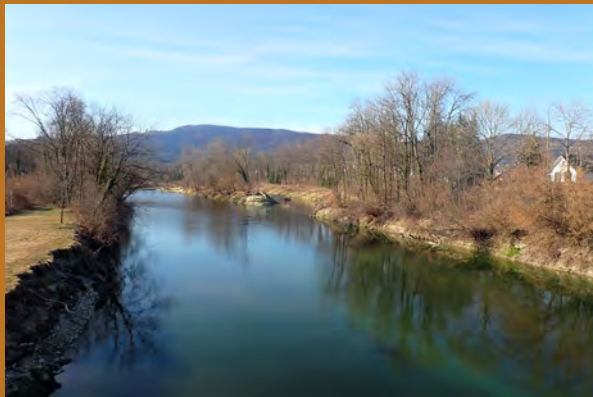


# Biologische Untersuchung Aare zwischen Bielersee und Rhein 2022

*Fachbericht  
Äusserer Aspekt und  
pflanzlicher Bewuchs inkl. Kieselalgen  
Untersuchungen März 2022*



Bericht Nr. 2142-B-01  
Datum Entwurf: 21.12.2022  
Datum Endfassung: 13.4.2023

---

## **Impressum**

### *Auftraggeber*

**Kanton Aargau**, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung für Umwelt.  
Entfelderstrasse 22, 5001 Aarau, Lukas De Ventura

**Kanton Solothurn**, Amt für Umwelt, Abteilung Wasser. Werkhofstrasse 5, 4509  
Solothurn, Dr. Stephan Margreth

**Kanton Bern**, Bau- und Verkehrsdirektion, Amt für Wasser und Abfall, Gewässer- und Bodenschutzlabor. Schermenweg 11, 3014 Bern, Kristina Rehberger

### *Auftragnehmer*

AquaPlus AG, Gotthardstrasse 30, CH-6300 Zug

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

### *Projektleitung*

Barbara Imhof, AquaPlus AG

### *Feld- und Laborarbeiten*

Yvonne Bernauer, Christa Gufler, Joachim Hürlimann, AquaPlus AG

### *Taucharbeiten*

John Hesselschwerdt, Boris Unger und Dorothée Makarow, Hydra AG

### *Fachbericht Äusserer Aspekt, pflanzlicher Bewuchs und Kieselalgen*

Yvonne Bernauer, Christa Gufler, Joachim Hürlimann, AquaPlus AG

### *Fotos auf der Titelseite*

Links oben: naturnahes Ufer der Aare in der Restwasserstrecke bei Winznau, rechts oben: Aufnahme Äusserer Aspekt und pflanzlicher Bewuchs, links unten: Algenbewuchs der Gewässersohle der Aare bei Aarburg, rechts unten: Mikroskopisches Bild von *Monostroma bullosum* und der Kieselalge *Didymosphenia geminata*.

## Inhaltsverzeichnis

		Seite
<b>Zusammenfassung</b>		<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Ausgangslage und Auftrag</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>9</b>
2.1	Feldarbeit	9
2.2	Laborarbeit	12
2.3	Auswertung	14
<b>3</b>	<b>Resultate und Schlussfolgerungen im Fließverlauf</b>	<b>18</b>
3.1	Sondenmesswerte	18
3.2	Äusserer Aspekt	18
3.3	Korngrößenverteilung	20
3.4	Pflanzlicher Bewuchs	21
3.5	Kieselalgen	28
<b>4</b>	<b>Fazit</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>43</b>
<hr/>		
<b>6</b>	<b>ANHANG</b>	<b>46</b>
<b>A</b>	<b>Stellendokumentation</b>	
	<b>Aare</b>	
	Messstelle Nidau-Port	POR
	Messstelle Arch	ARC
	Messstelle Flumenthal	FLU
	Messstelle Wangen	WAN
	Messstelle Wynau	WYN
	Messstelle Aarburg	AAB
	Messstelle Olten	OLT
	Messstelle Winznau	WIZ
	Messstelle Rapperswil-Auenstein	R-A
	Messstelle Villnachern	VIL
	Messstelle Brugg	BRU
	Messstelle Stilli	STI
	Messstelle Felsenau	FEL
<b>B</b>	<b>Fotodokumentation Algen</b>	

Die Felddaten und Sondenmesswerte, die Daten der Korngrößenverteilung, des Äusseren Aspektes, des pflanzlichen Bewuchses sowie die Zählzahlen der Kieselalgenproben sämtlicher untersuchten Transektmessstellen liegen elektronisch in einer Exceltabelle vor, welche den Auftraggebern abgegeben wurde.

## Zusammenfassung

### Ausgangslage

Im Jahr 2022 wurde die Aare zwischen dem Bielersee und der Mündung in den Rhein das dritte Mal im Rahmen eines Langzeitmonitorings biologisch untersucht. Die Erstaufnahme wurde im Jahr 2001/02 durchgeführt und das Monitoring im Rhythmus von 10 Jahren fortgesetzt. Im Rahmen der aktuellen Untersuchungskampagne wurden in der Periode zwischen dem 07. und 18. März 2022 insgesamt 13 Messstellen untersucht. Die Wetter- und Abflussbedingungen waren in diesem Zeitraum konstant und für eine Untersuchung geeignet, das heisst es gab keine Störungen wie Geschiebetrieb, starke Trübung oder Ähnliches. Zu den seit Beginn des Langzeitmonitorings fest integrierten 11 Messstellen wurden im Jahr 2022 zwei zusätzliche Messstellen mit in die Untersuchungskampagne aufgenommen. Verteilt über die gesamte Flussbreite wurden je Messstelle im Hauptlauf fünf, respektive in den Restwasserstrecken sechs Transektmessstellen beprobt.

Für biologische Untersuchungen an grösseren Flüssen sind spezielle Probenahme- und Beurteilungsmethoden anzuwenden. Die üblichen Methoden des Modulstufenkonzepts des BAFU sind nur für watbare Gewässer geeignet, was bei den untersuchten Messstellen der Aare insbesondere im Hauptlauf nicht der Fall ist. So wurden die mittleren Transektstellen tauchend beprobt, während die Uferbereiche watbar waren. Im vorliegenden Fachbericht werden die Sondenmesswerte, der Äussere Aspekt, die Korngrössenverteilung, der pflanzliche Bewuchs sowie die Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität mittels Kieselalgen besprochen. Die Untersuchung der Wasserwirbellosen, Jungfische und Libellen werden in einem separaten Bericht der Firma Hydra abgehandelt (Hydra, 2022). Ein weiterer Bericht der Firma SimplexDNA behandelt das Thema der eDNA-Untersuchung in der Aare (SimplexDNA, 2022).

### Sondenmesswerte

Die Wassertemperatur der Messstellen schwankte im Fliessverlauf (8.1 °C, Mittelwert Transektmessstellen), und zeigte insgesamt eine Zunahme. Die Sauerstoffverhältnisse waren durchgehend nahe oder über der Sättigung (12.6 mg/l / 111.3 %, Mittelwert Transektmessstellen), zeigten im Fliessverlauf aber keine Tendenz der Zu- oder Abnahme. Die Leitfähigkeit hingegen stieg im Fliessverlauf leicht an, was durch die Einleitung von gereinigtem Abwasser der zahlreichen Kläranlagen bedingt wurde.

### Äusserer Aspekt

Der Äussere Aspekt wies in dem untersuchten Abschnitt der Aare vor allem im Bereich der Parameter der Gewässersohle Beeinträchtigungen auf (Abfälle, Geruch im Sediment, Verschlammung, Abfälle Siedlungsentwässerung, Eisensulfid und Kolmation der Gewässersohle). An 11 von 13 Messstellen wies mindestens ein Parameter eine so grosse Beeinträchtigung auf, dass die Anforderungen an die GSchV als nicht mehr erfüllt eingestuft werden müssen. Die mittleren drei Transektstellen wiesen teils Beeinträchtigungen hinsichtlich der Parameter Kolmation Gewässersohle, Verschlammung und Eisensulfid auf. Die Anforderungen an die ökologischen Ziele gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV, 1998) Anhang 2 wurden hinsichtlich des Äusseren Aspektes bei den Parametern der fliessenden Welle an sieben Stellen erfüllt. Bei fünf Stellen ist die Erfüllung der GSchV aufgrund des Vorkommens von Schaum fraglich und bei der Messstelle in Rupperwil-Auenstein ist das Vorkommen von Schaum so hoch, dass die Anforderung als nicht erfüllt gilt. Die festgestellten Beeinträchtigungen der Gewässersohle in der

Aare dürften in Zusammenhang mit dem eingeleiteten gereinigten Abwasser wie auch mit der zum Teil fehlenden Geschiebedynamik (Seeausfluss, Staubereiche der Wasserkraftanlagen, Uferverbauungen) und dem Restwasserregime zu tun haben.

#### Korngrössen

Im Mittelwert über alle Transektstellen hinweg weist die Aare eine Korngrössenverteilung von rund 40 % «Steine < 10 cm» und rund 60 % «Steine > 10 cm» auf. Einen deutlich höheren Anteil an Feinsediment (Steine < 10 cm) wiesen die Messstellen in Nidau-Port, nahe des Seeausflusses, und Arch, im Staubereich des Kraftwerks, auf. Diese Substratänderung führte in Arch zu markanten Auswirkungen auf die pflanzliche Besiedlung.

#### Pflanzlicher Bewuchs

Der pflanzliche Bewuchs bestand bei den Messstellen der Aare vor allem aus fädigen Algen und bezüglich Deckung nur zu geringen Anteilen aus submersen Moosen und Wasserpflanzen.

Im Fliessverlauf der Aare konnten Arten jeder Indikationsgruppe, von A (sensible Arten) bis D (Störzeiger, starke Eutrophierung) nachgewiesen werden. Die Gewässerbedingungen ermöglichen das Aufkommen von Störzeigern, wie *Vaucheria sp.* und eine atypische Vermehrung von Arten wie *C. glomerata*, welche folglich auch als Störzeiger benannt werden kann. Das ausgeprägte Vorkommen von Arten der Indikationsgruppen B (weniger sensible Arten) und C (Störzeiger, Eutrophierung), die Algenbewuchsdichte insgesamt, die resultierende pflanzliche Biomasse und damit verbunden die Folgeprozesse (Mineralisierung, Sedimentation, Kolmation) sind Anzeichen für eine deutliche Eutrophierung der Aare flussabwärts. Die zahlreichen grossen Kläranlagen, welche ihre gereinigten Abwässer in die Aare leiten, leisten sicher einen Beitrag zur erhöhten Nährstofffracht im Gewässer. Hinsichtlich der Algenbewuchsdichte erfüllten alle drei Messstellen der Restwasserstrecke, sowie die Messstellen in Arch und Aarburg aufgrund atypischer Veralgung (Bewuchsdichte > 5) nicht die Anforderungen an die GSchV.

Neben dichtem, fädigen pflanzlichen Bewuchs sind auch das regelmässige Auftreten der krustenförmigen Rotalge *Hildenbrandia rivularis* (39 von 68 Transektmessstellen) und der krustenförmigen Braunalge *Heribaudiella fluviatilis* (7 von 68 Transektmessstellen) ein Anzeichen für eine stabile Sohle respektive für eine eingeschränkte Geschiebedynamik in der Aare. Bedingt ist dies insbesondere durch die starke Nutzung des Gewässers hinsichtlich Wasserkraft (Stauhaltungen) und der Aare als Seeausfluss (Bielersee).

#### Kieselalgen

Insgesamt wurden an den 68 Transektmessstellen der Aare 179 Kieselalgenarten nachgewiesen. Mit 16 bis 63 Arten pro Transektmessstelle und einem Mittelwert von 36 Arten liegt die Artenzahl im typischen Bereich für Fliessgewässer dieser Grösse. Die Kieselalgen-Lebensgemeinschaften der Aare waren überwiegend ausgewogen, der Mittelwert der Evenness lag bei 68 %. Unter den fünf nachgewiesenen gebietsfremden Kieselalgen erreicht nur *Achnanthydium delmontii* höhere Dichten und wurde in jeder Probe nachgewiesen. An 10 der 68 untersuchten Transektmessstellen wies die Art eine relative Häufigkeit > 50 % auf. Die maximale relative Häufigkeit (76 %) von *A. delmontii* wurde an einer Transektmessstelle bei Wynau erreicht, wo sie die Artenvielfalt beeinflusst, indem durch ihre Dominanz die Wahrscheinlichkeit hinsichtlich des Auftretens anderer (standortgerechter) Arten im Rahmen der Zählungen sinkt.

Betrachtet man die indizierten Verhältnisse hinsichtlich DI-CH Wert (Mittelwert Transektmessstellen) im Fliessverlauf, so ist die oberste Messstelle bei Nidau-Port, direkt unterhalb des Ausflusses aus dem Bielersee mit 2.8 durch den tiefsten DI-CH Werte gekennzeichnet. Im weiteren Fliessverlauf bewegt sich der DI-CH Wert (Mittelwert Transektmessstellen) über die Messstellen hinweg in einem ähnlichen Bereich (um DI-CH 3.5). Die höchsten DI-CH Werte weisen die Messstellen bei Arch (DI-CH: 3.66) und Olten (DI-CH: 3.71) auf. Diese liegen im Rückstaubereich eines Wehres, wo die Aare wenig Dynamik und teils höhere Anteile Feinsediment aufweist. Insgesamt liegen die DI-CH Werte aller 68 untersuchten Transektmessstellen in der Zustandsklasse «gut» respektive «sehr gut» und erfüllen somit hinsichtlich DI-CH Wert die ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung Anhang 1 (GSchV, 1998). Bezüglich Standortgerechtigkeit hingegen sind 57 der 68 untersuchten Kieselalgenproben durch keine standortgerechte Lebensgemeinschaft gekennzeichnet, bei den übrigen fünf Messstellen ist die Erfüllung der Standortgerechtigkeit unklar. Grund dafür ist der teils hohe Anteil der gebietsfremden Kieselalge *A. delmontii* sowie der zu kleine Anteil an sehr nährstoffsensiblen Arten (D-Wert < 2.5).

### **Vergleich Untersuchungs- kampagnen**

Ein Vergleich der bestehenden Untersuchungskampagnen des Langzeitmonitorings an der Aare zeigt, dass das Gewässer bereits 2001 und bis heute stark von menschlichen Einflüssen geprägt ist. Doch auch Veränderungen im Gewässer werden ersichtlich. So zeigte sich ein deutlicher Rückgang submerser Moose und Wasserpflanzen in der Aare. Auf Ebene der Algen ist in der vorliegenden Untersuchung im Vergleich zu jener aus 2002 der sichtbare Algenbewuchs stärker durch fädige Algen geprägt, wobei die Bewuchsdichten im Jahr 2022 teils so hoch waren, dass die Anforderungen der GSchV als nicht erfüllt gelten. Auf Ebene der Kieselalgen konnte seit 2012 eine deutliche Zunahme der gebietsfremden Art *A. delmontii* dokumentiert werden, deren Entwicklung auch in den kommenden Jahren verfolgt werden sollte. Bei der Auswertung des Verhaltens des DI-CH Wertes (Mittelwert pro Messstelle) über die Zeit des Langzeitmonitorings im untersuchten Abschnitt der Aare zeigt sich, dass dieser um den Grenzbereich der Zustandsklassen «sehr gut» und «gut» schwankt. Die beiden Messstellen (Wangen und Felsenau), welche bei der ersten Untersuchung im Jahr 2001 nicht die Anforderungen an die GSchV erfüllen, liegen in den Untersuchungen der Jahre 2012 und 2022 im Zielbereich für den DI-CH, sodass die Anforderungen der GSchV erfüllt sind.

### **Fazit**

Die gewässerökologische Ausprägung der Aare zwischen dem Bielersee und der Mündung in den Rhein werden durch vier wesentliche Einflussfaktoren bestimmt. Es sind dies die geringe Geschiebedynamik, die mehrheitlich verbauten Ufer und damit die fehlende Möglichkeit von Seitenerosion und der Bildung von Hinterwassern, die gereinigten Abwässer der zahlreichen Kläranlagen (rund 1.34 Millionen EW) sowie das dominierende Vorkommen von gebietsfremden Arten. Die Einleitung des gereinigten Abwassers manifestierte sich in der Aare durch eine Zunahme der Leitfähigkeit im Fliessverlauf und einem durchwegs hohen Sauerstoffgehalt mit einer teilweisen Übersättigung infolge pflanzlicher Produktion. Der Äussere Aspekt der Gewässersohle war an fast allen Stellen in mindestens einem Parameter stark beeinträchtigt (Verschlammung, Eisensulfid, Geruch des Feinsedimentes, Kolmation, Feststoffe aus der Siedlungsentwässerung). Der

pflanzliche Bewuchs war überwiegend durch fädige Algen geprägt, wobei die Bewuchsdichten teils so hoch waren, dass von Veralgung gesprochen werden musste und die Anforderungen der GSchV als nicht erfüllt gelten. Das Vorkommen bestimmter Arten respektive deren Dominanz sind Indikatoren für eine gut erkennbare Eutrophierung der Aare. Zudem lässt das Vorkommen der Krustenalgen *Hildenbrandia rivularis* (Rotalge) auf eine über lange Zeit stabile Gewässersohle schliessen. Die Kieselalgen indizieren einen mehrheitlich guten bis sehr guten Zustand, wobei im Fliessverlauf die indizierte Wasserqualität leicht schwankte. Das dominierende Taxon im untersuchten Abschnitt der Aare war die gebietsfremde Kieselalge *Achnanthydium delmontii*, welche teils (standortgerechte) Arten verdrängte und damit die Artenvielfalt beeinflusste.

# 1 Ausgangslage und Auftrag

Die Gewässerschutzfachstellen der Kantone Aargau, Bern und Solothurn untersuchen in einem 10 Jahres-Rhythmus gemeinsam die Wasserqualität der Aare vom Bielersee bis zur Mündung in den Rhein. Die koordinierten biologischen Untersuchungen wurden 2001/2002, 2012 und 2022 in Zusammenarbeit mit der Firma Hydra AG, St. Gallen durchgeführt. Anlässlich der aktuellen Untersuchungen wurden die 11 bestehenden sowie zwei zusätzliche Messstellen beprobt (Abb. 1.1). Im Rahmen der Untersuchungskampagnen wurden verschiedene Parameter untersucht, wobei nicht alle konstant in jedem Untersuchungsjahr untersucht respektive systematisch beprobt wurden (Tab. 1.1).

Für biologische Untersuchungen an grösseren Flüssen sind spezielle Probenahme- und Beurteilungsmethoden anzuwenden. Die üblichen Methoden des Modulstufenkonzepts des BAFU sind nur für watbare Gewässer geeignet, was bei den Messstellen der Aare weitgehend nicht der Fall ist. So wurden die mittleren Transektmessstellen wo notwendig tauchend beprobt, während die Uferbereiche wasserbar waren.

