Biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Thunersee und Bielersee

Fachbericht: Makroinvertebraten Untersuchungen 2018

HYDRA AG

Dezember 2018

AWA Amt für Wasser und Abfall
Gewässer- und Bodenschutzlabor GBL

Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion
des Kantons Bern

Impressum

Auftraggeber:	Amt für Wasser und Abfall AWA, Gewässer- und Bodenschutzlabor, Schermweg 11, 3014 Bern
Auftragnehmer:	HYDRA Ag, Lukasstr. 29, 9008 St. Gallen
Autor:	John Hesselschwerdt
Bearbeiter:	John Hesselschwerdt, Uta Mürle, Johannes Ortlepp, Boris Unger, Dorothee Makarow, Isabella Hegglin-Blumenthal (AquaPlus), Caroline Baumgartner (AquaPlus)
Zitiervorschlag:	Hesselschwerdt J. (2018): Biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Thunersee und Bielersee. Fachbericht: Makroinvertebraten, Untersuchungen 2018. Bericht im Auftrag des Gewässer- und Bodenschutzlabors, Kanton Bern
Fotos auf der Titelseite: (von oben nach unten)	Aareufer bei Bern-Tiefenau und Radelfingen; Taucherprobenahme bei Hunzigenau und Nebenarm
Bildnachweise:	HYDRA (John Hesselschwerdt, Uta Mürle, Peter Rey)

Biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Thunersee und Bielersee

Fachbericht: Makroinvertebraten Untersuchungen 2018

HYDRA AG

Dezember 2018

AWA Amt für Wasser und Abfall
Gewässer- und Bodenschutzlabor GBL

Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion
des Kantons Bern

Inhalt

Zusammenfassung 2

1 Einleitung 3

2 Biologische Untersuchung Makrozoobenthos 2018 4

2.1 Biozönotische Flussabschnitte 4
2.2 Untersuchungsperimeter und Probenahmequerschnitte 6
2.3 Abfluss- und Temperaturverlauf 6
2.4 Methoden 8

3 Ergebnisse und Beurteilung 10

3.1 Morphologie und Substrat 10
3.2 Makrozoobenthos: Besiedlungsdichten und Artenbestand 11
3.3 Entwicklung der Charakterarten im Aareverlauf seit 2008 13
3.4 Das Makrozoobenthos als Indikator des Gewässerzustandes 20
3.4 Neozoen 23

4 Schlussfolgerungen und Ausblick 24

5 Literatur 25

Anhang 26

Uttigenfluh (Aare-km 9; Code UTT; AAR022) 26
Hunzigenau (Aare-km 19; Code HUN; Hauptarm: AAR023; Seitenarm:AAR024) 28
Märchligenau (Aare-km 23; Code MÄR; AAR025) 30
Bern-Tiefenau (Aare-km 37; Code TIEF; AAR026) 32
Bern-Steinibach (Aare-km 38; Code STEI; AAR027) 34
Bern-Halenbrügg (Aare-km 45; Code HAL; AAR030) 36
Rewag (Aare-km 60; Code REW; AAR031) 38
Radelfingen (Aare-km 68; Code RAD; AAR032) 40
Hagneck-Kanal (Aare-km 75; Code HAG; AAR033) 42
Taxaliste 44
Abwasserreinigungsanlagen im Einzugsgebiet 48

Zusammenfassung

Die Untersuchung des Makrozoobenthos der Aare zwischen Thuner- und Bielersee wurde im Frühjahr 2018 nach 2008 das zweite Mal durchgeführt. Dies ermöglichte einen Vergleich der jetzigen Situation mit derjenigen vor 10 Jahren. Parallel wurden auch Diatomeen und die Algenflora dokumentiert, welche in gesonderten Berichten vorgestellt werden [AQUAPLUS 2018].

Im **zeitlichen Verlauf** hat sich der Gesamtzustand der oberen Aare zwischen 2008 und 2018 kaum verändert, obwohl es im selben Zeitraum sowohl im Hochrhein, als auch der unteren Aare vor allem durch Neozoen bedingt zu grossen Veränderungen kam.

Wie bereits 2008 änderte sich die Benthosbesiedlung der Aare im **Längsverlauf** auch in diesem Jahr sehr stark. Man kann drei Abschnitte ähnlichen Charakters unterscheiden:

- Thunersee bis Bern (freifliessend, begradigt, mässiger Verbau): Es kommen mehrere schweizweit seltene Arten sowie viele Charakterarten der grossen Voralpenflüsse vor. Die Lebensgemeinschaft ist gekennzeichnet durch einen hohen Anteil an EPT-Arten (Eintags-, Stein- & Köcherfliegen). Der Seeabfluss bei Thun führt in diesem Bereich vor allem zu einem verstärkten Aufkommen an Filtrierern (netzbauende Köcherfliegen und Kriebelmücken).
- Stadt Bern bis Wohlensee (Restwasserstrecke): Insgesamt kommen viele für einen Vorgebirgsfluss typische Arten vor, die Artenzahl ist aber gering.
- Wohlensee bis Mündung Bielersee (staubeeinflusst): Die vielen Stauhaltungen und teilweise Schwall-Sunk-Betrieb führen zu einer stark veränderten Makrozoobenthosgemeinschaft. Viele für die Aare typischen Arten fehlen, dafür kommen in den Staubereichen viele Stillwasserarten vor.

Die **Wasserqualität** hinsichtlich Saprobie ist fast durchgehend als «sehr gut» bis «gut» einzustufen. Nur im Staubereich bei Radelfingen ist der Zustand «mässig». Die schlechteren Werte der Staubereiche lassen sich der reduzierten Strömung zuordnen. Unter diesen Bedingen zeigt der Saprobienindex schlechtere Werte an. Am Seeabfluss aus dem Thunersee ist die Saprobie leicht gegenüber dem restlichen freifliessenden Abschnitt erhöht. Beeinträchtigungen der Benthosbesiedlung sind durch ARA-Einleitungen keine festzustellen. Unterhalb der ARA Worblental fällt allerdings ein erhöhtes Algenwachstum auf.

Der betrachtete Aareabschnitt weisst auch einige sehr **seltene Arten** auf. So ist das Vorkommen der Steinfliegenart *Besdolus imhoffi* bedeutend. Diese Art ist schweizweit sonst nur noch im Doubs nachgewiesen. Sie kam 2018 - wie bereits 2008 - fast im gesamten Fluss vom Thunersee bis zur Restwasserstrecke bei Bern vor. Ebenfalls aussergewöhnlich ist das Vorkommen der in der Schweiz vom Aussterben bedrohten Köcherfliegenart *Brachycentrus maculatus*. Sie wurde nur bei Hagneck, dort aber in relativ hoher Anzahl gefunden. Laut aktueller Roter Liste kommt sie sonst nur in der Aare unterhalb des Bielersees vor. Beide Vorkommen liegen am Zu- oder Abfluss der Alten Aare. Daher vermuten wir das eigentliche Hauptvorkommen dieser Art für die Schweiz in der Alten Aare. Eine entsprechende Untersuchung des MZB der Alten Aare halten wir für sinnvoll.

Die Zahl der **Neozoen** hat sich zwar erhöht, aber auch weiterhin beeinflussen sie die bestehende Biozönose nicht. Wir vermuten allerdings eine weitere Ausbreitung von *Corbicula fluminea* und eine zukünftige Veränderung der sandigen Flussbereiche.

Wie bei den meisten vom Menschen beeinflussten Gewässern bestehen auch an der Aare zwischen Thuner- und Bielersee einige **Defizite** gegenüber dem Naturzustand. Diese haben sich gegenüber 2008 aber kaum verändert. Im freifliessenden Abschnitt unterhalb des Thunersees führt unter anderem Geschiebefizit zu einer zunehmend groberen Sohle; entlang des begradigten Verlaufs fehlen flache Uferhabitate und Auen. Die Restwasserstrecke im Bereich von Bern zeigt eine gegenüber anderen Abschnitten reduzierte Artenzahl. Vom Wohlensee abwärts haben Stauhaltungen, Verbauungen und teilweiser Schwall-Sunk-Betrieb die Lebensgemeinschaft verändert. Die Besiedlung ist zwar reichhaltig aber für die Aare trotzdem untypisch.

1 Einleitung

Ausgangslage

Im Verlauf der Aare werden seit 2001 koordinierte Untersuchungen längerer Flussabschnitte durchgeführt. Schon in den Jahren 2001/2002 wurde der biologische Zustand (Benthosbesiedlung und Aufwuchs) zwischen Bielersee und der Mündung in den Rhein im Auftrag der Gewässerschutzfachstellen der Kantone Bern, Solothurn und Aargau erfasst [Ortlepp & Rey 2003]. Im Jahr 2008 wurden vergleichbare Untersuchungen im Auftrag des Gewässer- und Bodenschutzlabors des Kantons Bern auch zwischen dem Thuner- und dem Bielersee durchgeführt [Mürle et al 2009]. Langfristig sollten diese Untersuchungen in ein Monitoring der Aare nach dem Vorbild der Koordinierten Biologischen Untersuchungen des Hochrheins übergehen. Dies ist im unteren Bereich der Aare, vom Bielersee bis zur Mündung, mit der erweiterten Wiederholung des Programme in den Jahren 2011–2013 bereits gelungen.

Untersuchung ist Teil eines Monitorings der gesamten Aare

Zur Fortführung der Erhebungen an der Aare zwischen Thuner- und Bielersee im Frühjahr 2018 beauftragte das Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern die Hydra AG mit der Durchführung dieser Arbeiten. Die Bestimmung und Bewertung der Kieselalgenbesiedlung führte das Büro Aquaplus durch; diese ist Bestandteil eines getrennten Berichts.

Zielsetzung

Die koordinierte Untersuchungskamapgne 2018 sollte den biologischen Zustand der Aare als Referenz zur Beurteilung künftiger Veränderungen des Gewässerzustandes (Gewässerstruktur, Wasserqualität oder ähnlicher Umgebungsfaktoren) erfassen.

Zielsetzung der Untersuchungen

Schwerpunkte der Untersuchung waren wie bereits 2008:

- Die möglichst umfassende Dokumentation des benthischen Organismenbestands des Aareabschnitts zwischen Thunersee und Bielersee: Makrozoobenthos, Kieselalgen und Algenaufwuchs.
- Eine Abschätzung des Einflusses von Nutzungen, wie Ein- oder Ausleitungen, Stauhaltungen oder Gewässerverbau auf die Benthosfauna und -flora.
- Die Charakterisierung und Beurteilung unterschiedlicher Gewässerstrecken, insbesondere der wenigen morphologisch und hydrologisch naturnahen Bereiche anhand ihrer Benthosbesiedlung.

Untersuchungen

Der vorliegende Bericht behandelt das Makrozoobenthos und orientiert sich – wie auch die Erhebungen entlang der Aare der Jahre 2001/2002, 2008 und 2011–2013 – am Grundkonzept des Aktionsprogrammes „Rhein" am Hochrhein [Hydra 2017].

Zeitgleich mit diesen Erhebungen wurde durch Frau Guthruf (GBL Bern) die Besiedlung des Gewässergrundes durch benthische Algen und Makrophyten erfasst. Die Belastung durch Einleitungen wurde anhand der Diatomeenbesiedlung durch das Büro Aquaplus bestimmt.

An den untersuchten Transekten wurden durch Mitarbeitende des GBL oder durch Taucher Feinsedimente aus dem Gewässergrund entnommen. Diese Proben wurden vom GBL auf Schwermetalle untersucht, um Informationen über diesbezügliche Belastungen des Flusssediments zu gewinnen.

2 Biologische Untersuchung Makrozoobenthos 2018

Aare wird durch Menschen stark beeinflusst

Der 78 km lange Verlauf der Aare zwischen Thunersee (558 m ü. M.) und Bielersee (429 m ü. M.) wurde in den beiden letzten Jahrhunderten durch den Menschen stark verändert [Hügli 2007]. So wurde die Aare aus Gründen des Hochwasserschutzes korrigiert (Thun–Bern) oder gleich ganz verlegt (Aarberg–Bielersee). Zur Energiegewinnung wurde sie teilweise aufgestaut oder ihr Abfluss ausgeleitet (Bern, Niederried). Heute sind mehr als ein Drittel des Flusslaufs staubeeinflusst, ein Fünftel sind Restwasser- oder Ausleitungsstrecken.

Ein guter Teil des Höhenunterschieds von 130 m entlang der 78 km langen Strecke wird auch zur Energiegewinnung genutzt. Dies beginnt beim Ausfluss aus dem Thunersee und setzt sich ab Bern weiter fort. Ab Bern gibt es insgesamt sechs weitere Kraftwerksstufen (Matte/Bern, Enghalde/Bern, Mühleberg, Niederried/ Kallnach, Aarberg und Hagneck). Dabei wird der Fluss teilweise grossflächig aufgestaut (Wohlensee, Niederried-Stausee) und teilweise auch ein Teil des Abflusses ausgeleitet (Felsenau, Niederried).

Nur noch knapp die Hälfte ist freifliessend

Heute sind noch etwas über die Hälfte der Strecke freifliessende Abschnitte mit vollständiger Wasserführung. Der grösste zusammenhängende freifliessende Abschnitt ist die Aarestrecke zwischen Thun und Bern. Allerdings ist der Fluss auch in diesem Abschnitt überwiegend hart verbaut und begradigt [Sigmaplan 2006]. Naturnahe Abschnitte sind sehr selten.

2.1 Biozönotische Flussabschnitte

Der Aarelauf zwischen Thunersee und Bielersee zeigt drei charakterlich deutlich voneinander unterscheidbare Teilstrecken: Der freifliessende Abschnitt von Thun bis zum ersten Wehr in Bern, der Restwasserabschnitt im Stadtgebiet von Bern und der stark staubeeinflusste restliche Verlauf bis in den Bielersee (Abb. 3).

Abschnitt A: Thun bis Bern

Haupteigenschaften: Seeabfluss, freifliessend, begradigt

Bereits beim Seeabfluss aus dem Thunersee wird die Aare reguliert, besitzt also kein natürliches Abflussregime. Über die gesamte Länge des Abschnitts von 28 km behält die Aare ihren vollen Abfluss und nimmt zahlreiche Seitengewässer auf. Daneben entwässern aber auch mehrere Kläranlagen in die Aare. Dies beginnt mit der Kläranlage Thun knapp 4 km oberhalb der ersten Probestelle Uttigenfluh. Darauf folgen bis Bern vier weitere Kläranlagen: Eine weitere direkt in die Aare, zwei über den Zufluss Chise und eine weitere über die oberhalb von Bern linksufrig in die Aare eintreffende Gürbe (Abb. 3; Tabelle Anhang).

Abb. 1: Freifliessende Aare mit Vollabfluss bei Hunzigenau.

Der Flusslauf in diesem Abschnitt wurde 1825–1841 begradigt und das Querprofil als Trapezprofil angelegt. Nur wenige Uferbereiche blieben dabei naturnah - wie die linksufrige zwischeneiszeitliche Schotterwand bei Uttigen. Die vielfältige Laufstruktur wurde durch einen gleichförmigen Kanal ersetzt. Heute sind nur noch Reste der ursprünglichen Auen übrig: drei bedeutende Auengebiete (Kleinhöchstettenau, Märchligenau, Selhofenzopfen).

Duch die Einleitung der Kander in den Thunersee 1714 wurde der Geschiebeeintrag in die Aare stark reduziert. Zusammen mit dem durch die Begradigung erhöhten Gefälle hat sich das Flussbett seitdem eingetieft.

Das ursprünglich geplante weiträumige Hochwasserschutzprojekt „Aare Thun-Bern" wurde mittlerweile gestoppt. Hieraus wurden Teilprojekte herausgelöst, die einzeln geplant und umgesetzt werden. Dabei wurden bereits zwei Projekte ausgeführt: die Schaffung von je einem rechten Seitengerinne in der Raintalaue (1998) und in der Hunzigenau (2006). Das Seitengerinne bei Hunzigenau ist auch Teil der gleichnamigen Probestelle. Es ist aber mittlerweile nur noch bei Hochwasser durchflossen.

Abschnitt B: Restwasserstrecke Bern

Haupteigenschaften: Restwasser, viel Siedlungsentwässerung

Dieser Aare-Abschnitt wird vor allem durch Wasserkraftnutzung geprägt (Laufkraftwerke Matte und Felsenau, Dotierkraftwerk Engehalde). Beim Wehr Engehalde wird Wasser ausgeleitet und erst beim KW Felsenau wieder zurückgegeben. Die dazwischenliegende Strecke ist eine Restwasserstrecke, die Struktur dagegen naturnah. Die Dotierung sollte minimal 12 m^3/s aufweisen (bis ausnahmsweise 10 m^3/s).

Auch dieser Abschnitt erhält zahlreiche Einleitungen, allen voran die der ARA Worblental. Zusätzlich münden verteilt viele Entlastungen aus der Siedlungsentwässerung (Hochwasserentlastungen, Regenüberläufe, Strassenentwässerungen inkl. Autobahn) mit teilweise sogar sichtbaren Verschmutzungen. Die beiden Probestellen Bern-Tiefenau und Bern-Steinibach liegen jeweils ober- und unterhalb der ARA Worbental und sollten deren Einfluss aufzeigen.

Abb. 2: Links: Restwasserstrecke bei Bern-Tiefenau; rechts: fast stillstehender, staubeeinflusster Transekt Rewag.

Abschnitt C: Staubeeinflusster Abschnitt unterhalb von Bern bis zur Mündung in den Bielersee

Haupteigenschaften: Staubereiche, Wärmeeinleitung Kernkraftwerk, Laufverlegung in Kanal Hagneck

Der Abschnitt von der Rückleitung beim KW Felsenau am Ende des Stadtgebietes Bern bis zur Mündung in den Bielersee wird vor allem durch die Wasserkraftwerke Mühleberg, Niederried, Aarberg und Hagneck geprägt. Die Nutzung der Wasserkraft begann 1910 mit der Erstellung des Wehrs beim Hasenholz ob Niederried für das KW Kallnach. Der Stau reichte in der Aare weit flussaufwärts und staute auch die Saane mit auf. 1920 erfolgte der Aufstau für das KW Mühleberg, der einen strömenden Aareabschnitt von 14 km in einen Stausee, den Wohlensee, verwandelte. In den Staubereichen wurde der Charakter der Aare vollständig hin zu einem Stillgewässer verändert.

Ein weiterer grosser Eingriff war die Erstellung des Hagneck-Kanals (Juragewässerkorrektion 1868–78). Dieser leitet die Aare von Aarberg aus in den Bielersee. Der vorherige kurven- und auenreiche Flusslauf zwischen Aarberg und Meienried wurde zu einer Restwasserstrecke degradiert.

Zusätzlich ist vor allem der Abschnitt unterhalb der Saanemündung durch Schwall-Sunk beeinflusst. Hier wirken sich die starken Abflusschwankungen des KW Schiffenen (Kanton FR) aus.

Unterhalb von Bern wird das gereinigte Abwasser der ARA Bern in die kurze Fliessstrecke mit vollem Abfluss eingeleitet (Probestelle Bern-Halenbrücke), welche bereits durch den Wohlensee-Stau beeinflusst wird. Die Stelle Rewag befindet sich unterhalb des Kernkraftwerks Mühleberg, welches erwärmtes Kühlwasser einleitet. Die beiden untersten Untersuchungsstellen befinden sich in der staubeeinflussten Restwasserstrecke Radelfingen und im Hagneck-Kanal.

2.2 Untersuchungsperimeter und Probenahmequerschnitte

Bewährte Probestandorte von 2008 wurden übernommen

Im Rahmen der gemeinsamen Untersuchung von Makrozoobenthos und Kieselalgen sollten die gewählten Probenahmestandorte den im Längsverlauf variablen Charakter der Aare zwischen Thunersee und Bielersee abbilden. Dabei sollen möglichst die Effekte der unterschiedlichen Flulssmorphologie, der Eingriffe in das Abflussgeschehen (Stau, Restwasser, Schwall-Sunk), des Uferverbaus und von Einleitungen gereinigten Abwassers erfasst werden. Hierbei hatten sich die Probestellen der letzten Kampagne von 2008 bewährt und wurden weitestgehend beibehalten. Nur die Stelle Bern-Steinibach wurde aufgrund einer nach flussabwärts verlagerten Kiesbank ebenfalls um ca. 200 m flussabwärts verlegt (Tab. 1; Abb. 3).

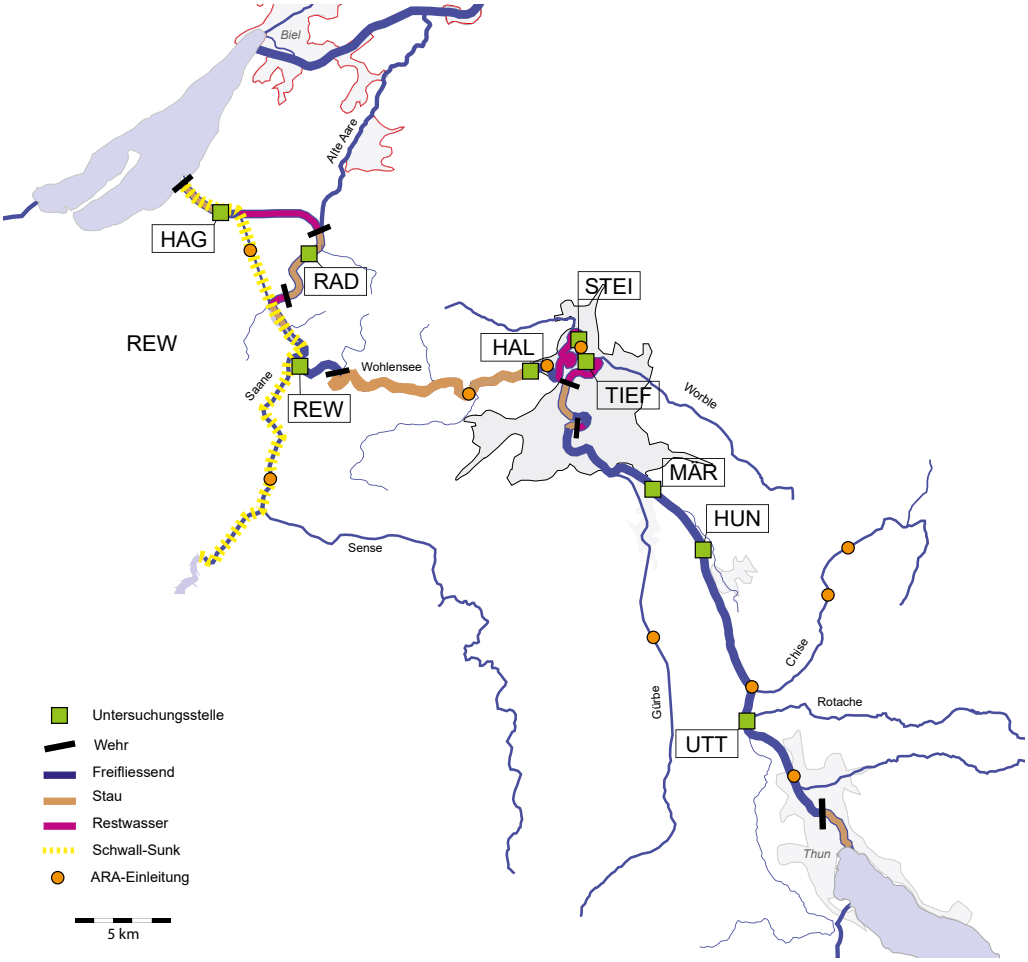


Abb. 3: Untersuchungsperimeter mit Lage der Probenahmequerschnitte (Abkürzungen s. Tab. 1).

2.3 Abfluss- und Temperaturverlauf

Mehrere Hochwasser in Januar und Februar

Der Winter 2017/2018 zeigte einige Besonderheiten, die für die Entwicklung und Zusammensetzung der Makrozoobenthosgemeinschaft eine wichtige Rolle spielen. Der wichtigste Einfluss waren einige Hochwasser von Dezember 2017 bis Februar 2018 (Abb. 4). Speziell die beiden Hochwasser im Januar erreichten Abflussspitzen von typischen Sommerhochwassern. Diese werden zu einer für diese Jahreszeit ungewöhnliche Umschichtung der Sedimente und möglicherweise auch zu einer erhöhten Abdrift von Benthos geführt haben. Letzteres dürfte vor allem die, an geringere Strömungsgeschwindigkeiten angepasste Arten betreffen. Die Abflusserhöhung in der dritten Februarwoche war dagegen relativ gering und dürfte einen höchstens geringen Einfluss auf die Ergebnisse haben. Während der Untersuchungskampagne selbst waren die Abflüsse durchgehend niedrig.

Kräftige Kältewelle ab Februar führt zu reduzierter Wassertemperatur

Die Wassertemperaturen der meisten Abschnitte lagen ab Februar 2018 unter den üblichen Werten von ca. 6° C (Abb. 5). Nur der Bereich direkt unterhalb von Thun lag durch die Pufferung durch den See im normalen Bereich. Ab der vierten Februarwoche sind die Wassertemperaturen durch eine starke Kältewelle auf fast 3°C abgesunken.

Stellen-code (km*)	Probenahme-querschnitt	Datum	Lage und Charakter
AAR022 (9,4)	UTT Uttigenfluh	27.02.2018	Naturnaher, freifliessender Bereich mit natürlicher Schotter-Steilwand am linken Ufer. Der Abfluss ist geregelt, ca. 4 km oberhalb leitet eine ARA ein.
AAR023/ AAR024 (18,8)	HUN Hunzigenau	28.02.2018	Freifliessender Abschnitt. 2006 wurde am rechten Ufer ein Seitengerinne angelegt, der zwischenzeitlich nur noch bei höheren Abflüssen benetzt ist.
AAR025 (22,9)	MÄR Märchligenau	01.03.2018	Kanalisierter Abschnitt mit Buhnen auf beiden Seiten.
AAR026 (37,2)	TIEF Bern-Tiefenau	05.03.2018	In Restwasserstrecke des KW Felsenau; Flusslauf grösstenteils naturnah; oberhalb ARA Worblental.
AAR027 (8,5)	STEI Bern-Steinibach	05.03.2018	In Restwasserstrecke des KW Felsenau; naturnaher Flusslauf mit wechselseitigen Kiesbänken; ca. 700 m unterhalb ARA Worblental.
AAR030 (45,0)	HAL Halenbrügg	06.03.2018	Vollabfluss; in Übergang der Fliessstrecke zum Wohlensee (Stau KW Mühleberg).
AAR031 (60,2)	REW Rewag	04.03.2018	Vollabfluss; unterhalb des Wasserkraftwerkes und des KKM Mühleberg; kurz unterhalb der Kühlwasser-einleitung des Kernkraftwerks Mühleberg (Wärme-einleitung).
AAR032 (68,5)	RAD Radelfingen	03.03.2018	Restwasserstrecke des KW Niederried und staube-einflusst durch KW Aarberg; starker Schwall-Sunk aus der Saane (Saane-KW Schiffenen) und Nieder-ried.
AAR033 (75,3)	HAG Hagneck-Kanal	02.03.2018	Kurze Fliessstrecke zwischen Restwasserstrecke KW Aarberg und Stau KW Hagneck; kanalisierter Abschnitt; Schwall-Sunk u.a. durch KW Kallnach über Kallnach-Kanal.

* Kilometer ab Thunersee

Tab. 1: Lage und Beschreibung der Probenahmequerschnitte in der Aare zwischen Thunersee und Bielersee.

Reduzierte Temperaturen führen bei Wasserorganismen zu einer verlangsamten Entwicklung. Bei kleineren Fliessgewässern wird in solchen Fällen die Probenahme zeitlich etwas verschoben, da speziell die Larven von Wasserinsekten im Idealfall kurz vor dem Schlupf untersucht werden sollten. Andernfalls sind diese teilweise noch zu klein für eine Artbestimmung. Dies ist bei grossen Flüssen oft nicht möglich, da die Untersuchungen vor den ersten Frühjahrshochwassern durchgeführt werden, die im untersuchten Aareabschnitt ab Mitte März auftreten können.

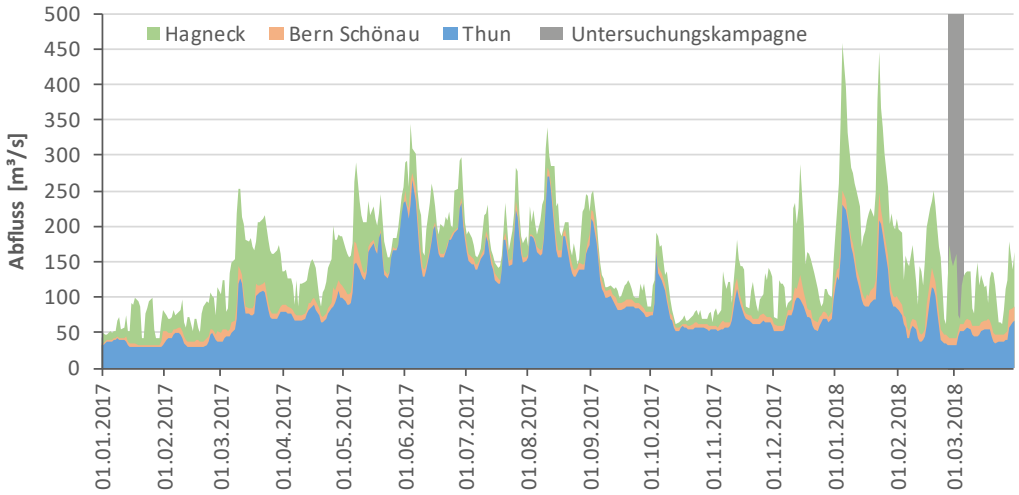


Abb. 4: Abflüsse der Aare an den Pegeln Thun, Bern-Schönau und Hagneck Kanal 2017 und Anfang 2018 (Quelle: BAFU).

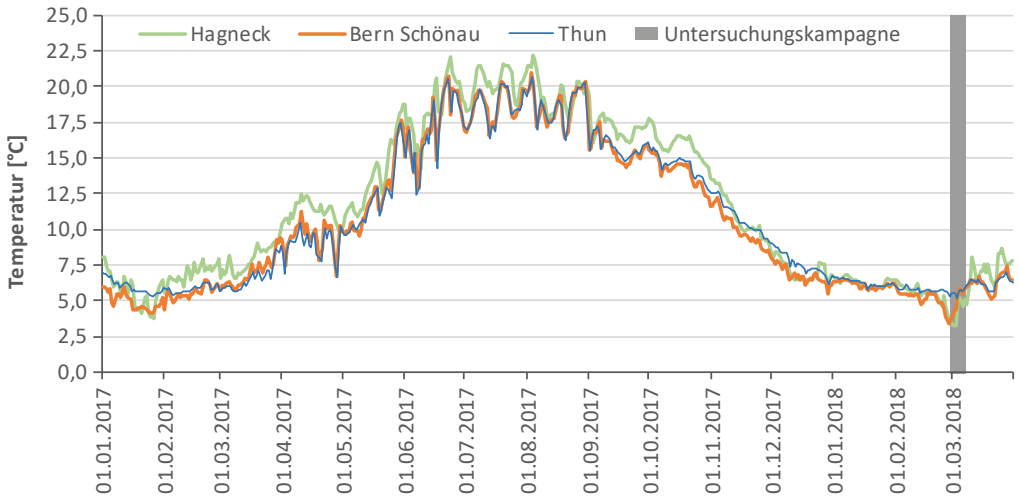


Abb. 5: Wassertemperaturen der Aare an den Pegeln Thun, Bern-Schönau und Hagneck Kanal 2017 und Anfang 2018 (Quelle: BAFU).

2.4 Methoden

Probenahme und Dokumentation

Die einzelnen Flussquerschnitte wurden in der Regel in drei Kompartimente aufgeteilt, die getrennt voneinander beprobt und ausgewertet wurden: Ufer links, Flussmitte (Taucher) und Ufer rechts. In Hunzigenau wurden diese um Proben im dort angelegten Seitenarm ergänzt.

Monitoring der grossen Flüsse der Schweiz soll vereinheitlicht werden

Um das Monitoring der grossen Flüsse der Schweiz zu vereinheitlichen, wurden sowohl Teilprobenzahlen als auch Keschergrössen gegenüber der Untersuchungskampagne von 2008 leicht verändert [HYDRA 2017b]. Innerhalb jedes Kompartiments wurden jeweils vier Teilflächenproben entnommen und später als Mischprobe weiterverarbeitet. Da die Proben die typischen Lebensräume eines Flussabschnitts repräsentieren sollten, wurden die Teilflächen nicht streng auf einem engen Transekt gewählt, sondern konnten sich bis maximal 100 m flussauf- oder abwärts bewegen.

Probenahme der Ufer werden per Kicksampling durchgeführt – in der Rinne tauchergestützt

Die Probenahmen am Gewässergrund fanden jeweils mittels eines per Seil gesicherten Tauchers statt. Die Taucherausrüstung war dabei jeweils aufgrund von Wassertiefe und/oder Strömung mindestens bei einzelnen Teilflächen nötig. Der verwendete spezielle Unterwasser-Surbersampler besitzt abnehmbare Netze und wiegt zur Unterstützung bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten 25 kg (Fläche: 0,07 m^2). Für die Uferkompartimente wurden auf beiden Flusssseiten ständig wasserbenetzte ufernahe Bereiche mittels flächenbezogenem Kicksampling mit einem langstieligen Netzkescher (Fläche: 0,0625 m^2) besammelt. Die Maschenweite der eingesetzten Netze betrug 250 µm (komp. Stufe F MZB [STUCKI 2010]).

An allen Probestellen wurden Substrat- und Strömungsverhältnisse charakterisiert und die Ausprägung von Flussbett und Ufer dokumentiert.

