Corbicula fluminea* (ALA010) und *Dreissena polymorpha* (HKA001).

Vergleich mit früheren Untersuchungen: Individuendichten, Saprobie, Makroindex und IBCH 2010-Werte konnten mit den Resultaten früherer Untersuchungen verglichen werden. An den meisten Stellen waren die Resultate relativ ähnlich. Eine Ausnahme bildeten die Individuendichten, bei diesen konnten teilweise sehr starke Veränderungen beobachtet werden, welche in den allermeisten Fällen aber keinen klaren Trend aufzeigten.

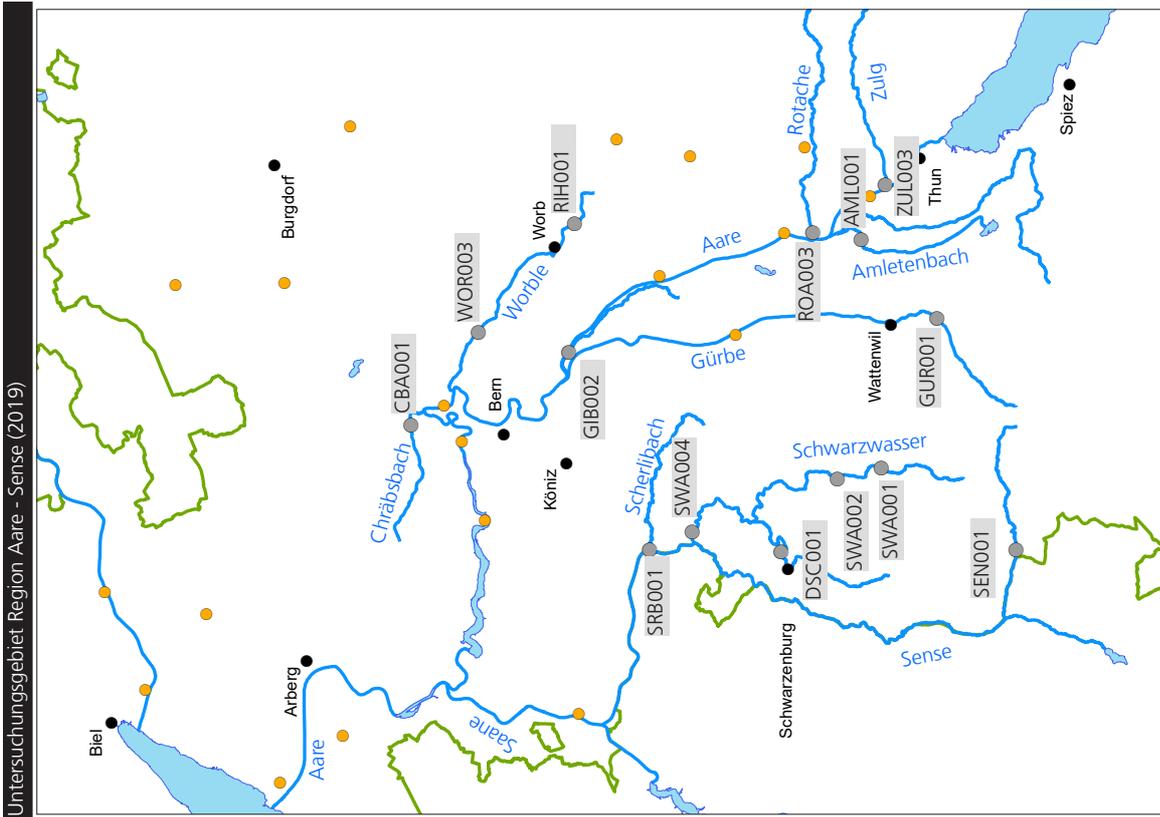


Abb. A1: Übersichtskarte mit allen Untersuchungsstellen von 2019 (graue Punkte), Kläranlagen (orange Punkte, Positionen der Kläranlagen nicht Lage genau) und Ortschaften (Schwarze Punkte).

Untersuchungsgebiet Region Aare - Sense (2019)

Äusserer Aspekt

Tab. A1: Zustand des Äusseren Aspektes und Bewertung gemäss BAFU Modul Äusserer Aspekt (BAFU 2007a).

| Aufnahmen 2019 | ZUL003 AML001 ROA003 GIB002 GUR001 RIH001 WOR003 CBA001 SEN001 SWA001 SWA002 DSC001 SWA004 SRB001 | Zug | Amletenbach | Rotache | Glisse Belp | Gürbe | Richigenbach | Worb | Chriäbsbach | Kalte Sense | Schwarzwasser | Dorbach | Schwarzzenburg | Schwarzwasser | Scherlibach |
|----------------------------------|---|-----|-------------|---------|-------------|-------|--------------|------|-------------|-------------|---------------|---------|----------------|---------------|-------------|
| Trübung | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Verfärbung | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Schaum | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Geruch | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Schlamm | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Eisensulfid | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Kolimation | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Abrfälle | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Feststoffe Siedlungsentwässerung | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Heterotropher Bewuchs | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

Legende

- Anforderungen erfüllt
- Anforderungen knapp nicht erfüllt oder Erfüllung fraglich
- Anforderungen nicht erfüllt

Biologisch indizierte Wasserqualität - Kieselalgen und Wasservirbellose

Tab. A2: Zustand der biologisch indizierten Wasserqualität und Bewertung gemäss Gewässerschutzverordnung Anhang 1 (ökologische Ziele) mittels Kieselalgen und Wasservirbellosen.

Im Vergleich dazu sind die Resultate der letzten Untersuchung (unterschiedliche Jahre) aufgeführt (genaues Untersuchungsjahr siehe Tabelle 3.7). Basis bei den Kieselalgen: DICH, BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007b). Basis bei den Wasservirbellose: IBCH 2010, BAFU Modul Zoobenthos (BAFU 2010) und IBCH 2019; BAFU Modul Makrozoobenthos (BAFU 2019).

| Aufnahmen 2019 | ZUL003 AML001 ROA003 GIB002 GUR001 RIH001 WOR003 CBA001 SEN001 SWA001 SWA002 DSC001 SWA004 SRB001 | Zug | Amletenbach | Rotache | Glisse Belp | Gürbe | Richigenbach | Worb | Chriäbsbach | Kalte Sense | Schwarzwasser | Dorbach | Schwarzzenburg | Schwarzwasser | Scherlibach |
|-----------------------------------|---|-----|-------------|---------|-------------|-------|--------------|------|-------------|-------------|---------------|---------|----------------|---------------|-------------|
| Kieselalgen früher DICH | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Kieselalgen 2019 DICH | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Wasservirbellose früher IBCH 2010 | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Wasservirbellose 2019 IBCH 2010 | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Wasservirbellose 2019 IBCH 2019 | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

Legende

- sehr gut, ökologische Ziele erreicht
- gut, ökologische Ziele erreicht
- mässig, ökologische Ziele knapp nicht erreicht
- unbefriedigend, ökologische Ziele nicht erreicht
- schlecht, ökologische Ziele nicht erreicht
- nicht untersucht

Äusserer Aspekt

Tab. B1: Zustand des Äusseren Aspektes und Bewertung gemäss BAFU Modul Äusserer Aspekt (BAFU 2007a).

| Aufnahmen 2020 | Emme | Rötebach | Ilffis | Hornbach | Grüne | Biglenbach | Urtene | Ösch | Önz | Rot | Langete |
|----------------------------------|--------|----------|--------|----------|--------|------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | EMM001 | RET001 | ILF002 | HOB001 | GRN001 | BIG001 | URT004 | OEH001 | ONZ007 | ROTO02 | LAN002 |
| Trübung | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Verfärbung | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Schaum | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Geruch | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Schlamm | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Eisensulfid | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Kolmatton | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Abfälle | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Feststoffe siedlungsentwässerung | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Heterotropher Bewuchs | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

Legende

- Anforderungen erfüllt
- Anforderungen knapp nicht erfüllt oder Erfüllung fraglich
- Anforderungen nicht erfüllt
- Anforderungen nicht erfüllt

Biologisch indizierte Wasserqualität - Kieselalgen und Wasserwirbellose

Tab. B2: Zustand der biologisch indizierten Wasserqualität und Bewertung gemäss Gewässerschutzverordnung Anhang 1 (ökologische Ziele) mittels Kieselalgen und Wasserwirbellosen.

Im Vergleich dazu sind die Resultate der letzten Untersuchung (unterschiedliche Jahre) aufgeführt (genaues Untersuchungsjaar siehe Tabelle 3.8). Basis bei den Kieselalgen: DICH, BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007b); Basis bei den Wasserwirbellose: IBCH 2010, BAFU Modul Zoobenthos (BAFU 2010) und IBCH 2019, BAFU Modul Makrozoobenthos (BAFU 2019).

| Aufnahmen 2020 | Emme | Rötebach | Ilffis | Hornbach | Grüne | Biglenbach | Urtene | Ösch | Önz | Rot | Langete |
|-------------------------|--------|----------|--------|----------|--------|------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | EMM001 | RET001 | ILF002 | HOB001 | GRN001 | BIG001 | URT004 | OEH001 | ONZ007 | ROTO02 | LAN002 |
| Kieselalgen früher | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| DICH | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Kieselalgen 2020 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| DICH | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Wasserwirbellose früher | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| IBCH 2010 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Wasserwirbellose 2020 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| IBCH 2010 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Wasserwirbellose 2020 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| IBCH 2019 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

Legende

- sehr gut, ökologische Ziele erreicht
- gut, ökologische Ziele erreicht
- mässig, ökologische Ziele knapp nicht erreicht
- unbefriedigend, ökologische Ziele nicht erreicht
- schlecht, ökologische Ziele nicht erreicht
- nicht untersucht

Untersuchungsgebiet Region Emmental (2020)

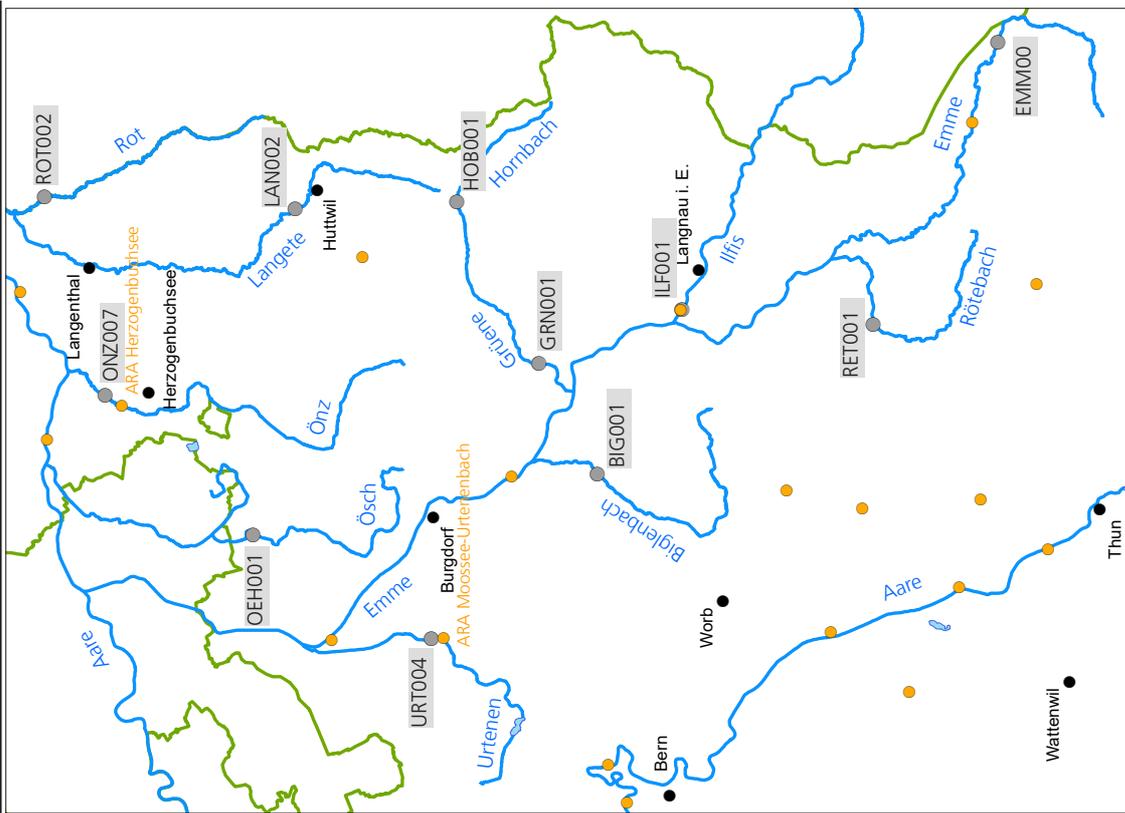


Abb. B1: Übersichtskarte mit allen Untersuchungsstellen von 2020 (graue Punkte), Kläranlagen (orange Punkte, Positionen der Kläranlagen nicht Lage genau) und Ortschaften (schwarze Punkte).

Untersuchungsgebiet Region Jura - Seeland (2021)

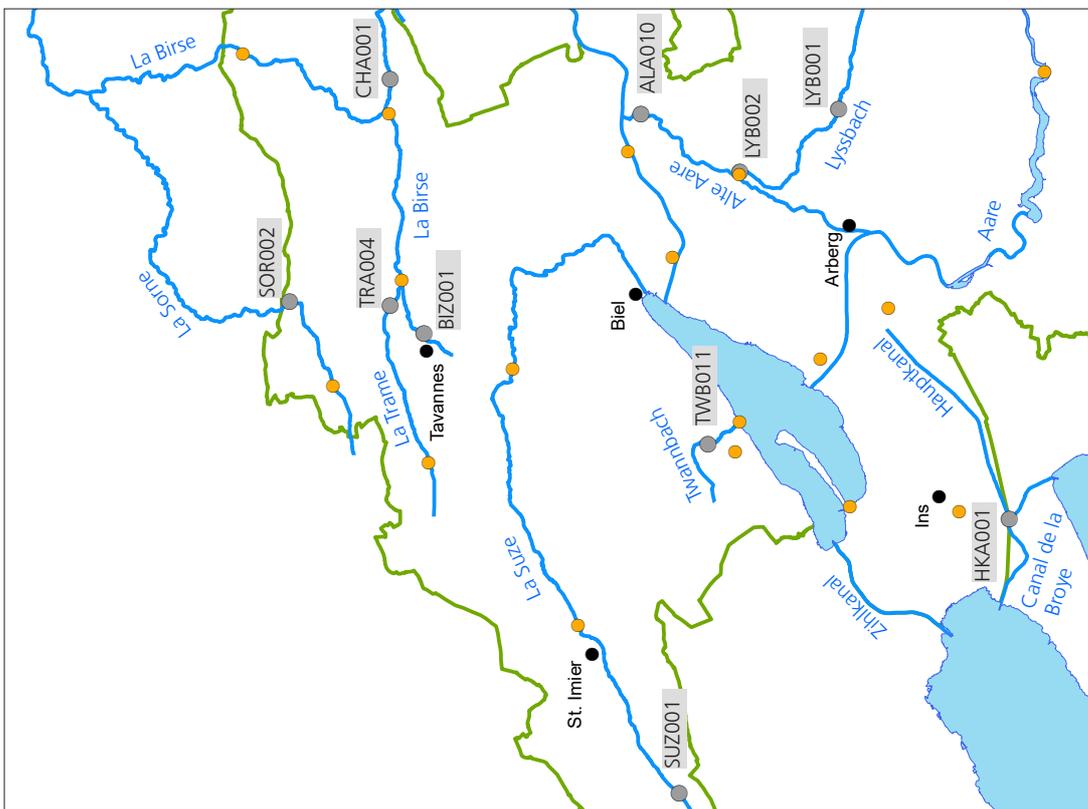


Abb. C1: Übersichtskarte mit allen Untersuchungsstellen von 2021 (graue Punkte), Kläranlagen (orange Punkte, Positionen der Kläranlagen nicht Lage genau) und Ortschaften (schwarze Punkte).

Äusserer Aspekt

Tab. C1: Zustand des Äusseren Aspektes und Bewertung gemäss BAFU Modul Äusserer Aspekt (BAFU 2007a).

| Aufnahmen 2021 | Hauptkanal | Twanbach | La Suze | La Birse | La Trame | Ruisseau de Chaluet | La Sorne | Lyssbach | Alte Aare |
|----------------------------------|------------|----------|---------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-----------|
| | HKA001 | TWB011 | SUZ001 | BIZ001 | TRA004 | CHA001 | SOR002 | LYB001 | ALA010 |
| Trübung | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Verfärbung | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Schaum | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Geruch | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Schlamm | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Eisensulfid | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Koalination | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Abfälle | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Feststoffe Siedlungsentwässerung | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Heterotropher Bewuchs | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

Legende

- Anforderungen erfüllt
- Anforderungen knapp nicht erfüllt oder Erfüllung fraglich
- Anforderungen nicht erfüllt

Biologisch indizierte Wasserqualität - Kieselsägen und Wasserwirbellose

Tab. C2: Zustand der biologisch indizierten Wasserqualität und Bewertung gemäss Gewässerschutzverordnung Anhang 1 (ökologische Ziele) mittels Kieselsägen und Wasserwirbellosen.
 Im Vergleich dazu sind die Resultate der letzten Untersuchung (unterschiedliche Jahre) aufgeführt (genaues Untersuchungsjahr siehe Tabelle 3.9). Basis bei den Kieselsägen: DICH; BAFU Modul Kieselsägen (BAFU 2007b); Basis bei den Wasserwirbellose: IBCH 2010, BAFU Modul Zoobenthos (BAFU 2010) und IBCH 2019, BAFU Modul Makrozoobenthos (BAFU 2019).

| Aufnahmen 2021 | Hauptkanal | Twanbach | La Suze | La Birse | La Trame | Ruisseau de Chaluet | La Sorne | Lyssbach | Alte Aare |
|-------------------------|------------|----------|---------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-----------|
| | HKA001 | TWB011 | SUZ001 | BIZ001 | TRA004 | CHA001 | SOR002 | LYB001 | ALA010 |
| Kieselsägen früher | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| DICH | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Kieselsägen 2021 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| DICH | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Wasserwirbellose früher | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| IBCH 2010 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Wasserwirbellose 2021 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| IBCH 2010 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Wasserwirbellose 2021 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| IBCH 2019 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

Legende

- sehr gut, ökologische Ziele erreicht
- gut, ökologische Ziele erreicht
- massig, ökologische Ziele knapp nicht erreicht
- unbefriedigend, ökologische Ziele nicht erreicht
- schlecht, ökologische Ziele nicht erreicht
- nicht untersucht

Äusserer Aspekt

Tab. D1: Zustand des Äusseren Aspektes und Bewertung gemäss BAFU Modul Äusserer Aspekt (BAFU 2007a).

| Aufnahmen 2022 | Aare | | Gadmer- wasser | | Weisse Lüt- schine | | Schwarze Lüttschine | | Lüttschine | | Chirel | | Saane | |
|---------------------------------------|--------|--------|-------------------|--------|-----------------------|--------|------------------------|--------|------------|---|--------|---|-------|---|
| | AAR001 | AAR004 | GWA001 | LUE001 | LUS001 | LUT001 | CHI001 | SAA001 | | | | | | |
| Trübung | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Verfärbung | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Schaum | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Geruch | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Schlamm | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Eisensulfid | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Kohlmatton | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Abfälle | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Feststoffe Siedlungsent- wässerung | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Heterotropher Bewuchs | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

Legende

- Anforderungen erfüllt
- Anforderungen knapp nicht erfüllt oder Erfüllung fraglich
- Anforderungen nicht erfüllt

Biologisch indizierte Wasserqualität - Kieslagen und Wasserwirbellose

Tab. D2: Zustand der biologisch indizierten Wasserqualität und Bewertung gemäss Gewässerschutzverordnung Anhang 1 (ökologische Ziele) mittels Kieslagen und Wasserwirbellosen.

Im Vergleich dazu sind die Resultate der letzten Untersuchung (unterschiedliche Jahre) aufgeführt (genaues Untersuchungs-jahr siehe Tabelle 3.10). Basis bei den Kieslagen: DICH, BAFU Modul Kieslagen (BAFU 2007b); Basis bei den Wasserwirbellosen: IBCH 2010, BAFU Modul Zoobenthos (BAFU 2010) und IBCH 2019, BAFU Modul Makrozoobenthos (BAFU 2019).

| Aufnahmen 2022 | Aare | | Gadmer- wasser | | Weisse Lüt- schine | | Schwarze Lüttschine | | Lüttschine | | Chirel | | Saane | |
|---|--------|--------|-------------------|--------|-----------------------|--------|------------------------|--------|------------|---|--------|---|-------|---|
| | AAR001 | AAR004 | GWA001 | LUE001 | LUS001 | LUT001 | CHI001 | SAA001 | | | | | | |
| Kieslagen früher DICH | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Kieslagen 2022 DICH | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Wasserwirbellose früher IBCH 2010 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Wasserwirbellose 2022 IBCH 2010 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Wasserwirbellose 2022 IBCH 2019 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

Legende

- sehr gut, ökologische Ziele erreicht
- gut, ökologische Ziele erreicht
- mässig, ökologische Ziele knapp nicht erreicht
- unbefriedigend, ökologische Ziele nicht erreicht
- schlecht, ökologische Ziele nicht erreicht
- nicht untersucht

Untersuchungsgebiet Region Oberland (2022)

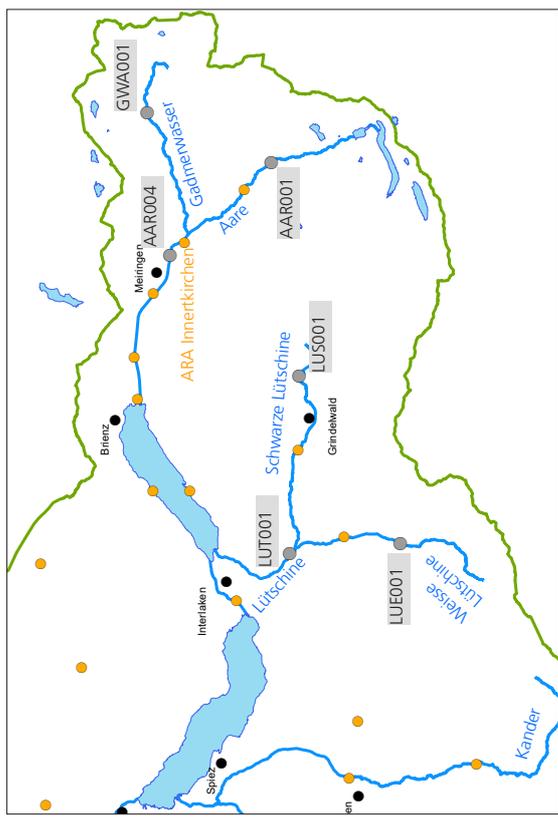
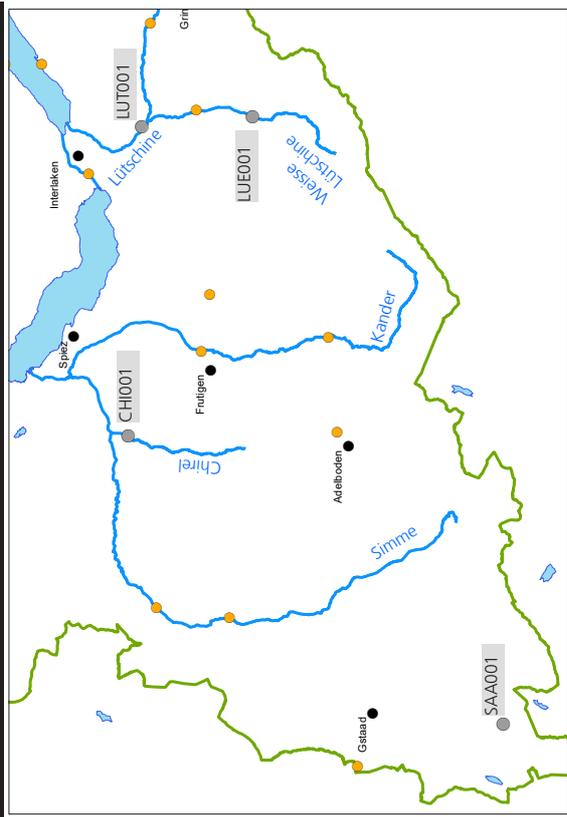


Abb. D1: Übersichtskarte West (oben) und Ost (unten) mit allen Untersuchungsstellen von 2022 (graue Punkte), Kläranlagen (orange Punkte, Positionen der Kläranlagen nicht Lage genau) und Ortschaften (schwarze Punkte).

1 Ausgangslage und Auftrag

Die Firma AquaPlus AG erhielt von Gewässer- und Bodenschutzlabor (GBL) des Kantons Bern den Auftrag, zwischen 2019 und 2022 total 43 Stellen in verschiedenen Gewässern in den Regionen Aare - Sense, Emmental, Jura - Seeland sowie Oberland gewässerökologisch zu untersuchen. Im vorliegenden Bericht werden die Resultate dieser Untersuchung dargestellt. Zudem werden die Resultate mit jenen früherer gewässerökologischer Erhebungen aus den Jahren 1991, 1992, 1998, 2003, 2005, 2006, 2007, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2016, 2017 und 2018 verglichen. Zusätzlich zum vorliegenden Bericht werden dem Auftraggeber die Ergebnisse als Excelfiles (inkl. Datenfiles für das CSCF) sowie als Importfile für die Datenbank des Kantons Bern abgegeben.

2 Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungsgebiete mit den Untersuchungsstellen sind in Abb. A1, B1, C1 und D1 dargestellt. Die geographische Lokalisierung (Koordinaten, Meereshöhen etc.) sowie die hydrologische Charakterisierung (Abflussregimetyp, Nutzungen) sind in den Tabellen 2.1, 2.2, 2.3 und 2.4 aufgeführt.

Die aktuellen Untersuchungen fanden in den folgenden Jahren jeweils im März statt:

2019: Region Aare - Sense (Amletenbach, Kalte Sense, Chräbsbach, Dorfbach Schwarzenburg, Giessen Belp, Gürbe, Richigenbach, Rotache, Scherlibach, Schwarzwasser, Worble, Zulg)

2020: Region Emmental (Biglenbach, Emme, Grüene, Ilfis, Langete, Önz, Ösch, Rot, Urtenen, Hornbach, Rötobach)

2021: Region Jura - Seeland (Alte Aare, Hauptkanal, La Birse, La Sorne, La Trame, Lyssbach, La Suze, Twannbach, Ruisseau de Chaluet)

2022: Region Oberland (Aare, Chirel, Lüttschine, Saane, Weisse Lüttschine, Schwarze Lüttschine, Gadmerwasser)

Die Resultate werden pro Region dargestellt.

In den 4 Regionen gibt es viele Kläranlagen. Besonders drei davon beeinträchtigen möglicherweise die untersuchten Gewässer (Standorte siehe Abb. A1 bis D1, Angaben gemäss map.geo.admin.ch):

ARA Herzogenbuchsee: EGW 22500

Vorfluter: Önz

ca. 1.1 km oberhalb Untersuchungsstelle ONZ007

ARA Moossee-Urtenenbach: EGW 51750

Vorfluter: Urtenen

ca. 0.7 km oberhalb Untersuchungsstelle URT00004

ARA Innertkirchen: EGW 3000

Vorfluter: Aare

ca. 2km oberhalb Untersuchungsstelle AAR004

Tab. 2.1: Geographische Lokalisierung, Nutzungen sowie Abflussregimety der Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense. Untersuchungs-jahr 2019.

| Gewässer | Stelle | Unter-suchungs-datum | Koordinaten | | Höhe (m.ü.M) | Nutzungen: Abwasser, Wasserkraft | Abfluss-regimety | Biogeografische Region |
|---------------------------|--------|----------------------|-------------|---------|--------------|----------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Zulg | ZUL003 | 21.3.2019 | 2612811 | 1180271 | 553 | keine | nivo-pluvial préalpin | Alpenordflanke |
| Amletenbach | AML001 | 21.3.2019 | 2609922 | 1181537 | 551 | keine | pluvial inférieur | Mittelland |
| Rotache | ROA003 | 21.3.2019 | 2610325 | 1184050 | 540 | keine | nivo-pluvial préalpin | Mittelland |
| Giesse (Belp) | GIB002 | 20.3.2019 | 2603976 | 1196808 | 509 | keine | k.A. (Grundwasser) | Mittelland |
| Gürbe | GUR001 | 21.3.2019 | 2605800 | 1177575 | 666 | keine | nival de transition | Alpenordflanke |
| Richigenbach | RIH001 | 20.3.2019 | 2610775 | 1196500 | 617 | keine | pluvial inférieur | Mittelland |
| Worble | WOR003 | 20.3.2019 | 2605025 | 1201525 | 543 | keine | pluvial inférieur | Mittelland |
| Chräbsbach | CBA001 | 22.3.2019 | 2600190 | 1205035 | 542 | keine | pluvial inférieur | Mittelland |
| Kalte Sense | SEN001 | 20.3.2019 | 2593620 | 1173450 | 982 | keine | nival de transition | Alpenordflanke |
| Schwarzwasser | SWA001 | 20.3.2019 | 2597890 | 1180475 | 833 | keine | nivo-pluvial préalpin | Alpenordflanke |
| Schwarzwasser | SWA002 | 20.3.2019 | 2597350 | 1182775 | 736 | keine | nivo-pluvial préalpin | Alpenordflanke |
| Dorfbach (Schwarzen-burg) | DSC001 | 22.3.2019 | 2593461 | 1185718 | 767 | Vorfluter ARA | pluvial supérieur | Mittelland |
| Schwarzwasser | SWA004 | 20.3.2019 | 2594575 | 1190347 | 588 | keine | nivo-pluvial préalpin | Mittelland |
| Scherlibach | SRB001 | 22.3.2019 | 2593604 | 1192573 | 562 | keine | pluvial supérieur | Mittelland |

Tab. 2.2: Geographische Lokalisierung, Nutzungen sowie Abflussregimetyyp der Untersuchungsstellen der Region Emmental. Untersuchungsjahr 2020.

| Gewässer | Stelle | Untersuchungsdatum | Koordinaten | | Meereshöhe (m ü. M) | Nutzungen: Abwasser, Wasserkraft | Abflussregimetyyp | Biogeografische Region |
|------------|--------|--------------------|-------------|---------|---------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Emme | EMM001 | 18.3.2020 | 2638050 | 1183600 | 975 | keine | nival de transition | Alpenordflanke |
| Rötebach | RET001 | 18.3.2020 | 2623650 | 1189900 | 809 | keine | nivo-pluvial préalpin | Alpenordflanke |
| Ilfis | ILF002 | 18.3.2020 | 2624450 | 1199575 | 653 | keine | nivo-pluvial préalpin | Alpenordflanke |
| Hornbach | HOB001 | 18.3.2020 | 2629900 | 1210975 | 808 | keine | pluvial supérieur | Alpenordflanke |
| Grüne | GRN001 | 18.3.2020 | 2621675 | 1206825 | 630 | keine | pluvial supérieur | Alpenordflanke |
| Biglenbach | BIG001 | 18.3.2020 | 2616025 | 1203850 | 624 | keine | pluvial supérieur | Mittelland |
| Urtenen | URT004 | 19.3.2020 | 2607621 | 1212256 | 502 | Vorfluter ARA, Hochwasserentlastung | pluvial inférieur | Mittelland |
| Ösch | OEH001 | 19.3.2020 | 2612937 | 1221282 | 468 | keine | pluvial supérieur | Mittelland |
| Önz | ONZ007 | 19.3.2020 | 2620044 | 1228750 | 438 | Vorfluter ARA | pluvial inférieur | Mittelland |
| Rot | ROT002 | 19.3.2020 | 2630155 | 1231824 | 436 | keine | pluvial inférieur | Mittelland |
| Langete | LAN002 | 19.3.2020 | 2629560 | 1219140 | 602 | Vorfluter ARA | pluvial inférieur | Mittelland |

Tab. 2.3: Geographische Lokalisierung, Nutzungen sowie Abflussregimetyyp der Untersuchungsstellen der Region Jura - Seeland. Untersuchungsjahr 2021.

| Gewässer | Stelle | Untersuchungsdatum | Koordinaten | | Meereshöhe (m ü. M) | Nutzungen: Abwasser, Wasserkraft | Abflussregimetyyp | Biogeografische Region |
|---------------------|--------|--------------------|-------------|---------|---------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|
| | | | | | | | | |
| Hauptkanal | HKA001 | 25.3.2021 | 2573703 | 1202864 | 431 | keine | pluvial inférieur | Mittelland |
| Twannbach | TWB011 | 25.3.2021 | 2577308 | 1217201 | 730 | keine | nivo-pluvial jurassien | Jura |
| La Suze | SUZ001 | 24.3.2021 | 2560500 | 1218575 | 861 | keine | nivo-pluvial jurassien | Jura |
| La Birse | BIZ001 | 24.3.2021 | 2582600 | 1230725 | 742 | keine | pluvial jurassien | Jura |
| La Trame | TRA004 | 24.3.2021 | 2583950 | 1232325 | 733 | keine | nivo-pluvial jurassien | Jura |
| Ruisseau de Chaluet | CHA001 | 24.3.2021 | 2594823 | 1232340 | 703 | keine | nivo-pluvial jurassien | Jura |
| La Sorne | SOR002 | 24.3.2021 | 2584150 | 1237115 | 626 | keine | nivo-pluvial jurassien | Jura |
| Lyssbach | LYB001 | 25.3.2021 | 2593375 | 1210975 | 485 | keine | pluvial inférieur | Mittelland |
| Lyssbach | LYB002 | 25.3.2021 | 2590350 | 1215700 | 436 | keine | pluvial inférieur | Mittelland |
| Alte Aare | ALA010 | 25.3.2021 | 2593150 | 1220400 | 428 | keine | pluvial inférieur | Mittelland |

Tab. 2.4: Geographische Lokalisierung, Nutzungen sowie Abflussregimetyyp der Untersuchungsstellen der Region Oberland. Untersuchungsjahr 2022.

| Gewässer | Stelle | Untersuchungsstellen | Koordinaten | | Meereshöhe (m ü. M) | Nutzungen: Abwasser, Wasserkraft | Abflussregimetyyp | Biogeografische Region |
|---------------------|--------|----------------------|-------------|---------|---------------------|----------------------------------|-------------------|------------------------|
| | | | | | | | | |
| Aare | AAR001 | 29.3.2022 | 2665810 | 1166720 | 1083 | Wasserkraft | b-glaciaire | Alpenordflanke |
| Gadmerwasser | GWA001 | 29.3.2022 | 2669800 | 1176480 | 1168 | Wasserkraft | b-glaciaire | Alpenordflanke |
| Aare | AAR004 | 29.3.2022 | 2658400 | 1174690 | 603 | Wasserkraft Vorfluter ARA | k.A (Wasserkraft) | Alpenordflanke |
| Weisse Lüttschine | LUE001 | 28.3.2022 | 2635570 | 1156570 | 851 | keine | b-glaciaire | Alpenordflanke |
| Schwarze Lüttschine | LUS001 | 28.3.2022 | 2648825 | 1164525 | 1212 | keine | a-glaciaire | Alpenordflanke |
| Lüttschine | LUT001 | 29.3.2022 | 2634800 | 1165260 | 642 | keine | a-glacio-nival | Alpenordflanke |
| Chirel | CHI001 | 28.3.2022 | 2610310 | 1166340 | 711 | keine | nival alpin | Alpenordflanke |
| Saane | SAA001 | 28.3.2022 | 2587390 | 1136820 | 1182 | keine | nival alpin | Alpenordflanke |

3 Untersuchungsprogramm und Methoden

Im folgenden werden die erhobenen Parameter, die angewendeten Probenahmemethoden sowie die Auswertungen genauer beschrieben.

3.1 Hydrographische Angaben

Gewässertyp, Abflussregimety, mittleres Gefälle, Wasserführung, Grösse und Art des Einzugsgebietes sowie Angaben zu Nutzungen wurden vor Ort beurteilt oder aus Messstationen (Abfluss) und aus www.map.geo.admin.ch herausgelesen.

3.2 Morphometrie

| | |
|---------------------------|--|
| Uferbeschaffenheit: | Beurteilung in Anlehnung an Modul-Stufe F Ökonomie-morphologie gemäss BUWAL (1998), |
| Durchflossene Landschaft: | Beurteilung vor Ort und mittels Angaben von www.map.geo.admin.ch |
| Korngrößenverteilung: | Schätzung gemäss sechsstufiger Skala (Perret 1977): Stufe 1: Anstehender Fels und grösseres Gerölle Stufe 2: Kopfgrosses Gerölle (> 100 mm Durchmesser) Stufe 3: Grobkies (faust- bis nussgross; 100-20 mm) Stufe 4: Feinkies (nuss- bis erbsengross; 20-2 mm) Stufe 5: Sand (hirsekorngross; 2-1 mm) Stufe 6: Feinsand und Silt (<1 mm) |
| Vorhandene Choriotope: | Entsprechend Angaben Vorschlag Aufnahmeraster im Modul-Stufen-Konzept Stufe F Makrozoobenthos nach BAFU (2019). |

3.3 Äusserer Aspekt

Zur Beschreibung des makroskopischen Gewässereindrucks (Äusserer Aspekt) wurden die in Tabelle 3.1 aufgeführten Parameter gemäss einer vierstufigen Skala in Anlehnung an Chaix et al. (1995) beurteilt. Wird an einer Probenahmestelle eine Trübung, eine Verfärbung, ein Geruch nach Abwasser oder Gülle, Schaum oder eine Verschlammung festgestellt, wird möglichst die Ursache der Beeinträchtigung bestimmt (natürlich, anthropogen oder unbekannt). Die Bewertung des Äusseren Aspektes erfolgt gemäss Modul Äusserer Aspekt (BAFU 2007a) in drei Zustandsklassen.

Tab. 3.1: Äusserer Aspekt und die Einteilung in 3 Zustandsklassen. Modul Äusserer Aspekt, BAFU 2007a.

| | | | | | |
|---|---|-------|------------|---|---|
| Trübung | Beurteilung der Ursache pro Parameter: natürlich anthropogen unbekannt | keine | geringe | mittlere | starke |
| Verfärbung | | keine | leichte | mittlere | starke |
| Geruch (Abwasser , Gülle) | | kein | gering | mittel | stark |
| Schaum (stabil) | | kein | wenig | mittel | viele |
| Verschlammung | | keine | leichte | mittlere | starke |
| Makroskopisch sichtbare Pilze, Bakterien oder Protozoen | | keine | vereinzelt | wenig (von 10 Steinen 1-5 mit Kolonien) | häufig (von 10 Steinen >5 mit Kolonien) |
| Eisensulfid-Flecken (Fundhäufigkeit) | | 0 % | 1-10 % | 10-30 % | > 30 % |
| Kolmation | | keine | leicht | mittel | stark |
| Abfälle | | keine | wenige | mittel | viele |
| Feststoffe aus Siedlungsentwässerung (WC-Papier etc.) | | keine | wenige | mittel | viele |

Legende

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

3.4 Flora der Gewässersohle (Algen, Moose und Makrophyten)

Algen, Moose und Makrophyten wurden im Feld so weit wie möglich bestimmt. Bei Unklarheiten wurden Proben zur Bestimmung mit ins Labor genommen. Es erfolgte gemäss Modul-Stufe F Äusserer Aspekt (BAFU 2007a) aber keine detaillierte Bewertung des Pflanzlichen Bewuchses.

- Bewuchsdichte-Schätzung gemäss der sechsstufigen Bildskala von Thomas & Schanz (1976, Änderung: Stufen 0 - 5 anstatt 1 - 6). Diese Dichte-Schätzung wurde unabhängig von der Korngrößenverteilung vorgenommen.
- Unterscheidung zwischen fädigen, haut- und krustenbildenden Algen und Schätzung ihrer Deckung bezüglich der gesamten Gewässersohle in Prozent sowie Schätzung ihrer Deckung auf den einzelnen Substratklassen (Korngrößenstufen 1 bis 6) in Prozent der entsprechenden Teilflächen.
- Unterscheidung von im Feld leicht erkennbaren Arten (z. B. *Cladophora sp.*, *Hydrurus foetidus*) oder Artgruppen (z. B. Kieselalgen oder Grünalgen) und Schätzung ihrer Deckung bezüglich der gesamten Gewässersohle sowie

Schätzung ihrer Deckung auf den einzelnen Substratklassen (Korngrössenstufen 1 bis 6) in Prozent der entsprechenden Teilflächen.

- Schätzung der Deckung von Moosen und Wasserpflanzen entsprechend des Vorgehens bei den Algen.

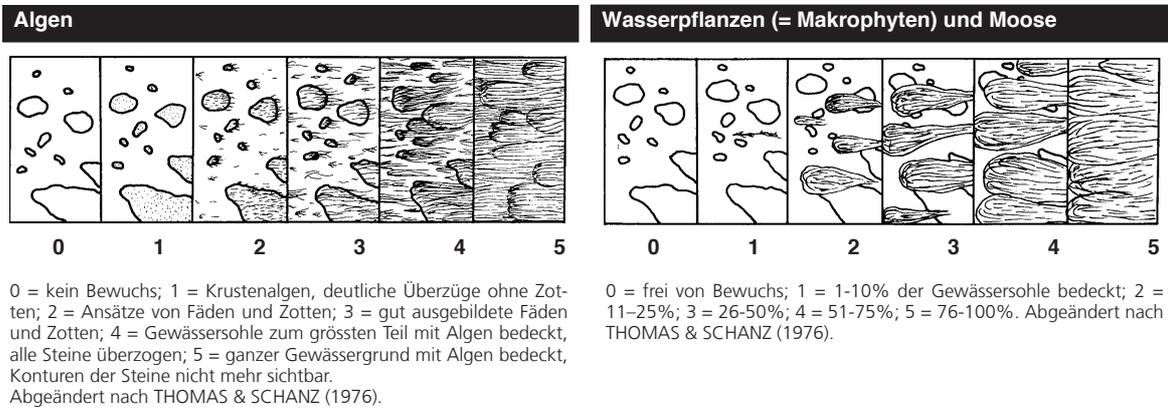


Abb. 3.1: Bewuchsdichtestufen zur Einschätzung des pflanzlichen Bewuchses, abgeändert nach Thomas & Schanz (1976).

3.5 Kieselalgen und die Bestimmung der biologisch indizierten Wasserqualität

3.5.1 Feldarbeit

Die Probenahme der Kieselalgen erfolgte gemäss dem Modul-Stufen-Konzept Kieselalgen (BAFU 2007b). Dabei wurden von mehreren Steinen (in der Regel fünf Steine) eine gleich grosse Aufwuchsfläche mittels Abkratzutensilien gemäss Douglas (1958) abgekratzt. Die Proben wurden im Anschluss mit Formaldehyd (37 %) auf eine Endkonzentration von rund 2 bis 4 % fixiert.

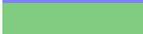
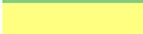
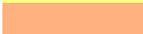
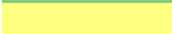
3.5.2 Laborarbeit

Die Kieselalgenproben 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 (Ölimmersion, Phasenkontrast, Interferenz-Beleuchtung und Fotoapparat Canon EOS 5D Mark III) verwendet. Die Teratologien (durch Stressoren ausgelöste Missbildungen der Schalen) wurden für jede Art erfasst und nach Typen unterschieden. Die Bestimmung erfolgte nach Hofmann et al. (2013), Krammer & Lange-Bertalot (1986; 1991a; 1991b; 2007) und Lange-Bertalot & Metzeltin (1996) sowie bei Bedarf mit weiterer Spezialliteratur. Die Nomenklatur richtet sich weitgehend nach Hofmann et al. (2013) sowie der firmeneigenen Synonymliste.

3.5.3 Auswertung

Mittels 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 ökologischen Zielsetzung gemäss Anhang 1 der GSchV (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» oder «schlecht». Zusätzlich zum DI-CH-Wert wurden die Lebensgemeinschaften auf Ebene der D-Gruppen ausgewertet. Hierfür wurden die Arten je nach Empfindlichkeit gegenüber Nährstoff- und Abwasserbelastungen einer der fünf D-Gruppen «sehr gut», «gut», «mässig», «unbefriedigend» oder «schlecht» zugeordnet (Tabelle 3.2). Die Auswertungen erfolgten gemäss Modul-Stufen-Konzept Kieselalgen (BAFU 2007b). Als Basis für alle Auswertungen wurden die relativen Häufigkeiten berechnet.

Tab. 3.2: 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 (BAFU, 2007b).