Der Auftrag wurde an die folgenden beiden Unternehmen erteilt, welche viel Erfahrung mit der Untersuchung von grossen Fliessgewässern haben:

- AquaPlus AG, Zug  
Projektleitung, Sondenmessungen, Äusserer Aspekt, pflanzlicher Bewuchs, Kieselalgen
- Hydra AG, St. Gallen  
Taucharbeiten, Makrozoobenthos, eDNA-Probenahme, Jungfische, Libellen
- SimplexDNA, Winterthur  
Analyse der eDNA-Proben

Die drei beauftragten Unternehmen erstellen je einen eigenständigen Fachbericht. Der Fachbericht der Firma AquaPlus AG enthält den Teil des Äusseren Aspektes, der Sondenmessungen sowie den pflanzlichen Bewuchs (Algen, Moose,

**Tab. 1.1: Übersicht der durchgeführten Untersuchungen an der Aare der Monitoringkampagnen 2001/2002, 2012 und 2022.** SOM: Sondenmesswerte, ÄA: Äusserer Aspekt, PFB: Pflanzlicher Bewuchs: Wasserpflanzen (WAPFLA) und Algen: unterteilt in BWD (Bewuchsdichte) und Taxa, DIA: Diatomeen/Kieselalgen, MZB: Makrozoobenthos. Detaillierte Informationen zu den Untersuchungen können den jeweiligen Fachberichten entnommen werden (AquaPlus 2001/02, AquaPlus 2012, Hydra 2003, Hydra 2013, Hydra AG 2023, Von Känel 2003). *Graue Schrift:* Untersuchung einzelner Parameter.

Parameter	SOM	ÄA	PFB				DIA	MZB	Jungfische	eDNA	Libellen
			WAPFLA		Algen						
Untersuchungsjahr			BD	Taxa	BD	Taxa					
2001/2002	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-
2012	-	✓	-	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	-
2022	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓



Wasserpflanzen) inklusive Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität mit Hilfe der Kieselalgen (AquaPlus, 2003; AquaPlus, 2013). Der Fachbericht der Hydra AG enthält den Teil Makrozoobenthos (wirbellose Wassertiere, Neozoen), Jungfische und Libellen (Hydra, 2003; Hydra, 2013; Hydra, 2023). SimplexDNA verfasst den Fachbericht zum Thema eDNA (SimplexDNA, 2023). Des Weiteren erstellt Hydra AG einen Kurzbericht, welche die wichtigsten Kernaussagen der drei Fachberichte zusammenfasst.

### Stellenauswahl

Im Wesentlichen wurden dieselben Messstellen beprobt wie in den bereits durchgeführten Untersuchungen in den Jahren 2001/2002 und 2012. Zu diesen fest integrierten 11 Messstellen sind im Monitoringprogramm 2022 zwei Messstellen als Zusatzuntersuchungsstelle hinzugekommen:

- Flumenthal (FLU): Die Messstelle befindet sich im Hauptlauf der Aare auf Höhe Flumenthal, oberhalb der Einmündung der Siggern. Die Aufnahmen des Jahres 2022 dienen als Aufnahme des IST-Zustandes vor den geplanten Kiesschüttungen unterhalb des Kraftwerks Flumenthal.
- Rapperswil Auenstein (R-A): Die Messstelle liegt in der Restwasserstrecke der Aare und dient der Aufnahme des IST-Zustandes vor den bis 2025 geplanten Ersatzmassnahmen in diesem Bereich.

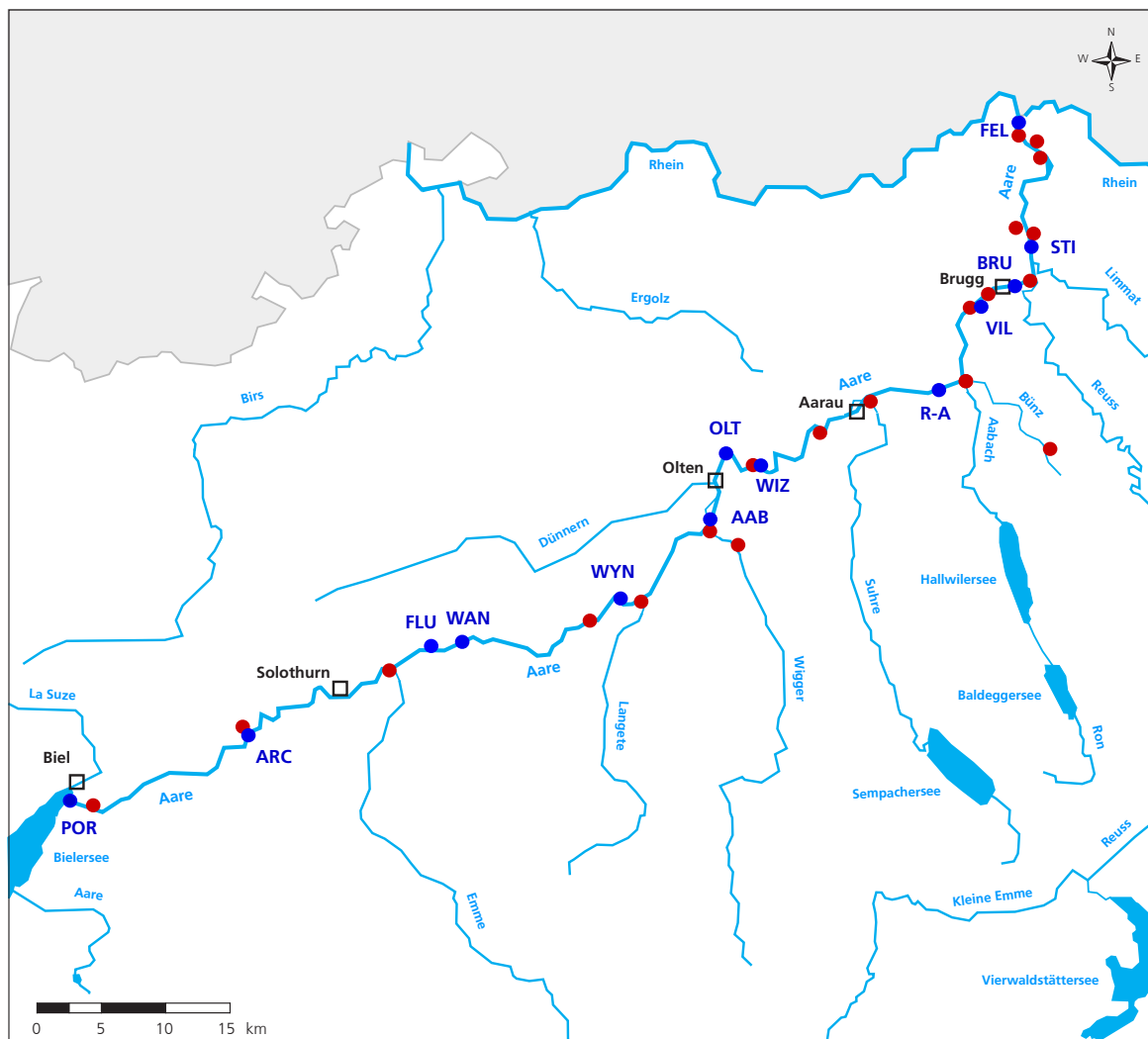
Die 13 Messstellen der Aare wurden in der Regel so gelegt, dass Einflussfaktoren wie bspw. Kläranlagen nicht dominierend wirkten. Die Messstellen bei Winznau, Rapperswil-Auenstein und Villnachern liegen in der Restwasserstrecke der Aare.

### Einflussfaktoren

Die folgenden Einflussfaktoren sind in der Aare für die Gewässerbiologie von grosser Bedeutung:

- **Bielersee** mit mesotrophen Nährstoffverhältnissen, für Seeausflüsse typisch gedämpftes Abflussregime und wenig Geschiebetrieb.
- **Zufluss Reuss und Limmat** als einzige grosse Zuflüsse mit geringer Geschiebe- und Trübstofffracht während Hochwasserereignissen.
- **Ökomorphologie** mit oft weitgehend verbauten Ufern.
- **Neobiota** (gebietsfremde Arten) mit teils grosser Dominanz und damit Verdrängung auch von heimischen Arten sowie der Beeinträchtigung der Beschaffenheit der Gewässersohle durch Ablagerungen der leeren Schalen der Wandermuschel (*Dreissena polymorpha* und *Dreissena rostriformis bugensis*).
- **Wasserkraft** mit Stauhaltungen mit Einfluss auf die Abfluss- und Strömungsverhältnisse, Geschiebetrieb, Kolmation der Gewässersohle und Sedimentation.

- **Klingenauer Stausee** mit Stauwurzelbereich bei Klingenua mit Einfluss auf die Strömungsverhältnisse, Geschiebetrieb, Kolmation der Gewässersohle und Sedimentation.
- **Kläranlagen** respektive die Einleitung von gereinigtem Abwasser mit Zuführung von Nährstoffen und gelöstem organischen Kohlenstoff. Total werden in die Aare vom Bielersee bis zur Mündung in den Rhein rund 1.34 Millionen Einwohnerwerte (EW) mehr oder weniger direkt eingeleitet.
- **Siedlungsgebiete** mit viel versiegelten Flächen (Häuser, Gewerbe, Industrie) und entsprechenden Entlastungen aus der Kanalisation (Mischwasser, Regenwasser).
- **Strassen** und die Einleitung von Strassenabwasser (Partikel, Kohlenwasserstoffe, Schwermetalle).
- **Landwirtschaftliche Nutzungen** (vor allem Ackerbau und Grünland) mit diffusen Einleitungen.



**Abb. 1.1: Untersuchungsgebiet mit Messstellen der Aare im Abschnitt vom Bielersee bis zur Einmündung in den Rhein (n=13) sowie den Standorten der Abwasserreinigungsanlagen (ARA). Plangrundlage: Orthofoto Swisstopo (2022).**

Schwarze Vierecke: grössere Städte entlang der Aare.

**Blaue Punkte:** Messstellen Aare: POR (Nidau-Port), ARC (Arch), Flu (Flumenthal), WAN (Wangen), WYN (Wynau), AAB (Aarburg), OLT (Olten), WIZ (Winznau), R-A (Rupperswil-Auenstein), VIL (Villnachern), BRU (Brugg), STI (Stilli) und FEL (Felsenau).

**Rote Punkte:** Abwasserreinigungsanlagen im Fliessverlauf der Aare vom Bielersee bis zum Rhein (dimensionierte Einwohnerwerte EW), die das Abwasser mehr oder weniger direkt in die Aare einleiten: **ARA Biel (142'000 EW\*)**, ARA Orpund (17'500 EW), **ARA Grenchen (67'500 EW\*)**, ARA Selzach (6'900 EW), ARA Feldbrunnen (1'625 EW), **ARA Zuchwil (125'000 EW\*)**, ARA Flumenthal (12'500 EW), ARA Wangen-Wiedlisbach (11'800 EW), **ARA Eymatte (75'800 EW\*)**, **ARA Murg-Wynau (43'000 EW\*)**, ARA Fulenbach (6'500 EW), **ARA Aarburg (46'000 EW\*)**, **ARA ERZO Oftringen (200'000 EW\*)**, **ARA Winznau (58'000 EW\*\*)**, **ARA Schoenenwerd (92'500 EW\*)**, **ARA Aarau (125'000 EW\*)**, **ARA Wohlen (73'000 EW\*)**, **ARA Moeriken-Wildegg (Lenzburg) (110'000 EW\*)**, ARA Villnachern (2'800 EW), ARA Umiken (6'500 EW), **ARA Wasserschloss (80'000 EW\*)**, ARA Würenlingen (6'000 EW), ARA Schmittenbach (11'000 EW), ARA Kleindöttingen (8'000 EW), ARA Klingnau (9'000 EW), ARA Leuggern (3'200 EW).

Angaben gemäss GIS Kanton AG (2022), GIS Kanton SO (2022), Wiedmer (2022), Schneider (2022).

\* ARA (EW > 25'000), in Karte abgebildet

\*\* ARA entlastet in den Hauptlauf der Aare und nur bei Starkregenereignissen in die Restwasserstrecke

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Feldarbeit

Die biologischen Untersuchungen der Aare wurden vom 7. bis 18. März 2022 an insgesamt 13 Messstellen durchgeführt (Tabelle 2.1). Von Nidau-Port bis Wangen wurden die Transektmessstellen der einzelnen Messstellen teils an unterschiedlichen Tagen beprobt. Da die Wetter- und Abflussverhältnisse im gesamten Untersuchungszeitraum stabil waren, hat diese zeitliche Unstimmigkeit der Probenahme keinen Einfluss auf die Resultate. Die 11 Messstellen im Hauptlauf der Aare wurden gemäss Methodik für grosse Fließgewässer der Firma Hydra AG (Hydra, 2017) im Querschnitt von links nach rechts mit fünf Transektmessstellen beprobt (1: Ufer links, 2: Mitte links, 3: Mitte, 4: Mitte rechts, 5: Ufer rechts). An den drei Messstellen im Bereich der Restwasserstrecken (Winznau, Rapperswil-Auenstein und Villnachern) wurden je sechs Transektmessstellen beprobt. Da sich der Flussarm der Aare im Bereich der Restwasserstrecken oft mehrmals teilt, wurden sechs statt fünf Transektmessstellen gewählt und diese so verteilt, dass der Charakter der Restwasserstrecke möglichst gut durch die Proben abgebildet wird. Die Transektmessstellen wurden gewässerökologisch charakterisiert sowie deren geografische Lage erfasst (vgl. Stellendokus, Anhang A). Die Feldaufnahmen, welche durch das Unternehmen AquaPlus AG in diesem Bericht abgehandelt werden, umfassten:

- Aufnahme des Äusseren Aspektes mit den Parametern Trübung, Verfärbung, Geruch, Schaum, Verschlammung, heterotropher Bewuchs, Eisensulfid, Feststoffe und Abfälle gemäss Modul-Stufen-Konzept (BAFU, 2007a),
- Probenahme des pflanzlichen Bewuchses (makroskopisch erkennbare Algenlager und Moose, submerse Makrophyten) zur Bestimmung der Arten im Labor und Bewuchsdichteschätzungen nach Thomas & Schanz (1976) im Feld,
- Probenahme Kieselalgen mit anschliessender Präparation und Bestimmung im Labor gemäss Modul-Stufen-Konzept (BAFU, 2007b),
- Erfassung der Begleitparameter Wassertemperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration und -sättigung mittels Multisonde HQ40d (Hach Lange GmbH),
- Messung der Wassertiefe und der Fließgeschwindigkeit an den Ufer-Transektstellen mittels MiniAir20 (Schiltknecht Messtechnik AG). Die Wassertiefen und die Fließgeschwindigkeiten der mittleren Transektstellen entsprechen den Schätzungen des Tauchers.

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

**Tab. 2.1: Geografische Angaben zu den Messstellen der Aare vom Bielersee bis zur Mündung in den Rhein im Jahr 2022.** Uli: Ufer links, Mli: Mitte links, Mi: Mitte, Mre: Mitte rechts, Ure: Ufer rechts. Die Probenahme der Teilmessstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten tauchend. Weiterführende Charakterisierung der Transekt- und Messstellen siehe Anhang A.

Gewässer	Messstelle	Bezeichnung	Code Bericht	KT	Datum	Koordinaten	m ü. M.
Aare	Nidau-Port	AAR_010_1_Uli_POR_1	POR_1	BE	8.3.2022	584392 219219	430
Aare	Nidau-Port	AAR_010_2_Mli_POR_2	POR_2	BE	10.3.2022	584384 219215	430
Aare	Nidau-Port	AAR_010_3_Mi_POR_3	POR_3	BE	10.3.2022	584380 219200	430
Aare	Nidau-Port	AAR_010_4_Mre_POR_4	POR_4	BE	10.3.2022	584387 219148	430
Aare	Nidau-Port	AAR_010_5_Ure_POR_5	POR_5	BE	8.3.2022	584385 219141	430
Aare	Arch	AAR_020_1_Uli_ARC_1	ARC_1	SO	8.3.2022	598323 224342	427
Aare	Arch	AAR_020_2_Mli_ARC_2	ARC_2	SO	15.3.2022	598354 224356	427
Aare	Arch	AAR_020_3_Mi_ARC_3	ARC_3	SO	15.3.2022	598366 224353	427
Aare	Arch	AAR_020_4_Mre_ARC_4	ARC_4	BE	15.3.2022	598447 224368	427
Aare	Arch	AAR_020_5_Ure_ARC_5	ARC_5	BE	8.3.2022	598657 224511	427
Aare	Flumenthal	AAR_025_1_Uli_FLU_1	FLU_1	SO	7.3.2022	612871 231203	419
Aare	Flumenthal	AAR_025_2_Mli_FLU_2	FLU_2	SO	16.3.2022	612916 231179	419
Aare	Flumenthal	AAR_025_3_Mi_FLU_3	FLU_3	SO	16.3.2022	612908 231162	419
Aare	Flumenthal	AAR_025_4_Mre_FLU_4	FLU_4	SO	16.3.2022	612921 231117	419
Aare	Flumenthal	AAR_025_5_Ure_FLU_5	FLU_5	SO	7.3.2022	612847 231127	419
Aare	Wangen	AAR_030_1_Uli_WAN_1	WAN_1	BE	7.3.2022	615203 231713	417
Aare	Wangen	AAR_030_2_Mli_WAN_2	WAN_2	BE	11.3.2022	615390 231762	417
Aare	Wangen	AAR_030_3_Mi_WAN_3	WAN_3	BE	11.3.2022	615217 231642	417
Aare	Wangen	AAR_030_4_Mre_WAN_4	WAN_4	BE	11.3.2022	615218 231634	417
Aare	Wangen	AAR_030_5_Ure_WAN_5	WAN_5	BE	7.3.2022	615456 231716	417
Aare	Wynau	AAR_040_1_Uli_WYN_1	WYN_1	SO	9.3.2022	627807 234954	402
Aare	Wynau	AAR_040_2_Mli_WYN_2	WYN_2	SO	9.3.2022	627756 235195	402
Aare	Wynau	AAR_040_3_Mi_WYN_3	WYN_3	SO	9.3.2022	627704 235024	402
Aare	Wynau	AAR_040_4_Mre_WYN_4	WYN_4	BE	9.3.2022	627717 235207	402
Aare	Wynau	AAR_040_5_Ure_WYN_5	WYN_5	BE	9.3.2022	627678 235130	402
Aare	Aarburg	AAR_050_1_Uli_AAB_1	AAB_1	SO	10.3.2022	634576 241306	390
Aare	Aarburg	AAR_050_2_Mli_AAB_2	AAB_2	AG	10.3.2022	634588 241299	390
Aare	Aarburg	AAR_050_3_Mi_AAB_3	AAB_3	AG	10.3.2022	634657 241363	390
Aare	Aarburg	AAR_050_4_Mre_AAB_4	AAB_4	AG	10.3.2022	634702 241311	390
Aare	Aarburg	AAR_050_5_Ure_AAB_5	AAB_5	AG	10.3.2022	634691 241345	390
Aare	Olten	AAR_060_1_Uli_OLT_1	OLT_1	SO	11.3.2022	635994 246416	388
Aare	Olten	AAR_060_2_Mli_OLT_2	OLT_2	SO	11.3.2022	635926 246325	388
Aare	Olten	AAR_060_3_Mi_OLT_3	OLT_3	SO	11.3.2022	635932 246320	388
Aare	Olten	AAR_060_4_Mre_OLT_4	OLT_4	SO	11.3.2022	635984 246272	388
Aare	Olten	AAR_060_5_Ure_OLT_5	OLT_5	SO	11.3.2022	636003 246285	388