Zusätzlich zu den hier behandelten Inhalten wurden weitere Proben entnommen: Kieselalgen (für Aquaplus), sonstige Algen/Moose und teilweise Feinsedimente (jeweils für Gewässerschutzlabor Bern). Der Methodenbeschrieb hierzu ist in den jeweiligen Berichten dazu dargestellt.

Auswertung der Proben

Das Probenmaterial wurde vor Ort so weit wie möglich von Steinen, Holz, Algen etc. befreit und in 70-prozentigem Alkohol fixiert. Organismen, die später im fixierten Material nur schwer bestimmbar wären, wurden separat erfasst. Im Labor wurden die Individuenzahlen der Kompartimente bestimmt. Das taxonomische Niveau der Bestimmung orientierte sich an der im Rahmen der Expertengruppe „Makroinvertebraten" der IKSR vereinbarten Taxa-Liste. Die Proben wurden jeweils auf Besiedlungsdichten pro 1 m^2 Untersuchungsfläche umgerechnet.

Zur Charakterisierung der Probestellen und Gewässerabschnitte wurden neben Besiedlungsdichten und Taxazahlen auch verschiedene Indices berechnet: Anteile Ernährungstypen, biozönotische Region, Strömungspräferenzen und Saprobienindex. Diese Indices wurden in der letzten Kampagne der Schweizer Version des Programms «ecoprof» durchgeführt. Da die Entwicklung dieses Programms vor einigen Jahren aufgegeben wurde und sich die offiziellen Zuordnungen einzelner Taxa zu funktionellen Gruppen seitdem geändert haben, wurde auf die aktuelle Version des Programms Asterics (Version 4.04) zurückgegriffen. Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse beider Kampagnen wurden auch die alten Daten neu ausgewertet. Daher kann es zu leichten Änderungen der Darstellungen dieser Daten gegenüber dem Bericht von 2008 kommen.

Auswertung anhand von Besiedlungsdichten, Taxazahlen und Indices

Zeitpunkt der Feldarbeiten

Der Zeitpunkt der Probenahmen ist in grossen Fliessgewässern der Alpen immer ein Kompromiss zwischen einer weit fortgeschrittenen Entwicklung der Wasserinsekten und der Vermeidung der ersten starken Hochwasser durch Schneeschmelze. Letztere kann über lange Zeiträume zu Abflüssen führen, die eine Probenahme verunmöglichen. Um dies sicher zu vermeiden, wurden die Feldarbeiten beider Kampagnen (2008 und 2018) am Monatswechseln Februar/März durchgeführt (Tab. 1). Aufgrund der davor liegenden Kältewelle im Jahr 2018 waren vor allem die Wasserinsekten allerdings etwas weniger weit entwickelt als im Jahr 2008. Dies führte zu einer teilweise schlechteren Bestimmbarkeit der Larven.

Zeitpunkt wie 2008

Abb. 6: Sicherung bei Probenahme in der vollen Strömung auch bei flacheren Stellen.

Abb. 7: Links: Probenahme in der Rinne mit Unterwassersampler; rechts: Kicksampling in Ufernähe

Abb. 8: Links: Probenvorauslese im Feld; rechts: Erfassung physikochemische Parameter.

3 Ergebnisse und Beurteilung

3.1 Morphologie und Substrat

Sohlmaterial ist teilweise grober als 2008

An den meisten Probenahmequerschnitten haben sich Morphologie und Substrate gering gegenüber der Untersuchung im Jahr 2008 verändert. Im Bereich Stauwurzel bei Halenbrügg hat sich die Feinsedimentauflage verringert – höchstwahrscheinlich eine Auswirkung der Hochwasser im Januar. An einigen Abschnitten (Uttigenfluh, Hunzigenau, Märchligenau) wurde das Sohlsubstrat grober. Dies kann durch ein verändertes Abflussregime oder ein Geschiebedefizit verursacht worden sein. Die vorher genannten Hochwasser waren für eine gänzliche Änderung des Substrates zu gering, da sie immer noch kleiner waren als die langjährig typischen jährlichen Sommerhochwasser. Gleichzeitig haben sich die Feinsedimentauflagen auf der Sohle der direkt im Staubereich liegenden Stelle Rewag erhöht. Die detailierten Aufstellungen der Morphologie und auch der Substrate entlang der einzelnen Probenahmetransekte sind in den Steckbriefen der Probestellen aufgeführt.

Seitenarm der Revitalisierung bei Hunzigenau wird nur noch selten durchströmt

Die grösste flussdynamischen Änderungen konnte bei **Hunzigenau** festgestellt werden. Der gesamte Bereich wurde 2006 im Rahmen einer Hochwasserschutzmassnahme an der Autobahn A6 umgestaltet. Dabei wurden am rechten Ufer ein teilweise sehr tiefes und sehr variabel strukturiertes Nebengerinne angelegt und der Uferverbau teilweise stark zurückgebaut. Diese Situation war während der letzten Kampagne 2008 noch relativ frisch. In den letzten 10 Jahren hat sich vor allem das Seitengerinne verändert. Es hat sich eine grosse Kiesbank gebildet, ein langer Abschnitt ist verlandet und das Gerinne wird heute nur noch selten durchflossen. Der flussabwärts gelegene Ast ist noch durchgehend benetzt - wenn auch flacher als früher. Das Hauptgerinne zeigt sich dynamisch, so konnte sich die Kiesbank am linken Ufer um mehrere hundert Meter bewegen.

Abbildung 9: Seitengerinne Hunzigenau Februar 2018.

Bei **Bern-Tiefenau** führt eine langgestreckte Kiesbank zu einer teils erhöhter Strömung. Diese Kiesbank hat sich etwas flussabwärts verlagert, der Gesamtcharakter ist jedoch gleich geblieben. Aufgrund der ebenfalls verlagerten Position des Probenahmetransektes sind die Ergebnisse gut mit 2008 vergleichbar.

Kaum noch Einfluss der Stauwurzel am Transekt Halenbrügg feststellbar

Im Bereich des Transektes **Halenbrügg** scheint sich die Lage der Stauwurzel verändert zu haben. 2008 war das Substrat der Taucherproben noch zu guten Teilen von Feinsedimenten bedeckt. Das damals teils darunterliegende steinige Substrat lag jetzt über die gesamte Sohlbreite frei.

Neuer Seitenarm wurde am Transekt Hagneck Kanal angelegt

Seit 2008 stark aufgewertet wurde der ca. 300 m lange Bereich um den Transekt **Hagneck-Kanal**. Der dort fest verbaute, geradliniege Kanal wurde am rechten Ufer um einen tiefen Seitenarm erweitert. Dieser ist zwar robust stabilisert, bietet aber auch diverse Strukturen und Ruheräume. Am linken Ufer wurden durch Buhnen geschützte Flachwasserbereiche geschaffen.

3.2 Makrozoobenthos: Besiedlungsdichten und Artenbestand

Besiedlungsdichten

Die Individuendichten des Makrozoobenthos können natürlicherweise ohne äussere Einflüsse zeitlich und räumlich schwanken. Vergleicht man die Dichten entlang der Transekte und Kompartimente der Untersuchungskampagnen 2018 und 2008, so haben sie sich an den meisten Stellen nur wenig verändert (Abb. 10). Es scheint allerdings eine Tendenz zu geringeren Dichten bei den Taucherproben zu geben. Dies ist vermutlich vor allem durch die Hochwasser im Januar verursacht, die aber teilweise beobachtete rauere Sohle deutet auch unabhängig davon auf einen höheren hydraulischen Stress hin.

An Flusssohle geringere Dichten als 2008 – vermutlich durch Hochwasser im Januar 2018

Wenig überraschend sind die Dichten im mittlerweile nur noch selten durchflossenen Seitenarm bei Hunzigenau deutlich zurückgegangen. Dafür sind sie bei Rewag gegenüber 2008 auf dort zu erwartende Werte angestiegen.

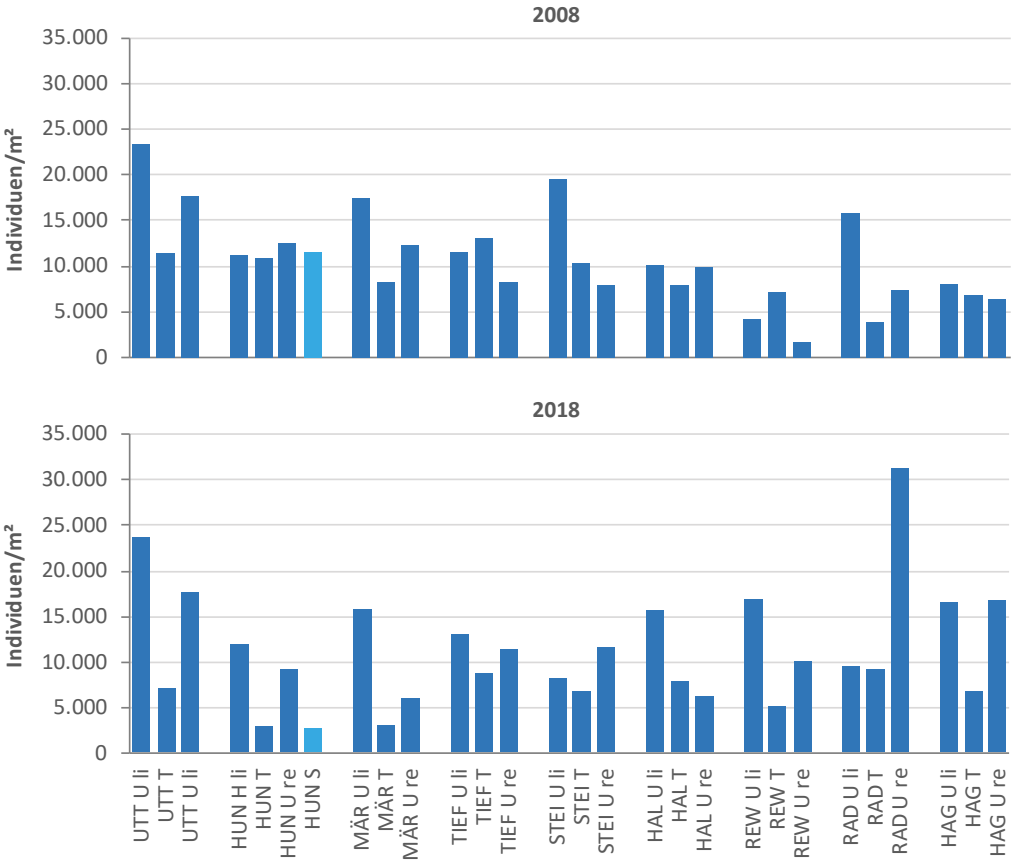


Abb. 10: Individuendichten pro m² der einzelnen Flusskompeartimente Ufer links (U li), Mitte/Taucher (T) und Ufer rechts (U re) in den Jahren 2008 und 2018. Bei Hunzigenau wurde noch der Seitenarm unterschieden (S). Weitere Abkürzungen s. Tab. 1).

Benthoszusammensetzung

Das Makrozoobenthos wird an den meisten Standorten von Dipteren-Larven und Crustaceen dominiert (Abb. 11), wobei Dipteren gegenüber 2008 an dem meisten Transekten zurückgegangen sind. Dies kann ein Effekt der Januarhochwasser gewesen sein, die weniger strömungsangepasste Individuen teilweise verdriftet haben. Die jetzt höheren Dipterendichten in Uttigenfluh bestehen zum grössten Teil aus vom Seeabfluss profitierenden filtrierenden Simuliiden, diejenigen bei Rewag vor allem aus dort im Feinsubstrat lebenden Chironomiden. Im freifliessenden Abschnitt bis Bern haben Eintagsfliegenlarven zugenommen, Steinfliegenlarven jedoch etwas abgenommen. An fast allen Transekten spielen Gammariden eine deutlich grössere Rolle als noch 2008. Abschnitte mit erhöhten Anteilen von Feinsedimenten (HAL, REW, RAD) werden verstärkt von Nicht-Insekten wie Oligochaeten und Schnecken besiedelt. Muscheln haben im Unterlauf zwar meist deutlich zugelegt, spielen aber aktuell noch eine untergeordnete Rolle. Die bisherige Zunahme liegt noch an einer Zunahme von Pisidien. Mit einer vermutlich weiteren Ausbreitung der Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*) erwarten wir hier zukünftig deutlich höhere Anteile.

Zunahme von v.a. von Gammariden; vermutlich durch Hochwassereinfluss Abnahme von Dipteren; noch kein Effekt durch *C. fluminea*

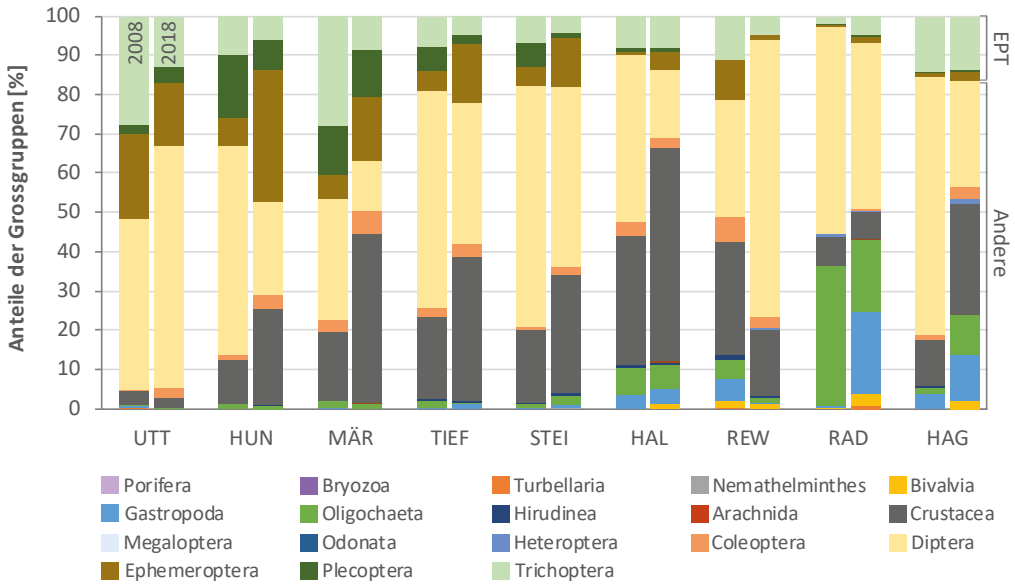


Abb. 11: Zusammensetzung der Benthosbesiedlung nach Organismengruppen (links: 2008, rechts: 2018; Abkürzungen s. Tab. 1).

In der oberen Aare kommen einige Rote Liste-Arten vor: u.a. die vom Aussterben bedrohte Köcherfliege *Brachycentrus maculatus* zwischen Ausleitung zur Alten Aare und Bieler See

Rote Liste-Arten

Einige der gefundenen Arten sind in einer der Roten Liste bedrohter Tierarten der Schweiz geführt [BAFU 1994; BAFU 2002; BAFU 2012]. Seit 2008 neu gefunden wurden die Köcherfliege *Ceraclea aurea* (VU/Verletzlich) und die Grüne Keiljungfer *Ophiogomphus cecilia* (EN/Stark gefährdet). Weiter hat sich der Rote Liste-Status einzelner Arten seitdem geändert.

Die am stärksten bedrohte vorkommende Art ist die Köcherfliege *Brachycentrus maculatus* (CR/vom Aussterben bedroht). Die früher häufige Art kommt heute vermutlich nur noch vereinzelt in Aare und Doubs vor. In der Aare scheinen zudem alle Vorkommen um die alte Aare herum zu liegen. Deren Abzweigung liegt nahe der Probestelle Hagneck-Kanal.

Tab. 2: Während der Kampagne im 2018 in der Aare gefundene Rote Liste-Arten [BAFU 1994; BAFU 2002; BAFU 2012]. *) Art bereits 2008 vorkommend.

Artname	Status Rote Liste	Bemerkungen
Ephemeroptera - Eintagsfliegen		
*Baetis vardarensis**	NT (Potenziell gefährdet)	Von UTT bis STEI
*Potamanthus luteus**	NT (Potentiell gefährdet); in der Westschweiz sehr selten	Überall bis auf REW
*Torleya major**	VU (Verletzlich); in der Westschweiz im Rückgang	Von UTT bis STEI und HAL
Plecoptera - Steinfliegen		
*Besdolus imhofi**	EN (Stark gefährdet); eigentlich breite tiefgründige Flüsse	Nur HUN und MÄR
Trichoptera - Köcherfliegen		
*Agapetus nimbulus**	VU (Verletzlich)	Nur bei HAL
*Brachycentrus maculatus**	CR (Vom Aussterben bedroht); nordische Art, starker Rückgang	Nur bei HAG
Ceraclea aurea	VU (Verletzlich)	Nur bei HAG
*Silo piceus**	VU (Verletzlich)	Überall bis auf RAD
Odonata - Libellen		
Ophiogomphus cecilia Grüne Keiljungfer	EN (Stark gefährdet); stabile Populationen nur noch an Aare und Reuss	Nur HUN
Coleoptera - Käfer		
*Orectochilus villosus** Behaarter Taumelkäfer	2 (Stark gefährdet)	Überall

Taxazahlen

An allen Transekten lagen die Taxazahlen 2018 unterhalb der Werte von 2008 (Abb. 12). Dies führen wir vor allem an den hydrologischen und meteorologischen Besonderheiten des Winters 2018 zurück. Die Angabe von Taxazahlen hängt neben den vorhandenen Arten von der Bestimmbarkeit der Tiere ab. Bei den meisten Taxa lassen sich nur fertig ausgebildete Larven bis zu Art bestimmen. Aufgrund der relativ frühen Probenahme an diesem Aareabschnitt waren – wie bereits 2008 – einige Larven hierfür noch zu unreif. Durch die Kältewelle im Februar 2018 wurde dies noch verschärft. Zusätzlich haben die Hochwasser an strömungsexponierten Stellen einzelne Taxa verdriftet. An den Transekten mit geringer Strömung war die Differenz zu 2008 am geringsten. Zusätzlich wurde im freifliessenden Abschnitt seit 2008 eine Vergroberung des Sohlsubstrats beobachtet, was zumindest zu einer Verschiebung einzelner Taxa geführt hat – bei einem Teil der Arten möglicherweise auch zu einer Reduktion.

Geringere bestimmbare Gesamttaxazahlen als 2008 sind vermutlich durch Hochwasser und Kältewelle bedingt

Eine hohe Taxazahl muss zugleich keinen besseren Zustand anzeigen. So bestehen die hohen Werte an den drei unteren Transekten (REW, RAD, HAG) aus vielen standortuntypischen Stillwasserarten. Die Werte bei Hunzigenau sind dagegen das Resultat der dortigen Revitalisierung.

Im gesamten Verlauf stellen Köcher-, Stein-, Eintagsfliegen- (EPT-Arten) und Dipterenlarven die meisten Taxa. An den staubeeinflussten Transekten gewinnen auch Nichtinsekten wie Oligochaeten, Strudelwürmer, Schnecken und Egel an Bedeutung.

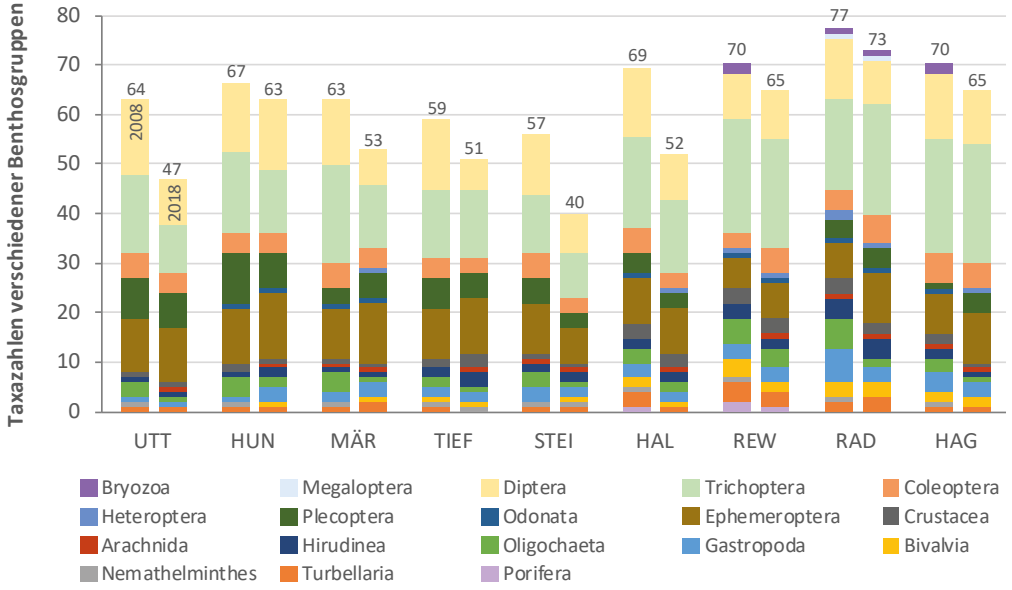


Abb. 12: Gesamttaxazahlen und deren Zusammensetzung an den Transekten nach Organismengruppen (links 2008, rechts 2018; Abkürzungen s. Tab. 1).

3.3 Entwicklung der Charakterarten im Aareverlauf seit 2008

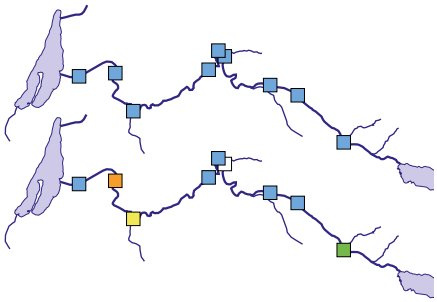
Die Makrozoobenthosbesiedlung der gesamten Aare wurde zwischen Thuner- und Bielersee mittlerweile zum zweiten Mal auf vergleichbare Weise untersucht. Somit lassen sich auch Änderungen in der Verbreitung einzelner Charakterarten darstellen. Auf den nächsten Seiten sind die Häufigkeiten entlang der Aare der dominierenden, seltenen oder neu hinzugekommenen Arten und Gruppen dargestellt (Abb. 13-23).

Wenig Änderungen gegenüber 2008

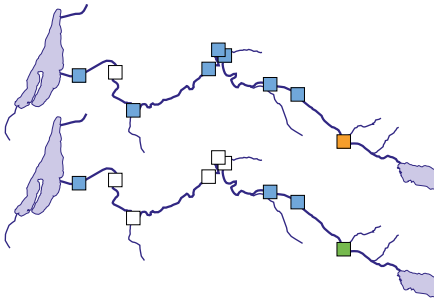
Insgesamt haben sich diese Verhältnisse gegenüber 2008 kaum verändert, die Dichten an den einzelnen Transekten sind meist ähnlich. Eine gewisse Streuung ist bei dieser Betrachtung normal.

Die meisten Änderungen betreffen die Indikatorarten zur Strömungspräferenz. So hat sich die Häufigkeit einzelner sehr strömungsliebender Arten im freifliessenden Abschnitt bis Bern erhöht. Neu hinzugekommen sind die Neozoen Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*; Abb. 14) und Donauassel (*Jaera sarsi*; Abb. 16).

Abb. 13: Ausgewählte Charakterarten der Aare zwischen Thunersee und Bielersee: Strudelwürmer (Turbellaria)



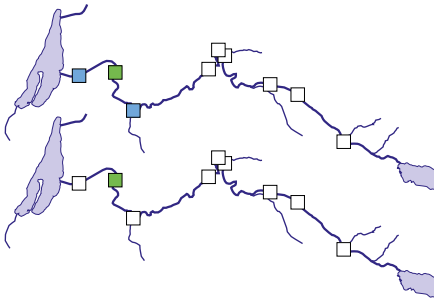
Turbellaria, Strudelwürmer



Neozoon

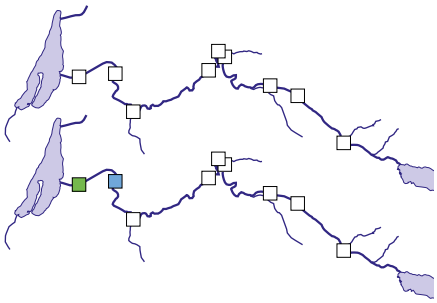
Dugesia tigrina, Tigerplanarie

Abb. 14: Ausgewählte Charakterarten der Aare zwischen Thunersee und Bielersee: Muscheln (Bivalvia)



Neozoon

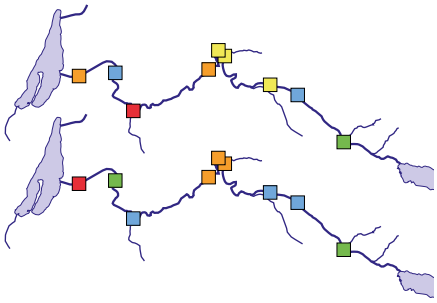
Dreissena polymorpha, Dreikantmuschel



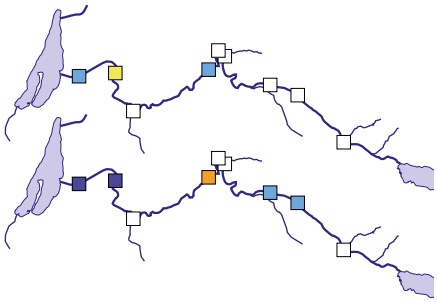
Neozoon

Corbicula fluminea, Körbchenmuschel

Abb. 15: Ausgewählte Charakterarten der Aare zwischen Thunersee und Bielersee: Schnecken (Gastropoda)

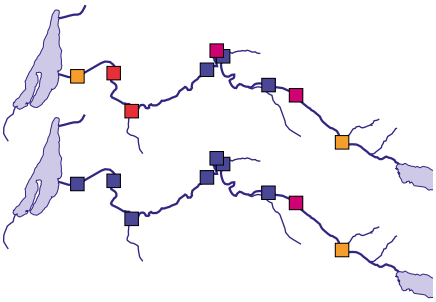


Ancylus fluviatilis, Flussmützenschnecke

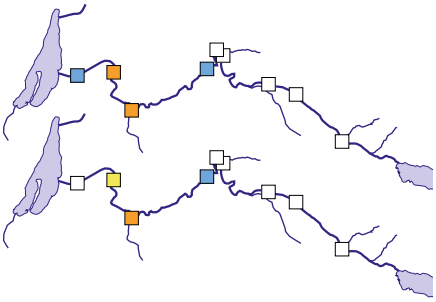


Neozoon

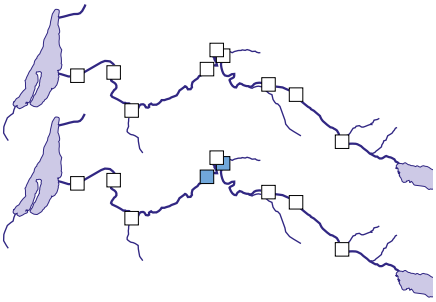
Potamopyrgus antipodarum, Neuseeländische Zwergdeckelschnecke



Gammarus fossarum/pulex



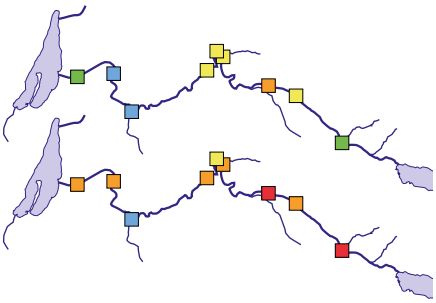
Asellus aquaticus, Wasserassel



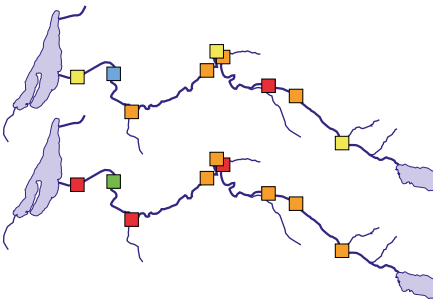
Neozoon

Jaera sarsi, Donauassel

Abb. 16: Ausgewählte Charakterarten der Aare zwischen Thunersee und Bielersee: Krebse (Crustacea)

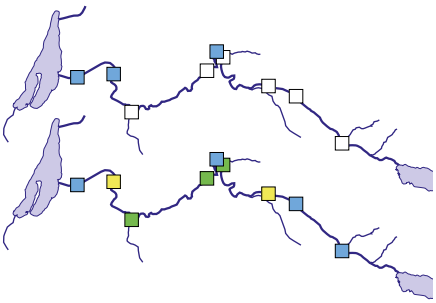


Elmis spp., Hakenkäfer



Limnius spp.

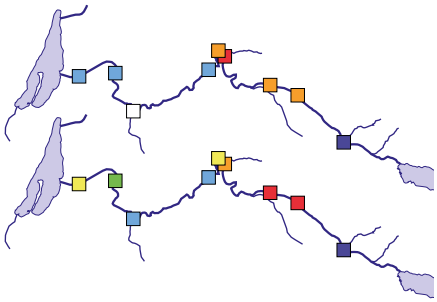
Abb. 17: Ausgewählte Charakterarten der Aare zwischen Thunersee und Bielersee: Käfer (Coleoptera)



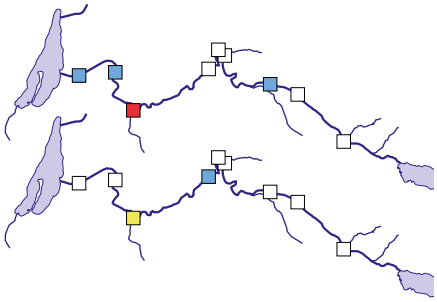
Hydracarinae, Wassermilben

Abb. 18: Ausgewählte Charakterarten der Aare zwischen Thunersee und Bielersee: Wassermilben (Hydracarinae)

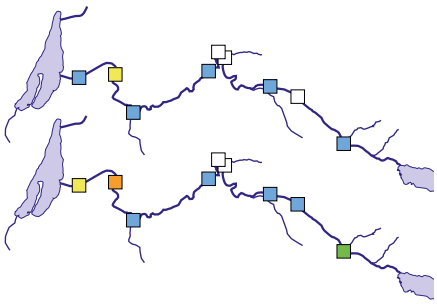
Abb. 19: Ausgewählte Charakterarten der Aare zwischen Thunersee und Bielersee: Eintagsfliegen (Ephemeroptera)



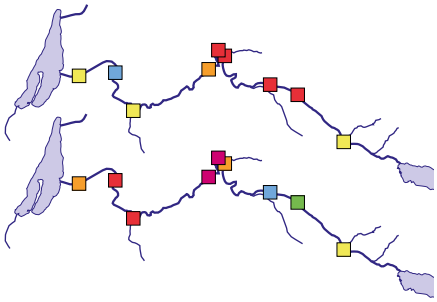
Baetis spp.



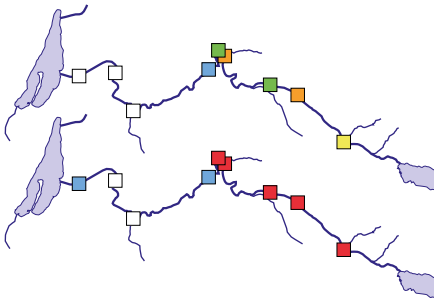
Seratella ignita



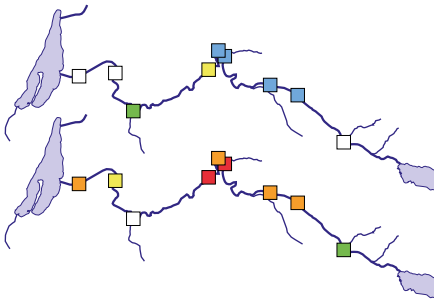
Ephemera sp.



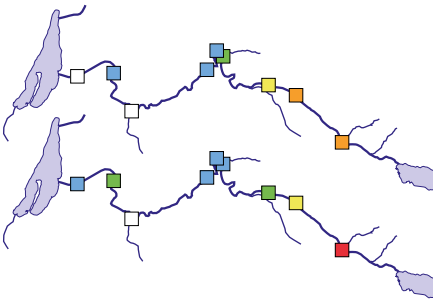
Ecdyonurus spp.



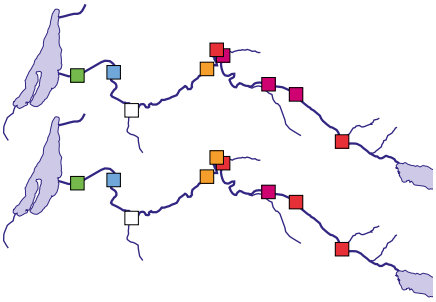
Rhithrogena spp.



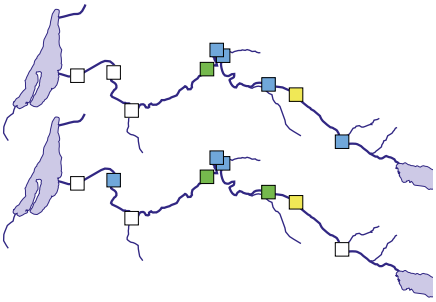
Potamanthus luteus



Leuctra spp.

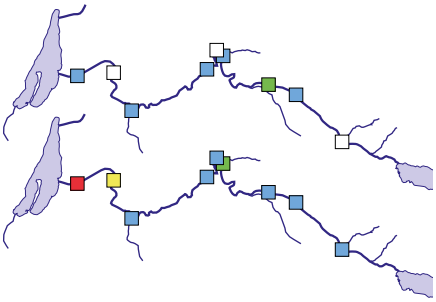


Isoperla spp.

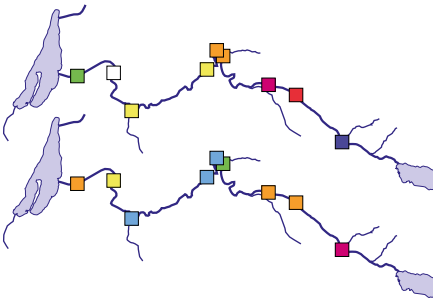


Perlodes spp.