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

Zusätzlich zur Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität mittels DI-CH und der Auswertung der D-Gruppen wurden weitere Parameter wie Artenvielfalt, planktische Arten, Neophyten (gebietsfremde Arten) und Teratologien diskutiert. Teratologien sind durch Stressoren ausgelöste Missbildungen der Schalen ausserhalb der natürlichen phänotypischen Variabilität. Ursachen, welche zu Teratologiebildung führen, können natürlichen (Silikatmangel, hohe UV-Strahlung im Gebirge) oder auch unnatürlichen Ursprungs sein (Schwermetall- oder Kohlenwasserstoffbelastungen).

Weiter wurden taxa- und indexspezifische Auswertungen durchgeführt und die Standortgerechtigkeit der Lebensgemeinschaften beurteilt. Mit der Standortgerechtigkeit wird eingeschätzt, ob eine vorgefundene Lebensgemeinschaft dem Standort entsprechend natürlich/naturnah ist oder nicht. Diese Frage ist zentral, da in der GSchV Anhang 1 (ökologische Ziele) in Artikel 1 gefordert wird:

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 Kennwerte zur Beurteilung der Standortgerechtigkeit (Tab. 3.3) waren der DI-CH-Wert, der Anteil an Arten mit D-Werten ≥ 5.5 und < 2.5 , die Gleichmässigkeit der Populationsstruktur (Evenness), die Taxazahl, der maximale Anteil des häufigsten Taxons pro Probe (Dominanz) sowie der relative Anteil an gebietsfremden Arten (Neophyten). Damit werden art- und indexspezifische Kennwerte beigezogen, so dass sowohl die Struktur der Lebensgemeinschaft als auch auch indikative Gruppen (DI-CH, D-Gruppen) in die Beurteilung einfließen. Für die Standortgerechtigkeit müssen allen Kennwerte erfüllt sein. Die angewandte Methode befindet sich noch in der Testphase. Dennoch zeigt sich, dass der Anspruch auf eine standortgerechte Lebensgemeinschaft deutlich höher ist als das blosses Erfüllen der biologisch indizierten Wasserqualität (DI-CH-Wert).

Tab. 3.3: Kennwerte zur Beurteilung der Standortgerechtigkeit der Kieselalgenlebensgemeinschaft.

| Kennwerte zur Beurteilung der Standortgerechtigkeit | Mittelland ¹ | Alpiner Raum ² |
|---|-------------------------|---------------------------|
|---|-------------------------|---------------------------|

Kennwert erreicht wenn:

Ökologie

| | | |
|---------------------------|--------|--------|
| DI-CH | < 4.5 | ≤ 2.0 |
| D-Wert ≥ 5.5 ³ | < 15 % | < 10 % |
| D-Wert < 2.5 ³ | > 10 % | > 20 % |

Struktur Lebensgemeinschaft

| | | |
|-----------------------|--------|--------|
| Evenness | > 0.4 | < 0.4 |
| Taxazahl | > 18 | > 18 |
| Dominanz ⁴ | < 50 % | < 50 % |

Gebietsfremde Arten

| | | |
|----------|-------|-------|
| Summe rH | < 2 % | < 2 % |
|----------|-------|-------|

¹ Biogeografische Regionen: Mittelland und Jura.

² Biogeografische Regionen: Alpennord- und Alpensüdflanke sowie östliche und westliche Zentralalpen.

³ Summe relative Anteile rH der Taxa mit D-Werten ≥ 5.5 respektive < 2.5.

⁴ Bei einer Dominanz einer Art > 50 % spielt der D-Wert des Taxons eine zusätzliche Rolle.

3.6 Wasserwirbellose

3.6.1 Feldarbeit/Probenahme

Die Probenahme wurde gemäss dem MSK-Modul Makrozoobenthos (Stufe F, BAFU 2019) durchgeführt. Um die Resultate mit den Untersuchungen früherer Jahre vergleichen zu können, wurden die Aufnahmen mit dem Surber Sampler (Maschenweite des Netzes 280 µm, beprobte Fläche pro Surberprobe 30 cm x 30 cm) durchgeführt, sodass Individuendichten ermittelt werden können. Hierzu wurden drei Teilproben mittels Surber entnommen und gepoolt (= Rohprobe 1). Da die Probenahme auch dem IBCH-Verfahren genügen musste, wurden zusätzlich gemäss IBCH-Raster weitere fünf Kickproben (25 cm x 25 cm) entnommen und ebenfalls gepoolt (= Rohprobe 3).

In der Stellendokumentation im Anhang finden sich die für die Untersuchungsstelle relevanten Angaben zur Choriotop-Zusammensetzung sowie zur Probenahme.

3.6.2 Laborarbeit

Die Wasserwirbellosen der Surberproben (= dominante und häufige Choriotope, = Rohprobe 1) wurden bestimmt und ausgezählt. Auf diesen Zählresultaten basieren die Auswertungen von Gesamtindividuendichte (Tab. 3.4), Saprobieindex, Diversität, relativen Häufigkeiten und funktionalen Gruppen, analog zu den früheren Aufnahmen im Rahmen des Monitorings Biologie Bern. Die Wasserwirbellosen der Rohprobe 3 (Kicksampling) wurden ebenfalls bestimmt und ausgezählt und flossen in die Berechnungen des IBCH und des SPEAR Index ein.

Tab. 3.4: Stufen der Dichteschätzung der Wasserwirbellosen.

| Stufe | Dichtebezeichnung | Anzahl Ind./0.1m ² |
|-------|-------------------|-------------------------------|
| 1 | äusserst gering | 1-5 |
| 2 | sehr gering | 6-25 |
| 3 | gering | 26-100 |
| 4 | mittel | 101-500 |
| 5 | mittel - gross | 501-2500 |
| 6 | gross | 2501-5000 |
| 7 | sehr gross | >5000 |

3.6.3 Auswertung

Die Auswertung der Wasserwirbellosen erfolgte gemäss Modul Zoobenthos (BAFU 2019, IBCH-Verfahren), ergänzt mit weiteren Indexberechnungen (Saprobie, Makroindex, IBCH 2010), sodass die Resultate mit den Untersuchungen früherer Jahre verglichen werden können. Die Klassifizierung der verschiedenen Indices ist in Tabelle 3.5 dargestellt.

Tab. 3.5: Klassifizierung der verschiedenen Indices: Saprobieindex (Pantle & Buck 1955), **Makroindex** (Frutiger & Sieber 2005), **IBCH 2019** (BAFU 2019), **IBCH 2010** (BAFU 2010), **SPEAR19 Index** (BAFU 2019).

| Biologischer Gewässerzustand | IBCH_2019 DK, IG | IBCH_2010 | SPEAR_2019 | Makroindex | Saprobie | Zielvorgabe GSchV |
|------------------------------|------------------|-----------|--------------|------------|------------|-------------------|
| sehr gut | ≥ 0.8 | 17 - 20 | ≥0.44 | 1 - 2 | 1 - <1.5 | erfüllt |
| gut | 0.6 - < 0.8 | 13 - 16 | 0.33 - <0.44 | 3 | 1.5 - <2.3 | |
| mässig | 0.4 - < 0.6 | 9 - 12 | 0.22 - <0.33 | 4 | 2.3 - <2.7 | nicht erfüllt |
| unbefriedigend | 0.2 - < 0.4 | 5 - 8 | 0.11 - <0.22 | 5 - 6 | 2.7 - <3.2 | |
| schlecht | < 0.2 | 1 - 4 | ≤0.11 | 7 - 8 | 3.2 - 4 | |

3.6.4 Berechnung des IBCH-Wertes

Zur Berechnung des IBCH-Wertes wurden die absoluten Individuenzahlen der Rohprobe 1 (Surberproben) und 3 (Kickproben) auf Niveau der Familien addiert und daraus die Abundanzklasse sowie der IBCH-Wert gemäss MSK-Modul Makrozoobenthos (Stufe F, BAFU 2019) eruiert.

3.6.5 Ermitteln der saprobiellen Valenz und des Saprobieindex

Das Vorkommen von Gewässerorganismen beschränkt sich meist nicht nur auf eine einzelne Güteklasse (Saprobitätsstufe). Für jede Art existiert jedoch ein Optimalbereich bezüglich der Güteklasse. Von einigen Arten der Wasserwirbellosen sind sogenannte saprobielle Valenzen bekannt (Zelinka & Marvan 1961, Wegl 1983, Margreiter-Kownacka et al. 1984, Moog 1995). Die saprobielle Valenz ist ein Ausdruck für die Affinität einer Art zu den einzelnen Saprobitätsstufen. Sie drückt die Wahrscheinlichkeit aus, mit welcher eine gewisse Saprobitätsstufe indiziert wird. Angegeben werden die Valenzen in Form von Saprobiepunkten, wobei insgesamt zehn Saprobiepunkte entsprechend der Auftretenshäufigkeit der Art in den Saprobitätsstufen verteilt werden. In der vorliegenden Arbeit werden die Valenzen für fünf Saprobitätsstufen angegeben (xeno-, oligo-, β -meso-, α -meso- und polysaprob). Der Toleranzbereich bezüglich der Saprobitätsstufen wird mit dem «Indikationsgewicht» berücksichtigt (Zelinka & Marvan 1961). Ein hohes Indikationsgewicht bedeutet, dass die Art einen geringen Toleranzbereich aufweist, d.h. bevorzugt in einer Saprobitätsstufe auftritt (stenöke Art). Ein geringes Indikationsgewicht wird entsprechend einer Art zugeordnet, welche einen weiten Toleranzbereich hat (euryöke Art). Das Indikationsgewicht einer Art wurde mit 1 bis 5 «Gewichts»-Punkten bewertet.

Aufgrund der saprobiellen Valenz, des Indikationsgewichtes und der Auftretenshäufigkeit der einzelnen Arten in einer Probe (Lebensgemeinschaft) kann eine saprobielle Valenz für die gesamte Probe berechnet werden:

$$z_j = \left(\sum_{i=1}^n g_i \cdot h_i \cdot a_{ij} \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n g_i \cdot h_i \right)^{-1}$$

z_j = Anteil der Punktwerte der Saprobitätsstufe j ($j = x$ für xeno-, o für oligo-, β für β -meso-, α für α -meso- und p für polysaprob) in der Lebensgemeinschaft, g_i = Indikationsgewicht der Art i , h_i = Auftretenshäufigkeit der Art i , a_{ij} = Anzahl Saprobie punkte der Art i innerhalb der Saprobitätsstufe j , n = Gesamtartenzahl.

Aufgrund der saprobiellen Valenz z_j der gesamten Probe kann der Saprobieindex S für die Lebensgemeinschaft ermittelt werden:

$$S = (1 \cdot z_o + 2 \cdot z_\beta + 3 \cdot z_\alpha + 4 \cdot z_p) \cdot 10^{-1}$$

z_o , z_β , z_α , z_p = Punktwerte der entsprechenden Saprobitätsstufe (o = oligo-, β = β meso-, α = α -meso-, p = polysaprob).

Diese Berechnungsart entspricht der Bildung eines gewichteten Mittels aus Häufigkeit, Indikationsgewicht und spezieller saprobieller Valenz der Arten einer Zönose. Die Indexzahlen S werden den nachfolgend aufgelisteten Güteklassen zugeteilt (Tab. 3.6). Der Saprobieindex wurde wie anlässlich der Untersuchungen früherer Jahre anhand autökologischer Angaben verschiedener Datensammlungen bestimmt, im Wesentlichen mit Moog (1995), Wegl (1983) und Margreiter-Kownacka et al. (1984). In der der Stellendokumentation befinden sich ergänzend der österreichische (berechnet nach Moog 1995) und der deutsche Saprobiewert (nach DIN 38410). Diese Werte können von den im Text besprochenen Saprobiewerten abweichen, da als Basis nicht dieselben autökologischen Datensammlungen benutzt werden.

Die Bewertung der Saprobiewerte der Wasserwirbellosen erfolgte gemäss dem im Kanton Bern angewandten Verfahren mittels 5 Zustandsklassen (GSA 2003). Diese Zustandsklassen sind in Tabelle 3.6 dargestellt.

Tab. 3.6: Güteklassen und Saprobieindex S gemäss Pantle & Buck (1955).

| Güteklassen | Saprobieindex S |
|-------------|--------------------|
| I | $1.0 \leq S < 1.5$ |
| I-II | $1.5 \leq S < 1.8$ |
| II | $1.8 \leq S < 2.3$ |
| II-III | $2.3 \leq S < 2.7$ |
| III | $2.7 \leq S < 3.2$ |
| III-IV | $3.2 \leq S < 3.5$ |
| IV | $3.5 \leq S < 4.0$ |

3.6.6 SPEAR-Index

Der SPEAR-Index ist eine einfache Berechnungsmethode zum Screening von mit Schadstoffen belasteten Probestellen. Er kann basierend auf bestehenden biologi-

schen Routinemonitoringdaten des Makrozoobenthos errechnet werden. In den SPEAR-Index fliessen sowohl biologische (z.B. Generationszeit, aquatische Lebensweise aller Entwicklungsstadien und Vorhandensein während Hauptapplikationszeit), ökologische (z.B. Migrationsfähigkeit, Rekolonisierungspotential) als auch ökotoxikologische Daten (relative Toxizität gegenüber *Daphnia spp.*) ein. Dazu wurden zahlreiche Makrozoobenthosarten hinsichtlich dieser Kriterien bewertet und entweder als «at risk» (1) oder «not at risk» (0) eingestuft. Der SPEAR-Index wird im IBCH_2019 Labor-Protokollblatt automatisch auf Familienniveau berechnet.

3.7 Vergleich der aktuellen Daten mit früheren Probenahmen

Die Resultate der Feldaufnahmen der aktuellen Untersuchung werden mit den Daten früherer Probenahmen (VOKOS und Biologie Bern aus den Jahren 1991, 1992, 1998, 2000, 2003, 2005, 2006, 2007, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 und 2018) verglichen. Um die entsprechenden Vergleiche vornehmen zu können, sind einige Punkte zu beachten.

So gab es bei den Indices (insbesondere IBCH und SPEAR-Index) und der Probenahmetechnik seit 1991 diverse Anpassungen und Neuerungen. Die aktuellen Probenahmen (2019 - 2022) erfolgten nach derselben Probenahmetechnik wie bei den älteren Aufnahmen (3 Surber), jedoch ergänzt durch weitere Teilproben (5 Kick), damit die aktuellsten Indices (IBCH-2019 und SPEAR-2019) ebenso berechnet werden können wie die älteren Indices.

Für jeden Parameter, jeden Index und jedes Modul wurde abgeschätzt, inwiefern Unterschiede zwischen den älteren und den aktuellen Aufnahmen auf Veränderungen im Gewässer schliessen lassen. Können klare Muster in der Entwicklung erkannt werden, werden diese aufgezeigt und diskutiert.

In den folgenden Tabellen (3.7, 3.8, 3.9, 3.10) ist ersichtlich, welche Gewässer in welchen Jahren untersucht wurden.

Tab. 3.10: Alte Bezeichnungen sowie Untersuchungsjahre der Untersuchungsstellen der Region Oberland.

| Gewässer | Stellebezeichnung | Alte Stellenbezeichnung | Untersuchungsjahre | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Bemerkungen | |
|--------------------|-------------------|-------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|------|------|-------------|------|
| | | | Bestehende Untersuchungen | | | | | | | | | | | | | | | | | Aktuelle U. | | | | |
| | | | 1991 | 1992 | 1994 | 1995 | 1998 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | | 2021 |
| Aare Rotloui | AAR001 | bAa3 | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| Gadmerwasser | GWA001 | bGWA1 | | | | x | | | | | | | | | x | | | | | | | | x | |
| Aare Sandey | AAR004 | bAa5 | | | | x | | | | | | | | | x | | | | | | | | x | |
| Weisse Lütschine | LUE001 | bwLü2 | | | | x | | | | | | | | | x | | | | | | | | x | |
| Schwarze Lütschine | LUS001 | bsLü1 | | | | x | | | | | | | | | x | | | | | | | | x | |
| Lütschine | LUT001 | BLU4 / bLU4 | | | | x | | | x | | | | | | x | x | x | | | | | | x | |
| Chirel | CHI001 | bCHI2 | | | | x | | | | | | | | | | x | | | | | | | x | |
| Saane | SAA001 | bSA1 | | | | x | | | | | | | | | | x | | | | | | | x | |

4 Ergebnisse und Diskussion

Im vorliegenden Kapitel werden die Resultate zusammengefasst und diskutiert. Die Darstellung der Resultate erfolgt jeweils in Fließrichtung der Gewässer. Für eine detaillierte Übersicht der Untersuchungsergebnisse sei auf den Anhang A verwiesen.

4.1 Region Aare - Sense

In der Region Aare - Sense wurden im Untersuchungsjahr 2019 14 Stellen an folgenden Gewässern untersucht: Zulg, Amletenbach, Rotache, Giessen Belp, Gürbe, Richigenbach, Worble, Chräbsbach, Kalte Sense, Schwarzwasser, Dorfbach Schwarzenburg und Scherlibach.

4.1.1 Äusserer Aspekt

Die detaillierten Untersuchungsergebnisse werden in den Stellendokumentationen im Anhang dargestellt. Im Folgenden wird der Zustand des Äusseren Aspektes der Region Aare - Sense im Untersuchungsjahr 2019 besprochen und mit den Daten früherer Probenahmen verglichen. Eine überblicksmässige Zusammenstellung des Zustandes des Äusseren Aspektes aller Untersuchungsstellen wie auch jener der Vorjahre zeigt Tabelle 4.1. Ausgewählte Bilder befinden sich in Abbildung 4.1.

In der **Zulg** (ZUL003) wurden sowohl im aktuellen Untersuchungsjahr (2019) wie auch in früheren Jahren (2017, 2007) die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 bezüglich des Äusseren Aspektes erfüllt.

Im **Amletenbach** (AML001) wurde eine vermutlich durch die Landwirtschaft bedingte Schaumbildung, Verschlämmung und Eisensulfidbildung festgestellt. Des Weiteren war die Gewässersohle natürlicherweise kolmatiert (kalkinkrustierende Algen). Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 war fraglich. In früheren Untersuchungsjahren wurde jeweils ebenfalls eine leichte Schaumbildung (landwirtschaftlich bedingt) festgestellt.

In der **Rotache** (ROA003) wurde eine leichte Schaumbildung festgestellt, die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität war darum fraglich, analog zu den Ergebnissen aus der Untersuchung 2017. Die ARA Bleicken, welche früher möglicherweise die Rotache beeinträchtigte, wurde in der Zwischenzeit aufgehoben. Die Trübung, Verfärbung und Verschlämmung, welche 2007 festgestellt wurde, konnte damals teilweise auf eine Baustelle zurückgeführt werden. Im Vergleich mit früheren Jahren ergab sich eine Verbesserung.

Im **Giessen Belp** (GIB002) wurden die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 bezüglich des Äusseren Aspektes erfüllt. Insofern konnte eine Verbesserung der Wasserqualität über die Jahre festgestellt werden.

In der **Gürbe** (GUR001) war die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 bezüglich des Äusseren Aspektes 2019 aufgrund der Schaumbildung fraglich. In früheren Untersuchungsjahren wurden keine Beeinträchtigungen festgestellt.

Im **Richigenbach** (RIH001) konnte 2019 eine leichte Trübung festgestellt werden, welche auf einen Rohrbruch im Dorf zurückzuführen war. Des Weiteren wurden eine leichte Verschlammung, Verpackungsabfälle sowie eine leichte natürliche Kolmation (kalkinkrustierende Algen) festgestellt. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 war darum fraglich. Sowohl 2018 als auch 1991 wurden ebenfalls eine leichte Kolmation bzw. Verpackungsabfälle festgestellt.

In der **Worble** (WOR003) wurde 2019 (und auch 2018) eine leichte Kolmation vorgefunden. 2007 war die Worble an dieser Untersuchungsstelle durch eine leichte Verschlammung, Eisensulfidflecken sowie heterotrophen Bewuchs beeinträchtigt (Gründe: Landwirtschaft und Hochwasserentlastung). Insofern hat sich der Zustand der Worble gegenüber früheren Jahren verbessert. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 war aber dennoch fraglich.

Im **Chräbsbach** (CBA001) wurden Verpackungsabfälle sowie eine leichte Kolmation (teilweise natürlich) festgestellt. Diese Kolmation wurde auch in früheren Jahren erfasst. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität war 2019 fraglich.

In der **Kalten Sense** (SEN001) wurden die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 erfüllt. Auch in früheren Jahren war die Kalte Sense bezüglich Äusserem Aspekt unbeeinträchtigt.

Im **Schwarzwasser** (SWA001, SWA002, SWA004) wurde an den Untersuchungsstellen SWA001 und SWA002 im aktuellen Untersuchungsjahr eine leichte Schaumbildung festgestellt. An der Stelle SWA002 wurde dies auf den Eintrag von Gülle zurückgeführt. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 war an diesen beiden Stellen deshalb fraglich. 2010 wurde an der Stelle SWA002 eine leichte Verschlammung erfasst. 1992 war das Schwarzwasser an diesen Stellen bezüglich des Äusseren Aspektes unbeeinträchtigt. Die Stelle SWA004 wurde nur 2019 untersucht. Es wurden keine Beeinträchtigungen bezüglich des Äusseren Aspektes festgestellt.

Im **Dorfbach Schwarzenburg** (DSC001) wurde eine leichte Schaumbildung vorgefunden. Die starke Kolmation an dieser Stelle wurde als natürlich eingestuft. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität war aufgrund der Schaumbildung fraglich.

Im **Scherlibach** (SRB001) wurde ebenfalls eine leichte Schaumbildung und Kolmation festgestellt. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität war fraglich. Sowohl im Dorfbach Schwarzenburg als auch im Scherlibach wurden die Stellen 2019 zum ersten Mal untersucht.

Tab. 4.1: Äusserer Aspekt: Vergleich der Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense.
Bewertung: Blau: Anforderungen GSchV erfüllt; gelb: Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich; rot: Anforderungen GSchV nicht erfüllt. **Weisse Schrift auf blauem Hintergrund:** natürlicher Zustand, Anforderungen GSchV erfüllt. **l/m = leicht mittel, ver.zelt = vereinzelt.**
 k.A. = keine Angabe.

| Gewässer | Untersuchungsstelle | | Fließende Welle | | | | Gewässersohle | | | | | |
|---------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------|------------|--------|--------|---------------|-------------|-----------|---------|--------------------------------|-----------------------|
| | aktuelle Untersuchung | frühere Untersuchungen | Trübung | Verfärbung | Schaum | Geruch | Schlamm | Eisensulfid | Kolmation | Abfälle | Abfälle Siedlungs-entwässerung | Heterotropher Bewuchs |
| Zulg | ZUL003 | 2019 | | | | | | | | | | |
| | | 2017 | | | | | | | | | | |
| | | 2007 | | | | | | | | k.A. | | |
| Amleten-bach | AML001 | 2019 | | | | | | | l/m | | | |
| | | 2017 | | leichte | | | | | l/m | | | |
| | | 2007 | | | | | | | | k.A. | | |
| Rotache | ROA003 | 2019 | | | | | | | | | | |
| | | 2017 | | | | | | | l/m | | | |
| | | 2007 | | | | | | | | k.A. | | |
| | | 1992 | | | | | | | | | | |
| Giesse (Belp) | GIB002 | 2019 | | | | | | | | | | |
| | | 2017 | | | | | <10% | | | | | |
| | | 2007 | | | | | | | | k.A. | | |
| | | 2000 | nicht erhoben, nur Kieselalgen | | | | | | | | | |
| Gürbe | GUR001 | 2019 | | | | | | | | | | |
| | | 2017 | | | | | | | | | | |
| | | 1992 | | | | | | | | | | |
| Richigen-bach | RIH001 | 2019 | | | | | | | l/m | | | |
| | | 2018 | | | | | | | | | | |
| | | 1991 | | | | | | | | | | |
| Worble | WOR003 | 2019 | | | | | | | | | | |
| | | 2018 | | | | | | | | | | |
| | | 2007 | | | | | | | | | | |
| | | 1991 | | | | | | | | | | |
| Chriäbs-bach | CBA001 | 2019 | | | | | | | | | | |
| | | 2018 | | | | | wenig | | l/m | | | |
| | | 2007 | | | | | | | | k.A. | | |
| Kalte Sense | SEN001 | 2019 | | | | | | | | | | |
| | | 2010 | | | | | | | | | | |
| | | 1992 | | | | | | | | | | |

Tab. 4.1: Fortsetzung

| Gewässer | Untersuchungsstelle | | Fließende Welle | | | | Gewässersohle | | | | | |
|---------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------|------------|--------|--------|---------------|-------------|-----------|---------|------------------------------------|--------------------------|
| | aktuelle Untersuchung | frühere Untersuchungen | Trübung | Verfärbung | Schaum | Geruch | Schlamm | Eisensulfid | Kolmation | Abfälle | Abfälle Siedlungs- entwässerung | Heterotropher Bewuchs |
| Schwarzwasser | SWA001 | 2019 | mittel | | | | | | | | | |
| | | 1992 | | | | | | | | | | |
| | SWA002 | 2019 | | | | | | | | | | |
| | | 2010 | | | | | | | | | | |
| | | 1992 | | | | | | | | | | |
| Dorfbach Schwarzenburg | DSC001 | 2019 | | | | | | | starke | | | |
| | | | keine früheren Untersuchungen | | | | | | | | | |
| Schwarzwasser | SWA004 | 2019 | | | | | | | | | | |
| | | | keine früheren Untersuchungen | | | | | | | | | |
| Scherli- bach | SRB001 | 2019 | | | | | | | | | | |
| | | | keine früheren Untersuchungen | | | | | | | | | |



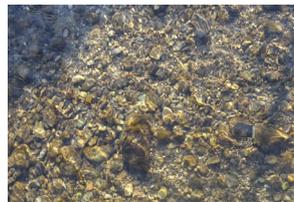
Zulg (ZUL003), keine Beeinträchtigungen.



Amletenbach (AML001), Schaum.



Rotache (ROA003), kleine Ansammlungen von Schaum.



Giesse Belp (GIB002), keine Beeinträchtigungen.



Gürbe (GUR001), Schaum.



Richigenbach (RIH001), Rohrbruch verursacht Trübung.



Worble (WOR003), leichte Kalkmation der Gewässersohle.



Chräbsbach (CBA001), Kalkmation der Gewässersohle, kalkinkrustierende Blaualgen.



Kalte Sense (SEN001), keine Beeinträchtigungen.



Schwarzwasser (SWA001), Schaum.



Schwarzwasser (SWA002), Schaum im Uferbereich



Dorfbach Schwarzenburg (DSC001), Schaum



Schwarzwasser (SWA004), keine Beeinträchtigungen



Scherlibach (SRB001), Schaum

Abb. 4.1: Ausgewählte Fotos von Beeinträchtigungen des Äusseren Aspektes an den Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense.

4.1.2 Flora der Gewässersohle

Abbildung 4.2 zeigt die Bewuchsdichte der Gewässersohle mit Algen (oben), Moosen und Makrophyten (unten) der Region Aare - Sense im Untersuchungsjahr 2019, sowie den Vergleich mit früheren Untersuchungsjahren. Detaillierte Angaben zur Artzusammensetzung können den Stellendokumentationen im Anhang

entnommen werden. Abbildung 4.3 zeigt ausgewählte Fotos des pflanzlichen Bewuchses.

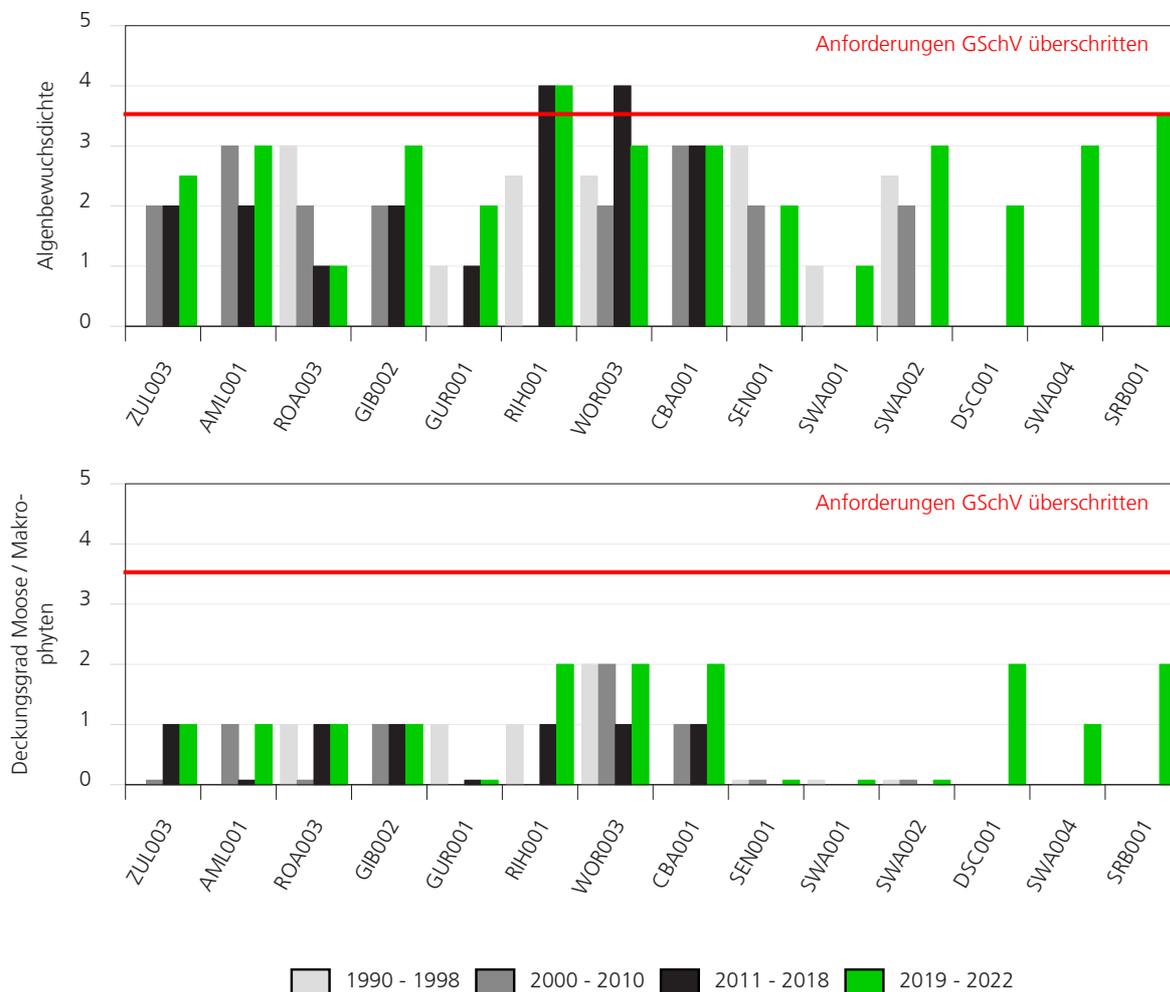


Abb. 4.2: Vergleich der Resultate der Algen- und Moos-/Wasserpflanzenbewuchsdichte an den Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense (Zulg, Amletenbach, Rotache, Giesse Belp, Gürbe, Worble, Chräbsbach, Kalte Sense, Schwarzwasser, Dorfbach Schwarzenburg, Scherlibach).

Algenbewuchsdichte: Skala nach Thomas & Schanz (1976, Skala abgeändert von 0 bis 5): 0 = kein Bewuchs, 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Krusten, 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.

Deckung Moose/Wasserpflanzen: Skala 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%.

Rote Linie: Anforderungen an die Wasserqualität im Sinne von Algenwucherungen gemäss GSchV Anhang 2 nicht mehr erfüllt.

4.1.2.1 Algenbewuchs

In der **Zulg** (ZUL003) kamen neben Kieselalgen auch Ansätze der fädigen Goldalge *Hydrurus foetidus* sowie der Gelbgrünalge *Cladophora* sp. vor. Wie auch in früheren Untersuchungs Jahren war die Bewuchsdichte eher gering. Da keine Wucherungen auftraten, wurden die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 erfüllt.

Im **Amletenbach** (AML001) wurde der Bewuchs auf der Gewässersohle im aktuellen Untersuchungsjahr durch die kalkinkrustierende Blaualge *Phormidium incrustatum* sowie krustige Kieselalgen dominiert. Es wurden ebenfalls Ansätze fädiger Algen (*Vaucheria* sp. und *Cladophora* sp.) bestimmt. Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden erfüllt. 2017 waren die Bewuchsdichten und Taxazahlen etwas geringer als 2019, 2007 war die Zusammensetzung der Algenlebensgemeinschaft ähnlich wie 2019.

In der **Rotache** (ROA003) kamen vor allem krustige Algen vor (Blaualgen, Kieselalgen). Des Weiteren wurden Ansätze fädiger Kiesel- und Grünalgen festgestellt. Die Bewuchsdichte der Algen war aber sehr gering, die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden erfüllt. Die in früheren Jahren (vor 2011) etwas höhere Bewuchsdichte ist auf das Vorkommen der fädigen Goldalge *Hydrurus foetidus* zurückzuführen.

Im **Giessen Belp** (GIB002) machten die fädigen Algen (neben der Gelbgrünalge *Vaucheria* sp. auch fädige Kiesel- und Zieralgen) den grössten Anteil des Bewuchses aus. Da aber keine Wucherungen fädiger Algen auftraten, wurden die Anforderungen an die Wasserqualität erfüllt. In früheren Untersuchungs Jahren war die Algenbewuchsdichte etwas geringer.

In der **Gürbe** (GUR001) war die Algenbewuchsdichte gering. Es kamen krustige Kieselalgen und Ansätze fädiger Grünalgen (*Ulothrix* sp.) vor. In früheren Untersuchungs Jahren war die Algenbewuchsdichte ebenfalls sehr gering, es traten also hier nie Algenwucherungen auf.

Der **Richigenbach** (RIH001) wies deutlich höhere Algenbewuchsdichten auf. Besonders häufig waren die kalkinkrustierende Blaualge *Phormidium incrustatum* (für die natürliche Kolmation verantwortlich), sowie die fädige Gelbgrünalge *Vaucheria* sp. Diese gilt in höheren Dichten als Nährstoffzeiger. In diesem Fall ist vermutlich die landwirtschaftliche Nutzung für die erhöhten Nährstoffeinträge verantwortlich. Durch die fehlende Beschattung können Algen ungehindert wachsen. Weiter wurden krustige Kiesel- und Grünalgen gefunden. Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden nicht erfüllt. 2018 wies der Richigenbach ebenfalls eine hohe Dichte an nährstoffzeigenden fädigen Algen auf. Vor 2018 war die Algenbewuchsdichte geringer, wir vermuten entsprechend eine Zunahme der Nährstoffbelastung im Richigenbach.

Obwohl die Bewuchsdichte der nährstoffzeigenden fädigen Grün- und Gelbgrünalgen in der **Worble** (WOR003) eher hoch war (Dichte 3) und auf eine erhöhte Nährstoffbelastung im Gewässer hinweist, wurden die Anforderungen an die Wasserqualität noch eingehalten (keine Wucherungen). Neben den fädigen Algen kamen noch kleinere Dichten an *Phormidium incrustatum* und krustigen Kieselalgen vor. Die Dichte an nährstoffzeigenden fädigen Algen war im Untersu-

chungsjahr 2018 noch höher als 2019, insofern konnte sich der Zustand in der Worble etwas verbessern.

Der **Chräbsbach** wies eine hohe Bewuchsdichte an kalkinkrustierenden Blaualgen *Phormidium incrustatum* auf (auch für die Kolmation an dieser Stelle verantwortlich). Des Weiteren kamen krustige Kieselalgen sowie Ansätze fädiger Grün- und Gelbgrünalgen vor. Da keine Wucherungen auftraten, wurden die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 erfüllt. Die Algenbewuchsdichte war in früheren Untersuchungsjahren ähnlich.

Die Lebensgemeinschaft der Algen in der **Kalten Sense** (SEN001) war durch krustige und fädige Kieselalgen sowie fädige Gold- und Grünalgen (*Hydrurus foetidus*, *Ulothrix* sp.) geprägt. Die Bewuchsdichte war in der Kalten Sense aber eher gering (Dichte 2), die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden erfüllt. In früheren Untersuchungsjahren war die Algenbewuchsdichte ähnlich, nur im Untersuchungsjahr 1992 war sie etwas höher.

Erwähnenswert ist an der Kalten Sense das Vorkommen (in sehr geringen Dichten) der Kieselalge *Didymosphenia geminata*. Diese gilt als invasiv und kann in einigen Gewässern stark wuchern. Insofern sollte ihr Vorkommen in der Kalten Sense weiter beobachtet werden.

Im **Schwarzwasser** war die Bewuchsdichte von Algen an der obersten Stelle (SWA001) sehr spärlich. Es kamen nur krustige Kieselalgen in sehr geringen Dichten vor. Da keine Wucherungen auftraten, wurden die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 erfüllt. Auch in früheren Untersuchungsjahren war die Bewuchsdichte gering. An der Stelle SWA002 war die Bewuchsdichte etwas höher. Neben den Kieselalgen kamen auch Ansätze der fädigen Goldalge *Hydrurus foetidus* sowie die fädige Grünalge *Ulothrix zonata* vor (ähnlich wie in früheren Untersuchungsjahren). Auch an dieser Stelle wurden die Anforderungen an die Wasserqualität erfüllt. An der untersten Untersuchungsstelle des Schwarzwassers (SWA004) war die Dichte an Kieselalgen (krustig und fädig) höher als an den oberen Stellen. Des Weiteren wurden die fädige Goldalge *Hydrurus foetidus* sowie Ansätze von fädigen Grünalgen bestimmt. Es traten keine Wucherungen auf, die Anforderungen an die Wasserqualität wurden auch an der untersten Stelle erfüllt.

Im **Dorfbach Schwarzenburg** (DSC001) wurden neben den Kieselalgen wenige Ansätze der fädigen Grünalge *Cladophora* sp. erfasst. Es traten keine Algenwucherungen auf, die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden erfüllt.

Im **Scherlibach** (SRB001) kamen neben den Kieselalgen nährstoffzeigende fädige Gelbgrün- und Grünalgen vor (*Vaucheria* sp., *Cladophora* sp.). Des Weiteren wurden auch krustige Blaualgen erfasst. Das Vorkommen der nährstoffzeigenden Algen in erhöhten Dichten weist zwar auf eine leichte Nährstoffbelastung hin, die Anforderungen an die Wasserqualität wurden aber knapp erfüllt.

4.1.2.2 Moose und Makrophyten

Der Bewuchs von Moosen und Makrophyten an den Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense war grundsätzlich tiefer als der Algenbewuchs.

An einigen Stellen (Gürbe GUR001, Kalte Sense SEN001, Schwarzwasser SWA001 und SWA002) wurden keine Moose oder Makrophyten festgestellt.

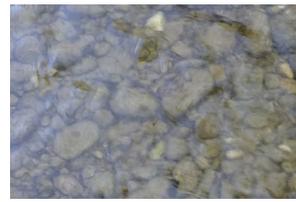
An diesen Stellen ist vermutlich die Gewässersohle zu instabil, um ein Wachstum von Moosen und Makrophyten zu erlauben. An den restlichen Stellen (ausser SWA004) wurden Moose in geringen Dichten gefunden. Am häufigsten wurden die Moose *Fontinalis antipyretica*, *Leptodictyum riparium* sowie *Rhynchostegium riparioides* bestimmt. Makrophyten kamen an den Stellen im Richigenbach, in der Worble, im Chräbsbach, im Dorfbach Schwarzenburg sowie im Schwarzwasser SWA004 und SRB001 in kleinen Dichten vor. Es handelte sich hauptsächlich um Brunnenkresse (*Nasturtium* sp.), Süssgräser (*Glyceria* sp.), Bachbunge (*Veronica beccabunga*), Wasserpest (*Elodea canadensis*), Rohrglanzgras (*Phalairs* sp.) und Weideröschen (*Epilobium* sp.).



Zulg (ZUL003), fädige Goldalge *Hydrurus foetidus*.



Amletenbach (AML001), fädige Grünalge *Cladophora* sp.



Rotache (ROA003), verschiedene krustige Algen auf den Steinen.



Giesse Belp (GIB002), Moos *Fontinalis antipyretica*.



Gürbe (GUR001), sehr geringe Dichte des pflanzlichen Bewuchses.



Richtigenbach (RIH001), hohe Dichte der nährstoffzeigenden Gelbgrünalge *Vaucheria* sp.



Worble (WOR003), Süßgras (*Glyceria* sp.).



Chräbsbach (CBA001), typische Wuchsform von *Vaucheria* sp.



Kalte Sense (SEN001), häutige Kieselalgen.



Schwarzwasser (SWA001), sehr geringe Bewuchsdichte.



Schwarzwasser (SWA002), Stein mit *Hydrurus foetidus* und *Ulothrix zonata*.



Dorfbach Schwarzenburg (DSC001), Brunnenkresse.



Schwarzwasser (SWA004), Stein mit *Hydrurus foetidus*.



Scherlibach (SRB001), krustige Blaualgen (blau-grüne Krusten).

Abb. 4.3: Ausgewählte Fotos des pflanzlichen Bewuchses an den Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense.

4.1.3 Kieselalgen

4.1.3.1 Artenvielfalt

An den 14 untersuchten Probenahmestellen der Region Aare - Sense konnten im Untersuchungsjahr 2019 insgesamt 98 Kieselalgentaxa nachgewiesen werden. Der Richigenbach (RIH001) wies mit 16 Kieselalgentaxa die geringste und der Chräbsbach (CBA001) mit 38 Kieselalgentaxa die grösste Artenvielfalt auf (Tabelle 4.2).

Tab. 4.2: Taxazahlen, Kieselalgen-Indexwerte DI-CH, Standortgerechtigkeit, Teratologie, Neophyta und Plankton an den Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense im Untersuchungsjahr 2019. Bewertung gemäss BAFU Modul Kieselalgen, Stufe F, Zweiteichung mit 5 Zustandsklassen.

| Gewässer | Stelle | Datum | Taxazahl | DI-CH | Standortgerechtigkeit | Teratologie [%] | Neophyta [%] | Plankton [%] |
|---------------------------|--------|----------|----------|-------|-----------------------|-----------------|--------------|--------------|
| Zulg | ZUL003 | 21.03.19 | 29 | 2.97 | nein | 0.0 | 4.0 | 0.0 |
| Amletenbach | AML001 | 21.03.19 | 34 | 4.38 | nein | 0.0 | 0.6 | 0.4 |
| Rotache | ROA003 | 21.03.19 | 29 | 2.95 | nein | 0.0 | 21.8 | 0.0 |
| Giesse Belp | GIB002 | 20.03.19 | 21 | 3.05 | nein | 0.0 | 8.2 | 0.2 |
| Gürbe | GUR001 | 21.03.19 | 27 | 1.68 | ja | 0.0 | 0.6 | 0.0 |
| Richigenbach | RIH001 | 20.03.19 | 16 | 2.42 | ja | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Worble | WOR003 | 20.03.19 | 37 | 4.04 | nein | 0.0 | 2.6 | 0.0 |
| Chräbsbach | CBA001 | 22.03.19 | 38 | 3.56 | ja | 0.0 | 1.2 | 0.2 |
| Kalte Sense | SEN001 | 20.03.19 | 28 | 1.70 | ja | 0.2 | 0.2 | 0.0 |
| Schwarzwasser | SWA001 | 20.03.19 | 35 | 2.07 | nein | 0.0 | 2.2 | 0.0 |
| Schwarzwasser | SWA002 | 20.03.19 | 32 | 2.58 | nein | 0.0 | 13.6 | 0.0 |
| Dorfbach Schwarzenburg | DSC001 | 22.03.19 | 27 | 3.52 | nein | 0.2 | 0.4 | 0.0 |
| Schwarzwasser | SWA004 | 20.03.19 | 28 | 3.01 | unklar | 0.0 | 6.2 | 0.0 |
| Scherlibach | SRB001 | 22.03.19 | 26 | 3.01 | nein | 0.4 | 17.0 | 0.0 |

4.1.3.2 Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität

Bezüglich des DI-CH-Wertes befanden sich die untersuchten Stellen der Region Aare - Sense mehrheitlich in der Zustandsklasse «sehr gut» (10 Stellen). Vier Stellen wiesen die Zustandsklasse «gut» auf. Sämtliche Untersuchungsstellen erfüllten somit hinsichtlich DI-CH-Wert die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1. Die DI-CH-Werte lagen zwischen 1.68 (Gürbe GUR001) und 4.38 (Amletenbach AML001). Die Stellen mit einem DI-CH-Wert ≥ 3.5 (Zustandsklasse «gut») wiesen eine mittlere Nährstoffkonzentration mit geringer organischer Belastung auf (AML001, WOR003, CBA001, DSC001) (Abbildung 4.4, Tabelle 4.2).