## Biologische Untersuchung Aare 2022

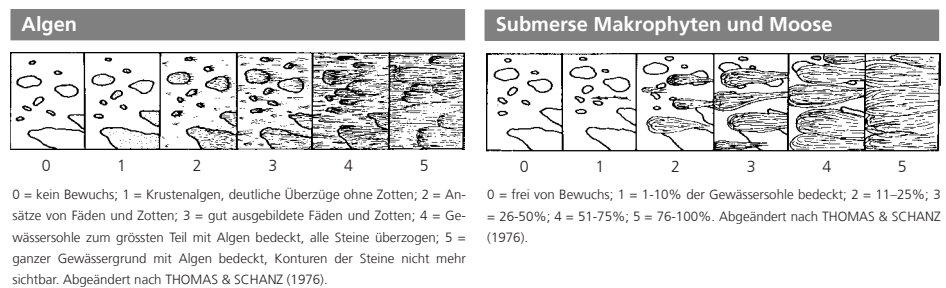
---

Gewässer	Messstelle	Bezeichnung	Code Bericht	KT	Datum	Koordinaten	m ü. M.
Aare	Winznau <sup>1</sup>	AAR_070_1_Uli_WIZ_1	WIZ_1	SO	14.3.2022	638765 245390	378
Aare	Winznau <sup>1</sup>	AAR_070_2_Mli_WIZ_2	WIZ_2	SO	14.3.2022	638711 245418	378
Aare	Winznau <sup>1</sup>	AAR_070_3_Mi_WIZ_3	WIZ_3	SO	14.3.2022	638565 245448	378
Aare	Winznau <sup>1</sup>	AAR_070_4_Mre_WIZ_4	WIZ_4	SO	14.3.2022	638719 245349	378
Aare	Winznau <sup>1</sup>	AAR_070_5_Ure_WIZ_5	WIZ_5	SO	14.3.2022	638730 245334	378
Aare	Winznau <sup>1</sup>	AAR_070_6_Ure_WIZ_6	WIZ_6	SO	14.3.2022	638731 245319	378
Aare	Rupperswil-Auenstein <sup>1</sup>	AAR_075_1_Uli_RA_1	R-A_1	AG	15.3.2022	652604 251563	350
Aare	Rupperswil-Auenstein <sup>1</sup>	AAR_075_2_Mli_RA_2	R-A_2	AG	15.3.2022	652619 251536	350
Aare	Rupperswil-Auenstein <sup>1</sup>	AAR_075_3_Mi_RA_3	R-A_3	AG	15.3.2022	652640 251521	350
Aare	Rupperswil-Auenstein <sup>1</sup>	AAR_075_4_Mre_RA_4	R-A_4	AG	15.3.2022	652038 251244	350
Aare	Rupperswil-Auenstein <sup>1</sup>	AAR_075_5_Ure_RA_5	R-A_5	AG	15.3.2022	652710 251404	350
Aare	Rupperswil-Auenstein <sup>1</sup>	AAR_075_6_Ure_RA_6	R-A_6	AG	15.3.2022	652694 251393	350
Aare	Villnachern <sup>1</sup>	AAR_080_1_Uli_VIL_1	VIL_1	AG	16.3.2022	655894 258087	336
Aare	Villnachern <sup>1</sup>	AAR_080_2_Mli_VIL_2	VIL_2	AG	16.3.2022	655821 258021	336
Aare	Villnachern <sup>1</sup>	AAR_080_3_Mi_VIL_3	VIL_3	AG	16.3.2022	655799 258003	336
Aare	Villnachern <sup>1</sup>	AAR_080_4_Mre_VIL_4	VIL_4	AG	16.3.2022	655861 257984	336
Aare	Villnachern <sup>1</sup>	AAR_080_5_Ure_VIL_5	VIL_5	AG	16.3.2022	655688 257786	336
Aare	Villnachern <sup>1</sup>	AAR_080_6_Ure_VIL_6	VIL_6	AG	16.3.2022	655871 257938	336
Aare	Brugg	AAR_090_1_Uli_BRU_1	BRU_1	AG	17.3.2022	658790 259668	329
Aare	Brugg	AAR_090_2_Mli_BRU_2	BRU_2	AG	17.3.2022	658664 259656	329
Aare	Brugg	AAR_090_3_Mi_BRU_3	BRU_3	AG	17.3.2022	658662 259640	329
Aare	Brugg	AAR_090_4_Mre_BRU_4	BRU_4	AG	17.3.2022	658511 259623	329
Aare	Brugg	AAR_090_5_Ure_BRU_5	BRU_5	AG	17.3.2022	658667 259586	329
Aare	Stilli	AAR_100_1_Uli_STI_1	STI_1	AG	17.3.2022	659812 263198	326
Aare	Stilli	AAR_100_2_Mli_STI_2	STI_2	AG	17.3.2022	659825 263184	326
Aare	Stilli	AAR_100_3_Mi_STI_3	STI_3	AG	17.3.2022	659848 262694	326
Aare	Stilli	AAR_100_4_Mre_STI_4	STI_4	AG	17.3.2022	659871 262694	326
Aare	Stilli	AAR_100_5_Ure_STI_5	STI_5	AG	17.3.2022	659892 262711	326
Aare	Felsenau	AAR_110_1_Uli_FEL_1	FEL_1	AG	18.3.2022	658806 272547	312
Aare	Felsenau	AAR_110_2_Mli_FEL_2	FEL_2	AG	18.3.2022	658813 272523	312
Aare	Felsenau	AAR_110_3_Mi_FEL_3	FEL_3	AG	18.3.2022	658900 272352	312
Aare	Felsenau	AAR_110_4_Mre_FEL_4	FEL_4	AG	18.3.2022	658911 272349	312
Aare	Felsenau	AAR_110_5_Ure_FEL_5	FEL_5	AG	18.3.2022	658921 272335	312

<sup>1</sup> Restwasserstrecke

Der **pflanzliche Bewuchs** (Algen, submerse Moose und Makrophyten) wurde mittels Bewuchsdichte-Schätzung gemäss der sechsstufigen Bildskala von Thomas & Schanz (1976) erhoben (Abbildung 2.1). Die Erhebung des pflanzlichen Bewuchses hatte zum Ziel die makroskopisch auffälligen Arten zu erfassen. Eine möglichst vollständige Artenliste war nicht das Ziel des Auftrages. Der pflanzliche Bewuchs der mittleren drei Tauchstellen wurden aufgrund der Beobachtungen der Taucher selber, der Unterwasserfotos sowie den beprobten Steinen erhoben. Dabei wurden vermutlich die Deckungen der krustenförmigen Rotalge *Hildenbrandia rivularis* sowie der ebenfalls krustenförmigen Braunalge *Heribaudiella fluviatilis* unterschätzt oder übersehen. Sie treten oft gemeinsam auf und sind auf den Steinunterseiten zu finden. Die Steinunterseiten konnten aber anlässlich der Tauchaufnahmen nicht systematisch auf diese Algen hin untersucht werden. Von auffälligen Algenlagern wurden im Feld Fotos angefertigt und Proben zur späteren mikroskopischen Bestimmung entnommen. Die submersen Moose und Makrophyten wurden so weit wie möglich im Feld bestimmt. Die Verifizierungen der Moosbestimmungen auf Artniveau erfolgten durch Frau Senta Stix, FUB Forschungsstelle für Umweltbeobachtung AG, Rapperswil.

Die Beurteilung der Algenbewuchsdichte erlaubt eine Einschätzung zur pflanzlichen Produktivität von Gewässern. Ab einer Bewuchsdichte  $\geq 4$  liegt eine atypische Verallgemeinerung gemäss Anhang 2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV 1998) vor.



**Abb. 2.1: Bewuchsdichte Algen, submerse Moose und Makrophyten** Bewuchsdichteschätzung gemäss Thomas & Schanz (1976) für Algen (links) sowie submerse Moose und Makrophyten (rechts).

Die Probenahme der **Kieselalgen** erfolgte gemäss dem Modul-Stufen-Konzept Kieselalgen (BAFU, 2007b). Dabei wurden pro Transektstelle von 5 Steinen eine gleich grosse Aufwuchsfläche mittels Abkratzutensilien gemäss Douglas (1958) abgekratzt. Die Proben wurden im Anschluss mit Formaldehyd (37 %) auf eine Endkonzentration von rund 2 bis 4 % fixiert.

## 2.2 Laborarbeit

Die mikroskopische Bestimmung der **benthischen Algen** erfolgte nach LANUV (2009) und mit weiterer Spezialliteratur wie die Süsswasserflora von Mitteleuropa (Pascher, 1978-2018), Backhaus (2006) und Bourelly (1968-1972), John et al. (2002) und Kann (1978). Dabei wurden auch Arbeiten und Anleitungen aus Österreich (z. B. Pfister (2012) und Frankreich (Laplace-Treytoure et al. (2014)) beigezogen. Als Mikroskop verwendeten wir ein Leica DMRXA (Hellfeld, Phasenkontrast, Interferenz-Beleuchtung, Ölimmersion) mit Fotoapparat Canon EOS 5D

Phytobenthos

Mark III. Bei den Bestimmungen wurde, wenn möglich auf Artniveau bestimmt. Es gilt dabei folgende Bemerkungen zu machen:

**Kokkale Blaualgen:** Die Aare wies einige kokkale Blaualgen auf, welche nicht immer einfach zu unterscheiden waren. Dazu gehören die Gattungen *Aphanocapsa*, *Hydrococcus*, *Hyella* und *Pleuracapsa*. Die Unterscheidung dieser Gattungen und die Bestimmung der Arten erfolgte im Wesentlichen mit Hilfe der Angaben in LANUV (2009) und Pfister (2012). Die Form, Farbe und Beschaffenheit der Kruste wie auch die Farbe, die Anordnung und die Grösse der Zellen waren dabei wesentliche Eigenschaften.

**Fädige Blaualgen:** Als fädige Blaualgen traten Arten der Gattungen *Phormidium*, *Oscillatoria*, *Lyngbya* und *Homoethrix* auf. Gewisse Arten wie *Oscillatoria limosa* oder *Phormidium autumnale* waren gut bestimmbar; dies auch weil die makroskopisch auffälligen Lager charakteristisch sind.

**Chantransia-Stadium** (Rotalge): Da oft keine typischen Merkmale von *Audouinella* oder *Batrachospermum* erkennbar waren, wurde das *Chantransia*-Stadium gewählt. Es kann aber angenommen werden, dass *Audouinella* und *Batrachospermum* in der Aare vorkommen. Sie sind vermutlich zu anderen Jahreszeiten besser auffindbar.

**Pleurocladia lacustris** (Braunalge): Diese in der Schweiz selten gefundene Braunalge wurde an wenigen Stellen eher zufällig gefunden. Sie konnte mikroskopisch eindeutig verifiziert werden, da die typischen Vermehrungsstadien (Sporangien) vorhanden waren. Wir fanden diese Art selten, weil sie keine auffällige und typische Algenlager bildete und wie auch Pfister (2012) feststellte oft in Algenmischbeständen vorkommt. Sie dürfte in der Aare auch an anderen Stellen noch vorkommen. Aufgrund einer kurzen Umfrage und Literaturrecherche, dürfte das Vorkommen in der Aare als Erstnachweis für die Schweiz gelten.

**Gongrosira incrustans** (Grünalge): Hier kann es sich zum Teil durchaus auch um eine andere Art handeln. Oft wurden nur flächige Zellverbände (Sohle, prostrates System gemäss LANUV (2009) und nur selten aufrechte Fäden (erectes System, Wasserstämme nach Backhaus (2006)) gefunden.

**Gattung Ulothrix** (Grünalge): Die Arten dieser Gattung bildeten ganz unterschiedliche Trichombreiten aus und der Chloroplast war oft atypisch ausgebildet oder degeneriert. Bei Trichombreiten von  $\leq 10 \mu\text{m}$  wurde die Form als *Ulothrix tennerrima* und bei Trichombreiten von rund 10 bis 20  $\mu\text{m}$  *Ulothrix tenuissima* bestimmt. *Ulothrix zonata* wies oft deutlich breitere Trichome als 20  $\mu\text{m}$  und eine deutliche Zellwand auf.

**Monostroma bullosum** (Grünalge): Diese blattförmige Grünalge erschien an mehreren Stellen sehr einheitlich im Aussehen (hellgrün, wenige Zentimeter gross, festsitzend auf Steinen). Sie gleicht aber makroskopisch wie auch mikroskopisch der mehrheitlich im Meer und Brackwasser vorkommenden Gattung *Prasiola* (Grünalge), welche auch Vertreter im Süsswasser haben (z. B. *Prasiola crispa*). Die Bestimmung erfolgte einerseits mit Hilfe der Süsswasserflora von Mitteleuropa (Pascher, 1978-2018) und andererseits mit der Verifizierung durch Dr. Wolfgang Schütz (Emmendingen, Deutschland). Er bestätigte die Zuordnung zu *Monostroma bullosum*.



## Kieselalgen

Die Kieselalgen-Proben wurden im Labor des Amt für Verbraucherschutz des Kantons Zug mittels Heissoxidationsmethode (Salz- und Schwefelsäure sowie anschliessende Endoxidation mit Kaliumnitrat) präpariert (Straub 1981; BAFU, 2007b). Anschliessend erfolgte die Einbettung der gereinigten Schalen in Kunstharz (Naphrax). Für die Zählung der 500 Schalen (jede Kieselalgenart besteht aus zwei Schalenhälften, Summe der gezählten Schalen = 100 %) wurde ein Mikroskop mit 1'000facher Vergrösserung (Ölimmersion, Phasenkontrast, Interferenz-Beleuchtung) und Fotoapparat Canon EOS 5D Mark III verwendet. Die Teratologien wurden für jede Art erfasst, indem nach Typen unterschieden wurde. Die Bestimmung erfolgte nach Hofmann et al. (2013), Krammer & Lange-Bertalot (1986; 1991a; 1991b; 2007) und Lange-Bertalot & Metzeltin (1996) sowie bei Bedarf mit weiterer Spezialliteratur (z. B. Diatoms of Europe (diverse Bände), Reichardt, 2018). Die Nomenklatur richtet sich weitgehend nach Hofmann et al. (2013) sowie der Synonymliste (AquaPlus, 2022). Die Archivierung der präparierten Proben und der ausgezählten Präparate erfolgte in der Sammlung AquaPlus.

Die Beurteilung der Indikationsgruppen gemäss LANUV (2009) ermöglicht die Bewertung der ökologischen Qualität eines Gewässers hinsichtlich Saprobie und Trophie. Die Beurteilung basiert auf indikativen Algentaxa, welche in vier Bewertungskategorien A (sensible Arten) bis D (Störzeiger für sehr starke Eutrophierung) eingeteilt werden.

### 2.3 Auswertung

Beim **pflanzlichen Bewuchs** werden neben den Bewuchsdichten der Algen, submersen Moose und Makrophyten diverse Organismengruppen mit autökologischen Hinweisen thematisiert. Die Sensibilitäten der einzelnen Algenarten entspricht weitgehend den Angaben in LANUV (2009). Bei der Schätzung der Algenbewuchsdichte werden makroskopisch erkennbare Kieselalgen mitberücksichtigt. Die Auswertung der Indikationsgruppen erfolgt dann aber gemäss Wasserrahmenrichtlinie ohne Kieselalgen (LANUV, 2009).

Die Gewässerschutzgesetzgebung gibt mit den Anhängen 1 und 2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) Hinweise, in welcher Art und Weise der Algenbewuchs eines Gewässers sein soll. So sollen sich:

- keine unnatürlichen Wucherungen von Algen bilden (Anhang 2: Anforderungen an die Wasserqualität) und
- die Lebensgemeinschaften sollen naturnah und standortgerecht sein sowie sich selbst reproduzieren und regulieren und eine Vielfalt und Häufigkeit der Arten aufweisen, die typisch sind für nicht oder nur schwach belastete Gewässer des jeweiligen Gewässertyps (Anhang 1: Ökologische Ziele für Gewässer).












Da es in der Schweiz im Rahmen des BAFU Modul-Stufen-Konzeptes kein offizielles Verfahren zur Beurteilung von Fliessgewässern basierend auf dem Algenbewuchs (POD: Phytobenthos ohne Kieselalgen) gibt, erfolgt die Beurteilung in Anlehnung an das Verfahren der WRRL der EU (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2012) in Kombination mit der Bewuchsdichteskala nach Thomas & Schanz (1976) sowie den Hinweisen zu gebietsfremden Algen in AquaPlus & PhycoEco (2020).

Mit den **Kieselalgenuntersuchungen** wird der biologische Zustand der Fliessgewässer der Schweiz anhand des Kieselalgen-Indexes DI-CH (Diatomeen Index Schweiz) charakterisiert. Die Zustandsbeschreibungen haben einen bekannten Be-

Der Kieselalgen-Index (DI-CH) indiziert den Zustand der Fließgewässer bezüglich der Nährstoffbelastung. Die Auswertung basiert auf der relativen Häufigkeit indikativer Kieselalgentaxa. Diesen ist ein Indikationswert D zugeordnet, der das Taxon bezüglich seiner autökologischen Präferenz charakterisiert.