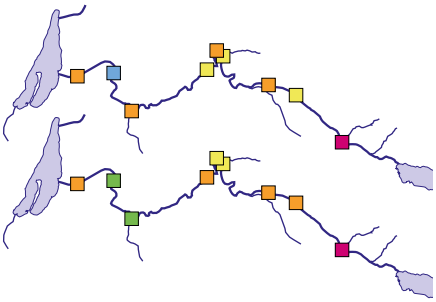
Abb. 20: Ausgewählte Charakterarten der Aare zwischen Thunersee und Bielersee: Steinfliegen (Plecoptera)



Goeridae (Goeara, Silo)



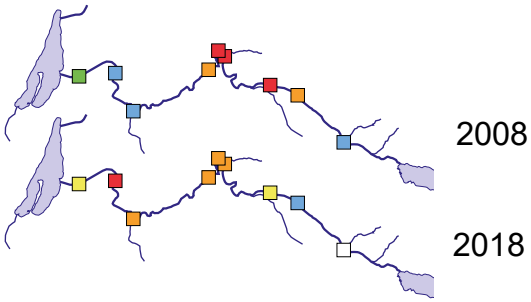
Cheumatopsyche lepida



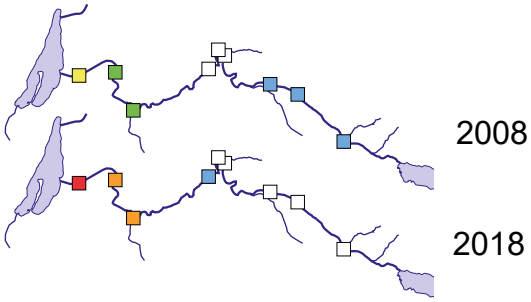
Hydropsyche spp.

Abb. 21: Ausgewählte Charakterarten der Aare zwischen Thunersee und Bielersee: Köcherfliegen I (Trichoptera)

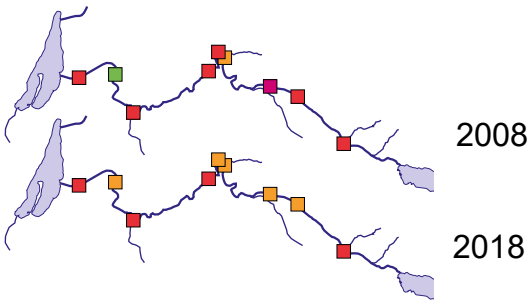
Abb. 22: Ausgewählte Charakterarten der Aare zwischen Thunersee und Bielersee: Trichoptera II (Trichoptera)



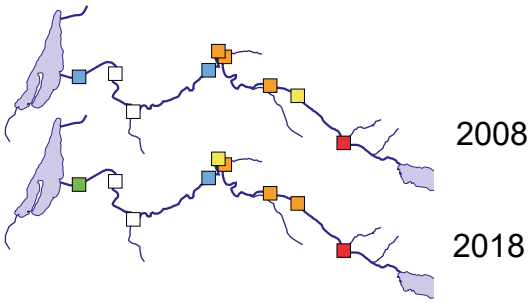
Limnephilidae



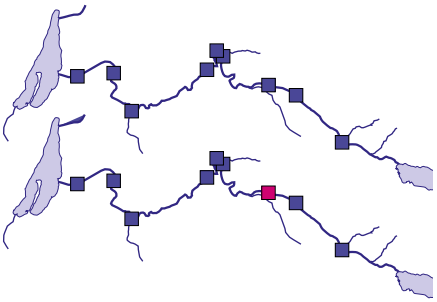
Polycentropidae



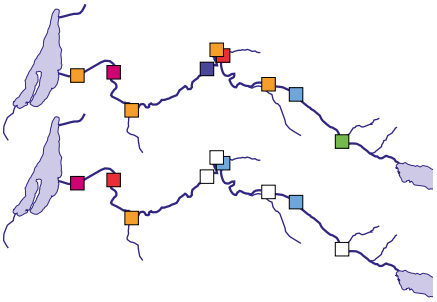
Psychomiidae



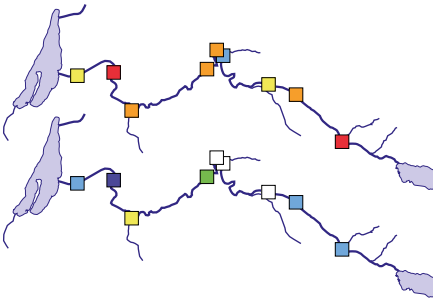
Rhyacophilidae



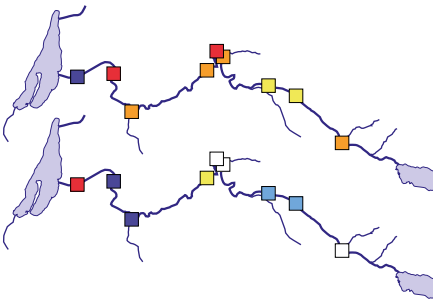
Orthocladiinae



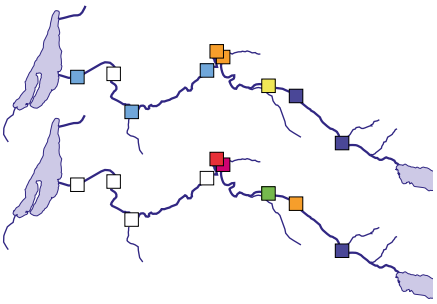
Chironomini



Tanypodinae



Tanytarsini



Simuliidae, Kriebelmücken

Abb. 23: Ausgewählte Charakterarten der Aare zwischen Thunersee und Bielersee: Zweiflügler: Fliegen & Mücken (Diptera)

3.4 Das Makrozoobenthos als Indikator des Gewässerzustandes

Noch ist kein standardisiertes Bewertungsmodul für Makrozoobenthos in grossen Flüssen vorhanden

Die grossen Flüsse der Schweiz nehmen für die Gewässerbewertung eine Sonderstellung ein, da noch nicht für alle Lebensgemeinschaften standardisierte Bewertungsmodule vorliegen. Dies betrifft vor allem das Makrozoobenthos. Die bestehende Methode zur Bewertung von Makrozoobenthos [STUCKI 2010] ist ausdrücklich nur für bewatbare Gewässer vorgesehen und geeignet. Aktuell sind Erweiterungen dieser Bewertungsmethode für grosse Flüsse erst in Planung [Erweiterung STUCKI 2010 und HYDRA 2017b]. Daher lassen sich für grosse Flüsse aktuell noch keine einfachen standardisierten Gütebewertungen vornehmen. Davon unabhängig gibt es eine lange Erfahrung beim Monitoring des Makrozoobenthos grosser Flüsse der Schweiz, die auch in die Entwicklung neuer Bewertungsmethoden eingehen [HYDRA 2017a]. Daher wird im Folgenden auf die entsprechenden Metrics eingegangen.

Biozönotische Region

Im Längsverlauf eines Fliessgewässers ändern sich typischerweise Gewässerbreite, Tiefe, Gefälle, Abfluss, Temperaturverhältnisse und weitere Damit ändert sich auch die jeweils daran angepasste Lebensgemeinschaft. Dies hat zur Definition im Flusslauf aufeinander folgender biozönotischer Regionen geführt. Die übliche Abfolge der biozönotischen Regionen kann dabei durch Seen, Gefällestufen, aber auch durch Eingriffe verändert werden. Begradigungen, Ausleitungen und Schwalleinfluss führen zu einer Rhithralisierung der Gemeinschaft, Aufstauungen, organische Belastungen oder fehlende Geschiebedynamik zu einer Potamalisierung.

Vor allem Seeabfluss und Staubereiche führen zu stärker potamalem Charakter

Die beschriebenen Effekte zeigen sich auch an den Verhältnissen in der Aare. Auch wenn generell der zum Gewässertyp passenden rhithrale Charakter überwiegt, gibt es leichte Unterschiede (Abb. 24). Vor allem in Uttigenfluh, aber auch noch bei Hunzigenau beeinflusst der Seeabfluss die Lebensgemeinschaft. Trotz sehr ähnlicher Strukturen tritt der potamale Charakter bis Märchligenau immer weiter zurück und der rhithrale und krenale nimmt zu. Dies ist 2018 besonders gut zu erkennen. Interessanterweise zeigt der Transekt bei Halenbrügg 2018 keine für eine Stauwurzel typische Lebensgemeinschaft. Hier kommen noch die selben Typen vor wie weiter flussaufwärts. Dagegen zeigen die Transekte Rewag und Radelfingen einen deutlichen Einfluss der dortigen Staubereiche. Der gegenüber 2008 stärker potamale Charakter am Hagneck Kanal kann auf den dort neu angelegten, ruhigeren Nebenarm zurückgeführt werden.

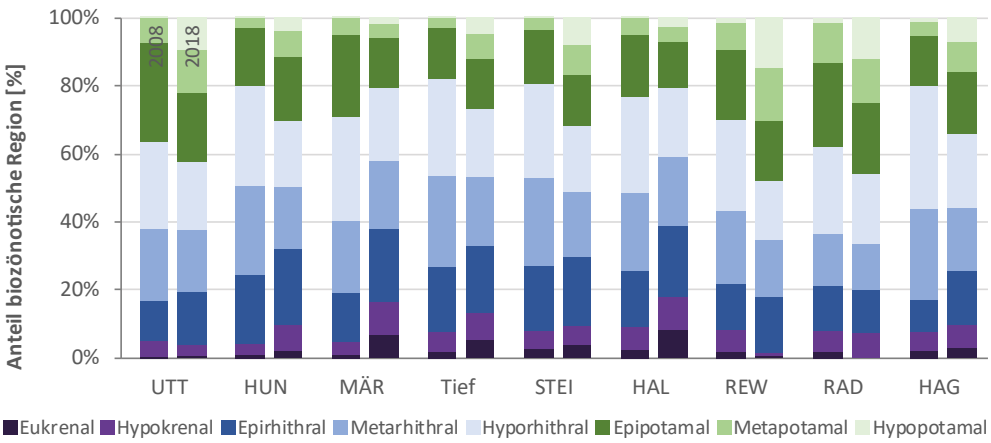


Abb. 24: Benthoszusammensetzung nach Zugehörigkeit zu einer biozönotischen Region (links 2008, rechts 2018; Abkürzungen s. Tab. 1).

Strömungspräferenz, Rheoindex

Höherer Anteil an Arten mit Strömungspräferenz an den nicht staubeeinflussten Stellen

Zur Charakterisierung einer Biozönose hinsichtlich ihrer Strömungspräferenzen dient der Rheoindex (RI). Er gibt das Verhältnis strömungsliebender zu strömungsmeidenden Organismen an, d.h. ein hoher RI zeigt das Vorherrschen strömungsliebender Arten an. Gegenüber der Zuordnung zu einer bionönotischen Region wird hier nur der Umgebungsfaktor Strömung betrachtet. Allerdings beeinflusst die Strömung wiederum andere Faktoren, wie z.B. die Substratzusammensetzung.

Der Rheoindex hat sich seit 2008 an den meisten Stellen nur leicht verändert (Abb. 25). Insgesamt hat er sich an den freifliessenden Transekten leicht erhöht. Dies deckt sich mit der Beobachtung der grösstenteils leicht groberen Sohle. Deutliche Änderungen gab es an den staubeeinflussten Stellen. Bei Halenbrügg liegt der Rheoindex jetzt gleichauf mit den weiter oben liegenden freifliessenden Abschnitten. Auch hier zeigt der Transekt noch keinen Einfluss des knapp unterhalb liegenden Staus. Vermutlich hat sich der ökologische Einflussbereich der Stauwurzel seit 2008 leicht flussabwärts verschoben und liegt jetzt knapp unterhalb des Transekts. Das Gegenteil ist bei Radelfingen festzustellen: Hier überwiegen jetzt stark strömungsmeidende Arten.

Veränderung des Rheoindex vor allem an den staubeeinflussten Stellen

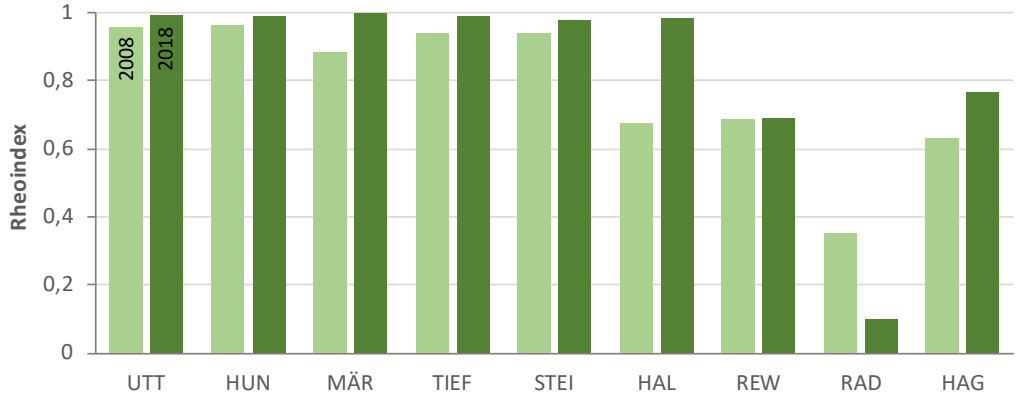


Abb. 25: Rheoindex an den Transekten nach Organismengruppen (links: 2008, rechts: 2018; Abkürzungen s. Tab. 1).

Ernährungstypen

Auch die in der Benthosbiozönose vertretenen Ernährungstypen lassen Schlüsse auf die im Gewässer vorkommenden ökologischen Bedingungen zu. So gehören zum Rhithral viele typische Weidegänger, zu denen zahlreiche Eintagsfliegenarten, aber auch Schnecken

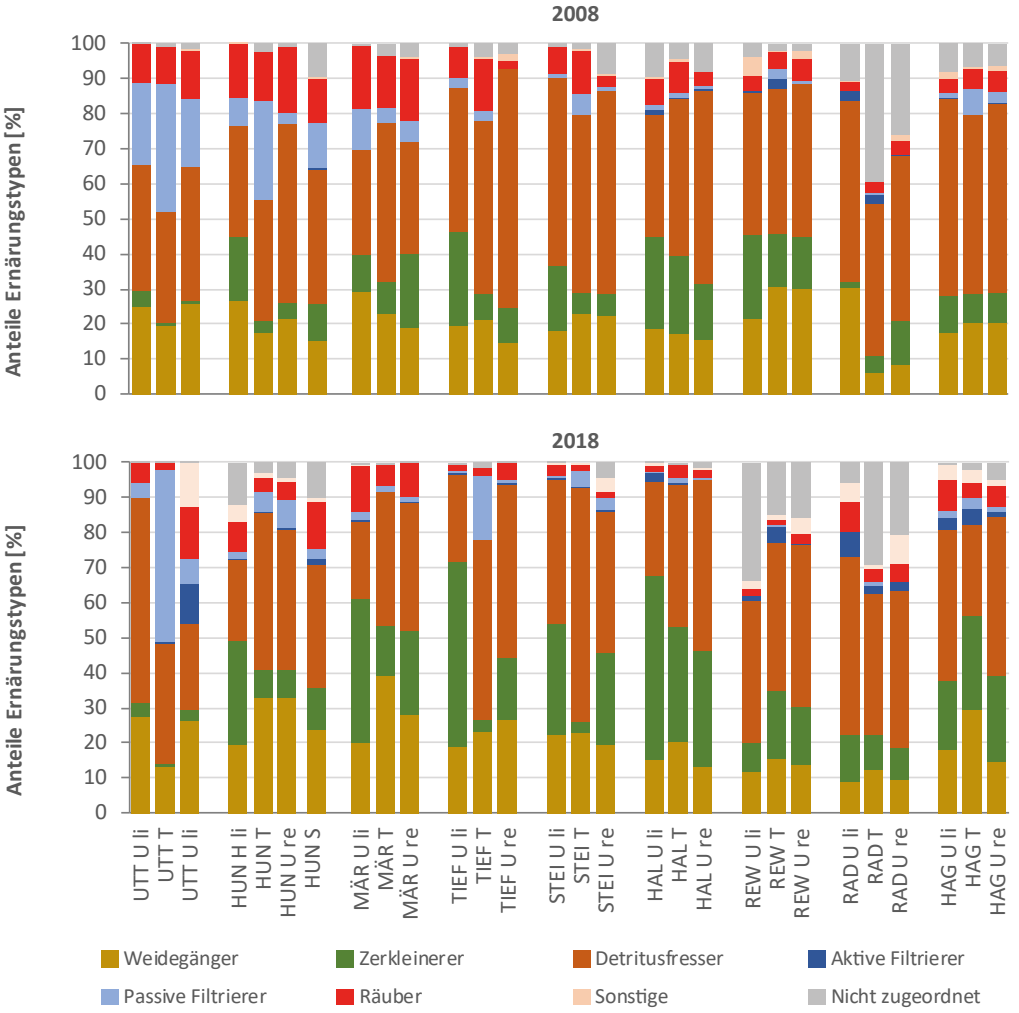


Abb. 26: Anteile der unterschiedlichen Ernährungstypen der einzelnen Flusskompeartimente Ufer links (U li), Mitte/Taucher (T) und Ufer rechts (U re) in den Jahren 2018 und 2008. Bei Hunzigenau wurde noch der Seitenarm unterschieden (S). Weitere Abkürzungen s. Tab. 1).

zählen. Diese ernähren sich vom dünnen Algenaufwuchs auf Steinen. Ihr Anteil geht zurück, wenn die Algenrasen durch fädige Algen verdrängt oder durch Sand und Feinmaterial überdeckt werden.

Am Seeabluss lebt ein höherer Anteil an Filtrierern; mehr Zerkleinerer; weniger Weidegänger in den Staubereichen

Entlang des betrachteten Aareabschnitts lassen sich mehrere Effekte beobachten Abb. 26). Der Seeabfluss bei Thun führt zu einer erhöhten und dauerhaft verfügbaren Organismendrift, die wiederum als Nahrungsgrundlage für passive Filtrierer dient. Diese fühlen sich in den unterhalb gelegenen freifliessenden Abschnitten sehr wohl – ihre relativen Dichten gehen aber im Flussverlauf langsam zurück. Die staubeeinflussten Bereiche beinhalten dagegen etwas weniger Weidegänger als die anderen, was vor allem an der schlechteren Verfügbarkeit von freiliegenden Hartsubstraten liegt. Gegenüber 2008 fällt vor allem die relativ gesehen starke Zunahme der aktiven Filtrierer auf. Dies sind die jetzt höheren Dichten der teils vergraben lebenden Eintiegsfliegenart *Ephemera danica* und der grossen Zahl von Erbsenmuscheln (Pisidien) in den Staubereichen. Die Zunahme an Zerkleinerern liegt vor allem an der Zunahme von laubfressenden Gammariden (*Gammarus fossarum* und *G. pulex*).

Für die Auswertung der Ernährungstypen werden die meisten Arten nicht nur einem Typus, sondern anteilig an ihren Lebensgewohnheiten mehreren Typen zugeordnet. Daher kann die vermehrte Zuordnung zu «Sonstige» an der durch die Kältewelle bedingten teilweise schlechteren Bestimmbarkeit einiger Insektenlarven liegen.

Saprobienindex

Der Saprobienindex soll die organische Belastung eines Fliessgewässers anhand der Benthosbesiedlung angeben. Er ist allerdings für die Beurteilung kleiner Flüsse entwickelt und zeigt auch teilweise andere Einflüsse an. So können Nutzungen, die ins Abflussgeschehen oder die Substratverhältnisse eingreifen, die Ergebnisse verschieben. Dies gilt insbesondere bei geringer organischer Gewässerbelastung, wenn anspruchsvolle Arten durch ungeeignetes Substrat, unregelmässige Wasserführung oder mangelnde Strömung an einer Besiedlung gehindert werden. Diese Einschränkungen treffen auf weite Bereiche des untersuchten Aareabschnitts zu.

Verbesserter Saprobienindex im freifliessenden Abschnitt ab Märchligenau

Hohe Werte in Staubereichen sind vermutlich Artefakt der Methode

Gemäss den berechneten Saprobienindices ist die Aare zwischen Thuner- und Bielersee als «sehr gut» (Gewässergüte I-II) bis «gut» (II) und im Einzelfall als «mässig» (II-III) einzustufen (Abb. 27). Unterhalb des Seeabflusses ist der Zustand «gut» (II). Die hier vergleichsweise hohen Indices dürften eher auf die unterhalb des Seeabflusses guten Nahrungsbedingungen für Filtrierer wie z.B. netzbauende Köcherfliegenlarven zurückzuführen sein als auf eine erhöhte organische Belastung durch die rund 4 km oberhalb Uttigenfluh einleitende ARA Thun. Ab Märchligenau bis zum Ende der Restwasserstrecke schliesst sich ein langer «sehr guter» Abschnitt an. Dies dürfte der Grundzustand der Aare sein. Im Stadgebiet von Bern sieht man keinen Einfluss durch die Einleitung der ARA Worblental im Berner Stadtgebiet zwischen Tiefenau und Steinibach. Deutlich schlechter ist der Index in den staubeeinflussten Bereichen: Rewag und Hagneck Kanal II, Radelfingen II-III. Allerdings zeigt der Saprobienindex bei stark reduzierter Fliessgeschwindigkeit immer erhöhte Werte an. Daher lässt sich hier keine Ursache festlegen. Eine von den morphologischen Ver-

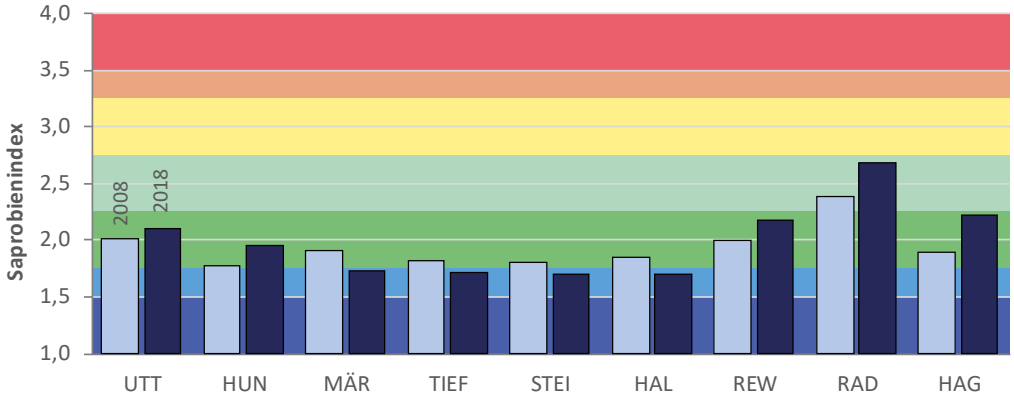


Abb. 27: Saprobienindex an den Transekten nach Organismengruppen (Abkürzungen s. Tab. 16).

hältnissen weniger abhängige Beurteilung der Belastungssituation der Aare wird durch die Untersuchung der Kieselalgenbesiedlung ermöglicht [AQUAPLUS 2018]. Dabei schneiden Seeabfluss und Radelfingen besser ab als hier beobachtet.

Im Vergleich zur Untersuchungskampagne 2008 sind die Werte im Mittel ähnlich geblieben, allerdings haben sich die Unterschiede zwischen den Abschnitten noch verstärkt.

3.4 Neozoen

Der untersuchte Aareabschnitt ist weiterhin erst gering mit Neozoen besiedelt – ganz im Gegensatz zum Bereich unterhalb des Bielersees. Gegenüber 2008 sind zwei Arten neu hinzugekommen: Die Donauassel (*Jaera sarsi*) und die Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*).

Neu aufgetretene Neozoen

Die **Donauassel** *(Jaera sarsi)* kommt bisher nur in geringen Dichten im Bereich des Stadtgebietes Bern vor (Transekte Bern-Tiefenau und Halenbrügg). Dies deutet auf eine punktuelle Einschleppung in diesem Bereich hin, wobei sich die Art z.B. am Hochrhein teilweise auch aktiv flussaufwärts auszubreiten scheint [REY et al 2015] Für die Aare werden keine starken Auswirkungen erwartet. Bisher ist die Donauassel in der Schweiz nicht als problematisch aufgefallen.

Das Auftreten der **Körbchenmuschel** *(Corbicula fluminea)* in den untersten zwei Transekten des Untersuchungsbereiches (Radelfingen und Hagneck-Kanal) war zu erwarten, da die Art bereits seit über zehn Jahren im Bielersee beschrieben ist. Eine weitere Ausbreitung wird hier zukünftig erwartet. Vor allem in den Weichsubstraten der Staubereiche und im Wohlensee könnte sie hohe Dichten erreichen.

Bereits 2008 etablierte Neozoen

Die **Dreikantmuschel** *(Dreissena polymorpha)* kommt – wie bereits 2008 – in nur sehr geringen Dichten um Radelfingen vor. Die normalerweise invasive Muschelart hat sich hier also nicht weiter ausgebreitet. Entsprechendes gilt für den oberhalb gelegenen Thunersee. Dort wurde die Art bereits 2008 nachgewiesen, kommt aber immer noch nur in geringen Dichten vor. Eine Ausbreitung aus dem Thunersee entlang des freifliessenden Abschnitts der Aare bis Bern hat bisher nicht stattgefunden.

Ebenfalls zurückgegangen ist die **Tigerplanarie** *(Dugesia tigrina)*, sie wurde jetzt nur noch in wenigen Transekten gefunden.

Die Verbreitung der **Neuseeländischen Sumpfdeckelschnecke** *(Potamopyrgus antipodarum)* hat zugenommen, sie kommt jetzt flussaufwärts bis Hunzigenau vor. Die Dichten bei Radelfingen und Hagneck-Kanal haben deutlich zugenommen. Die kleine Schnecke scheint aber kein invasives Verhalten zu zeigen.

Abb. 28: Links: Donauassel (*Jaera sarsi*); rechts: Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*).

Abb. 29: Links: Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*); mitte: Tigerplanarie (*Dugesia tigrina*); rechts: Neuseeländische Sumpfdeckelschnekcke (*Potamopyrgus antipodarum*).

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Betrachtet man alle untersuchten Parameter, hat sich der Gesamtzustand der Aare zwischen Thuner- und Bielersee seit 2008 nur wenig verändert. Die beobachteten Unterschiede lassen sich vor allem auf die besonderen Abfluss- und Temperaturverhältnisse im Winter 2017/2018 und Veränderungen an der Gewässersohle zurückführen.

Hochwasser und Kältewelle im Winter 2017/2018 beeinflussen Ergebnisse

Die Besonderheit der Kampagne des Jahrs 2018 waren die Witterungsverhältnisse im Winter 2017/2018. So führte der zuerst warme Winter zusammen mit starken Niederschlägen zu mehreren für diese Zeit ungewöhnlich hohen Hochwassern. Diese beseitigten grosse Teile der sonst bis Februar angesammelten Feinsubstratauflagen in einzelnen Abschnitten. Weiter wurden in strömungsexponierten Bereichen Teile des MZB weggespült. Dies verursachte dort geringere Individuendichten und Taxazahlen gegenüber 2008. Die ab Mitte Februar andauernde starke Kältewelle führte zu einer Abkühlung des Aarewassers und damit einer Verzögerung der Larvalentwicklung der Wasserinsekten. Dies erschwerte in Einzelfällen deren Bestimmbarkeit.

Geschiebedefizit der Aare ist hauptsächlicher langfristiger Einfluss

Die hauptsächlichen langfristigen Unterschiede gegenüber 2008 wurden durch die Vergroberung der Sohle hin zu vermehrten Blöcken im freifliessenden Abschnitt oberhalb von Bern verursacht. Dies liegt vermutlich unter anderem am Geschiebedefizit unterhalb des Thunersees. Die Einleitung des Hauptaarezuflusses Kander in den Thunersee im Jahr 1714 reduzierte den Geschiebeeintrag in die Aare fast vollkommen. Zusammen mit dem im Rahmen der späteren Begradigung erhöhten Gefälle hat sich das Flussbett seitdem immer weiter eingetieft. Auch heute noch vertieft sich das Gerinne bei starken Hochwasserereignissen immer noch leicht. Die ungewöhnlich starken Winterhochwasser 2017/2018 werden als Ursache der Vergroberung ausgeschlossen, da diese nicht höher waren als übliche Sommerhochwasser.

Saprobie gegenüber 2008 grösstenteils verbessert

Der gemeinsame Effekt des langfristigen Geschiebedefizites und der Winterhochwasser 2018 führten zu einer Rhithralisierung des Makrozoobenthos. Das heisst, strömungsliebende Arten haben allgemein zugenommen. Dies zeigt sich auch im Vergleich von Rheoindex und biozönotischer Region zwischen 2008 und 2018. Auch die leichte Verbesserung des Saprobienindex zwischen Märchligenau und Halenbrügg dürfte hierauf zurückzuführen sein - eine grobere von Feinsediment befreite Sohle erlaubt weniger Stillwasserarten, die oftmals gleichzeitig eine höhere Saprobie tolerieren und anzeigen.

Neozoen zeigen noch kaum Auswirkungen

Neozoen spielen in dem betrachteten Abschnitt der Aare bisher erst eine sehr geringe Rolle. Es gibt mit der Körbchenmuschel und der Donauassel zwar zwei neue Arten, die bisher aber noch keine Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaft zeigen. Bei den beiden jetzt vorhandenen neozoischen Muschelarten Dreikantmuschel und Körbchenmuschel muss sich noch zeigen, ob sich künftig – wie in der unteren Aare – grosse Veränderungen ergeben.

Bewertungsmethode für Makrozoobenthos grosser Flüsse noch ausstehend - Daten 2008 und 2018 voraussichtlich mit geplanter Methode nachträglich auswertbar

Für zukünftige Untersuchungen wäre eine allgemeine Bewertungsmethode für Makrozoobenthos in grossen Flüssen der Schweiz sinnvoll. Die bisher vorhandene Methode (Stufe F, [Stucki 2010]) ist für entsprechende Gewässer nicht anwendbar. Hier findet aktuell eine Überarbeitung des Moduls mit einer möglichen Erweiterung auf grosse Fliessgewässer statt. Parallel gab es Planungen für ein mögliches eigenes Modul, das auf den etablierten und mittlerweile vereinheitlichen Monitorings von u.a. Hochrhein, Aare, Reuss und leicht modifiziert Alpenrhein basiert. Nach bisherigem Planungsstand werden sich die bestehenden Daten der Jahre 2008 und 2018 für die Aare zwischen Thuner- und Bielersee nach den neuen Bewertungsmethoden analysieren lassen.

5 Literatur

AQUAPLUS (2018): Kieselalgen der Aare - Biologisch indizierte Wasserqualität zwischen Thunersee und Bielersee. Bericht im Auftrag des Gewässer- und Bodenschutzlabors, Kanton Bern.

BAFU (1994): Rote Listen der gefährdeten Tierarten in der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern.

BAFU (2002): Rote Liste der gefährdeten Libellen der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg.

BAFU (2012): Rote Listen Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen - Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern.

HÜGLI A. (2007): Aarewasser. 500 Jahre Hochwasserschutz zwischen Thun und Bern. - Ott Verlag, Bern.

Hydra (2017): Methode zur Untersuchung und Beurteilung grosser Fliessgewässer Teil 1: Erhebungsmethode Makroinvertebraten Hochrhein. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Bern.

HYDRA (2017): Methode zur Untersuchung und Beurteilung grosser Fliessgewässer Teil 2: MSK-Bewertungsmethode Makroinvertebraten in grossen Fliessgewässern; Methodenevaluation, Konzeptvorschlag. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Bern.

MÜRLE U., ORTLEPP J. & REY P. (2009): Biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Thunersee und Bielersee. Fachbericht Makroinvertebraten. Bericht im Auftrag des Gewässer- und Bodenschutzlabors, Kanton Bern.

MÜRLE U., ORTLEPP J. & REY P. (2008): Koordinierte Biologische Untersuchungen im Hochrhein 2006/07. Makroinvertebraten. - Umwelt-Wissen UW0822, 106S. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.)

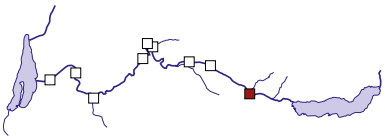
ORTLEPP J. & REY P. (Hydra 2003): Biologische Untersuchungen in der Aare zwischen Bielersee und Rhein, Fachbericht Makroinvertebraten, Untersuchungen 2001/2002.

REY P., MÜRLE U., ORTLEPP J., WERNER S., HESSELSCHWERDT J. & UNGER B. (2015): Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 2011/12. Makroinvertebraten. Bundesamt für Umwelt, Bern.

SIGMAPLAN (2006): Ökomorphologische Kartierung Aare in den Kantonen Bern und Solothurn. Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern (GBL). Tiefbauamt des Kantons Bern (TBA). Renaturierungsfonds des Kantons Bern (RenF)

STUCKI P. (2010): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliesssgewässer, Makrozoobenthos Stufe F. Bundeamt für Umwelt, Bern.

Uttigenfluh (Aare-km 9; Code UTT; AAR022)



Koordinaten CH1903+: E=2 609 945 / N=1 183 920

Aare bei Uttigenfluh vom rechten Ufer aus flussabwärts blickend

Charakterisierung der Probestelle

Der Transekt liegt 9,5 km unterhalb des Thunersees und rund 5 km unterhalb der Mündung der Zulg – des ersten grösseren Zuflusses im Abschnitt zwischen Thunersee und Bielersee. Temperatur- und Abflussverlauf, Substrat und Nahrungsbedingungen werden daher durch den Abfluss des Thunersees beeinflusst. Dieser Abfluss wird direkt am Auslauf des Thunersees durch Wehre geregelt.

Der Transekt liegt in einem naturnahen, freifliessenden Abschnitt der Aare mit natürlicher Schotter-Steilwand auf der linken Flusseite. Flussabwärts der Steilwand sind wie auch am rechten Ufer wechselnd breite Kiesuferbänke ausgebildet. Das nähere Umland ist beidseits von Mischwald bestanden.