Betrachtet man die Lebensgemeinschaften der Kieselalgen auf Ebene der D-Gruppen, so ist ersichtlich, dass die Stellen an Gürbe (GUR001), Richigenbach (RIH001) und Sense (SEN001) die höchsten Anteile an Individuen von Arten mit D-Werten < 3.5 (Zustandsklasse «sehr gut») aufweisen (80 bis 84 %). Die Sensesprobe (SEN001) enthielt dabei mit 56 % den höchsten Anteil an Individuen von sehr nährstoffsensiblen Arten (D-Wert < 2.5). Der relative Anteil an Individuen von Arten mit D-Werten von ≥ 4.5 , welche durchaus organische Belastungen tolerieren, war in Amletenbach (AML001), Worble (WOR003) und Chräbsbach (CBA001) am höchsten und nahm relative Anteile von 28 bis 36 % ein (Abbildung 4.4).

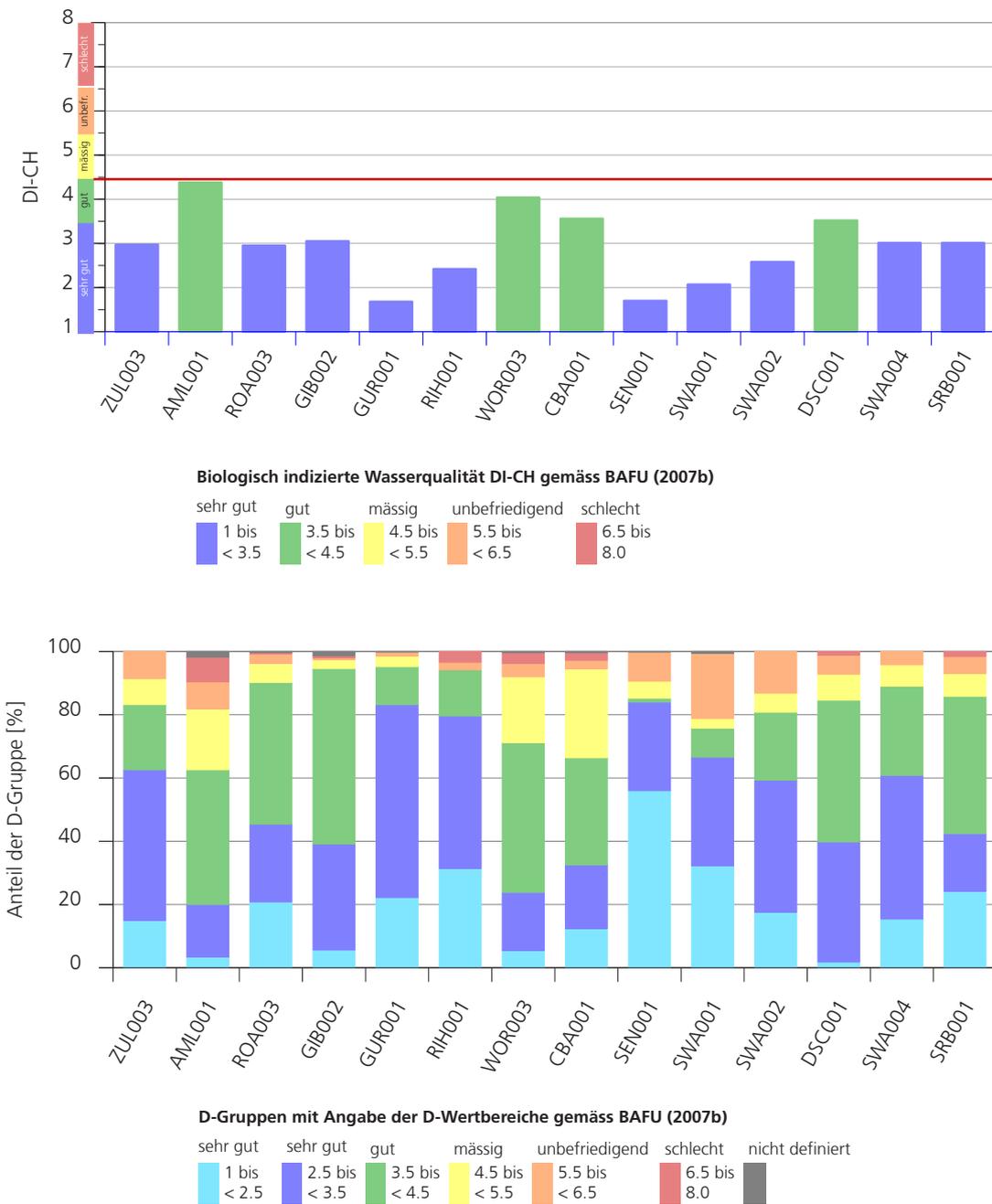


Abb. 4.4: Kieselalgen-Indexwerte DI-CH und Darstellung der D-Gruppen an den Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense (Zulg, Amletenbach, Rotache, Giesse Belp, Gürbe, Richigenbach, Worble, Chräbsbach, Kalte Sense, Schwarzwasser, Dorfbach Schwarzenburg, Scherlibach) im Untersuchungsjahr 2019.

Oben: Kieselalgen-Indexwerte DI-CH. Die Farbskala bei der Y-Achse entspricht den Zustandsklassen gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007b). Rote Linie: Ab einem DI-CH von ≥ 4.5 , werden die ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung Anhang 1 nicht mehr erfüllt (GSchV 1998).

Unten: Anteile der D-Gruppen. Die Farben und Bezeichnungen entsprechen den Zustandsklassen gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007b)

4.1.3.3 Standortgerechtigkeit

Hinsichtlich DI-CH-Wert erfüllten alle Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1. Bezüglich Standortgerechtigkeit hingegen wiesen neun der 14 Stellen keine standortgerechte Lebensgemeinschaft auf. Bei der Untersuchungsstelle Schwarzwasser (SWA004) galt die Standortgerechtigkeit als unklar und bei den Stellen in Gürbe (GUR001), Richigenbach (RIH001), Chräbsbach (CBA001) und Kalte Sense (SEN001) als erfüllt. Gründe für die nicht respektive unklare Erfüllung der Standortgerechtigkeit waren ein zu kleiner Anteil an sehr nährstoffsensiblen Arten (D-Wert < 2.5), ein zu hoher Anteil an nährstoffliebenden Arten (D-Wert \geq 5.5), ein zu hoher DI-CH-Wert (Indexwert > 2 im alpinen Raum) und/oder ein zu hoher Anteil an gebietsfremden Arten (*Achnanthydium delmontii*) (Tabelle 4.2).

4.1.3.4 Teratologie (Missbildungen)

Die Stellen der Fliessgewässer der Region Aare - Sense wiesen praktisch keine Teratologien auf. Nur bei drei von 14 Stellen kamen Teratologien mit sehr geringen Anteilen vor (0.2 bis 0.4 %) (Tabelle 4.2).

4.1.3.5 Neophyten

Achnanthydium delmontii kam in der Region Aare - Sense an 12 von 14 Stellen mit relativen Anteilen von 0.2 bis 21.8 % vor. Die Stellen Rotache (ROA003: 21.8 %), Schwarzwasser (SWA002: 13.6 %) und Scherlibach (SRB001: 17.0 %) wiesen mit relativen Häufigkeiten von \geq 10 % hohe Anteile dieser gebietsfremden Art auf. Als weitere gebietsfremde Kieselalgenart wurde *Didymosphenia geminata* an zwei von 14 Stellen mit je einer Schale nachgewiesen (Gürbe GUR001, Kalte Sense SEN001). Bei der Untersuchungsstelle Richigenbach (RIH001) wurden keine gebietsfremden Arten nachgewiesen (Tabelle 4.2).

4.1.3.6 Planktische Kieselalgen

Der Anteil der Plankter war an den Untersuchungsstellen der Fliessgewässer der Region Aare - Sense tief und erreichte mit 0 bis 0.4 % nur geringe relative Häufigkeiten. Planktische Arten wurden an drei von 14 Stellen nachgewiesen (Tabelle 4.2).

4.1.3.7 Vergleich mit früheren Untersuchungen

Im Vergleich mit den früheren Untersuchungen an denselben Stellen ist ersichtlich, dass die Verhältnisse der biologisch indizierten Wasserqualität je nach Untersuchungsstelle unterschiedlich ausfallen. Bewertet man eine Änderung des DI-CH-Wertes von \geq 0.4 als relevant (aktuelles Untersuchungsjahr versus Mittelwert frühere Erhebungen), so kam es bei fünf Stellen zu einer Verbesserung, bei zwei Stellen zu einer Verschlechterung und bei fünf Stellen zu keiner Änderung. Die Stellen Rotache (ROA003) und Worble (WOR003) waren in den Jahren 1991 respektive 1992 durch eine «mässige» Zustandsklasse gekennzeichnet und erreichten somit die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1 nicht. Die biologisch indizierte Wasserqualität der Rotache (ROA003) sowie der Worble (WOR003) verbes-

serte sich im Zeitverlauf von der Zustandsklasse «mässig» zu «gut» respektive «sehr gut» (Tabelle 4.3).

Tab. 4.3: Vergleich der Untersuchungen des Jahres 2019 mit früheren Erhebungen des Zeitraums 1991 bis 2018 auf Basis des Kieselalgen-Indexwertes DI-CH an den Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense. Bewertung gemäss BAFU Modul Kieselalgen, Stufe F; Zweiteichung mit 5 Zustandsklassen. Sommerproben (S) und Herbstproben (H).

| Gewässer | Stelle | Untersuchungsjahre | | | | | | | | | | Mittelwert | Differenz |
|------------------------|--------|-----------------------------------|------|------|----------|------|------|------|------|----------|------|---------------|-----------------------|
| | | 2019 - 2022 aktuelle Untersuchung | | | | | | | | | | | |
| | | 1991 | 1992 | 2000 | 2000 (H) | 2007 | 2010 | 2017 | 2018 | 2018 (S) | 2019 | 1991 bis 2018 | 2019 minus Mittelwert |
| Zulg | ZUL003 | | | | | 2.3 | | 3.3 | | | 3.0 | 2.8 | 0.2 |
| Amletenbach | AML001 | | | | | 2.4 | | 3.7 | | | 4.4 | 3.0 | 1.4 |
| Rotache | ROA003 | | 4.6 | | | 3.7 | | 3.3 | | | 2.9 | 3.9 | -0.9 |
| Giesse Belp | GIB002 | | | | 2.7 | 2.2 | | 3.5 | | | 3.1 | 2.8 | 0.2 |
| Gürbe | GUR001 | | 1.5 | | | | | 1.3 | | | 1.7 | 1.4 | 0.2 |
| Richigenbach | RIH001 | 3.5 | | | | | | | 2.8 | 2.3 | 2.4 | 2.9 | -0.5 |
| Worble | WOR003 | 4.8 | | | | 4.0 | | | 4.1 | | 4.0 | 4.3 | -0.3 |
| Chräbsbach | CBA001 | | | | | 3.2 | | | 3.7 | | 3.6 | 3.4 | 0.1 |
| Kalte Sense | SEN001 | | 2.4 | | | | 2.5 | | | | 1.7 | 2.4 | -0.7 |
| Schwarzwasser | SWA001 | | 2.6 | | | | | | | | 2.1 | 2.6 | -0.6 |
| Schwarzwasser | SWA002 | | 3.2 | | | | | | | | 2.6 | 3.2 | -0.6 |
| Dorfbach Schwarzenburg | DSC001 | | | | | | | | | | 3.5 | - | - |
| Schwarzwasser | SWA004 | | | 2.3 | 2.5 | | | | | | 3.0 | 2.4 | 0.6 |
| Scherlibach | SRB001 | | | | | | | | | | 3.0 | - | - |

4.1.4 Wasserwirbellose

4.1.4.1 Kennzahlen

Gesamtindividuumdichte: Die Gesamtindividuumdichten (Abb. 4.5) an den Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense waren sehr unterschiedlich und bewegten sich zwischen 89 Ind. / 0.1m² (Zulg, ZUL003, «gering») und 5477 Ind. / 0.1m² (Scherlibach, SRB001, «sehr gross»)

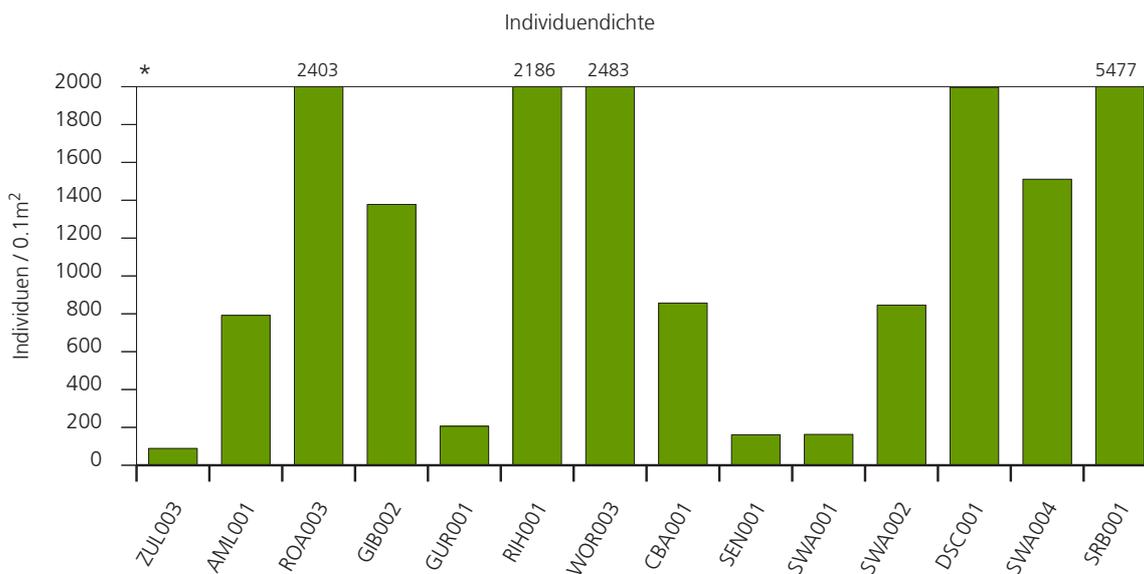


Abb. 4.5: Gesamtindividuumdichten der Wasserwirbellosen

an den Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense (Zulg, Amletenbach, Rotache, Giesse Belp, Gürbe, Worble, Chräbsbach, Kalte Sense, Schwarzwasser, Dorfbach Schwarzenburg, Scherlibach) im Untersuchungsjahr 2019.

Angaben in Ind. / 0.1m²

*: Zur leichteren Lesbarkeit werden die hohen Individuumdichten nicht vollständig auf der Achse dargestellt.

Die Untersuchungsstellen in der Zulg, Gürbe, Sense und im Schwarzwasser (obere Stelle SWA001) wiesen die tiefsten Individuumdichten auf (< 200 Ind. / 0.1 m²). Dies ist typisch für schnell fließende und dynamische Gewässer mit Geschiebetrieb oder instabilem Untergrund. Im Amletenbach, Giessen Belp, Chräbsbach, Schwarzwasser (unteren Stellen SWA002 und SWA004) waren die Individuumdichten «mittel - gross». Im Schwarzwasser konnte eine klare Zunahme der Individuumdichten im Fließverlauf beobachtet werden, was mit einer reduzierten Dynamik und einer Zunahme der Nährstoffverfügbarkeit im Fließverlauf erklärt werden kann. Die Rotache, der Richigenbach, die Worble, der Dorfbach Schwarzenburg sowie der Scherlibach wiesen grosse bis sehr grosse Individuumdichten auf. Die Stellen an Zulg, Gürbe und Sense wiesen auch in früheren Jahren tiefe Individuumdichten auf (Abb. 4.6).

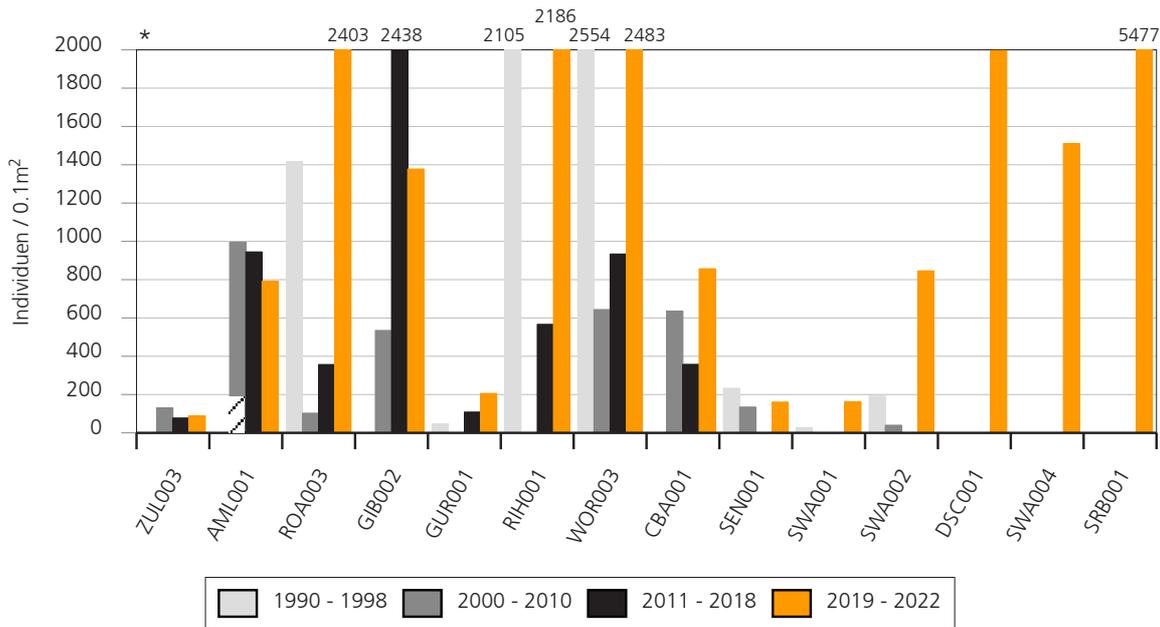


Abb. 4.6: Gesamtindividuumdichten der Wasserwirbellosen

an den Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense (Zulg, Amletenbach, Rotache, Giesse Belp, Gürbe, Worble, Chräbsbach, Kalte Sense, Schwarzwasser, Dorfbach Schwarzenburg, Scherlibach) im Untersuchungsjahr 2019 sowie in früheren Untersuchungsjahren

Angaben in Ind. / 0.1m²

*: Zur leichteren Lesbarkeit werden die hohen Individuumdichten nicht vollständig auf der Achse dargestellt.

Bei mehreren Probenahmen im gleichen Untersuchungszeitraum: kleinste Dichte in diesem Zeitraum

Im Amletenbach und Chräbsbach waren die Individuumdichten ebenfalls ähnlich hoch wie in früheren Jahren. Viele Bäche wiesen im Verlaufe der Untersuchungsperiode (1991 - heute) starke Schwankungen der Individuumdichte auf, ohne Trend zu höherer oder tieferer Dichte, so z.B. in Rotache, Giesse Belp, Richigenbach und Worble. Mögliche Gründe für diese Dichteschwankungen können Geschiebetrieb infolge von Hochwasserereignissen, Änderungen im hydrologischen Regime (Restwasser/Schwall-Sunk) oder Änderungen im Belastungsgrad (z.B. unterhalb von ARAs, Landwirtschaft) sein. Zudem sind Arten mit hoher Dichte (z.B. Bachflohkrebs, Zuck- und Kriebelmücken, Wenigborster) nicht homogen im Gewässer verteilt, sodass einzelne Teilproben sehr hohe Dichten aufweisen können.

Taxazahlen: Im Untersuchungsgebiet wurden zwischen 21 (ZUL003) und 44 Taxa (ROA003) gefunden (Tab. 4.4). Die tiefsten Taxazahlen (<30 Taxa aus 16 Familien) wurden in der Zulg, im Chräbsbach und im Schwarzwasser an der obersten Stelle (SWA001) festgestellt. In Amletenbach, Gürbe, Richigenbach, Worble, Sense, Schwarzwasser (SWA002), Dorfbach Schwarzenburg und Scherlibach wurden zwischen 30 und 39 Taxa aus 18 bis 24 Familien erfasst. Die Stellen mit den höchsten Taxazahlen waren die Rotache, der Giessen Belp und das Schwarzwasser an der untersten Stelle (SWA004). Hier kamen 40 oder mehr Taxa aus 24 bzw. 25 Familien vor.

Tab. 4.4: Taxazahlen, Nassgewicht, IBCH 2019, SPEAR 2019 an den Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense. Um mit den Daten früherer Untersuchungen zu Vergleichen sind IBCH 2010 und Makroindex ebenfalls dargestellt (Daten von 2011 - 2018 sowie aktuelles Untersuchungsjahr). Farbcode Indices siehe Tab. 3.5. DK: Diversitätsklasse; IG: Indikatorgruppe. k.A. = keine Angabe.

| Stelle | Datum | Taxazahl / Taxazahl Familien | Taxazahl EPT / Taxazahl EPT Familien | Nassgewicht | IBCH 2019 | | | SPEAR 2019 | IBCH 2010 | | Makroindex | |
|--------|----------|------------------------------|--------------------------------------|-------------|-----------|------|------|------------|-------------|------|-------------|------|
| | | | | | DK | IG | IBCH | | 2011 - 2018 | 2019 | 2011 - 2018 | 2019 |
| ZUL003 | 21.03.19 | 21 / 16 | 12 / 9 | 0.08 | 0.43 | 1 | 0.64 | 57.28 | 13 | 13 | 1 | 1 |
| AML001 | 21.03.19 | 30 / 18 | 8 / 4 | 2.22 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | 18.54 | 12 | 9 | 4 | 4 |
| ROA003 | 21.03.19 | 44 / 25 | 23 / 12 | 1.26 | 0.51 | 1 | 0.7 | 38.2 | 15 | 16 | 2 | 1 |
| GIB002 | 20.03.19 | 40 / 25 | 15 / 12 | 5.24 | 0.68 | 0.84 | 0.74 | 30.1 | 12 | 15 | 3 | 3 |
| GUR001 | 21.03.19 | 37 / 19 | 24 / 13 | 0.12 | 0.6 | 1 | 0.75 | 68.63 | 14 | 14 | 1 | 1 |
| RIH001 | 20.03.19 | 39 / 24 | 13 / 8 | 9.39 | 0.6 | 0.84 | 0.69 | 31.78 | 13 | 15 | 3 | 3 |
| WOR003 | 20.03.19 | 32 / 20 | 10 / 8 | 5.44 | 0.43 | 0.84 | 0.58 | 24.36 | 9 | 14 | 3 | 3 |
| CBA001 | 22.03.19 | 23 / 16 | 7 / 6 | 3.24 | 0.43 | 0.84 | 0.58 | 21.92 | 7 | 13 | 3 | 3 |
| SEN001 | 20.03.19 | 36 / 21 | 21 / 12 | 0.17 | 0.68 | 1 | 0.8 | 62.19 | k.A. | 15 | k.A. | 1 |
| SWA001 | 20.03.19 | 26 / 16 | 18 / 10 | 0.12 | 0.51 | 1 | 0.7 | 71.59 | k.A. | 13 | k.A. | 1 |
| SWA002 | 20.03.19 | 39 / 26 | 22 / 14 | 1.04 | 0.77 | 1 | 0.86 | 51.13 | k.A. | 16 | k.A. | 1 |
| DSC001 | 22.03.19 | 39 / 22 | 15 / 8 | 2.49 | 0.6 | 0.56 | 0.58 | 22.04 | k.A. | 11 | k.A. | 3 |
| SWA004 | 20.03.19 | 41 / 24 | 19 / 12 | 0.43 | 0.51 | 1 | 0.7 | 42.52 | k.A. | 15 | k.A. | 1 |
| SRB001 | 22.03.19 | 34 / 22 | 15 / 11 | 1.82 | 0.43 | 1 | 0.64 | 37.94 | k.A. | 15 | k.A. | 2 |

Zustandsklassen

| | | | | |
|----------|-----|--------|----------------|----------|
| sehr gut | gut | mässig | unbefriedigend | schlecht |
|----------|-----|--------|----------------|----------|

EPT Taxa: Eintags-, Stein- und Köcherfliegen (EPT Taxa) gelten als besonders empfindlich gegenüber Belastungen verschiedenster Art. Ein hoher Anteil an EPT Taxa weist auf strukturreiche, unbelastete Gewässer hin. Im Untersuchungsgebiet konnten zwischen 7 (CBA001) und 24 Taxa (GUR001) gefunden werden. Im Amletenbach (8 Taxa), in der Worble (10 Taxa) und im Chräbsbach (7 Taxa) kamen am wenigsten EPT vor. Dies sind Stellen mit einem hohen Anteil Landwirtschaft im Einzugsgebiet (>60%) und teilweise ökomorphologischen Beeinträchtigungen. Mehr als 20 EPT Taxa wurden in der Rotache (23 Taxa), der Gürbe (24 Taxa), der Sense (21 Taxa) und im Schwarzwasser (SWA002) festgestellt. Dies ist gemäss eigener Erfahrung (Datensatz AquaPlus für watbare Gewässer) relativ hoch.

Nassgewicht: Das Nassgewicht der Wasserwirbellosen im Untersuchungsgebiet schwankte zwischen 0.08 g/0.1m² (ZUL003) und 9.39 g/0.1m² (RIH001). Ein Nassgewicht von beinahe 10 g/0.1m² ist verhältnismässig hoch, im Richigenbach sind die vielen Flohkrebse für das hohe Gewicht verantwortlich.

4.1.4.2 Lebensgemeinschaft der Wasserwirbellosen

Eintagsfliegen (Ephemeroptera): Eintagsfliegen kamen an allen untersuchten Stellen vor, dabei machten sie anteilmässig zwischen knapp 1 (Amletenbach, Giessen Belp) und >30% (Zulg) der Wasserwirbellosenindividuen aus. Eintagsfliegen waren mit verschiedenen Familien vertreten. So kamen an fast allen Stellen (ausser GIB002) die Familie der Baetidae vor, vertreten durch z.B. *Baetis rhodani* (am häufigsten) oder *Baetis alpinus*. Im Richigenbach war *B.rhodani* besonders häufig (279 bzw. 337 Ind./0.1m²). Ebenfalls sehr häufig (alle Stellen ausser im Amletenbach und Chräbsbach) wurden Taxa der Familie der Heptageniidae erfasst. Diese sind dorsoventral abgeflacht und sind so optimal an (starke) Strömung angepasst. Die Gattung *Rhithrogena* sp. kam dabei an fast allen Stellen vor. Aber auch andere Taxa, z.B. *Ecdyonurus* sp. und *Epeorus assimilis* wurden bestimmt. Weitere Familien, welche im Untersuchungsgebiet vorkamen, waren: Ephemerellidae (GIB001, WOR003, SWA002), Ephemeridae (GIB002) und Leptophlebiidae (ROA003, GUR001, SEN001, SWA001, SWA002). Im Amletenbach waren sowohl die Individuendichte als auch die Taxazahl (nur 1 Taxon gefunden) bezüglich Eintagsfliegen sehr tief. Auch im Chräbsbach wurden verhältnismässig wenige Eintagsfliegen erfasst (2 Taxa). In der Rotache, der Gürbe und dem Schwarzwasser (SWA002) wurden am meisten Eintagsfliegentaxa bestimmt (9 Taxa). Bezüglich der Individuendichte wurden in Scherlibach, Richigenbach und Worble am meisten Eintagsfliegen gezählt.

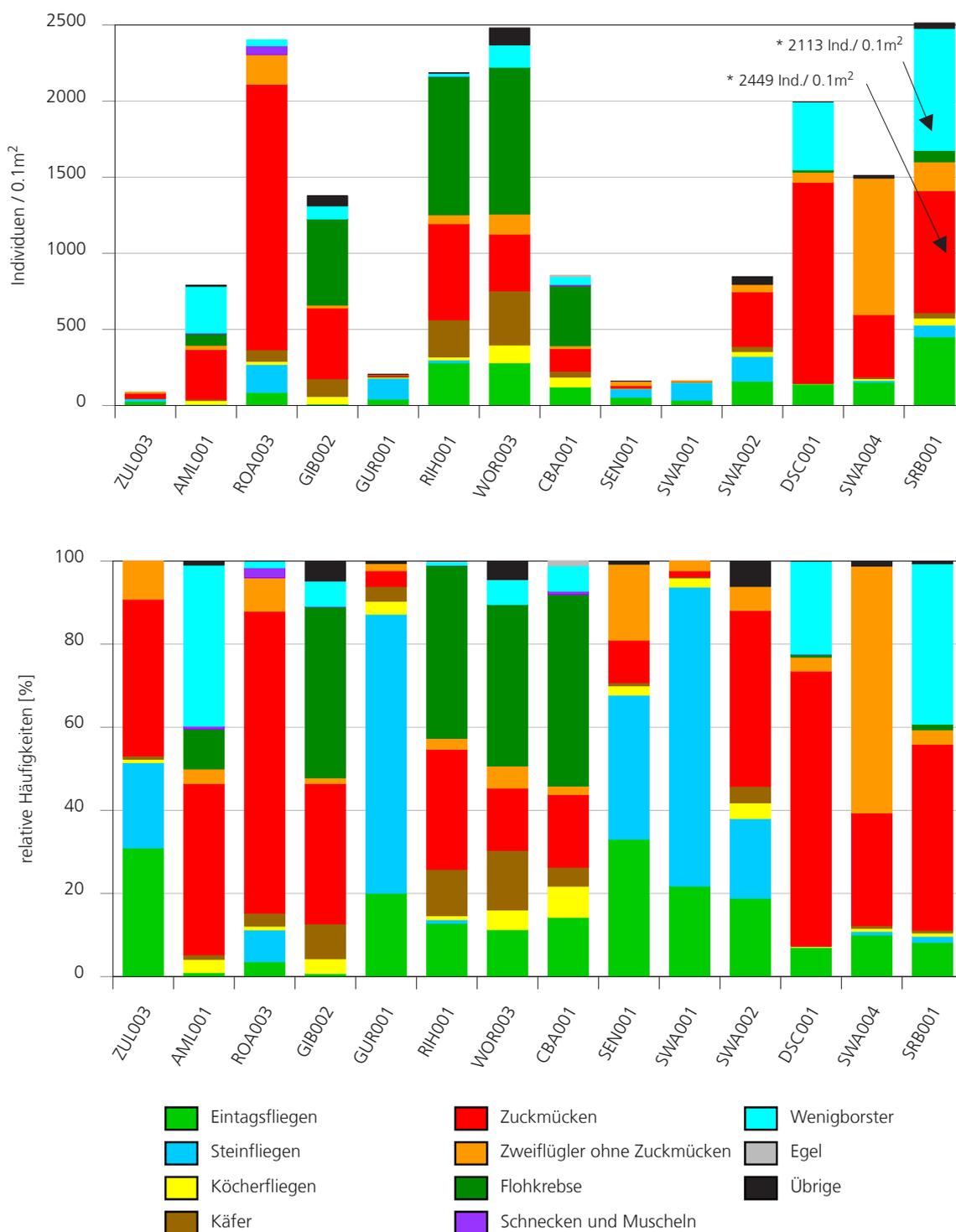


Abb. 4.7: Gesamtindividuumdichten sowie relative Häufigkeiten der bedeutendsten Gruppen der Wasserwirbellosen

an den Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense (Zulg, Amletenbach, Rotache, Giesse Belp, Gürbe, Worble, Chräbsbach, Kalte Sense, Schwarzwasser, Dorfbach Schwarzenburg, Scherlibach) im Untersuchungsjahr 2019.

Angaben in Ind. / 0.1m². Übrige Wasserwirbellosen: Nematoden, Plattwürmer, Wassermilben, Wasserasseln, Libellen, Schlammfliegen.

*: Zur leichteren Lesbarkeit werden die hohen Individuumdichten nicht vollständig auf der Achse dargestellt.

Steinfliegen (Plecoptera): Steinfliegen gelten als besonders empfindlich gegenüber Belastungen. Sie sind im Allgemeinen auf sauberes, sauerstoffreiches und eher kaltes Wasser angewiesen, Bedingungen, welche in vielen Bächen nicht erfüllt sind. Das Vorkommen der Steinfliegen im Untersuchungsgebiet Aare - Sense war bezüglich Taxazahl und Dichte sehr unterschiedlich. An 4 Stellen (AML001, WOR003, CBA001, DSC001) wurden gar keine Steinfliegen gefunden. An den restlichen Stellen betrug der relative Anteil an Steinfliegen zwischen knapp 1 und 70%. Im Giessen Belp, im Richigenbach, im Schwarzwasser (SWA004) und im Scherlibach machten die Steinfliegen knapp 1% (oder leicht darüber) der gefundenen Wasserwirbellosen aus. Im Giessen und im Richigenbach wurde nur jeweils 1 Taxon gefunden (*Leuctra* sp. bzw. *Amphinemura* sp.), im Schwarzwasser und im Scherlibach kamen trotz dem geringen Anteil an Steinfliegen immerhin 7 bzw. 5 Taxa vor. Dazu gehörten Vertreter der Leuctridae, Nemouridae (u.a. *Amphinemura* sp. *Nemoura* sp. und *Protonemura* sp.), *Isoperla grammatica* und *Brachyptera risi*. Zulg, Rotache, Sense und Schwarzwasser wiesen zwischen 7 und 34% Steinfliegenanteil auf, es kamen zwischen 7 und 11 Taxa vor. *Leuctra* sp., *Amphinemura* sp., *Protonemura* sp., *Isoperla grammatica* und *Brachyptera risi* kamen an allen diesen Stellen vor. Weiter kamen noch Vertreter der Familie der Capniidae vor. In der Rotache wurden zusätzlich Vertreter der Gattung *Perlodes* sp. erfasst. In der Gürbe und im Schwarzwasser an der obersten Stelle (SWA001) war der Anteil an Steinfliegen mit 67 bzw. 72% sehr hoch, und auch die Taxazahlen waren hoch (12 bzw. 10 Taxa). Die Art *Perla grandis* kam nur an diesen Stellen vor. Sie ist typisch für saubere Gebirgsbäche (Bay. Landesamt, 1996). Erwähnenswert ist die Art *Perla marginata*, welche an der Stelle SWA004 gefunden wurde. Sie gilt gemäss der Roten Liste (Lubini et al., 2012) als potenziell gefährdet (NT).

Köcherfliegen (Trichoptera): Köcherfliegen kamen im Untersuchungsgebiet an allen Stellen vor und waren mit vielen unterschiedlichen Taxa vertreten. Jedoch machten die Köcherfliegen nur einen sehr geringen Anteil der relativen Häufigkeit aus (immer < 10%). In Amletenbach, Giessen Belp, Worble, Chräbsbach und Schwarzwasser (SWA002) kamen bezüglich der Dichte am meisten Köcherfliegen vor. An allen Untersuchungsstellen wurden Vertreter der Hydropsychidae gefunden. Dies sind köcherlose Köcherfliegen, welche mithilfe von Netzen Partikel aus dem Wasser filtrieren. Oft tolerieren Hydropsychidae auch eine gewisse Verschmutzung des Gewässers. In der Worble und im Chräbsbach waren Vertreter der Hydropsychidae besonders zahlreich. Weiter wurden an fast allen Stellen die räuberischen Rhyacophilidae erfasst (ausser GUR001, SWA001). Eine weitere häufig vorkommende Familie waren die Limnephilidae (köchertragend), diese waren vor allem im Amletenbach und Richigenbach gut vertreten. Im Untersuchungsgebiet kamen zudem Vertreter der Goeridae (v.a. im Giessen Belp), Hydroptila, Odontoceridae, Psychomyiidae und Sericostomatidae vor. Bezüglich der Taxazahlen wurden im Giessen Belp (10), Richigenbach (8) und Amletenbach (7) am meisten Köcherfliegentaxa gefunden, in Zulg, Gürbe und Schwarzwasser (SWA001) am wenigsten. Dies ist auch weiter nicht überraschend, da Köcherfliegen in steinigen, schnell fliessenden Gewässern mit beweglicher Sohle seltener vorkommen. Erwähnenswert sind die Köcherfliegen, welche im Giessen Belp gefunden wurden; es handelte sich z.B. um Arten welche auf sommerkalte Verhältnisse angewiesen sind (*Agapetus ochripes*), Quellenbewohner (*Silo nigricornis*), oder Arten,

welche eher in Flüssen oder Kanälen vorkommen (*Hydropsyche angustipennis*) (Bay. Landesamt, 1996).

Käfer (Coleoptera): Wasserkäfer (Larven und Adulte) kamen an allen Stellen im Untersuchungsgebiet vor. Die Familie der Hakenkäfer (Elmidae) war dominierend. Obwohl diese Wasserbewohner sind, können sie nicht richtig schwimmen und halten sich mit ihren Haken und Klauen an Pflanzen, Steinen und Totholz fest. Weitere Taxa, welche im Untersuchungsgebiet in geringen Dichten vorkamen, waren Dytiscidae (WOR001), *Orectochilus* sp. (ROA003, GIB001, WOR003) sowie *Helodes* sp. (DSC001).

Zweiflügler inkl. Zuckmücken (Diptera): Vertreter der Zweiflügler kamen an allen Stellen im Untersuchungsgebiet vor. In der Rotache und im Dorfbach Schwarzenburg waren die Zweiflügler mit >60% der relativen Häufigkeit die dominante Wasserwirbellosengruppe im Gewässer. Besonders gut vertreten war die Familie der Chironomidae (Zuckmücken). Diese kommen oft natürlicherweise zahlreich vor und sind im Allgemeinen tolerant gegenüber Belastungen (sowohl stofflich wie auch morphologisch). Im Dorfbach Schwarzenburg war die vorherrschende Zweiflüglerfamilie die Kriebelmücke (Simuliidae). Diese können sich mit Spinnfäden am Hinterende auf Oberflächen festhalten und können so optimal Partikel aus der Strömung filtrieren. Ihre Verteilung im Gewässer kann sehr heterogen sein, was zu hohen Dichten von Kriebelmücken in den Proben führen kann. Andererseits können sie auch Hinweise auf einen erhöhten Eintrag von Schwebstoffen liefern. Weitere Familien, welche im Untersuchungsgebiet in meist kleineren Dichten gefunden wurden, waren Ceratopogonidae, Tipulidae (Schnaken), Athericidae, Limoniidae, Pediciidae, Psychodidae, Stratiomyiidae und Tabanidae.

Wenigborster (Oligochaeta): Wenigborster kamen an 8 der 14 Stellen vor (keine Wenigborster an den Stellen ZUL003, GUR001, SEN001, SWA001, SWA002 und SWA004). Besonders im Amletenbach und Scherlibach (knapp 40% rel. Häufigkeit) sowie im Dorfbach Schwarzenburg (22% rel. Häufigkeit) waren die Dichten an Wenigborstern beträchtlich (im Scherlibach wurden 2111 Ind./0.1m² gefunden!). Das Vorkommen von vielen Wenigborstern kann auf eine organische Belastung im Fließgewässer hinweisen. An diesen Stellen war der Anteil an Landwirtschaft im Einzugsgebiet relativ hoch (>60%) und hat vermutlich einen Einfluss auf die Wasserwirbellosenlebensgemeinschaft.

Flohkrebse (*Gammarus* sp.): An 7 von 14 Probenahmestellen im Untersuchungsgebiet wurden Flohkrebse gefunden. Während im Amletenbach, Dorfbach Schwarzenburg und Scherlibach die relative Häufigkeit < 10% ausmachte, waren im Giessen Belp, im Richigenbach, in der Worble und im Chräbsbach die Flohkrebse dominant (knapp weniger bzw. mehr als 40% rel. Häufigkeit). Flohkrebse erfüllen in Gewässern eine wichtige Funktion als Zerkleinerer von z.B. Laub. In Gewässern mit natürlicherweise wenig partikulärem organischem Material (u.a. Blätter), so z.B. Gewässer mit Gebirgsbachcharakter wie Sense oder Schwarzwasser (SWA001), sind Bachflohkrebse weniger vertreten.

Schnecken und Muscheln (Mollusca): Schnecken und/oder Muscheln kamen in Amletenbach, Rotache, Giesse Belp, Richigenbach, Chräbsbach, Dorfbach Schwarzenburg und Schwarzwasser (SWA004) in meist kleinen Dichten vor. Dabei wurden Erbsenmuscheln (*Pisidium* sp.) sowie verschiedene Schneckenarten (z.B.

Lymnaeidae, *Ancylus fluviatilis*) gefunden. Besonders zu erwähnen ist der Fund der Schnecke *Physa fontinalis* in der Rotache (ROA003), welche den Gefährdungstatus «VU» aufweist. Im Amletenbach wurde die Art *Potamopyrgus antipodarum* (neuseeländische Zwergdeckelschnecke) festgestellt, welche als Neozoon gilt.

Übrige Wasserwirbellosen: An verschiedenen Stellen im Untersuchungsgebiet wurden weitere Wasserwirbellose gefunden. Dazu gehören Egel, Nematoden, Plattwürmer, Wassermilben, Wasserasseln, Libellen und Schlammfliegen. Diese wurden an unterschiedlichen Stellen in kleinen Dichten (<5% relative Häufigkeit) festgestellt.

Funktionelle Gruppen

Eine weitere Möglichkeit, die Wasserwirbellosengemeinschaft zu charakterisieren, ist die Auswertung der funktionellen Gruppen. Abbildung 4.8 zeigt die Habitat- und Strömungspräferenzen der untersuchten Wasserwirbellosengemeinschaften.

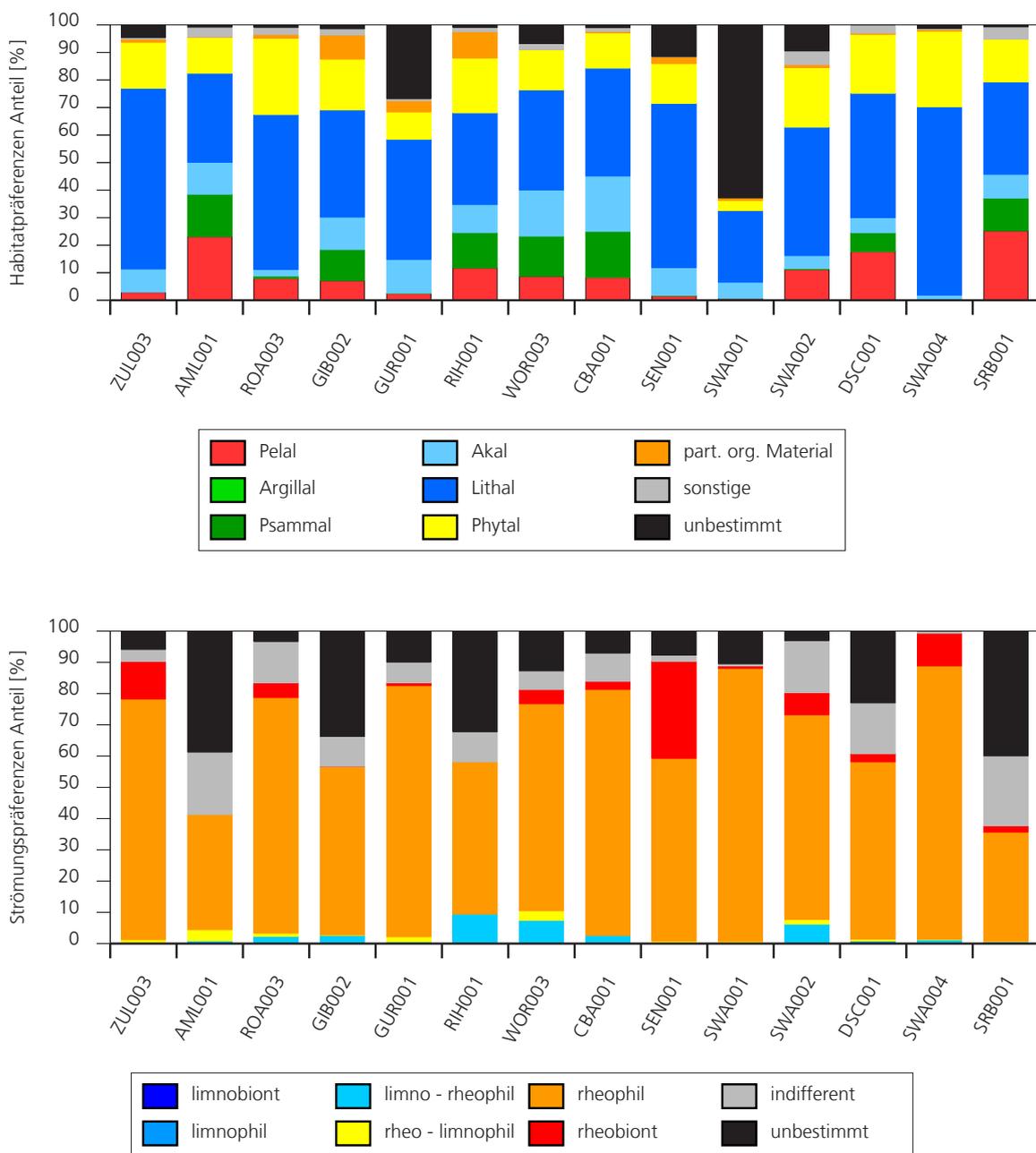


Abb. 4.8: Relative Häufigkeiten der Habitat- und Strömungspräferenzen der Wasserwirbellosen an den Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense (Zulg, Amletenbach, Rotache, Giesse Belp, Gürbe, Worble, Chräbsbach, Kalte Sense, Schwarzwasser, Dorfbach Schwarzenburg, Scherlibach) im Untersuchungsjahr 2019.