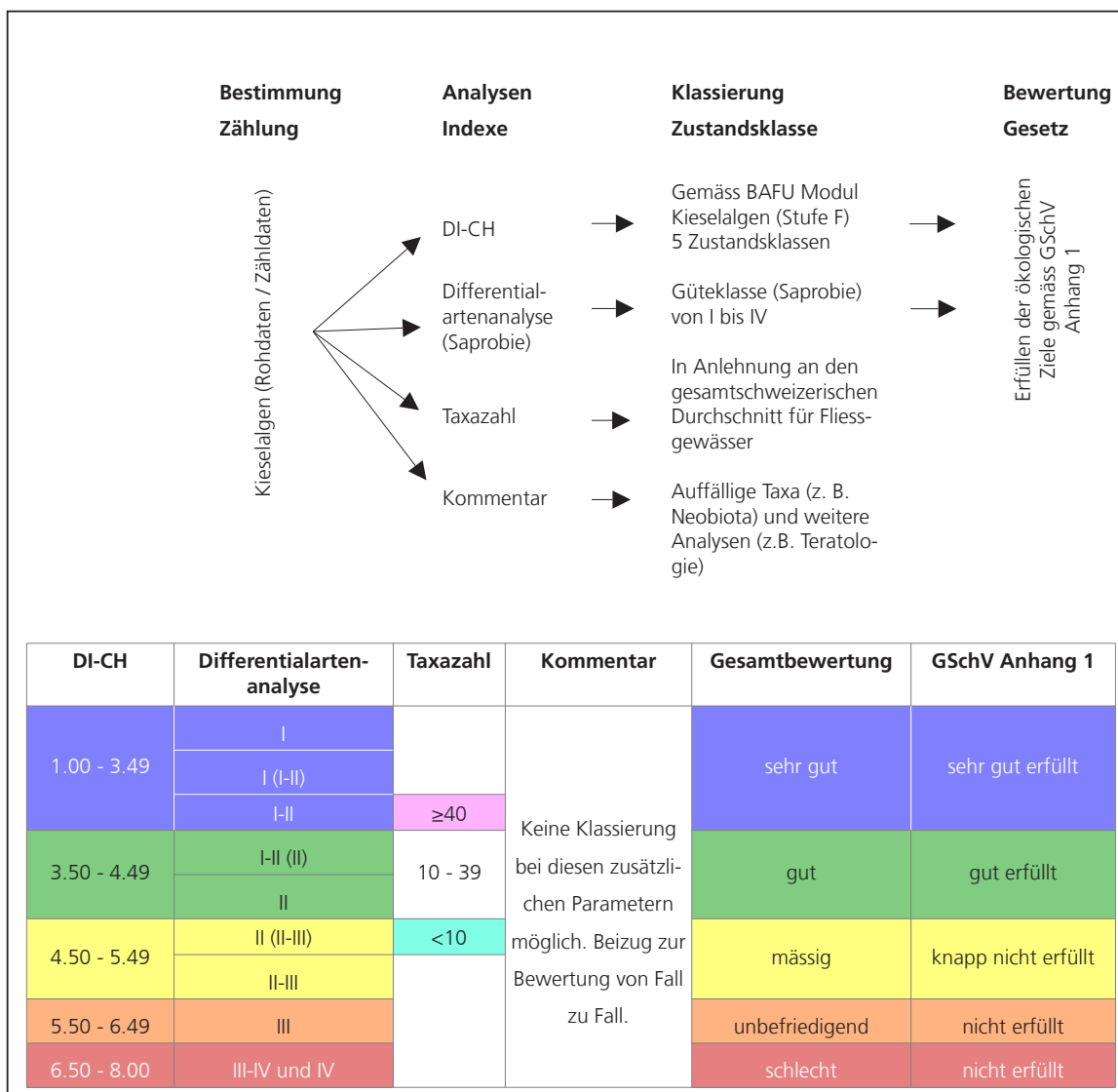
zug zu chemischen Parametern, die anthropogene Stoffbelastungen anzeigen, und sind somit ein wichtiger Aspekt im Hinblick auf die Überprüfung der ökologischen Zielsetzung gemäss Anhang 1 der Gewässerschutzverordnung (GSchV, 1998). Der DI-CH reicht von 1 (nährstoffarmes Wasser) bis 8 (nährstoffreiches und organisch belastetes Wasser) und wird in fünf Klassen eingeteilt: «sehr gut», «gut», «mässig», «unbefriedigend», «schlecht». Für die Berechnung werden indikative Taxa beigezogen, wobei der Indikationswert D ein Taxon bezüglich den von ihm bevorzugten Lebensbedingungen charakterisiert (Tabelle 2.2). Der DI-CH basiert auf Daten von grösstenteils kleineren und mittleren watbaren Fließgewässern. Bei der Eichung wurden jedoch Daten von sehr kleinen Bächen und grossen Flüssen weniger berücksichtigt, so dass die Anwendung wohl zulässig ist, jedoch von Fall zu Fall kritisch hinterfragt werden muss. Die Auswertungen beruhen alle auf den relativen Häufigkeiten, welche an jeder Stelle für jede gefundene Kieselalgenart aufgrund der Zählung eruiert wurden.

**Tab. 2.2: Klassen des DI-CH Wertes und der D-Werte mit ihren jeweiligen numerischen Werten, der Beurteilung sowie der Farbcodierung.** Bei den D-Werten werden zusätzlich in der Klasse «sehr gut» die Taxa mit einem D-Wert < 2.5 unterschieden und optisch gesondert ausgewiesen (BAFU, 2007b).

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

Die Überprüfung der ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung Anhang 1 (GSchV, 1998) erfolgt für jede Transektstelle nach dem in Abbildung 2.2 aufgeführten Vorgehen und bezieht neben der Beurteilung des DI-CH Wertes noch weitere Kriterien mit ein. Die verschiedenen Klassierungen zusammen ergeben ein Gesamtbild der Transektstelle und erlauben eine mehrfach abgestützte Beurteilung des Gewässerzustandes. Da innerhalb einer Kieselalgenprobe die einzelnen Klassierungen voneinander abweichen können, ist im Normalfall für die 5-teilige Gesamtbewertung («sehr gut», «gut», «mässig», «unbefriedigend», «schlecht») und den Zielerfüllungsgrad («sehr gut erfüllt», «gut erfüllt», «knapp nicht erfüllt», «nicht erfüllt») diejenige Klassierung massgebend, welche die schlechteste Zustandsklasse indiziert.

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



**Abb. 2.2: Methodischer Ablauf zur Überprüfung der ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung Anhang 1 (GSchV, 1998).** Die Zustandsklasse jeder untersuchten Transektstelle wird mit mehreren Kriterien überprüft. Die verschiedenen Klassierungen zusammen ergeben ein Gesamtbild der Transektstelle und erlauben eine mehrfach abgestützte Beurteilung des Gewässerzustandes. Die farbig hinterlegten Flächen kennzeichnen die definierten Erkennungsfarben der einzelnen Indizes und ihrer Zustandsklassen (blau = «sehr gut», grün = «gut», gelb = «mässig», orange = «unbefriedigend», rot = «schlecht»). Da innerhalb einer Kieselalgenprobe die einzelnen Klassierungen voneinander abweichen können, ist im Normalfall für die 5-teilige Gesamtbewertung («sehr gut», «gut», «mässig», «unbefriedigend», «schlecht») und den Zielerfüllungsgrad («sehr gut erfüllt», «gut erfüllt», «knapp nicht erfüllt», «nicht erfüllt») diejenige Klassierung massgebend, welche die schlechteste Zustandsklasse indiziert.

Weiter wurden taxa- und indexspezifische Auswertungen durchgeführt und die Standortgerechtigkeit der Lebensgemeinschaften beurteilt. Mit der Standortgerechtigkeit wird versucht einzuschätzen, ob eine vorgefundene Lebensgemeinschaft dem Standort entsprechend natürlich/naturnah ist oder nicht. Diese Frage

ist zentral, da in der Gewässerschutzverordnung Anhang 1 (ökologische Ziele) in Artikel 1 gefordert wird:

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

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

Die Kennwerte zur Beurteilung der Standortgerechtigkeit waren der DI-CH-Wert, der Anteil an Arten mit D-Werten  $\geq 5.5$  und  $< 2.5$ , die Gleichmässigkeit der Populationsstruktur (Evenness), die Taxazahl, der maximale Anteil des häufigsten Taxons pro Probe (Dominanz) sowie der relative Anteil an Neophyten (Tabelle 2.3). Damit werden art- und indexspezifische Kennwerte beigezogen, sodass die Struktur der Lebensgemeinschaft wie auch indikative Gruppen (DI-CH, D-Gruppen) in die Beurteilung einfließen. Die firmeneigene Methode befindet sich noch in der Testphase und ist nicht publiziert. Dennoch zeigt sich, dass der Anspruch auf eine standortgerechte Lebensgemeinschaft deutlich höher ist, wie das blosses Erfüllen der biologisch indizierten Wasserqualität (DI-CH-Wert).

**Tab. 2.3: Kennwerte zur Beurteilung der Standortgerechtigkeit bei Gewässern des Mittellandes und des Alpenen Raums.**

	Kennwerte zur Beurteilung und Erfüllung der Standortgerechtigkeit						
	DI-CH	Ökologie		Struktur Lebensgemeinschaft			Gebietsfremde Arten
		D-Wert $\geq 5.5$ <sup>3</sup>	D-Wert $< 2.5$ <sup>3</sup>	Evenness <sup>4</sup>	Taxazahl <sup>4</sup>	Dominanz <sup>5</sup>	Summe rH
<b>Mittelland</b>	$< 4.5$	$< 15 \%$	$> 10 \%$	$> 0.4$	$> 18$	$< 50 \%$	$< 2 \%$
<b>Alpiner Raum</b>	$\leq 2.0$	$< 10 \%$	$> 20 \%$	$> 0.4$	$> 18$	$< 50 \%$	$< 2 \%$

<sup>1</sup> Biogeografische Regionen: Mittelland und Jura.

<sup>2</sup> Biogeografische Regionen: Alpennord- und Alpensüdflanke sowie östliche und westliche Zentralalpen.

<sup>3</sup> Summe relative Anteile rH der Taxa mit D-Werten  $\geq 5.5$  respektive  $< 2.5$ .

<sup>4</sup> Natürliche Verhältnisse mit geringer Evenness resp. Taxazahl bleiben vorbehalten.

<sup>5</sup> Bei einer Dominanz einer Art  $> 50 \%$  spielt der D-Wert des Taxons eine zusätzliche Rolle.

Die Felddaten und Sondenmesswerte, die Korngrössenverteilung, die Daten des Äusseren Aspektes und des pflanzlichen Bewuchses sowie die Zählraten der Kieselalgenproben sämtlicher untersuchten Transektstellen liegen elektronisch in einer Exceltabelle vor, welche den Auftraggebern abgegeben wurde.

### 3 Resultate und Schlussfolgerungen im Fließverlauf

Im folgenden Kapitel werden die Themen Sondenmesswerte, Äusserer Aspekt, Korngrößenverteilung, pflanzlicher Bewuchs und Kieselalgen stellenübergreifend abgehandelt. Es geht dabei insbesondere um Gemeinsamkeiten und um Änderungen im Fließverlauf sowie um den Vergleich mit früheren Untersuchungen. Die Resultate der Erhebungen pro Messstelle können den Stellendokumentationen im Anhang A entnommen werden.

#### 3.1 Sondenmesswerte

Die Wassertemperatur der Aare zwischen dem Bielersee und dem Rhein lag im Mittel über alle Messstellen hinweg bei 8.1 °C. Im Fließverlauf war eine Temperaturzunahme ersichtlich. Die einzige Ausnahme bildete die Messstelle Arch im Rückstaubereich des Kraftwerks. Dort stieg die Temperatur von 5.5 °C bei Nidau auf 8.3 °C bei Arch und fiel wieder auf 6.0 °C bei Flumenthal. Die Einmündung der Emme in die Aare kurz vor der Messstelle bei Flumenthal dürfte im Wesentlichen zu dem Temperaturabfall beigetragen haben. Im untersuchten Abschnitt der Aare gibt es in Brugg eine Bundesmessstation, welche für den Untersuchungszeitraum eine durchschnittliche Wassertemperatur von 7.2 °C angibt (BAFU, 2023).

Die Sauerstoffkonzentration zeigte im Fließverlauf keine Tendenz der Zu- oder Abnahme. Sie betrug im Mittel über alle Messstellen hinweg 12.6 mg/l (111.3 %). Die Aare wies an den meisten Messstellen einen hohen bis sehr hohen Anteil pflanzlicher Biomasse (Makrophyten und Algen) auf, was die Sauerstoffwerte nahe der, respektive oft überschrittene, Sättigung bedingt.

Die Leitfähigkeit nahm im Fließverlauf der Aare vom Ausfluss aus dem Bielersee (383 µS/cm) bis Brugg (436 µS/cm) kontinuierlich zu. Ursächlich hierfür ist mitunter die Einleitung von gereinigtem Abwasser der zahlreichen Kläranlagen. An den letzten beiden Messstellen (Stilli, Felsenau), nach dem Zufluss der Reuss und der Limmat deren Leitfähigkeit im Mündungsbereich knapp über 300 µS/cm liegt, sank die Leitfähigkeit wieder auf rund 390 µS/cm.

#### 3.2 Äusserer Aspekt

Bei der Betrachtung des Äusseren Aspektes fällt auf, dass bei jeder der 13 untersuchten Messstellen Beeinträchtigungen vorlagen. Dabei spielten jene der fließenden Welle eine geringere Rolle, als jene der Gewässersohle. Die Anforderungen an die ökologischen Ziele gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV, 1998) Anhang 2 wurden hinsichtlich des Äusseren Aspektes bei den Parametern der **fließenden Welle** bei den Messstellen der Aare weitestgehend erfüllt. Bei den Parametern der **Gewässersohle** war die Erfüllung dieser Anforderungen bei einigen Parametern fraglich respektive nicht erfüllt (Tabelle 3.1).

Die Parameter der fließenden Welle waren bis auf das Auftreten von stabilem Schaum unauffällig. Insbesondere im Abschnitt der Restwasserstrecke bei Rapperswil-Auenstein war das Vorkommen von stabilem Schaum so hoch, dass die Anforderungen der GSchV hinsichtlich dieses Parameters nicht mehr als erfüllt

gelten. Der Äussere Aspekt manifestierte sich bei den Messstellen der Aare jedoch hauptsächlich mit Beeinträchtigungen der Gewässersohle in den Uferbereichen. Die mittleren drei Transektstellen wiesen bis auf Kolmation, Eisensulfid und wenig Verschlammung in der Regel keine Beeinträchtigung auf. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass der Äussere Aspekt basierend auf Tauchaufnahmen nicht gleich umfassend beurteilt werden konnte, wie die Uferbereiche. Dennoch ist es naheliegend, dass die gut durchströmten Bereiche wenig bis keine Verschlammung oder andere Beeinträchtigungen aufwiesen. Eine leichte respektive mittlere Kolmation der Gewässersohle wurde an 40 von 68 untersuchten Transektmessstellen beobachtet.

Die starke Nutzung der Aare hinsichtlich Wasserkraft und der damit einhergehenden fehlenden Dynamik und einem Geschiebedefizit, machte sich bei fünf Messstellen stark bemerkbar. So waren Bereiche der Stellen Nidau-Port, Arch, Flumenthal, Wangen und Olten als Folge der Stauwirkung so stark verschlammt, dass die Anforderungen an die GSchV hinsichtlich dieses Parameters nicht mehr als erfüllt gelten. Auch Eisensulfid wurde regelmässig entlang der Aare nachgewiesen, dabei aber deutlich häufiger im Uferbereich, als in der Gewässermitte. Die Uferbereiche der Aare wiesen sehr häufig Abfälle (Plastik, Eisenschrott, Glas,...) respektive Feststoffe der Siedlungsentwässerung (Hygieneartikel) auf.

**Tab. 3.1: Äusserer Aspekt der Gewässersohle pro Messstelle und im Fließverlauf der Aare zwischen dem Bielersee und dem Rhein im Jahr 2022.** Dargestellt sind die Beeinträchtigungen der Gewässersohle. Bei den Beeinträchtigungen der fließenden Welle wurde nur der Parameter Schaum aufgeführt, bei welchem Beeinträchtigungen vorlagen. Die dargestellten Beeinträchtigungen stellen eine Synthese dar und zeigen jeweils die schlechteste Beurteilung pro Messstelle.

Messstelle	Geruch Sediment	Verschlammung	Abfälle	Abfälle Siedlungsentwässerung	Heterotropher Bewuchs	Eisensulfid (%)	Kolmation Gewässersohle	Schaum
POR (Nidau-Port)	kein	viel	wenige	keine	kein	10-25	leicht/mittel	keine
ARC (Arch)	kein	viel	wenige	wenige	kein	> 25	leicht/mittel	mittel
FLU (Flumenthal)	kein	viel	wenige	wenige	kein	10-25	leicht/mittel	keine
WAN (Wangen)	kein	viel	wenige	keine	kein	> 25	leicht/mittel	wenig
WYN (Wynau)	kein	keine	viel	viel	kein	kein	leicht/mittel	keine
AAB (Aarburg)	kein	keine	viel	viel	kein	kein	leicht/mittel	wenig
OLT (Olten)	kein	viel	viel	keine	kein	10-25	leicht/mittel	keine
WIZ (Winznau)*	kein	keine	viel	viel	kein	kein	leicht/mittel	mittel
R-A (Rupperswil-Auenstein)*	kein	keine	mittel	wenige	kein	kein	leicht/mittel	viel
VIL (Villnachern)*	kein	keine	viel	viel	kein	kein	leicht/mittel	mittel
BRU (Brugg)	kein	keine	wenige	keine	kein	kein	leicht/mittel	keine
STI (Stilli)	gering	keine	wenige	keine	kein	> 25	leicht/mittel	keine
FEL (Felsenau)	gering	wenig	mittel	wenige	kein	10-25	leicht/mittel	keine

**Legende**

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

Diese verfangen sich in der Ufervegetation oder sammelten sich an der Gewässersohle und im Uferbereich. So wurden ausnahmslos an allen 13 untersuchten Messstellen Abfälle nachgewiesen. An fünf davon in solchen Mengen, dass die Anforderungen der GSchV als nicht mehr erfüllt gelten.

Die festgestellten Beeinträchtigungen der Gewässersohle dürften in Zusammenhang mit dem eingeleiteten gereinigten Abwasser wie auch mit der zum Teil fehlenden Geschiebedynamik (Seeausfluss, Stauregulierung, Uferverbauungen und damit fehlende Seitenerosion) zu tun haben.

### **Vergleich mit früheren Untersuchungen**

Im Rahmen der Untersuchung von Herbst 2001 zeigten die Uferbereiche der untersuchten Stellen regelmässig Verschlämzung, wobei diese in den eingestauten Bereichen bei Wangen und Olten am auffälligsten war. Der Nachweis von Eisensulfid war über den gesamten Fliessverlauf der Aare an den untersuchten Stellen eher gering. Auffällig häufig war Eisensulfid nur an den Uferstellen bei Olten aufgetreten. Feststoffe der Siedlungsentwässerung gab es verbreitet nur an der Aare bei Winznau (Von Känel, 2003). Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Parameter des Äusseren Aspektes bei den früheren Untersuchungen nicht in einem solchen Umfang und mit einer anderen Systematik, wie 2022 untersucht wurden. So wurde das Modul-Stufen-Konzept für den Äusseren Aspekt im Jahr 2007 publiziert, sechs Jahre nach der ersten Monitoringkampagne an der Aare. Im Rahmen der Untersuchungskampagne von 2012 zeigte sich, dass beim Äusseren Aspekt hauptsächlich die Parameter Kolmation, Eisensulfid und Abfälle / Feststoffe der Siedlungsentwässerung Defizite im Gewässer aufzeigten. Der Parameter Verschlämzung wurde bei der damaligen Untersuchung nicht erhoben (Hydra, 2012).

### **3.3 Korngrößenverteilung**

Für die Analyse der Korngrößenverteilung wurden die Korngrößen (Perret, 1997) in die Kategorien «Steine < 10 cm» (Korngrößen 3, 4, 5 und 6) und «Steine > 10 cm» (Korngrößen 1 und 2) zusammengefasst (Abbildung 3.1). Die Kategorie «Steine < 10 cm» umfasst dabei faustgrosse Steine sowie kleinere Korngrößen und die Kategorie «Steine > 10 cm» kopfgrosse Steine sowie grössere Korngrößen. Da die Sohle der Aare durchgängig leicht bis mittelstark kolmatiert ist, dürften selbst bei erhöhtem Abfluss in der Aare faustgrosse Steine vermutlich nicht sehr beweglich sein.

Im Mittelwert über alle Transektstellen hinweg weist die Aare eine Korngrößenverteilung von rund 60 % «Steine < 10 cm» und rund 40 % «Steine > 10 cm» auf. Die Messstellen der Aare waren mehrheitlich durch eher kleinere Korngrößen gekennzeichnet. Besonders deutlich zeigte sich dies bei Arch, Wynau, Aarburg und den drei Messstellen Witznau, Rapperswil-Auenstein sowie Villnachern im Restwasserbereich. Einen höheren Anteil an Grobmaterial wiesen hingegen die Messstellen bei Flumenthal, Wangen, Brugg, Stilli und Felsenau auf.