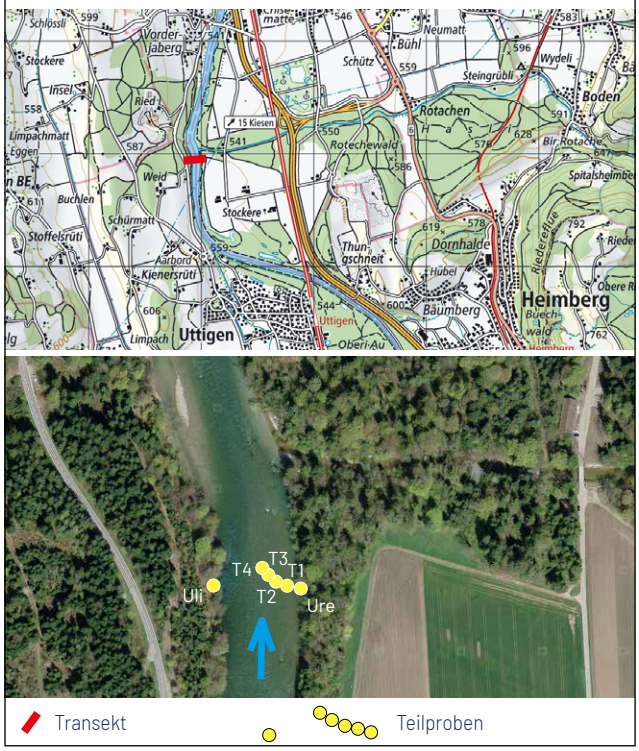
Das Gerinne ist rund 70 m breit und erreicht auf der linken Flussseite eine Tiefe von über 3 m. Die Strömung ist dort auch am stärksten. Die Flusssohle wird von Blöcken und Steinen dominiert, 2008 waren es dagegen noch Steine und grobe Kiesfraktionen. Das Substrat ist nur lokal gering kolmatiert.

Kurz vor der Probenahme war der Abfluss auf den niedrigsten Stand seit dem Vorjahresfrühjahr gesunken und sehr lange benetzte Flächen sind trockengefallen.

Biologische Besonderheiten

Das Makrozoobenthos wird stark vom oberhalb gelegenen Seeabfluss beeinflusst. Dieser liefert eine beständige Organismendrift als Nahrung für viele Filtrierer wie Simuliiden, Hydropsychiden oder auch die eingegraben lebende Eintagsfliegenlarve *Ephemera*. Gleichzeitig werden auch viele Nährstoffe mitgetragen, die die Saprobie erhöht. So finden sich in Uttigenfluh die mit Abstand höchsten Dichten von *Baetis rhodani*, der Eintiegsfliegenart, die am besten mit erhöhten Nährstoffkonzentrationen umgehen kann.

Übersicht



	Ufer links	Ufer rechts
Wassertiefe	20–60 cm	10–40 cm
Strömung	10–80 cm/s	0–80 cm/s
Temperatur	4,4 °C	
Leitfähigkeit	319 µS/cm	
Sauerstoffgehalt/ -sättigung	12,2 g/L 100,2 %	

	T4	T3	T2	T1
Wassertiefe	1,0 m	0,7 m	0,7 m	0,6 m
Strömung	50 cm/s	60 cm/s	100 cm/s	80 cm/s
Entf. zum Ufer	15 m	11 m	8 m	5 m

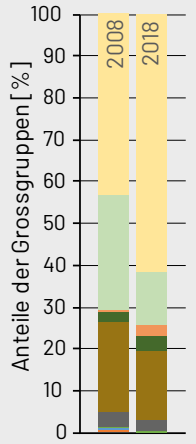
Äusserer Aspekt	Uli	T4	T3	T2	T1	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs	2	2	2	2	2	1	teils fädig
Bewuchs Moose	1	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	1	
Trübung	1	1	1	1	1	1	
Verfärbung	1	1	1	1	1	1	
Schaum	1					1	
Geruch	1					1	
Eisensulfid	1	1	1	1	1	1	
Kolmation	1	1	1	1	1	1	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	1	
Hetrotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	1	
Hinterlandnutzung	1					2	
Einleitungen, Einträge	1	1	1	1	1	1	

Bewuchs/Besiedlung: 1 =< 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%

Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	T4	T3	T2	T1	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels							
Blöcke > 200 mm	2	3	2	2	2	1	
Steine 63 mm - 200 mm	2	2	2	2	2	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm	2	1	1	2	2	2	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm		1	1	1	1	1	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm			1	1	1	1	
Sand 0,063 mm - 2 mm				1	1	1	
Schluff < 0,063 mm							
Lehm/Ton							
Muschelschalen, Sinter							
Sonstiges							

Stufe 1 =< 10 % (Bedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 >= 50% der Fläche



	2008	2018
Anzahl Taxa	64	47
Abundanz linkes Ufer	23'280	23'520
Abundanz Sohle/Taucher	11'368	6'810
Abundanz rechtes Ufer	17'680	17'332
Rheoindex	0,96	0,99
Saprobienindex Makrozoobenthos	2,1	2,0
DI-CH Diatomeen-Index	1,9	2,1

Natürliche Schotter-Steilwand am linken Ufer

Steinige Sohle mit Blöcken, aber auch Kiesfraktionen bei T1

Steinige Sohle mit Blöcken, aber auch Kiesfraktionen bei T2

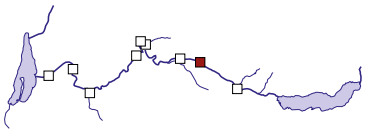
Mit Algen bewachsene Steine und Grobkies in Ufernähe

Sohle mit Blöcken und Steinen an T3

Sohle mit grösstenteils Blöcken an T4 (Schuh zum Grössenvergleich)

Erst knapp eine Woche vorher trockengefallener Uferbereich

Hunzigenau (Aare-km 19; Code HUN; Hauptarm: AAR023; Seitenarm:AAR024)



Koordinaten CH1903+: E=2 607 579 / N=1 192 960

Aare bei Hunzigenau vom rechten Ufer aus flussaufwärts blickend

Charakterisierung der Probestelle

Der Bereich liegt direkt neben der Autobahn A6 und wurde im Jahr 2006 revitalisiert. Davor war er begradigt und mit einem Regelprofil versehen. Die Revitalisierung von Flussbett und Aue wurde gleichzeitig mit dem Bau eines Hochwasserschutzdammes zwischen Aare und Autobahn durchgeführt. Das damals geschaffene Seitengerinne wird heute allerdings kaum noch durchflossen und ist meist nur über eine kurze Strecke benetzt. Die weitgehende Entfernung der Uferverbauungen führte zu einer grösseren Dynamik im Hauptgerinne und einer seit 2008 neugebildeten langgezogenen Kiesbank am linken Ufer etwas flussaufwärts des hauptsächlichen Transekts.

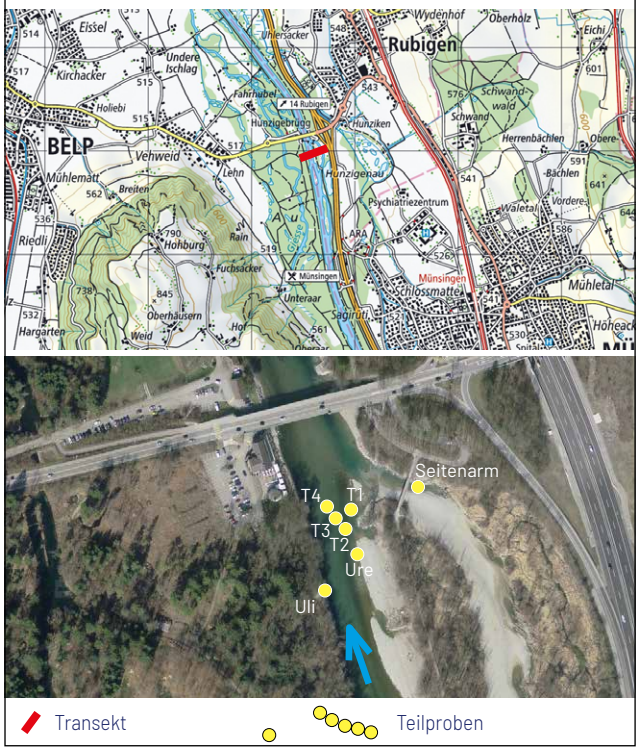
Das Hauptgerinne ist rund 60 m breit und über die Hälfte der Gewässerbreite zügig überströmt. Der Hauptstromstrich ist auf der linken Seite ausgebildet. Die Flusssohle ist recht einheitlich aus gering kolmatiertem Grobsubstrat (Grobkies bis Blöcke) aufgebaut. Hauptgerinne und Seitengerinne werden durch eine Insel mit lichtem Auenwald getrennt. Das ehemals fast 4 m tiefe Seitengerinne (rechts) ist heute deutlich reduziert und kaum noch durchströmt. Am linken Ufer hat sich eine grosse Kiesbank gebildet, hinter der ein kleiner, flacher und natürlicher Seitenarm fliesst.

Biologische Besonderheiten

Durch die Vielfalt an natürlich unterschiedlichen Fliessgeschwindigkeiten und vor Hochwasser geschützten Arealen kommen hier mit die höchsten Artenzahlen vor - z.B. die höchsten Dichten an Heptageniden wie *Rhithrogena* sp. und viele Köcher- und Steinfliegenlarvenarten.

Am rechten Ufer wurde die stark gefährdete (RL: EN) Steinfliegenart *Besdolus imhofi* gefunden.

Übersicht



	Ufer links	Ufer rechts
Wassertiefe	10–20 cm	10–40 cm
Strömung	0–50 cm/s	0–100 cm/s
Temperatur	3,5 °C	
Leitfähigkeit	328 µS/cm	
Sauerstoffgehalt/ -sättigung	12,5 g/L 100,9 %	

	T4	T3	T2	T1	S.-arm
Wassert.	1,5 m	0,5 m	0,5 m	0,6 m	1,8 m
Strömung	100 cm/s	150 cm/s	80 cm/s	0 cm/s	0 cm/s
Entf. Ufer	18 m	2 m	7 m	18 m	2 m

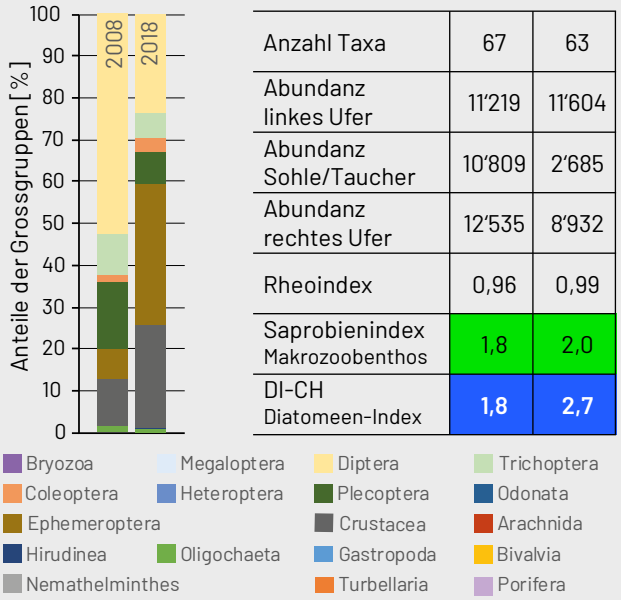
Äusserer Aspekt	Uli	T4	T3	T2	T1	Ure	SE	Erläuterungen
Algenaufwuchs	1	2	2	2	2	1	1	
Bewuchs Moose	1	1	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	1	1	
Trübung	2	2	2	2	2	2	1	zeitw. stark
Verfärbung	1	1	1	1	1	1	1	
Schaum	1					1	1	
Geruch	1					1	1	
Eisensulfid	1	1	1	1	1	1	1	
Kolmation	1	1	1	1	1	1	1	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	1	1	
Hetrotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	1	1	
Hinterlandnutzung	1						2	
Einleitungen, Einträge	1	1	1	1	1	1	1	

Bewuchs/Besiedlung: 1 =< 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%

Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	T4	T3	T2	T1	Ure	SE	Erläuterungen
anstehender Fels								
Blöcke > 200 mm		2	2	2				
Steine 63 mm - 200 mm	3	2	2	2	2	2	3	
Grobkies 20 mm - 63 mm	2	1	1	2	2	2	2	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm				1	1	1		
Feinkies 2 mm - 6,3 mm				1	1	1		
Sand 0,063 mm - 2 mm								
Schluff < 0,063 mm								
Lehm/Ton								
Muschelschalen, Sinter								
Sonstiges								

Stufe 1 =< 10 % (Bedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 >= 50% der Fläche



	2008	2018
Anzahl Taxa	67	63
Abundanz linkes Ufer	11'219	11'604
Abundanz Sohle/Taucher	10'809	2'685
Abundanz rechtes Ufer	12'535	8'932
Rheoindex	0,96	0,99
Saprobienindex Makrozoobenthos	1,8	2,0
DI-CH Diatomeen-Index	1,8	2,7

Nur noch selten durchflossener angelegter Seitenarm

Kiesig-steiniges Substrat bei T1(geringer Fotoabstand aufgrund der Trübung)

Kiesig-steiniges Substrat bei T2

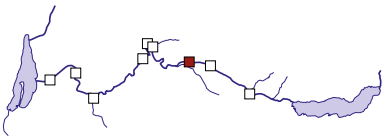
Mit Phytobenthos bewachsene Steine im flachen Uferbereich

Steiniges Substrat mit Blöcken bei T3

Steiniges Substrat mit Blöcken bei T4

Kleines, natürliches Nebengerinne am linken Ufer hinter Kiesbank

Märchligenau (Aare-km 23; Code MÄR; AAR025)



Koordinaten CH1903+: E=2 604 859 / N=1 196 269

Aare bei Märchligenau – vom linken Ufer aus flussabwärts blickend

Charakterisierung der Probestelle

Der Transekt liegt rund 4 km flussabwärts vom Transekt Hunzigenau zwischen bewaldeten Ufern auf Höhe des Flugplatzes Bern-Belp. Der Abschnitt ist kanalisiert und wird beidseitig von Buhnen begleitet, die jeweils im Abstand von rund 60 m errichtet sind und ca. 10 m ins Gerinne reichen. Zwischen den Buhnen ist der Uferverbau (Blocksatz, alter Holzverbau) zum Teil verfallen. Auf der rechten Seite sind Teile des Ufers mit Betonplatten befestigt, die ebenfalls am Zerfallen sind. Die Ufer und Ufergehölze sind zum Teil unterspült, lokal sind dem rechten Ufer Schilfbestände vorgelagert. Die Aare ist hier rund 70 m breit.

Das Substrat wird von Grobkies über Steine bis zu Blöcken dominiert. Damit zeigt sich das Substrat grober als noch 2008. Vereinzelt kommen auch feinere Kies- und Sandfraktionen vor. Ufernah ist das vor allem im Hinterwasser von Buhnen, auf der Sohle teilweise hinter grossen Blöcken der Fall.

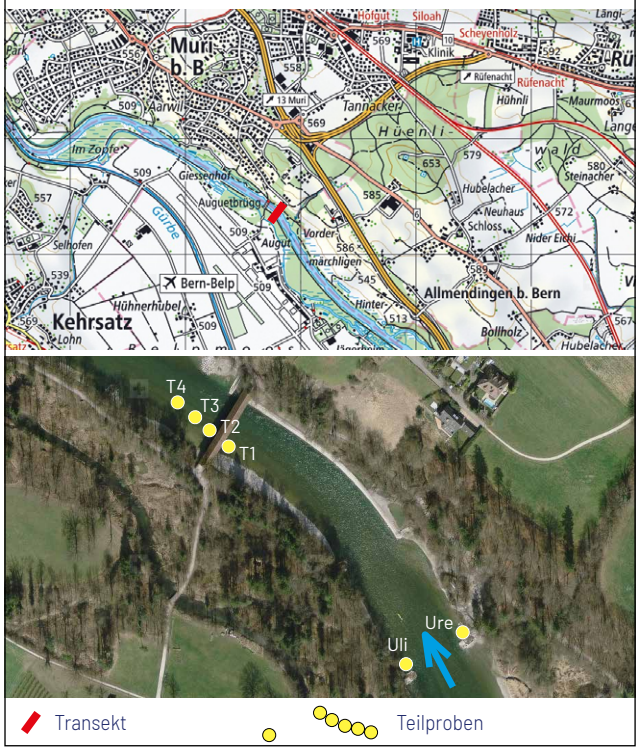
Biologische Besonderheiten

Die Besiedlung in Märchligenau liegt zwischen derjenigen der vom Seeabfluss bei Thun beeinflussten Transekte Uttigenfluh/Hinzigenau und denjenigen in der Restwasserstrecke bei Bern. So kommen bereits weniger Filtrierer als oberhalb vor, aber noch weniger EPT-Arten als weiter flussabwärts. Einzelne Steinfliegengattungen wie *Perlodes* und *Isoperla* erreichen in Märchligenau ihre höchsten Dichten. Das trifft auch auf die Larven diverser Käfer zu.

Am linken Ufer wurden mittlere Dichten der stark gefährdeten (RL: EN) Steinfliegenart *Besdolus imhofi* gefunden.

Aufgrund der fast durchgehend fehlenden Weichsubstrate treten hier die geringsten Dichten an Chironomiden von allen Transekten auf.

Übersicht



	Ufer links	Ufer rechts
Wassertiefe	10–25 cm	10–20 cm
Strömung	0–120 cm/s	5–80 cm/s
Temperatur	3,2 °C	
Leitfähigkeit	328 µS/cm	
Sauerstoffgehalt/ -sättigung	12,6 g/L 100,g %	

	T1	T2	T3	T4
Wassertiefe	0,6 m	0,7 m	0,9 m	1,1 m
Strömung	50 cm/s	50 cm/s	70 cm/s	80 cm/s
Entf. zum Ufer	3 m	6 m	12 m	15 m

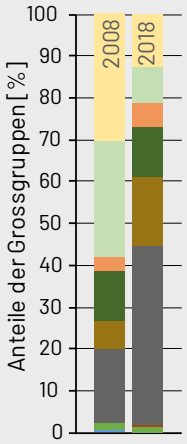
Äusserer Aspekt	Uli	T1	T2	T3	T4	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs	1	1	2	2	2	2	teils fädig
Bewuchs Moose	1	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	1	
Trübung	1	1	1	1	1	1	
Verfärbung	1	1	1	1	1	1	
Schaum	1					1	
Geruch	1					1	
Eisensulfid	2	1	1	1	1	1	
Kolmation	1	1	1	1	1	1	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	1	
Hetrotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	1	
Hinterlandnutzung	1					1	
Einleitungen, Einträge	1	1	1	1	1	1	

Bewuchs/Besiedlung: 1 =< 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%

Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	T1	T2	T3	T4	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels							
Blöcke > 200 mm	2	1	2	2	3		
Steine 63 mm - 200 mm	2	3	2	2	2	3	
Grobkies 20 mm - 63 mm	2	1	1	2	2	2	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm	1	1	1	1	1	1	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm		1				1	
Sand 0,063 mm - 2 mm		1					
Schluff < 0,063 mm							
Lehm/Ton							
Muschelschalen, Sinter							
Sonstiges							

Stufe 1 =< 10 % (Bedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 >= 50% der Fläche



	2008	2018
Anzahl Taxa	63	53
Abundanz linkes Ufer	17'373	15'476
Abundanz Sohle/Taucher	8'330	2'843
Abundanz rechtes Ufer	12'288	5'792
Rheoindex	0,88	1,0
Saprobienindex Makrozoobenthos	1,9	1,7
DI-CH Diatomeen-Index	1,8	2,3

In Zersetzung befindliche Betonverbauungen am rechten Ufer

Steinige Sohle bei T1

Grobe Sohle mit Steinen und Blöcken bei T2

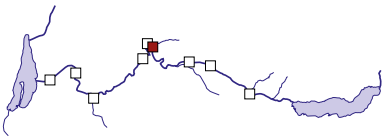
Linkes Ufer mit diversem Ufersubstrat von Mittelkies bis teilweise Blöcken an Buhnen

Grobe Sohle mit vor allem Grobkies bis Blöcken bei T3

Sohle mit knapp dominierenden Blöcken an T4

Steiniges Substrat am rechten Ufer

Bern-Tiefenau (Aare-km 37; Code TIEF; AAR026)



Koordinaten CH1903+: E=2 601 485 / N=1 202 860

Aare bei Bern-Tiefenau – vom rechten Ufer aus flussaufwärts blickend.

Charakterisierung der Probestelle

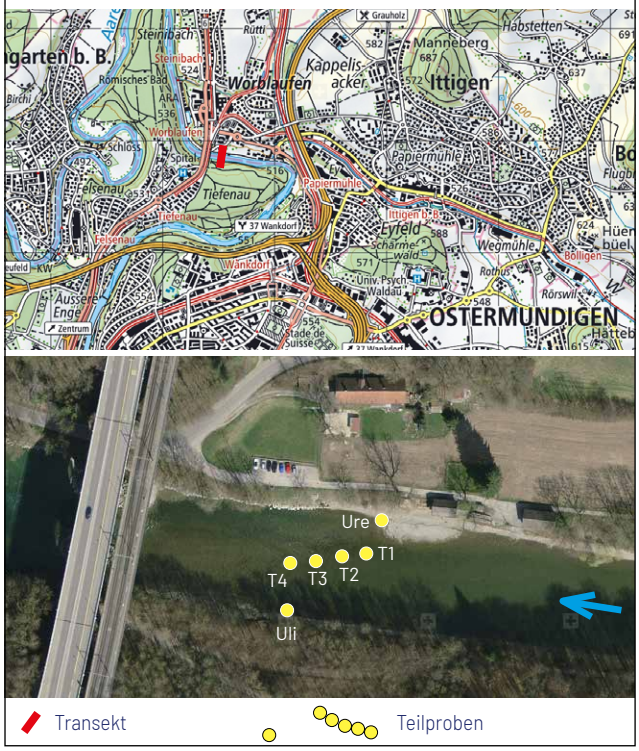
Die Probestelle liegt im Restwasserabschnitt von Bern, ca. 3 km unterhalb des Stauwehrs Engehalde (Wasserausleitung KW Felsenau) und ca. 500 m unterhalb der Worble-Mündung. Der Transekt repräsentiert die Verhältnisse oberhalb der Einleitung der ARA Worblental und dient als Vergleich zum Transekt «Steinibach» (unterhalb ARA-Einleitung).

Bis auf die durch Blockwurf gesicherten Bereiche oberhalb der Bahnbrücke sind die Ufer in diesem Abschnitt überwiegend naturnah erhalten. Beiden Ufern sind flache Kiesbänke vorgelagert. Das linke Ufer wird von einer verfallenen Ufermauer begrenzt und von Hangwald begleitet, das rechte von Gehölzen und Wiesland.

Das Sohlsubstrat besteht überwiegend aus Grobkies und Steinen und scheint mit Ausnahme eines Umlagerungsbereichs in der Flussmitte recht stabil zu sein. Die Gewässerbreite beträgt rund 55 m.

Das Dotierwasser des KW Felsenau ist auf 12 m^3/s festgelegt, das Restwasser steigt durch Überlauf im Sommer bis über 100 m^3/s.

Übersicht



Biologische Besonderheiten

Aufgrund des geringen Restwasserabflusses im breiten Gerinne herrscht bis auf Hochwassersituationen auf der Sohle ein geringerer hydraulischer Stress als im oberhalb gelegenen freifliessenden Abschnitt. Dies macht sich sowohl am Algenaufwuchs auf den Steinen, als auch den hier um ein Vielfaches höheren Besiedlungsdichten der Sohle selbst bemerkbar. Das Artenspektrum ähnelt demjenigen von Märchligenau. Die grössten Unterschiede zeigen sich in einer höheren Dichte an Egeln, einzelnen Eintagsfliegen- und Köcherfliegenarten. Zusätzlich wurden einzelne Indivduen der neozoischen Donauassel (*Jaera sarsi*) gefunden.

	Ufer links	Ufer rechts
Wassertiefe	15–30 cm	10–40 cm
Strömung	20–40 cm/s	10–80 cm/s
Temperatur	5,9 °C	
Leitfähigkeit	468 µS/cm	
Sauerstoffgehalt/ -sättigung	12,6 g/L 108,8 %	

	T4	T3	T2	T1
Wassertiefe	0,7 m	1,0 m	0,6 m	0,5 m
Strömung	80 cm/s	100 cm/s	100 cm/s	70 cm/s
Entf. zum Ufer	23 m	18 m	14 m	8 m

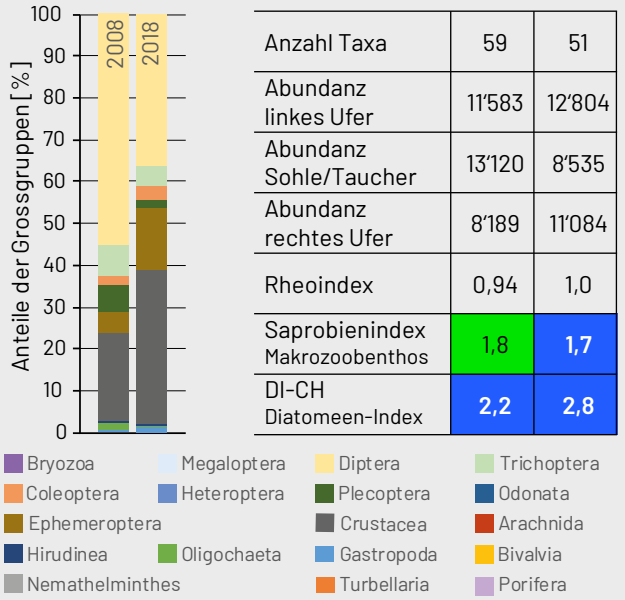
Äusserer Aspekt	Uli	T4	T3	T2	T1	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs	1	2	2	2	2	2	teils fädig
Bewuchs Moose	1	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	1	
Trübung	3	3	3	3	3	3	Baustelle oberh.
Verfärbung	1	1	1	1	1	1	
Schaum	1					1	
Geruch	1					1	
Eisensulfid	1	1	1	1	1	2	
Kolmation	1	1	1	1	1	1	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	2	Glas, Plastik
Hetrotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	1	
Hinterlandnutzung	1					2	
Einleitungen, Einträge	1	1	1	1	1	1	

Bewuchs/Besiedlung: 1 =< 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%

Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	T4	T3	T2	T1	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels							
Blöcke > 200 mm	2	2	2	1			
Steine 63 mm - 200 mm	2	2	2	2	2	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm	2	2	2	2	2	2	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm	1	1	1	1	1	1	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm		1	1	1	1	1	
Sand 0,063 mm - 2 mm		1	1	1	1	1	
Schluff < 0,063 mm							
Lehm/Ton							
Muschelschalen, Sinter							
Sonstiges							

Stufe 1 =< 10 % (Bedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 >= 50% der Fläche



	2008	2018
Anzahl Taxa	59	51
Abundanz linkes Ufer	11'583	12'804
Abundanz Sohle/Taucher	13'120	8'535
Abundanz rechtes Ufer	8'189	11'084
Rheoindex	0,94	1,0
Saprobienindex Makrozoobenthos	1,8	1,7
DI-CH Diatomeen-Index	2,2	2,8

Linkes Ufer mit Steilhang, teilweise Anrissen und Kiesbank

Kiesig-steinige Sohle bei T1

Kiesig-steinige Sohle bei T2

Mässig mit Algen bewachsenes Steinsubstrat am rechten Ufer

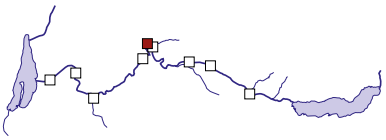
Grobe Sohle mit Grobkies, Steinen und Blöcken bei T3

Grobe Sohle mit Grobkies, Steinen und Blöcken bei T4

Steiniges Substrat am linken Ufer

Bern-Steinibach (Aare-km 38; Code STEI; AAR027)

Koordinaten CH1903+: E=2 601 050 / N=1 204 153



Aare bei Bern-Steinibach – vom rechten Ufer aus flussabwärts blickend.

Charakterisierung der Probestelle

Der Transekt liegt in der Restwasserstrecke des Kraftwerks Felsenau, flussabwärts des Transekts «Tiefenau» und ca. 700 m unterhalb der Einleitung der ARA Worblental. Es handelt sich um einen naturnahen Abschnitt der Aare mit wechselseitigen Kiesbänken und unbefestigten Ufern. Links wechseln flache Uferbänke mit unterspülten Felsbändern ab, daran schliesst ein bewaldeter Steilhang an. Das rechte Ufer (Gleithang) ist als flach einfallendes Ufer ausgebildet und wird von Wald und Wiesland begleitet. Am rechten Ufer gibt es einen kleinen parallel laufenden Graben.

Die Gewässersohle setzt sich auch hier überwiegend aus Steinen und Grobkies mit kleineren Anteilen von Mittel-Feinkies zusammen. Der Algenbewuchs ist noch stärker als in Tiefenau, was auf hohe Nährstoffgehalte und eine längere Phase stabiler Substratverhältnisse schliessen lässt. Am Algenaufwuchs lässt sich auch der Einfluss der ARA Worblental feststellen.

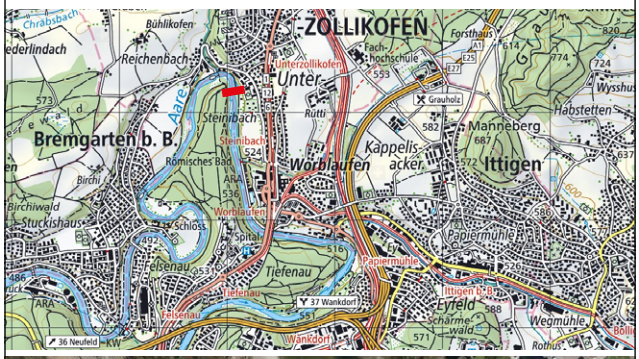
Im untersuchten Bereich ist das Gerinne 70 m breit, die maximale Wassertiefe zum Zeitpunkt der Beprobung lag bei knapp 1 m.

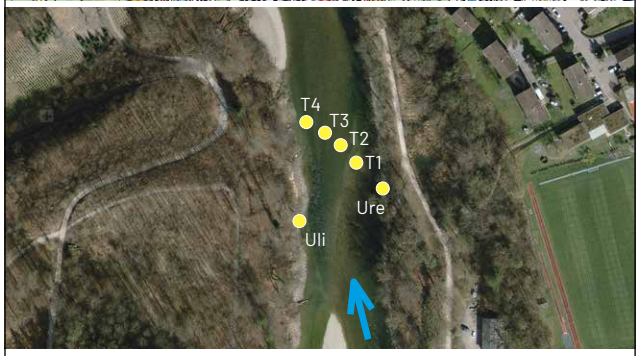
Biologische Besonderheiten

Sehr auffällig ist der sehr starke Bewuchs mit teilweise langen fädigen oder schlauchförmigen Algen. Dies dürfte an der Einleitung der ARA Worblental liegen - auch wenn der Saprobienindex keinen Einfluss anzeigt.

Die Makrozoobenthoszusammensetzung ist derjenigen des oberhalb gelegenen Transekts «Tiefenau» ähnlich - allerdings sind Taxazahlen und Dichten geringer. Dies betrifft vor allem Steinfliegenlarven und Baetiden. Nur Nematoden gibt es bei Steinibach mehr als in allen anderen Transekten.

Übersicht





Transekt Teilproben

	Ufer links	Ufer rechts
Wassertiefe	10–20 cm	20–30 cm
Strömung	10–60 cm/s	10–80 cm/s
Temperatur	6,8 °C	6,8 °C
Leitfähigkeit	383 µS/cm	420 µS/cm
Sauerstoffgehalt/ -sättigung	13,6 g/L 120,3 %	13,9 g/L 122,8 %

	T4	T3	T2	T1
Wassertiefe	0,8 m	1,1 m	0,6 m	0,4 m
Strömung	70 cm/s	80 cm/s	50 cm/s	30 cm/s
Entf. zum Ufer	30 m	23 m	17 m	11 m

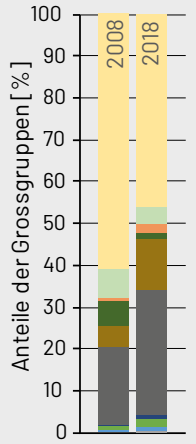
Äusserer Aspekt	Uli	T4	T3	T2	T1	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs	2	3	3	3	3	2	teils fädig
Bewuchs Moose	1	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	1	
Trübung	2	2	2	2	2	2	Baustelle oberh.
Verfärbung	1	1	1	1	1	1	
Schaum	1					1	
Geruch	1					1	
Eisensulfid	1	1	1	1	1	1	
Kolmation	1	1	1	1	1	1	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	1	
Hetrotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	1	
Hinterlandnutzung	1					2	
Einleitungen, Einträge	1	1	1	1	1	2	

Bewuchs/Besiedlung: 1 =< 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%

Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	T4	T3	T2	T1	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels							
Blöcke > 200 mm							
Steine 63 mm - 200 mm	3	1	2	2	2	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm	2	3	3	2	2	2	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm	1	2	1	2	1	1	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm	1	1	1	1	1	1	
Sand 0,063 mm - 2 mm			1	1	1	1	
Schluff < 0,063 mm							
Lehm/Ton							
Muschelschalen, Sinter							
Sonstiges							

Stufe 1 =< 10 % (Bedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 >= 50% der Fläche



	2008	2018
Anzahl Taxa	57	40
Abundanz linkes Ufer	19'494	8'084
Abundanz Sohle/Taucher	10'290	6'593
Abundanz rechtes Ufer	7'923	11'264
Rheoindex	0,94	0,98
Saprobienindex Makrozoobenthos	1,8	1,7
DI-CH Diatomeen-Index	2,2	2,5

Teilweise bis über die Flussmitte reichende Kiesbank am linken Ufer

Stark mit Algen bewachsener Grobkies bei T1 (Nachaufnahme)

Stark mit Algen bewachsener Grobkies bei T2 (Nachaufnahme)

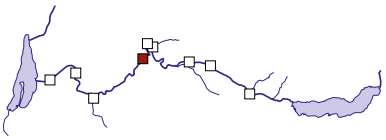
Unterschied im Bewuchs zwischen dauerhaft und nur zeitweise benetztem Substrat (Uli)

Stark mit Algen bewachsene Steine bei T3 (Nachaufnahme)

Stark mit Algen bewachsene Steine bei T4 (Nachaufnahme)

Uferanriss am rechten Ufer

Bern-Halenbrügg (Aare-km 45; Code HAL; AAR030)



Koordinaten CH1903+: E=2 598 585 / N=1 202 260

Aare bei Bern-Halenbrügg – vom rechten Ufer aus flussabwärts blickend.