Bezüglich Habitatpräferenzen bevorzugt an allen untersuchten Stellen ein Grossteil der Wasserwirbellosen steinig und pflanzliches Substrat. Einzig an der Stelle SWA001 war der Anteil Individuen mit «unbestimmter» Habitatpräferenz dominierend. Dies ist auf das Vorkommen der Steinfliegenart *Captioneura nemuroides*, welche bezüglich Habitatpräferenzen als «unbestimmt» eingestuft wird, zurückzuführen. In der Zulg, der Gürbe, der Sense und dem Schwarzwasser (SWA001, SWA004) war der Anteil an Schlamm- und Sandbewohnern geringer

als an den restlichen Stellen, was sich auch mit der Substratzusammensetzung deckt (siehe auch Stellendokumentationen Anhang).

Ein Grossteil der Wasserwirbellosen war bezüglich ihrer Strömungspräferenzen an allen Stellen erwartungsgemäss strömungsliebend (rheophil und rheobiont). In Amletenbach, Giessen Belp, Richigenbach, Dorfbach Schwarzenburg und Scherlibach war der Anteil an bezüglich Strömungspräferenz «indifferenten» Wasserwirbellosen >20%, was mindestens teilweise auf das Vorkommen von Flohkrebse und Wenigborstern zurückzuführen ist. In der Kalten Sense ist der im Verhältnis hohe Anteil an Baetidae (Eintagsfliegen), welche an starke Strömung angepasst ist, für den hohen Anteil an rheobionten Taxa verantwortlich.

4.1.4.3 Wasserwirbellosenindices

Die aktuellste standardisierte Methode zur Beurteilung von Fließgewässern anhand der Wasserwirbellosen ist das Modul Makrozoobenthos (BAFU 2019) mit dem Indikator IBCH 2019. Dieser Index existierte bei der Auswertung der älteren Proben noch nicht. Deshalb werden zusätzliche Indexwerte (Saprobie, Makroindex, IBCH 2010) verglichen. Diese sind in Tabelle 4.4 sowie in Abbildung 4.9 aufgeführt.

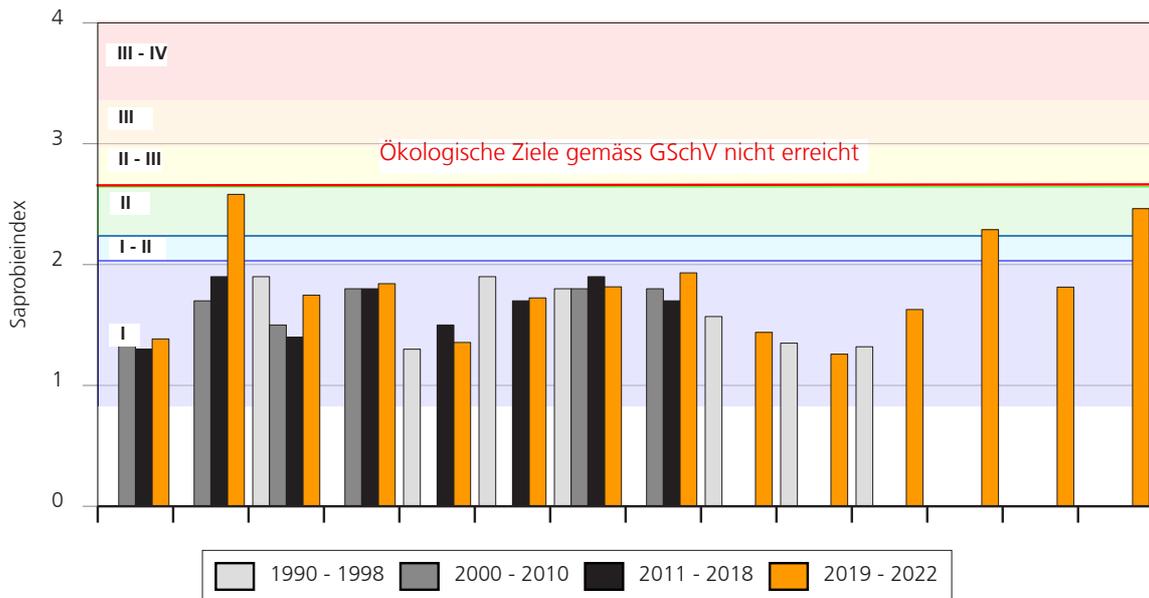


Abb. 4.9: Saprobieindex an den Untersuchungsstellen der Region Aare - Sense (Zulg, Amletenbach, Rotache, Giesse Belp, Gürbe, Worble, Chräbsbach, Kalte Sense, Schwarzwasser, Dorfbach Schwarzenburg, Scherlibach) im Untersuchungsjahr 2019 sowie in früheren Untersuchungsjahren. Saprobiewert: I: unbelastet bis sehr gering belastet. I - II: gering belastet. II: mässig belastet.

Der **Saprobieindex** zeigt die biologisch indizierte Wasserqualität bezüglich der Saprobie an. Zulg, Gürbe, Sense und Schwarzwasser an der obersten Stelle (SWA001) wiesen einen unbelasteten Gewässerzustand auf. Auch in früheren Untersuchungen war an diesen Stellen der Saprobieindex tendenziell unbelastet bis gering belastet. In der Rotache, dem Giessen Belp, dem Richigenbach, der Worble, dem Chräbsbach und dem Schwarzwasser (SWA002 und SWA004) zeigten die Saprobiewerte gering bis mässig belastete Zustände in den Gewässern an. Dies ist mit den Resultaten der früheren Aufnahmen vergleichbar. Im Dorfbach Schwarzenburg wurden die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 1 2019 knapp noch erreicht. Im Amletenbach fand im Verlauf der Zeit eine Verschlechterung des Saprobieindex statt (ökologische Ziele nicht erreicht). Auch im Scherlibach wurden die ökologischen Ziele bezüglich des Saprobieindex nicht erreicht. Der **Makroindex** basiert auf dem Verhältnis von Insekten zu Nichtinsektentaxa und macht ebenfalls eine Aussage zur Wasserqualität. In der Zulg, der Rotache, der Gürbe sowie in der Sense und im Schwarzwasser war der Makroindex mit 1 «sehr gut». Während im Scherlibach sowie an den Stellen in Dorfbach Schwar-

zenburg, Chräbsbach, Worble, Richigenbach und Giessen Belp der Makroindex immer noch «gut» war, wurden die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 1 bezüglich des Makroindex im Amletenbach nicht erreicht. Diese Resultate waren vergleichbar mit jenen früherer Aufnahmen.

Der **IBCH 2019** wird aus der Diversitätsklasse (DK) sowie der Indikatorgruppe (IG) gerechnet. Dabei korreliert die Diversitätsklasse relativ gut mit der Habitatvielfalt. Die Stellen GIB002, GUR001, RIH001, SEN001, SWA002 und DSC001 wiesen bezüglich der Diversitätsklasse eine «gute» Bewertung auf. An allen anderen Stellen war die Diversitätsklasse «mässig». An diesen Stellen scheinen die morphologischen Verhältnisse für die Wasserwirbellosen limitierend zu sein. Die Indikatorgruppe (IG) bezeichnet die Empfindlichkeit der vorkommenden Taxa und korreliert im Allgemeinen gut mit der chemischen Wasserqualität. An fast allen Stellen wurden empfindliche Taxa gefunden, die Indikatorgruppe war «sehr gut». Einzig im Amletenbach sowie im Dorfbach Schwarzenburg war die Indikatorgruppe im gelben Bereich (mässig). Der resultierende IBCH 2019 Wert war an 2 Stellen «sehr gut» (SEN001, SWA002), an 8 Stellen «gut» und im Amletenbach, in der Worble, im Chräbsbach und im Dorfbach Schwarzenburg nur «mässig». An dieser Stelle wurden die ökologischen Ziele knapp nicht erfüllt. Der IBCH 2010 ergab an den meisten Stellen dieselbe Bewertung wie der IBCH 2019 (IBCH 2019 schlechter als IBCH 2010: WOR003, CBA001; IBCH 2019 besser als IBCH 2010: SEN001, SWA002). Gegenüber früheren Untersuchungsjahren zeigte sich im Giessen Belp, in der Worble sowie im Chräbsbach eine teils sehr deutliche Verbesserung des IBCH 2010. Im Amletenbach hingegen war der IBCH 2010 im Untersuchungsjahr 2019 schlechter (ähnliche Entwicklung wie beim Saprobieindex).

Der **SPEAR-Index 2019** zeigte bezüglich der Pestizidbelastung in der Zulg, der Gürbe, der Sense und im Schwarzwasser an den oberen Stellen eine sehr gute Wasserqualität an. Auch in der Rotache, im Scherlibach und an der untersten Stelle im Schwarzwasser war die Pestizidbelastung gemäss SPEAR-Index gering. An den restlichen Stellen wurde ein bezüglich Pestiziden «mässiger» (GIB002, RIH001, WOR003) bis «unbefriedigender» (AML001, CBA001) Zustand im Gewässer festgestellt.

4.2 Region Emmental

In der Region Emmental wurden im Untersuchungsjahr 2020 11 Stellen an folgenden Gewässern untersucht: Emme, Rötobach, Ilfis, Hornbach, Grüene, Biglenbach, Urtenen, Ösch, Önz, Rot, Langete.

4.2.1 Äusserer Aspekt

Die detaillierten Untersuchungsergebnisse werden in den Stellendokumentationen im Anhang dargestellt. Im Folgenden wird der Zustand des Äusseren Aspektes der Region Emmental im Untersuchungsjahr 2020 besprochen und mit den Daten früherer Probenahmen verglichen. Eine überblicksmässige Zusammenstellung des Zustandes des Äusseren Aspektes aller Untersuchungsstellen wie auch jener der Vorjahre zeigt Tabelle 4.5. Ausgewählte Bilder befinden sich in Abbildung 4.9.

In der **Emme** (EMM001) konnte 2020 eine leichte Schaumbildung unbekannter Herkunft festgestellt werden. Weiter wurde eine leichte natürliche Verfärbung des Wassers sowie eine natürliche Kolmation der Gewässersohle erfasst. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität war fraglich. In früheren Untersuchungsjahren war die Emme an dieser Stelle nicht beeinträchtigt, insofern bedeuteten die Resultate 2020 eine leichte Verschlechterung.

Im **Rötobach** (RET001) wurden 2020 keine Beeinträchtigungen erkannt. Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden erfüllt. Da Schaumbildung, Kolmation, Siedlungsentwässerungsabfälle und Heterotropher Bewuchs aus früheren Untersuchungsjahren nicht mehr festgestellt wurden, kann man von einer Verbesserung beim Äusseren Aspekt ausgehen.

In der **Ilfis** (ILF002) war die Gewässersohle 2020 leicht kolmatiert und es wurden Verpackungsabfälle beanstandet. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität war fraglich. 2012 wurden an dieser Stelle keine Beeinträchtigungen festgestellt, 1990 hingegen waren Schaum und Siedlungsentwässerungsabfälle vorhanden.

Im **Hornbach** (HOB001) wurden die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 sowohl 2020 wie auch in den früheren Untersuchungsjahren erfüllt.

In der **Grüene** (GRN001) wurde 2020 eine leichte Schaumbildung sowie Verpackungsabfälle erfasst. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität war daher fraglich. 2012 war die untersuchte Stelle nicht beeinträchtigt, 1992 hingegen wurden neben Verpackungsabfällen auch Siedlungsentwässerungsabfälle vorgefunden.

Im **Biglenbach** (BIG001) waren im aktuellen Untersuchungsjahr Verpackungsabfälle vorhanden, die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 war fraglich. 2012 und 1992 war die Gewässersohle durch Kolmation, Siedlungsentwässerungsabfälle und heterotrophen Bewuchs (1992) beeinträchtigt.

In der **Urtenen** (URT004) wurde eine leichte Schaumbildung, Verschlammung, Kolmation der Gewässersohle sowie Abfälle und wenig heterotropher Bewuchs erfasst. Ursache für die Beeinträchtigung ist vermutlich die ARA Moossee-Urtenenbach. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV

Anhang 2 war fraglich. Die Urtenen wurde 2020 im Rahmen des Routinemonitorings zum ersten Mal untersucht.

In der **Ösch** (OEH001) wurde 2020 eine leichte, gelblich-bräunliche Verfärbung des Wassers unbekannter Herkunft erfasst. Des Weiteren war die Gewässersohle sehr stark kolmatiert, was mindestens teilweise auf das Vorkommen der kalkinkrustierenden Blaualge *Phormidium incrustatum* zurückzuführen war. Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden nicht erfüllt. Im früheren Untersuchungsjahr 2011 wurde ebenfalls eine Kolmation festgestellt (leichte Kolmation).

In der **Önz** (ONZ007) war die Gewässersohle durch Verschlämmung, Eisensulfidflecken, Kolmation, Siedlungsentwässerungsabfälle und heterotrophen Bewuchs beeinträchtigt. Zudem war das Wasser leicht verfärbt. Wahrscheinlich ist die ARA Herzogenbuchsee (und/oder weitere Entlastungen), welche sich etwas mehr als 1 km oberhalb der Untersuchungsstelle befindet, für diese Beeinträchtigungen verantwortlich. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 war fraglich. Die Önz wurde 2020 zum ersten Mal an dieser Stelle untersucht.

Die **Rot** (ROT002) war durch Schaum, Kolmation der Sohle, Verpackungsabfälle und wenig heterotrophen Bewuchs beeinträchtigt. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität war fraglich. Auch in früheren Untersuchungsjahren war die Rot beeinträchtigt, dies vor allem durch eine leichte Verschlämmung der Gewässersohle sowie Kolmation (2011) und Schaum (1991). Insofern hat sich der Zustand der Rot an dieser Stelle etwas verschlechtert.

In der **Langete** (LAN002) wurden 2020 abgesehen von Kunststoffabfällen keine weiteren Beeinträchtigungen festgestellt. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 war fraglich. 2011 wies die Langete an dieser Stelle keine Beeinträchtigungen auf. 2005 war die Gewässersohle etwas kolmatiert, und es wurde vereinzelt heterotropher Bewuchs erfasst.



Emme (EMM001), Schaum



Rötebach (RET001), keine Beeinträchtigungen



Ilfis (ILF002), Abfälle im Uferbereich



Hornbach (HOB001), keine Beeinträchtigungen



Grüne (GRN001), Schaum



Biglenbach (BIG001), Abfälle im Uferbereich



Urtenen (URT004), Schaumflecken auf der Wasseroberfläche



Ösch (OEH001), Verfärbung des Wassers



Önz (ONZ007), heterotropher Bewuchs an der Unterseite von Steinen



Rot (ROT001), Schaum



Langete (LAN002), Abfälle im Uferbereich

Abb. 4.10: Ausgewählte Fotos von Beeinträchtigungen des Äusseren Aspektes an den Untersuchungsstellen der Region Emmental.

Tab. 4.5: Äusserer Aspekt: Vergleich der Untersuchungsstellen der Region Emmental.
Bewertung: Blau: Anforderungen GSchV erfüllt; gelb: Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich; rot: Anforderungen GSchV nicht erfüllt. **Weisse Schrift auf blauem Hintergrund:** natürlicher Zustand, Anforderungen GSchV erfüllt. **l/m = leicht mittel, ver.zelt = vereinzelt.** k.A. = keine Angabe.

| Gewässer | Untersuchungsstelle | | Fließende Welle | | | | Gewässersohle | | | | | |
|------------|---------------------|------|-------------------------------|------------|--------|--------|---------------|-------------|-----------|---------|-------------------------------|-----------------------|
| | | | Trübung | Verfärbung | Schaum | Geruch | Schlamm | Eisensulfid | Kolmation | Abfälle | Abfälle Siedlungsentwässerung | Heterotropher Bewuchs |
| Emme | EMM001 | 2020 | | leichte | | | | | leichte | | | |
| | | 2012 | | | | | | | | | | |
| | | 1992 | | | | | | | | | | |
| Rötebach | RET001 | 2020 | | | | | | | | | | |
| | | 2012 | | | | | | | | | | |
| | | 1992 | | | | | | | | | | |
| Ilfis | ILF002 | 2020 | | | | | | | | | | |
| | | 2012 | | | wenig | | | | | | | |
| | | 1990 | | | | | k.A. | | k.A. | | | |
| Hornbach | HOB001 | 2020 | | | | | | | | | | |
| | | 2012 | | | | | | | | | | |
| | | 1992 | | | | | | | | | | |
| Grüne | GRN001 | 2020 | | l/m | | | | | | | | |
| | | 2012 | l/m | l/m | wenig | | | | | | | |
| | | 1992 | | | | | | | | | | |
| Biglenbach | BIG001 | 2020 | | | | | | | | | | |
| | | 2012 | l/m | l/m | wenig | | | | | | | |
| | | 1992 | | | | | | | | | | |
| Urtenen | URT004 | 2020 | | | | | | | | | | |
| | | | keine früheren Untersuchungen | | | | | | | | | |
| Ösch | OEH001 | 2020 | | | | | | | | | | |
| | | 2011 | | | | | | | | | | |
| Önz | ONZ007 | 2020 | | | | | | | | | | |
| | | | keine früheren Untersuchungen | | | | | | | | | |
| Rot | ROT002 | 2020 | | | | | | | | | | |
| | | 2011 | | | | | | | | | | |
| | | 2003 | | | | | | | k.A. | | | |
| | | 1991 | | | | | | | k.A. | | | |
| Langete | LAN002 | 2020 | | | | | | | | | | |
| | | 2011 | | | | | | | | | | |
| | | 2005 | | | | | | | | | | |

4.2.2 Flora der Gewässersohle

Abb. 4.11 zeigt die Bewuchsdichte der Gewässersohle mit Algen (oben), Moosen und Makrophyten (unten) der Region Emmental im Untersuchungsjahr 2020, sowie den Vergleich mit früheren Untersuchungsjahren. Detaillierte Angaben zur Artzusammensetzung können den Stellendokumentationen im Anhang entnommen werden. Abbildung 4.12 zeigt ausgewählte Abbildungen des pflanzlichen Bewuchses.

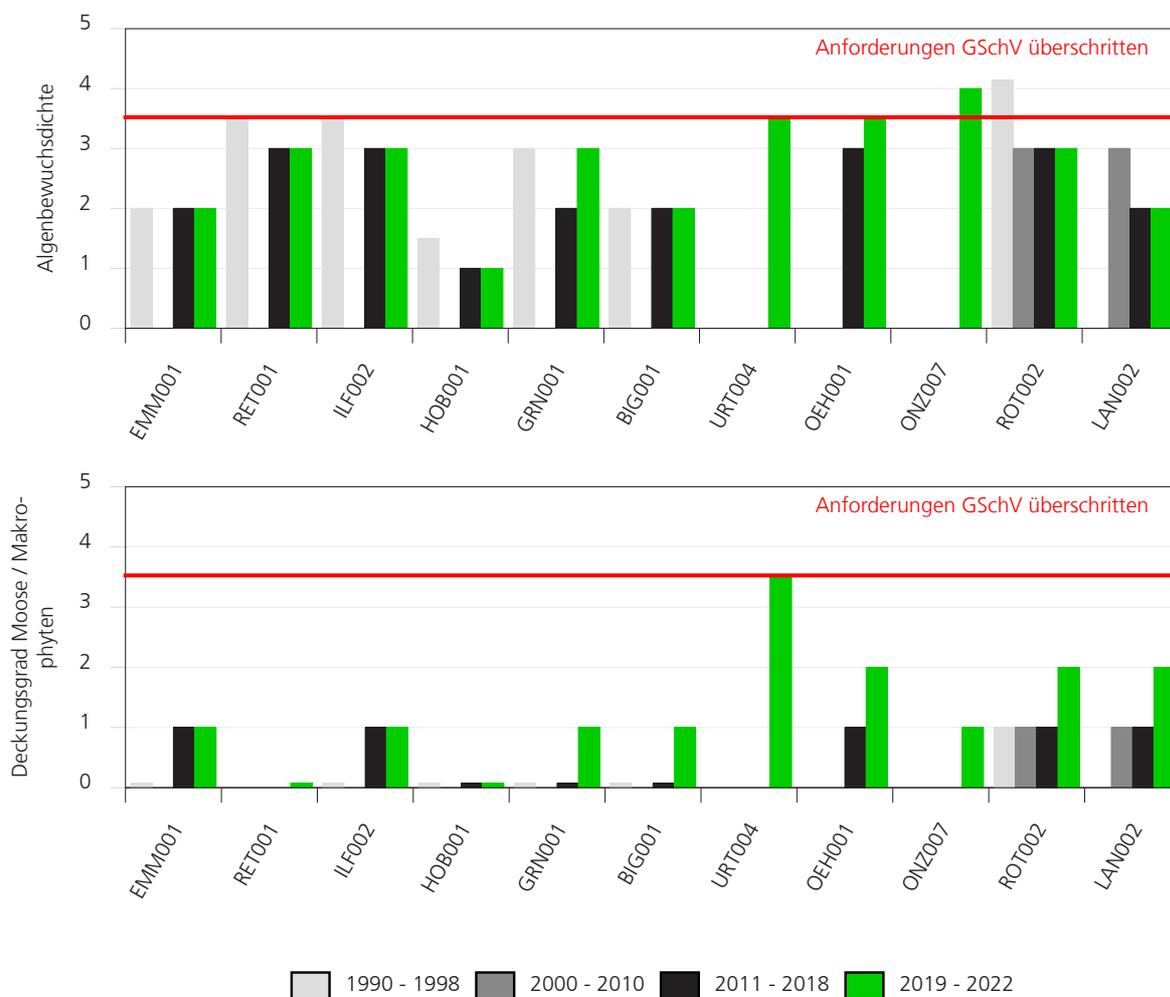


Abb. 4.11: Vergleich der Resultate der Algen- und Moos-/Wasserpflanzenbewuchsdichte

an den Untersuchungsstellen der Region Emmental (Emme, Rötzbach, Ilfis, Hornbach, Grüene, Biglenbach, Urtenen, Ösch, Önz, Rot, Langete).

Algenbewuchsdichte: Skala nach Thomas & Schanz (1976, Skala abgeändert von 0 bis 5): 0 = kein Bewuchs, 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Krusten, 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.

Deckung Moose/Wasserpflanzen: Skala 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%.

Rote Linie: Anforderungen an die Wasserqualität im Sinne von Algenwucherungen gemäss GSchV Anhang 2 nicht mehr erfüllt.

4.2.2.1 Algenbewuchs

In der **Emme** (EMM001) war die Bewuchsdichte der Algen eher gering. Es kamen krustige Kieselalgen und Blaualgen sowie wenige Ansätze der fädigen Grünalge *Ulothrix* sp. vor. Die in früheren Untersuchungsjahren vorkommende Goldalge *Hydrurus foetidus* wurde 2020 nicht erfasst, ansonsten war die Zusammensetzung und Dichte der Algen früher ähnlich. Da keine Wucherungen auftraten wurden die Anforderungen an die Wasserqualität erfüllt.

Im **Rötebach** (RET001) war die Lebensgemeinschaft der Algen relativ vielfältig. Neben den Kieselalgen kamen auch krustige Blaualgen und Grünalgen (*Gongrosira* sp.) sowie verschiedene fädige Grünalgen (*Cladophora* sp., *Klebsormidium* sp. und *Ulothrix* sp.) vor. In früheren Untersuchungsjahren war die Bewuchsdichte der Algen relativ ähnlich. Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden erfüllt.

In der **Ifis** (ILF002) fiel die Bewuchsdichte der Algen in die Klasse 3 (gut ausgebildete Fäden und Zotten). Es kamen Blaualgen, Kieselalgen, Goldalgen (*Hydrurus foetidus*), sowie verschiedene Grünalgen vor. Wie auch in früheren Jahren wurden keine Wucherungen von Algen festgestellt, die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden erfüllt.

Im **Hornbach** (HOB001) war die Bewuchsdichte der Algen sehr gering. Es kamen nur krustige Kieselalgen vor. Wie auch in früheren Jahren wurden die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 erfüllt.

In der **Gruene** (GRN001) war der Algenbewuchs etwas dichter als am Hornbach. Hier wurden neben den Kieselalgen auch Blaualgen sowie Ansätze fädiger Gold-, Gelbgrün- und Grünalgen gefunden. Obwohl die Bewuchsdichte an der Grüene im Untersuchungsjahr 2020 etwas grösser war als in früheren Jahren, traten keine Wucherungen auf und die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden erfüllt.

Der Algenbewuchs im **Biglenbach** (BIG001) war durch krustige Blau- und Kieselalgen sowie fädige Gelbgrün- (*Vaucheria* sp.), und Grünalgen (*Cladophora glomerata*) geprägt. Das Vorkommen dieser fädigen Algen kann in höheren Dichten auf eine Nährstoffbelastung hinweisen, im Biglenbach waren die Dichten jedoch nicht so hoch. Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden, wie auch in früheren Jahren, erfüllt.

In der **Urtenen** (URT001) wurden die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 nur knapp erfüllt. Neben den überall vorkommenden Kieselalgen wurden die fädigen Algen *Vaucheria* sp. und *Cladophora* sp. in erhöhten Dichten erfasst. Dies deutet auf eine erhöhte Nährstoffverfügbarkeit in der Urtenen hin, welche möglicherweise aus der ARA Moosee-Urtenenbach stammen. Zudem wurde die krustige Rotalge *Hildenbrandia* sp. vorgefunden. Diese benötigt eine eher stabile Gewässersohle, um wachsen zu können.

Die **Ösch** (OEH001) wies eine hohe Bewuchsdichte der kalkinkrustierenden Blaualge *Phormidium incrustatum* (mindestens teilweise für die starke Kolmation verantwortlich) sowie der krustigen Kieselalgen auf. Auch der Anteil an fädigen Gelbgrün- und Gelbalgen war eher hoch (Dichte 3). Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden zwar knapp erfüllt, das Vorkom-

men der fädigen Algen deutet aber trotzdem auf einen erhöhten Nährstoffanteil im Wasser hin (z.B. aus der Landwirtschaft).

In der **Önz** (ONZ007) wurden die Anforderungen an die Wasserqualität nicht erfüllt. Es wurden Wucherungen der nährstoffzeigenden Gelbgrünalge *Vaucheria* sp. erfasst sowie Ansätze von weiteren fädigen Algen (Grünalgen, Kieselalgen). Weiter wurden *Hildenbrandia* - Krusten festgestellt (stabile Sohle). Wahrscheinlich ist die sich bachaufwärts befindende ARA Herzogenbuchsee sowie allfällige Hochwasserentlastungen für die Algenwucherungen verantwortlich.

Die **Rot** (ROT002) wies ebenfalls eher hohe Dichten an nährstoffzeigenden fädigen Algen (*Cladophora* sp.) auf, die Anforderungen an die Wasserqualität wurden aber eingehalten. Zudem kamen Kieselalgenkrusten in hohen Dichten sowie Blaualgen, Gelbgrünalgen und auch die Rotalge *Batrachospermum* sp. vor. Diese Art ist eher selten, wurde aber auch 2011 an dieser Stelle gefunden. Frühere Untersuchungsjahre wiesen ähnlich hohe Bewuchsdichten auf (1991 sogar Dichte > 4).

In der **Langete** (LAN002) wurden nur Ansätze der nährstoffzeigenden fädigen Algen (*Vaucheria* sp., *Cladophora* sp.) erfasst und zudem Blaualgen und Kieselalgen. Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden, wie auch in früheren Untersuchungs Jahren, erfüllt.

4.2.2.2 Moose und Makrophyten

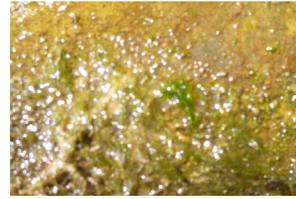
An den Untersuchungsstellen im Rötobach und Hornbach waren keine Moose und Makrophyten vorhanden. Moose kamen an vielen Stellen (7 von 11) in geringen Dichten vor. In der Rot und der Langete war die Dichte etwas höher. Die häufigste Art war dabei *Fontinalis antipyretica*. Makrophytenbewuchs war nur in der Urtenen, der Ösch und der Önz vorhanden. Vor allem in der Urtenen waren Dichte und Diversität der Makrophyten hoch: Es kamen Berlen (*Berula erecta*), Ähriges Tausenblatt (*Myriophyllum spicatum*), Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*), Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) sowie Igelkolben (*Sparganium* sp.) vor.



Emme (EMM001), Moos *Hygrohypnum luridum*.



Rötzbach (RET001), verschiedene fädige Grünalgen.



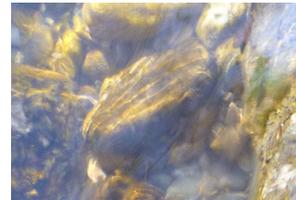
Ilfis (ILF002), Ansätze fädiger Algen.



Hornbach (HOB001), geringe Bewuchsdichte von Algen an den Steinen.



Grüne (GRN001), Ansätze von *Hydrurus foetidus*.



Biglenbach (BIG001), Gelbgrünalge *Vaucheria sp.*



Urtenen (URT004), *Hildenbrandia sp.* (rot-braune Flecken) am Stein.



Ösch (OEH001), Hahnenfussgewächs (*Ranunculus sp.*)



Önz (ONZ007), *Hildenbrandia sp.* sowie fädige Algen an den Steinen.



Rot (ROT001), Gewässersohle mit viel Kieselalgenbewuchs.



Langete (LAN002), Gewässersohle mit Kieselalgen und nur Ansätzen von fädigen Algen.

Abb. 4.12: Ausgewählte Fotos des pflanzlichen Bewuchses an den Untersuchungsstellen der Region Emmental .

4.2.3 Kieselalgen

4.2.3.1 Artenvielfalt

In den 11 untersuchten Stellen der Region Emmental konnten im Untersuchungsjahr 2020 insgesamt 84 Kieselalgentaxa nachgewiesen werden. Die geringste Artenvielfalt wies die Stelle Ilfis (ILF002) mit 22 Kieselalgentaxa und die grösste Artenvielfalt der Hornbach (HOB001) mit 40 Kieselalgentaxa auf (Tabelle 4.6).

Tab. 4.6: Taxazahlen, Kieselalgen-Indexwerte DI-CH, Standortgerechtigkeit, Teratologie, Neophyta und Plankton an den Untersuchungsstellen der Region Emmental im Untersuchungsjahr 2020. Bewertung gemäss BAFU Modul Kieselalgen, Stufe F, Zweiteichung mit 5 Zustandsklassen.

| Gewässer | Stelle | Datum | Taxazahl | DI-CH | Standortgerechtigkeit | Teratologie [%] | Neophyta [%] | Plankton [%] |
|------------|--------|-----------|----------|-------|-----------------------|-----------------|--------------|--------------|
| Emme | EMM001 | 18.3.2020 | 35 | 1.92 | nein | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Rötebach | RET001 | 18.3.2020 | 25 | 3.08 | nein | 0.6 | 46.2 | 0.0 |
| Ilfis | ILF002 | 18.3.2020 | 22 | 2.29 | nein | 0.2 | 42.4 | 0.0 |
| Hornbach | HOB001 | 18.3.2020 | 40 | 2.78 | nein | 0.2 | 11.6 | 0.0 |
| Grüene | GRN001 | 18.3.2020 | 26 | 3.02 | nein | 0.6 | 61.2 | 0.0 |
| Biglenbach | BIG001 | 18.3.2020 | 28 | 3.46 | nein | 0.0 | 2.8 | 0.0 |
| Urtenen | URT004 | 19.3.2020 | 34 | 3.69 | nein | 0.0 | 3.0 | 0.6 |
| Ösch | OEH001 | 19.3.2020 | 32 | 4.04 | nein | 0.0 | 0.6 | 0.0 |
| Önz | ONZ007 | 19.3.2020 | 23 | 4.33 | nein | 0.0 | 0.2 | 0.0 |
| Rot | ROT002 | 19.3.2020 | 25 | 4.39 | nein | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Langete | LAN002 | 19.3.2020 | 34 | 3.96 | nein | 0.0 | 3.6 | 0.0 |

4.2.3.2 Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität

Die untersuchten Stellen der Region Emmental befanden sich in der Zustandsklasse «gut» (sechs Stellen) respektive «sehr gut» (fünf Stellen). Sämtliche Untersuchungsstellen erfüllten somit hinsichtlich DI-CH-Wert die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1. Die DI-CH-Werte reichten von 1.92 (Emme EMM001) bis 4.39

(Rot ROT002). Die Stellen mit einem DI-CH-Wert ≥ 3.5 (Zustandsklasse «gut») wiesen eine Kieselalgenlebensgemeinschaft auf, welche eine mittlere Nährstoffbelastung mit geringer organischer Belastung indiziert (URT004, OEH001, ONZ007, ROT002, LAN002) (Abbildung 4.13, Tabelle 4.6).

Betrachtet man die Lebensgemeinschaften der Kieselalgen auf Ebene der D-Gruppen, so ist ersichtlich, dass die Stellen Emme (EMM001), Ilfis (ILF002) und Hornbach (HOB001) die höchsten Anteile an Individuen von Arten mit D-Werten < 3.5 (Zustandsklasse «sehr gut») aufweisen. Die Stelle an der Emme (EMM001) wies dabei mit Abstand den höchsten Anteil an Individuen von Arten mit einem D-Wert von < 3.5 auf (87 %). Der relative Anteil an Individuen von Arten mit D-Werten von ≥ 4.5 , welche durchaus organische Belastungen tolerieren, war an den Probenahmestellen in der Urtenen (URT004), Önz (ONZ007) und Rot (ROT002) am höchsten und nahm relative Anteile > 50 % ein (Abbildung 4.13).

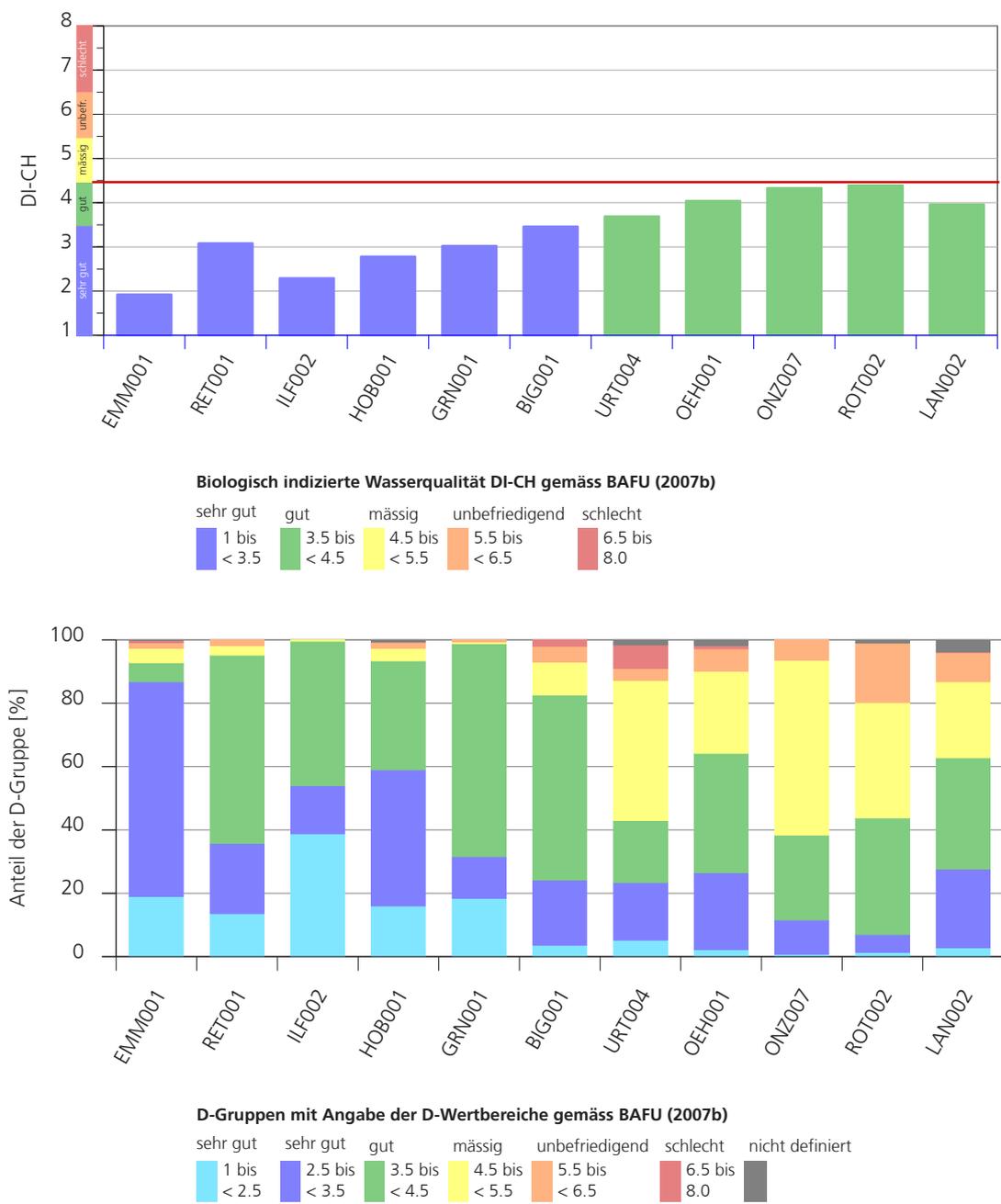


Abb. 4.13: Kieselalgen.Indexwerte DI-CH und Darstellung der D-Gruppen

an den Untersuchungsstellen der Region Emmental (Emme, Rötzbach, Ilfis, Hornbach, Grüene, Biglenbach, Urtenen, Ösch, Önz, Rot, Langete) im Untersuchungsjahr 2020.

Oben: Kieselalgen-Indexwerte DI-CH. Die Farbskala bei der Y-Achse entspricht den Zustandsklassen gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007b). Rote Linie: Ab einem DI-CH von ≥ 4.5 , werden die ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung Anhang 1 nicht mehr erfüllt (GSchV 1998).

Unten: Anteile der D-Gruppen. Die Farben und Bezeichnungen entsprechen den Zustandsklassen gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007b)

4.2.3.3 Standortgerechtigkeit

Bezüglich DI-CH-Wert erfüllten alle Stellen der Region Emmental die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1. Keine der 11 Stellen wies jedoch eine standort-

gerechte Lebensgemeinschaft auf. Mit Ausnahme der Ilfis (ILF002) waren an allen Stellen ein zu kleiner Anteil an nährstoffsensiblen Arten vorhanden. Die Untersuchungsstellen des alpinen Raumes (RET001, ILF002, HOB001, GRN001) wiesen zudem mit einem DI-CH-Wert > 2 einen zu hohen Indexwert auf. Vier Stellen (RET001, ILF002, HOB001, GRN001) enthielten weiter einen hohen respektive sehr hohen Anteil der gebietsfremden Art *Achnanthydium delmontii* (RET001, ILF002, HOB001, GRN001). In der Rot (ROT002) war zusätzlich als einzige Untersuchungsstelle ein zu hoher Anteil an nährstoffliebenden Arten vorhanden (D-Wert ≥ 5.5) (Tabelle 4.6).

4.2.3.4 Teratologie (Missbildungen)

Der Anteil der Teratologien war an den Stellen der Fließgewässer der Region Emmental mit 0 bis 0.6 % tief und Teratologien kamen nur vereinzelt an vier von 11 Stellen vor (Tabelle 4.6).

4.2.3.5 Neophyten

An neun von 11 Stellen der Fließgewässer der Region Emmental kam *Achnanthes delmontii* mit relativen Anteilen von 0.2 bis 61.2 % vor. Die Stellen Rötzbach (RET001: 46.2 %), Ilfis (ILF002: 42.4 %), Hornbach (HOB001: 11 %) und Grüene (GRN001: 61.2 %) wiesen mit relativen Häufigkeiten von ≥ 10 % hohe respektive sehr hohe Anteile auf. Weiter trat die gebietsfremde Art *Eolimna comperi* vereinzelt im Hornbach (HOB001: 0.6 %) auf. Bei den Stellen in der Emme (EMM001) und Rot (ROT002) wurden keine gebietsfremden Arten nachgewiesen (Tabelle 4.6).

4.2.3.6 Planktische Kieselalgen

Mit Ausnahme der Untersuchungsstelle an der Urtenen (URT004), welche vereinzelt Schalen planktischer Arten aufwies, kamen bei den Stellen der Fließgewässer der Region Emmental keine planktischen Arten vor (Tabelle 4.6).

4.2.3.7 Vergleich mit früheren Untersuchungen

Im Vergleich mit den früheren Untersuchungen an denselben Stellen ist ersichtlich, dass die Entwicklung der biologisch indizierten Wasserqualität je nach Untersuchungsstelle unterschiedlich ausfällt. Bewertet man eine Änderung des DI-CH-Wertes von ≥ 0.4 als relevant (aktuelles Untersuchungsjahr versus Mittelwert frühere Erhebungen), so kam es bei fünf Stellen zu einer Verbesserung, bei zwei Stellen zu einer Verschlechterung und bei drei Stellen zu keiner Änderung. Der Biglenbach (BIG001) und die Önz (ONZ007) fielen in den Jahren 1992 respektive 2000 in die «mässige» und/oder «unbefriedigende» Zustandsklasse und erreichten somit die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1 nicht. Die biologisch indizierte Wasserqualität des Bilgenbachs (BIG001) verbesserte sich um mehrere Zustandsklassen von «unbefriedigend» zu «sehr gut». Auch die Beurteilung der Önz verbesserte sich um eine Zustandsklasse von «mässig» zu «gut» (Vergleich Frühlingsaufnahmen). In den Untersuchungen nach 2003 sowie im aktuellen Untersuchungsjahr lagen alle untersuchten Stellen in der Zustandsklasse «gut» respektive «sehr gut» und erreichten somit die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1 (GSchV, 1998) (Tabelle 4.7).

Tab. 4.7: Vergleich der Untersuchungen des Jahres 2020 mit früheren Erhebungen des Zeitraums 1991 bis 2018 auf Basis des Kieselalgen-Indexwertes DI-CH an den Untersuchungsstellen der Region Emmental. Bewertung gemäss BAFU Modul Kieselalgen, Stufe F, Zweiteichung mit 5 Zustandsklassen. Sommerproben (S) und Herbstproben (H).

| Gewässer | Stelle | Untersuchungsjahre | | | | | | | | | | Mittelwert 1990 bis 2018 | Differenz 2020 minus Mittelwert |
|------------|--------|-----------------------------------|------|------|------|----------|------|------|------|------|------|-----------------------------|------------------------------------|
| | | 2019 - 2022 aktuelle Untersuchung | | | | | | | | | | | |
| | | 1990 | 1991 | 1992 | 2000 | 2000 (H) | 2003 | 2005 | 2011 | 2012 | 2020 | | |
| Emme | EMM001 | | | 2.4 | | | | | | 2.3 | 1.9 | 2.3 | -0.4 |
| Rötebach | RET001 | | | 3.5 | | | | | | 3.8 | 3.1 | 3.6 | -0.5 |
| Ilfis | ILF002 | 2.5 | | | | | | | | 2.9 | 2.3 | 2.7 | -0.4 |
| Hornbach | HOB001 | | | 2.5 | | | | | | 2.3 | 2.8 | 2.4 | 0.4 |
| Grüne | GRN001 | | | 2.3 | | | | | | 2.9 | 3.0 | 2.6 | 0.4 |
| Biglenbach | BIG001 | | | 5.9 | | | | | | 2.2 | 3.5 | 4.0 | -0.6 |
| Urtenen | URT004 | | | | | | | | | | 3.7 | - | - |
| Ösch | OEH001 | | | | | | | | 4.1 | | 4.0 | 4.1 | -0.0 |
| Önz | ONZ007 | | | | 4.9 | 5.7 | | | | | 4.3 | 5.3 | -0.9 |
| Rot | ROT002 | | 4.3 | | | | 4.3 | | 4.3 | | 4.4 | 4.3 | 0.1 |
| Langete | LAN002 | | | | 4.1 | 4.5 | | 3.8 | 3.3 | | 4.0 | 3.9 | 0.0 |

4.2.4 Wasserwirbellose

4.2.4.1 Kennzahlen

Gesamtindividuumdichte: Die Gesamtindividuumdichten (Abb. 4.15) an den Untersuchungsstellen der Region Emmental bewegten sich zwischen knapp 150 Ind./0.1m² (HOB001, «mittel») und knapp 1500 Ind./0.1m² (BIG001, «mittel - gross»). Die Untersuchungsstellen an Emme, Ilfis, Hornbach, Grüene, Rot und Langete wiesen Individuumdichten <600 Ind./0.1m² auf. An allen anderen Stellen (Rötebach, Biglenbach, Urtenen, Ösch und Önz) betrug die Individuumdichte > 1200 Ind./0.1m².