Die mittleren Transektstellen wiesen im Vergleich zu den Uferstellen oft etwas grössere Korngrößen auf. Vermutlich ist dies durch die dort vorherrschende hö-

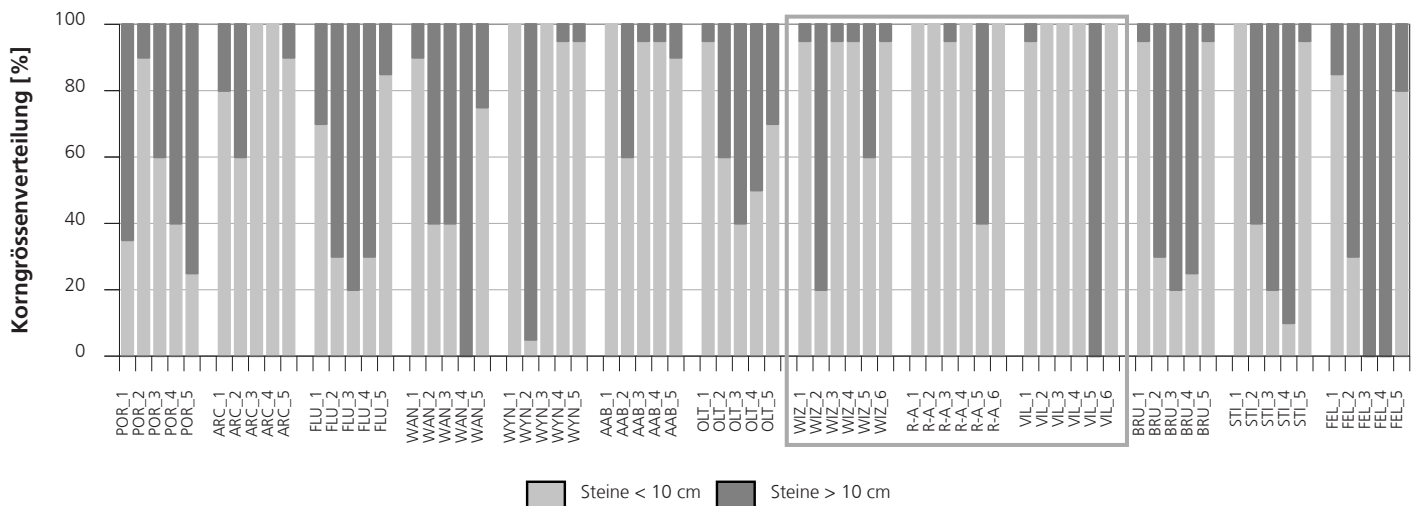
here Fließgeschwindigkeit bedingt, welche kleinere Fraktionen eher wegtransportiert. Die Uferbereiche wiesen entsprechend eher kleinere Korngrößen auf (zum Teil Kiesbänke). Dies obwohl gewisse Ufer mit grossen Steinen (Blöcken) befestigt waren. Der Anteil dieser Blöcke war offenbar im Verhältnis zur bepropten Uferfläche gering. Dennoch beeinflussen diese verbauten Ufer die Korngrößenverteilung an den entsprechenden Transektstellen hin zu einem höheren Anteil der Kategorie «Steine > 10 cm» (Abbildung 3.1).

### 3.4 Pflanzlicher Bewuchs

Der pflanzliche Bewuchs der Aare zwischen dem Bielersee und dem Rhein bestand vor allem aus Algen (44 Taxa, Gattungen oder Arten) und bezüglich Deckung nur zu geringen Anteilen aus submersen Moosen (4 Arten) und Makrophyten (2 Arten). Die Kieselalgen werden im Kapitel Phytobenthos mit Ausnahme der gebietsfremden Art *Didymosphenia geminata* nicht auf Artebene berücksichtigt. Dies weil sie im Kapitel 3.4 separat abgehandelt werden. Eine Fototafel mit einem Überblick über den pflanzlichen Bewuchs kann dem Anhang B entnommen werden.

#### Submerse Moose

Das submers vorkommende Moos *Fontinalis antipyretica* beobachteten wir am häufigsten (an acht Transektmessstellen), während *Cinclidotus danubicus*, *Cinclidotus riparius* und *Rhynchostegium riparioides* seltener vorkamen (2 bis 5 Transektmessstellen). *F. antipyretica* weist eine grosse ökologische Spannweite auf, eine schwache Eutrophierung fördert die Art.



**Abb. 3.1: Korngrößenverteilung pro Transektstelle der Aare zwischen dem Bielersee und dem Rhein im Jahr 2022.** Korngrößen gemäss Perret (1977) zusammengefasst in die Kategorien «Steine < 10 cm» (Korngrößen 3, 4, 5 und 6) und «Steine > 10 cm» (Korngrößen 1 und 2). 1: Ufer links, 2: Mitte links, 3: Mitte, 4: Mitte rechts, 5: Ufer rechts. Grauer Kasten: Messstellen der drei Restwasserstrecken.

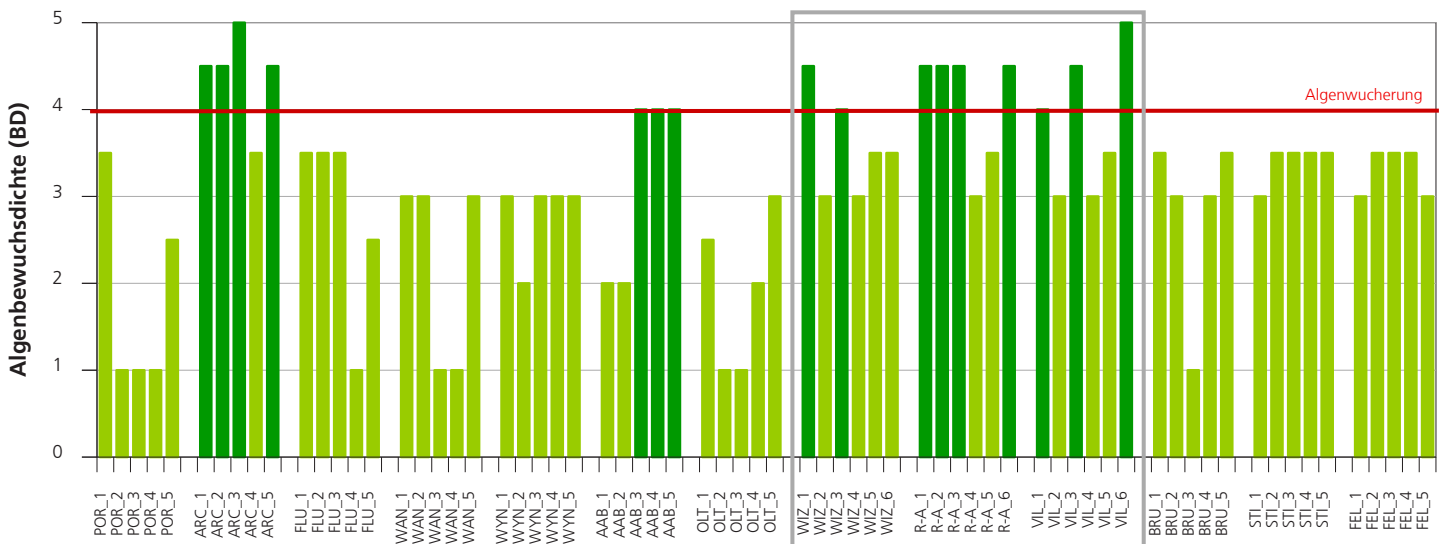


## Wasserpflanzen

Das Vorkommen von Wasserpflanzen war an den untersuchten Transektmessstellen der Aare insgesamt sehr niedrig. So wurden nur in der Aare bei Arch, an den beiden Uferstellen und der rechten Tauchstelle, Makrophyten nachgewiesen. Feinsedimentablagerungen in diesem strömungsberuhigtem Abschnitt bildeten ein ideales Substrat für Wasserpflanzen. Dominierend war die bei uns gebietsfremde Art Nuttalls Wasserpest (*Elodea nuttallii*). An der Tauchstelle am rechten Ufer erreichte sie eine Dichte von 50-75 %. Nur am rechten Ufer wurde neben *E. nuttallii* noch das Ährige Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) nachgewiesen. Diese Art erreichte dort aber nur eine Deckung von 1-10 %. Beide Arten sind in der Schweiz weit verbreitet und bevorzugen eher nährstoffreichere, stehende bis langsam fließende Gewässer.

## Phytobenthos

In der Aare beobachteten wir 44 verschiedene Algentaxa (Gattungen oder Arten), wobei die Blaualgen mit 23 Taxa am diversesten vertreten waren, gefolgt von 14 Taxa der Grünalgen, drei Taxa der Gold-/Braunalgen und vier Taxa der Rotalgen. Pro Transektmessstelle traten zwischen 0 (POR\_2, POR\_3, POR\_4, ARC\_4, WAN\_4) und 12 Taxa (VIL\_5, R-A\_5; beides Transektmessstellen der Restwasserstrecke) auf.



**Abb. 3.2: Algenbewuchsdichte (BD) pro Transektstelle der Aare zwischen dem Bielersee und dem Rhein im Jahr 2022 im Fließverlauf.** Bewuchsdichte (BD) gemäss Thomas & Schanz (1976): BD0: Kein Bewuchs, BD1: Krustenalgen, BD2: Ansätze von Fäden und Zotten, BD3: gut ausgebildete Fäden und Zotten, BD4: Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, BD5: ganzer Bachgrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar. **Rote Linie:** Ab Bewuchsdichte  $\geq 4$  liegt eine atypische Veralgung vor (Algenwucherung gemäss Anhang 2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV, 1998)). Transektstellen, bei welchen dies zutrifft, sind dunkelgrün eingefärbt. Grauer Kasten: Messstellen der drei Restwasserstrecken.

### Makroskopisches Bewuchsbild

Die Algen bedeckten mit unterschiedlichen Wuchsformen (krustig, häutig, fädig, epiphytischer Aufwuchs) die Gewässersohle. An neun von 68 Transektmessstellen, davon alle taucherisch beprobt, traten nur Krustenalgen auf (Bewuchsdichte BD 1) (Abbildung 3.2). An 59 der insgesamt 68 untersuchten Transektmessstellen wurde fädiger Bewuchs (BD > 1) festgestellt. Der makroskopische Eindruck der Aare vom Bielersee bis zum Rhein war klar von fädigen Algen geprägt. Dabei lag bei fast einem Viertel (24 %) der insgesamt 68 untersuchten Transektmessstellen der Aare die Algenbewuchsdichte bei  $\geq 4$ . Ab einer Bewuchsdichte  $\geq 4$  liegt eine atypische Veralgung (Algenwucherung) gemäss Anhang 2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV, 1998) vor. Die Gewässersohle war an diesen 16 Stellen zum grössten Teil mit Algen bedeckt, wobei teils die Struktur der Sohle nicht mehr erkennbar war. Alle drei untersuchten Messstellen im Bereich der Restwasserstrecke der Aare (Winznau, Rapperswil-Auenstein, Villnachern) wiesen Transektmessstellen mit atypisch hohem Algenbewuchs auf. Auch an den Messstellen bei Arch und Aarburg musste bei je über der Hälfte der Transektmessstellen die Bewuchsdichte der fädigen Algen als Algenwucherungen eingestuft werden.

### Indikationsgruppen

In Tabelle 3.2 ist der Algenbewuchs der Transektmessstellen pro Indikationsgruppe zusammengefasst dargestellt. Diese gemäss Wasserrahmenrichtlinie (LANUV, 2009) beigezogene Autökologie der Algen zeigt, dass viele in der Aare gefundenen Algenarten der Indikationsgruppe B (weniger sensible Arten; 62 von 68 Transektmessstellen), aber auch der Indikationsgruppe C (Störzeiger, Eutrophierung, mässigen bis unbefriedigenden Zustand anzeigend; 48 von 68 Transektmessstellen) zugeordnet werden können. Die Indikationsgruppe A (sensible Arten) trat an 28 Transektmessstellen auf. Die Indikationsgruppe D (Störzeiger, sehr starke Eutrophierung, unbefriedigenden bis schlechten Zustand anzeigend) fanden wir mit dem Taxon *Stigeoclonium* sp. zumindest nur mikroskopisch selten an zwei Transektmessstellen bei Aarburg (AAB\_2) und im Bereich der Restwasserstrecke bei Rapperswil-Auenstein (R-A\_4).

### Lebensgemeinschaften

Die Transektmessstellen der Aare wiesen hinsichtlich Kolonien bildender Kieselalgen (z.B. *Diatoma* sp.) sowie der fädigen Algen *Cladophora glomerata* (Grünalge) und *Vaucheria* sp. (Gelbgrünalge) im gesamten Fliessverlauf teils hohe Dichten auf (bis Deckungsgrad 75-100 %). Die dominierende Art unter den fädigen Grünalgen war *C. glomerata*, welche an 46 von 68 Transektmessstellen nachgewiesen wurde. Dabei kam sie ab Aarburg an fast jeder Transektmessstelle vor. An 21 der 46 Transektmessstellen lagen die Bewuchsdichten von *C. glomerata*  $\geq 4$ . Weniger häufig, aber dennoch regelmässig wurde an 24 von 68 Transektmessstellen *Vaucheria* sp. nachgewiesen. *Vaucheria* sp. und bei hoher Deckung *C. glomerata* (HK WRRL 5: massenhaft, mehr als 1/3 des Bachbettes bedeckend) gelten als Störzeiger (LANUV, 2009). Die erhöhte pflanzliche Produktion der beiden Arten ist atypisch und wird durch hohe Nährstoffverfügbarkeit gefördert, wie es

mitunter durch die Einleitung gereinigter Abwässer in die Aare bedingt ist. So könnte das Vorkommen von *Vaucheria* sp. an den Uferstellen von Flumenthal in Zusammenhang mit der oberhalb der Messstelle gelegenen Einleitstelle der ARA Flumenthal (Einwohnerwert: 12'500) zusammenhängen. Diese leitet linksseitig, ca. 150 m oberhalb der untersuchten Messstelle gereinigtes Abwasser in die Aare. Auch bei Aarburg wiesen die drei Transektmessstellen ausserhalb des schnell strömenden Hauptarmes sehr hohe Dichten an Störzeigern, wie *Vaucheria* sp. oder *Pleurocapsa minor* auf. Oberhalb der Messstelle gelangen die gereinigten Abwässer grösserer Kläranlagen in die Aare und prägen das makroskopische Bild des pflanzlichen Bewuchses bei Aarburg in Bereichen mit fehlender Dynamik. Sowohl *C. glomerata* als auch *Vaucheria* sp. tolerieren erhöhte Nährstoffkonzentrationen und gereinigtes Abwasser aus Kläranlagen. Hohe Bewuchsdichten werden zusätzlich durch stabiles Substrat, gute Lichtverhältnisse sowie fehlende Dynamik gefördert.

Eine weitere Grünalgenart, welche insbesondere in den Restwasserstrecken regelmässig auftritt, ist *Monostroma bullosum*. In der Aare fiel sie durch ihren makroskopisch erkennbaren, typisch grünen, leicht schleimigen und häutchenförmigen Thalli auf, welcher meist an kopfgrossen Steinen zu finden war. Eine definitive Artbestimmung muss trotz der spezifischen Merkmale mikroskopisch erfolgen, da sie mit ähnlichen Algen, wie *Prasiola*, *Enteromorpha* oder *Tetraspora* verwechselt werden kann. *M. bullosum* ist eine reine Süsswasseralge, über deren Ökologie bisher wenig bekannt ist. Sie scheint kühlere Gewässer zu bevorzugen, hinsichtlich der ökologischen Ansprüche kann sie nicht klar eingestuft werden (Friedl, 1978). *M. bullosum* konnte an insgesamt 17 Transektmessstellen nachgewiesen werden, wovon 10 Nachweise auf Bereiche der Restwasserstrecken fallen.

Bei der Grünalgengattung *Ulothrix* konnten drei Arten in der Aare, mit Verbreitungsschwerpunkt in den Restwasserstrecken und den Uferbereichen, nachgewiesen werden: *Ulothrix tenerrima*, *Ulothrix tenuissima* und *Ulothrix zonata*. Makroskopisch weisen sie dunkelgrüne Fäden von glatter bis leicht schleimiger Konsistenz auf. Mitunter anhand der Fadenbreite und dem Chloroplasten lassen sich diese Arten mikroskopisch gut unterscheiden (LANUV, 2009). Die häufigste dieser drei Arten ist *U. zonata*, welche an 25 von 68 Transektmessstellen nachgewiesen wurde. Zusammen mit *U. tenerrima* (Vorkommen: 4 von 68 Transektmessstellen) ist sie als Indikator einer guten ökologischen Qualität eingestuft. *U. tenerrima* hat wiederum hinsichtlich der ökologischen Präferenzen eine grössere Toleranz hinsichtlich Saprobie und Schwermetallen im Gewässer und gilt daher als Störzeiger (LANUV, 2009). Sie wurde an der Aare an 11 Messstellen nachgewiesen.

Die zu den Rotalgen gehörende krustenförmige *Hildenbrandia rivularis* wurde an 37 von 68 Transektmessstellen der Aare in geringer bis mittlerer Dichte gefunden (1-10 % bis maximal 26-50 %). Die Art ist die einzige ihrer Gattung im Süsswasser. *H. rivularis* ist eine schattentolerante Form, welche sensibel auf zu viel Geschiebeaktivität eines Gewässers reagiert. Ebenfalls sensibel reagiert sie auf erhöhte Trophie und organische Belastung (LANUV, 2009). Die Art ist mit Ausnahme der Stellen bei Arch und Winznau an allen untersuchten Messstellen der Aare nachgewiesen worden. Bei Brugg, Stilli und Felsenau, kam *H. rivularis* an jeder untersuchten Transektmessstelle vor. Zusammen mit *H. rivularis* trat an sieben der

68 Transektmessstellen auch die seltener anzutreffende Braunalge *Heribaudiella fluviatilis* auf. Diese Braunalgenart gilt in kalkhaltigen Fließgewässern als Indikator für eine gute ökologische Qualität (LANUV, 2009). Wir finden diese Art eher selten und wenn, dann z.B. bei Seeausflüssen. Im Rahmen eines Erstnachweises für die Schweiz konnte eine weitere Braunalgenart, *Pleurocladia lacustris*, in der Aare an sieben Transektmessstellen nachgewiesen werden. Im Allgemeinen nehmen wir an, dass *H. fluviatilis* und *P. lacustris* infolge der dunklen Farbe häufig übersehen oder gar verwechselt werden, sofern kein Augenmerk darauf gelegt wird. *H. fluviatilis* tritt oft zusammen mit *H. rivularis* auf. Das häufige Auftreten der krustenförmigen Rotalge *H. rivularis* wie auch der Braunalge *H. fluviatilis* sind hingegen ein Anzeichen für eine stabile Sohle respektive für eine eingeschränkte Geschiebedynamik in der Aare als Folge der starken Wasserkraftnutzung des Gewässers. Neben den krustenförmigen Rotalgenlagern konnten auch fädige Arten nachgewiesen werden. Häufigste Art dabei war *Bangia atropurpurea*, welche an insgesamt 11 Stellen in der Aare zwischen Wangen und Felsenau vorkam. Gemäss LANUV (2009) toleriert sie erhöhte Trophie, reagiert aber empfindlich gegenüber saprobieller Belastung. An zwei Transektmessstellen (eine in Flumenthal, eine in Brugg) wurde mikroskopisch die fädige Rotalge *Batrachospermum sp.* nachgewiesen, welche als Indikator für eine gute ökologische Qualität gilt LANUV (2009). Mikroskopisch wurden an acht Stellen zwischen Flumenthal und Felsenau sogenannte Chantransia-Stadien gefunden. Dabei handelt es sich um ein Entwicklungsstadium im Lebenszyklus von Rotalgen. Eine eindeutige Zuordnung zur Rotalgengattung *Batrachospermum sp.*, war anhand der morphologisch vorhandenen Merkmale nicht möglich.