Charakterisierung der Probestelle

Der Transekt liegt im Übergangsbereich zwischen der kurzen freifliessenden Strecke mit Vollabfluss unterhalb von Bern und der Staustrecke des KW Mühlbergs (Wohlensee). Er liegt ca. 700 m unterhalb der Einleitung der ARA Region Bern. Die steilen Ufer sind wenig verbaut. Links ist das Ufer durch Totholz, verfallenen Blockwurf und Erosionskanten geprägt, woran sich ein bewaldeter Steilhang anschliesst. Am rechten Ufer wechseln Kiesufer mit kleineren Buchten mit Feinmaterial (Sand, Schluff) und Totholz ab. Hinter dem Gehölzstreifen schliesst sich ein steiler Hang mit Acker- bzw. Brachland an. Die Aare ist hier rund 70 m breit und erreicht auf der linken Flusseite Wassertiefen von knapp 3 m.

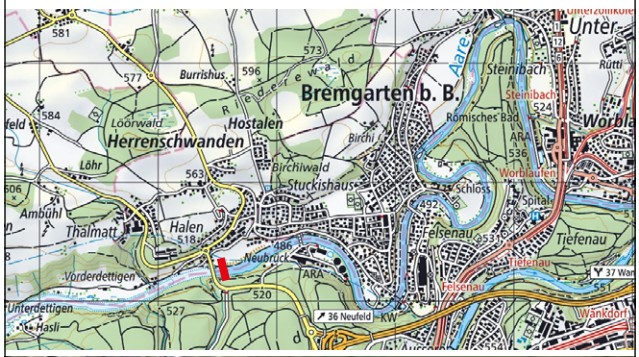
Die Gewässersohle besteht überwiegend aus Grobkies und Steinen, welche am Ufer oft in feineren Substraten (Sand, Schluff/Ton) stecken. Im Gegensatz zu 2008 ist das Substrat der Rinne fast nirgendwo mit Feinsedimenten überzogen. Es kommt aber weiterhin regelmässig zu anoxischen Bedingungen im Sediment – erkennbar an den häufigen Eisensulfid-Belägen auf den Unterseiten von fest eingebetteten Steinen.

Biologische Besonderheiten

Auch wenn sich der Einfluss des Rückstaus am Substrat nicht mehr erkennen lässt, kommen doch einzelne typische Arten für Staubereiche vor. Darunter sind auch einige typische Feinsubstratbewohner, welches nur knapp flussabwärts auch die Sohle dominiert. Am Transekt Halenbrügg wurden auch die höchsten Dichten an *Gammarus fossarum innerhalb* der Untersuchungskampagne gefunden.

Am rechten Ufer gab es zahlreiche Biberfrassspuren.

Übersicht



Transekt Teilproben

	Ufer links	Ufer rechts
Wassertiefe	5–50 cm	10–50 cm
Strömung	0–20 cm/s	0–20 cm/s
Temperatur	5,2 °C	
Leitfähigkeit	354 µS/cm	
Sauerstoffgehalt/ -sättigung	11,6 g/L 98,7 %	

	T4	T3	T2	T1
Wassertiefe	1,9 m	1,7 m	1,3 m	1,1 m
Strömung	60 cm/s	60 cm/s	40 cm/s	30 cm/s
Entf. zum Ufer	25 m	20 m	15 m	10 m

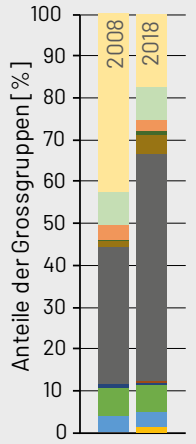
Äusserer Aspekt	Uli	T4	T3	T2	T1	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs	1	2	2	2	2	1	
Bewuchs Moose	1	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	1	
Trübung	2	2	2	2	2	2	zweitweise leicht
Verfärbung	1	1	1	1	1	1	
Schaum	1					1	
Geruch	1					1	
Eisensulfid	2	2	2	2	2	3	
Kolmation	2	1	1	1	1	1	lokal
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	1	
Hetrotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	1	
Hinterlandnutzung	1					2	
Einleitungen, Einträge	1	1	1	1	1	1	

Bewuchs/Besiedlung: 1 =< 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%

Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	T4	T3	T2	T1	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels							
Blöcke > 200 mm	1						
Steine 63 mm - 200 mm	3	3	2	1	2	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm	2	2	2	3	2	1	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm	1	2	2	2	1	1	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm	1		1		1	1	
Sand 0,063 mm - 2 mm	2				2	2	
Schluff < 0,063 mm						1	
Lehm/Ton							
Muschelschalen, Sinter							
Sonstiges							

Stufe 1 =< 10 % (Bedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 >= 50% der Fläche



	2008	2018
Anzahl Taxa	69	52
Abundanz linkes Ufer	10'120	15'412
Abundanz Sohle/Taucher	7'903	7'606
Abundanz rechtes Ufer	9'919	5'896
Rheoindex	0,67	0,98
Saprobienindex Makrozoobenthos	1,9	1,7
DI-CH Diatomeen-Index	2,7	2,6

Viele Biberfrassspuren am rechten Ufer

Kiesig-steinige Sohle bei T1

Vor allem Grobkies bei T2

Teilweise mit Sand bedecktes steiniges, bals steil abfallendes rechtes Ufer

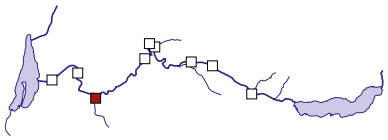
Kiesig-steinige Sohle bei T3

Von Steinen dominierte Sohle bei T4

Diverses Ufersubstrat am linken Ufer

Rewag (Aare-km 60; Code REW; AAR031)

Koordinaten CH1903+: E=2 586 310 / N=1 202 630



Aare bei Wileroltingen – vom linken Ufer flussabwärts blickend.

Charakterisierung der Probestelle

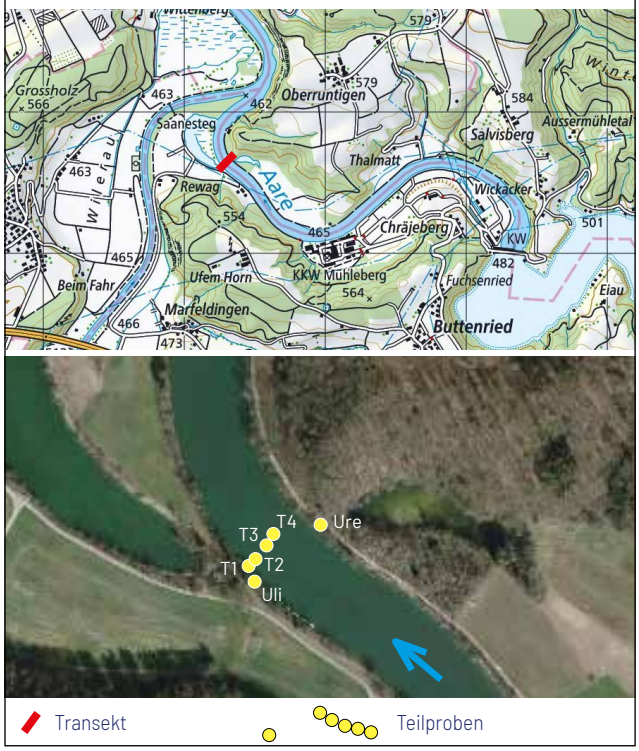
Der Transekt liegt in einem sehr langsam fliessenden Abschnitt der Aare unterhalb des Wohlensees. Ein bedeutender thermischer Einfluss auf die Biozönosen dieses Abschnitts ergibt sich durch die Kühlwassereinleitung des oberhalb gelegenen Kernkraftwerks Mühleberg. Die Einleitung erfolgt in Flussmitte und auf der linken Flusseite und führt zu entsprechend erhöhten Temperaturen des Flusswassers [AQUARIUS 2000].

Auf dem linken Ufer sind Bootsliegeplätze und Steganlagen, weiter flussaufwärts stehen Ufergehölze, lokal Schilf und stellenweise besteht noch eine alte Ufersicherung aus Holzpfählen. Auf der rechten, bewaldeten Flussseite ist ein flach einfallendes Kiesufer mit überhängenden Bäumen ausgebildet. Die Aare ist hier rund 75 m breit und erreicht eine Tiefe von 4 m. Das Sohlsubstrat wird von Steinen und Grobkies dominiert mit höheren Anteilen auch an Mittel- und Feinkies auf der rechten Flussseite. In der Nähe zum rechten Ufer gibt es teilweise auch Totholzansammlungen.

Biologische Besonderheiten

Die meisten hier vorkommenden Arten sind an geringe Fliessgeschwindigkeiten oder gar Stillgewässer angepasst. So kommen hier viele Schnecken, kleine Muscheln, Würmer, Chironomiden, Gammariden und Wasserasseln vor. Aufgrund der für die sehr geringen Fliessgeschwindigkeiten ziemlich kiesig-steinigen Sohle und dem damit zur Verfügung stehenden Lückenraum gibt es aber auch einzelne EPT-Arten. Allerdings ist die EPT-Artenzahl gegenüber den fliessenden Abschnitten stark reduziert.

Übersicht



	Ufer links	Ufer rechts
Wassertiefe	20–70 cm	30–50 cm
Strömung	0–5 cm/s	0–5 cm/s
Temperatur	4,1 °C	
Leitfähigkeit	385 µS/cm	
Sauerstoffgehalt/ -sättigung	12,6 g/L 103,2 %	

	T1	T2	T3	T4
Wassertiefe	2,8 m	3,8 m	3,6 m	3,8 m
Strömung	5 cm/s	5 cm/s	5 cm/s	5 cm/s
Entf. zum Ufer	3 m	7 m	19 m	28 m

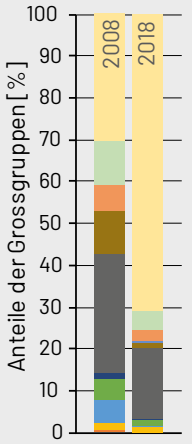
Äusserer Aspekt	Uli	T1	T2	T3	T4	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs	1	3	2	1	1	1	teils fädig
Bewuchs Moose	1	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	1	
Trübung	2	2	2	2	2	2	
Verfärbung	1	1	1	1	1	1	
Schaum	1					1	
Geruch	1					1	
Eisensulfid	2	1	1	1	1	2	
Kolmation	1	1	2	3	3	1	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	1	
Hetrotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	1	
Hinterlandnutzung	2					2	
Einleitungen, Einträge	1	1	1	1	1	1	

Bewuchs/Besiedlung: 1 =< 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%

Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	T1	T2	T3	T4	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels							
Blöcke > 200 mm				1			
Steine 63 mm - 200 mm	2	3	3	2	2	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm	3	2	2	2	2	3	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm			1	1	1		
Feinkies 2 mm - 6,3 mm				1	1		
Sand 0,063 mm - 2 mm				1	1		
Schluff < 0,063 mm							
Lehm/Ton							
Muschelschalen, Sinter							
Sonstiges							

Stufe 1 =< 10 % (Bedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 >= 50% der Fläche



	2008	2018
Anzahl Taxa	70	65
Abundanz linkes Ufer	10'120	15'412
Abundanz Sohle/Taucher	7'903	7'606
Abundanz rechtes Ufer	9'919	5'896
Rheoindex	0,68	0,69
Saprobienindex Makrozoobenthos	2,0	2,2
DI-CH Diatomeen-Index	2,4	3,4

Totholzansammlung nahe des rechten Ufers

Steinige Sohle mit Feinsedimentauflage bei T1

Steinige Sohle mit Feinsedimentauflage bei T2

Bald steil abfallendes kiesig-steiniges linkes Ufer

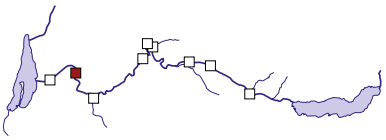
Kiesige Sohle mit vereinzelten Blöcken bei T3

Steinig-kiesige Sohle mit darunterliegendem feinem Kies bei T4

Kiesig-steiniges rechtes Ufer

Radelfingen (Aare-km 68; Code RAD; AAR032)

Koordinaten CH1903+: E=2 586 913 / N=1 208 491



Aare bei Radelfingen – vom linken Ufer flussabwärts blickend.

Charakterisierung der Probestelle

Der Transekt liegt in der Restwasserstrecke des Kraftwerks Niederried, welche hier zusätzlich von der Staustrecke des Kraftwerks Aarberg überlagert wird. Dadurch ergibt sich eine sehr geringe Fliessgeschwindigkeit.

Die Aare fliesst hier in einem begradigten, 100 m breiten und bis 6 m tiefen Gerinne, das beidseits von Dämmen begleitet wird. Das linke Ufer ist vor allem mit Schilf bestanden. Die 2005 angelegten Kiesschüttungen sind mittlerweile zu guten Teilen weggespült. Weiter flussabwärts folgen Buhnen. Auf der rechten Seite sind vor dem Damm nur schmale, meist schlammige, stellenweise mit Schilf bewachsene Uferstreifen ausgebildet, die steil ins Gerinne abfallen.

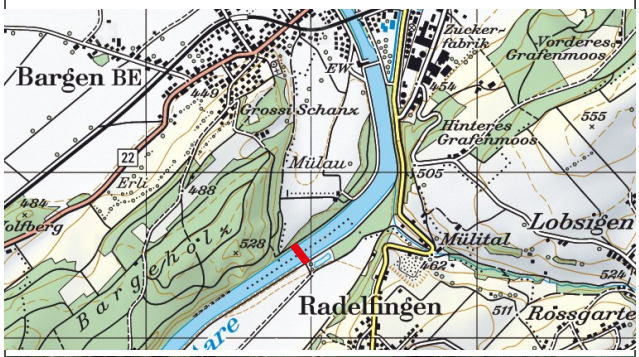
Die flachen Bereiche beider Seiten und der rechten Rinne werden von Grobkies und Steinen dominiert, die teilweise mit Feinmaterial überdeckt sind. Der Hang am linken Ufer besteht aus Sand mit Ton/Schluff.

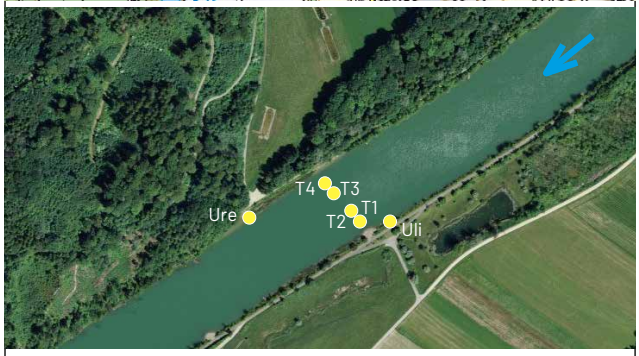
Biologische Besonderheiten

Die ausgedehnten Schilfgürtel stellen eine Besonderheit an der Aare dar und sind die Folge des Kraftwerksbetriebes. Auch die tierische Besiedlung besteht zu grossen Teilen aus Stillwasserarten. Die trotz der meist geringen Fliessgeschwindigkeiten relativ grobe Sohle wird aber auch von einigen Fliesswasserarten bewohnt.

Wie bereits 2008 wurden hier die beiden Neozoen Neuseeländische Sumpfdeckelschnecke *Potamopyrgus anitpodarum* und Dreikantmuscheln *Dreissena polymorpha* gefunden. Neu hinzugekommen ist die Körbchenmuschel *Corbicula fluminea*.

Übersicht





Transekt Teilproben

	Ufer links	Ufer rechts
Wassertiefe	10–20 cm	0–50 cm
Strömung	0–5 cm/s	0–5 cm/s
Temperatur	3,1 °C	
Leitfähigkeit	427 µS/cm	
Sauerstoffgehalt/ -sättigung	12,3 g/L 98,3 %	

	T1	T2	T3	T4
Wassertiefe	1,9 m	3,8 m	6,0 m	5,4 m
Strömung	0 cm/s	5 cm/s	10 cm/s	10 cm/s
Entf. zum Ufer	7 m	10 m	38 m	45 m

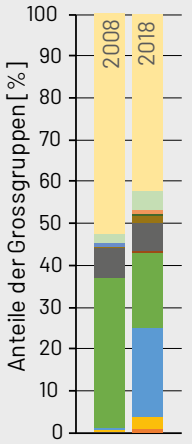
Äusserer Aspekt	Uli	T1	T2	T3	T4	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs	1	1	1	2	2	1	teils fädig
Bewuchs Moose	1	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	1	
Trübung	1	1	1	1	1	1	
Verfärbung	1	1	1	1	1	1	
Schaum	1					1	
Geruch	1					1	
Eisensulfid	2	1	1	1	1	2	
Kolmation	1	1	1	3	2	1	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	1	
Hetrotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	1	
Hinterlandnutzung	2					1	
Einleitungen, Einträge	1	1	1	1	1	1	

Bewuchs/Besiedlung: 1 =< 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%

Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

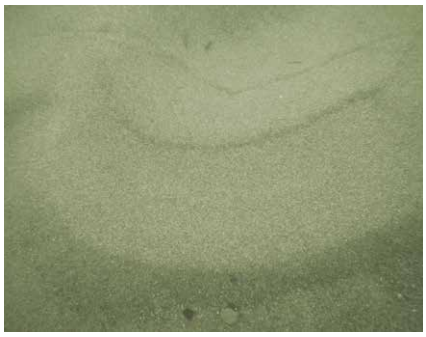
Substrate	Uli	T1	T2	T3	T4	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels							
Blöcke > 200 mm							
Steine 63 mm - 200 mm	2			3	2	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm	3			2	3	2	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm				1	1	2	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm				1	1		
Sand 0,063 mm - 2 mm		3	3	1	1		
Schluff < 0,063 mm		2	1			1	
Lehm/Ton	2		1				
Muschelschalen, Sinter		1	1				Muschelschalen
Sonstiges	1	1	1			1	Totholz, Schilf

Stufe 1 =< 10 % (Bedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 >= 50% der Fläche

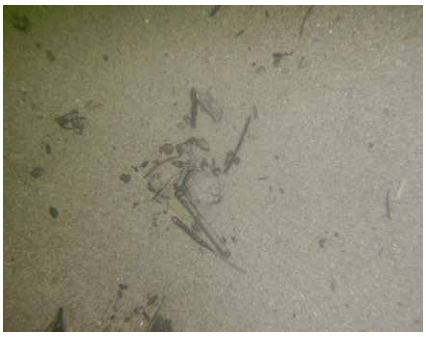


	2008	2018
Anzahl Taxa	77	73
Abundanz linkes Ufer	15'715	9'268
Abundanz Sohle/Taucher	3'744	8'836
Abundanz rechtes Ufer	7'351	31'032
Rheoindex	0,35	0,01
Saprobienindex Makrozoobenthos	2,4	2,7
DI-CH Diatomeen-Index	3,1	2,6

Frisch vom Biber abgerindete Äste

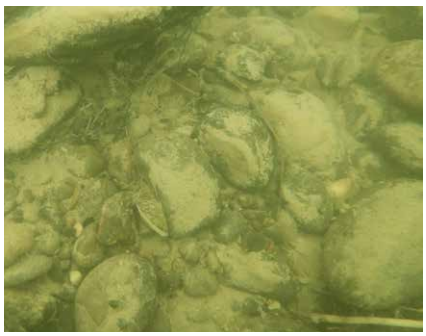


Sandboden bei T1



Sandboden bei T2

Kiesig-steiniges linkes Ufer mit Schilfgürtel

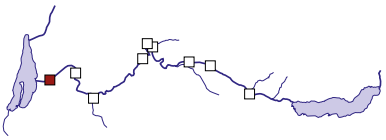


Steinige Sohle bei T3

Kiesig-steinige Sohle bei T4

Kiesiges rechtes Ufer

Hagneck-Kanal (Aare-km 75; Code HAG; AAR033)



Koordinaten CH1903+: E=2 582 217 / N=1 210 647

Aare im Hagneck-Kanal – vom rechten Ufer aus flussabwärts blickend.

Charakterisierung der Probestelle

Der Transekt befindet sich rund 2,5 km oberhalb des Bielersees im Hagneck-Kanal, der in den 1870er-Jahren im Rahmen der Juragewässerkorrektion zwischen Aarberg und Bielersee erstellt wurde. Bei Aarberg wird der grösste Teil des Aareabflusses durch diesen Kanal in den Bielersee geleitet, während in der Alten Aare nur noch ein geregelter Restabfluss verbleibt.

Der Schwall/Sunk-Betrieb der Kraftwerke an den beiden oberhalb liegenden Zuflüssen führt zu stark schwankenden Abflüssen im knapp 1 km langen freifliessenden Abschnitt zwischen der Restwasserstrecke des KW Aarberg und der Staustrecke des KW Hagneck.

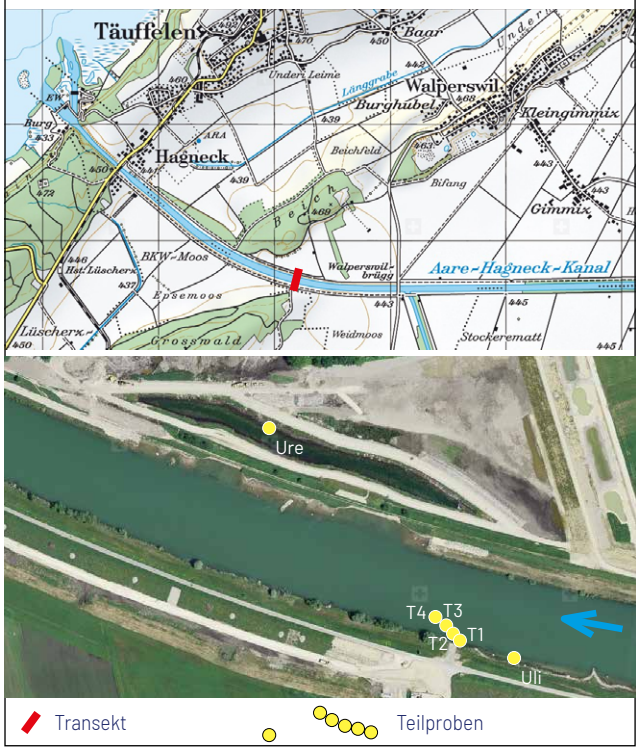
Der Bereich um die Probestelle wurde stark umgestaltet, am rechten Ufer wurde ein tiefer Seitenarm angelegt, am linken Ufer durch Buhnen geschützte Flachwasserbereiche. Insgesamt hat die Massnahme die Strukturvielfalt stark erhöht, was sich auch in der Besiedlung mit Makrozoobenthos wiederspiegelt. Der Kanal wird auf beiden Seiten von Hochwasserschutzdämmen begleitet, der Hauptarm ist rund 70 m breit. Das linke Ufer ist ab Mitte Probestelle weiterhin sehr stark verbaut. Die Flusssohle besteht überwiegend aus Grobkies und Steinen in Sand, welche stellenweise fast gänzlich von Feinmaterial überdeckt werden.

Biologische Besonderheiten

Die Besiedlung ist relativ gut und artenreich. Am linken Ufer wurden sogar - wie bereits 2008 - einige Individuen der stark gefärdeten Köcherfliegenart *Brachycentrus maculatus* gefunden (RL: CR). Diese Art kommt aktuell schweizweit fast nur noch im Aareeinzugsgebiet um das Naturschutzgebiet Alte Aare vor.

An Neozoen treten hier Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*) und die Neuseeländische Sumpfdeckelschnecke (*Potamopyrgus antipodarum*) auf.

Übersicht



	Ufer links	Ufer Seitenarm
Wassertiefe	10–60 cm	40–120 cm
Strömung	0–60 cm/s	0–30 cm/s
Temperatur	3,3 °C	
Leitfähigkeit	421 µS/cm	
Sauerstoffgehalt/ -sättigung	1,4 mg/L 99,1 %	

	T1	T2	T3	T4
Wassertiefe	0,9 m	1,9 m	2,2 m	2,3 m
Strömung	50 cm/s	60 cm/s	80 cm/s	90 cm/s
Entf. zum Ufer	2 m	4 m	8 m	12 m

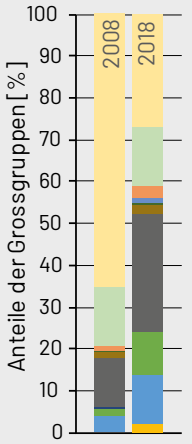
Äusserer Aspekt	Uli	T1	T2	T3	T4	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs	1	1	1	2	2	2	Taucher: Rotalgen
Bewuchs Moose	1	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	1	
Trübung	1	1	1	1	1	1	
Verfärbung	1	1	1	1	1	1	
Schaum	1					1	
Geruch	1					1	
Eisensulfid	2	1	1	1	1	2	
Kolmation	1	1	1	1	1	1	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	1	
Hetrotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	1	
Hinterlandnutzung	2					2	
Einleitungen, Einträge	1	1	1	1	1	1	

Bewuchs/Besiedlung: 1 =< 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%

Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	T1	T2	T3	T4	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels							
Blöcke > 200 mm							
Steine 63 mm - 200 mm	2		1	3	2	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm	3	2	3	2	3	2	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm		2	2	1	1	2	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm				1			
Sand 0,063 mm - 2 mm		3					
Schluff < 0,063 mm						1	
Lehm/Ton	2				1		
Muschelschalen, Sinter		1					Muschelschalen
Sonstiges						1	Detritus

Stufe 1 =< 10 % (Bedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 >= 50% der Fläche



	2008	2018
Anzahl Taxa	70	65
Abundanz linkes Ufer	8'047	16'192
Abundanz Sohle/Taucher	6'781	6'618
Abundanz rechtes Ufer	6'363	16'548
Rheoindex	0,63	0,76
Saprobienindex Makrozoobenthos	1,9	2,2
DI-CH Diatomeen-Index	2,8	3,4

Bryozoa, Megaloptera, Diptera, Trichoptera, Coleoptera, Heteroptera, Plecoptera, Odonata, Ephemeroptera, Crustacea, Arachnida, Hirudinea, Oligochaeta, Gastropoda, Bivalvia, Nemathelminthes, Turbellaria, Porifera

Neu angelegter Seitenarm; Hauptarm liegt rechts, hinter Erhebung ausserhalb des Bildes

Sandboden mit Kiesanteilen bei T1

Kiesig-steinige Sohle bei T2

Steiniger Anteil des linken Ufers

Steinige Sohle bei T3

Kiesig-steinige Sohle bei T4

Abschnittsweise mit Spundwand befestigtes steiniges rechtes Ufer im Seitenarm

Taxaliste

	UTT	HUN	MÄR	TIEF	STEI	HAL	REW	RAD	HAG
	Mittlere Dichten über ganzen Transekt [Individuen/m²]								
Porifera									
Porifera indet.							1		
Turbellaria									
Turbellaria indet.						1	6		
Dendrocoelum lacteum							1	1	
Dugesia sp.		1			7		1	75	7
Dugesia lugubris/polychroa							12		
Dugesia tigrina	20	1	1						1
Polycelis sp.			1				3	13	
Polycelis tenuis/nigra							6		
Nemathelminthes									
Nematoda indet.				7	30				
Bivalvia									
Dreisseniidae									
Dreissena polymorpha								11	
Sphaeriidae									
Pisidium sp.		4	11	3	9	5	124	482	255
Sphaerium sp.							14		
Corbiculidae									
Corbicula fluminea								7	30
Gastropoda									
Ancylidae									
Ancylus fluviatilis	12	1	9	116	84	80	9	16	232
Bithyniidae									
Bithynia tentaculata							9	23	
Hydrobiidae									
Potamopyrgus antipodarum		1	1			420		3377	1170
Lymnaeidae									
Radix sp.			1						107
Radix balthica		1		1	7		3		13
Oligochaeta									
Oligochaeta indet.	30	43	73	47	179	588	115	2976	1342
Lumbricidae									
Eiseniella tetraedra		2					6	8	
Naididae									
Stylaria lacustris							5		
Tubificidae									
Tubificidae indet.						11	8		
Hirudinea									
Erpobdellidae									
Erpobdellidae indet.			3	4	13	1			
Dina sp.			11	57	29	25			
Dina punctata	1	10	1				44	17	19
Erpobdella octoculata		1							
Piscicola geometra				3					
Glossiphoniidae									
Glossiphonia sp.					1	5			
Glossiphonia complanata				1	3	21	9	17	
Helobdella stagnalis								3	
Hemiclepsis marginata								6	
Arachnida									
Hydracarinae indet.	3	4	30	19	1	16	13	29	8
CRUSTACEA									
Gammaridae									
Gammarus sp. juv.	233	881			720		1288		
Gammarus fossarum/pulex				32			117	1106	1927
Gammarus fossarum	190	772	3459	3887	1875	5273	197		1752
Gammarus pulex				1			15		
Asellidae									
Asellus aquaticus						1	126	31	
Jaera istri				3		8			

Häufigkeitsklasse
1–10
11–20
21–50
51-200
201-500
501–1000
> 1'000
>10'000

Häufigkeitsklasse

1–10
11–20
21–50
51-200
201-500
501–1000
> 1'000
>10'000

	UTT	HUN	MÄR	TIEF	STEI	HAL	REW	RAD	HAG
	Mittlere Dichten über ganzen Transekt [Individuen/m²]								
INSECTA									
Ephemeroptera									
Baetidae									
Baetis sp.		17		33		1			7
Baetis sp. juv.	1713	136	146	91	7	1			
Baetis alpinus	6	2	3	2					
Baetis lutheri/vardarensis	133	18	3	21					
Baetis lutheri	2	1	19	9					
Baetis vardarensis	47	7	23	7	4				
Baetis muticus								7	1
Baetis rhodani	212	95	114	48	53	4	5	13	21
Centroptilum luteolum						4	5	20	
Cloeon dipterum							7		
Ephemerellidae									
Ephemerellidae indet.							13		
Serratella ignita					3		69		
Torleya major	28	1	5	3		1			
Ephemeridae									
Ephemera sp.		1				1			27
Ephemera danica			8				1	60	1
Heptageniidae									
Heptageniidae indet.	9	456		42	153	11	3	61	50
Epeorus assimilis	5	1							
Ecdyonurus sp.	157	413	415	643	506	97	3	16	41
Ecdyonurus venosus-Gr.		10							
Ecdyonurus venosus	13	11	47	163	36	29	5	7	
Heptagenia sulphurea		47	25	16		57	22	30	48
Heptagenia sp.	36		8			12			
Rhithrogena sp.	229	486	361	123	204	7			7
Rhithrogena cf. allobrogica		1							
Rhithrogena hercynia-Gr.		1							
Rhithrogena gratianopolitana	6			2					
Rhithrogena semicolorata-Gr.	2	13		115					
Rhithrogena semicolorata				1					
Leptophlebiidae									
Paraleptophlebia submarginata			1				4	6	
Potamanthidae									
Potamanthus luteus	12	195	143	284	101	219		43	56
Caenidae									
Caenis macrura								2	33
Caenis luctuosa								7	7
Odonata									
Calopterygidae									
Calopteryx splendens								1	
Coenagrionidae									
Coenagrionidae indet.							1		
Enallagma cyathigerum							1		
Gomphidae									
Gomphidae indet.			1						
Ophiogomphus cecilia		4							
Plecoptera									
Chloroperlidae									
Chloroperla tripunctata		1							
Leuctridae									
Leuctra sp.	209	31	15	2	3	4		20	8
Nemouridae									
Amphinemura sp.	3	1						7	
Nemoura flexuosa									8
Protonemura sp.	8			1					
Perlidae									
Perla grandis	5								
Dinocras cephalote			1						

	UTT	HUN	MÄR	TIEF	STEI	HAL	REW	RAD	HAG
	Mittlere Dichten über ganzen Transekt [Individuen/m²]								
Perlodidae									
Besdolus imhoffi		1	9						
Isoperla grammatica	13	43	65	92	29			1	1
Isoperla sp.	406	318	833	125	71	55			20
Perlodes sp.		15	19	8	3	11			
Perlodes microcephalus	3	12		1	1			1	
Taeniopterygidae									
Taeniopterygidae indet.				1					
Brachyptera sp.	7								
Brachyptera risi	4	2		1					1
Heteroptera									
Corixidae									
Corixidae indet.							53		
Corixinae						8			
Micronecta sp.			3					33	147
Coleoptera									
Dytiscidae									
Deronectes latus							1		
Colymbetinae									
Platambus maculatus							13	15	7
Elmidae									
Elmis sp.	314	83	306	93	28	102	3	55	122
Limnius sp.	58	90	88	266	149	142	256	13	276
Riolus sp.	5	1	56					27	
Gyrinidae									
Orectochilus villosus	7	11	29	13	3	3	5	4	16
Haliplidae									
Haliplus sp.								1	
Trichoptera									
Brachycentridae									
Brachycentrus maculatus									43
Glossossomatidae									
Glossosomatidae indet.	2			2	20				
Glossosomatidae Pu		2		4					
Agapetus nimbulus						59			
Agapetus nimbulus Pu						5			
Agapetus ochripes	13	6	11	98	38	40	10		223
Glossosoma sp.		1	1						
Glossosoma boltoni	1	2		4	30	3			
Goeridae									
Goera pilosa						1		29	35
Silo piceus	1	2	8	12	7	5	1		202
Hydroptilidae									
Hydroptilidae indet.							13		
Agraylea sexmaculata							4	1	11
Hydroptila sp.	68		32			1	5	13	1
Hydropsychidae									
Cheumatopsyche lepida	655	77	128	16	1	4	6	30	169
Hydropsyche sp. juv.	494	64	128	32	22	84	8	6	26
Hydropsyche contubernalis				1		6	6	4	62
Hydropsyche incognita	194	27	32	12	3	40		1	111
Hydropsyche incognita/pellucidula							5		
Hydropsyche siltalai	23	11		2				12	6
Lepidostomatidae									
Lepidostoma hirtum		3					8	30	14
Leptoceridae									
Athripsodes cf. albifrons		6	3	3			1	1	7
Ceraclea dissimilis								14	
Ceraclea aurea									7
Mystacides sp.							5	7	
Mystacides azurea							3	19	
Oecetis notata							1	5	44
Setodes punctatus								11	9