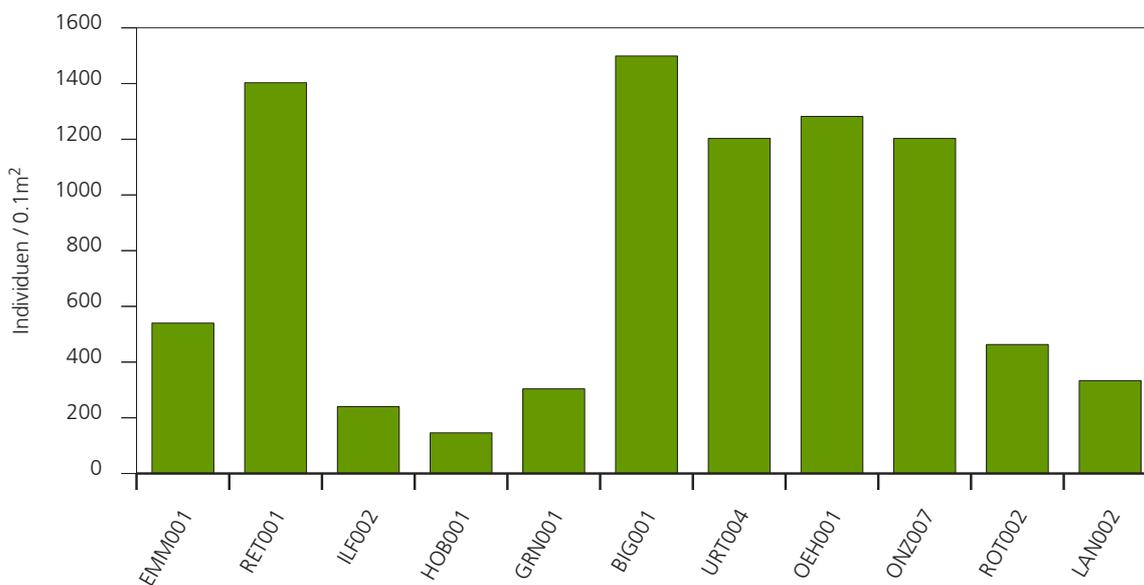


Abb. 4.14: Gesamtindividuumdichten der Wasserwirbellosen

an den Untersuchungsstellen der Region Emmental (Emme, Rötebach, Ilfis, Hornbach, Grüene, Biglenbach, Urtenen, Ösch, Önz, Rot, Langete) im Untersuchungsjahr 2020. Angaben in Ind. / 0.1m²

In der Ilfis konnte im Vergleich zu früheren Untersuchungen eine Abnahme der Individuumdichten festgestellt werden. In der Ösch war die Dichte gegenüber der letzten Untersuchung höher. An allen anderen Stellen schwankten die Individuumdichten und es war kein klarer Trend ersichtlich. Schwankungen der Individuumdichte über die Zeit treten zumindest teilweise auch natürlicherweise auf. Mögliche Gründe für diese Dichteschwankungen können Geschiebetrieb infolge von Hochwasserereignissen, Änderungen im hydrologischen Regime (Restwasser/Schwall-Sunk) oder Änderungen im Belastungsgrad (z.B. unterhalb von ARAs, Landwirtschaft) sein. Zudem sind Arten mit hoher Dichte (z.B. Bachflohkrebse, Zuck- und Kriebelmücken, Wenigborster) nicht homogen im Gewässer verteilt, sodass einzelne Teilproben sehr hohe Dichten aufweisen können.

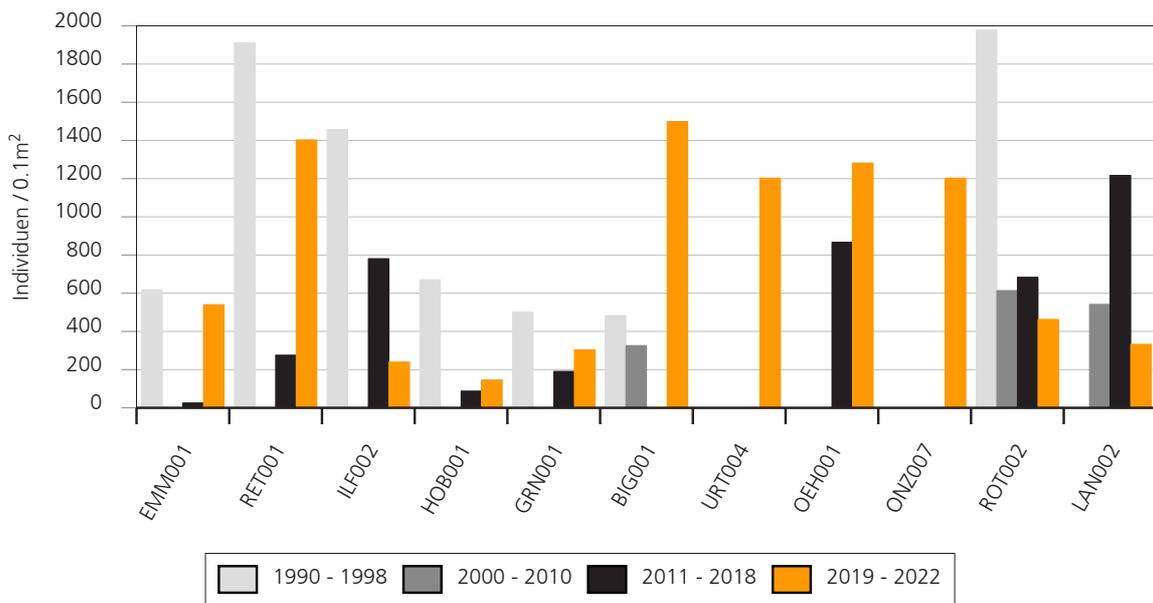


Abb. 4.15: Gesamtindividuedichten der Wasserwirbellosen

an den Untersuchungsstellen der Region Emmental (Emme, Rötzbach, Ilfis, Hornbach, Grüene, Biglenbach, Urtenen, Ösch, Önz, Rot, Langete) im Untersuchungsjahr 2020 sowie in früheren Untersuchungsjahren.

Angaben in Ind. / 0.1m²

Taxazahlen: Die tiefste Taxazahl wurde in der Emme erfasst (27 Taxa aus 16 Familien). Am höchsten war die Taxazahl in der Ilfis (50 Taxa aus 24 Familien). Neben der Emme wurden auch im Hornbach, in der Urtenen, und in der Önz Taxazahlen von < 35 gefunden. An den anderen Stellen waren die Taxazahlen höher.

Tab. 4.8: Taxazahlen, Nassgewicht, IBCH 2019, SPEAR 2019 an den Untersuchungsstellen der Region Emmental. Um mit den Daten früherer Untersuchungen zu vergleichen sind IBCH 2010 und Makroindex ebenfalls dargestellt (Daten von 2011 - 2018 sowie aktuelles Untersuchungsjahr). Farbcode Indices siehe Tab. 3.5. DK: Diversitätsklasse; IG: Indikatorgruppe. k.A. = keine Angabe.

| Stelle | Datum | Taxazahl / Taxazahl Familien | Taxazahl EPT / Taxazahl EPT Familien | Nassgewicht | IBCH 2019 | | | SPEAR 2019 | IBCH 2010 | | Makroindex | |
|--------|-----------|------------------------------|--------------------------------------|-------------|-----------|------|------|------------|-------------|------|-------------|------|
| | | | | | DK | IG | IBCH | | 2011 - 2018 | 2020 | 2011 - 2018 | 2020 |
| EMM001 | 18.3.2020 | 27 / 16 | 22 / 12 | 0.42 | 0.51 | 0.97 | 0.7 | 65.07 | 13 | 13 | 1 | 1 |
| RET001 | 18.3.2020 | 37 / 20 | 22 / 11 | 6.13 | 0.6 | 0.84 | 0.75 | 44.72 | 12 | 14 | 1 | 1 |
| ILF002 | 18.3.2020 | 50 / 24 | 28 / 14 | 0.80 | 0.68 | 1 | 0.8 | 50.35 | 14 | 16 | 2 | 1 |
| HOB001 | 18.3.2020 | 31 / 15 | 22 / 10 | 0.00 | 0.43 | 0.84 | 0.64 | 50.97 | 13 | 13 | 1 | 1 |
| GRN001 | 18.3.2020 | 44 / 24 | 27 / 15 | 0.24 | 0.68 | 1 | 0.8 | 40.42 | 13 | 16 | 2 | 1 |
| BIG001 | 18.3.2020 | 39 / 21 | 19 / 9 | 8.49 | 0.43 | 0.7 | 0.58 | 35.35 | 11 | 15 | 3 | 2 |
| URT004 | 19.3.2020 | 31 / 25 | 7 / 6 | 2.06 | 0.6 | 0.28 | 0.58 | 17.09 | k.A. | 12 | k.A. | 4 |
| OEH001 | 19.3.2020 | 40 / 24 | 17 / 8 | 4.89 | 0.51 | 0.56 | 0.63 | 22.27 | 13 | 13 | 4 | 3 |
| ONZ007 | 19.3.2020 | 29 / 18 | 11 / 6 | 4.43 | 0.43 | 0.7 | 0.58 | 24.41 | k.A. | 12 | k.A. | 3 |
| ROT002 | 19.3.2020 | 38 / 26 | 15 / 12 | 1.18 | 0.6 | 0.84 | 0.75 | 28.22 | 12 | 16 | 4 | 3 |
| LAN002 | 19.3.2020 | 42 / 24 | 15 / 9 | 0.78 | 0.51 | 0.84 | 0.7 | 27.7 | 14 | 15 | 2 | 2 |

Zustandsklassen

| | | | | |
|----------|-----|--------|----------------|----------|
| sehr gut | gut | mässig | unbefriedigend | schlecht |
|----------|-----|--------|----------------|----------|

EPT Taxa: Eintags-, Stein- und Köcherfliegen (EPT Taxa) gelten als besonders empfindlich gegenüber Belastungen verschiedenster Art. Ein hoher Anteil an EPT Taxa weist auf strukturreiche, unbelastete Gewässer hin. Die Urtenen und die Önz wiesen mit Abstand am wenigsten EPT Taxa auf (7 bzw. 11 Taxa). An diesen beiden Stellen wurden auch keine Steinfliegen gefunden (diese gelten als besonders empfindlich gegenüber Belastungen). An allen anderen Stellen kamen > 15 Taxa vor. Besonders viele EPT Taxa wurden in der Ilfis und der Grüene erfasst (28 bzw. 27 Taxa). Dies ist gemäss eigener Erfahrung (Datensatz AquaPlus für watbare Gewässer) hoch. Anteilsmässig wurden im Rötobach, in der Ilfis und im Hornbach am meisten Individuen der EPT Taxa gefunden (>60%).

Nassgewicht: Das mit Abstand höchste Nassgewicht wurde mit knapp 8.5 g/0.1m² im Biglenbach gemessen. Auch im Rötobach, in der Ösch und der Önz konnte ein relativ hohes Nassgewicht festgestellt werden (zwischen knapp 4.5 und 6 g/0.1m²). Das höhere Nassgewicht ist mindestens teilweise auf das Vorkommen von Bachflohkrebsen und grösseren Köcherfliegen (*Hydropsyche sp.*) zurückzuführen.

4.2.4.2 Lebensgemeinschaft der Wasserwirbellosen

Eintagsfliegen (Ephemeroptera): An allen Untersuchungsstellen kamen Eintagsfliegen vor. Anteilsmässig machten die Eintagsfliegen zwischen 3 % (Grüne) und 75 % (Ilfis) der relativen Häufigkeit aus. Neben der Grüene wurden auch in der Emme, dem Biglenbach, der Urtenen, der Önz und der Ösch relativ wenig Eintagsfliegen gefunden (5% oder weniger). Taxamässig wurden in Urtenen, Ösch und Önz wenige (2 bzw. 4 Taxa) gefunden, in Rötobach und Grüene kamen am meisten Taxa vor (11 bzw. 10). An allen Stellen vertreten war die Familie der Baetidae (z.B. mit der Art *Baetis rhodani*). Ebenfalls häufig (alle Stellen ausser URT004, OEH001 und ONZ007) wurden Vertreter der Familie der Heptageniidae erfasst. Diese sind dorsoventral abgeflacht und so optimal an starke Strömungen angepasst. An den Untersuchungsstellen in Emme, Rötobach, Ilfis, Hornbach und Grüene wurden Vertreter der Familie Leptophlebiidae gefunden. Die Art *Habro-leptoides confusa* lebt z.B. im Porenraum der Gewässersohle (Interstitial). Ihr Vorkommen deutet auf eine intakte, durchlässige Gewässersohle (ohne Kolmation) hin. Weiter kamen an unterschiedlichen Stellen die Arten *Serratella ignita* und *Ephemera danica* vor.

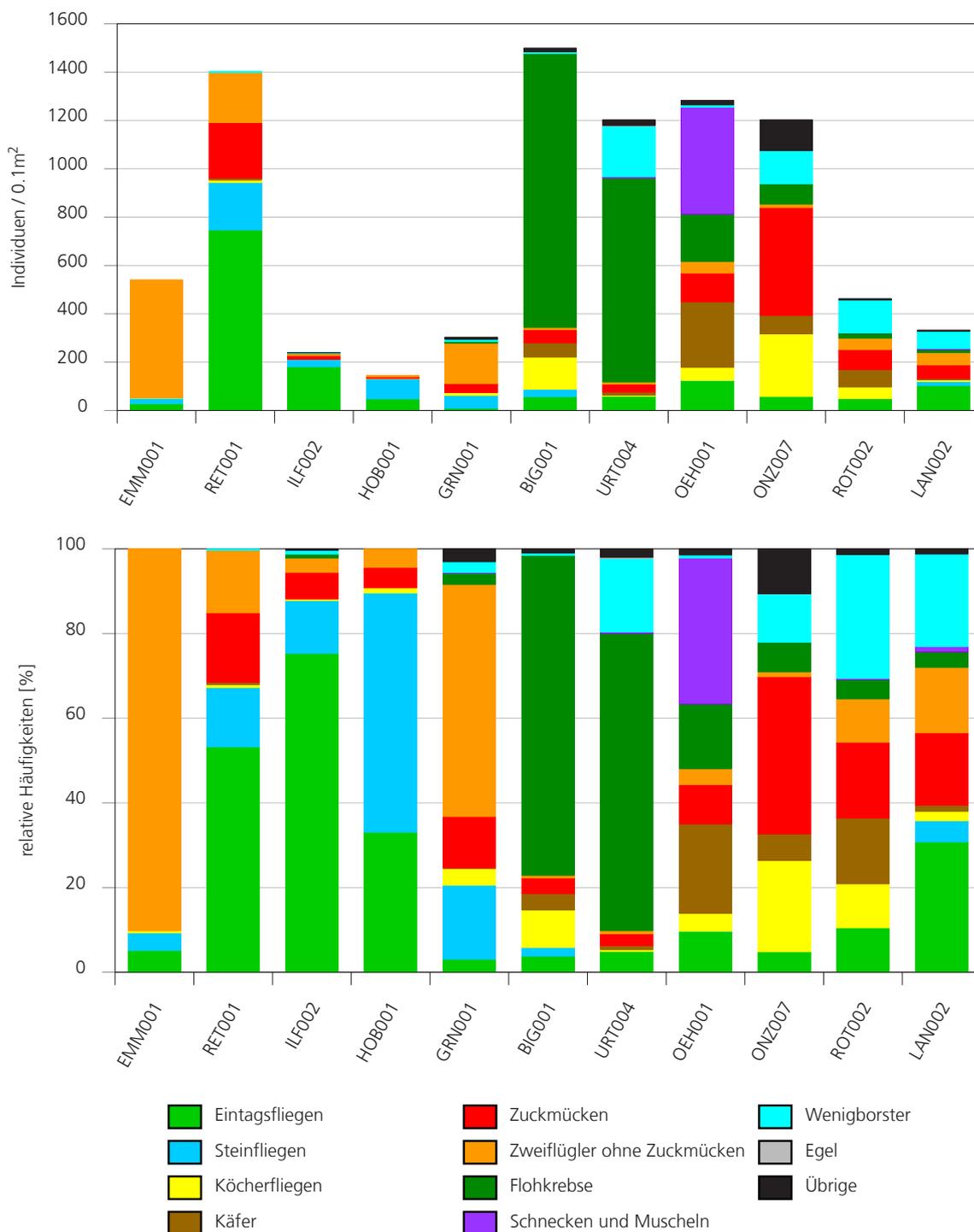


Abb. 4.16: Gesamtindividuumdichten sowie relative Häufigkeiten der bedeutendsten Gruppen der Wasserwirbellosen

an den Untersuchungsstellen der Region Emmental (Emme, Rötzbach, Ilfis, Hornbach, Grüene, Biglenbach, Urtenen, Ösch, Önz, Rot, Langete) im Untersuchungsjahr 2020.

Angaben in Ind. / 0.1m². Übrige Wasserwirbellosen: Nematoden, Plattwürmer, Wassermilben, Wasserasseln, Libellen, Schlammfliegen.

Steinfliegen (Plecoptera): Steinfliegen kamen nicht an allen Untersuchungsstellen in der Region Emmental vor. In der Urtenen und der Önz wurden keine Steinfliegen gefunden. In der Ösch und der Rot wurde nur 1 bzw. 2 Taxa erfasst. Die Emme, die Ilfis und die Grüene wiesen mit 12, 13 bzw. 11 viele Steinfliegentaxa auf und (fast) alle Familien waren vertreten (in der Grüene fehlten die Chloroperlidae). An beinahe allen Stellen, an welchen Steinfliegen vorkamen, wurden Vertreter der Nemouridae (z.B. *Amphinemura sp.*), Leuctridae (*Leuctra sp.*), Perlodidae (z.B. *Isoperla grammatica*) und Taeniopterygidae (z.B. *Brachyptera risi*) erfasst. Dabei bewohnen die unterschiedlichen Arten nicht nur den Porenraum der Gewässersohle, sondern im Falle von *Amphinemura sp.* auch in schlammigen Stellen am Gewässergrund. Grosse, räuberische Arten (z.B. Perlidae) wurden nur in Emme, Ilfis und Grüene gefunden.

Köcherfliegen (Trichoptera): Köcherfliegen wurden an allen Untersuchungsstellen erfasst, allerdings in eher kleineren Dichten (<1 bis knapp 20%). In Emme, Rötzbach und Langete war die Taxazahl der Köcherfliegen mit 3 bzw. 4 am geringsten. Viele Köcherfliegentaxa wurden in der Ösch (12 Taxa) und im Biglenbach (9 Taxa) bestimmt. An allen Untersuchungsstellen kamen Vertreter der Hydropsychidae vor. An der Önz waren diese besonders zahlreich (>200 Ind./0.1m²). Hydropsychidae bauen keine Köcher, sie spinnen Fangnetze, mit welchen sie Partikel aus der Strömung filtrieren. Kommen sehr viele Hydropsychidae an einer Stelle vor (wie an der Önz) kann dies ein Hinweis auf einen erhöhten Anteil an Schwebestoffen sein. Diese können z.B. durch diffuse Einträge aus der Landwirtschaft oder auch unterhalb von ARA-Einleitungen oder Hochwasserentlastungen eingetragen werden. Möglicherweise beeinträchtigt die ARA Herzogenbuchsee die Wasserwirbellosen an dieser Stelle. An fast allen Stellen (ausser an der Önz) kamen mindestens ein Vertreter der köcherbauenden Familie der Limnephilidae vor. Eine weitere Familie, welcher häufig vorkam (ausser Emme und Urtenen), waren die räuberischen Ryacophilidae. In den pflanzenreicheren Gewässern (Urtenen, Ösch, Önz, Rot) kam zudem die Gattung *Hydroptila sp.* vor. Diese bevorzugt dicht bewachsene Gewässer (Bayer. Landesamt, 1996). In der Region Emmental kamen 3 Rote Liste Arten vor. In der Önz war dies die Art *Lepidostoma basale* (verletzlich, VU), welche grössere Bäche und Flüsse im Tiefland besiedelt. In der Ösch wurde die Art *Drusus monticola* bestimmt (potentiell gefährdet, NT) welche Quell- und Bergbäche besiedelt. *Tinodes rostocki* (potentiell gefährdet, NT) bevorzugt ebenfalls Quell- und Bergbäche und kam in der Ilfis und im Biglenbach vor.

Käfer (Coleoptera): Ausser in der Emme und im Hornbach kamen an allen Stellen Käfer vor. Es waren dabei hauptsächlich Vertreter der Elmidae (Hakenkäfer) welche sowohl als Larven als auch als Adulte auftraten. Besonders zahlreich (sowohl bezüglich Taxazahl als auch Individuendichte) kamen Käfer in Grüene, Biglenbach, Urtenen, Ösch, Önz und Langete vor. Weitere Vertreter der Wasserkäfer, welche an verschiedenen Stellen erfasst wurden, waren Dytiscidae, *Orectochilus sp.*, und Scirtidae.

Zweiflügler inkl. Zuckmücken (Diptera): Zweiflügler (inkl. Zuckmücken) kamen an allen Stellen in der Region Emmental vor. In der Emme und der Grüene machten diese >70% der relativen Häufigkeit aus. In der Emme waren die Simuliidae (Kriebelmücken) dominierend. Diese können sich mit Spinnfäden am Hinterrand auf Oberflächen festhalten und so Partikel aus der Strömung filtrieren. Ihre

Verteilung im Gewässer kann sehr heterogen sein, was zu hohen Dichten von Kriebelmücken in Einzelproben führen kann. Andererseits kann ein gehäuftes Auftreten auch Hinweise auf z.B. einen erhöhten Eintrag von Schwebstoffen liefern. Auch im Rötzbach und in der Grüene wurden verhältnismässig viele Kriebelmücken gefunden. An den anderen Stellen waren die Zuckmückenlarven (Chironomidae) die dominante Familie. Diese kommen oft natürlicherweise zahlreich vor und sind im Allgemeinen tolerant gegenüber Belastungen (sowohl stofflich wie auch morphologisch). Neben diesen zwei Familien kamen auch andere Taxa in der Region Emmental vor, so z.B. die Art *Atherix ibis*, welche in sauerstoffreichen Bächen und Flüssen lebt (EMM001, RET001, ILF002, HOB001). An fast allen Stellen (ausser der Emme) traten auch Vertreter der Limoniidae und Pediciidae auf (z.B. *Antocha sp.*, *Dicranota sp.*). Erwähnenswert sind die in der Emme gefundenen Lidmücken (Blephariceridae). Diese leben auf stark überströmten, grösseren Steinen. Die Saugnäpfe an der Unterseite ihres Körpers helfen ihnen nicht von der Strömung mitgerissen zu werden.

Wenigborster (Oligochaeta): Ausser in der Emme wurden an alle Untersuchungsstellen in der Region Emmental Wenigborster gefunden. In der Urtenen, der Önz, der Rot und der Langete war der Anteil an Wenigborster am höchsten (zwischen 10 und 30% relative Häufigkeit). Das Vorkommen von vielen Wenigborstern kann auf eine organische Belastung im Fliessgewässer hinweisen. Möglicherweise spielen diffuse Einträge aus der Landwirtschaft sowie Einleitungen aus der Siedlungsentswässerung (ARA und Entlastungen) hier eine Rolle.

Flohkrebse (*Gammarus sp.*): Flohkrebse waren im Biglenbach und in der Urtenen besonders zahlreich, sie machten an diesen beiden Untersuchungsstellen >70% der relativen Häufigkeiten aus und dominierten somit die Lebensgemeinschaft. Flohkrebse erfüllen in Gewässern eine wichtige Funktion als Zerkleinerer von organischem Material, z.B. Laub. In Gewässern mit natürlicherweise wenig partikulärem organischem Material (u.a. Blätter) sind sie weniger häufig anzutreffen. In Emme, Rötzbach und Hornbach kamen keine Gammariden vor. An den restlichen Stellen war der Anteil an Flohkrebsen < 15%.

Schnecken und Muscheln (Mollusca): Mollusken wurden an 6 der 11 Stellen gefunden (GRN001, URT004, OEH001, ONZ007, ROT002, LAN002). In der Ösch waren sie besonders zahlreich (35 % rel. Häufigkeit), wobei die Art *Potamopyrgus antipodarum* (neuseel. Zwergdeckelschnecke, Neozoon) den grössten Teil ausmachte. An den anderen Stellen kamen Vertreter der Bythinidae, Ancyliidae, Lymnaeidae, Physidae sowie Erbsenmuscheln in kleinen Dichten vor.

Übrige Wasserwirbellosen: An verschiedenen Stellen im Untersuchungsgebiet wurden weitere Wasserwirbellose gefunden. Dazu gehörten Plattwürmer, Egel, Wassermilben, Wasserasseln und Libellen in kleinen Dichten. In Fliessgewässern gelten Wasserasseln und Egel als Zeiger für organische Belastung. In der Urtenen, der Önz, der Rot und der Langete kamen eines oder beide dieser Taxa vor.

Funktionelle Gruppen

Eine weitere Möglichkeit, die Wasserwirbellosengemeinschaft zu charakterisieren, ist die Auswertung der funktionellen Gruppen. Abbildung 4.17 zeigt die Habitat- und Strömungspräferenzen der untersuchten Wasserwirbellosengemeinschaften.

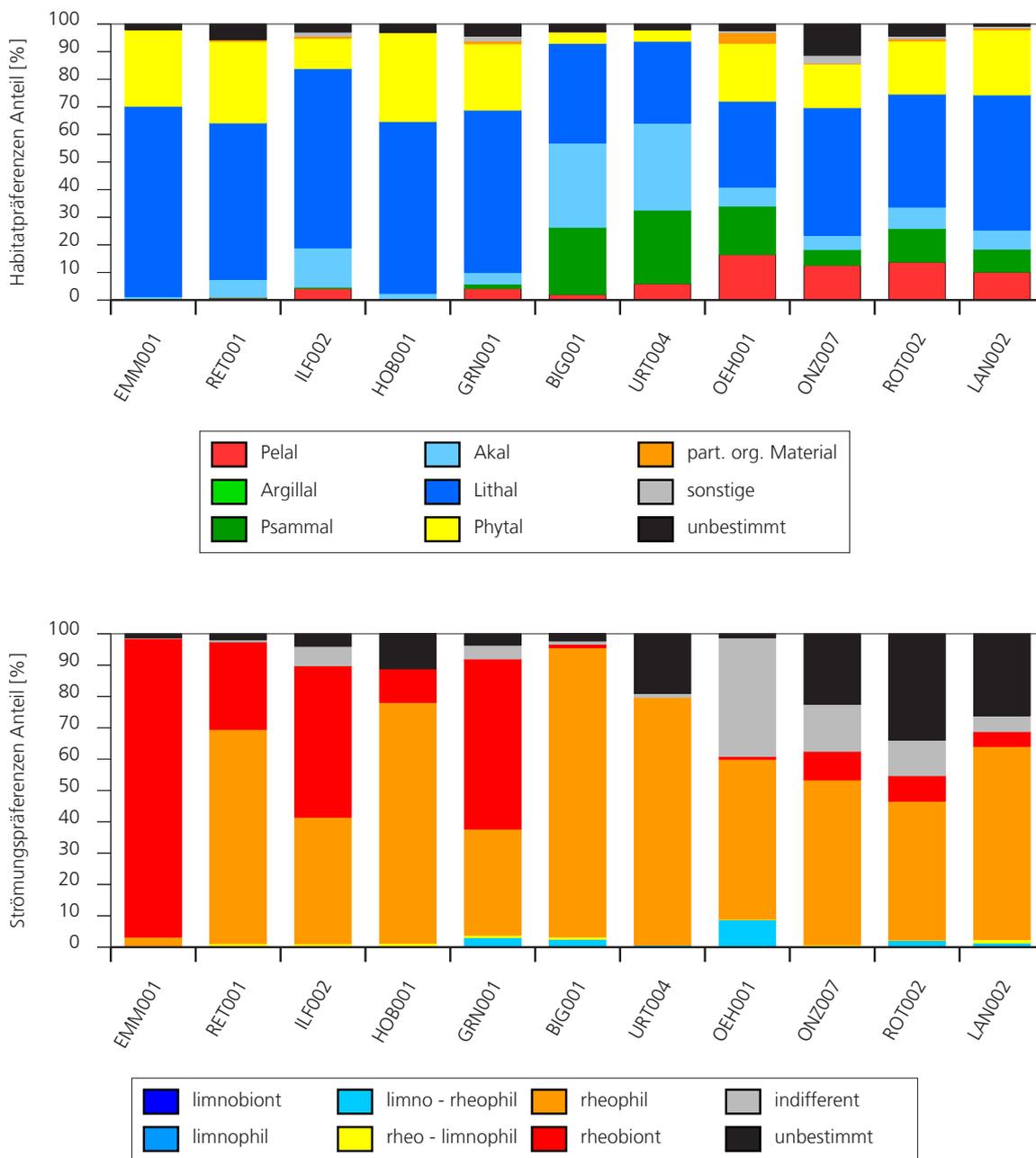


Abb. 4.17: Relative Häufigkeiten der Habitat- und Strömungspräferenzen der Wasserwirbellosen an den Untersuchungsstellen der Region Emmental (Emme, Rötzbach, Ilfis, Hornbach, Grüene, Biglenbach, Urtenen, Ösch, Önz, Rot, Langete) im Untersuchungsjahr 2020.

Bezüglich der Habitatpräferenzen war die Lebensgemeinschaft an allen Stellen hauptsächlich durch Bewohner von steinigem und pflanzlichem Substrat geprägt.

Im Fließverlauf nahm der Anteil an Sand- und Schlammbewohnern leicht zu, was die Substratzusammensetzung dieser Stellen widerspiegelt. Die Strömungspräferenzen zeigen ebenfalls eine Tendenz im Fließverlauf, so war in Emme, Rötzbach, Ilfis und Grüene der Anteil an rheobionten (stark strömungsliebenden) Taxa grösser als in den restlichen Gewässern. Der Anteil an bezüglich Strömung «indifferenten» Arten ist u.a. auf das Vorkommen von Wenigborstern zurückzuführen.

4.2.4.3 Wasserwirbellosenindices

Die aktuellste standardisierte Methode zur Beurteilung von Fließgewässern anhand der Wasserwirbellosen ist das Modul Makrozoobenthos (BAFU 2019) mit dem Indikator IBCH 2019. Dieser Index existierte bei der Auswertung der älteren Proben noch nicht. Deshalb werden zusätzliche Indexwerte (Saprobie, Makroindex, IBCH 2010) verglichen. Diese sind in Tab. 4.8 sowie in Abb. 4.18 aufgeführt.

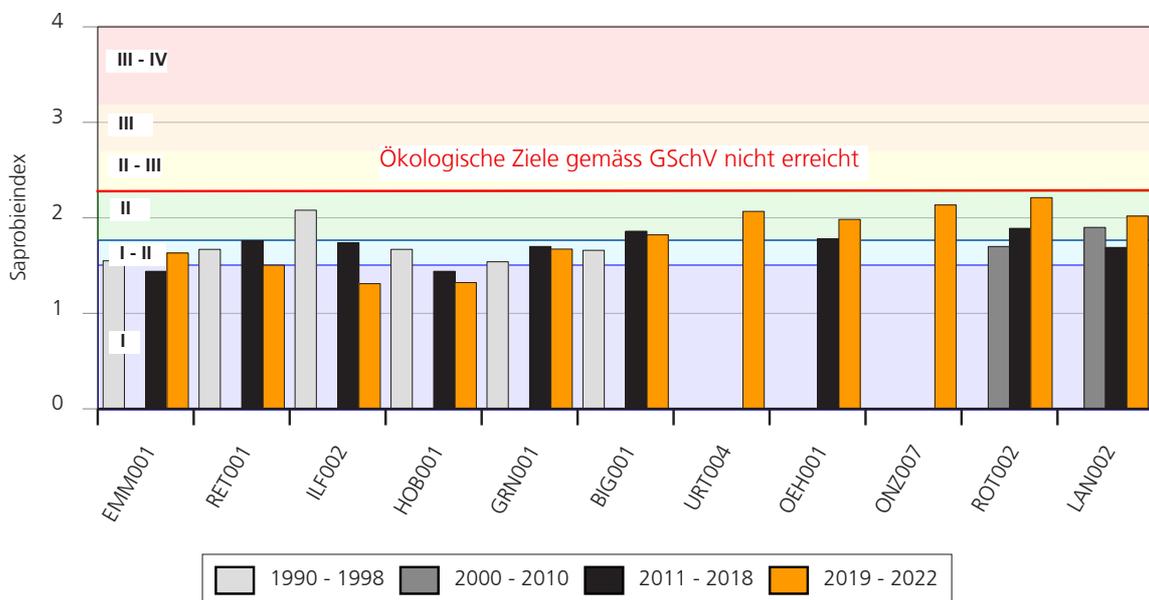


Abb. 4.18: Saprobieindex an den Untersuchungsstellen der erwirbellosen

an den Untersuchungsstellen der Region Emmental (Emme, Rötzbach, Ilfis, Hornbach, Grüene, Biglenbach, Urtenen, Ösch, Önz, Rot, Langete) im Untersuchungsjahr 2020 sowie in früheren Untersuchungs Jahren.

Saprobiewert: I: unbelastet bis sehr gering belastet. I - II: gering belastet. II: mässig belastet.

Der **Saprobieindex** zeigt die biologisch indizierte Wasserqualität bezüglich der Saprobie an. An den Stellen im Untersuchungsgebiet Emmental bewegte sich der Saprobieindex zwischen I («unbelastet bis gering belastet») und II («mässig belastet»). Die ökologischen Ziele wurden an allen Stellen erreicht. Der Rötzbach, die Ilfis und der Hornbach wiesen einen unbelasteten Gewässerzustand auf. In der Emme und der Grüene war der Zustand gering belastet. An allen anderen Stellen waren die Gewässer bezüglich der Saprobie mässig belastet. Im Vergleich zu den Resultaten früherer Untersuchungen trat in der Ösch und der Rot eine Verbesserung ein. In der Ilfis und im Hornbach fand eine leichte Verschlechterung statt. An

den restlichen Stellen schwankte die Beurteilung der Saprobie und es war keine Tendenz erkennbar.

Der **Makroindex** beurteilt das Verhältnis von Insekten zu Nichtinsektentaxa. In Emme, Rötzbach, Ilfis, Hornbach, Grüene, Biglenbach und Langete war der Makroindex mit 1 bzw. 2 «sehr gut». In Ösch, Önz und Rot war der Makroindex immer noch «gut» während in der Urtenen die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 1 bezüglich des Makroindex nicht erreicht wurden (Makroindex 4). In der Ilfis, der Grüene, dem Biglenbach, der Ösch und der Rot konnte bezüglich Makroindex eine Verbesserung gegenüber früheren Untersuchungsjahren festgestellt werden. An den restlichen Stellen war der Makroindex vergleichbar oder die Stellen wurden 2020 zum ersten Mal untersucht und es war kein Vergleich möglich.

Der **IBCH 2019** wird aus der Diversitätsklasse (DK) sowie der Indikatorgruppe (IG) gerechnet. Dabei korreliert die Diversitätsklasse relativ gut mit der Habitatvielfalt. An 5 der 11 Stellen zeigte die Diversitätsklasse einen guten Zustand bezüglich der Habitate an. An den anderen Stellen war die Habitatvielfalt nur mässig. Bezüglich der Indikatorgruppe war, ausser in der Urtenen (unbefriedigend) und der Ösch (mässig), der Zustand sehr gut bis gut. Der daraus resultierende IBCH 2019 zeigte in der Ilfis und der Grüene einen sehr guten Zustand an. In Emme, Rötzbach, Hornbach, Ösch, Rot und Langete war der IBCH gut. Im Biglenbach, in der Urtenen und in der Önz wurden die ökologischen Ziele bezüglich des IBCH 2019 nicht erreicht. Der IBCH 2010 zeigte ein ähnliches Bild, allerdings wurde an keiner Stelle eine «sehr gute» Bewertung erreicht. Der Biglenbach hingegen erreichte die ökologischen Ziele. Gegenüber früheren Untersuchungen hat sich der gewässerökologische Zustand bezüglich des IBCH 2010 entweder verbessert oder blieb gleich, die Entwicklung ist vergleichbar zu jener beim Saprobieindex.

Der **SPEAR-Index 2019** zeigte bezüglich der Pestizidbelastung in Emme, Rötzbach, Ilfis, Hornbach, Grüene und Biglenbach eine sehr gute bis gute Wasserqualität an. In der Urtenen wies der SPEAR-Index auf eine relativ grosse Pestizidbelastung hin. In Ösch, Önz, Rot und Langete war der Zustand bezüglich der Pestizidbelastung mässig.

4.3 Region Jura - Seeland

In der Region Jura - Seeland wurden im Untersuchungsjahr 2021 10 Stellen an folgenden Gewässern untersucht: Hauptkanal, Twannbach, Suze, Birse, Trame, Ruisseau de Chaluet, Sorne, Lyssbach, Alte Aare.

4.3.1 Äusserer Aspekt

Die Untersuchungsstellen sind in den Stellendokumentationen im Anhang charakterisiert. Im Folgenden wird der Zustand des Äusseren Aspektes der Region Jura - Seeland im Untersuchungsjahr 2021 besprochen und mit den Daten früherer Probenahmen verglichen. Eine überblicksmässige Zusammenstellung des Zustandes des Äusseren Aspektes aller Untersuchungsstellen wie auch der Vorjahre zeigt Tabelle 4.9. Ausgewählte Bilder befinden sich in Abb. 4.19.

Im **Hauptkanal** (HKA001) war die Gewässersohle an der Untersuchungsstelle stark verschlammt und es wurde viel Eisensulfid erfasst. Vermutlich sind die landwirtschaftliche Nutzung im Einzugsgebiet sowie die langsame Fliessgeschwindigkeit hierfür verantwortlich. Zudem war das Wasser leicht trüb. Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden nicht erfüllt. Auch 2016 war die Gewässersohle durch Schlamm und Eisensulfid beeinträchtigt.

Der **Twannbach** war an der Untersuchungsstelle TWB011 durch stabilen Schaum und Verpackungsabfälle beeinträchtigt. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 war fraglich. Im Vergleich zur Probenahme 2012 (vor Aufhebung ARA Lamboing) hat sich der verbesserte Zustand von 2016 gehalten.

In der **Suze** (SUZ001) war das Wasser aufgrund der Schneeschmelze natürlicherweise trüb. Ansonsten wurde nur wenig stabiler Schaum festgestellt. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität war deshalb fraglich. Schaum wurde auch an früheren Untersuchungsdaten erfasst. 2016 war zusätzlich die Gewässersohle durch Kolmation und das Vorkommen von wenig heterotrophem Bewuchs belastet. Insofern hat sich der Zustand 2021 verbessert.

In der **Birs** (BIZ001) war 2021 die Gewässersohle verschlammt und es wurden Verpackungsabfälle gefunden. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 war fraglich. 2006 wurde zusätzlich zur Verschlammung der Gewässersohle vereinzelt heterotropher Bewuchs erfasst. 1993 war die Birs bezüglich des Äusseren Aspekts nicht beeinträchtigt.

In der **Trame** (TRA004) war das Wasser leicht trüb und es wurde wenig Schaum festgestellt, zudem war die Gewässersohle leicht verschlammt. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 war fraglich. Im Untersuchungsjahr 1993 war die fliessende Welle (Trübung, Schaum und Geruch) beeinträchtigt, des weiteren wurde heterotropher Bewuchs gefunden. Heterotropher Bewuchs wurde in den weiteren Untersuchungsjahren (inkl. 2021) nicht mehr festgestellt.

Im **Ruisseau de Chaluet** (CHA001) wurden die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 bezüglich des Äusseren Aspektes erfüllt. Daten von früheren Untersuchungen sind nicht vorhanden.

In der **Sorne** (SOR002) war die fliessende Welle durch eine leichte Trübung und das Vorkommen von wenig stabilem Schaum beeinträchtigt. Die Erfüllung der

Anforderungen an die Wasserqualität war deshalb fraglich. 2006 war die Sorne bezüglich des Äusserem Aspektes nicht beeinträchtigt, 1993 wurde wenig Schaum gefunden.

Im **Lyssbach** wurden 2 Stellen untersucht: LYB001 und LYB002. An der Stelle LYB001 war die Gewässersohle leicht verschlammt, zudem wurden Verpackungsabfälle gefunden. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 war fraglich. In allen früheren Untersuchungsjahren war die Gewässersohle ebenfalls beeinträchtigt (Schlamm, Kolmation, Verpackungsabfälle, Siedlungsentwässerungsabfälle). In einzelnen Jahren wurde zudem Schaum festgestellt. An der Stelle LYB002 war die Gewässersohle stark verschlammt, es wurden auch Eisensulfidflecken und Verpackungsabfälle erfasst. Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden nicht erfüllt. Auch in den früheren Untersuchungsjahren wurden Beeinträchtigungen der fliessenden Welle sowie der Gewässersohle festgehalten.

In der **Alten Aare** wurde die Stelle ALA010 untersucht. Im aktuellen Untersuchungsjahr (2021) wurde nur wenig stabiler Schaum festgestellt. Trotzdem war die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 fraglich. Gegenüber früheren Untersuchungsjahren (vor allem vor 2018) hat sich die Situation bezüglich des Äusseren Aspektes in der Alten Aare sehr deutlich verbessert.



Hauptkanal (HKA001), trübes Wasser, Verschlammung.



Twannbach (TWB011), Schaum.



Suze (SUZ001), Schaum.



Birse (BIZ001), Verschlammung.



Trame (TRA004), Verschlammung.



Ruisseau de Chaluet (CHA001), keine Beeinträchtigungen.



Sorne (SOR002), trübes Wasser.



Lyssbach (LYB001), Verschlammung.



Lyssbach (LYB002), Verschlammung.



Alte Aare (ALA010), Schaum.

Abb. 4.19: Ausgewählte Fotos von Beeinträchtigungen des Äusseren Aspektes an den Untersuchungsstellen der Region Jura - Seeland.