Makroskopisch auffällige Bestände bildete die Goldalge *Hydrurus foetidus*, welche an insgesamt 11 von 68 Transektmessstellen vorkam. Die Vorkommen dieser für das Winterhalbjahr typischen Alge, beschränkten sich dabei auf die freifliessenden Strecken der Aare (Wynau und Aarburg), sowie die Restwasserstrecken (Winznau, Rupperwil-Auenstein und Villnachern). Innerhalb dieser fünf Abschnitte der Aare kam *Hydrurus foetidus* ausschliesslich in den gut durchströmten Flussbereichen vor. Hinsichtlich Saprobie und Trophie weist die Art eine weite Toleranzspanne auf LANUV (2009).

Blualgen wurden hauptsächlich in Form von krustigem Bewuchs und teils in Form hautförmiger Lager nachgewiesen. Aufgrund des häufig dichten fädigen Bewuchses der Grünalgen, waren Blualgen makroskopisch nur schwer zu erkennen und wurden häufig erst bei der mikroskopischen Analyse bestimmt. Die häufigste Art war *Aphanocapsa rivularis*, welche an insgesamt acht Transektmessstellen auftrat, jedoch nur mikroskopisch nachgewiesen wurde. *A. rivularis* gilt als charakteristische Art für Gewässer mit einem niedrigen Nährstoffgehalt und geringer organischer Belastung LANUV (2009). Die makroskopisch am häufigsten nachgewiesene Arten waren die haut- bzw. krustenförmigen Lager von *Phormidium retzii* und *Chamaesiphon sp.* Die ökologische Amplitude der Chamaesiphon-Arten ist weit gespannt, während *P. retzii* in meso- bis eutrophen Gewässern vorkommt und als Störzeiger gilt LANUV (2009). Insgesamt erreichten die Blualgenvorkommen nur geringe Dichten mit einer maximalen Bewuchsdichte von 3 (26-50 %).



sondere an den Messstellen der Restwasserstrecken häufte sich das Aufkommen eines atypisch hohen Algenbewuchses ( $BWD \geq 4$ ). Zudem wurde an zwei Transektmessstellen bei Rapperswil-Auenstein (R-A\_4; R-A\_5) ein akkumuliertes Vorkommen von Störzeigern, wie *Oscillatoria limosa*, *Phormidium retzii* und *Stigeoclonium* sp. verzeichnet. Die im gesamten Fließverlauf der Aare zwischen dem Bielersee und dem Rhein auffällig hohen Bewuchsdichten fädiger Algen, sowie der Krustenalge *Hildenbrandia rivularis* sind Abbild des wenig dynamischen Flusslaufes der Aare mit stabiler Gewässersohle und wenig Geschiebetrieb. Nährstoffeinträge durch die Nutzung der Aare als Vorfluter, intensive Landwirtschaft oder aus anderen Quellen fördern das Vorkommen nährstofftoleranter Arten, wie typischerweise *Vaucheria* sp., welche im gesamten Untersuchungsabschnitt regelmässig vorkommt. Zudem haben die lang andauernde Schönwetterperiode im Februar und März 2022 zu niedrigen Wasserständen sowie guten Lichtverhältnissen geführt und das Algenwachstum stark gefördert. Insgesamt sind bei 16 Transektmessstellen die Anforderungen an die GSchV in Hinblick auf die Algenbewuchsdichte nicht erfüllt.

### Vergleich mit früheren Untersuchungen

Der pflanzliche Bewuchs wurde in den Untersuchungskampagnen der Jahre 2001/02 und 2022 systematisch untersucht. Im Jahr 2012 wurden im Rahmen der Lebensraumbetrachtung der Makrozoobenthosuntersuchung nur die vorkommenden Arten dokumentiert, diese aber nicht systematisch erfasst (Hydra, 2013).

Im Vergleich zu den Untersuchungen von 2001 waren submerse Moose damals wie heute regelmässig entlang der Aare zwischen dem Bielersee und dem Rhein verbreitet. Hinsichtlich der Wasserpflanzenbestände konnte ein starker Rückgang verzeichnet werden. So zeigten Untersuchungen von Limnex (1995) in den Jahren 1990-1992 im Abschnitt der Aare zwischen dem Bielersee und dem Rhein noch regelmässige Wasserpflanzen-Vorkommen. Insbesondere im Nidau-Büren Kanal und in aufgestauten Strecken, wie dem Klingnauer Stausee gab es grosse Bestände, sodass teilweise sogar von 'Verkrautung' gesprochen wurde. Als häufigste Taxa wurden unter anderem *Potamogeton pectinatus* (Kammlaichkraut), *Myriophyllum spicatum* (Tausendblatt), *Butomus umbellatus* (Schwanenblume) und *Sparganium emersum* (Einfacher Igelkolben) genannt. Aufnahmen im Herbst 2002 zeigten bereits einen Einbruch der Wasserpflanzenbestände, sowohl in der räumlichen Verbreitung, als auch in der Artenzahl. Bei der vorliegenden Untersuchung im Jahr 2022 wurden Wasserpflanzen und submerse Moose wieder systematisch erhoben und schliesslich nur noch im Abschnitt der Aare bei Arch, bestehend aus den beiden Arten *Elodea nuttallii* (Nuttalls Wasserpest) und *M. spicatum*, nachgewiesen.

Die im Rahmen der algologischen Untersuchung vom Herbst 2001 zusammengetragenen Ergebnisse decken sich im Grossen und Ganzen mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie. Von Känel (2003) schreibt, dass "der Bewuchs der Fließstrecken zur Gesellschaft fädiger Grünalgen (*Cladophora glomerata*) - Rotalgenlager (*Hildenbrandia rivularis*) mit für schnell strömende Abschnitte typisch seltene fädige Rotalge *Bangia atropurpurea*" gehört. Auch 2022 waren *C. glomerata* und *H. rivularis* die am häufigsten nachgewiesenen Algenarten. Im Vergleich zu 2001

gab es wenige Arten, welche in der aktuellen Studie nicht mehr nachgewiesen werden konnten. Darunter die 2001 noch regelmässig vorkommende Rotalge *Audouinella hermanii*, die Grünalge *Protoderma viride* und die abwasseranzeigende Grünalge *Stigeoclonium tenue*. Auch die beiden Wasserflechten *Verrucaria rheitrophila* und *Verrucaria elaeomelaena* konnten 2022 nicht nachgewiesen werden. Dies bedeutet aber nicht zwangsläufig, dass diese Arten in der Aare nicht mehr vorkommen. Känel hebt in ihren Untersuchungen 2001 insbesondere die Messstelle bei Wynau hinsichtlich einer diversen Algengesellschaft hervor. Auch 2022 fiel die Messstelle durch eine vielfältige Sohlenstruktur und einem ebenfalls vielfältigen pflanzlichen Bewuchs, insbesondere in den gut durchströmten Bereichen, auf. Hinsichtlich der Häufigkeit einzelner Arten gibt es ebenfalls Verschiebungen zu den Untersuchungen von 2001. Während die Rotalge *Bangia atropurpurea* 2001 makroskopisch nur an zwei von 11 untersuchten Messstellen nachgewiesen werden konnte, waren es 2022 acht von 13. Auch in Hinblick auf die Bewuchsdichten fädiger Algen zeigte sich bei den Untersuchungen von 2022 ein anderes Bild, wie noch 2001. So prägten im Jahr 2001 fädige Algen hauptsächlich in den Abschnitten mit geringer Wassertiefe, wie in Wynau, Aarburg, Winznau oder Villnachern mit mittleren bis hohen Dichten sichtbar das Bewuchsbild. An den übrigen Messstellen zeigten höchstens die Uferbereiche fädigen Bewuchs. Bei der vorliegenden Untersuchung sind ausnahmslos alle 13 Messstellen von fädigem Bewuchs geprägt. Teils so stark, dass von Veralgung gesprochen werden muss. Derart hohe Bewuchsdichten fädiger Algen wurden 2001 nicht erreicht.

### 3.5 Kieselalgen

Insgesamt wurden an den 68 untersuchten Messstellen der Aare vom Bielersee bis zur Mündung in den Rhein 179 Kieselalgenarten nachgewiesen.

#### Artenvielfalt

Die Transektmessstelle WYN\_4 wies mit 16 Kieselalgentaxa die geringste und die Transektmessstelle ARC\_4 mit 63 Kieselalgentaxa die grösste Artenvielfalt auf (Tabelle 3.4). Die durchschnittliche Taxazahl über alle Transektmessstellen liegt bei 36 und damit im Rahmen der für grössere Schweizer Fliessgewässer typischen Artzahl von 30 bis 40 Taxa oder mehr. Betrachtet man nur die Messstellen im Hauptstrom der Aare (Restwasserstrecken ausser acht gelassen), so fällt auf, dass die Transektmessstellen im Uferbereich (Uli, Ure) mit einem Mittelwert von 40 Taxa einen leicht höheren Artenvielfalt aufweisen, als die drei nicht watbaren Transektmessstellen in der Mitte (durchschnittlich 37 Taxa). Uferbereiche weisen oft eine höhere Substratvielfalt und damit mehr ökologische Nischen auf, was eine höhere Artenvielfalt bedingt. Zudem trägt die höhere Strömung im Gewässer vermutlich zu tieferen Taxazahlen bei den Transektmessstellen in der Flussmitte der Aare bei (Mittelwert Ufer: 0.1 m/s; Mittelwert Mitte: 0.5 m/s). Die mittlere Taxazahl der Restwasserstrecken der Aare (Winznau, Ruppenswil Auenstein und Villnachern) liegt mit 30 Arten niedriger, als im Hauptstrom der Aare. Die geringe Artenzahl erklärt sich durch die drei häufigsten Arten, welche mit einem hohen relativen

Anteil (62.4 %, Mittelwert Transektmessstellen) dominierten. Im Hauptstrom der Aare liegt der Mittelwert der drei häufigsten Taxa bei 54.7 %. Ein tieferer relativer Anteil der Summe der drei häufigsten Arten erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass auch nicht zahlreiche Arten innerhalb einer Zählung von 500 Schalen erfasst werden können.

### **Lebensgemeinschaften**

Von den insgesamt 179 Taxa gelten 14 davon als Hauptarten und 18 weitere als Begleitarten. Als Hauptarten werden Taxa betrachtet, welche mindestens an einer Stelle eine relative Häufigkeit von  $\geq 10$  % erreichen. Begleitarten sind Taxa, die an mindestens einer Stelle mit einer relativen Häufigkeit von 5 bis  $< 10$  % auftreten. Die übrigen Taxa erreichen mit relativen Häufigkeiten unter 5 % keine relevanten Bestandesgrößen, spielen aber durchaus für die Interpretation der Lebensgemeinschaft eine Rolle. Die im Untersuchungsjahr 2022 gefundenen Hauptarten im untersuchten Abschnitt der Aare sind in der Schweiz weit verbreitete Taxa. Von den Hauptarten bevorzugt nur *Achnanthydium pyrenaicum* sehr sauberes und weitgehend unbelastetes Wasser (D-Wert 1.5). Die Mehrheit der im Untersuchungsgebiet vorkommenden Hauptarten sind typisch für gering bis mittel nährstoffbelastete Fließgewässer der Schweiz. Drei Taxa unter den Hauptarten tolerieren hingegen höhere organische Belastungen und Nährstoffkonzentrationen (D-Wert  $\geq 4.5$ ). Dies sind *Amphora pediculus*, *Planothidium rostratoholarcticum* und *Navicula gregaria*. Die häufigsten an den Transektstellen der Aare vorhandenen Taxa waren *Achnanthydium delmontii*, *A. minutissimum* var. *minutissimum* und *A. pediculus* (Tabelle 3.3).

Die Lebensgemeinschaften der Aare waren bezüglich der relativen Anteile pro Taxon bei den untersuchten Transektmessstellen überwiegend ausgewogen. Die Werte der Evenness lagen zwischen 38 und 85 % (Mittelwert: 68 %). Nur bei einer von 68 Transektmessstellen (Wynau) lag dieser Wert unterhalb 40 % und lässt somit auf ein sehr stark dominierendes Taxon schliessen.



**Tab. 3.3: Hauptarten der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften an den Transektstellen der Aare zwischen Bielersee bis zur Mündung in den Rhein im Jahr 2022.** Hauptarten kommen mindestens an einer der Transektstellen mit einer relativen Häufigkeit (rH) von  $\geq 10\%$  vor. Sortierte Taxaliste nach maximale rH absteigend. D-Wert=Indikationswert, autökologische Präferenz; G-Wert=Gewichtung.

Taxon	D-Wert [-]	G-Wert [-]	minimale rH [%]	maximale rH [%]	Vorkommen [Stellen]
<i>Achnantheidium delmontii</i> <sup>1</sup>	3.5	1.0	0.8	75.8	68
<i>Achnantheidium minutissimum</i> var. <i>minutissimum</i>	3.0	0.5	2.4	56.8	68
<i>Amphora pediculus</i>	5.0	0.5	0.2	31.8	68
<i>Nitzschia dissipata</i>	3.5	1.0	1.0	24.0	67
<i>Planothidium rostratoholarcticum</i>	6.0	1.0	0.4	22.0	4
<i>Nitzschia fonticola</i>	3.5	1.0	0.2	19.4	67
<i>Encyonema minutum</i>	2.5	2.0	0.2	18.8	51
<i>Navicula gregaria</i>	5.5	1.0	0.2	17.8	41
<i>Achnantheidium pyrenaicum</i>	1.5	1.0	0.2	16.8	65
<i>Cyclotella ocellata</i>	2.0	1.0	0.2	14.2	17
<i>Navicula cryptotenella</i>	4.0	0.5	0.4	13.6	67
<i>Stephanodiscus parvus</i>	4.0	1.0	0.2	11.8	29
<i>Achnantheidium straubianum</i>	2.5	1.0	0.2	11.4	12
<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>olivaceum</i>	3.0	0.5	0.2	10.2	59

<sup>1</sup> gebietsfremdes Taxon

### Plankton

Der Anteil der Plankter war an den meisten Transektstellen der Aare tief und erreichte nur geringe relative Häufigkeiten (Tabelle 3.4). Bei 35 von 50 Transektmessstellen war der Anteil  $\leq 2\%$ . Die Messstelle in Nidau-Port und Arch wiesen mit 17.9 % respektive 7.8 % (Mittelwert Transektstellen) höhere Anteile an planktischen Taxa auf. Grund dafür ist die Nähe der Messstellen zum Bielersee. Unter den planktischen Arten dominierten bei beiden Stellen Taxa der oligo- bis mesotraphenten bis höchstens leicht eutraphenten Gattung *Cyclotella*. An der Stelle Nidau-Port, nahe des Ausflusses aus dem Bielersee, trat gehäuft auch die eutraphente Art *Stephanodiscus parvus* (D-Wert: 4) auf.

### Teratologie

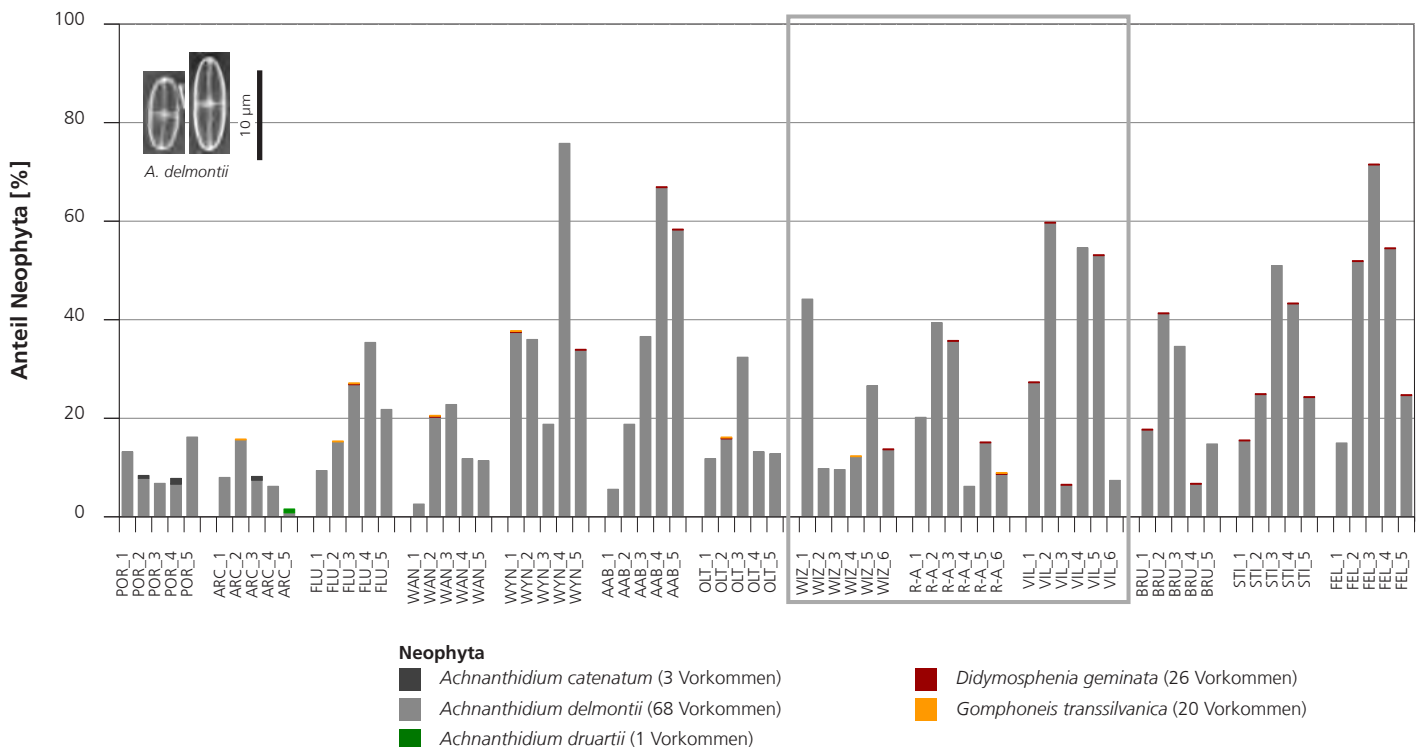
Der Anteil der Teratologie (Missbildungen) an den Transektstellen der Aare war mit Werten zwischen 0.2 bis 1.8 % tief (Mittelwert: 0.6 %). 55 von 68 Transektstellen wiesen Teratologien auf (Tabelle 3.4). Die Missbildungen wurden vor allem durch das Taxon *Achnantheidium delmontii* verursacht, welches vermutlich infolge hoher Dominanz (schnelles Wachstum, kurze Generationszeit mittels Zellteilung) natürlicherweise zu Deformationen der Schalen neigt. Wir gehen daher davon aus, dass das beobachtete Auftreten der Teratologie in der Aare ein natürliches Phänomen ist und keine gewässerökologische Bedeutung hat.