Häufigkeitsklasse
1–10
11–20
21–50
51-200
201-500
501–1000
> 1'000
>10'000

Häufigkeitsklasse

1–10
11–20
21–50
51-200
201-500
501–1000
> 1'000
>10'000

	UTT	HUN	MÄR	TIEF	STEI	HAL	REW	RAD	HAG
	Mittlere Dichten über ganzen Transekt [Individuen/m²]								
Limnephilidae									
Limnephilidae indet.			9			6	29	193	15
Limnephilini							23	67	7
Allogamus auricollis		2	16	55	120	81	13	20	7
Halesus sp.							1		
Halesus radiatus						3	7	13	7
Potamophylax latipennis		2							
Potamophylax sp.		2							
Potamophylax sp. (cf. cingulatus)			3	1					
Anabolia nervosa							9		
Limnephilus lunatus							3	28	
Limnephilus rhombicus								27	
Odontoceridae									
Odontocerum albicorne	8	8	11	17	11	56	24		8
Polycentropodidae									
Polycentropodidae indet.						1	4	13	61
Cyrnus trimaculatus							29	58	325
Polycentropus flavomaculatus						1	28	60	90
Psychomyiidae									
Lype reducta							1		
Psychomyia pusilla	294	55	189	196	96	375	255	94	292
Tinodes waeneri								20	
Rhyacophilidae									
Rhyacophila sp.	73	32	12	15	4				
Rhyacophila sensu stricto	193	34	112	42	19	7			12
Sericostomatidae									
Sericostoma sp.				1					
Sericostoma personatum									1
Diptera									
Ceratopogonidae									
Ceratopogoninae						3	7	127	
Chironomidae									
Chironomidae indet.	16	14	16	7	69	11	45	6	241
Stenochironomus sp.		2							
Chironomini		2		1			182	269	527
Orthocladiinae inkl. Diamesinae	8641	1354	928	3366	3674	1588	4489	2658	2481
Prodiamesinae							4	206	
Tanypodinae	1	8				11	40	1020	7
Tanytarsini		9	3			23	2578	2622	240
Empididae									
Empididae indet.					7				
Clinocera sp.	6	2				1			
Chelifera sp.			1				15		27
Hemerodromia sp.	5	2	5			9	8		1
Limoniidae									
Antocha sp.	11	2	32	1	3	14	29		13
Dicranota sp.	5	1			1				8
Molophilus sp.	1	1		1					1
Psychodidae									
Psychodidae indet.		1				1			
Simuliidae									
Simuliidae Pu			1	1					
Simulium sp.	1212	170	19	533	223				
Simulium variegatum								1	
Tipulidae									
Tipula sp.		1			1			1	7
Megaloptera									
Sialis cf. lutaria								8	
Bryozoa									
Bryozoa indet.							1		

Abwasserreinigungsanlagen im Einzugsgebiet

Nr. in Karte	ARA-Nr.	ARA Name	Standort ARA		Standort Einleitung		EW-CSB
			X	Y	X	Y	Einwohner-werte (2017)
01	30400	Kallnach	583 820	208 600	583 790	208 640	1 600
02	66700	Sensetal (über Saane)	584 940	196 270	584 880	196 420	58 000
03	36000	Wohlen	595 200	201 160	595 140	201 050	10 000
04	35100	Bern AG	599 548	202 169	599 330	202 480	350 000
05	36200	Worblental	601 200	203 300	601 180	203 250	114 000
06	61600	Münsingen	608 060	192 100	607 700	192 460	17 000
07	86900	Gürbetal	604 925	188 085	605 000	188 140	15 000
08	60800	Grosshöchstetten	615 190	194 320	615 340	192 950	3 900
09	60700	Kiesental oberes	614 295	190 460	614 310	190 420	14 000
10	61100	Kiesental unteres	610 250	185 550	610 160	185 590	8 300
11	94400	Thunersee	612 200	181 060	612 370	180 820	130 000

GBL · Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern

Kieselalgen der Aare

Biologisch indizierte Wasserqualität zwischen Thunersee und Bielersee

Fachbericht zu den Untersuchungen des Jahres 2018
inklusive Vergleich mit der Untersuchung des Jahres 2008

Dokument Nr.	1696-B-01
Datum Entwurf:	31.8.2018
Datum Endfassung:	9.9.2018

AquaPlus

AquaPlus AG · Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug
Fon +41 41 729 30 00 · Fax +41 41 729 30 01
admin@aquaplus.ch · www.aquaplus.ch

Impressum

Auftraggeber:	Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern (AWA) Gewässer- und Bodenschutzlabor (GBL) Schermenweg 11 · CH-3011 Bern
Auftragnehmer:	AquaPlus AG Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug
Projektleitung:	Joachim Hürlimann
Mitarbeiter:	Christa Gufler · Margrit Ensner Egloff
Titelbild:	Hunzigenau (Blick abwärts) · Hydra AG · CH-9008 St. Gallen

Inhaltsverzeichnis

Seite

Zusammenfassung **1**

1 Einleitung und Auftragserteilung **3**

2 Untersuchungsgebiet und Methoden **3**

3 Resultate und Diskussion **9**

4 Fazit **16**

5 Literaturverzeichnis **17**

ANHANG

ANHANG A: Methoden
ANHANG B: Resultate der Zählungen

Zusammenfassung

Im Rahmen des benthosbiologischen Untersuchungsprogrammes Aare (zwischen Thunersee und Bielersee) wurden wiederum wie bereits im Jahr 2008 die Kieselalgen beprobt und analysiert. Diese Aareuntersuchung führte das Büro Hydra AG, St. Gallen, im Auftrag des Gewässer- und Bodenschutzlabor (GBL) des Kantons Bern durch. Die Stellen wurden im Frühjahr 2018 beprobt. Die Teilziele der Untersuchung der Kieselalgen der Aare sind:

- Beschreibung der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften als Bioindikatoren,
- Eruieren der biologisch indizierten Wasserqualität und Einschätzung der Erfüllung der ökologischen Ziele gemäss Anhang 1 der Gewässerschutzverordnung (GSchV),
- Vergleich mit den Untersuchungen vor 10 Jahren (Jahr 2008).

Untersuchungsgebiet und Methode

Das Untersuchungsgebiet kann der Abbildung I entnommen werden. Es wurden wie bereits im Jahr 2008 dieselben 9 Transektstellen (10 Untersuchungsstellen) zwischen Thuner- und Bielersee beprobt. In Abweichung zur Untersuchung des Jahres 2008 wurden pro Transektstelle nicht die Subsamples einzeln ausgewertet, sondern zu Mischproben vereint analysiert.

Resultate

Lebensgemeinschaft: Die in den untersuchten Gewässern beobachteten häufigsten Haupt- und Begleitarten sind Taxa, die für die Fliessgewässer des Schweizer Mittellandes typisch sind und auch häufig vorkommen. Nur eine von sieben Hauptarten bevorzugt jedoch weitgehend unbelastetes Wasser (D-Wert ≤ 2). Arten, welche organische Belastungen und stark erhöhte Nährstoffkonzentrationen tolerieren (D-Wert ≥ 4.5) waren unter den Hauptarten nicht vertreten. Der Vergleich mit rund 8'000 anderen Kieselalgen-Lebensgemeinschaften zeigt, dass die Lebensgemeinschaften der Aare typisch sind für ein grösseres Fliessgewässer des Mittellandes mit Bezug zum Raum Thunersee bis zur Stadt Bern.

Gebietsfremde Arten: An den untersuchten Stellen wurden zwei gebietsfremde Arten festgestellt: *Achnanthidium delmontii* mit sehr hohen Anteilen, *Achnanthidium catenatum* nur an einer Stelle mit sehr geringem Anteil.

Biologisch indizierte Wasserqualität und ökologisches Ziel gemäss GSchV Anhang 1: An den Transektstellen traten fast durchgehend Arten auf, welche sensibel gegenüber erhöhten organischen Belastungen reagieren (mehrheitlich Gewässergüte I-II). Der Anteil der Abwassertaxa war insgesamt klein. Die von den Kieselalgen indizierte Wasserqualität war basierend auf dem DI-CH Wert durchgehend '*sehr gut*'. Der DI-CH-Wert nahm jedoch im Fliessverlauf tendenziell leicht zu. Alle Stellen erfüllten das ökologische Ziel gemäss Anhang 1 der Gewässerschutzverordnung.

Vergleich zur Untersuchung des Jahres 2008: Im Vergleich zu den früher durchgeführten Untersuchungen des Jahres 2008 verschlechterte sich die biologisch indizierte Wasserqualität auf Basis der DI-CH-Werte leicht. Die Verschlechterung ist aber grösstenteils auf eine methodische Anpassung respektive ein Art-Splitting und nicht auf eine Verschlechterung der Wasserqualität zurückzuführen.

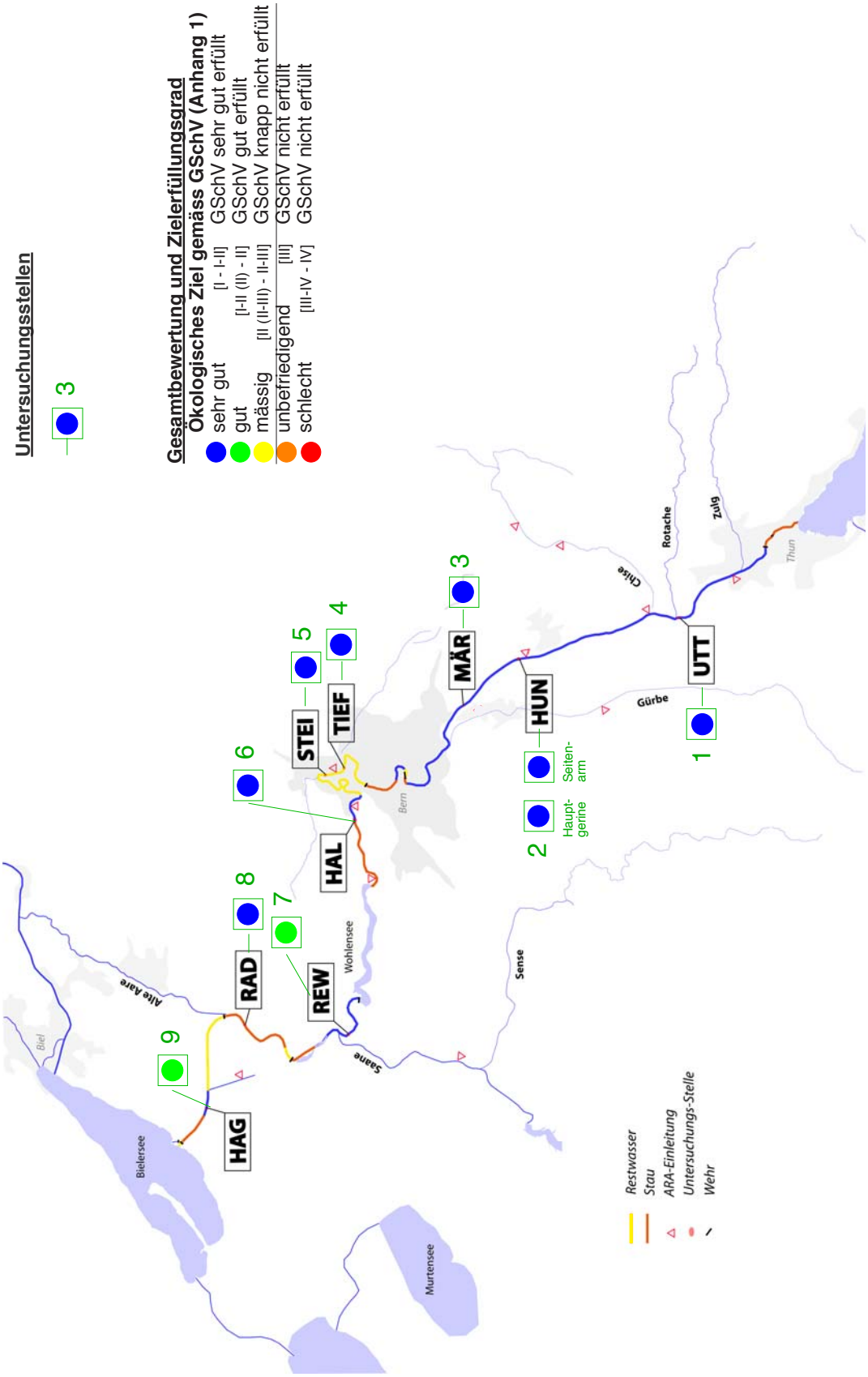


Abb. I. Biologisch indizierte Wasserqualität (Gesamtbewertung). Mittels Kieselalgen erhaltene Bewertung der 9 Transektstellen (10 Mischproben), welche im Rahmen des benthosbiologischen Untersuchungsprogrammes Aare (Thunersee bis Mündung in den Bielersee) bezüglich Kieselalgen im Jahr 2018 beprobt wurden.
An der Transektstelle 2 HUN (Hunzigenau) wurden eine Mischprobe vom Hauptgerinne und eine vom Seitenarm entnommen und separat ausgewertet. Details zu den Untersuchungsstellen siehe Tabellen 1 und 2. Kartenhintergrund erstellt durch Hydra Konstanz (Hydra 2008).

1 Einleitung und Auftragserteilung

Im Rahmen des benthosbiologischen Untersuchungsprogrammes Aare (zwischen Thunersee und Bielersee) wurden an 9 Transektstellen respektive 10 Untersuchungsstellen insgesamt 10 Kieselalgenproben (Mischproben) entnommen. Diese Aareuntersuchung führte das Büro Hydra AG, St. Gallen, im Auftrag und in Zusammenarbeit mit dem Gewässer- und Bodenschutzlabor (GBL, Herr Dr. Vinzenz Maurer) des Kantons Bern durch. Die Stellen wurden im Frühjahr 2018 beprobt. Aufgrund dieser Kieselalgenproben soll die biologisch indizierte Wasserqualität bestimmt werden. Zudem wird mit früheren gewässerökologischen Erhebungen des Jahres 2008 verglichen.

Die Firma AquaPlus AG erhielt den Auftrag die 9 Transektstellen (10 Mischproben) zu bearbeiten. Neben dem vorliegenden Bericht wurden dem Auftraggeber die Ergebnisse als Excelfile sowie ein Datenfile zum Import in die Datenbank des Kantons Bern abgegeben.

2 Untersuchungsgebiet und Methoden

Das Untersuchungsgebiet mit den Untersuchungsstellen sowie den entlang der Aare vorhandenen Kläranlagen ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Untersuchung der Kieselalgen umfasste 9 Transektstellen mit 10 Mischproben. Bei der Transektstelle Nr. 2 Hunzigenau wurde das Hauptgerinne sowie der Seitenarm mit je einer Mischprobe analysiert. Gründe für die zusätzliche Mischprobe sind die ARA Münsigen, deren Abwässer oberhalb des Seitenarms am rechten Ufer eingeleitet werden, die Renaturierung des Aaregerinnes bei Hunzigenau und der Vergleich zur Untersuchung des Jahres 2008. Bei der Transektstelle Nr. 2b Hunzigenau-Seitenarm gilt zu beachten, dass diese zum Zeitpunkt der Probenahme einen "Altarm-Charakter" aufwies. Bei der Probenahme war diese Stelle durch keinen oberflächlichen Abfluss gekennzeichnet und nur am unteren Ende an die Aare angeschlossen. Weitere Details zu den Transektstellen können dem Bericht der Hydra (2018) entnommen werden. In Tabelle 1 sind die Untersuchungsstellen gewässerökologisch charakterisiert und in Tabelle 2 mit Probenahmedatum, Koordinaten, Meereshöhe und Probenehmer aufgelistet.

Feldarbeit

Die Probenahme der Kieselalgen erfolgte mit 3 Subsamples pro Transektstelle: 'Ufer links', 'Mitte', 'Ufer rechts'. Die Probenahme des Subsamples 'Mitte' erfolgte mittels Taucher, die restlichen Proben konnten vom Ufer aus geholt werden. An jeder Transektstelle wurde für die Kieselalgenuntersuchung pro Subsample von jeweils drei Steinen (ausgenommen Transektstelle Nr. 2b Hunzigenau-Seitenarm: 2, 1, 2) eine je gleich grosse Aufwuchsfläche abgekratzt und in einem Gefäss gemischt (abgeändert nach Douglas 1958) und mit Formaldehyd fixiert. Diese Mischproben gelangten schliesslich zur Aufbereitung und Auswertung ins Labor.

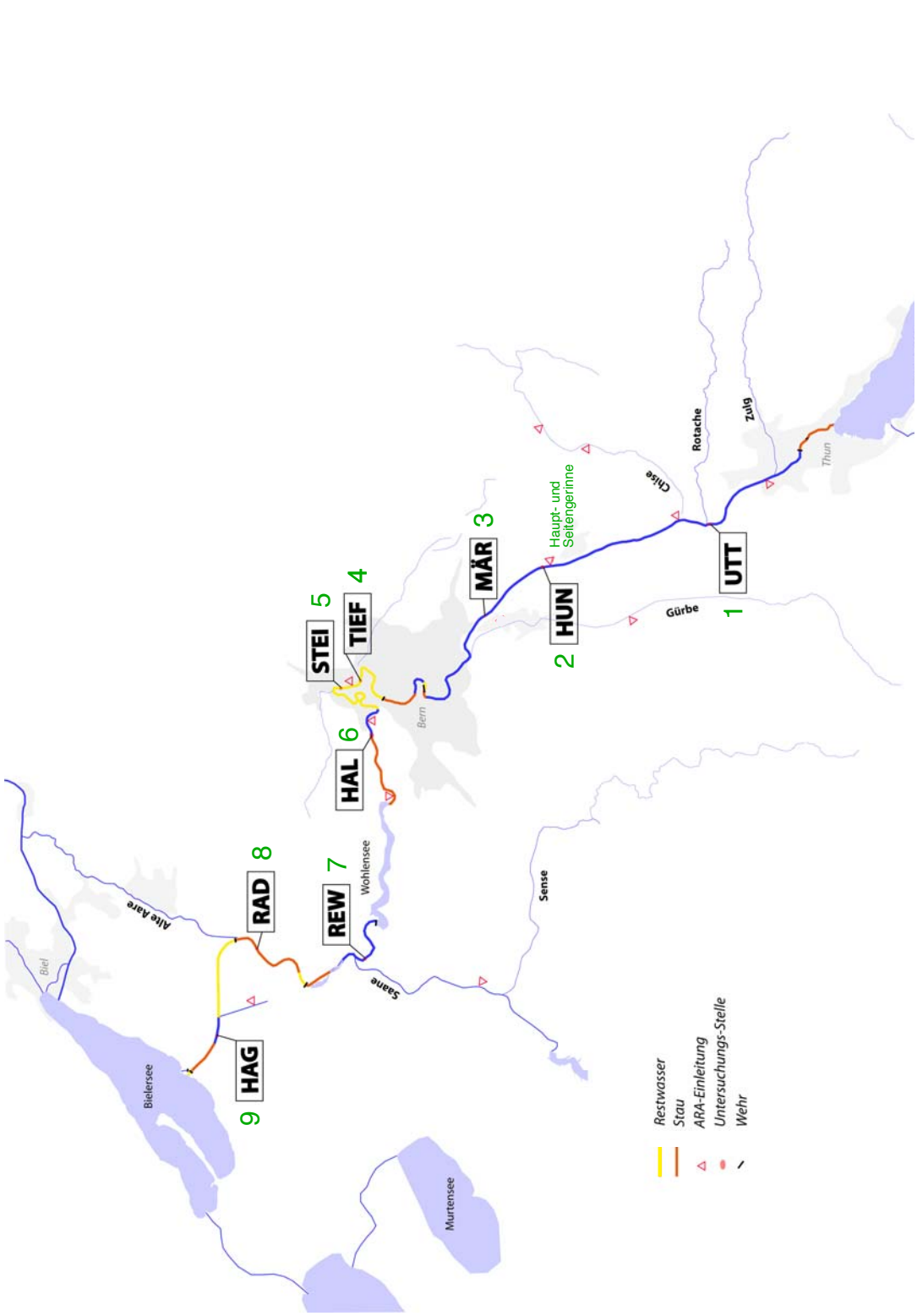


Abb. 1. Untersuchungsstellen (9 Transektstellen, 10 Mischproben), welche im Rahmen des benthosbiologischen Untersuchungsprogramms Aare (Thunersee bis Mündung in den Bielersee) bezüglich Kieselalgen im Jahr 2018 beprobt wurden.
An der Transektstelle 2 HUN (Hunzigenau) wurden eine Mischprobe vom Hauptgerinne und eine vom Seitenarm entnommen und separat ausgewertet. Details zu den Untersuchungsstellen siehe Tabellen 1 und 2. Kartenhintergrund erstellt durch Hydra Konstanz (Hydra 2008).

Untersuchungs-stellen	Abkürzung: Ortschaft	Seeabfluss*	Staubereich*	freifliessend	voller Abfluss	Restwasser*	kanalisiert	Ufer hart verbaut*	Ufer mässig verbaut*	Ufer nicht verbaut
Transektstelle 1	UTT: Uttigenfluh	1)		x	x					x
Transektstelle 2	HUN: Hunzigenau-Hauptg.			x	x					x
Transektstelle 2b	HUN: Hunzigenau-Seitena.		x							x
Transektstelle 3	MÄR: Märchligenau			x	x		x		x	
Transektstelle 4	TIEF: Bern-Tiefenau			x		3)			x	x
Transektstelle 5	STEI: Bern-Steinibach			x		3)				x
Transektstelle 6	HAL: Bern-Halenbrügg		2)	(x)	x					x
Transektstelle 7	REW: Rewag	4)		x	x					x
Transektstelle 8	RAD: Radelfingen	5)	7)			6)	x	x		
Transektstelle 9	HAG: Hagneck-Kanal		8)	9)		7)	x	x		

Tab. 1. Gewässerökologische Charakterisierung der untersuchten 9 Aare-Transektstellen (10 Mischproben). Angaben gemäss Hydra (2018).

*** Ergänzungen / Präzisierungen**
1) 9.4 km unterhalb Thunersee
2) vor Wohlensee (Stausee)
3) Kraftwerk Felsenau
4) unterhalb Kühlwassereinleitung des Kernkraftwerks Mühleberg und unterhalb Wohlensee (Stausee) mit Laufkraftwerk Mühleberg
5) 4 km unterhalb Stausee Niederried
6) Laufkraftwerk Kallnach und Laufkraftwerk Niederried
7) Laufkraftwerk Aarberg
8) Rückstau Laufkraftwerk Hagneck
9) Schwall-Sunk Kraftwerk Schiffenen und Laufkraftwerk Kallnach

x zutreffend
(x) beinahe zutreffend

Tab. 2. Zusammenstellung der untersuchten 9 Aare-Transektstellen (10 Mischproben).
Bebrobung durch Hydra AG, St. Gallen.

Gewässer, Abkürzung, Stellenbezeichnung	Probenahmedatum	Koordinaten		Meereshöhe	Beprobung
Aare Nr. 1, UTT, Uttigenfluh	27.02.2018	609'945	183'920	540	Hydra
Aare Nr. 2, HUN, Hunzigenau-Hauptgerinne	28.02.2018	607'579	192'960	517	Hydra
Aare Nr. 2b, HUN, Hunzigenau-Seitenarm	28.02.2018	607'600	193'090	517	Hydra
Aare Nr. 3, MÄR, Märchligenau	01.03.2018	604'859	196'269	511	Hydra
Aare Nr. 4, TIEF, Bern-Tiefenau	05.03.2018	601'512	202'848	492	Hydra
Aare Nr. 5, STEI, Bern-Steinibach	05.03.2018	601'050	204'153	486	Hydra
Aare Nr. 6, HAL, Bern-Halenbrügg	06.03.2018	598'585	202'260	481	Hydra
Aare Nr. 7, REW, Rewag	04.03.2018	586'310	202'630	464	Hydra
Aare Nr. 8, RAD, Radelfingen	03.03.2018	586'913	208'491	451	Hydra
Aare Nr. 9, HAG, Hagneck-Kanal	02.03.2018	582'217	210'647	440	Hydra

Laborarbeit, Zählung der Kieselalgen und Berechnung der relativen Häufigkeit

Für die Bestimmung und Zählung der Kieselalgen wurde eine Säure-Präparation durchgeführt (Salz- und Schwefelsäure sowie anschliessende Endoxidation mit Kaliumnitrat, Straub 1981, BAFU 2007). Anschliessend erfolgt 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 1'000-facher Vergrösserung verwendet. Die Bestimmung der Kieselalgen erfolgte nach Hofman et. al. (2011), Krammer & Lange-Bertalot (1986-1991) und Lange-Bertalot & Metzeltin (1996).

Die Zählresultate werden in relative Häufigkeiten (rH) der einzelnen Arten umgerechnet:

$$rHij\ (\%) = (Nij / Nj) * 100\ \%$$

rHij	=	Relative Häufigkeit der Art i in der Probe j
Nij	=	Anzahl gezählte Schalen der Art i in der Probe j
Nj	=	Gesamtzahl der gezählten Schalen der Probe j

Auswertung

Im Bericht werden im Wesentlichen die biologisch indizierte Wasserqualität mittels BAFU Modul Kieselalgen (Stufe F, BAFU 2007) und der Differentialartenanalyse (Güteklasse, nach Krammer & Lange-Bertalot (1986)) ermittelt. Der Diatomeenindex der Schweiz (DI-CH) steht in einem statistischen Zusammenhang zu einer Auswahl von chemischen Belastungsanzeigern. Er weist 5 Zustandsklassen auf. Der DI-CH wird angewendet, obwohl er aus Daten von grösstenteils kleineren und mittleren Fliessgewässern gebildet (geeicht) wurde und damit grössere Flüsse weniger berücksichtigt wurden. Die Differentialartenanalyse bewertet die Saprobie (organische Belastung) eines Gewässers, beschrieben mit einer Güteklasse (siehe Anhang A). Weitere Auswertungen befinden sich in der Zählliste (Anhang B), werden im Bericht aber nicht besprochen. Sämtliche Resultate der Bestimmungen und Zählungen der Kieselalgen sowie die dem Bericht zugrundeliegenden Auswertungen können der Zählliste im Anhang B entnommen werden. Für jede Untersuchungsstelle sind folgende Angaben und Auswertungen aufgeführt:

- Gewässername, Stellenbezeichnung, Probenahmedatum, Koordinaten und Meereshöhe,
- Taxaliste mit den relativen Häufigkeiten (rH),
- totale Anzahl gezählter Schalen (= 100 %),
- Taxazahl,
- Diversität H nach Shannon & Weaver (1949),
- Teratologie (Anteil missgebildeter Schalen),
- BAFU-Index DI-CH (BAFU 2007, Zweiteichung),
- Anteile pro Differentialartengruppen sowie die daraus abgeleitete Güteklasse,
- Van Dam Sauerstoff (Van Dam et al. 1994),
- Summe der Sauerstoff beeinflussten Kieselalgenarten,
- Van Dam Stickstoff (Van Dam et al. 1994),
- deutscher Trophieindex nach Schmedtje et al. (1998),
- österreichischer Saprobieindex nach Rott et al. (1997),
- Anteil der Gefährdungsklassen gemäss Rote Liste Deutschland (Lange-Bertalot 1996).

Die detaillierte Methodenbeschreibung der im Bericht durchgeführten Auswertungen befindet sich im Anhang A.

Bewertung

Mit Hilfe der Kieselalgen soll grundsätzlich das ökologische Ziel gemäss Anhang 1 der Gewässerschutzverordnung überprüft werden (Anhang 1, Art. 1 Abs. 1 GSchV). Diese Zielsetzung lautet:

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

a) ...

b) ***eine Vielfalt und eine Häufigkeit der Arten aufweisen, die typisch sind für nicht oder nur schwach belastete Gewässer des jeweiligen Gewässertyps***."

Die Prüfung dieser Zielsetzung erfolgt nach dem Vorgehen gemäss Tabelle 3. Da innerhalb einer Kieselalgenprobe die einzelnen Klassierungen voneinander abweichen können, ist im Normalfall für die 5-teilige Gesamtbewertung (sehr gut, gut, mässig, unbefriedigend, schlecht) und den 4-teiligen Zielerfüllungsgrad gemäss GSchV Anhang 1 (sehr gut erfüllt, gut erfüllt, knapp nicht erfüllt, nicht erfüllt) diejenige Klassierung massgebend, welche die schlechteste Zustandsklasse indiziert. Die Gesamtbewertung sowie die Beurteilung des Zielerfüllungsgrades basiert auf der Differentialartenanalyse und dem DI-CH.

Die Analyse der Taxazahl in Anlehnung an den gesamtschweizerischen Durchschnitt für Fliessgewässer sowie Kommentare zu auffälligen Taxa und weiteren Analysen erfolgen zusätzlich und ausserhalb dieser Bewertung. Konkret sind dies Auswertungen und Interpretationen zu den Haupt- und Begleitarten, dem Anteil Neophyten, planktischer Arten und missgebilteter Schalen (Teratologien), der Standortgerechtigkeit, den jeweils 10 besten Analoga sowie artspezifischen Bemerkungen.

Des Weiteren wird der Einfluss der Kläranlagen und Zuflüsse im Fliessverlauf diskutiert sowie ein Vergleich mit früheren gewässerökologischen Erhebungen aus dem Jahr 2008 auf Basis des DI-CH-Wertes gemacht. Hinsichtlich Probenahme gibt es bei den Untersuchungen im Jahr 2008 und 2018 methodische Unterschiede. Bei der Untersuchung im Jahr 2008 erfolgte eine getrennte Auswertung von Einzelproben pro Transektstelle, während im Jahr 2018 pro Transektstelle eine Mischprobe erhoben wurde. Um die Werte der Untersuchungen der Jahre 2008 und 2018 vergleichen zu können, wurden für die Berechnung des DI-CH der Untersuchung 2008 die jeweiligen Werte der Einzelproben pro Transektstelle gemittelt.

Tab. 3. Bewertungsschema und Klassierung.
Die Beurteilung der Gesamtbewertung und des Zielerfüllungsgrades gemäss GSchV Anhang 1 erfolgt basierend auf der Differentialartenanalyse und der Berechnung des DI-CH-Wertes. Bei abweichenden Klassierungen ist jene Klassierung massgebend, welche die schlechtere Zustandsklasse indiziert. Ergänzende Beurteilung der Lebensgemeinschaft anhand der Taxazahl sowie Kommentaren zu auffälligen Taxa und weiteren Anaysen.

Bestimmung Zählung	**Analysen** Index	**Klassierung** Zustandsklasse	**Bewertung** Gesetz
Kieselalgen (Rohdaten / Zählliste)	Differentialartenanalyse →	Güteklasse (Saprobie) I bis IV →	Erfüllen des ökologischen Zieles gemäss GSchV Anhang 1
	DI-CH →	nach BAFU Modul Kieselalgen (Stufe F) (Zustandsklassen) →	
	Taxazahl →	in Anlehnung an den gesamtschweizerischen Durchschnitt für Fliessgewässer	
	Kommentar →	auffällige Taxa, weitere Analysen	

Güteklasse	DI-CH	Gesamtbewertung	GSchV Anhang 1	Taxazahl	Kommentar
I I (I-II) I-II	von 1.0 bis 3.5	sehr gut	sehr gut erfüllt		Keine Klassierung möglich. Beizug bei der Bewertung von Fall zu Fall.
I-II (II) II	von > 3.5 bis 4.5	gut	gut erfüllt	≥ 40	
II (II-III) II-III	von > 4.5 bis 5.5	mässig	knapp nicht erfüllt	von < 40 bis 10	
III	von > 5.5 bis 6.5	unbefriedigend	nicht erfüllt	< 10	
III-IV IV	von > 6.5 bis 8.0	schlecht	nicht erfüllt		

Informationen zu Messwerten (Temperatur, Leitfähigkeit, etc.) wie auch Auswertungen zum Äusseren Aspekt und pflanzlichen Bewuchs können dem Bericht der Hydra (2018) entnommen werden. Daten zur Organismengruppe Algen (nicht Kieselalgen) können bei Frau Dr. Katrin Guthruf des Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Berns bezogen werden.