Tab. 4.9: Äusserer Aspekt: Vergleich der Untersuchungsstellen der Region Jura - Seeland. Bewertung: Blau: Anforderungen GSchV erfüllt; gelb: Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich; rot: Anforderungen GSchV nicht erfüllt. **Weisse Schrift auf blauem Hintergrund:** natürlicher Zustand, Anforderungen GSchV erfüllt. **l/m = leicht mittel, ver.zelt = vereinzelt.** k.A. = keine Angabe.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Hauptkanal | HKA001 | 2021 | gelb | blau | blau | blau | blau | rot | rot | blau | blau | blau | blau | |
| | | 2016 | blau | blau | blau | blau | blau | rot | gelb | blau | blau | blau | blau | |
| Twannbach | TWB011 | 2021 | blau | blau | gelb | blau | blau | blau | blau | blau | gelb | blau | blau | |
| | | 2016 | blau | blau | gelb | blau | blau | blau | blau | blau | gelb | blau | blau | |
| | | | blau | blau | gelb | blau | gelb | blau | gelb | gelb | blau | blau | blau | |
| | | 2011 | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | |
| La Suze | SUZ001 | 2021 | mittel | blau | gelb | blau | |
| | | 2016 | blau | blau | gelb | blau | blau | blau | blau | gelb | blau | blau | gelb | |
| | | | blau | blau | gelb | blau | |
| | | 1993 | blau | blau | gelb | blau | blau | blau | blau | blau | gelb | blau | blau | |
| La Birse | BIZ001 | 2021 | blau | blau | blau | blau | gelb | blau | blau | blau | gelb | blau | blau | |
| | | 2015 | nur Kieselalgen | | | | | | | | | | | |
| | | 2006 | blau | blau | blau | blau | gelb | blau | blau | blau | blau | blau | blau | gelb |
| | | 1993 | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau |
| La Trame | TRA004 | 2021 | gelb | blau | gelb | blau | gelb | blau | blau | blau | blau | blau | blau | |
| | | 2015 | nur Kieselalgen | | | | | | | | | | | |
| | | 2006 | blau | blau | gelb | blau |
| | | 1993 | gelb | blau | gelb | gelb | blau | gelb |
| Ruisse-au-de-Chaluet | CHA001 | 2021 | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | |
| | | 2015 | nur Kieselalgen | | | | | | | | | | | |
| La Sorne | SOR002 | 2021 | gelb | blau | gelb | blau | |
| | | 2015 | nur Kieselalgen | | | | | | | | | | | |
| | | 2006 | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau |
| | | 1993 | blau | blau | gelb | blau |
| | LYB001 | 2021 | blau | blau | blau | blau | gelb | blau | blau | blau | gelb | blau | blau | |
| | | 2016 | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | blau | gelb | |

Tab. 4.9: Fortsetzung

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|------|
| La Sorne | SOR002 | 2021 | Yellow | Blue | Yellow | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | |
| | | 2015 | nur Kieselalgen | | | | | | | | | | | |
| | | 2006 | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| | | 1993 | Blue | Blue | Yellow | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| Lysbach | LYB001 | 2021 | Blue | Blue | Blue | Blue | Yellow | Blue | Blue | Yellow | Blue | Blue | Blue | |
| | | 2018 | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Yellow | Blue | Blue | |
| | | 2016 | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Yellow | Blue | Yellow | Blue | Blue | |
| | | 2015 | Blue | Blue | Blue | Blue | Yellow | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | |
| | | 2014 | Blue | Blue | Yellow | Blue | Yellow | Blue | Blue | Blue | Yellow | Blue | Blue | |
| | | 2013 | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | |
| | | 2010 | Blue | Blue | Yellow | Blue | Yellow | Blue | Yellow | Blue | Blue | Blue | Blue | |
| | | 1992 | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Yellow | Blue | Blue | |
| | LYB002 | 2021 | Blue | Blue | Blue | Blue | Red | Yellow | Blue | Yellow | Blue | Blue | Blue | |
| | | 2018 | Blue | Blue | Yellow | Blue | Yellow | Blue | Yellow | Blue | Yellow | Blue | Blue | |
| | | 2010 | Blue | Blue | Yellow | Yellow | Yellow | Blue | Yellow | Blue | Yellow | Blue | Blue | |
| | 1992 | Blue | Blue | Yellow | Blue | Blue | Blue | Red | Blue | k.A. | Blue | Blue | | |
| Alte Aare | ALA010 | 2021 | Blue | Blue | Yellow | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | |
| | | 2018 | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue | Yellow | Blue | Blue | Blue | Yellow | |
| | | 2005 | Yellow | Yellow | Yellow | Blue | Red | Blue | Red | Blue | k.A. | Blue | Yellow | |
| | | 1992 | Blue | Blue | Yellow | Yellow | Blue | Red | Yellow | Yellow | Blue | Blue | Red | |

4.3.2 Flora der Gewässersohle

Abb. 4.20 zeigt die Bewuchsdichte der Gewässersohle mit Algen (oben), Moosen und Makrophyten (unten) der Region Jura - Seeland im Untersuchungsjahr 2021 (aktuelle Untersuchungsperiode 2019 - 2022), sowie den Vergleich mit früheren Untersuchungsjahren. Detaillierte Angaben zur Artzusammensetzung können den Stellendokumentationen im Anhang entnommen werden. Abbildung 4.21 zeigt ausgewählte Abbildungen des pflanzlichen Bewuchses.

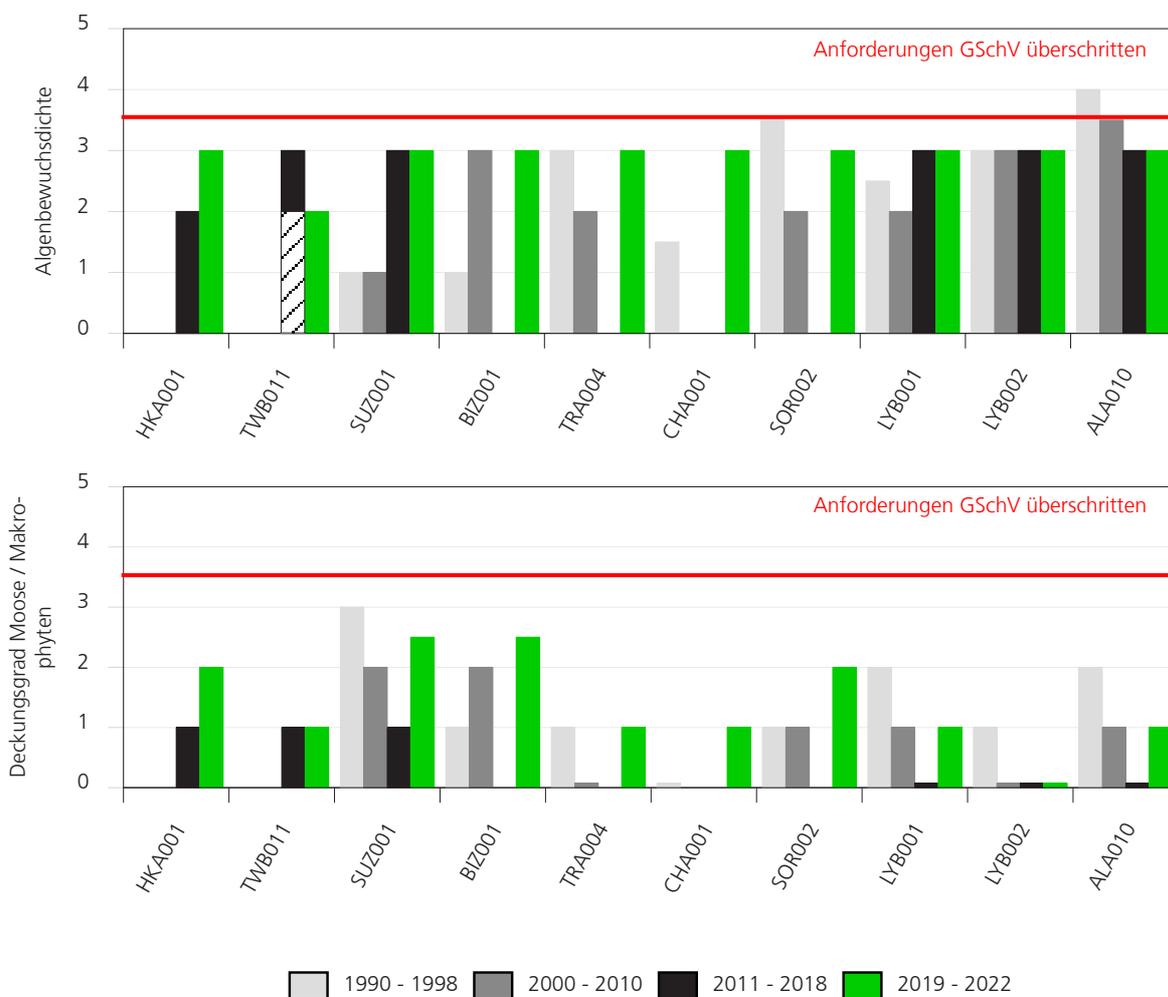


Abb. 4.20: Vergleich der Resultate der Algen- und Moos-/Wasserpflanzenbewuchsdichte an den Untersuchungsstellen der Region Jura - Seeland

Hauptkanal, Twannbach, Suze, Birse, Trame, Ruisseau de Chaluet, Sorne, Lyssbach, Alte Aare
Algenbewuchsdichte: Skala nach Thomas & Schanz (1976, Skala abgeändert von 0 bis 5): 0 = kein Bewuchs, 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Krusten, 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.

Deckung Moose/Wasserpflanzen: Skala 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%.

Rote Linie: Anforderungen an die Wasserqualität im Sinne von Algenwucherungen gemäss GSchV Anhang 2 nicht mehr erfüllt.

Bei mehreren Probenahmen im gleichen Untersuchungszeitraum: kleinste Dichte in diesem Zeitraum

4.3.2.1 Algenbewuchs

Im **Hauptkanal** (HKA001) kamen krustige und fädige Kieselalgen sowie fädige Gelbgrün- und Grünalgen (*Vaucheria* sp., *Cladophora* sp.) vor. Obwohl die Dichten an fädigen Algen noch nicht als Wucherungen zu bezeichnen sind, deuten diese trotzdem auf eine erhöhte Nährstoffbelastung im Hauptkanal hin (Landwirtschaft im Einzugsgebiet). Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden erfüllt. In der früheren Untersuchung im Hauptkanal (2016) war der Bewuchs spärlicher.

Im **Twannbach** kamen an der Stelle TWB011 neben Kieselalgen auch Blaualgen und fädige Gelbgrün- und Grünalgen (*Vaucheria* sp., *Cladophora* sp.) vor. Die Bewuchsdichte war allgemein eher gering, es traten keine Wucherungen auf (Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 erfüllt). 2016 war die Bewuchsdichte der Algen etwas höher.

In der **Suze** (SUZ001) waren krustige Kiesel-, Blau- und Grünalgen dominant. Es wurden wenige Ansätze der fädigen Gelbgrünalge *Vaucheria* sp. erfasst. Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden erfüllt. 2016 war der Algenbewuchs ähnlich wie 2021, vor 2006 war die Dichte geringer.

In der **Birs** (BIZ001) kamen vor allem krustige und fädige Kieselalgen vor. Die fädigen Grün- und Gelbgrünalgen traten nur vereinzelt als Ansätze auf. Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden erfüllt. In den früheren Untersuchungsjahren waren die Algendichten entweder kleiner (1993) oder gleich (2006).

Die **Trame** wies an der Untersuchungsstelle (TRA004) gut ausgebildete Fäden und Polster von *Vaucheria* sp. und *Cladophora* sp. auf. Des Weiteren kamen auch krustige und fädige Kiesel- und Blaualgen vor (z.B. die kalkinkrustierende Blaualge *Phormidium incrustatum*). Das Vorkommen von *Vaucheria* sp. sowie *Cladophora* sp. deutete auf den Eintrag von organischem Material hin, da aber keine Wucherungen dieser Algen auftraten, wurden die Anforderungen an die Wasserqualität erfüllt. Auch früher war die Zusammensetzung der Algentaxa ähnlich, die Dichte war gleich (1993) oder leicht geringer (2006).

Im **Ruisseau de Chaluet** (CHA001) kamen verschiedene krustige, häutige und fädige Kiesel-, Blau-, Grün- und Gelbgrünalgen vor. Bei den nährstoffzeigenden fädigen Algen (*Vaucheria* sp. und *Cladophora* sp.) wurden nur Ansätze von Fäden erfasst. Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden erfüllt. Im Untersuchungsjahr 1993 war die Bewuchsdichte etwas geringer.

In der **Sorne** (SOR002) war die Gewässersohle hauptsächlich durch krustige Algen (Blau- und Kieselalgen) bedeckt. Fädige Algen (Kieselalgen, *Cladophora* sp., *Vaucheria* sp.) kamen nur in Ansätzen vor, da die Untersuchungsstelle stark beschattet (Wald) ist, ist dies nicht überraschend. Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden bezüglich des Pflanzlichen Bewuchses erfüllt. 1993 wurden die Anforderungen nur knapp erfüllt (Dichte 3.5), 2006 hingegen war die Bewuchsdichte geringer als 2021.

Im **Lyssbach** waren an der obersten Stelle (LYB001) vor allem krustige Kiesel- und Blaualgen sowie Ansätze fädiger Grünalgen (*Cladophora* sp. und *Ulothrix* sp.) vorhanden. Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden erfüllt. An der Stelle bachabwärts (LYB002) hingegen war die Gewässersohle verschlammte und es kamen Kieselalgen, Blaualgen und Ansätze der Grünalge *Cladophora* sp. vor. Die

Resultate früherer Untersuchungen zeigen ähnliche bis leicht höhere (LYB001) bzw. gleiche (LYB002) Algendichten an. Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden im Lyssbach erfüllt.

In der **Alten Aare** (ALA010) wurden krustige Blau- und Kieselalgen erfasst, des Weiteren Ansätze fädiger Grün- und Goldalgen (*Ulothrix* sp. bzw. *Hydrurus foetidus*). Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden erfüllt. In früheren Untersuchungsjahren waren die Bewuchsdichten jeweils höher.

4.3.2.2 Moose und Makrophyten

An 8 von 10 Stellen wurden Moose (Dichten 1 - 2) erfasst (keine Moose an den Stellen LYB002 und ALA010). Makrophyten kamen an 5 von 10 Stellen vor, welche oft geringere Fließgeschwindigkeiten aufwiesen, d.h. im Hauptkanal, in der Suze, der Birs, im Lyssbach (LYB002) und in der Alten Aare. Im Hauptkanal war die Makrophytendiversität am höchsten (4 Taxa). An den Untersuchungsstellen in der Region Jura - Seeland kamen zudem Wassersterne (*Calitriche* sp.), Wasserpest (*Elodea* sp.), Süßgräser (*Glyceria* sp.), Tausendblatt (*Myriophyllum*), Brunnenkresse (*Nasturtium* sp.), Rohrglanzgras (*Phalaris* sp.), Igelkolben (*Sparganium* sp.) und *Veronica* sp. vor.



Hauptkanal (HKA001), *Vaucheria* sp.



Twannbach (TWB011), geringer pflanzlicher Bewuchs auf den Steinen.



Suze (SUZ001), krustige Blaualgen auf einem Stein.



Birse (BIZ001), fädige Kieselalgen (dunkelbraun).



Trame (TRA004), *Vaucheria* sp.



Ruisseau de Chaluet (CHA001), Gewässersohle vor allem durch Kieselalgen bedeckt.



Sorne (SOR002), Moos.



Lyssbach (LYB001), Verschlamung und krustige Kieselalgen.



Lyssbach (LYB002), Süssgräser



Alte Aare (ALA010), Gewässersohle mit nur Ansätzen von fädigen Algen.

Abb. 4.21: Ausgewählte Fotos des pflanzlichen Bewuchses an den Untersuchungsstellen der Region Jura - Seeland.

4.3.3 Kieselalgen

4.3.3.1 Artenvielfalt

In den 10 untersuchten Stellen der Region Jura - Seeland konnten im Untersuchungsjahr 2021 insgesamt 112 Kieselalgentaxa nachgewiesen werden. Die Stelle Ruisseau de Chaluet (CHA001) wies mit 23 Kieselalgentaxa die geringste und der Hauptkanal (HKA001) mit 61 Kieselalgentaxa die grösste Artenvielfalt auf (Tabelle 4.10).

Tab. 4.10: Taxazahlen, Kieselalgen-Indexwerte DI-CH, Standortgerechtigkeit, Teratologie, Neophyta und Plankton an den Untersuchungsstellen der Region Jura - Seeland im Untersuchungsjahr 2021. Bewertung gemäss BAFU Modul Kieselalgen, Stufe F, Zweiteichung mit 5 Zustandsklassen.

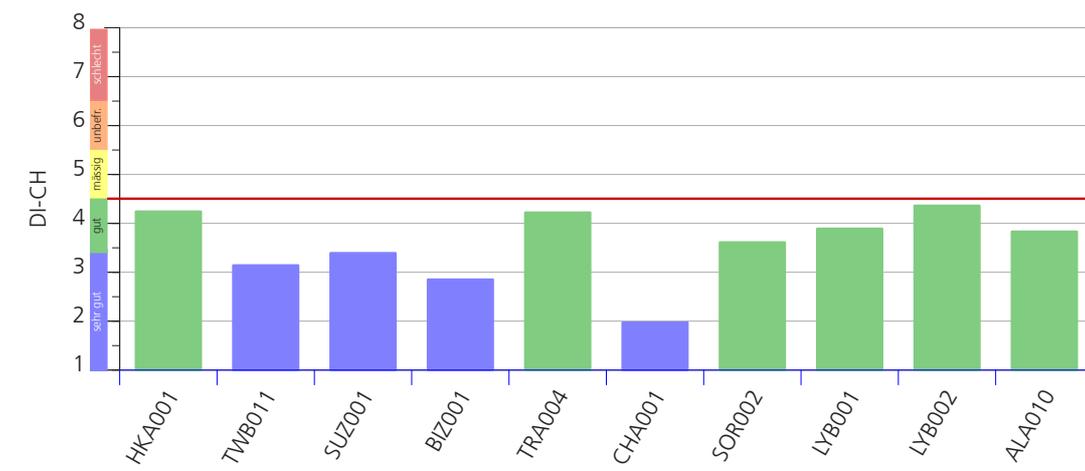
| Gewässer | Stelle | Datum | Taxazahl | DI-CH | Standortgerechtigkeit | Teratologie | Neophyta | Plankton |
|---------------------|--------|-----------|----------|-------|-----------------------|-------------|----------|----------|
| Hauptkanal | HKA001 | 25.3.2021 | 61 | 4.24 | nein | 0.0 | 1.2 | 0.6 |
| Twannbach | TWB011 | 25.3.2021 | 28 | 3.14 | nein | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| La Suze | SUZ001 | 24.3.2021 | 43 | 3.39 | nein | 0.0 | 0.4 | 0.0 |
| La Birse | BIZ001 | 24.3.2021 | 32 | 2.85 | nein | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| La Trame | TRA004 | 24.3.2021 | 32 | 4.22 | nein | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ruisseau de Chaluet | CHA001 | 24.3.2021 | 23 | 1.97 | ja | 0.0 | 1.6 | 0.0 |
| La Sorne | SOR002 | 24.3.2021 | 27 | 3.61 | nein | 0.0 | 0.2 | 0.0 |
| Lyssbach | LYB001 | 25.3.2021 | 30 | 3.89 | nein | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Lyssbach | LYB002 | 25.3.2021 | 33 | 4.36 | nein | 0.0 | 0.0 | 0.4 |
| Alte Aare | ALA010 | 25.3.2021 | 33 | 3.83 | nein | 0.2 | 27.2 | 0.4 |

4.3.3.2 Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität

Bezüglich des DI-CH-Wertes befanden sich die untersuchten Stellen der Region Jura - Seeland in der Zustandsklasse «gut» (sechs Stellen) respektive «sehr gut» (vier Stellen). Sämtliche Untersuchungsstellen erfüllten somit hinsichtlich DI-CH-Wert die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1. Die DI-CH-Werte lagen zwischen 1.97 (Ruisseau de Chaluet CHA001) und 4.36 (Lyssbach LYB002). Die Stellen mit einem DI-CH-Wert ≥ 3.5 (Zustandsklasse «gut») wiesen eine mittlere

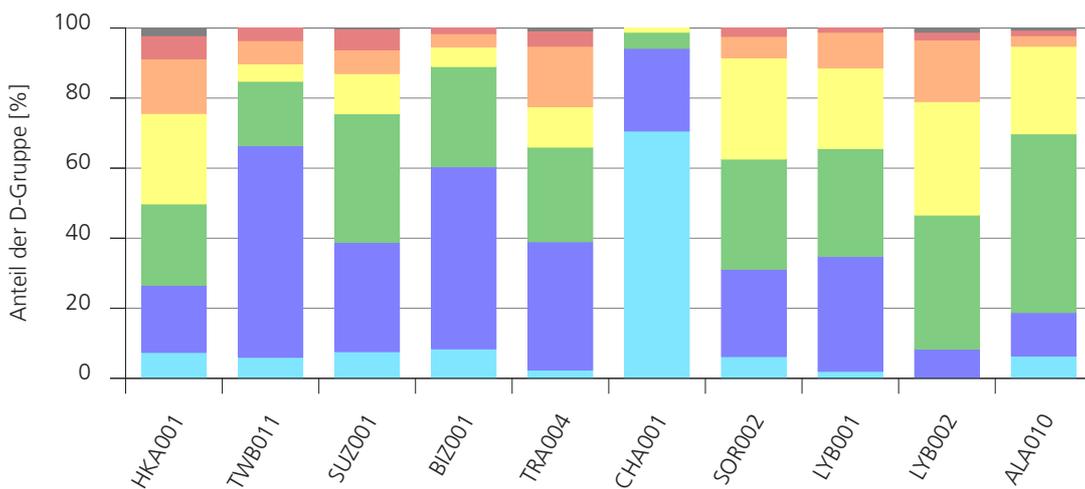
Nährstoffbelastung mit geringer organischer Belastung auf (HKA001, TRA004, SOR002, LYB001, LYB002, ALA010) (Abbildung 4.22, Tabelle 4.10).

Betrachtet man die Lebensgemeinschaften der Kieselalgen auf Ebene der D-Gruppen, so ist ersichtlich, dass die Stellen in Twannbach (TWB011), Birse (BIZ001) und Ruisseau de Chaluet (CHA001) die höchsten Anteile an Individuen von Arten mit D-Werten < 3.5 (Zustandsklasse «sehr gut») aufweisen. Die Probe des Ruisseau de Chaluet (CHA001) enthielt dabei mit Abstand den höchsten Anteil an Individuen von Arten mit einem D-Wert von < 3.5 auf (94 %). Der Anteil an Individuen von sehr nährstoffsensiblen Arten (D-Wert < 2.5) lag in dieser Probe sogar bei 71 %. Der relative Anteil an Individuen von Arten mit D-Werten von ≥ 4.5 , welche durchaus organische Belastungen tolerieren, war bei den Stellen im Hauptkanal (HKA001) und Lyssbach (LYB002) am höchsten und lag bei rund 50 % (Abbildung 4.22).



Biologisch indizierte Wasserqualität DI-CH gemäss BAFU (2007b)

sehr gut gut mässig unbefriedigend schlecht
 1 bis < 3.5 3.5 bis < 4.5 4.5 bis < 5.5 5.5 bis < 6.5 6.5 bis 8.0



D-Gruppen mit Angabe der D-Wertbereiche gemäss BAFU (2007b)

sehr gut sehr gut gut mässig unbefriedigend schlecht nicht definiert
 1 bis < 2.5 2.5 bis < 3.5 3.5 bis < 4.5 4.5 bis < 5.5 5.5 bis < 6.5 6.5 bis 8.0 -

Abb. 4.22: Kieselalgen.Indexwerte DI-CH und Darstellung der D-Gruppen

an den Untersuchungsstellen der Region Region Jura - Seeland (Hauptkanal, Twannbach, Suze, Birse, Trame, Ruisseau de Chaluet, Some, Lyssbach, Alte Aare) im Untersuchungsjahr 2021.

Oben: Kieselalgen-Indexwerte DI-CH. Die Farbskala bei der Y-Achse entspricht den Zustandsklassen gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007b). Rote Linie: Ab einem DI-CH von ≥ 4.5 , werden die ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung Anhang 1 nicht mehr erfüllt (GSchV 1998).

Unten: Anteile der D-Gruppen. Die Farben und Bezeichnungen entsprechen den Zustandsklassen gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007b)

4.3.3.3 Standortgerechtigkeit

Hinsichtlich DI-CH-Wert erfüllten alle Stellen der Region Jura - Seeland die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1. Bezüglich Standortgerechtigkeit hingegen wiesen 9 der 10 Stellen keine standortgerechte Lebensgemeinschaft auf. Nur die Standortgerechtigkeit der Lebensgemeinschaft im Ruisseau de Chaluet (CHA001) war gegeben (hoher Anteil an Sauberwasserarten und fehlender Anteil an Belastungszeigern), was die Erfüllung der ökologischen Ziele bestätigt. Die fehlende Erfüllung der Standortgerechtigkeit war bei den restlichen Stellen auf den zu kleinen Anteil an nährstoffsensiblen Arten zurückzuführen. Zudem wiesen drei Stellen (HKA001, TRA004, LYB002) zusätzlich einen zu hohen Anteil an nährstoffliebenden Arten (D-Wert ≥ 5.5) auf. An der Untersuchungsstelle Alte Aare (ALA010) kam ausserdem die gebietsfremde Art *Achnanthydium delmontii* häufig vor (Tabelle 4.10).

4.3.3.4 Teratologie (Missbildungen)

Die Stellen in den Fließgewässern der Region Jura - Seeland wiesen mit einer Ausnahme keine Teratologien auf (Tabelle 4.10). Nur in der Alte Aare (ALA010) kamen Teratologien mit sehr geringen Anteilen vor (0.2 %).

4.3.3.5 Neophyten

In der Region Jura - Seeland wurde an den untersuchten Stellen nur eine gebietsfremde Kieselalgenart nachgewiesen. Es war dies *Achnanthydium delmontii*, welche an fünf von 10 Stellen mit relativen Anteilen von 0.2 bis 27.2 % vorkam. In der Alten Aare (ALA010) erreichte *A. delmontii* mit 27.2 % einen hohen Anteil. Die Stellen Twannbach (TWB011), La Birse (BIZ001), La Trame (TRA004) und Lyssbach (LYB001, LYB002) wiesen keine gebietsfremden Kieselalgenarten auf (Tabelle 4.10).

4.3.3.6 Planktische Kieselalgen

Der Anteil der Plankter war an den Stellen der Region Jura - Seeland tief und erreichte mit 0 bis 0.6 % nur geringe relative Häufigkeiten. Planktische Arten wurden an drei von 10 Stellen nachgewiesen (Tabelle 4.10).

4.3.3.7 Vergleich mit früheren Untersuchungen

Im Vergleich mit den früheren Untersuchungen an denselben Stellen ist ersichtlich, dass die Verhältnisse der biologisch indizierten Wasserqualität je nach Untersuchungsstelle unterschiedlich ausfallen. Bewertet man eine Änderung des DI-CH-Wertes von ≥ 0.4 als relevant (aktuelles Untersuchungsjahr versus Mittelwert früherer Erhebungen), so kam es bei drei Stellen zu einer Verbesserung, bei zwei Stellen zu einer Verschlechterung und bei fünf Stellen zu keiner Änderung. Die Stellen Twannbach (TWB011), La Suze (SUZ001), La Birse (BIZ001), La Trame (TRA004), Lyssbach (LYB001) und Alte Aare (ALA001) wiesen in gewissen Untersuchungsjahren eine «mässige» respektive «unbefriedigende» Zustandsklasse auf und erreichten somit die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1 nicht. Seit 2016 sowie im aktuellen Untersuchungsjahr hingegen befanden sich alle untersuchten

Stellen in der Zustandsklasse «gut» respektive «sehr gut» und erreichten die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1 (Tabelle 4.11).

Tab. 4.11: Vergleich der Untersuchungen des Jahres 2021 mit früheren Erhebungen des Zeitraums 1991 bis 2018 auf Basis des Kieselalgen-Indexwertes DI-CH an den Untersuchungsstellen der Region Jura - Seeland. Bewertung gemäss BAFU Modul Kieselalgen, Stufe F, Zweiteichung mit 5 Zustandsklassen. Sommerproben (S) und Herbstproben (H).

| Gewässer | Stelle | Untersuchungsjahre 2019 - 2022 aktuelle Untersuchung | | | | | | | | | | | | | Mittelwert 1992 bis 2018 | Differenz 2021 minus Mittelwert |
|---------------------|--------|---|------|------|------|----------|------|------|------|------|------|------|----------|------|-----------------------------|------------------------------------|
| | | 1992 | 1993 | 2006 | 2010 | 2011 (H) | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 | 2018 (S) | 2021 | | |
| Hauptkanal | HKA001 | | | | | | | | | | 3.7 | | | 4.2 | 3.7 | 0.6 |
| Twannbach | TWB011 | | | | | 4.9 | 4.0 | | | | 3.6 | | | 3.1 | 4.2 | -1.0 |
| La Suze | SUZ001 | | 5.7 | 3.2 | | | | | | | 2.3 | | | 3.4 | 3.7 | -0.3 |
| La Birse | BIZ001 | | 2.2 | 2.7 | | | | | | 4.9 | | | | 2.8 | 3.2 | -0.4 |
| La Trame | TRA004 | | 4.9 | 4.0 | | | | | | 4.4 | | | | 4.2 | 4.4 | -0.2 |
| Ruisseau de Chaluet | CHA001 | | 2.0 | | | | | | | 2.3 | | | | 2.0 | 2.2 | -0.2 |
| La Sorne | SOR002 | | 3.1 | 2.7 | | | | | | 3.7 | | | | 3.6 | 3.2 | 0.4 |
| Lyssbach | LYB001 | 4.2 | | | 4.1 | | | 4.6 | 4.3 | 4.0 | 4.0 | 3.7 | 3.9 | 3.9 | 4.1 | -0.2 |
| Lyssbach | LYB002 | 3.9 | | | 4.1 | | | | | | | 4.4 | | 4.4 | 4.1 | 0.2 |
| Alte Aare | ALA010 | 5.1 | | | | | | | | | | | 3.3 | 3.8 | 4.2 | -0.4 |

4.3.4 Wasserwirbellose

4.3.4.1 Kennzahlen

Gesamtindividuumdichte: Im Hauptkanal war die Individuumdichte mit 41 Ind./0.1m² gering. Twannbach, Birs, Ruisseau de Chaluet, Sorne, Lyssbach und Alte Aare wiesen mittlere Individuumdichten auf, zwischen knapp 400 und knapp 900 Ind./0.1m². In der Suze wurden mit Abstand am meisten Individuen erfasst (2231 Ind./0.1m²).

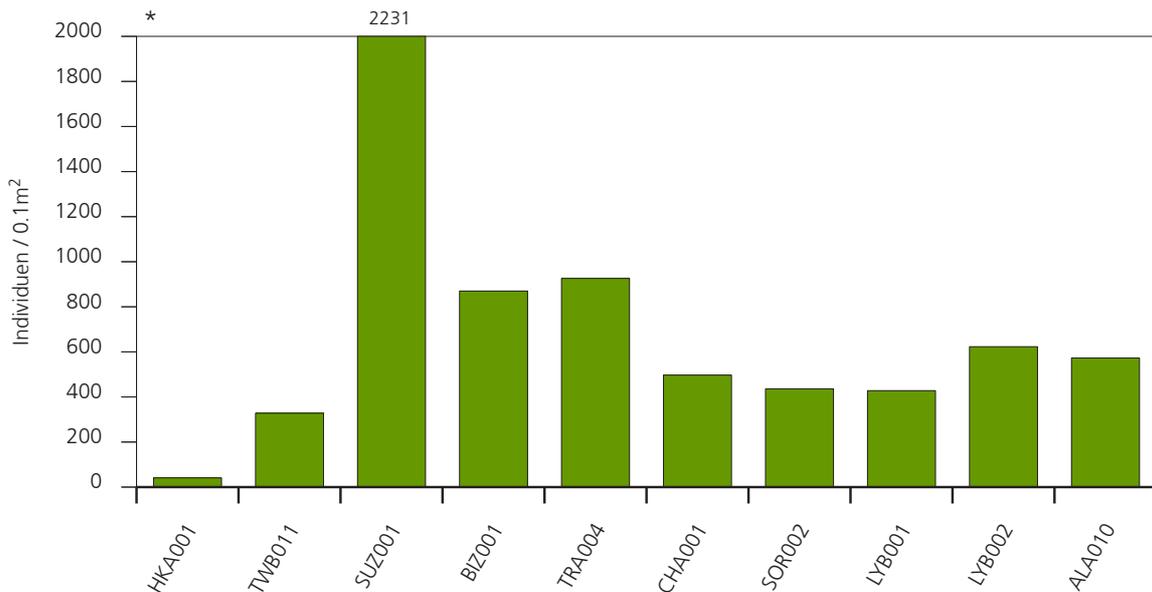


Abb. 4.23: Gesamtindividuumdichten der Wasserwirbellosen

an den Untersuchungsstellen der Region Jura - Seeland (Hauptkanal, Twannbach, Suze, Birs, Trame, Ruisseau de Chaluet, Sorne, Lyssbach, Alte Aare).

Angaben in Ind. / 0.1m²

*: Zur leichteren Lesbarkeit werden die hohen Individuumdichten nicht vollständig auf der Achse dargestellt.

Im Hauptkanal, im Twannbach, in der Birs, der Trame, der Sorne und der Alten Aare konnte gegenüber früheren Untersuchungen eine Abnahme der Individuumdichte gesehen werden. An der Stelle LYB002 wurde eine Zunahme festgestellt. An allen anderen Stellen schwankte die Individuumdichte über die Untersuchungsperiode. Schwankungen der Individuumdichte über die Zeit treten zumindest teilweise auch natürlicherweise auf. Mögliche Gründe für diese Dichteschwankungen können Geschiebetrieb infolge von Hochwasserereignissen, Änderungen im hydrologischen Regime (Restwasser/Schwall-Sunk) oder Änderungen im Belastungsgrad (z.B. unterhalb von ARAs, Landwirtschaft) sein. Zudem sind Arten mit hoher Dichte (z.B. Bachflohkrebse, Zuck- und Kriebelmücken, Wenigborster) nicht homogen im Gewässer verteilt, sodass einzelne Teilproben sehr hohe Dichten aufweisen können.

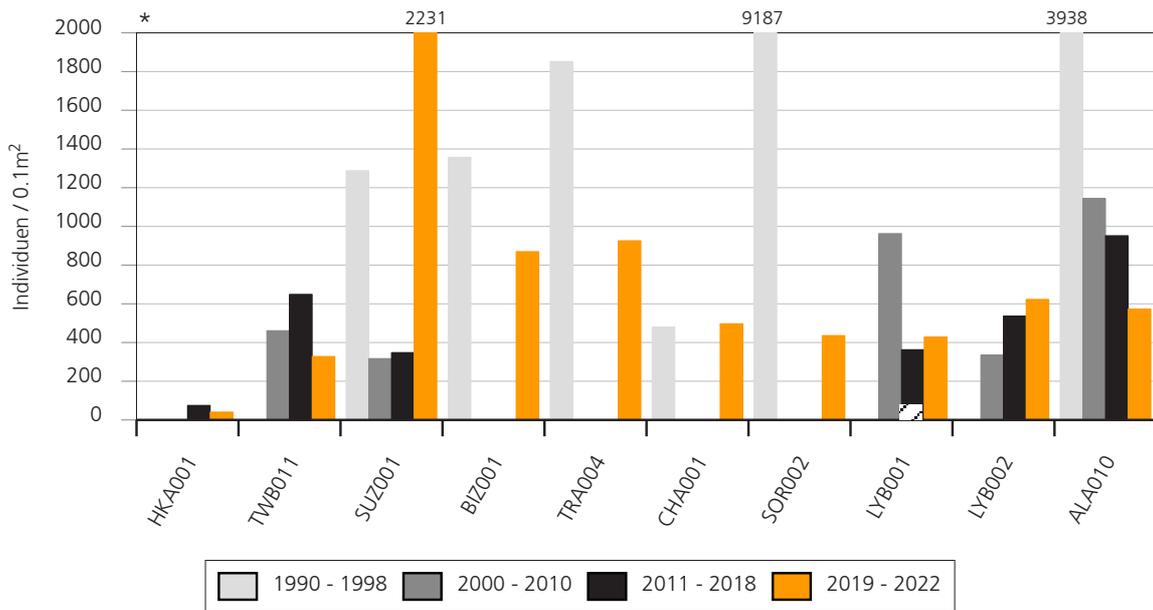


Abb. 4.24: Gesamtindividuedichten der Wasserwirbellosen

an den Untersuchungsstellen der Region Jura - Seeland (Hauptkanal, Twannbach, Suze, Birse, Trame, Ruisseau de Chaluet, Sorne, Lyssbach, Alte Aare) im Untersuchungsjahr 2021 sowie in früheren Untersuchungsjahren.

Angaben in Ind. / 0.1m²

*: Zur leichteren Lesbarkeit werden die hohen Individuedichten nicht vollständig auf der Achse dargestellt.

☐ Bei mehreren Probenahmen im gleichen Untersuchungszeitraum: kleinste Dichte in diesem Zeitraum

Taxazahlen: Wie auch bei der Gesamtindividuedichte wies der Hauptkanal mit 14 Taxa die geringste Taxazahl auf. An allen anderen Stellen bewegte sich die Taxazahl zwischen 21 und 45 Taxa. An den Untersuchungsstellen in der Suze, der Trame, dem Ruisseau de Chaluet und der Sorne war die Taxazahl mit >40 Taxa besonders hoch.

Tab. 4.12: Taxazahlen, Nassgewicht, IBCH 2019, SPEAR 2019 an den Untersuchungsstellen der Region Jura - Seeland. Um mit den Daten früherer Untersuchungen zu vergleichen sind IBCH 2010 und Makroindex ebenfalls dargestellt (Daten von 2011 - 2018 sowie aktuelles Untersuchungsjahr). Farbcode Indices siehe Tab. 3.5. DK: Diversitätsklasse; IG: Indikatorgruppe. * Bei Stellen mit mehreren Werten in der Untersuchungsperiode 2011 - 2018: schlechtester / bester Wert. k.A. = keine Angabe.

| Stelle | Datum | Taxazahl / Taxazahl Familien | Taxazahl EPT / Taxazahl EPT Familien | Nassgewicht | IBCH 2019 | | | SPEAR 2019 | IBCH 2010 | | Makroindex | |
|--------|-----------|------------------------------|--------------------------------------|-------------|-----------|------|------|------------|-------------|------|-------------|------|
| | | | | | DK | IG | IBCH | | 2011 - 2018 | 2021 | 2011 - 2018 | 2021 |
| HKA001 | 25.3.2021 | 14 / 9 | 5 / 4 | 0.05 | 0.26 | 0.14 | 0.21 | 30.99 | 9 | 5 | 4 | 4 |
| TWB011 | 25.3.2021 | 25 / 17 | 10 / 8 | 2.12 | 0.34 | 0.42 | 0.37 | 26.89 | 7 | 9 | 3 | 3 |
| SUZ001 | 24.3.2021 | 45 / 24 | 21 / 9 | 4.67 | 0.43 | 0.84 | 0.58 | 25.99 | 12 | 14 | 3 | 3 |
| BIZ001 | 24.3.2021 | 21 / 15 | 7 / 6 | 1.96 | 0.26 | 0.7 | 0.42 | 28.38 | k.A. | 11 | k.A. | 4 |
| TRA004 | 24.3.2021 | 41 / 22 | 19 / 11 | 4.49 | 0.43 | 1 | 0.64 | 31.46 | k.A. | 15 | k.A. | 2 |
| CHA001 | 24.3.2021 | 41 / 23 | 26 / 14 | 2.67 | 0.51 | 1 | 0.7 | 40.91 | k.A. | 15 | k.A. | 2 |
| SOR002 | 24.3.2021 | 42 / 23 | 23 / 12 | 1.88 | 0.43 | 0.84 | 0.58 | 36.84 | k.A. | 14 | k.A. | 2 |
| LYB001 | 25.3.2021 | 33 / 22 | 11 / 8 | 0.85 | 0.51 | 0.7 | 0.58 | 20.24 | 12 / 13 | 13 | 3 | 3 |
| LYB002 | 25.3.2021 | 38 / 23 | 13 / 8 | 2.04 | 0.51 | 0.7 | 0.58 | 20.84 | 9 | 13 | 3 | 3 |
| ALA010 | 25.3.2021 | 37 / 22 | 18 / 9 | 4.51 | 0.6 | 0.97 | 0.74 | 31.58 | 12 | 14 | 4 | 3 |

Zustandsklassen

| | | | | |
|----------|-----|--------|----------------|----------|
| sehr gut | gut | mässig | unbefriedigend | schlecht |
|----------|-----|--------|----------------|----------|

EPT Taxa: Eintags-, Stein- und Köcherfliegen (EPT Taxa) gelten als besonders empfindlich gegenüber Belastungen verschiedenster Art. Ein hoher Anteil an EPT Taxa weist auf strukturreiche, unbelastete Gewässer hin. Der Hauptkanal sowie die Birse wiesen 5 bzw. 7 Taxa aus 4 bzw. 6 Familien und somit die geringste EPT Taxazahl im Untersuchungsgebiet der Region Jura - Seeland auf. Neben dem Einfluss der Landwirtschaft spielen für dieses Resultat auch Einträge aus der Siedlungsentwässerung eine wichtige Rolle. Im Twannbach und Lyssbach (LYB001 und LYB002) wurden zwischen 10 und 13 EPT Taxa bestimmt. An den restlichen Stellen (diese befanden sich alle im Jura) kamen zwischen 19 (TRA004) und 26 (CHA001) EPT Taxa vor. Der Ruisseau de Chaluet war in dieser Untersuchungsregion die Stelle, welche am wenigsten durch Landwirtschaft und Siedlung beeinträchtigt ist.

Nassgewicht: Das Nassgewicht bewegte sich zwischen $<1 \text{ g}/0.1\text{m}^2$ (Hauptkanal) und ungefähr $4.5 \text{ g}/0.1\text{m}^2$ (SUZ001, TRA004 und ALA010).

4.3.4.2 Lebensgemeinschaft der Wasserwirbellosen

Eintagsfliegen (Ephemeroptera): Ausser im Hauptkanal wurden an allen Stellen verschiedene Eintagsfliegentaxa gefunden. Diese machten zwischen 1% (BIZ001) und 55% (CHA001) der relativen Häufigkeit aus. Die Untersuchungsstellen TWB011, BIZ001 und LYB002 wiesen 3 oder weniger Eintagsfliegentaxa auf. Die grösste Anzahl Eintagsfliegentaxa (10 bzw. 11 Taxa) wurden im Ruisseau du

Chaluet sowie in der Sorne gefunden. Die Art *Baetis rhodani* kam an allen Stellen vor. Auch weitere Vertreter der Familie Baetidae wurden an fast allen Stellen (ausser BIZ001 und LYB002) erfasst. Darunter befanden sich 3 Arten der Roten Liste, welche alle in der Alten Aare bestimmt wurden (Lubini et al., 2012). *Baetis buceratus* (verletzlich, VU) besiedelt in sehr kleinen Dichten Fließgewässer im Tiefland, *Baetis melanonyx* (potenziell gefährdet, NT) kommt ebenfalls nur in sehr kleinen Beständen vor und *Baetis vardarensis* besiedelt ausschliesslich grössere Flüsse zwischen 300 und 600 m.ü.M. und besetzt eine enge ökologische Nische. Bei weiteren Taxa, welche in der Region Jura - Seeland erfasst wurden, handelte es sich um Vertreter aus der Familie Ephemerellidae (mit der Rote Liste Art *Torleya major*, VU, Stelle CHA001) und der Familie Leptophlebiidae, welche im Interstitial leben, die schlammbewohnende Art *Ephemerella danica* (SOR002, LYB002) sowie die mit vielen Taxa vertretene Familie der Heptageniidae (z.B. *Rhitrogena* sp., *Ecdyonurus* sp., vor allem in den Jura-Gewässern).

Steinfliegen (Plecoptera): Steinfliegen wurden nicht an allen Stellen gefunden. An den Jura-Gewässern (SUZ001, BIZ001, TRA004, CHA001, SOR002) kamen überall (teilweise viele) Steinfliegentaxa vor. An den Stellen im Seeland (HKA001, TWB011, LYB001, LYB002, ALA010) wurde nur im Lyssbach (LYB001) ein Steinfliegentaxon erfasst. An den meisten Stellen machten die Steinfliegen knapp 1% (oder weniger) der relativen Häufigkeit der Wasserwirbellosen aus. Im Ruisseau du Chaluet sowie in der Sorne waren sie jedoch mit 12 bzw 32% vertreten. Dies waren auch die Stellen mit den meisten Steinfliegentaxa (8 bzw. 6 Taxa). In der Region Jura - Seeland waren Leuctridae (z.B. *Leuctra* sp.) und Nemouridae (z.B. *Nemoura* sp., *Protonemura* sp.) an fast allen Stellen vertreten. Auch bei den Steinfliegen wurden Arten der Rote Liste gefunden. Es handelt sich um die kaltenothermen Arten *Perla marginata* (potenziell gefährdet, NT) an der Stelle CHA001 sowie *Perlodes jurassicus* (potenziell gefährdet, NT) an der Stelle SOR002. *P. jurassicus* kommt, wie der Name schon sagt, in der Schweiz nur im Jura vor.