### Neophyten

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

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung war *Didymosphenia geminata* die einzige Art, welche sowohl mikroskopisch als auch makroskopisch im Gewässer nachgewiesen werden konnte. Die Art fand makroskopisch an 23 Transektmessstellen einen Nachweis und mikroskopisch, im Rahmen der Kieselalgenzählungen, an 26 Transektmessstellen (teils Überschneidungen).

Bei der mikroskopischen Auswertung wurden neben *D. geminata* noch vier weitere gebietsfremde Arten nachgewiesen (Abbildung 3.3, Tabelle 3.4). Es waren dies *Achnanthydium delmontii*, *A. catenatum*, *A. druartii* und *Gomphoneis transsilvanica*. Am häufigsten vertreten war dabei *A. delmontii*. Dieses Taxon wurde im Jahr 2012 aus französischen Fließgewässern als neues Taxon beschrieben (Pérès et al., 2012), wurde aber möglicherweise früher zu der ähnlichen *Achnanthydium pyrenaicum* gezählt und damit übersehen. Im Rahmen des Monitoringprogramms

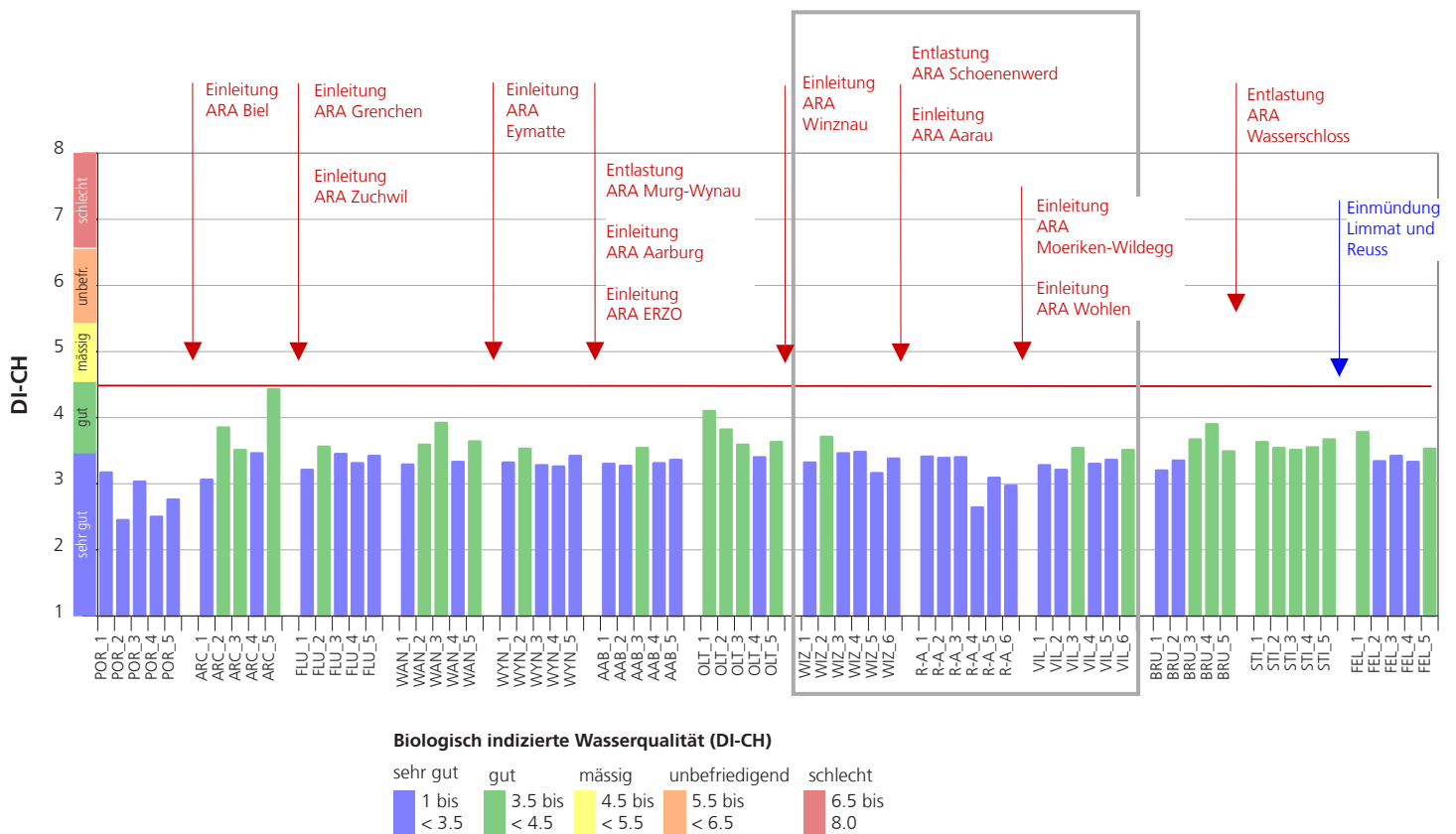


**Abb. 3.3: Anteil Neophyta pro Transektmessstelle der Aare zwischen dem Bielersee und dem Rhein im Jahr 2022 im Fließverlauf.** Anteil Neophyta in Prozent an der gesamten Kieselalgen-Lebensgemeinschaft (100 % = 500 Schalen). Grauer Kasten: Messstellen der drei Restwasserstrecken.

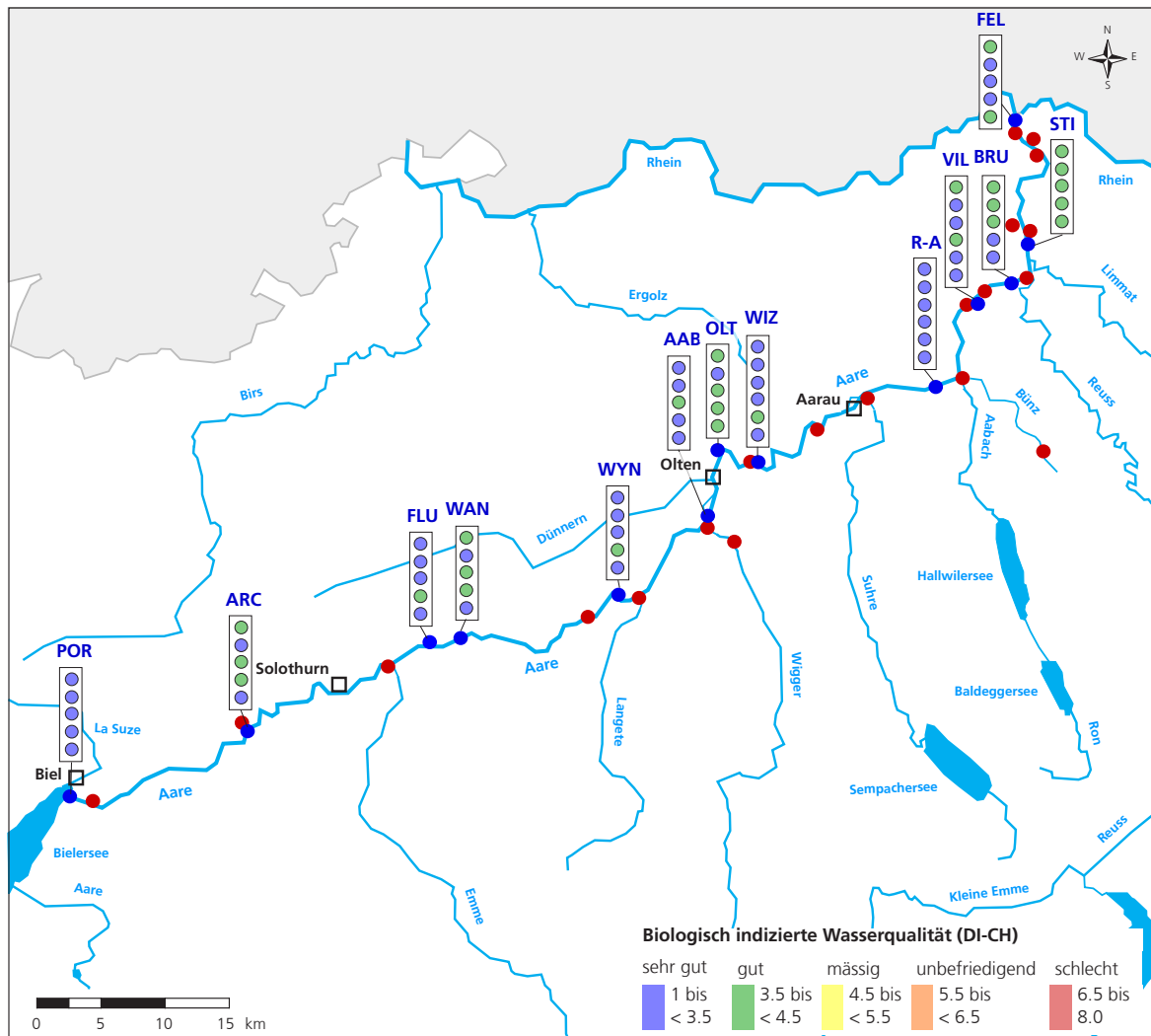
der Aare im Jahr 2012 wurde *A. delmontii* bereits nachgewiesen, blieb in seinen Häufigkeitsanteilen meistens jedoch < 10 % rH. In der vorliegenden Studie von 2022 kam *Achnanthydium delmontii* an allen 68 Transektstellen der Aare mit teils hohen Anteilen vor. Die Anteile reichten von 0.8 bis 75.8 % (Mittelwert: 24.7 %), wobei 10 der 68 untersuchten Transektstellen sogar einen Anteil von > 50 % aufwiesen. Auffällig war, dass *A. delmontii* die mittlere Flusssohle in den meisten Fällen mit höheren Anteilen besiedelte wie die Uferbereiche. Die gebietsfremde Art *A. delmontii* dürfte für Mensch, Nutztiere und Infrastruktur keine Probleme geben. Das Taxon beeinflusst aber die Artenvielfalt in einem Fließgewässer sehr stark, indem es mit den hohen Zelldichten andere (standortgerechte) Arten verdrängt, respektive die Wahrscheinlichkeit sinkt, dass eine Art im Rahmen einer Zählung erfasst wird.

### Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität

Alle untersuchten Transektstellen der Aare zwischen dem Bielersee und der Einmündung in den Rhein befinden sich im Jahr 2022 in der Zustandsklasse «gut»



**Abb. 3.4: Kieselalgen-Indexwerte DI-CH pro Transektstelle der Aare vom Bielersee bis zur Einmündung in den Rhein im Jahr 2022 im Fließverlauf.** Die Farbskala bei der Y-Achse entspricht den Zustandsklassen gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007b). **Rote Linie:** Ab einem DI-CH von  $\geq 4.5$ , werden die ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung Anhang 1 nicht mehr erfüllt (GSchV, 1998). **Blaue Pfeile:** Einmündungen grösserer Zuflüsse in die Aare. **Rote Pfeile:** Einleitungen von gereinigtem Abwasser grösserer Kläranlagen in die Aare (dargestellt sind nur Kläranlagen > 25'000 EW, die Lage weiterer Kläranlagen inklusive Angabe Einwohnerwerte EW ist in Abbildung 1.1 ersichtlich). **Grauer Kasten:** Messstellen der drei Restwasserstrecken.



**Abb. 3.5: Untersuchungsgebiet mit DI-CH je Messstelle der Aare im Abschnitt vom Bielersee bis zur Einmündung in den Rhein (n=13) sowie den Standorten der Abwasserreinigungsanlagen (ARA).** Plangrundlage: Orthofoto Swisstopo (2022).

**Blaue Punkte:** Messstellen Aare: POR (Nidau-Port), ARC (Arch), Flu (Flumenthal), WAN (Wangen), WYN (Wynau), AAB (Aarburg), OLT (Olten), WIZ (Winznau), R-A (Rupperswil-Auenstein), VIL (Villnachern), BRU (Brugg), STI (Stilli) und FEL (Felsenau).

**Rote Punkte:** Abwasserreinigungsanlagen im Fliessverlauf der Aare vom Bielersee bis zum Rhein (dimensionierte Einwohnerwerte EW), die das Abwasser mehr oder weniger direkt in die Aare einleiten: **ARA Biel (142'000 EW\*)**, ARA Orpund (17'500 EW), **ARA Grenchen (67'500 EW\*)**, ARA Selzach (6'900 EW), ARA Feldbrunnen (1'625 EW), **ARA Zuchwil (125'000 EW\*)**, ARA Flumenthal (12'500 EW), ARA Wangen-Wiedlisbach (11'800 EW), **ARA Eymatte (75'800 EW\*)**, **ARA Murg-Wynau (43'000 EW\*)**, ARA Fulenbach (6'500 EW), **ARA Aarburg (46'000 EW\*)**, **ARA ERZO Oftringen (200'000 EW\*)**, **ARA Winznau (58'000 EW\*\*)**, **ARA Schoenenwerd (92'500 EW\*)**, **ARA Aarau (125'000 EW\*)**, **ARA Wohlen (73'000 EW\*)**, **ARA Moeriken-Wildegg (Lenzburg) (110'000 EW\*)**, ARA Villnachern (2'800 EW), ARA Umiken (6'500 EW), **ARA Wasserschloss (80'000 EW\*)**, ARA Würenlingen (6'000 EW), ARA Schmittenbach (11'000 EW), ARA Kleindöttingen (8'000 EW), ARA Klingnau (9'000 EW), ARA Leuggern (3'200 EW).

Angaben gemäss GIS Kanton AG (2022), GIS Kanton SO (2022), Wiedmer (2022), Schneider (2022).

\* ARA (EW > 25'000), in Karte abgebildet

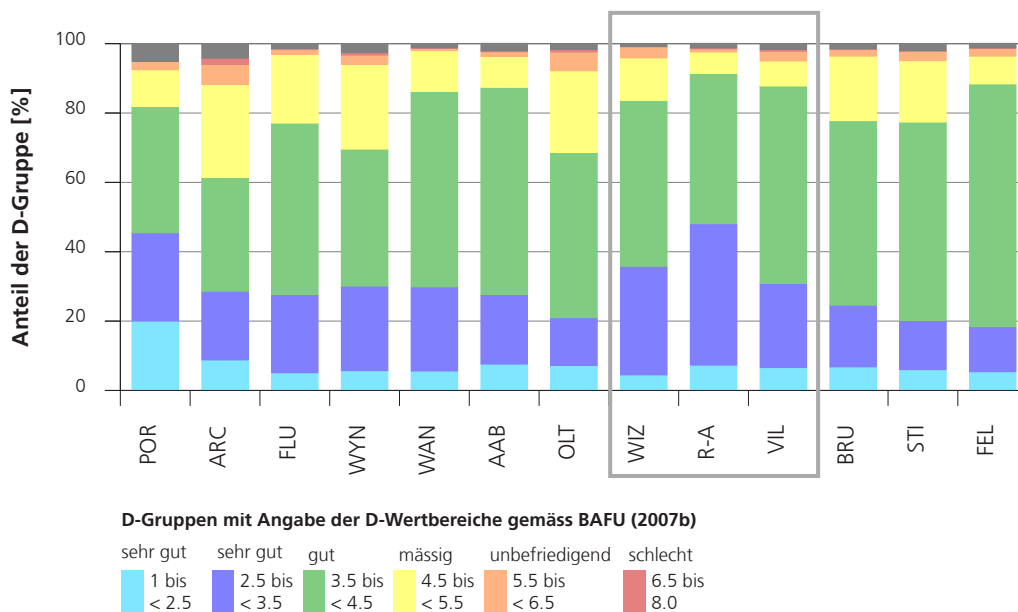
\*\* ARA entlastet in den Hauptlauf der Aare und nur bei Starkregenereignissen in die Restwasserstrecke

respektive «sehr gut» und erfüllen somit hinsichtlich DI-CH Wert die ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung Anhang 1 (GSchV, 1998) (Abbildung 3.4, Abbildung 3.5, Tabelle 3.4). Dabei weist die oberste Messstelle bei Nidau-Port, direkt unterhalb des Ausflusses der Aare aus dem Bielersee, mit 2.78 den tiefsten DI-CH Wert auf (Mittelwert Transektstellen). Im weiteren Fliessverlauf bewegt sich der DI-CH Wert (Mittelwert Transektstellen) über die Messstellen hinweg in einem ähnlichen Bereich (um DI-CH 3.5). Es fällt auf, dass die drei Messstellen der Restwasserstrecke im Mittel einen leicht tieferen DI-CH Wert aufweisen, als die beprobten Messstellen im Hauptlauf der Aare. So liegt der DI-CH Mittelwert der Messstellen bei Winznau, Rapperswil-Auenstein und Villnachern bei 3.3, während jener der übrigen 10 Stellen bei 3.4 liegt. Die Unterschiede bezüglich dem DI-CH Wert sind vermutlich durch die vorherrschenden Gegebenheiten bedingt (oft dynamischer, geringere Wassertiefe). Die höchsten DI-CH-Werte (Mittelwert Transektstellen) weisen die Messstellen bei Arch (DI-CH: 3.66) und Olten (DI-CH: 3.71) auf. Beide Messstellen sind im Vergleich zu den anderen Messstellen durch eine andere Charakteristik gekennzeichnet. Sie liegen beide im Rückstaubereich eines Wehrs und zeichnen sich durch wenig Dynamik und hohe Anteile Feinsediment aus. Auf ihrem Fliessverlauf vom Bielersee in den Rhein werden zahlreiche gereinigte Abwässer aus dem Umland in die Aare geleitet. Vom Ausfluss aus dem Bielersee bis zum Rhein steigt der DI-CH von 2.78 auf 3.48 an (Mittelwert Transektstellen).