3 Resultate und Diskussion

Aufgrund der vorhandenen 10 untersuchten Kieselalgen-Lebensgemeinschaften sind folgende Aussagen und Charakterisierungen der Aare möglich:

Artenvielfalt

An den 9 Transektstellen (10 Mischproben) wurden im Rahmen der Zählungen insgesamt nur 73 verschiedene Kieselalgentaxa gefunden, wobei an den einzelnen Untersuchungsstellen zwischen 14 und 41 Taxa vorkamen. Der Schweiz weite Durchschnitt bezüglich der Artenzahl pro Probe liegt für Fliessgewässer bei rund 25 Kieselalgentaxa, wobei Flüsse aufgrund der Substratvielfalt normalerweise höhere Artenzahlen aufweisen. Tiefe Artenzahlen (< 20 Taxa) sind bei Kieselalgen oft ein Hinweis für die Dominanz weniger Arten, so dass die nicht häufigen Arten innerhalb der Zählung von 500 Schalen gar nicht alle erfasst werden können. Ein weiterer Grund für die zum Teil eher tiefen Artenzahlen dürfte sein, dass es sich nicht um reine Uferproben handelte, sondern um Mischproben der Gewässersohle (Ufer links, Mitte, Ufer rechts). Uferproben weisen normalerweise unterschiedliche Substrate und ökologische Nischen auf und sind daher artenreicher als Proben aus der Flussmitte. Die tiefste Artenzahl wurde mit 14 Taxa bei der Transektstelle Nr. 2b Hunzigenau-Seitenarm vorgefunden. Die sehr geringe Artenzahl erklärt sich durch die drei häufigsten Arten, welche mit einem sehr hohen relativen Anteil (90.6 %) dominierten. Die höchsten Artenzahlen wiesen die Transektstellen Nr. 6 Bern-Halenbrügg, Nr. 7 Rewag und Nr. 8 Radelfingen mit 35, 41 und 34 Taxa auf. Die hohen Taxazahlen lassen sich durch ein vermehrtes Vorkommen von planktischen Arten (n=3) an der Transektstelle Nr. 7 Rewag (Einfluss Wohlensee) sowie durch einen erhöhten Anteil an Arten mit D-Werten ≥ 4.5 an allen drei Transektstellen erklären. Des weiteren ist die Summe der relativen Häufigkeit der drei häufigsten Arten (rH 48.6 bis 64 %) im Vergleich zu den anderen Stellen tief, sodass auch nicht zahlreiche Arten innerhalb einer Zählung erfasst werden können (Tabelle 4, Anhang B).

Lebensgemeinschaft

Die in den untersuchten Gewässern beobachteten 7 Haupt- und 3 Begleitarten sind Taxa, die für die Fliessgewässer des Schweizer Mittellandes typisch sind und auch häufig vorkommen. Zu den Hauptarten, welche mindestens einmal an einer Transektstelle mit ≥ 10 % relative Häufigkeit vorkommen, zählen die Arten *Achnanthidium delmontii, Achnanthidium pyrenaicum, Nitzschia dissipata, Gomphonema olivaceum* var. *olivaceum, Achnanthidium minutissimum* var. *minutissimum, Gomphonema elegantissimum* und *Encyonopsis microcephala*. Diese 7 Hauptarten erreichten zusammen immer einen Anteil von mindestens 61 % bis maximal 92.6 %. Zu den Begleitarten (≥ 5 % und < 10 % relative Häufigkeit an mindestens einer Transektstelle) zählen die Arten *Nitzschia fonticola, Gomphonema angustivalva* und *Achnanthidium minutissimum* var. *jackii*. Nur eine von sieben Hauptarten (*Achnanthidium pyrenaicum)* bevorzugt sauberes und weitgehend unbelastetes Wasser (D-Wert ≤ 2). Arten, welche organische Belastungen und stark erhöhte Nährstoffkonzentrationen tolerieren (D-Wert ≥ 4.5) waren unter den Hauptarten nicht vertreten (Anhang B).

Neophyten (gebietsfremde Arten)

An den untersuchten Stellen wurden zwei Kieselalgen-Neophyten festgestellt. Es handelt sich um *Achnanthidium delmontii* und *Achnanthidium catenatum*.

Bei *A. delmontii* ist unklar, ob es wirklich eine gebietsfremde Art ist. Diese Form wurde früher als *Achnanthidium pyrenaicum* bestimmt. Heute fällt dieses Taxon auch in der Schweiz auf, insbesondere auch, weil es in Frankreich als gebietsfremde Art bezeichnet wird. Die Situation ist aber unklar. *A. delmontii* wies an allen 10 Stellen hohe Anteile von 17 bis 58.2 % auf. Dies deckt sich mit den bisher gemachten Erfahrungen, dass dieses Taxon oft dominierend auftritt, vor allem in Flüssen. In der Untersuchung der Aare des Jahres 2008 war dieses Taxon noch nicht bekannt und wurde wie oben erwähnt als *A. pyrenaicum* bestimmt und gezählt. Eine Nachkontrolle weniger Proben des Jahres 2008 zeigte jedoch, dass das Taxon damals schon vorhanden war.

A. catenatum ist eine planktische Art. Sie wurde gemäss Straub (2002) in der Schweiz bewusst erstmals im Neuenburgersee im Rahmen einer intensiven Planktonblüte beobachtet. Das Taxon tritt unserer Erfahrung nach in Fliessgewässern nie mit hohen Dichten auf. Vereinzelt kann dieses Taxon mit wenigen Schalen auftreten, oft unterhalb Seen. Dies trifft auch auf den vorliegenden Fall zu. Das Taxon ist nur an der Transektstelle Nr. 7 Rewag und dort mit einem geringen Anteil von 0.8 % anzutreffen. Die Art dürfte aus dem rund 3 km oberhalb der Stelle sich befindenden Wohlensee stammen (Anhang B).

Plankton

Die Aare wies im untersuchten Abschnitt meist keinen hohen Anteil an planktischen Arten auf. Der Anteil war ausser bei zwei Transektstellen immer ≤ 0.4 %. Die Transektstelle Nr. 2b Hunzigenau-Seitenarm und die Transektstelle Nr. 7 Rewag wiesen mit 0.8 % und 1.8 % die höchsten Anteile an Planktern auf. Der erhöhte Anteil an Planktern an der Transektstelle Nr. 2b Hunzigenau-Seitenarm dürfte daher rühren, da der Seitenarm nur an der Unterseite an der Aare angeschlossen ist und somit die Charakteristik eines Altarms aufweist. Die Transektstelle Nr. 7 Rewag befindet sich rund 3 km unterhalb des Wohlensees, durch welchen die Plankter eingeschwemmt worden sein dürften. Die Transektstelle Nr. 1 Uttigenfluh wies keine Plankter auf. Dies lässt auf möglicherweise eine geringe Planktondichte im rund knapp 10 km entfernten Thunersee schliessen. Die Aare entsprach somit basierend auf der eher geringen Artenzahl und den weitgehend fehlenden Plankter nur an der Transektstelle Nr. 7 Rewag dem Typ Seeausfluss (hohe Artenzahl, Vorhandensein von Plankter).

Teratologie

Teratologien sind missgebildete Schalen. Ökotoxikologisch problematische Stoffe (Schwermetalle, Kohlenwasserstoffe) wie auch natürliche Faktoren (z. B. UV-Strahlung, Siliziummangel etc.) können solche Missbildungen generieren. Die Ursachen sind jedoch oft nicht eruierbar. Dies trifft auch auf den vorliegenden Fall zu. Von den 10 untersuchten Mischproben wiesen vier Stellen Teratologien mit geringen Anteilen von 1 bis 2 % rH auf (Transektstellen Nr. 2 Hunzigenau-Haupt-

gerinne, Nr. 2b Hunzigenau-Seitenarm, Nr. 6 Bern-Halenbrügg, Nr. 9 Hagneck-Kanal). Die Teratologien waren hauptsächlich bei der Art *Achnanthidium delmontii* anzutreffen. Möglicherweise neigt dieses Taxon bei schneller Zellteilung zu Missbildungen. Die Anteile an Teratologien dürfen in diesem Fall nicht zu stark gewichtet werden, da aktuell noch zu wenig über dieses Taxon bekannt ist (Anhang B).

Differentialartengruppen

An den Transektstellen traten fast durchgehend die gegenüber organischen Belastungen hypersensiblen, hypersensiblen bis sensiblen und sensiblen Arten auf. Hypersensible Arten mit Anteilen < 10 % traten nur an den Transektstellen Nr. 7 Rewag und Nr. 9 Hagneck-Kanal auf. Der Anteil der Abwassertaxa war insgesamt klein. Die Differentialartengruppen der toleranten Arten war immer < 6 % rH. Das Maximum von 5.8 % wurde an der Transektstelle Nr. 8 Radelfingen in der Restwasserstrecke der Kraftwerke Niederried und Kallnach sowie im Staubereich des Laufkraftwerks Aarberg erreicht. Diese hydrologischen Bedingungen führen vermutlich zu geringer Dynamik (wenig Geschiebetrieb, selten Hochwasserspitzen) und damit zu Akkumulation von wahrscheinlich organisch angereicherten Feinsedimenten. Die Differentialartengruppe der resistenten Arten war an keiner Stelle vertreten (Tabelle 4, Anhang B).

Tab. 4. Zusammenstellung der Taxazahlen, der prozentualen Anteile der Differentialartengruppen, der Differentialartenanalyse (Güteklasse, organische Verunreinigungen) sowie des DI-CH-Wertes (Index gemäss BAFU Modul Kieselalgen) an den 9 Aare-Transektstellen (10 Mischproben).
Differentialartengruppen: hs = hypersensible (inkl. *Achnanthidium pyrenaicum*), hs-s = hypersensible bis sensible, s = sensible, s-t = sensible bis tolerante, t = tolerante, r = resistente und nd = nicht definierte Arten. Die farbig hinterlegten Flächen kennzeichnen pro Untersuchungsstelle die Taxazahl von ≥ 40 oder < 10 Taxa, die dominierenden Differentialartengruppen mit Anteilen von ≥ 10 %, die Güteklasse sowie die Zustandsklasse gemäss DI-CH (blau = sehr gut, grün = gut, gelb = mässig, orange = unbefriedigend, rot = schlecht).

Gewässer, Stellenbezeichung	Taxa-zahl	Differentialartengruppen [%]							Diff.analyse Güteklasse	DI-CH Index
		hs	hs-s	s	s-t	t	r	nd		
Kriterien für die Farbgebung	≥ 40	≥ 10%	≥ 10%	≥ 10%	≥ 10%	≥ 10%	≥ 10%		I, I (I-II), I-II	1 - < 3.5
	< 10								I-II (II), II	> 3.5 - < 4.5
									II (II-III), II-III	> 4.5 - < 5.5
									III	> 5.5 - < 6.5
									III-IV, IV	> 6.5 - ≤ 8
Aare Nr. 1, Uttigenfluh	15	51.4	30.6	16.6	1.4	0.0	0.0	0.0	I-II	2.1
Aare Nr. 2, Hunzigenau-Hauptg.	14	36.6	55.8	7.2	0.4	0.0	0.0	0.0	I-II	2.7
Aare Nr. 2b, Hunzigenau-Seiten.	23	15.8	57.2	24.4	0.8	1.6	0.0	0.2	I-II	2.9
Aare Nr. 3, Märchligenau	19	20.8	30.2	46.6	2.4	0.0	0.0	0.0	I-II	2.3
Aare Nr. 4, Bern-Tiefenau	27	26.2	47.4	21.2	5.2	0.0	0.0	0.0	I-II	2.8
Aare Nr. 5, Bern-Steinibach	19	30.4	30.2	36.4	2.6	0.4	0.0	0.0	I-II	2.5
Aare Nr. 6, Bern-Halenbrügg	35	23.8	37.8	32.4	3.4	1.6	0.0	1.0	I-II	2.6
Aare Nr. 7, Rewag	41	3.6	19.0	69.2	1.6	4.0	0.0	2.6	II	3.4
Aare Nr. 8, Radelfingen	34	14.4	30.8	48.2	0.0	5.8	0.0	0.8	I-II	2.6
Aare Nr. 9, Hagneck-Kanal	22	7.4	59.2	25.4	3.4	4.6	0.0	0.0	II	3.4

Biologisch indizierte Wasserqualität (Gewässergüte und DI-CH-Wert)

Die biologisch indizierte Wasserqualität, ermittelt mittels Differentialartenanalyse (**Gewässergüte**), erreichte im fast ganzen Fliessverlauf die Stufe I-II (gering belastet). Nur an den Transektstellen Nr. 7 Rewag und Nr. 9 Hagneck-Kanal war die Gewässergüte schlechter (II, mässig belastet).

Hinsichtlich des BAFU Moduls Kieselalgen (Stufe F) wurden **DI-CH-Werte** zwischen 2.1 und 3.4 festgestellt. Damit wurde überall die Zustandsklasse 1 (sehr gut) indiziert. Der DI-CH-Wert nahm im Fliessverlauf tendenziell zu. Die tiefsten DI-CH-Werte wurden bei den Transektstellen Nr. 1 Uttigenfluh (DI-CH: 2.1) und Nr. 3 Märchligenau (DI-CH: 2.3) eruiert und die höchsten DI-CH-Werte bei den Transektstellen Nr. 7 Rewag (DI-CH: 3.4) und Nr. 9 Hagneck-Kanal (DI-CH: 3.4) (Tabelle 4, Tabelle 5, Anhang B).

Zielerfüllung GSchV, Gewässerschutzverordnung

Das ökologische Ziel (GSchV, Anhang 1) wurde an fast allen Stellen hinsichtlich Kieselalgen 'sehr gut erfüllt'. Die Transektstellen Nr. 7 Rewag und Nr. 9 Hagneck-Kanal erreichten den Zielerfüllungsgrad 'gut erfüllt' (Tabelle 5).

Tab. 5: Zusammenstellung der mittels Kieselalgen erhaltenen Klassierungen an den 9 Aare-Transektstellen (10 Mischproben) gemäss Differentialartenanalyse (Güteklasse, organische Verunreinigung), dem DI-CH-Wert (BAFU-Modul Kieselalgen), der Gesamtbewertung und des gesetzlichen Zielerfüllungsgrades (Prüfung des Anhang 1 GSchV) sowie der Standortgerechtigkeit.
Verfahren und Methodenbeschrieb siehe Kapitel 2 im Abschnitt 'Bewertungen'. Differentialartengruppen: hs = hypersensible (inkl. *Achnanthidium pyrenaicum*), hs-s = hypersensible bis sensible, s = sensible, s-t = sensible bis tolerante, t = tolerante, r = resistente und nd = nicht definierte Arten.

Untersuchungsstelle Gewässer, Stellenbezeichnung	Diff.analyse Güteklasse	DI-CH Index	Gesamtbewertung Zustandsklasse	Gesetz GSchV Anhang 1	Standort-gerechtigkeit
Aare Nr. 1, Uttigenfluh	I-II	2.1	sehr gut	sehr gut erfüllt	unklar
Aare Nr. 2, Hunzigenau-Hauptg.	I-II	2.7	sehr gut	sehr gut erfüllt	unklar
Aare Nr. 2b, Hunzigenau-Seiten.	I-II	2.9	sehr gut	sehr gut erfüllt	ja
Aare Nr. 3, Märchligenau	I-II	2.3	sehr gut	sehr gut erfüllt	ja
Aare Nr. 4, Bern-Tiefenau	I-II	2.8	sehr gut	sehr gut erfüllt	ja
Aare Nr. 5, Bern-Steinibach	I-II	2.5	sehr gut	sehr gut erfüllt	ja
Aare Nr. 6, Bern-Halenbrügg	I-II	2.6	sehr gut	sehr gut erfüllt	ja
Aare Nr. 7, Rewag	II	3.4	gut	gut erfüllt	nein
Aare Nr. 8, Radelfingen	I-II	2.6	sehr gut	sehr gut erfüllt	ja
Aare Nr. 9, Hagneck-Kanal	II	3.4	gut	gut erfüllt	nein

Standortgerechtigkeit

Mit der Standortgerechtigkeit wird versucht einzuschätzen, ob eine vorgefundene Lebensgemeinschaft dem Standort entsprechend natürlich / naturnah ist oder nicht. Diese Frage interessiert, weil 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."

Kennwerte zur Standortgerechtigkeit	**Mittelland**	**Alpen**[1]
Kennwert erfüllt wenn:		
DI-CH-Wert	< 4.5	< 2.0
Summe Taxa mit D-Wert		
D-Wert ≥ 5.5	< 15 %	< 10 %
D-Wert < 2.5	> 10 %	> 20 %
Struktur		
Dominanz [2]	< 50 %	< 50 %
Taxazahl	> 18	> 18
Eveness	> 0.4	> 0.4

[1] *Biogeografische Regionen: Alpennord- und Alpensüdflanke sowie Zentralalpen.*

[2] *Bei einer Dominanz > 50 % spielt der D-Wert des Taxon eine zusätzliche Rolle.*

Basierend auf diesen Vorgaben beurteilten wir die 10 Kieselalgen-Lebensgemeinschaften hinsichtlich Standortgerechtigkeit. Wir benutzen dazu den DI-CH-Wert, die Taxazahl, die Evenness, den Anteil an Arten mit D-Werten ≥ 5.5 und < 2.5 sowie den maximalen Anteil des häufigsten Taxon pro Probe (= Dominanz). Damit werden art- und indexspezifische Kennwerte beigezogen, so dass die Struktur der Lebensgemeinschaft wie auch indikative Gruppen (DI-CH, D-Gruppen) in die Beurteilung einfliessen (siehe Tabelle nebenan). Die angewandte Methode ist eine Eigenentwicklung von AquaPlus und ist noch in Entwicklung. Nichtsdestotrotz zeigt sich in der Anwendung, dass der Anspruch auf eine standortgerechte Lebensgemeinschaft höher ist, wie das blosse Erfüllen der biologisch indizierten Wasserqualität (DI-CH-Wert). Die Aare stuften wir als Gewässer der biogeografischen Region des Mittellandes ein.

Die Standortgerechtigkeit der Lebensgemeinschaft der Kieselalgen ist bei sechs Untersuchungsstellen gegeben (Tabelle 5). Bei zwei von 10 Untersuchungsstellen der Aare erfüllt die Lebensgemeinschaft der Kieselalgen die Kriterien der Standortgerechtigkeit nicht (Transektstellen Nr. 7 Rewag und Nr. 9 Hagneck-Kanal). Dies da der Anteil an sehr nährstoffsensiblen Arten (D-Wert < 2.5) klein ist. Bei zwei Untersuchungsstellen (Transektstelle Nr. 1 Uttigenfluh und Nr. 2 Hunzigenau-Hauptgerinne) ist der Status der Standortgerechtigkeit unklar (zu geringe Artenzahl).

Vergleich mit anderen Kieselalgen-Lebensgemeinschaften Schweizer Fliessgewässer (Analogatechnik)

Zwei Lebensgemeinschaften können rein rechnerisch auf deren Ähnlichkeit hin geprüft werden. Ähnlichkeiten zwischen zwei Lebensgemeinschaften von rund 60 % oder mehr, bedeutet, dass sie theoretisch vom demselben Standort stammen könnten. Betrachtet man pro Aareprobe jeweils die 10 besten Analoga (Lebensgemeinschaften mit der höchsten Übereinstimmung, Basis für den Vergleich waren 8'110 Lebensgemeinschaften von Schweizer Gewässern), dann sind von den total 100 Analoga (10 Mischproben * 10 Analoga) deren 32 Analoga der Aare der vorliegenden Untersuchung (= 32 %). Von den restlichen 68 Analoga stammen mindestens 17 Analoga aus Fliessgewässern der näheren Umgebung (Alte Aare, Gürbe, Rotache). 66 von 68 Analoga stammten aus mittleren und grösseren Fliessgewässern, meist aus dem Mittelland. Damit lässt sich ablesen, dass die vorgefundenen Lebensgemeinschaften recht typisch sind für ein grösseres Fliessgewässer des Mittellandes mit Bezug zum Raum Thunersee bis zur Stadt Bern.

Auswirkungen der Kläranlagen und Zuflüsse

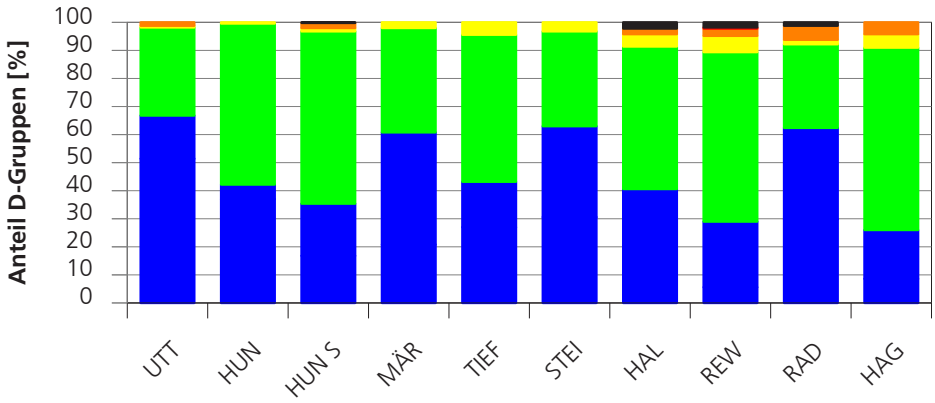
Die gereinigten Abwässer der Kläranlagen, welche in die Aare münden, führten nur zu einer geringfügigen Verschlechterung der biologisch indizierten Wasserqualität. Die Zusammensetzung der Kieselalgen-Lebensgemeinschaft veränderte sich im Fliessverlauf aber insofern, indem eutraphentere (nährstoffreichere) und belastungstolerantere Arten aufkamen (Abbildung 2). Diese Arten bewirkten eine Zunahme des DI-CH-Wertes um maximal 1.4 Einheiten (gerundet). Oberhalb der Stadt Bern (Stellen UTT, $HUN_{Hauptgerinne}$ und MÄR) betrug der DI-CH-Wert gemittelt und gerundet 2.3, im Bereich der Stadt Bern (TIEF, STEI, HAL) lag er bei 2.6 und unterhalb des Wohlensees (REW, RAD, HAG) bei 3.1. Zur Verschlechterung der biologisch indizierten Wasserqualität beigetragen haben aber nicht nur die Kläranlagen, sondern die Siedlungsentwässerung generell (Entlastungen, Strassenabwasser) wie auch gewisse Zuflüsse.

Vergleich mit früheren Untersuchungen

Der Vergleich mit früheren Untersuchungen an denselben Stellen erfolgt auf Basis der DI-CH Werte. Für den Vergleich stehen die Untersuchungen aus dem Jahr 2008 zur Verfügung. Bis auf zwei Untersuchungsstellen verschlechterte sich der DI-CH zwischen 0.13 und 1.24 Einheiten. An den Transektstellen Nr. 6 Bern-Halenbrügg und Nr. 8 Radelfingen verbesserte sich der DI-CH um 0.08 resp. um 0.42 Einheiten. Im Mittel änderte sich der DI-CH von damals 2.26 auf heute 2.73 und verschlechterte sich somit rein rechnerisch um 0.47 Einheiten (Tabelle 6).

Die Verschlechterung des DI-CH-Wertes im Vergleich zur Untersuchung im Jahr 2008 ist grösstenteils nicht durch eine Verschlechterung der Wasserqualität bedingt, sondern lässt sich durch eine methodische Anpassung respektive durch ein Splitting einer Art in zwei Arten erklären. Im Jahr 2012 wurde das Taxon *Achnanthidium delmontii* in Frankreich als neue Art beschrieben. Ab gesplittet wurde es von der Art *Achnanthidium pyrenaicum*. Da *A. delmontii* im Jahr 2008 noch nicht beschrieben, in den Proben jedoch vorhanden war (Nachprüfung Präparate), wurde dieses Taxon bei den damaligen Zählungen dem Taxon *A. pyrenaicum* zugeteilt. Zu Beginn und bis im Jahr 2017 wurde die Autökologie des Taxons *Achnanthidium delmontii* der Autökologie des Taxons *Achnanthidium pyrenaicum* gleichgestellt (D-Wert 1.5, G-Wert 1). Im Rahmen einer internen Auswertung bemerkte man jedoch, dass diese Autökologie nicht stimmt, respektive zu gut beurteilt wurde. Somit hob man in Absprache mit Diatomologen der Schweiz den D-Wert auf 3.5 an.

Abb. 2: Anteil der D-Gruppen der Kieselalgen im Fliessverlauf der Aare zwischen Thunersee und Bielersee.



Farbe	D-Gruppe
	1 sehr gut
	2 gut
	3 mässig
	4 unbefriedigend
	5 schlecht

Zusammenfassend heisst dies, dass aufgrund des neuen Taxons *A. delmontii*, der Anpassung des D-Wertes dieses Taxons von 1.5 auf 3.5 sowie dessen hohe Dominanz an jeder Untersuchungsstelle (zwischen 17 und 58.2 % rH) die Aare auf Basis des DI-CH-Wertes im Vergleich zur Untersuchung 2008 etwas schlechter bewertet wird. Rechnet man aber den DI-CH-Wert des Jahres 2018 so wie im Jahr 2008 (also *A. delmonii* der Art *A. pyrenaicum* gleichsetzen), dann wäre der DI-CH-Wert gemittelt über alle 10 Mischproben mit einem DI-CH-Wert von 2.1 sogar leicht besser wie im Jahr 2008 (2.26, siehe Tabelle 6).

Tab. 6: Vergleich der Untersuchungen des Jahres 2018 mit früheren Erhebungen aus dem Jahr 2008 auf Basis des Kieselalgenindexwertes DI-CH der 9 Aare-Transektstellen (10 Mischproben).

Stellenbezeichnung und geografische Lage der 9 Transektstellen (10 Mischproben) der Untersuchung 2018 siehe Abbildung 1 und Tabelle 2. Um die Werte der Untersuchungen der Jahre 2008 und 2018 vergleichen zu können wurden für die Berechnung des DI-CH-Wertes der Untersuchung 2008 die jeweiligen DI-CH Werte der Einzelproben pro Transektstelle gemittelt. Bewertung gemäss BAFU Modul Kieselalgen, Stufe F, Zweiteichung mit 5 Zustandsklassen.

Untersuchungsstelle	DI-CH	DI-CH	DI-CH	Differenz
Gewässer, Stellenbezeichnung	2008	2018*	2018**	2018* - 2008
Aare Nr. 1, Uttigenfluh	1.9	2.1	1.6	0.13
Aare Nr. 2, Hunzigenau-Hauptg.	1.8	2.7	1.7	0.84
Aare Nr. 2b, Hunzigenau-Seitena.	1.7	2.9	1.9	1.24
Aare Nr. 3, Märchligenau	1.8	2.3	1.9	0.45
Aare Nr. 4, Bern-Tiefenau	2.2	2.8	2.1	0.61
Aare Nr. 5, Bern-Steinibach	2.2	2.5	2.1	0.32
Aare Nr. 6, Bern-Halenbrügg	2.7	2.6	2.0	-0.08
Aare Nr. 7, Rewag	2.4	3.4	3.1	1.05
Aare Nr. 8, Radelfingen	3.1	2.6	2.4	-0.42
Aare Nr. 9, Hagneck-Kanal	2.8	3.4	2.2	0.54
Mittelwert pro Untersuchungsjahr	2.26	2.73	2.10	0.47

* DI-CH-Wert berechnet mit *A. delmontii* (D = 3.5)

** DI-CH-Wert berechnet mit *A. delmontii* (D = 1.5)

4 Fazit

Artenvielfalt: Insgesamt wurden über alle Stellen hinweg 73 Kieselalgentaxa gefunden, wobei pro Stelle zwischen 14 und 41 Taxa vorkamen. Die in den untersuchten Gewässern beobachteten 7 Haupt- und drei Begleitarten sind Taxa, die für die Fliessgewässer des Schweizer Mittellandes typisch sind und auch häufig vorkommen. Nur eine von sieben Hauptarten bevorzugt jedoch sehr sauberes und weitgehend unbelastetes Wasser (D-Wert ≤ 2). Arten, welche organische Belastungen und stark erhöhte Nährstoffkonzentrationen tolerieren (D-Wert ≥ 4.5) waren unter den Hauptarten nicht vertreten.

Gebietsfremde Taxa: An den untersuchten Stellen wurden zwei gebietsfremde Taxa festgestellt. *Achnanthidium delmontii* kam an allen Stellen mit hohen Anteilen vor, *Achnanthidium catenatum* nur an einer Stelle mit sehr wenigen Schalen. Der Status gebietsfremd gilt bei der Art *A. delmontii* als unklar.

Teratologien (missgebildete Schalen): Missbildungen kamen an vier Stellen mit geringen Anteilen vor. Die Ursache ist unbekannt. Missbildungen wies zu einem grossen Teil das Taxon *Achnanthidium delmontii* auf. Möglicherweise neigt dieses Taxon bei schneller Zellteilung zu Missbildungen.

Biologisch indizierte Wasserqualität: An den Transektstellen traten fast durchgehend die gegenüber organischen Belastungen hypersensiblen, hypersensiblen bis sensiblen und sensiblen Arten auf. Der Anteil der Abwassertaxa war insgesamt klein. Die Aare erreichte an 8 von 10 Untersuchungsstellen die Gewässergüte Stufe I-II (gering belastet). Die von den Kieselalgen indizierte Wasserqualität war basierend auf dem DI-CH Wert durchgehend sehr gut. Der DI-CH-Wert nahm im Fliessverlauf tendentiell leicht zu. Die Transektstellen Nr. 7 Rewag und Nr. 9 Hagneck-Kanal zeichneten sich durch die Gewässergüte Stufe II (mässig belastet) und die höchsten DI-CH-Werte (beide 3.4) aus.

Ökologische Ziele gemäss GSchV Anhang 1: Unter Berücksichtigung der Gewässergüte und des DI-CH-Wertes erreichten alle Stellen das ökologische Ziel gemäss Anhang 1 der Gewässerschutzverordnung. Dabei erreichten 8 Stellen den Zielerfüllungsgrad 'sehr gut erfüllt'. Die Transektstellen Nr. 7 Rewag und Nr. 9 Hagneck-Kanal erreichten den Zielerfüllungsgrad 'gut erfüllt'.

Standortgerechtigkeit: 6 von 10 Untersuchungsstellen erfüllten die Kriterien der Standortgerechtigkeit. Bei den Transektstellen Nr. 7 Rewag und Nr. 9 Hagneck-Kanal war die Standortgerechtigkeit der Kieselalgen-Lebensgemeinschaft nicht gegeben. Bei den Transektstelle Nr. 1 Uttigenfluh und Nr. 2 Hunzigenau-Hauptgerinne ist der Status der Standortgerechtigkeit unklar.

Vergleich mit Lebensgemeinschaften der Schweiz: Der Vergleich mit 8'110 anderen Kieselalgen-Lebensgemeinschaften zeigt, dass die vorgefundenen Lebensgemeinschaften der Aare recht typisch sind für ein grösseres Fliessgewässer des Mittellandes mit Bezug zum Raum Thunersee bis zur Stadt Bern.

Vergleich zur Untersuchung des Jahres 2008: Im Vergleich zu den früher durchgeführten Untersuchungen des Jahres 2008 verschlechterte sich die biologisch indizierte Wasserqualität auf Basis der DI-CH-Werte leicht. Die Verschlechterung ist aber grösstenteils auf eine methodische Anpassung respektive ein Art-Splitting und nicht auf eine Verschlechterung der Wasserqualität zurückzuführen.

5 Literaturverzeichnis

AQUAPLUS (2008): Kieselalgen der Aare. Biologisch indizierte Wasserqualität zwischen Thunersee und Bielersee. Untersuchungen vom Frühjahr 2008 und Vergleich mit früheren Untersuchungen. Erhebungen im Auftrag des GBL, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern.

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1999, unveröffentlicht): Berechnung von Trophiewerten und Gewichtungen auf der Grundlage von 20-Punkte-Verteilungen nach Schmedtje et al. (1998): Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fliessgewässern. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München. Informationsberichte Heft 4/99, 516 Seiten.

BAFU (2007): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Vollzug, Gewässerschutz 40/07, 58 S. und Anhänge.

DOUGLAS, B. (1958): The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stony stream. J. Ecol. 46: 295-322.

HOFMANN, G. (1987): Diatomeengesellschaft saurer Gewässer des Odenwalds und ihre Veränderungen durch anthropogene Faktoren. Diplomarbeit im Fachbereich Biologie der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main, 264 S.

HOFMANN, G., WERUM, M. & LANGE-BERTALOT, H. (2011): Diatomeen im Süßwasser - Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. Koeltz Scientific Books, D-61453 Koenigstein 908 Seiten.

HYDRA (2018): Biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Thunersee und Bielersee. Fachbericht Makroinvertebraten. Untersuchungen 2018. Erhebungen im Auftrag des GBL, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern. *Hinweis: Dieses Zitat lag zum Zeitpunkt der Berichterstattung noch nicht vor und kann leicht vom definitiven Titel abweichen.*

JACCARD, P. (1901): Etude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et du Jura. Bull. Soc. Vaud Sc. Nat. 37: 547-579.

KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1986): Bacillariophyceae. 1. Teil Naviculacae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H.& Mollenhauer D. (eds.): Süsswasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 876 S.

KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1986-1991): Bacillariophyceae. In: ETTL, H., GERLOFF, J., HEYNIG, H. & MOLLENHAUER, D. (eds.): Süsswasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1, 2/2, 2/3 und 2/4. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

LANGE-BERTALOT, H. & METZELTIN, D. (1996): Oligotrophie-Indikatoren. Iconographia Diatomologica Volume 2, Koeltz Scientific Books, Königstein, 390 S.

LANGE-BERTALOT, H. (1996): Rote Liste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. Schriftenreihe für Vegetationskunde 28: 633-677.

LAWA (1976): Die Gewässergütekarte der Bundesrepublik Deutschland. Zitiert in: Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen (1990), Gewässergütebericht '89, 108 S.

RENKONEN, O. (1938): Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. Ann. Zool. Soc. Bot. Fenn. Vanamo; 6: 1-231.

ROTT, E., HOFMANN, G., PALL, K., PFISTER, P. & PIPP, E. 1997. Indikationslisten für Aufwuchsalgen in österreichischen Fliessgewässern. Teil 1: Saprobielle Indikation. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaftskataster, Wien, 73 S.