Köcherfliegen (Trichoptera): Köcherfliegen kamen an allen Stellen im Untersuchungsgebiet vor. Dabei machten sie zwischen 1 und knapp 9% der relativen Häufigkeit aus. Bezüglich der EPT Taxazahlen machten die Köcherfliegen an den meisten Stellen den grössten Anteil aus. Es wurden zwischen 4 (BIZ001) und 13 (SUZ001) Taxa im Untersuchungsgebiet erfasst. An fast allen Stellen kamen verschiedene Vertreter der Hydropsychidae (ausser HKA001, SUZ001, BIZ001), Rhyacophilidae (ausser HKA001) und Limnephilidae vor. Im Hauptkanal wurden einige Taxa gefungen, welche nur dort vorkamen. Es handelte sich dabei um *Anabolia nervosa* und *Cyrnus trimaculatus*, welche beide langsam fliessende Gewässer mit sandigem, pflanzenreichem Untergrund bevorzugen, sowie *Lype* sp., welche ebenfalls eher langsam fliessende Gewässer bewohnt und sich u.a. von Totholz ernährt (Bay. Landesamt, 1996). In der Suze wurden zwei Rote Liste Arten erfasst, es handelte sich um *Micropterna nycterobia* (NT), die Quellgewässer bewohnt und deren Lebensraum potenziell gefährdet ist, sowie die Art *Tinodes maculicornis* (verletzlich, VU, welche in saubereren kleinen Fließgewässern vorkommt und deren Lebensraum oft fragmentiert (Lubini et al., 2012) ist. Auch weitere Quellarten wurden in der Suze bestimmt, so *Tinodes dives* und *Drusus annulatus*. *Drusus annulatus* wurde auch in der Birs, der Trame und der Sorne erfasst.

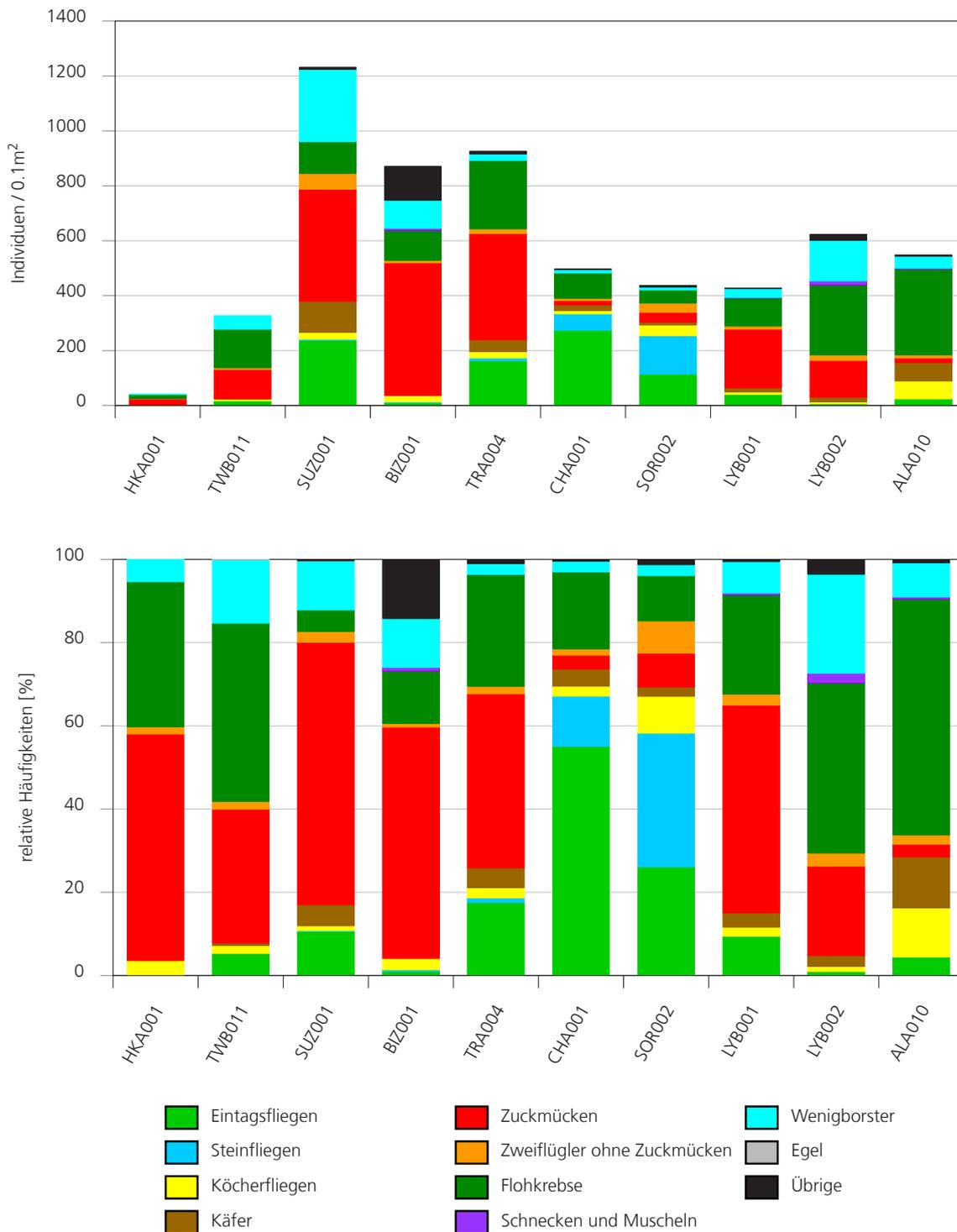


Abb. 4.25: Gesamtindividuumdichten sowie relative Häufigkeiten der bedeutendsten Gruppen der Wasserwirbellosen

an den Untersuchungsstellen der Region Jura - Seeland (Hauptkanal, Twannbach, Suze, Birse, Trame, Ruisseau de Chaluet, Sorne, Lyssbach, Alte Aare) im Untersuchungsjahr 2021.

Angaben in Ind. / 0.1m². Übrige Wasserwirbellosen: Nematoden, Plattwürmer, Wassermilben, Wasserasseln, Libellen, Schlammfliegen.

*: Zur leichteren Lesbarkeit werden die hohen Individuumdichten nicht vollständig auf der Achse dargestellt.

Eine weitere Rote Liste Art, *Brachicentrus maculatus*, wurde in der Alten Aare bestimmt. Sie bewohnt grössere Fließgewässer mit intakten Auen und ist vom Aussterben bedroht (Lubini et al., 2012). An dieser Stelle kamen auch weitere Arten vor, welche in langsam fließenden grösseren Gewässern leben, so z.B. *Agapetus ochripes* (Bay. Landesamt, 1996).

Käfer (Coleoptera): Wasserkäfer (Adulte und Larven) wurden, ausser im Hauptkanal, an allen Stellen gefunden. Es waren dies hauptsächlich Hakenkäfer (Elmidae) und kleine Dichten von *Orectochilus* sp., *Hydraena* sp. und *Helodes* sp..

Zweiflügler inkl. Zuckmückenlarven (Diptera): An allen Stellen kamen Vertreter der Zweiflügler vor (sowohl Zuckmücken wie auch andere Zweiflügler). In teils grossen Dichten (>50% rel. Häufigkeit) wurden Vertreter der Zuckmücken (Chironomidae) erfasst, so z.B. in Hauptkanal, Suze, Birse und Lyssbach (LYB001). Andere, an vielen Stellen vorkommende Zweiflügler waren z.B. die Familie der Simuliidae (Kriebelmücken) oder der Limoniidae/Pediciidae. Im Vergleich zu den Zuckmückenlarven machten aber die anderen Zweiflügler nur einen kleinen Anteil an der Gesamtindividuedichte aus.

Wenigborster (Oligochaeta): Wenigborster wurden an allen Stellen bestimmt. An vielen Stellen war deren Anteil <10%, im Twannbach (15%), in der Suze (11%), der Birse (11%) und im Lyssbach (LYB002, 23%) waren die relativen Häufigkeiten höher. Das Vorkommen von vielen Wenigborstern kann auf eine organische Belastung des Fließgewässers hinweisen.

Flohkrebse (Gammarus sp.): Flohkrebse wurden an allen Stellen im Untersuchungsgebiet gefunden. Im Twannbach, Lyssbach (LYB002) und der Alten Aare waren sie die dominante Gruppe.

Schnecken und Muscheln (Mollusca): Weichtiere kamen im Untersuchungsgebiet ausser an den Stellen CHA001 und SOR002 überall vor. Neben den einheimischen Arten *Ancylus fluviatilis*, *Radix balthica* und *Pisidium* sp. wurden einige Neozoen gefunden: *Potamopyrgus antipodarum* (LYB002, ALA010), *Corbicula fluminea* (ALA010) und *Dreissena polymorpha* (HKA001).

Übrige Wasserwirbellosen: An verschiedenen Stellen im Untersuchungsgebiet wurden weitere Wasserwirbellose in kleinen Dichten erfasst. Dazu gehörten Plattwürmer, Egel, Wassermilben, Wasserasseln, Libellen und Schlammfliegen. Bezüglich der Verschmutzungszeiger kamen in Twannbach, Suze und Sorne Egel vor, im Hauptkanal und im Lyssbach (LYB001) wurden Wasserasseln bestimmt. Diese kamen aber in sehr geringen Dichten vor (<3%).

Funktionelle Gruppen

Eine weitere Möglichkeit, die Wasserwirbellosengemeinschaft zu charakterisieren, ist die Auswertung der funktionellen Gruppen. Abbildung 4.26 zeigt die Habitat- und Strömungspräferenzen der untersuchten Wasserwirbellosengemeinschaften.

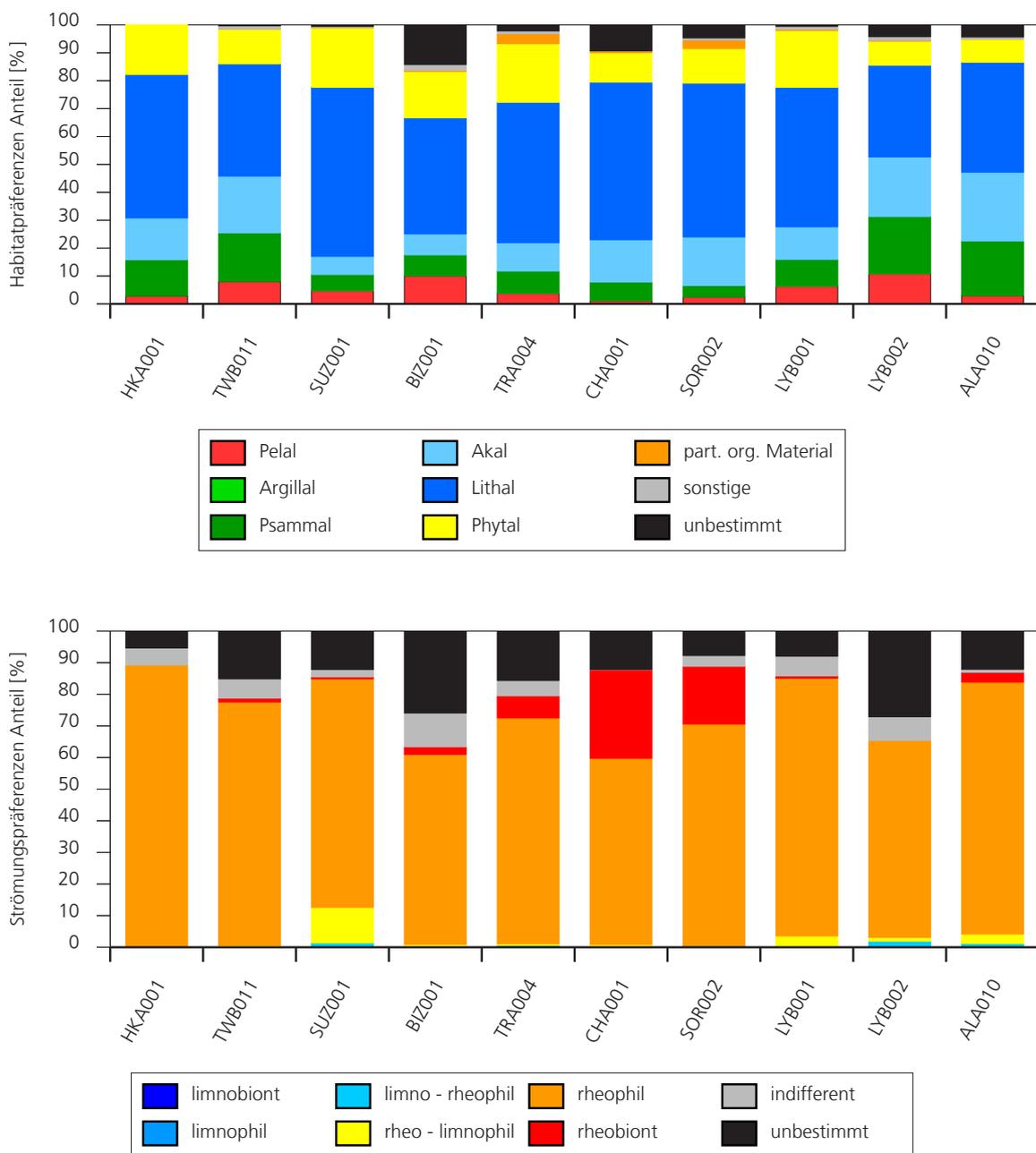


Abb. 4.26: Relative Häufigkeiten der Habitat- und Strömungspräferenzen der Wasserwirbellosen an den Untersuchungsstellen der Region Jura - Seeland (Hauptkanal, Twannbach, Suze, Birse, Trame, Ruisseau de Chaluet, Sorne, Lyssbach, Alte Aare) im Untersuchungsjahr 2021.

Bezüglich der Habitatpräferenzen wurde an allen Stellen eine ähnliche Verteilung der Präferenzen erkannt. Dominant waren überall Stein- und Kiesbewohner, Pflanzenbewohner sowie Taxa, welche sandig-schlammiges Substrat bevorzugten, kamen in kleineren Dichten vor. Bezüglich der Strömungspräferenzen sind an allen Stellen (wie zu erwarten) die strömungsliebenden Taxa dominant. Im Ruisseau de Chaluet sowie in der Sorne war der Anteil an rheobionten Taxa (obligat an

starke Strömung gebunden) höher als an den anderen Stellen, was wahrscheinlich auf den hohen Anteil an Eintags- und Steinfliegen zurückzuführen ist.

4.3.4.3 Wasserwirbellosenindices

Die aktuellste standardisierte Methode zur Beurteilung von Fließgewässern anhand der Wasserwirbellosen ist das Modul Makrozoobenthos (BAFU 2019) mit dem Indikator IBCH 2019. Dieser Index existierte bei der Auswertung der älteren Proben noch nicht. Deshalb werden zusätzliche Indexwerte (Saprobie, Makroindex, IBCH 2010) verglichen. Diese sind in Tab. 4.12 sowie in Abb. 4.27 aufgeführt.

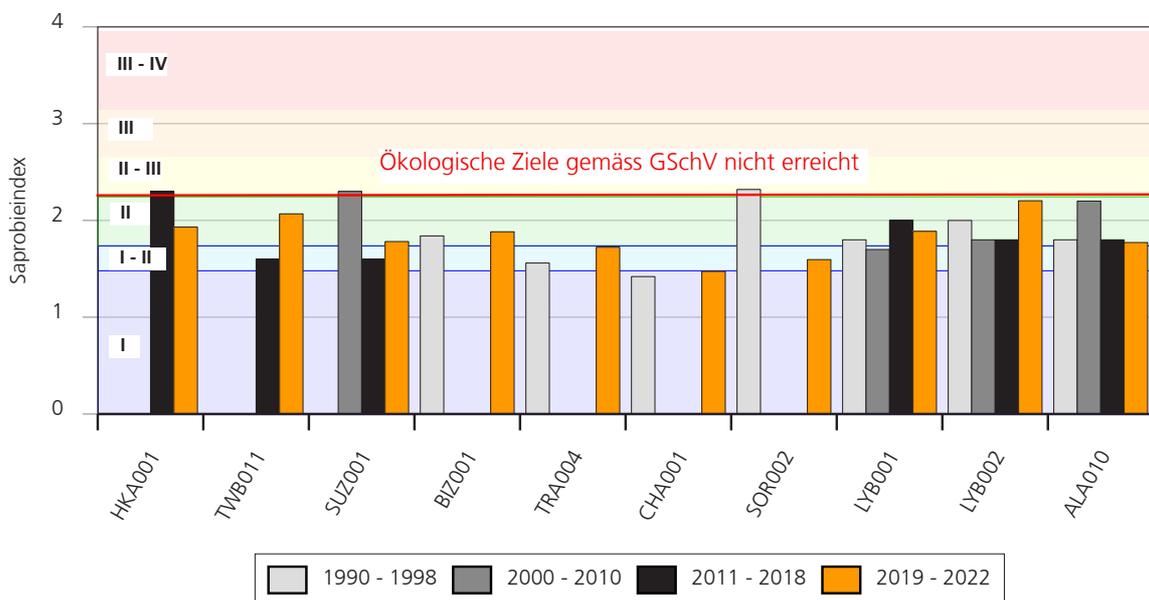


Abb. 4.27: Saprobieindex an den Untersuchungsstellen der erwirbellosen

an den Untersuchungsstellen der Region Jura - Seeland (Hauptkanal, Twannbach, Suze, Birse, Trame, Ruisseau de Chaluet, Sorne, Lyssbach, Alte Aare) im Untersuchungsjahr 2021 sowie in früheren Untersuchungsjahren.

Saprobiewert: I: unbelastet bis sehr gering belastet. I - II: gering belastet. II: mässig belastet.

Der **Saprobieindex** zeigt die biologisch indizierte Wasserqualität bezüglich der Saprobie an. Im Untersuchungsgebiet Jura - Seeland bewegte sich der Saprobieindex im Untersuchungsjahr 2021 zwischen I («unbelastet bis gering belastet») und II («mässig belastet»). Unbelastet war nur der Ruisseau de Chaluet, die Trame und die Sorne waren gering belastet. Alle anderen Stelle zeigten bezüglich der Saprobie einen mässig belasteten Gewässerzustand auf. Die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 1 wurden im Untersuchungsjahr 2021 erreicht. Im Hauptkanal, in der Suze und der Sorne wurden die ökologischen Ziele in früheren Untersuchungsjahren (teilweise) nicht erreicht, insofern konnte an diesen Stellen über die Zeit eine Verbesserung festgestellt werden. An den Stellen TWA011, BIZ001, TRA004, CHA001 sowie im Lyssbach wurde in der Tendenz eine (leichte) Verschlechterung bezüglich der Saprobie gemessen. In der Alten Aare war die Saprobie vergleichbar mit den alten Daten (ausser 2000 - 2010).

Der **Makroindex** zeigt das Verhältnis von Insekten zu Nichtinsekten an. Im aktuellen Untersuchungsjahr (2021) wurden an den meisten Stellen die ökologischen Ziele bezüglich des Makroindex erreicht (MI = 1, 2 oder 3), der ökologische Zustand war also «gut» bis «sehr gut». Einzig der Hauptkanal und die Birse erreichten die ökologischen Ziele nicht. Frühere Untersuchungen zeigen ähnliche Resultate, in der Alten Aare wurde gegenüber frühere eine Verbesserung festgestellt.

Der **IBCH 2019** wird aus der Diversitätsklasse (DK) sowie der Indikatorgruppe (IG) gerechnet. Dabei korreliert die Diversitätsklasse relativ gut mit der Habitatvielfalt. Nur die alte Aare wies bezüglich der Diversitätsklasse einen «guten» Wert auf. An den restlichen Stellen zeigte die Diversitätsklasse «mässige» bis «ungenügende» Zustände an, die morphologischen Verhältnisse waren für Wasserwirbellose also z.T. limitierend. Die Indikatorgruppe bezeichnet die Empfindlichkeit der vorkommenden Taxa und korreliert im Allgemeinen gut mit der chemischen Wasserqualität. An den meisten Stellen zeigte sich ein guter bis sehr guter Zustand bezüglich der Wasserqualität. Ausnahmen waren der Hauptkanal und der Twannbach. Der resultierende IBCH 2019 war an den Stellen TRA004, CHA001 und ALA010 «gut». Die Stellen SUZ001, BIZ001, SOR002 sowie die beiden Lyssbachstellen erreichten nur die Klasse «mässig», die Stellen HKA001 und TWB001 sogar nur die Klasse «ungenügend». Somit wurden an diesen Stellen die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 1 bezüglich des IBCH 2019 nicht erreicht. Der IBCH 2010 zeigte tendenziell etwas bessere Zustände an (nur HKA001, TWB011 und BIZ001 ökologische Ziele nicht erreicht). Vermutlich sind Änderungen in der Berechnung des IBCH-2019 für diese Unterschiede verantwortlich. In der Biogeographischen Region Jura kommen natürlicherweise im Durchschnitt mehr Taxa vor, dies wird bei der Berechnung des IBCH 2019 korrigiert. Der IBCH 2010 zeigte für den Twannbach, die Suze, den Lyssbach (LYB002) und die Alte Aare eine Verbesserung gegenüber den alten Daten an. Am Hauptkanal war der Zustand 2021 schlechter.

Der **SPEAR-Index 2019** zeigte an vielen Stellen im Untersuchungsgebiet eine Pestizidbelastung an. Einzig an den Stellen an der Sorne und dem Ruisseau de Chaluet war die Pestizidbelastung gering.

4.4 Region Oberland

In der Region Oberland wurden im Untersuchungsjahr 2022 8 Stellen an folgenden Gewässern untersucht: Aare, Gadmerwasser, Weisse Lüttschine, Schwarze Lüttschine, Lüttschine, Chirel und Saane.

4.4.1 Äusserer Aspekt

Die detaillierten Untersuchungsergebnisse werden in den Stellendokumentationen im Anhang dargestellt. Im Folgenden wird der Zustand des Äusseren Aspektes der Region Oberland im Untersuchungsjahr 2022 besprochen und mit den Daten früherer Probenahmen verglichen. Eine überblicksmässige Zusammenstellung des Zustandes des Äusseren Aspektes aller Untersuchungsstellen wie auch jener der Vorjahre zeigt Tabelle 4.13. Ausgewählte Bilder befinden sich in Abbildung 4.28.

In der **Aare** wurden zwei Stellen untersucht. An der oberen Stelle AAR001 wurde 2022 eine leichte Kolmation der Gewässersohle erfasst. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 war fraglich. Auch 2013 wurde an dieser Stelle eine Kolmation festgestellt, zudem trat damals auch Schlamm auf. 1995 wurden keine Beeinträchtigungen festgestellt. Die untere Stelle (AAR004) wies trübes und verfärbtes Wasser auf. Grund dafür ist vermutlich die Wasserkraftnutzung. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität war ebenfalls fraglich. 2013 und 1995 wurde eine starke Trübung (2013 auch Verfärbung) festgestellt.

Im **Gadmerwasser** (GWA001) wurden sowohl im aktuellen Untersuchungsjahr wie auch in früheren Untersuchungsjahren keine Beeinträchtigungen des Äusseren Aspektes festgestellt. Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden erfüllt.

In der **Weissen Lüttschine** (LUE001) wurde 2022 eine leichte bis mittlere natürliche Kolmation festgestellt. Ansonsten wurden keine Beeinträchtigungen erfasst, die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden erfüllt. 2013 war das Wasser an dieser Stelle durch eine obenliegende Baustelle getrübt und verfärbt, und es wurde eine leichte Kolmation festgestellt. 1995 wurden keine Beeinträchtigungen erfasst.

In der **Schwarzen Lüttschine** (LUS001) wurden 2022 keine Beeinträchtigungen festgestellt. Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden, wie auch in den früheren Untersuchungsjahren, erfüllt.

Das Wasser der **Lüttschine** (LUT001) war 2022 stark getrübt. Der Grund dafür ist unbekannt. Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden deshalb nicht erfüllt. In früheren Untersuchungsjahren wurden mehrheitlich keine Beeinträchtigungen bezüglich des Äusseren Aspektes erfasst. Nur 2013 wurde wenig stabiler Schaum festgestellt.

Im **Chirel** (CHI001) wurde eine leichte natürliche Kolmation festgestellt. Ansonsten wurden keine Beeinträchtigungen festgehalten. Auch in früheren Untersuchungsjahren wurden keine Beeinträchtigungen gefunden, die Anforderungen an die Wasserqualität wurden erfüllt.

An der Untersuchungsstelle in der **Saane** (SAA001) wurden 2022 keine Beeinträchtigungen des Äusseren Aspektes beanstandet, die Anforderungen an die

Wasserqualität wurden erfüllt. In früheren Untersuchungsjahren wurden jeweils Verpackungsabfälle festgestellt.



Aare (AAR001), leicht kolmatierte Gewässersohle.



Aare (AAR004), trübes und leicht verfärbtes Wasser.



Gadmerwasser (GWA001), keine Beeinträchtigungen.



Weisse Lütschine (LUE001), keine Beeinträchtigungen.



Schwarze Lütschine (LUS001), keine Beeinträchtigungen.



Lütschine (LUT001), stark getrübbtes Wasser.



Chirel (CHI001), keine Beeinträchtigungen.



Saane (SAA001), keine Beeinträchtigungen.

Abb. 4.28: Ausgewählte Fotos von Beeinträchtigungen des Äusseren Aspektes an den Untersuchungsstellen der Region Oberland.

Tab. 4.13: Äusserer Aspekt: Vergleich der Untersuchungsstellen der Region Oberland.
Bewertung: Blau: Anforderungen GSchV erfüllt; gelb: Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich; rot: Anforderungen GSchV nicht erfüllt. **Weisse Schrift auf blauem Hintergrund:** natürlicher Zustand, Anforderungen GSchV erfüllt. **l/m = leicht mittel, ver.zelt = vereinzelt.**
 k.A. = keine Angabe.

| Gewässer | Untersuchungsstelle | | Fließende Welle | | | | Gewässersohle | | | | | |
|--------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|------------|--------|--------|---------------|-------------|-----------|---------|--------------------------------|-----------------------|
| | aktuelle Untersuchung | frühere Untersuchungen | Trübung | Verfärbung | Schaum | Geruch | Schlamm | Eisensulfid | Kolmation | Abfälle | Abfälle Siedlungs-entwässerung | Heterotropher Bewuchs |
| Aare | AAR001 | 2022 | | | | | | | | | | |
| | | 2013 | | | | | | | | | | |
| | | 1995 | | | | | | | | | | |
| | AAR004 | 2022 | | | | | | | | | | |
| | | 2013 | | | | | | | | | | |
| | | 1995 | | | | | | | | | | |
| Gadmerwasser | GWA001 | 2022 | | | | | | | | | | |
| | | 2013 | | | | | | | | | | |
| | | 1995 | | | | | | | | | | |
| Weisse Lütschine | LUE001 | 2022 | | | | | | | | | | |
| | | 2013 | | | | | | | | | | |
| | | 1995 | | | | | | | | | | |
| Schwarze Lütschine | LUS001 | 2022 | | | | | | | | | | |
| | | 2013 | | | | | | | | | | |
| | | 1995 | | | | | | | | | | |
| Lütschine | LUT001 | 2022 | | | | | | | | | | |
| | | 2016 | | | | | wenig | | | | | |
| | | 2015 | | | | | wenig | | | | | |
| | | 2014 | | | | | | | | | | |
| | | 2013 | | | | | | | | | | |
| | | 2004 | | | | | | | | | | |
| | | 1995 | | | | | | | | | | |
| Chirel | CHI001 | 2022 | | | | | | | | | | |
| | | 2013 | | | | | | | | | | |
| | | 1994 | | | | | | | | | | |
| Saane | SAA001 | 2022 | | | | | | | | | | |
| | | 2014 | | | | | | | | | | |
| | | 1994 | | | | | | | | | | |

4.4.2 Flora der Gewässersohle

Abbildung 4.29 zeigt die Bewuchsdichte der Gewässersohle mit Algen (oben), Moosen und Makrophyten (unten) der Region Oberland im Untersuchungsjahr 2022, sowie den Vergleich mit früheren Untersuchungsjahren. Detaillierte Anga-

ben zur Artzusammensetzung können den Stellendokumentationen im Anhang entnommen werden. Abbildung 4.30 zeigt ausgewählte Fotos des pflanzlichen Bewuchses.

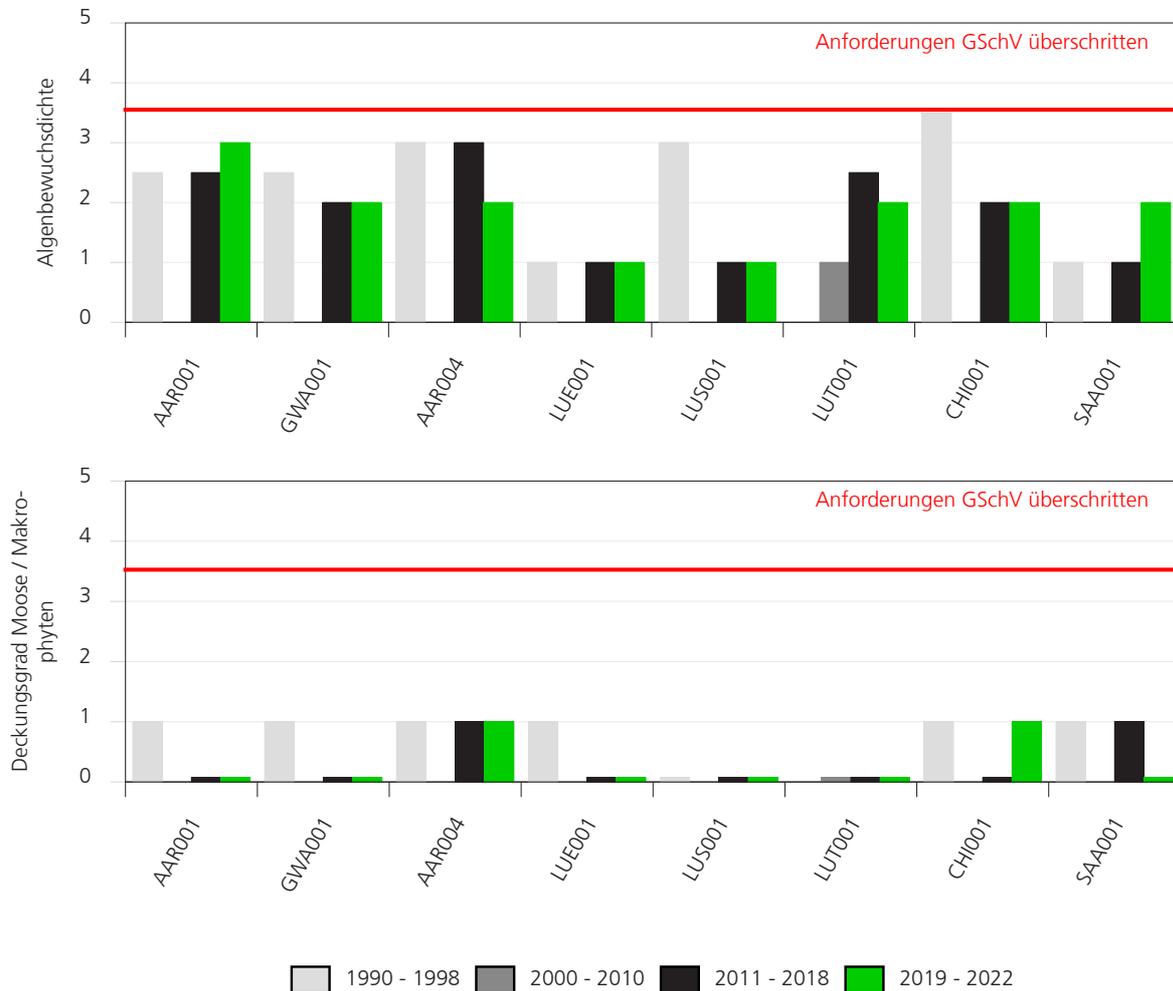


Abb. 4.29: Vergleich der Resultate der Algen- und Moos-/Wasserpflanzenbewuchsdichte

an den Untersuchungsstellen der Region Oberland (Aare, Gadmerwasser, weisse Lüttschine, Schwarze Lüttschine, Lüttschine, Chirel, Saane)

Algenbewuchsdichte: Skala nach Thomas & Schanz (1976, Skala abgeändert von 0 bis 5): 0 = kein Bewuchs, 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Krusten, 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.

Deckung Moose/Wasserpflanzen: Skala 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%.

Rote Linie: Anforderungen an die Wasserqualität im Sinne von Algenwucherungen gemäss GSchV Anhang 2 nicht mehr erfüllt.

4.4.2.1 Algenbewuchs

In der **Aare** war die obere Stelle (AAR001) durch krustige Kiesel- und Blaualgen sowie Ansätze von fädigen Goldalgen (*Hydrurus foetidus*) und Grünalgen (*Ulothrix* sp.) bewachsen. An der unteren Stelle (AAR004) fehlten die Blaualgen und der Anteil an Algenfäden war geringer. Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden erfüllt. In früheren Untersuchungsjahren war die Dichte jeweils etwas geringer (AAR001) bzw. höher (AAR004).

Im **Gadmerwasser** (GWA001) waren die Steine der Gewässersohle durch krustige Kieselalgen und wenige krustige Blaualgen bewachsen, fädige Goldalgen (*Hydrurus foetidus*) und Ansätze der Grünalge *Ulothrix* sp. kamen ebenfalls vor. In früheren Untersuchungsjahren war die Dichte vergleichbar bzw. leicht höher. Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden erfüllt.

In der **Weissen Lüttschine** (LUE001) sowie der **Schwarzen Lüttschine** (LUS001) war die Bewuchsdichte der Algen sehr gering, es kamen nur krustige Kieselalgen in kleinen Dichten vor. Auch in früheren Untersuchungsjahren war die Gewässersohle ähnlich wenig bewachsen (ausser LUS001 in 1995, evtl. aufgrund eines höheren Nährstoffeintrags). Dies ist weiter nicht überraschend, da die Gewässersohle in diesen Gewässern öfters bewegt wird (Gebirgsbachcharakter). Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden erfüllt.

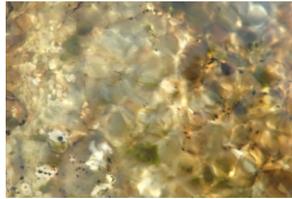
In der **Lüttschine** (LUT001) war die Dichte an Kieselalgen etwas höher (Dichte 3) als in der Schwarzen und Weissen Lüttschine. Auch kamen hier zusätzlich Ansätze der Goldalgen *Hydrurus foetidus* vor. Wucherungen traten keine auf, die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 wurden, wie auch in früheren Jahren, erfüllt.

Im **Chirel** (CHI001) kamen zusätzlich zu den krustigen Kieselalgen Ansätze von häutigen Blaualgen und fädigen Grünalgen (*Cladophora glomerata*) vor. Die Zusammensetzung der Algen war in früheren Jahren ähnlich. Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden erfüllt.

Auch in der **Saane** (SAA001) kamen nur Kieselalgen vor. Zusätzlich zu den krustigen Kieselalgen wurden aber auch fädige Kieselalgen erfasst, was für die gegenüber früheren Untersuchungen leicht höhere Dichte ausmacht. Die Anforderungen an die Wasserqualität wurden erfüllt.

4.4.2.2 Moose und Makrophyten

Moose kamen im Untersuchungsgebiet nur an den Stellen AAR004 und CHI001 in geringen Dichten vor. Makrophyten wurden an keiner Stelle erfasst. Dies ist nicht weiter überraschend, da die Bäche in dieser Region mehrheitlich Gebirgsbachcharakter haben und die Gewässersohle oft bewegt wird. So fehlt die Stabilität für den Aufwuchs von Moosen und Makrophyten.



Aare (AAR001), Ansätze fädiger Grünlingen.



Aare (AAR004), geringer Algenbewuchs auf den Steinen.



Gadmerwasser (GWA001), geringe Bewuchsdichten



Weisse Lüttschine (LUE001), sehr geringer Algenbewuchs auf den Steinen.



Schwarze Lüttschine (LUS001), sehr geringer Algenbewuchs auf den Steinen.



Lüttschine (LUT001), etwas höherer Algenbewuchs als an den Stellen LUE001 und LUS001.



Chirel (CHI001), *Cladophora glomerata*.



Saane (SAA001), fädige Kieselalgen

Abb. 4.30: Ausgewählte Fotos des pflanzlichen Bewuchses an den Untersuchungsstellen der Region Oberland.

4.4.3 Kieselalgen

4.4.3.1 Artenvielfalt

An den acht untersuchten Stellen der Region Oberland konnten im Untersuchungsjahr 2022 insgesamt 78 Kieselalgentaxa nachgewiesen werden. Die geringste Artenvielfalt wies die Saane (SAA001) mit 21 Kieselalgentaxa und die grösste Artenvielfalt die beiden Stellen Gadmerwasser (GWA001) und Lüttschine (LUT001) mit je 39 Kieselalgentaxa auf (Tabelle 4.14).

Tab. 4.14: Taxazahlen, Kieselalgen-Indexwerte DI-CH, Standortgerechtigkeit, Teratologie, Neophyta und Plankton an den Untersuchungsstellen der Region Oberland im Untersuchungsjahr 2022. Bewertung gemäss BAFU Modul Kieselalgen, Stufe F, Zweiteichung mit 5 Zustandsklassen.

| Gewässer | Stelle | Datum | Taxazahl | DI-CH | Standortgerechtigkeit | Teratologie | Neophyta | Plankton |
|---------------------|--------|-----------|----------|-------|-----------------------|-------------|----------|----------|
| Aare | AAR001 | 29.3.2022 | 22 | 1.59 | ja | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Gadmerwasser | GWA001 | 29.3.2022 | 39 | 1.81 | unklar | 0.0 | 2.2 | 0.0 |
| Aare | AAR004 | 29.3.2022 | 29 | 1.95 | ja | 0.0 | 0.8 | 0.0 |
| Weisse Lüttschine | LUE001 | 28.3.2022 | 32 | 1.78 | unklar | 0.0 | 3.0 | 0.2 |
| Schwarze Lüttschine | LUS001 | 28.3.2022 | 32 | 1.50 | ja | 0.0 | 1.3 | 0.0 |
| Lüttschine | LUT001 | 29.3.2022 | 39 | 2.17 | nein | 0.0 | 2.0 | 0.0 |
| Chirel | CHI001 | 28.3.2022 | 31 | 1.37 | ja | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Saane | SAA001 | 28.3.2022 | 21 | 1.14 | ja | 1.0 | 0.0 | 0.0 |

4.4.3.2 Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität

Die untersuchten Stellen der Region Oberland befanden sich allesamt in der Zustandsklasse «sehr gut» und erfüllten somit hinsichtlich DI-CH-Wert die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1. Die DI-CH-Werte lagen zwischen 1.14 (Saane SAA001) und 2.17 (Lüttschine LUT001). Die untersuchten Stellen weisen eine geringe bis sehr geringe Nährstoffbelastung ohne organische Belastung auf (Abbildung 4.30, Tabelle 4.14).

Betrachtet man die Lebensgemeinschaften der Kieselalgen auf Ebene der D-Gruppen, so ist ersichtlich, dass bei allen untersuchten Stellen der Region Oberland Ar-

ten mit D-Werten < 3.5 (Zustandsklasse «sehr gut») dominierten (84 bis 95 %). Der Anteil an sehr nährstoffsensiblen Arten (D-Werte < 2.5) war dabei mit 32 bis 86 % sehr hoch. Die Stellen in Chirel (CHI001), Gadmerwasser (GWA001) und Saane (SAA001) wiesen die höchsten Anteile an sehr nährstoffsensiblen Arten (D-Werte < 2.5) auf (Abbildung 4.30).

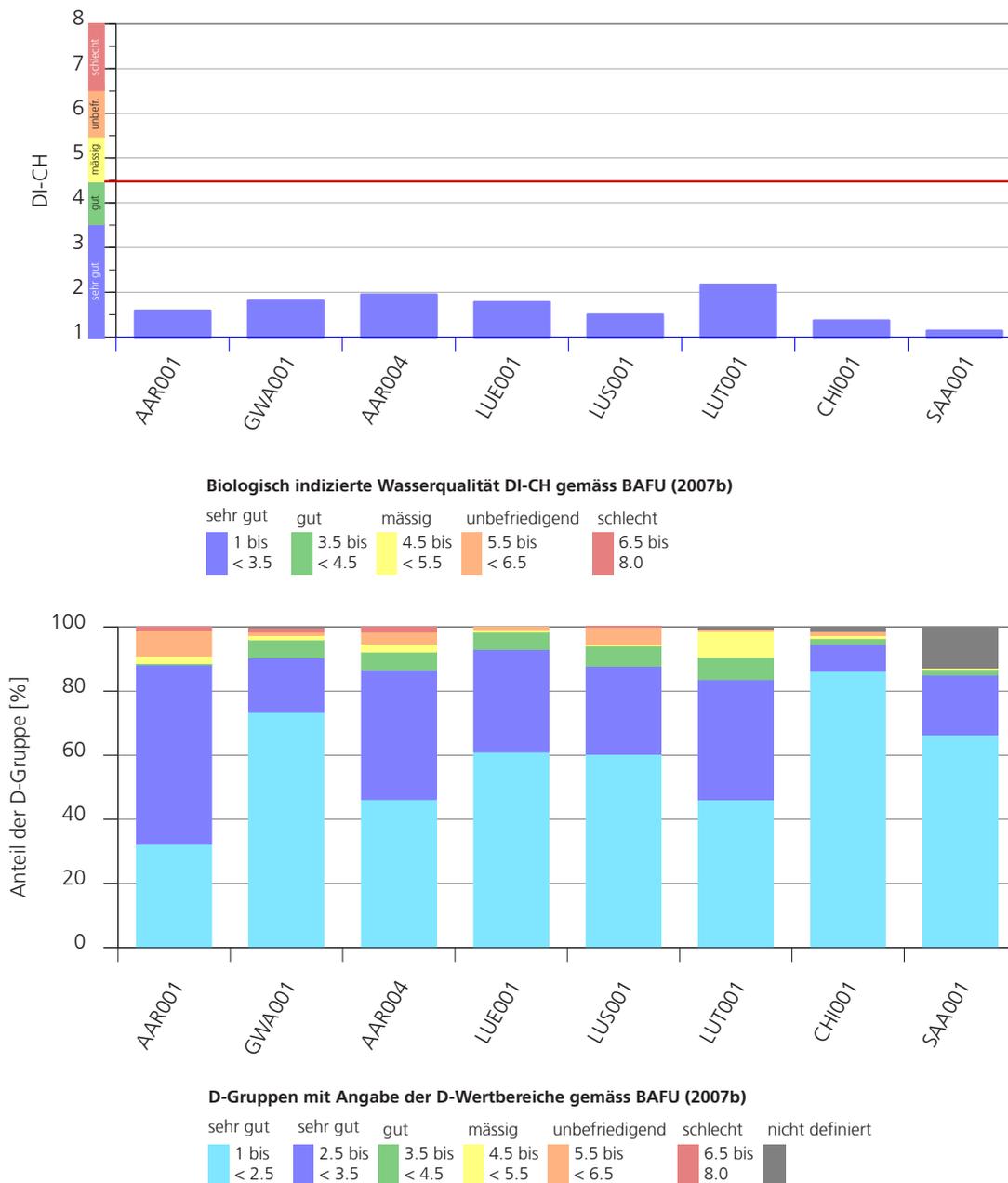


Abb. 4.31: Kieselalgen-Indexwerte DI-CH und Darstellung der D-Gruppen

an den Untersuchungsstellen der Region Region Oberland (Aare, Gadmerwasser, weisse Lüt-schine, Schwarze Lüttschine, Lüttschine, Chirel, Saane) im Untersuchungsjahr 2022.

Oben: Kieselalgen-Indexwerte DI-CH. Die Farbskala bei der Y-Achse entspricht den Zustandsklassen gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007b). Rote Linie: Ab einem DI-CH von ≥ 4.5 , werden die ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung Anhang 1 nicht mehr erfüllt (GSchV 1998).

Unten: Anteile der D-Gruppen. Die Farben und Bezeichnungen entsprechen den Zustandsklassen gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007b)

4.4.3.3 Standortgerechtigkeit

Hinsichtlich DI-CH-Wert erfüllten alle Stellen der Region Oberland die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1. Fünf der insgesamt acht Stellen waren durch eine standortgerechte Lebensgemeinschaft gekennzeichnet, was die Erfüllung der ökologischen Ziele bestätigt. Die Region Oberland wies somit am meisten Stellen mit einer erfüllten Standortgerechtigkeit auf (AAR001, AAR004, LUS001, CHI001, SA001). Die Erfüllung der Standortgerechtigkeit gilt bei zwei Stellen (GWA001, LUE001) aufgrund des Auftretens der gebietsfremden Art *Achnanthydium delmontii* mit geringen Anteilen als unklar. Die Lütschine (LUT001) wies mit 2.17 einen zu hohen DI-CH-Wert für den alpinen Raum auf (Indexwert > 2), wodurch die Standortgerechtigkeit als nicht gegeben gilt (Tabelle 4.14).