SCHMEDTJE, U., BAUER, A., GUTOWSKI, A., HOFMANN, G., LEUKART, P., MELZER, A., MOLLENHAUER, D., SCHNEIDER, S. & TREMP, H. (1998): Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fliessgewässern. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München. Informationsberichte Heft 4/99, 516 Seiten.

SHANNON, C. & WEAVER, W. (1949): The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press. Urbana.

STRAUB, F. (2002): Apparition envahissante de la diatomée Achnanthes catenata Bily & Marvan (Heterokontophyta, Bacillariophyceae) dans le lac de neuchatel (Suisse). Note Algologique II. Bulletin de la Société neuchateloise des sciences naturelles 125: 59-65.

VAN DAM, H., MERTENS, A., SINKELDA, J. (1994): A coded checklist and ecological Indicator values of freshwater Diatoms from the Netherlands. Netherlands Journal of Aquatic Ecology 28 (1): 117-133.

ZELINKA, M. & MARVAN, P. (1961): Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fliessender Gewässer. Arch. Hydrobiol. 57: 389-407.

ANHANG

Anhang A - Methoden

Anhang B - Resultate und Zählungen

ANHANG A

Methoden

Kieselalgenuntersuchungen und Auswertungen

Die Kieselalgen, auch Bacillariophyceae oder Diatomeen genannt, werden zu den Goldalgen (Chrysophyta) gezählt. Als wichtigstes Erkennungsmerkmal der Kieselalgen gilt die kieselsäurehaltige Zellwand. Kieselalgen sind einzellige, unbegeisselte Algen, deren Arten entweder frei leben, Kolonien bilden oder durch Gallerte mit einem Substrat verbunden sind. Die Kieselalgen besiedeln während des ganzen Jahres stehende und fliessende Gewässer sowie Feuchtgebiete und Moore und können auch an künstlichen Standorten wie z.B. offenen Abwasserkanälen, Kläranlagen oder Trögen von Laufbrunnen arten- und individuenreich gefunden werden.

Die Artbestimmung der Kieselalgen beruht weitgehend auf lichtmikroskopisch erkennbaren, morphologischen Merkmalen, welche in den kieselsäurehaltigen Schalen enthalten sind. Die Bestimmung der meisten Kieselalgen auf Artniveau kann nicht an lebenden Zellen durchgeführt werden, sondern erst nach Entfernung des organischen Zellinhaltes und anschliessender Einbettung in Kunstharz (Dauerpräparat). Diese Dauerpräparate werden für jede Untersuchungsstelle und für jeden Zeitpunkt einzeln angefertigt, so dass in jedem Präparat eine intakte Kieselalgen-Lebensgemeinschaft enthalten ist, welche typisch ist für die Verhältnisse in einem Zeitraum von mehreren Wochen vor dem Zeitpunkt der Probeentnahme. Die Präparate beinhalten somit konserviert wichtige biologische Zeitdokumente und können zeitlich unbegrenzt archiviert werden. Sie stehen damit auch für künftige Fragestellungen weiterhin zur Verfügung.

Die weite ökologische Verbreitung, die ganzjährige hohe Individuendichte und die Sensibilität gegenüber verschiedenen Zuständen der Wasserqualität qualifizieren die Kieselalgen als gute Bioindikatoren. Auf Veränderungen der Umweltbedingungen reagieren die Kieselalgen mit charakteristischen Verschiebungen des Artenspektrums und der relativen Häufigkeiten der Arten. Genaue Kenntnisse der ökologischen Ansprüche einzelner Arten ermöglichten die Entwicklung von Indikatorsystemen.

Auswertung

Die Auswertungen beruhen alle auf den relativen Häufigkeiten, welche an jeder Stelle für jede gefundene Kieselalgenart aufgrund der Zählung eruiert wurde. Zur Indikation der biologischen Wasserqualität wurden die Differentialartengruppen (Differentialartenanalyse) gebildet und daraus die Güteklassen eruiert sowie der schweizerische Index DI-CH gemäss Modul-Stufe F Kieselalgen (BAFU 2007) bestimmt. Damit können die Resultate mit den früheren Untersuchungen verglichen werden. Des Weiteren wurde der österreichische Saprobieindex nach Rott et al. (1997) und der deutsche Trophieindex nach Schmedtje et al. (1998) berechnet. Die Werte befinden sich in Anhang B.

Im Folgenden werden die verwendeten Verfahren aufgelistet:

Differentialartenanalyse

Das System geht davon aus, dass bei guter Wasserqualität grundsätzlich alle Arten mehr oder weniger gut leben können. Bei schlechter werdender Wasserqualität sind aber immer mehr Arten nicht mehr lebensfähig, bis schliesslich nur noch gegenüber organischen Belastungen resistente Arten aufkommen können (Lange-Bertalot (1978, 1979a, b), Lange-Bertalot & Bonik (1976)). Die Kieselalgen werden gemäss ihren Toleranzen gegenüber organischen Belastungen nach Krammer & Lange-Bertalot (1986) und nach Hofmann (1987) in folgende Differentialartengruppen (Klassen) eingeteilt:

- **Hypersensible (hs) Arten:** Diese Arten treten bereits bei mässiger organischer Belastung nicht mehr auf. Differentialarten zur Abgrenzung gegenüber der Güteklasse II und schlechter.

- **Sensible (s) Arten:** Arten, welche bis zur kritischen Belastung (β-α-mesosaprob) vorkommen können. Differentialarten zur Abgrenzung gegenüber der Güteklasse III und schlechter. Die sensiblen Arten werden zusätzlich in zwei Untergruppen unterteilt, nämlich die hypersensiblen bis sensiblen (hs-s) und die sensiblen bis toleranten (s-t) Arten.

- **Tolerante (t) Arten:** Arten, die bis in stark belastete Gewässer (α-mesosaprobes Milieu) auftreten. Differentialarten zur Abgrenzung gegenüber den Güteklassen III-IV und IV.

- **Resistente (r) Arten:** Arten, welche auch in sehr stark und übermässig belasteten Gewässern vital vorkommen.

- **Nicht definierte (nd) Arten:** Arten, deren Autökologie hinsichtlich organischer Belastung nicht bekannt ist.

Eine Charakterisierung der Güteklassen befindet sich in Tabelle 7. Addiert man die prozentualen Häufigkeiten der einzelnen Arten innerhalb einer Gruppe, so ist ihre Gruppensumme als Indikator der Wasserqualität auswertbar (Tabelle 8). Aspektwechsel, d. h. jahreszeitliche Änderungen in den Gesellschaftsanteilen der verschiedenen Arten, die bei gleichbleibender Wasserqualität natürlicherweise auftreten, bewegen sich erfahrungsgemäss stets innerhalb der betreffenden Differentialartengruppe.

Tab. 7. Zusammenstellung der Güteklassen. In Anlehnung an LAWA (1976).

Güteklasse	Saprobiezone ***Grad der organischen Belastung***	Erläuterungen
I	oligosaprob *unbelastet bis sehr gering belastet*	Gewässerabschnitte mit reinem, stets annähernd sauerstoffgesättigtem und nährstoffarmem Wasser.
I-II	oligo-β-mesosaprob *gering belastet*	Gewässerabschnitte mit geringer anorganischer oder organischer Nährstoffzufuhr ohne nennenswerte Sauerstoffzehrung.
II	β-mesosaprob *mässig belastet*	Gewässerabschnitte mit mässiger Verunreinigung und guter Sauerstoffversorgung.
II-III	β-α-mesosaprob *kritisch belastet*	Gewässerabschnitte, deren Belastung mit organischen, sauerstoffzehrenden Stoffen einen kritischen Zustand bewirkt.
III	α-mesosaprob *stark belastet*	Gewässerabschnitte mit starker organischer, sauerstoffzehrender Verschmutzung und meist niedrigem Sauerstoffgehalt.
III-IV	α-meso-polysaprob *sehr stark belastet*	Gewässerabschnitte mit weitgehend eingeschränkten Lebensbedingungen durch sehr starke Verschmutzung mit organischen, sauerstoffzehrenden Stoffen; oft durch toxische Einflüsse verstärkt; zeitweilig totaler Sauerstoffschwund.
IV	polysaprob *übermässig belastet*	Gewässerabschnitte mit übermässiger Verschmutzung durch organische, sauerstoffzehrende Abwässer; Fäulnisprozesse herrschen vor; Sauerstoff über lange Zeit in sehr niedrigen Konzentrationen vorhanden oder gänzlich fehlend.

Aufgrund von teilweise problematischen Einteilungen in die Güteklassen I-II, II und II-III musste z.T. mit dem Zusatz 'mit Tendenz zu' von der ursprünglichen Güteklasseeinteilung abgewichen werden. Zur differenzierteren Charakterisierung und Beurteilung einer Untersuchungsstelle wird zudem der Anteil all derjenigen Kieselalgenarten aufgeführt, die unter sauerstoffgesättigten Verhältnissen erhöhte organische Belastungen tolerieren.

Mittels der gewonnenen Daten wurde eine Abschätzung des Handlungsbedarfes für Gewässerschutzmassnahmen mit Hilfe der durch die Kieselalgen bestimmten Wasserqualität (Gewässergüte) vorgenommen. Dabei löst eine Gewässergüte II mit Tendenz zu II-III und schlechter einen Handlungsbedarf für Gewässerschutzmassnahmen aus.

Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurde das Taxon *Achnanthidium pyrenaicum* im Rahmen der Differentialartenanalyse analog zur Untersuchung 2008 der Differentialartengruppe hypersensibel zugeordnet. In der Datenbank der AquaPlus AG ist dieses Taxon als sensible bis hypersensible Art aufgeführt.

Tab. 8. Differentialartenanalyse.
Güteklassen mit den prozentualen Anteilen der Differentialgruppen. Klassifikationsschema nach Hofmann (1987), Krammer & Lange-Bertalot (1986) sowie eigene Ergänzungen. hs[1] = hypersensible Arten; s = sensible Arten; t[2] = tolerante Arten; r[3] = resistente Arten.

[1] Diese Arten werden in anderen vierteiligen Systemen als 'übersensible Arten (üs)' bezeichnet.
[2] Diese Arten werden in anderen vierteiligen Systemen als 'weniger tolerante Arten (wt)' bezeichnet.
[3] Diese Arten werden in anderen vierteiligen Systemen als 'tolerante Arten (t)' bezeichnet.

	Güteklassen	prozentualer Anteil der Differentialartengruppen
I	**oligosaprob** unbelastet bis sehr gering belastet 95% < O2-Sättigung < 105% BSB5-Mittelwert < 2 mg/l	hs ≥ 90% s + t + r ≤ 10%
I - II	**oligo-β-mesosaprob** gering belastet O2-Sättigungsdefizit <15%	hs ≥ 10% 50% ≤ s ≤ 90% t + r < 40
II	**β-mesosaprob** mässig belastet O2-Sättigungsdefizit < 30% BSB5-Mittelwert < 4 (6) mg/l	hs ≤ 10% oder hs + s > 50% s ≥ 50% t + r < 50% t + r < 50%
II-III	**β-α-mesosaprob** kritisch belastet O2-Sättigungsdefizit < 50% BSB5-Mittelwert < 7 (10) mg/l	10% < hs + s < 50% 50% ≤ t + r < 90%
III	**α-mesosaprob** stark belastet O2-Sättigungsdefizit < 75% BSB5-Mittelwert < 13 mg/l	hs + s ≤ 10% t ≥ 50% r < 50%
III-IV	**α-meso-polysaprob** sehr stark belastet O2-Sättigungsdefizit < 90% BSB5-Mittelwert < 22 mg/l	10% < hs + s + t < 50% r ≥ 50%
IV	**polysaprob** übermässig belastet O2-Sättigungsdefizit > 90% BSB5-Mittelwert > 22 (15) mg/l	hs + s + t ≤ 10% r ≥ 90%

Kieselalgenindex DI-CH gemäss BAFU Modul Kieselalgen (Stufe F) Version vom 24. November 2006

Das Ziel der Kieselalgenuntersuchungen im allgemeinen und im speziellen mit dem Kieselalgenindex DI-CH ist, den biologischen Zustand von Fliessgewässern der Schweiz zu charakterisieren. Die Zustandsbeschreibung mit dem DI-CH haben dabei einen bekannten Bezug zu chemischen Parametern, die anthropogene Stoffbelastungen anzeigen.

Im Speziellen geht es um die Überprüfung der ökologischen Zielsetzung gemäss der neuen Gewässerschutzverordnung (Anhang I, Art. 1 Abs. 1 GSchV). Diese Zielsetzung lautet:

"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."

Mit dem DI-CH kann insbesondere das zweite Ziel, also das Vorhandensein einer höchstens schwachen Belastung, geprüft werden (Erfüllen der indizierten Wasserqualität). Zur Eichung des Kieselalgenindexes DI-CH wurden chemische Parametern verwendet, welche anthropogene Stoffbelastungen anzeigen. Es sind dies: Ammonium, Nitrit, Summe des anorganischen Stickstoffs ([NH_4-N] + [NO_2-N] + [NO_3-N]); Gesamtphosphor, Chlorid und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC).

Standortgerechtigkeit

Die Standortgerechtigkeit der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften wurde mittels unveröffentlichter Mehtode der Firma AquaPlus AG beurteilt (Typ Mittelland). Weitere Angaben siehe Text.

Analogatechnik

Bei der Analogatechnik wird die Artenübereinstimmung (AI) nach Jaccard (1901) und die Dominanz-Identität (DI) nach Renkonen (1938) von zwei verschiedenen Stellen miteinander verglichen (Paarvergleich). Die Artenübereinstimmung nach Jaccard sagt aus, wie viel Prozent der insgesamt vorkommenden Arten an beiden Stellen vorkommen. Die Dominanz-Identität nach Renkonen hingegen gewichtet die gemeinsamen Arten je nach Häufigkeit. Von den gemeinsam vorkommenden Arten wird der Wert jener Stelle genommen, an der die Art weniger häufig vorkommt. All diese Häufigkeitswerte werden aufsummiert und ergeben die Übereinstimmung der beiden Stellen. Beide Indexe reichen von 0 bis 100 % Übereinstimmung. Ist die Übereinstimmung grösser als 60 %, so könnten beide Stellen aus der gleichen Probe sein. Die Übereinstimmung ist dann sehr hoch.

Mit diesen beiden Indizes wurden die 10 Kieselalgen-Lebensgemeinschaften mit den 8'110 Kieselalgen-Lebensgemeinschaften der Schweiz, welche in der Datenbank BIS von AquaPlus enthalten sind, verglichen.

ANHANG B

Resultate und Zählungen

Projektmessstelle (Aare)				1 Uttigenflue	2 Hunzigenau	2b Hunzigenau-Seitenarm	3 Märchligenau	4 Bern-Tiefenau	5 Bern-Steinibach	6 Bern-Halenbrügg	7 REWAG	8 Radelfingen	9 Hagneck-Kanal
Probenahmedatum				**27.2.2018**	**28.2.2018**	**28.2.2018**	**1.3.2018**	**5.3.2018**	**5.3.2018**	**6.3.2018**	**4.3.2018**	**3.3.2018**	**2.3.2018**
Koordinate X				**609945**	**607590**	**607685**	**604960**	**601512**	**601039**	**598587**	**586310**	**586883**	**582132**
Koordinate Y				**183920**	**192923**	**192900**	**196090**	**202848**	**204100**	**202256**	**202630**	**208524**	**210649**
Meereshöhe				**540**	**520**	**520**	**511**	**492**	**490**	**484**	**464**	**451**	**440**
Zählliste	**DVNR**	**D-Wert**	**G-Wert**										
Achnanthidium affine (GRUNOW) CZARNECKI	26000	2	4		2.6			0.4			0.4		
Achnanthidium atomoides MONNIER, LANGE-BERTALOT & ECTOR	26003	3	2	1	1	1.6	4.8	1			0.4		0.4
Achnanthidium caledonicum (LANGE-BERTALOT) LANGE-BERTALOT	26010	1	8	1.2						2.4			
Achnanthidium catenatum (BILY & MARVAN) LANGE-BERTALOT	26012										0.8		
Achnanthidium delmontii PERES, LE COHU & BARTHES	100244	3.5	1	30.6	55.8	56.2	30.2	47	30.2	37	18.6	17	58.2
Achnanthidium minutissimum var. jackii (RABENHORST) LANGE-BERTALOT	26063	1	8	3.6		1	5.6	0.6		0.8			
Achnanthidium minutissimum var. minutissimum (KUETZING) CZARNECKY	26060	3	0.5	7.4	2.2	5.6	13.8	3.2	3	9.2	12.8	17.8	11.8
Achnanthidium pfisteri LANGE-BERTALOT	26074									1.4		0.4	
Achnanthidium pyrenaicum (HUSTEDT) KOBAYASI	26005	1.5	1	42.8	32.2	12.4	10	19	6.8	17.8	2.2	5.2	5.4
Amphipleura pellucida (KUETZING) KUETZING	6048	1	1								0.2		
Amphora copulata (KUETZING) SCHOEMAN & ARCHIBALD	26102	4	2								0.4		
Amphora inariensis KRAMMER	6171									0.4	1	0.6	
Amphora pediculus (KUETZING) GRUNOW	6983	5	0.5					0.4	1				1.8
Caloneis lancettula (SCHULZ) LANGE-BERTALOT & WITKOWSKI	26121	3	2					1			1	2	
Cocconeis pediculus EHRENBERG	6020	5.5	2	1.2		0.6				0.4		0.4	
Cocconeis placentula var. euglypta sensu Krammer & Lange-Bertalot 1991	6726	5	1		0.4		0.4		1.2	1.4	0.6		1
Cyclotella comensis (Artengruppe) sensu lato	100083	2	1								1.2		
Cyclotella costei DRUART & STRAUB	26891	2	1			0.8					0.2	0.2	
Cyclotella ocellata PANTOCSEK	6936	2	1								0.4		0.2
Cymbella excisa var. excisa KUETZING	26134	2	2									0.6	
Cymbella helvetica KUETZING	36035	2	1			0.4	0.4					0.2	
Diatoma ehrenbergii KUETZING	6208	2.5	1	1.6		1.2	0.6	1.4	2.2	1	0.6		
Diatoma mesodon (EHRENBERG) KUETZING	6949	1	4										0.2
Diatoma moniliformis ssp. moniliformis KUETZING	6209	2	2		0.4			0.8	0.2				
Diatoma problematica LANGE-BERTALOT	16207	5	2	0.6		0.8	1.6	4	1	1	1.2		1.6
Diatoma tenuis C.AGARDH	6210	3.5	2					0.4					
Diatoma vulgaris BORY DE SAINT-VINCENT	6006	4	2					0.6	1.4	0.4		0.8	
Encyonema minutum (HILSE) D.G.MANN	26208	2.5	2			0.6	0.4				4.6	1	0.2
Encyonema reichardtii (KRAMMER) D.G.MANN	16992	1.5	2								0.2		0.8
Encyonema silesiacum var. silesiacum (BLEISCH) D.G.MANN	16993	3	1						0.4				
Encyonema ventricosum (C.AGARD) GRUNOW	26318	2.5	2							1.2	1.2	1.6	
Encyonopsis microcephala (GRUNOW) KRAMMER	26207	2	2			1				0.8		13.8	

Projektmessstelle (Aare)				1 Uttigenflue	2 Hunzigenau	2b Hunzigenau-Seitenarm	3 Märchligenau	4 Bern-Tiefenau	5 Bern-Steinibach	6 Bern-Halenbrügg	7 REWAG	8 Radelfingen	9 Hagneck-Kanal
Probenahmedatum				**27.2.2018**	**28.2.2018**	**28.2.2018**	**1.3.2018**	**5.3.2018**	**5.3.2018**	**6.3.2018**	**4.3.2018**	**3.3.2018**	**2.3.2018**
Koordinate X				**609945**	**607590**	**607685**	**604960**	**601512**	**601039**	**598587**	**586310**	**586883**	**582132**
Koordinate Y				**183920**	**192923**	**192900**	**196090**	**202848**	**204100**	**202256**	**202630**	**208524**	**210649**
Meereshöhe				**540**	**520**	**520**	**511**	**492**	**490**	**484**	**464**	**451**	**440**
Fallacia subhamulata (GRUNOW) D.G.MANN	26636	4	2							0.6			
Fragilaria candidagilae ALMEIDA et al	100259	6	0.5							0.8	0.4		
Fragilaria capucina var. austriaca (GRUNOW) LANGE-BERTALOT	6389	1	8			0.4	0.6			0.4			
Fragilaria capucina var. gracilis (OESTRUP) HUSTEDT	6392	1	4		0.6			0.4					
Fragilaria capucina var. vaucheriae (KUETZING) LANGE-BERTALOT	6186	6	0.5			0.4				0.8	1.2	1.8	0.4
Fragilaria incognita REICHARDT	6402	1	4					0.4					
Fragilaria ulna (NITZSCH) LANGE-BERTALOT	6239	4	1								0.4		
Frustulia vulgaris (THWAITES) DE TONI	6079	4	1								0.4		
Gomphoneis transsilvanica (PANTOCSEK) KRAMMER	26911					0.2							
Gomphonema angustivalva REICHARDT	26404	2	4	1	0.6		0.4	1.6	6.2	0.6			
Gomphonema elegantissimum REICHARDT & LANGE-BERTALOT	36276	2	4	0.6		0.8	2.8	2.4	16.4	1.2	0.8	7.4	1.6
Gomphonema minutum (C.AGARDH) C.AGARDH	6912	2.5	2					0.8	0.6	0.6	0.4	2	
Gomphonema olivaceum var. olivaceum (HORNEMANN) BREBISSON	6867	3	0.5	4.4	1.6	7.4	17.8	8.4	22.2	3.8	1.6	7.8	5
Gomphonema pumilum (GRUNOW) REICHARDT & LANGE-BERTALOT	36095	2	4	2.2	0.6		1	1.4	1	0.4		1.4	0.4
Gomphonema tergestinum (GRUNOW) M. SCHMIDT	6897	3	2	1	0.4	2.2	2.6	0.4	4	0.4	0.4	0.4	
Gyrosigma sciotoense (W.S. SULLIVANT)I CLEVE	36278	4	2								0.2		
Navicula antonii LANGE-BERTALOT	16653	5	1							0.2	1		0.4
Navicula cryptotenella LANGE-BERTALOT	6889	4	0.5		0.8	1	1	1	0.8	2	4	2.6	2
Navicula gottlandica GRUNOW	6493									0.2			
Navicula gregaria DONKIN	6015	5.5	1			0.8					1	2.8	3.8
Navicula radiosa KUETZING	36133	4	1									0.2	
Navicula reichardtiana LANGE-BERTALOT	36134	4	1					1.8					1.8
Navicula tripunctata (O.F.MUELLER) BORY DE SAINT-VINCENT	6831	4	1			1.6		0.6	1	0.6	0.4	0.8	0.6
Neidium ampliatum (EHRENBERG) KRAMMER	6564									0.2			
Nitzschia amphibia GRUNOW	6039	7	8								0.4		
Nitzschia archibaldii LANGE-BERTALOT	6922	4	1									0.6	
Nitzschia costei TUDESQUE, RIMET & ECTOR	100254	3.5	1								1.2		
Nitzschia dissipata (KUETZING) GRUNOW	36151	3.5	1		0.8	2.6	5.2	0.4		6.8	25	4.6	1
Nitzschia fonticola GRUNOW	36154	3.5	1					0.4		0.6	6.4	2	
Nitzschia heufleriana GRUNOW	6963	4	2					0.2		0.4		0.4	
Nitzschia linearis var. linearis (C.AGARDH) W.SMITH	6024	4.5	1								0.6	0.4	
Nitzschia palea var. debilis (KUETZING) GRUNOW	6603	4.5	1								0.4	0	
Nitzschia pura HUSTEDT	6918	1.5	4									1	

Projektmessstelle (Aare)				1 Uttigenflue	2 Hunzigenau	2b Hunzigenau-Seitenarm	3 Märchligenau	4 Bern-Tiefenau	5 Bern-Steinibach	6 Bern-Halenbrügg	7 REWAG	8 Radelfingen	9 Hagneck-Kanal
Probenahmedatum				**27.2.2018**	**28.2.2018**	**28.2.2018**	**1.3.2018**	**5.3.2018**	**5.3.2018**	**6.3.2018**	**4.3.2018**	**3.3.2018**	**2.3.2018**
Koordinate X				**609945**	**607590**	**607685**	**604960**	**601512**	**601039**	**598587**	**586310**	**586883**	**582132**
Koordinate Y				**183920**	**192923**	**192900**	**196090**	**202848**	**204100**	**202256**	**202630**	**208524**	**210649**
Meereshöhe				**540**	**520**	**520**	**511**	**492**	**490**	**484**	**464**	**451**	**440**
Nitzschia pusilla GRUNOW	6925	5	1									0.4	
Nitzschia sociabilis HUSTEDT	6961	3.5	2								3.4	0.8	1.4
Nitzschia sublinearis HUSTEDT	6960	3	1								0.4		
Placoneis clementis (GRUNOW) COX	16601											0.2	
Reimeria sinuata (GREGORY) KOCIOLEK & STOERMER	36212	3.5	1	0.8			0.8		0.4	2.4			
Rhoicosphenia abbreviata (C.AGARDH) LANGE-BERTALOT	6224	4.5	1							1.2			
Simonsenia delognei (GRUNOW) LANGE-BERTALOT	6225	5	1								2		
Surirella neglecta REICHARDT	100251	4.5	2			0.4				0.6		0.8	
Statistik Zählliste													
Anzahl gezählter Schalen				500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Taxazahl				15	14	23	19	27	19	35	41	34	22
Diversität (Log, Basis 2)				2.41	1.76	2.53	3.14	2.83	3.01	3.41	3.85	3.92	2.45
maximale rH [%]				42.8	55.8	56.2	30.2	47	30.2	37	25	17.8	58.2
Summe rH Hauptarten (rH >=10%)				73.4	88	68.6	71.8	66	68.8	54.8	56.4	48.6	70
Summe rH drei häufigste Arten [%]				80.8	90.6	76	61.8	74.4	68.8	64	56.4	48.6	75.4
Summe rH Begeleitarten (rH >=5% / <10%)				7.4	0	13	10.8	8.4	13	16	6.4	20.4	10.4
Summe rH Plankton rH [%]				0	0	0.8	0	0	0	0	1.8	0.2	0.2
Teratologie													
Typ 1: Achnanthidium delmontii PERES, LE COHU & BARTHES	100244	3.5	1							0.2			0.4
Typ 1: Achnanthidium pyrenaicum (HUSTEDT) KOBAYASI	26005	1.5	1							0.2			
Typ 2: «keine Teratologien Typ 2 vorhanden»													
Typ 3: Achnanthidium delmontii PERES, LE COHU & BARTHES	100244	3.5	1							0.4			
Typ 4: Achnanthidium delmontii PERES, LE COHU & BARTHES	100244	3.5	1		1	2							0.6
Statistik Teratologie													
Summe Teratologietyp 1 [%]										0.4			0.4
Summe Teratologietyp 2 [%]													
Summe Teratologietyp 3 [%]										0.4			
Summe Teratologietyp 4 [%]					1	2							0.6
Summe Teratologietyp 0 bis 4 [%]					1	2				0.8			1

Projektmessstelle (Aare)	1 Uttigenflue	2 Hunzigenau	2b Hunzigenau-Seitenarm	3 Märchligenau	4 Bern-Tiefenau	5 Bern-Steinibach	6 Bern-Halenbrügg	7 REWAG	8 Radelfingen	9 Hagneck-Kanal
Probenahmedatum	**27.2.2018**	**28.2.2018**	**28.2.2018**	**1.3.2018**	**5.3.2018**	**5.3.2018**	**6.3.2018**	**4.3.2018**	**3.3.2018**	**2.3.2018**
Koordinate X	**609945**	**607590**	**607685**	**604960**	**601512**	**601039**	**598587**	**586310**	**586883**	**582132**
Koordinate Y	**183920**	**192923**	**192900**	**196090**	**202848**	**204100**	**202256**	**202630**	**208524**	**210649**
Meereshöhe	**540**	**520**	**520**	**511**	**492**	**490**	**484**	**464**	**451**	**440**
DI-CH (Zweiteichung)										
DI-CH Index (Zweiteichung)	2.07	2.65	2.94	2.29	2.8	2.51	2.58	3.44	2.64	3.35
Zustandsklasse (Zweiteichung)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
sehr gut < 2.5	51.4	37	16.8	20.8	27	30.6	24.4	5.6	29.8	8.6
sehr gut > 2.5	15.4	5.2	18.6	40	16.2	32.4	16.2	23.4	32.6	17.4
gut	31.4	57.4	61.4	37.2	52.4	33.8	50.8	60.4	29.8	65
mässig	0.6	0.4	1.2	2	4.4	3.2	4.4	5.8	1.6	4.8
unbefriedigend	1.2	0	1.8	0	0	0	2	2.6	5	4.2
schlecht	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0
nicht definiert	0	0	0.2	0	0	0	2.2	1.8	1.2	0
Differentialartenanalyse (Angabe der Gewässergüte unter Berücksichtigung, dass A. pyrenaicum eine hypersensible Art ist, in Datenbank AquaPlus AG hypersensible-sensible Art)										
Gewässergüte (Differentialartenanalyse)	I-II	I-II	I-II	I-II	I-II	I-II	I-II	II	I-II	II
hypersensible Arten (inkl. A. pyrenaicum)	51.4	36.6	15.8	20.8	26.2	30.4	23.8	3.6	14.4	7.4
sensible bis hypersensible Arten (ohne A. pyrenaicum)	30.6	55.8	57.2	30.2	47.4	30.2	37.8	19	30.8	59.2
sensible Arten	16.6	7.2	24.4	46.6	21.2	36.4	32.4	69.2	48.2	25.4
sensible bis tolerante Arten	1.4	0.4	0.8	2.4	5.2	2.6	3.4	1.6	0	3.4
tolerante Arten	0	0	1.6	0	0	0.4	1.6	4	5.8	4.6
resistente Arten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nicht definiert	0	0	0.2	0	0	0	1	2.6	0.8	0
VanDam Sauerstoff										
ca. 100%	60.6	37	26	42.8	28.4	31.6	37.6	26.4	49	20.2
> 75%	7.2	2.8	13.4	23.6	13	28	14.8	38.2	18.8	9.8
> 50%	0	1.2	1.4	1.4	1.4	2.4	4.2	6.6	4.4	3.4
> 30%	0	0	0.8	0	0	0	0	1	2.8	3.8
ca. 10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nicht definiert	32.2	59	58.4	32.2	57.2	38	43.4	27.8	25	62.8
O2 sensible Arten										
Summe sauerstoffbeeinflusster Arten	7.2	1.6	10.8	18.4	11.8	27.8	8	12.4	12.6	8.8
VanDam Stickstoff										

Projektmessstelle (Aare)	1 Uttigenflue	2 Hunzigenau	2b Hunzigenau-Seitenarm	3 Märchligenau	4 Bern-Tiefenau	5 Bern-Steinibach	6 Bern-Halenbrügg	7 REWAG	8 Radelfingen	9 Hagneck-Kanal
Probenahmedatum	**27.2.2018**	**28.2.2018**	**28.2.2018**	**1.3.2018**	**5.3.2018**	**5.3.2018**	**6.3.2018**	**4.3.2018**	**3.3.2018**	**2.3.2018**
Koordinate X	**609945**	**607590**	**607685**	**604960**	**601512**	**601039**	**598587**	**586310**	**586883**	**582132**
Koordinate Y	**183920**	**192923**	**192900**	**196090**	**202848**	**204100**	**202256**	**202630**	**208524**	**210649**
Meereshöhe	**540**	**520**	**520**	**511**	**492**	**490**	**484**	**464**	**451**	**440**
N-autotroph (sensibel)	51.4	33.8	18.8	23.4	24.2	28.2	26	10.8	31	8
N-autotroph (tolerant)	16.4	7.2	22.8	44.4	18.6	33.8	30.6	59	44	29.2
fakultativ N-heterotroph	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0
obligat N-heterotroph	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nicht definiert	32.2	59	58.4	32.2	57.2	38	43.4	29.8	25	62.8
Trophie/Saprobie										
Trophieindex Schmedtje	1.5	1.6	1.8	1.7	1.8	2.1	1.8	2.3	1.8	2.1
Saprobieindex Ostereich	1.5	1.5	1.7	1.7	1.7	1.9	1.6	1.9	1.7	1.9
Rote Liste D Gefährdung										
ausgestorben oder verschollen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
vom Aussterben bedroht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stark gefährdet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gefährdet	1.2	0	0	0	0	0	3	1	0.6	0
Gefährdung anzunehmen	1	0.4	2.6	3.2	0.4	4	0.8	0.4	0.4	0
extrem selten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
zurückgehend	0	0	0.4	0.4	0	0	0.2	0	0.2	0
derzeit nicht als gefährdet angesehen	2.8	3.8	2.4	3	6.6	2.4	2.8	10.6	18	3.4
mit Sicherheit ungefährdet	58.2	37.6	32.6	48.6	37.8	38.6	47.2	60	47.4	34.4
Daten mangelhaft	3.6	0.8	2.8	6.6	2.2	2.2	4.4	5.4	5.2	2
im Gebiet zu erwarten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Legende Qualitätsstufe gemäss BAFU Kieselalgen Stufe F (Zweiteichung)

1: sehr gut (DI-CH 1.0 bis 3.49)
2: gut (DI-CH 3.5 bis 4.49)
3: mässig (DI-CH 4.5 bis 5.49)
4: unbefriedigend (DI-CH 5.5 bis 6.49)
5: schlecht (DI-CH 6.5 bis 8.0)

Legende Teratologie

Typ 1: Schalenumriss intakt, Strukturen im Innern der Schale leicht gestört
Typ 2: Schalenumriss intakt, Strukturen im Innern der Schale stark gestört
Typ 3: Schalenumriss defekt und Strukturen im Innern gestört
Typ 4: Schalenumriss defekt und Strukturen im Innern nicht gestört