4.4.3.4 Teratologie (Missbildungen)

Die Stellen der Region Oberland wiesen mit Ausnahme der Saane keine Teratologien auf. Der Anteil an Teratologien lag bei der Saane bei 1 % und war tief (Tabelle 4.14).

4.4.3.5 Neophyten

Die gebietsfremde Kieselalge *Achnanthydium delmontii* wurde in der Region Oberland an fünf von acht Stellen mit geringen relativen Anteilen von 0.8 bis 3 % nachgewiesen. Die Stellen Aare (AAR001), Chirel (CHI001) und Saane (SAA001) wiesen keine gebietsfremden Kieselalgenarten auf (Tabelle 4.14).

4.4.3.6 Planktische Kieselalgen

Der Anteil der Plankter war an den Stellen der Region Oberland tief und erreichte mit 0 bis 0.2 % nur sehr geringe relative Häufigkeiten. Planktische Arten kamen an einer von acht Stellen vor (Tabelle 4.14).

4.4.3.7 Vergleich mit früheren Untersuchungen

Im Vergleich mit den früheren Untersuchungen an denselben Stellen ist ersichtlich, dass die Ergebnisse der biologisch indizierten Wasserqualität ähnlich ausfallen. Bewertet man eine Änderung des DI-CH-Wertes von ≥ 0.4 als relevant (aktuelles Untersuchungsjahr versus Mittelwert frühere Erhebungen), so kam es bei einer Untersuchungsstelle zu einer Verbesserung (Chirel CHI001). Bei allen anderen Stellen ist keine Veränderung ersichtlich. Seit Untersuchungsbeginn befanden sich alle Stellen jeweils in der Zustandsklasse «sehr gut» und erreichten somit stets die ökologischen Ziele der GSchV Anhang 1 (GSchV, 1998) (Tabelle 4.15).

Tab. 4.15: Vergleich der Untersuchungen des Jahres 2022 mit früheren Erhebungen des Zeitraums 1991 bis 2018 auf Basis des Kieselalgen-Indexwertes DI-CH an den Untersuchungsstellen der Region Oberland. Bewertung gemäss BAFU Modul Kieselalgen, Stufe F, Zweiteichung mit 5 Zustandsklassen.

| Gewässer | Stelle | Untersuchungsjahre 2019 - 2022 aktuelle Untersuchung | | | | | | | | Mittelwert 1994 bis 2018 | Differenz 2022 minus Mittelwert |
|--------------------|--------|---|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------------|------------------------------------|
| | | 1994 | 1995 | 2004 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2022 | | |
| Aare | AAR001 | | 1.1 | | 1.6 | | | | 1.6 | 1.4 | 0.2 |
| Gadmerwasser | GWA001 | | 1.5 | | 1.6 | | | | 1.8 | 1.5 | 0.3 |
| Aare | AAR004 | | 1.4 | | 1.9 | | | | 1.9 | 1.6 | 0.3 |
| Weisse Lütschine | LUE001 | | 2.1 | | 2.1 | | | | 1.8 | 2.1 | -0.3 |
| Schwarze Lütschine | LUS001 | | 1.7 | | 1.1 | | | | 1.5 | 1.4 | 0.1 |
| Lütschine | LUT001 | | 2.3 | 1.7 | 3.0 | 2.7 | 2.5 | 2.4 | 2.2 | 2.4 | -0.2 |
| Chirel | CHI001 | 2.5 | | | | 1.4 | | | 1.4 | 1.9 | -0.6 |
| Saane | SAA001 | 1.5 | | | | 1.3 | | | 1.1 | 1.4 | -0.3 |

4.4.4 Wasserwirbellose

4.4.4.1 Kennzahlen

Gesamtindividuedichte: Die Gesamtindividuedichten waren in der Region Oberland grundsätzlich eher tief. Sie bewegte sich zwischen 18 («sehr gering», SAA001) und knapp 500 Ind. / 0.1m² («mittel», CHI001). Die Untersuchungsstellen in Aare (AAR001), Gadmerwasser und Chirel wiesen eine höhere Individuedichte auf. Die restlichen Stellen wiesen Individuedichten von meist < 100 Ind. / 0.1m² auf. Solche kleinen Individuedichten sind für Bergbäche nicht aussergewöhnlich, auch in früheren Untersuchungen traten ähnlich geringe Dichten auf. Trotzdem waren die Individuedichten in der Tendenz an quasi allen Stellen geringer als in früheren Jahren (AAR004, LUS001, LUT001 und CHI001 wiesen aber Schwankungen auf). Mögliche Gründe für eine Abnahme der Individuedichte könnten z.B. Änderungen im hydrologischen Regime (Restwasser/Schwall-Sunk), Geschiebetrieb infolge von Hochwasserereignissen sowie auch eine inhomogene Verteilung von Individuen sein.

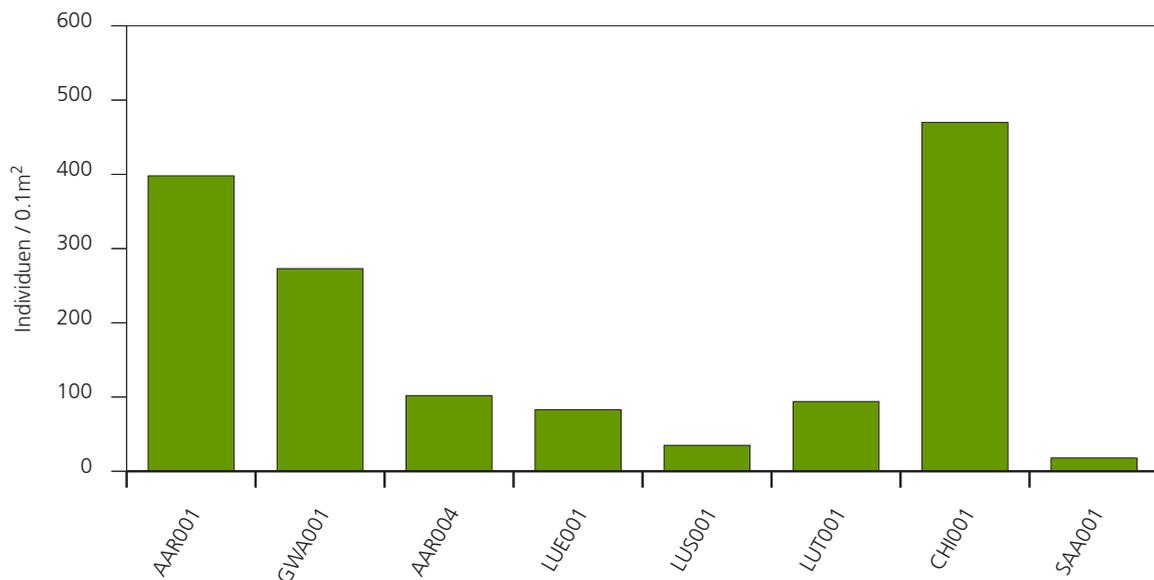


Abb. 4.32: Gesamtindividuedichten der Wasserwirbellosen

an den Untersuchungsstellen der Region Oberland (Aare, Gadmerwasser, weisse Lüttschine, Schwarze Lüttschine, Lüttschine, Chirel, Saane).

Angaben in Ind. / 0.1m²

Taxazahlen: In der Schwarzen Lüttschine und der Saane wurden mit 14 bzw. 15 Taxa die tiefsten Taxazahlen im Untersuchungsgebiet festgestellt. An den beiden Untersuchungsstellen der Aare, in der Weissen Lüttschine und der Lüttschine konnten 20 bis 22 Taxa bestimmt werden. Die Stellen mit den höchsten Taxazahlen waren das Gadmerwasser (28 Taxa) und die Chirel (30 Taxa).

Tab. 4.16: Taxazahlen, Nassgewicht, IBCH 2019, SPEAR 2019 an den Untersuchungsstellen der Region Oberland. Um mit den Daten früherer Untersuchungen zu vergleichen sind IBCH 2010 und Makroindex ebenfalls dargestellt (Daten von 2011 - 2018 sowie aktuelles Untersuchungsjahr). Farbcode Indices siehe Tab. 3.5. DK: Diversitätsklasse; IG: Indikatorgruppe. * Bei Stellen mit mehreren Werten in der Untersuchungsperiode 2011 - 2018: schlechtester / bester Wert.

| Stelle | Datum | Taxazahl / Taxazahl Familien | Taxazahl EPT / Taxazahl EPT Familien | Nassgewicht | IBCH 2019 | | | SPEAR 2019 | IBCH 2010 | | Makroindex | |
|--------|-----------|------------------------------|--------------------------------------|-------------|-----------|------|------|------------|-------------|------|-------------|------|
| | | | | | DK | IG | IBCH | | 2011 - 2018 | 2022 | 2011 - 2018 | 2022 |
| AAR001 | 29.3.2022 | 22 / 11 | 15 / 8 | 0.91 | 0.6 | 1 | 0.75 | 56.49 | 12 | 12 | 1 | 2 |
| GWA001 | 29.3.2022 | 28 / 14 | 20 / 10 | 0.36 | 0.77 | 1 | 0.86 | 62.5 | 12 | 13 | 1 | 1 |
| AAR004 | 29.3.2022 | 22 / 13 | 13 / 8 | 0.59 | 0.77 | 0.84 | 0.79 | 65 | 12 | 13 | 2 | 2 |
| LUE001 | 28.3.2022 | 20 / 14 | 13 / 9 | 0.23 | 0.51 | 1 | 0.7 | 60.24 | 11 | 13 | 2 | 1 |
| LUS001 | 28.3.2022 | 14 / 9 | 9 / 7 | 0.05 | 0.51 | 0.84 | 0.63 | 68.1 | 12 | 11 | 2 | 2 |
| LUT001 | 29.3.2022 | 21 / 13 | 11 / 7 | 0.40 | 0.77 | 0.84 | 0.79 | 54.56 | *12 / 13 | 13 | 2 | 2 |
| CHI001 | 28.3.2022 | 30 / 14 | 19 / 8 | 0.60 | 0.51 | 1 | 0.7 | 44.11 | 12 | 13 | 2 | 1 |
| SAA001 | 28.3.2022 | 15 / 10 | 9 / 6 | 0.00 | 0.34 | 1 | 0.59 | 53.24 | 10 | 12 | 1 | 1 |

Zustandsklassen

| | | | | |
|----------|-----|--------|----------------|----------|
| sehr gut | gut | mässig | unbefriedigend | schlecht |
|----------|-----|--------|----------------|----------|

EPT Taxa: Eintags-, Stein- und Köcherfliegen (EPT Taxa) gelten als besonders empfindlich gegenüber Belastungen verschiedenster Art. Ein hoher Anteil an EPT Taxa weist auf strukturreiche, unbelastete Gewässer hin. Die Stellen mit der geringsten Taxazahlen wies auch die geringste Anzahl EPT Taxa auf. In der Schwarzen Lutschine und der Saane wurden 9 EPT Taxa aus 7 bzw. 6 Familien bestimmt. Die Untersuchungsstellen in Aare, Weisser Lutschine und Lutschine wiesen 11 bis 15 EPT Taxa aus 7 bis 9 Familien auf. In Gadmerwasser und Chirel konnten 20 bzw. 19 EPT Taxa erfasst werden. An allen Stellen machten die EPT Taxa mindestens die Hälfte der Taxa aus, anteilmässig machten die EPT mindestens 70% der relativen Häufigkeit der Wasserwirbellosen aus.

Nassgewicht: Das Nassgewicht war an allen Stellen mit $<1\text{g}/\text{m}^2$ relativ gering, was für höher gelegene Gewässer aber im Rahmen liegt.

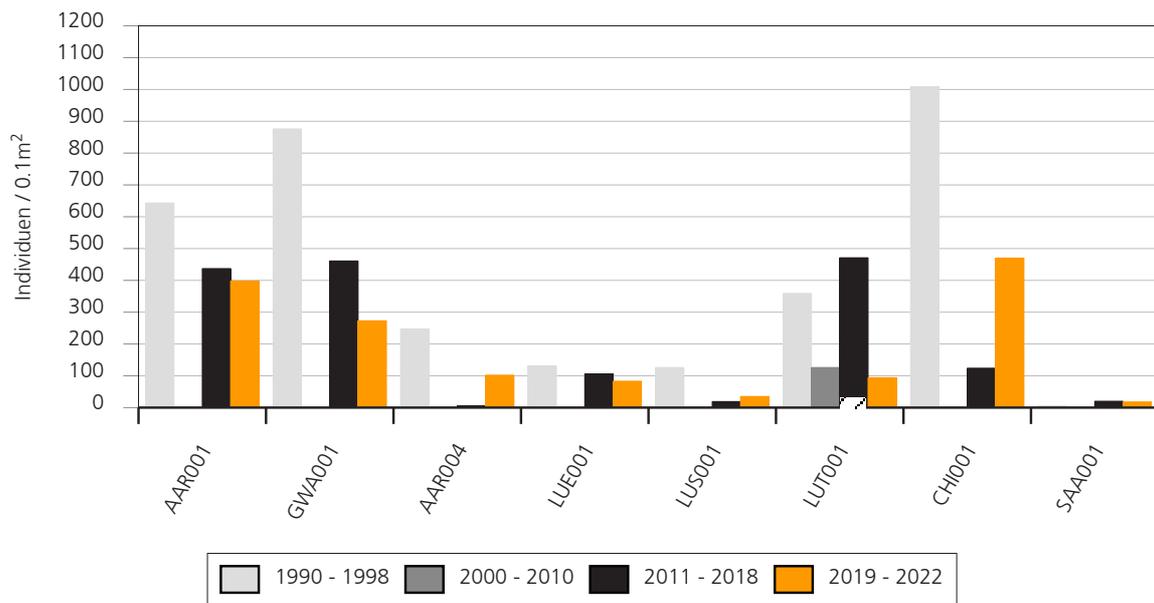


Abb. 4.33: Gesamtindividuumdichten der Wasserwirbellosen

an den Untersuchungsstellen der Region Oberland (Aare, Gadmerwasser, weisse Lüttschine, Schwarze Lüttschine, Lüttschine, Chirel, Saane) im Untersuchungszeitraum 2022 sowie in früheren Untersuchungszeiten.

Angaben in Ind. / 0.1m²

☐ Bei mehreren Probenahmen im gleichen Untersuchungszeitraum: kleinste Dichte in diesem Zeitraum

4.4.4.2 Lebensgemeinschaft der Wasserwirbellosen

Eintagsfliegen (Ephemeroptera): Eintagsfliegen wurden an allen Stellen im Untersuchungsgebiet erfasst. An den Untersuchungsstellen in der Aare sowie in der Weissen Lüttschine waren die Eintagsfliegen mit >60% der relativen Häufigkeit die dominierende Gruppe. Im Gadmerwasser und in der Chirel wurden mit 8 bzw. 9 Taxa am meisten Eintagsfliegentaxa bestimmt. An den restlichen Stellen kamen 4 bis 6 Taxa vor. Es wurden im Untersuchungsgebiet Vertreter von 3 Familien erfasst, es handelte sich dabei um Baetidae, Heptageniidae und, nur an der Stelle CHI001, Leptophlebiidae. An allen Stellen häufig war die Art *Baetis alpinus*. Diese kommt häufig in höheren Lagen vor. Weitere Vertreter der Baetidae, welche bestimmt wurden, waren z.B. *Baetis rhodani* oder *Alainites muticus*. Die Familie der Heptageniidae war mit den Gattungen *Ecdyonurus* sp. und *Rhithrogena* sp. vertreten. Deren Körper ist dorsoventral abgeflacht und somit sehr gut an starke Strömungen, so wie sie in Gebirgsbächen vorkommen, angepasst.

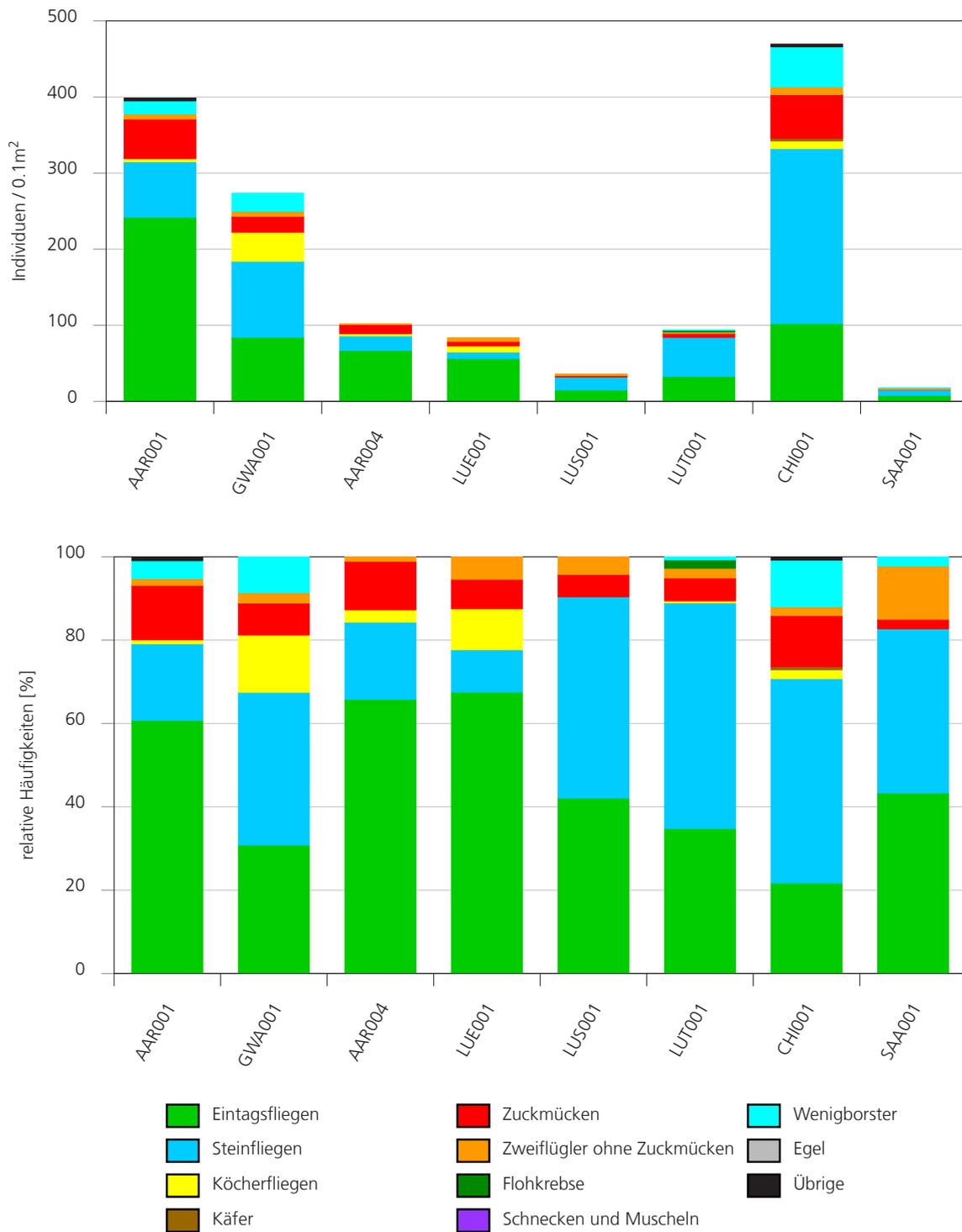


Abb. 4.34: Gesamtindividuumdichten sowie relative Häufigkeiten der bedeutendsten Gruppen der Wasserwirbellosen

an den Untersuchungsstellen der Region Oberland (Aare, Gadmerwasser, weisse Lüttschine, Schwarze Lüttschine, Lüttschine, Chirel, Saane) im Untersuchungs-jahr 2022.

Angaben in Ind. / 0.1m². Übrige Wasserwirbellosen: Nematoden, Plattwürmer, Wassermilben, Wasserasseln, Libellen, Schlammfliegen.

Steinfliegen (Plecoptera): Im Gegensatz zu den anderen Untersuchungsgebieten wurden in der Region Oberland an allen Stellen Steinfliegen erfasst. Dabei machten sie zwischen 10 und >50% der relativen Häufigkeit aus. In der Lüttschine, der Schwarzen Lüttschine und im Chirel waren die Steinfliegen die dominante Gruppe. Die Steinfliegenlebensgemeinschaft war durch Bergbachtaxa geprägt. Es kamen z.B. Chloroperlidae, *Brachyptera risi*, *Isoperla rivulorum* und *Protone-mura* sp. vor. Auch typische Bewohner des Interstitials wurden an allen Untersuchungsstellen bestimmt, z.B. *Leuctra* sp. oder auch *Chloroperlidae*. Das Vorkommen dieser Taxa deutet auf gute Habitatbedingungen (z.B. keine Kolmation) in der Gewässersohle hin.

Köcherfliegen (Trichoptera): Köcherfliegen kamen an allen Untersuchungsstellen ausser jener in der Saane vor. Die Köcherfliegen waren jedoch anteilmässig höchstens mit 14% (GWA001) vertreten, und es wurden eher wenige Taxa erfasst (zwischen 2 und 4 Taxa pro Stelle). Es waren hauptsächlich 2 Familien vertreten, die köcherbauenden Limnephilidae und die räuberischen Rhyacophilidae. Es kamen dabei vor allem Gebirgsbach- und Quelltaxa vor, so z.B. *Allogamus auricollis*, *Chaetopteryx villosa*, *Drusus biguttatus*, *Halesus rubricollis*, *Rhyacophila pubescens*, *R. torrentium* und *R. tristis*. Im Gadmerwasser wurde zusätzlich die Art *Glossosoma conformis* bestimmt.

Käfer (Coleoptera): Käfer waren im Untersuchungsgebiet selten. Sie wurden nur an den Stellen AAR004 und CHI001 erfasst. Es kamen an diesen Stellen Hakenkäfer (Elmidae) sowie *Hydraena* sp. vor.

Zweiflügler inkl. Zuckmückenlarven (Diptera): Zuckmücken (Chironomidae) und andere Zweiflügler kamen an allen Stellen in eher geringen Dichten vor (max. 15%). Die verschiedenen Zuckmückentaxa machten dabei an den meisten Stellen den Grossteil der Zweiflügler aus. An allen Stellen wurden auch Vertreter der Familie Limoniidae/Pediciidae gefunden, z.B. *Dicranota* sp. oder *Eloeophila* sp.. Weitere Taxa, welche an unterschiedlichen Stellen im Gebiet vorkamen, waren Kriebelmücken (Simuliidae), Athericidae, Hemerodromidae und Tabanidae.

Wenigborster (Oligochaeta): Ausser in der Weissen und Schwarzen Lüttschine wurden an allen Stellen Wenigborster erfasst. Dies jedoch in kleinen Dichten (AAR001, AAR004, LUT001, SAA001: <5%; GWA001 und CHI001 8 bzw. 11%). Das Vorkommen von vielen Wenigborstern kann auf eine organische Belastung im Fließgewässer hinweisen, an den Untersuchungsstellen im Berner Oberland wäre dies höchstens im Gadmerwasser und im Chirel der Fall.

Flohkrebse (Gammarus sp.): Flohkrebse kamen im Untersuchungsgebiet nur in der Lüttschine in sehr geringen Dichten vor. Dies ist weiter nicht überraschend, da Flohkrebse sich von zersetzendem Laub ernähren, welches in Bergbächen eher spärlich vorhanden ist.

Schnecken und Muscheln (Mollusca): Diese Gruppe war im Untersuchungsgebiet nicht vertreten.

Übrige Wasserwirbellose: An verschiedenen Stellen im Untersuchungsgebiet wurden weitere Wasserwirbellose in kleinen Dichten gefunden. Dazu gehörten Plattwürmer (LUT001) und Wassermilben (LUE001, CHI001).

Funktionelle Gruppen

Eine weitere Möglichkeit, die Wasserwirbellosengemeinschaft zu charakterisieren, ist die Auswertung der funktionellen Gruppen. Abbildung 4.35 zeigt die Habitat- und Strömungspräferenzen der untersuchten Wasserwirbellosengemeinschaften.

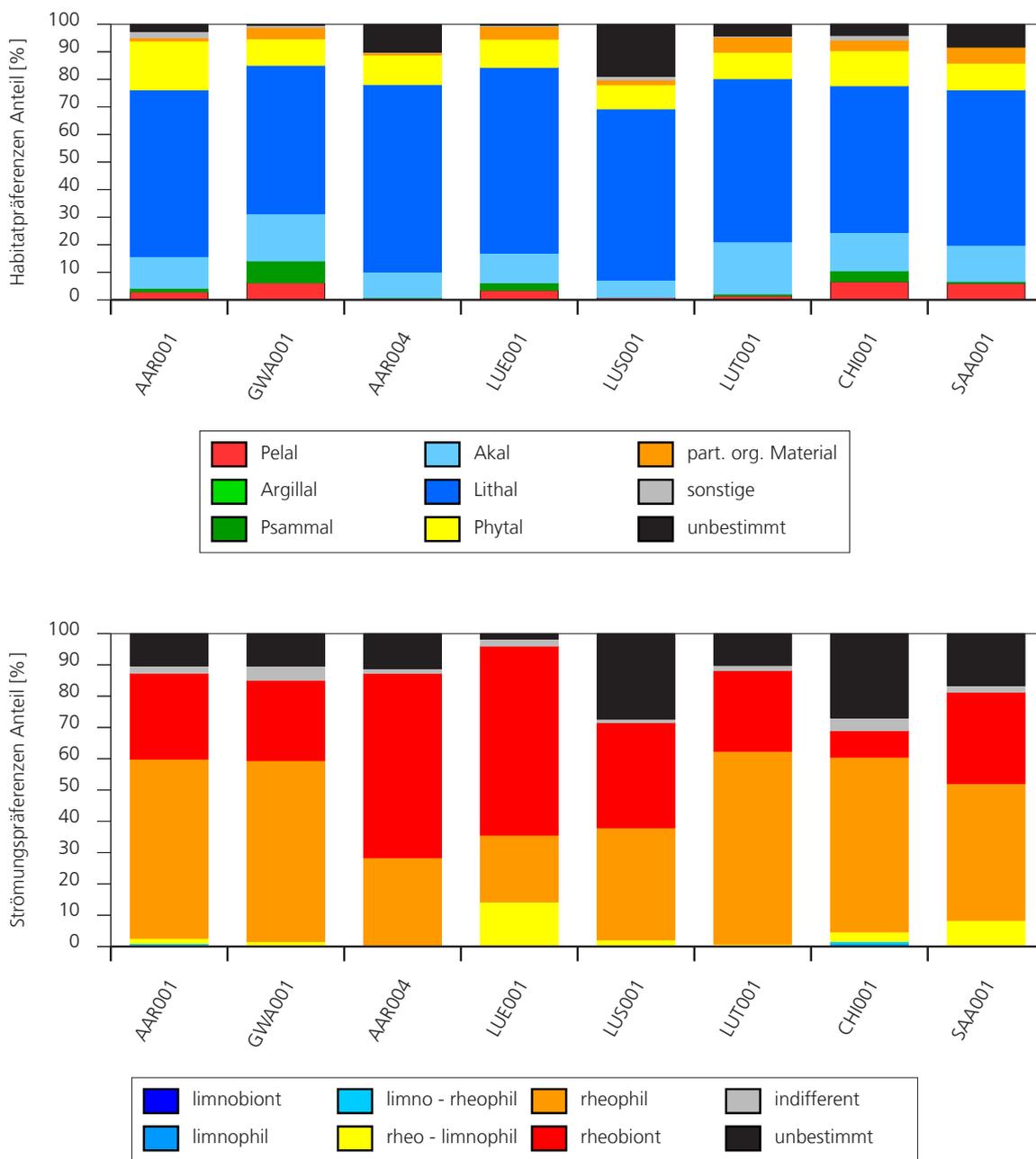


Abb. 4.35: Relative Häufigkeiten der Habitat- und Strömungspräferenzen der Wasserwirbellosen an den Untersuchungsstellen der Region Oberland (Aare, Gadmerwasser, weisse Lüttschine, Schwarze Lüttschine, Lüttschine, Chirel, Saane) im Untersuchungsjahr 2022.

Bezüglich der Habitatpräferenzen waren vor allem die Bewohner steiniger Substrate gut vertreten (Akal und Lithal). An allen Stellen kamen auch Pflanzenbewohner sowie Taxa, welche partikuläres organisches Material bewohnen, vor. Die Verteilung der Habitatpräferenzen war an allen 8 Stellen relativ ähnlich. Klar dominant waren an allen Stellen die strömungsliebenden Taxa (rheophil und rheobiont). Dies ist in Fließgewässern mit Bergbachcharakter nicht überraschend.

4.4.4.3 Wasserwirbellosenindices

Die aktuellste standardisierte Methode zur Beurteilung von Fließgewässern anhand der Wasserwirbellosen ist das Modul Makrozoobenthos (BAFU 2019) mit dem Indikator IBCH 2019. Dieser Index existierte bei der Auswertung der älteren Proben noch nicht. Deshalb werden zusätzliche Indexwerte (Saprobie, Makroindex, IBCH 2010) verglichen. Diese sind in Tab. 4.16 sowie in Abb. 4.36 aufgeführt.

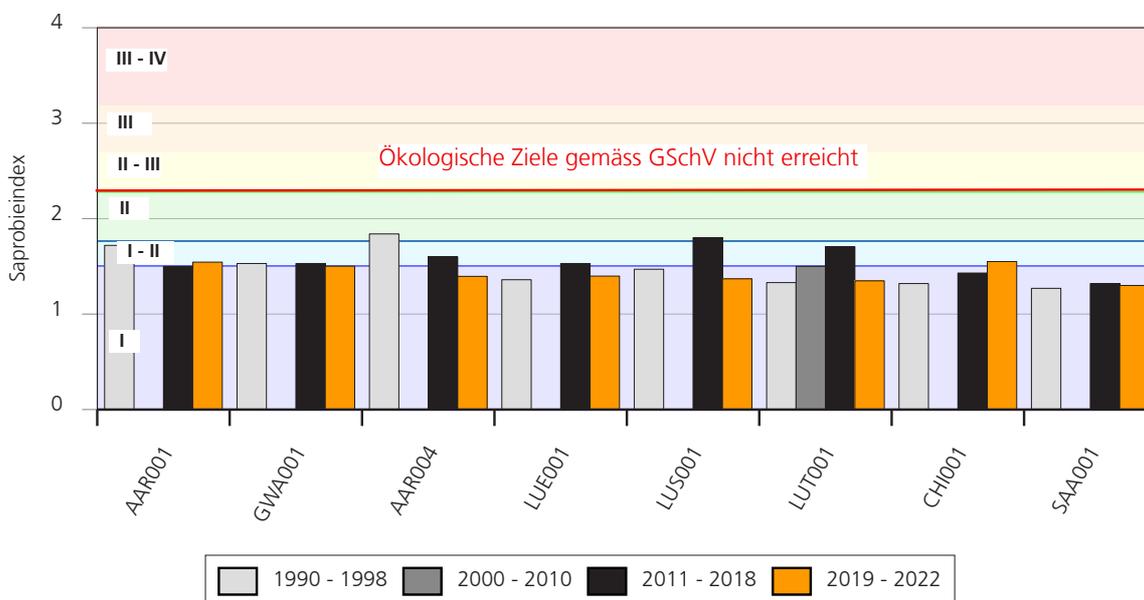


Abb. 4.36: Saprobieindex an den Untersuchungsstellen der erwirbellosen an den Untersuchungsstellen der Region Oberland (Aare, Gadmerwasser, weisse Lüttschine, Schwarze Lüttschine, Lüttschine, Chirel, Saane) im Untersuchungsjahr 2022 sowie in früheren Untersuchungsjahren.
 an den Untersuchungsstellen der Region Oberland (Aare, Gadmerwasser, weisse Lüttschine, Schwarze Lüttschine, Lüttschine, Chirel, Saane) im Untersuchungsjahr 2022.
 Saprobiewert: I: unbelastet bis sehr gering belastet. I - II: gering belastet. II: mässig belastet.

Der **Saprobieindex** zeigt die biologisch indizierte Wasserqualität bezüglich der Saprobie an. Mit Ausnahme der Stellen AAR001 und CHI001 war der Saprobieindex im Untersuchungsjahr 2022 «unbelastet bis gering belastet». In der Aare und im Chirel zeigte die Saprobie einen «gering belasteten» Zustand an. Die ökologischen Ziele wurden im Untersuchungsjahr 2022 erreicht. Im Vergleich zu früheren Untersuchungen konnte an den Stellen AAR001, GWA001, AAR004 und LUT001 2022 eine leichte Verbesserung festgestellt werden. An den Stellen LUE001 und

LUS001 schwankten die Saprobiewerte. Im Chirel fand eine Verschlechterung über die Zeit statt. Der **Makroindex** zeigte an allen Stellen sowohl 2022 wie auch in früheren Untersuchungsjahren einen «sehr guten» Zustand an, die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 1 wurden bezüglich des Makroindex immer erreicht. Der **IBCH 2019** wird aus der Diversitätsklasse (DK) sowie der Indikatorgruppe (IG) gerechnet. Die Indikatorgruppe bezeichnet die Empfindlichkeit der vorkommenden Taxa und korreliert im Allgemeinen gut mit der chemischen Wasserqualität. Im Untersuchungsgebiet wurden viele empfindliche Taxa gefunden, die Indikatorgruppe war überall «sehr gut». Die Diversitätsklasse korreliert normalerweise relativ gut mit der Habitatvielfalt. In der Saane ergab die Auswertung eine «unbefriedigende» Diversitätsklasse. Die Ökomorphologie der Saane ist an dieser Stelle aufgrund der Verbauung des Böschungsfusses zwar beeinträchtigt, die Gewässersohle ist aber vielfältig und in einem guten Zustand. Deswegen sind vermutlich andere Gründe (z.B. eher wenig Nährstoffe bzw. partikuläres organisches Material, starker Geschiebetrieb) für die ungenügende Diversitätsklasse verantwortlich. In der Schwarzen und Weissen Lütchine wie auch im Chirel war zwar die DK nur «mässig», der ökomorphologische Zustand aber eigentlich gut. Ausser an der Saane erreichte der IBCH 2019 an allen Stellen die Klasse «gut» bis «sehr gut», die ökologischen Ziele wurden erreicht. In der Saane wurden die Ziele nicht erreicht. Der IBCH 2010 zeigte in der Aare (AAR001), der Schwarzen Lütchine und der Saane einen «mässigen» Zustand an (ökol. Ziele nicht erreicht), an allen anderen Stellen war der ökologische Zustand «gut». Gegenüber früheren Untersuchungsjahren konnte an viele Stellen (ausser AAR001 und LUS001) eine leichte Verbesserung festgehalten werden. Der **SPEAR-Index** zeigte an keiner Stelle Beeinträchtigungen aufgrund der Pestizidbelastung an.

5 Literatur

- AquaPlus (1990): Biologische Untersuchungen an Fliessgewässern im Emmental (Ilfis, Emme, Schonbach, Hilfenen, Trueb). Untersuchungen vom MAi 1990. Im Auftrag des Kantonalen Amtes für Gewässerschutz Bern. Bericht und Dokumentationen der Untersuchungsstellen.
- AquaPlus (1991): Vollzugskonzept Siedlungsentwässerung Kanton Bern: Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in den Fliessgewässern. Rotbach - Langete - Rot - Brunnbach - Murg. Untersuchungen vom Mai 1991. Im Auftrag des Gewässerschutzamtes des Kanton Bern. Bericht und Dokumentation der Untersuchungsstellen.
- AquaPlus (1992): Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in den Fliessgewässern Richigenbach und Worble. Untersuchungen vom Juni 1991. Im Auftrag des Gewässerschutzamtes des Kantons Bern. Bericht und Dokumentation der Untersuchungsstellen.
- AquaPlus (1993): Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in der Gürbe. Untersuchungen vom Mai 1992. Im Auftrag des Gewässerschutzamtes des Kantons Bern, 70 S., Bericht und Dokumentation der Untersuchungsstellen.
- AquaPlus (1993): Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in der Alten Aare und im Lyssbach. Untersuchungen vom März 1992. Im Auftrag des Gewässerschutzamtes des Kantons Bern, 78 S., Bericht und Dokumentation der Untersuchungsstellen.
- AquaPlus (1993): Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in der Zulg, der Rotache und der Chise. Untersuchungen vom März 1992. Im Auftrag des Gewässerschutzamtes des Kantons Bern, 82 S., Bericht und Dokumentation der Untersuchungsstellen.
- AquaPlus (1993): Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in der Emme und ihren Nebengewässern (Rötebach, Hornbach, Grüene, Biglenbach, Luterbach, Urtenen und Limpach. Untersuchungen vom April 1992. Im Auftrag des Gewässerschutzamtes des Kantons Bern. Bericht und Dokumentation der Untersuchungsstellen.
- AquaPlus (1994): Vollzugskonzept Siedlungsentwässerung Kanton Bern: Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in der Suze. Untersuchungen vom Mai 1993. Im Auftrag des Gewässerschutzamtes des Kanton Bern. Bericht und Stellendokumentation.
- AquaPlus (1994): Vollzugskonzept Siedlungsentwässerung Kanton Bern: Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in der Birs und ihren Nebengewässern (La Trame, Ruisseau de Chaluet, La Raus und La Sorne). Untersuchungen vom Mai 1993. Im Auftrag des Gewässerschutzamtes des Kanton Bern. Bericht und Stellendokumentation.
- AquaPlus (1994): Vollzugskonzept Siedlungsentwässerung Kanton Bern: Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in den Fliessgewässern. Simme, Kleiner Simme, Chirel, Louibach und Saane. Untersuchungen vom

Februar und März 1994. Im Auftrag des Gewässerschutzamtes des Kanton Bern.

AquaPlus (1994): Vollzugskonzept Siedlungsentwässerung Kanton Bern: Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in der Sense, im Schwarzwasser und in der Saane unterhalb von Laupen. Untersuchungen vom März 1992. Im Auftrag des Gewässerschutzamtes des Kantons Bern. Bericht und Stellendokumentation

AquaPlus (1995): Vollzugskonzept Siedlungsentwässerung Kanton Bern: Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in den Fliessgewässern Aare (Oberlauf bis Thunersee) und Gadmerwasser. Untersuchungen vom Februar 1995. Im Auftrag des Gewässerschutzamtes des Kanton Bern.

AquaPlus (1995): Vollzugskonzept Siedlungsentwässerung Kanton Bern: Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in den Fliessgewässern Schwarze und Weisse Lutschinen und Lutschinen. Untersuchungen vom Februar 1995. Im Auftrag des Gewässerschutzamtes des Kanton Bern.

AquaPlus (2003): Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität in den beiden fliessgewässern Langete und Rot (BE). Untersuchungen vom 15. April 2003 und Vergleich mit früheren Untersuchungen. Im Auftrag des Gewässer- und Bodenschutzlabor (GBL) des Kantons Bern. Bericht und Dokumentation der Untersuchungsstellen.

AquaPlus (2005): Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität in den beiden Fliessgewässern Langete und Rotbach (BE). Untersuchungen vom 23. März 2005 und Vergleich mit früheren Untersuchungen. Im Auftrag des GBL, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern. Bericht und Anhang.

AquaPlus (2005): Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität in der Alten Aare (BE). Untersuchungen vom 23./24. März 2005 und Vergleich mit früheren Untersuchungen. Im Auftrag des GBL, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern. Bericht und Anhang.

AquaPlus (2005): Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität in Fliessgewässern des Berner Oberlandes (BE). Untersuchungen vom 16. - 18. November 2004 inkl. Vergleich mit früheren Untersuchungen. Im Auftrag des GBL, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern. Bericht und Anhang.

AquaPlus (2006): Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität in Fliessgewässern des Berner Juras. Untersuchungen vom 8./9. und 24. Mai 2006 und Vergleich mit früheren Untersuchungen. Im Auftrag des GBL, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern. Bericht und Anhang.

AquaPlus (2008): Biologische Untersuchungen in Seitengewässern der Aare zwischen Thurn und Bern. Untersuchungen vom Frühjahr, Oktober und Dezember 2007 und Vergleich mit früheren Untersuchungen. Im Auftrag des GBL, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern. Bericht und Anhang.

AquaPlus (2010): Biologische Untersuchungen von Kalter Sense, Sense, Schwarzwasser, Saane und Lyssbach. Untersuchungen vom März 2010 und Vergleich mit den Untersuchungen vom März 1992. Im Auftrag des GBL, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern. Bericht und Anhang.

- AquaPlus (2011): Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität. Rotbach, Langete, Rot, Brunnbach, Önz, Inkwiler Seebach, Ösch sowie Schwarze und Weisse Lütschine im Jahr 2011. Fachbericht inkl. Vergleich mit früheren Untersuchungen. Im Auftrag des Gewässer- und Bodenschutzlabor (GBL) des Kantons Bern. Bericht und Anhang.
- AquaPlus (2012): Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität. Emme, Rötobach, Trueb, Ilfis, Hornbach, Grüene, Biglenbach und Luterbach im Jahr 2012. Fachbericht inkl. Vergleich mit früheren Untersuchungen. Im Auftrag des GBL. Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern. Bericht und Anhang.
- AquaPlus (2014): Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität im Berner Oberland. Aare, Gadmerwasser, Schwarze und Weisse Lütschine, Lütschine, Kander, Engstlige, Kiene, Simme, Chirel, Saane, Louibach, Lyssbach. Untersuchungen vom März 2013 und März 2014 inkl. Vergleich mit früheren Untersuchungen. Im Auftrag des GBL. Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern. Bericht und Anhang.
- AquaPlus (2016): Biologie Berner Seeland: Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität. Hauptkanal, Islerenkanal, La Sorne, La Suze, Seebach und Twannbach. Untersuchungen des Jahres 2016, inkl. Vergleich mit früheren Untersuchungen. Im Auftrag des GBL, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern. Bericht und Anhang.
- AquaPlus (2016): Eignung der Stellen Lütschine (LUT001) und Lyssbach (LYB001) als Referenzstellen. Vorschlag bezüglich Vorgehen und Prüfung der Eignung sowie Methodentest. Miteinbezug der Untersuchungen seit 1992. Im Auftrag des GBL, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern. Bericht und Anhang.
- AquaPlus (2018): Biologie Bern Aaretal 2017 und 2018: Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität. Untersuchungen vom März 2017 und März 2018, inkl. Vergleich mit früheren Untersuchungen. Im Auftrag des GBL. Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern. Bericht und Anhang.
- 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. Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Vollzug Nr. 0701, 43 S.
- BAFU (2007b): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Bundesamt für Umwelt, Bern, Version vom 24. November 2006.
- BAFU (2010): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Makrozoobenthos Stufe F (flächendeckend). Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Vollzug Nr. 1026, 61 S.
- BAFU (2019): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung von Fließgewässern (IBCH_2019). Makrozoobenthos - Stufe F. 1.aktualisierte Ausgabe, November 2019; Erstausgabe 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1026:64 S.

- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (1996): Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. Heft 4/96. München. 543 Seiten.
- BUWAL (1998): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend). Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 27. Bern.
- Chaix, O., Ochsenbein, U., & Elber, F. (1995): Prioritäten für technisch-bauliche Gewässerschutzmassnahmen. *Gas, Wasser, Abwasser* 75 (9): 703-713.
- Douglas, B. (1958): The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stony stream. *J. Ecol.* 46: 295-322.
- Frutiger, A., Sieber, U (2005): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer, Makrozoobenthos - Stufe F, Entwurf, Stand März 2005, BUWAL (Hrsg.). 51 S.
- Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998 (Stand vom 1. Januar 2021), 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.
- 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, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2009): Benthische Algen ohne Diatomeen und Characeen. Bestimmungshilfe. LANUV-Arbeitsblatt 9. Recklinghausen, 467 S.
- Lubini, V., Knispel, S., Sartori, M., Vicentini, H., Wagner, A. (2012): Rote Liste Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1212, 111S.
- Margreiter-Kownacka, M., Pechlaner R., Ritter H. & Saxl, R. (1984): Die Bodenfauna als Indikator für den Saprobitätsgrad von Fließgewässern in Tirol. *Ber. nat-med. Verein Innsbruck*, 71, 119-135.
- Moog, O. (1995): Fauna aquatica austriaca - Katalog zur autökologischen Einstufung aquatischer Organismen Österreichs. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.

Anhang

A Stellendokumentation Gewässerökologische Aufnahmen