Die Lebensgemeinschaften wiesen auf Ebene der D-Gruppen im Fliessverlauf erkennbare Änderungen auf. Dazu wurden die Arten je nach Empfindlichkeit gegenüber Nährstoff- und Abwasserbelastungen einer der fünf D-Gruppen «sehr gut», «gut», «mässig», «unbefriedigend» oder «schlecht» zugeordnet (Abbildung 3.6). Im Fliessverlauf des Hauptlaufes der Aare nimmt der Anteil der Arten mit einem D-Wert  $< 3.5$  (Zustandsklasse «sehr gut») deutlich ab. An den Messstellen der Restwasserstrecken bei Winznau, Rapperswil-Auenstein und Villnachern ist der Anteil an Arten, welche sehr gute Verhältnisse indizieren höher, als im Hauptstrom der Aare. An der Messstelle bei Nidau-Port, direkt unterhalb des Ausflusses der Aare aus dem Bielersee ist insbesondere der Anteil an Arten mit einem D-Wert  $< 2.5$  mit einem Anteil von 20 % mehr als doppelt so hoch, wie an den anderen Messstellen (Mittelwert Transektstellen). Grund dafür ist die Nähe der Messstellen zum Bielersee und das dadurch bedingte gehäufte Auftreten oligo- bis mesotropher Taxa, wie z.B Arten der Gattung *Cyclotella*. Die Unterschiede bezüglich der D-Gruppen sind durch die andere Charakteristik dieser Messstellen und somit der vorherrschenden Gegebenheiten bedingt (vielfältiges Substrat, Wassertiefe, Dynamik). Der Anteil der Arten der Zustandsklasse «gut» (D-Werte von  $\geq 3.5$  bis  $< 4.5$ ) nimmt im Fliessverlauf leicht zu. Die Anteile der D-Gruppen «mässig», «unbefriedigend» und «schlecht» zeigen grössere Schwankungen im Fliessverlauf. Insbesondere die Kieselalgen-Lebensgemeinschaften der Messstellen Arch und Aarburg wiesen einen hohen Anteil an Arten auf, welche durchaus organische Belastung tolerieren (D-Wert  $\geq 4.5$ ). Der Mittelwert über die Transektmessstellen lag bei 30 % (Aarburg) respektive 34 % (Arch). Über alle Transektmessstellen hinweg lag mit Ausnahme der Messstelle bei Rapperswil Auenstein der Anteil belastungsindizierender Taxa bei immerhin über 10 %. Die über den gesamten Untersuchungsabschnitt der Aare verteilte regelmässige Einleitung von Abwässern wirkt sich auf die Artenzusammensetzung aus, welche

sich in einem konstant hohem Anteil abwassertoleranter Arten bemerkbar macht. Die D-Gruppen spiegeln somit noch prägnanter die Erkenntnisse der DI-CH Werte im Fließverlauf wieder.

Gemäss der Differentialartenanalyse fallen 2 von 68 Transektmessstellen in die Güteklasse I-II und die restlichen 66 Transektmessstellen in die Güteklasse II. Die Gewässerschutzverordnung ist somit an allen 68 Transektmessstellen «sehr gut» respektive «gut» erfüllt (Tabelle 3.4).



**Abb. 3.6: Darstellung der D-Gruppen pro Messstelle (Mittelwerte Transektmessstellen) der Aare vom Bielersee bis zum Rhein im Jahr 2022 im Fließverlauf.** Anteile der D-Gruppen. Die Farben und Bezeichnungen entsprechen den Zustandsklassen gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007b).

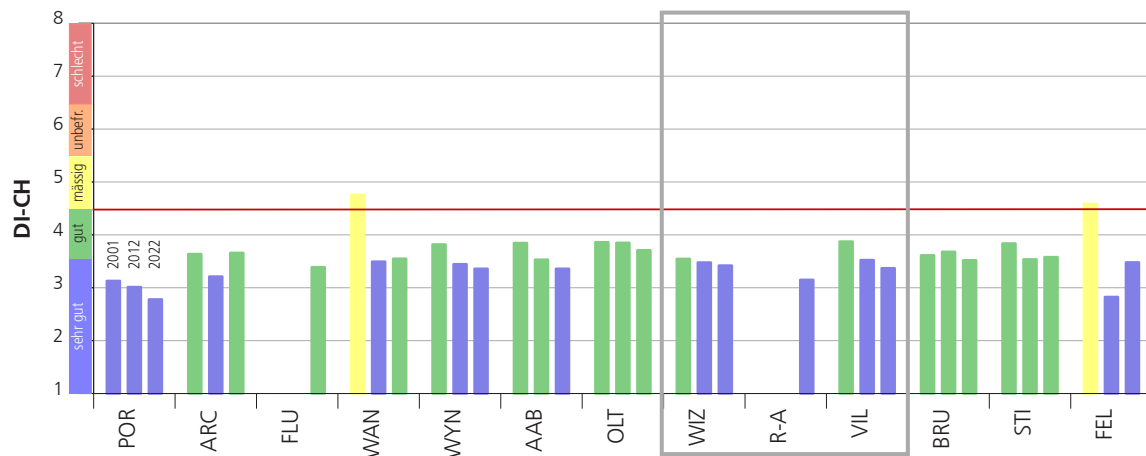
### Standortgerechtigkeit

Gemäss Anhang 1 (ökologische Ziele) der Gewässerschutzverordnung müssen Lebensgemeinschaften neben anderen Kriterien auch standortgerecht sein. Mangels offiziellem Verfahren wurden die untersuchten Kieselalgen-Lebensgemeinschaften basierend auf dem Verfahren nach AquaPlus hinsichtlich ihrer Standortgerechtigkeit beurteilt. Die Kennwerte zur Beurteilung waren der DI-CH Wert, der Anteil an Arten mit D-Werten  $\geq 5.5$  und  $< 2.5$ , die Gleichmässigkeit der Populationsstruktur (= Evenness), die Taxazahl, der maximale Anteil des häufigsten Taxons pro Probe (= Dominanz) sowie der relative Anteil an gebietsfremden Arten (= Neophyten). Damit werden art- und indexspezifische Kennwerte beigezogen, so dass die Struktur der Lebensgemeinschaft wie auch indikative Gruppen (DI-CH, D-Gruppen) in die Beurteilung einfließen. Die angewandte Methode befindet sich noch in der Testphase. Dennoch zeigt sich, dass der Anspruch auf eine standortgerechte Lebensgemeinschaft deutlich höher ist, wie das blosses Erfüllen der biologisch indizierten Wasserqualität (DI-CH Wert).

Hinsichtlich DI-CH Wert erfüllten alle Transektstellen der Aare die Anforderungen gemäss Gewässerschutzverordnung Anhang 1 (GSchV, 1998). Bezüglich Standortgerechtigkeit hingegen sind 57 der 68 untersuchten Kieselalgenproben durch keine standortgerechte Lebensgemeinschaft gekennzeichnet (Tabelle 3.4). Bei den restlichen fünf Transektstellen gilt die Erfüllung der Standortgerechtigkeit als unklar (POR\_2, POR\_3, POR\_4, ARC\_3 und ARC\_4,). Die nicht (respektive unklare) Erfüllung der Standortgerechtigkeit ist bei fast allen Transektstellen auf den hohen Neophyten-Anteil (*Achnanthydium delmontii*) zurückzuführen. Nur bei einer Messstelle in Arch (ARC\_5) kann bezüglich des Parameters «Anteil Neobiota» die Standortgerechtigkeit als erfüllt betrachtet werden. 58 der 68 Transektstellen weisen zudem einen zu kleinen Anteil an sehr nährstoffsensiblen Arten (D-Wert < 2.5) auf. An zwei Transektstellen (ARC\_5, OLT\_1) war gleichzeitig der Anteil an Arten, welche bezüglich Nährstoffen mässig bis schlechte Verhältnisse indizieren (D-Wert  $\geq 4.5$ ) mit über 15 % auffällig hoch. Hinsichtlich der Gleichmässigkeit der Populationsstruktur (Evenness) ist die Standortgerechtigkeit nur an einer Messstelle bei Wynau (WYN\_4) nicht gegeben.

### Vergleich mit früheren Untersuchungen

Von den 13 im Jahr 2022 untersuchten Messstellen der Aare, wurden 11 bereits in früheren Jahren untersucht. Vergleicht man die indizierten Verhältnisse hinsichtlich DI-CH Wert der Untersuchungsjahre 2001, 2012 und 2022 so zeigen acht der 11 Messstellen im Jahr 2022 gleichbleibende oder leicht bessere Verhältnisse im Vergleich zu den früheren Untersuchungen an (Abbildung 3.7, Mittelwert Transektstellen).



**Abb. 3.7: Mittels Kieselalgenindex DI-CH indizierte Wasserqualität (Zweiteichung) der Jahre 2001, 2012 und 2022 im Fliessverlauf der Aare vom Bielersee bis zur Mündung in den Rhein.** Darstellung des Mittelwertes pro Transektmessstelle. Die zwei Messstellen FLU (Flumenthal) und R-A (Rupperswil Auenstein) sind im Jahr 2022 erstmals beprobt worden. **Rote Linie:** Ab einem DI-CH von  $\geq 4.5$ , werden die ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung Anhang 1 nicht mehr erfüllt (GSchV, 1998). **Grauer Kasten:** Messstellen der drei Restwasserstrecken.

Ab einer Schwankung des DI-CH um  $\geq 0.4$  Einheiten spricht man von einer Änderung der Kieselalgen-Lebensgemeinschaft. Schwankungen des DI-CH im Bereich  $\leq 0.4$  Einheiten müssen nicht zwingend ökologisch begründet sein, sondern können auch methodisch sein. Dies zeigen Ringtests mit Mehrfachzählungen derselben Probe oder Mehrfachbeprobungen derselben Stelle. Da die Verbesserungen aber fast durchgehend im ganzen Fliessverlauf auftraten, dürfte diese geringe bis markante Verbesserung des DI-CH-Wertes einen Trend darstellen.

An drei Messstellen sind im Rahmen der drei Untersuchungskampagnen starke Schwankungen im DI-CH erkennbar. Die Messstelle in Wangen wies im Jahr 2001 noch einen DI-CH von 4.76 auf und erfüllte die Anforderungen der GSchV nicht. Schon im Jahr 2012 zeigte die Untersuchung der Kieselalgen eine deutliche Verbesserung des DI-CH auf 3.49, und einen leichten Anstieg auf 3.55 im Jahr 2022. Bei den Stellen Arch und Felsenau sank der DI-CH von 2001 auf 2012 deutlich, während die Untersuchungen im Jahr 2022 wieder einen deutlichen Anstieg des DI-CH zeigen. Erfüllten in der ersten Untersuchung aus dem Jahr 2001 nur neun der 11 untersuchten Messstellen die Anforderungen der GSchV, erreichten in den Jahren 2012 und 2022 alle untersuchten Messstellen die Zielvorgabe für den DI-CH.



## 5 Fazit

Die Aare präsentiert sich im untersuchten Abschnitt zwischen dem Bielersee und der Mündung in den Rhein als sehr produktives Fließgewässer mit erhöhter Algenbewuchsdichte. Vier wesentliche Einflussfaktoren bestimmen den Charakter des Gewässers. Es sind dies die geringe Geschiebedynamik infolge des Seeausflusses und der Stauhaltungen, die mehrheitlich verbauten Ufer, die gereinigten Abwässer der zahlreichen Kläranlagen (rund 1.34 Millionen EW) sowie das dominierende Vorkommen einer gebietsfremden Kieselalge.

Alle untersuchten Parameter bilden den Charakter der Aare als produktives Fließgewässer welches stark von menschlichen Einflüssen geprägt ist, ab. Die Sondenmesswerte gaben im Fließverlauf des untersuchten Abschnitts einen Anstieg der Leitfähigkeit und einen durchwegs hohen Sauerstoffgehalt mit einer teilweisen Übersättigung infolge pflanzlicher Produktion an. Im Rahmen des Äusseren Aspektes zeigten fast alle untersuchten Stellen an mindestens einem Parameter der Gewässersohle (Verschlammung, Eisensulfid, ...) starke Beeinträchtigungen an. Auf Ebene des pflanzlichen Bewuchses ist eine Eutrophierung der Aare klar ersichtlich. Mitunter die Einleitung gereinigter Abwässer bedingt das folglich hohe pflanzliche Wachstumspotenzial. Diese Bedingungen fördern das Aufkommen von Störzeigern (Algen der Indikatorgruppe C und D) und atypischen Algenwucherungen, welche nicht dem ökologischen Zielzustand gemäss Anhang 2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV, 1998) entsprechen. Der dichte, fädige Algenbewuchs und das regelmässige Vorkommen der krustenförmige Rotalge *Hildenbrandia rivularis* zeigen, dass Geschiebeumlagerung fehlt. Durch die starke Nutzung der Aare hinsichtlich Wasserkraft und den mehrheitlich verbauten Ufern fehlt es an Dynamik, ausgeprägter Seitenerosion, Geschiebe sowie an Substrat-, Tiefen- und Strömungsvielfalt. Die Folgen sind eine stabile, kolmatisierte Gewässersohle und das Vorhandensein von Eisensulfid und Geruch im Feinsediment. Im Rahmen der Kieselalgenuntersuchungen sind hinsichtlich der DI-CH-Zustandsklassen alle Stellen in einem «sehr guten» bis «guten» Zustand, während die Standortgerechtigkeit nur an fünf Transektmessstellen als «unklar» und bei allen anderen Stellen als «nicht erfüllt» gilt. Der Kieselalgendindex DI-CH indiziert die chemische Wasserqualität der fließenden Welle, nicht aber die gewässertypspezifische Standortgerechtigkeit. So waren alle Transektmessstellen der Aare durch das Vorkommen der gebietsfremden Kieselalgenart *A. delmontii* beeinflusst, welche zum Teil hohe Anteile einnahm und somit andere (standortgerechte) Arten verdrängte, respektive die Wahrscheinlichkeit sinkt, dass eine Art im Rahmen der Zählung erfasst wird. Damit wurde auch die Artenvielfalt beeinträchtigt, jedoch scheint das Ausmass weniger ausgeprägt wie in anderen, vergleichbar grossen Fließgewässern, wie z.B. der Reuss.

Zu den 10 Messstellen im Hauptlauf der Aare wurden 3 Messstellen im Bereich der Restwasserstrecken untersucht. Die auffälligsten Unterschiede zeigten sich in der makroskopisch erkennbaren Algenbewuchsdichte. Diese war an über der Hälfte der Transektmessstellen im Bereich der Restwasserstrecke ungewöhnlich hoch und lag im atypischen Bereich. Fehlende Dynamik im Gewässer, gestörte Abflussverhältnisse, gute Licht- und Nährstoffverfügbarkeit fördern das Algenwachstum.

Alle drei Untersuchungskampagnen an der Aare (2001/2002, 2012 und 2022) zeigen Defizite im Gewässer, welche sich insbesondere in den Restwasserstrecken und den staubeeinflussten Abschnitten manifestieren. Im Rahmen des langjährigen Monitoringprogramms an der Aare konnte seit 2012 auf Ebene der Kieselalgenlebensgemeinschaft eine deutliche Zunahme der gebietsfremden Kieselalge *A. delmontii* dokumentiert werden. Die Entwicklung dieser Art sollte in den kommenden Jahren kontinuierlich verfolgt werden.

Im Rahmen des langjährigen Monitorings an der Aare zwischen dem Bielersee und dem Rhein wurden nicht an jeder Untersuchungskampagne alle Parameter systematisch erhoben. Dies betrifft die Sondenmesswerte, den Äusseren Aspekt und den pflanzlichen Bewuchs. Ein Vergleich der bestehenden Daten über die 3 Untersuchungskampagnen ist daher nur eingeschränkt möglich. Neben den seit Beginn der Untersuchung fest integrierten Indikatorgruppen Kieselalgen und Makrozoobenthos zeigt die vorliegende Untersuchung aus dem Jahr 2022, dass auch der pflanzliche Bewuchs auch über die Diatomeen hinaus bei einer systematischen Erfassung als Indikator von sehr grosser Bedeutung ist. Algen reagieren nicht nur auf Nährstoffe, sondern auch auf Stabilität der Sohle, Lichtverfügbarkeit, Geschiebetrieb, etc. Durch ihre Komplexität und aggregiertes Vorkommen können oft differenzierte Aussagen getroffen und vielfältige Defizite im Gewässer aufgezeigt werden. Zudem gibt der pflanzliche Bewuchs eine Flächeninformation eines ganzen Abschnittes, die - was die Algendichte angeht - oft schon von Auge gut erkennbar ist. Störzeiger sind somit meist offensichtlich, gut bestimmbar und weit bekannt. Im Rahmen zukünftiger Untersuchungskampagnen wird empfohlen eine systematische Erhebung des pflanzlichen Bewuchses beizubehalten und dessen guten Indikatoreigenschaft mehr Bedeutung beizumessen.

**Tab. 3.4: Resultate der Auswertung der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften an den Transektstellen der Aare vom Bielersee bis zum Rhein im Jahr 2022.** Uli: Ufer links, Mli: Mitte links, Mi: Mitte, Mre: Mitte rechts, Ure: Ufer rechts. Die Probenahme der Transektstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten dabei i.d.R. tauchend. Verfahren und Methodenbeschrieb siehe Kapitel 2.3. Farbgebung gemäss Abb. 2.2.

Stellenbezeichnung	Taxazahl	Anteil der 3 häufigsten Arten [%]	Anteil Plankton [%]	Anteil Teratologie [%]	Anteil Neophyten [%]	DI-CH	Gütekategorie	Gesamtbewertung	Erfüllung GSchV Anhang 1	Standortgerechtigkeit	
AAR_010_1_Uli_POR_1	35	52.6	2.2	0.2	13.2	3.17	2.78	II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_010_2_Mli_POR_2	46	39.2	24.6	0.2	8.4	2.45		I-II	sehr gut	sehr gut erfüllt	unklar
AAR_010_3_Mi_POR_3	45	28.6	15.6	0.4	6.8	3.03		II	gut	guf erfüllt	unklar
AAR_010_4_Mre_POR_4	44	43.0	45.0	0.0	7.8	2.50		I-II	sehr gut	sehr gut erfüllt	unklar
AAR_010_5_Ure_POR_5	33	53.0	2.2	0.6	16.2	2.76		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_020_1_Uli_ARC_1	37	65.6	0.6	0.0	8.0	3.06	3.66	II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_020_2_Mli_ARC_2	45	54.6	2.4	0.2	15.8	3.85		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_020_3_Mi_ARC_3	58	28.2	19.0	0.4	8.2	3.51		II	gut	guf erfüllt	unklar
AAR_020_4_Mre_ARC_4	63	24.4	15.4	0.4	6.2	3.46		II	gut	guf erfüllt	unklar
AAR_020_5_Ure_ARC_5	44	52.8	1.4	0.2	1.6	4.43		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_025_1_Uli_FLU_1	35	60.4	0.2	0.4	9.4	3.21	3.39	II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_025_2_Mli_FLU_2	42	41.4	0.2	0.4	15.4	3.56		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_025_3_Mi_FLU_3	35	60.6	0.2	0.6	27.2	3.45		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_025_4_Mre_FLU_4	29	72.6	0.0	0.4	35.4	3.31		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_025_5_Ure_FLU_5	40	54.8	0.8	1.6	21.8	3.42		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_030_1_Uli_WAN_1	51	45.0	0.6	0.0	2.6	3.29	3.55	II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_030_2_Mli_WAN_2	48	46.8	1.2	0.8	20.6	3.59		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_030_3_Mi_WAN_3	47	54.2	0.4	0.8	22.8	3.92		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_030_4_Mre_WAN_4	38	56.8	0.0	0.8	11.8	3.33		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_030_5_Ure_WAN_5	50	39.4	2.2	0.8	11.4	3.64		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_040_1_Uli_WYN_1	29	80.0	0.0	0.8	37.8	3.32	3.36	II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_040_2_Mli_WYN_2	32	63.0	0.0	0.4	36.0	3.53		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_040_3_Mi_WYN_3	24	62.8	0.2	0.4	18.8	3.28		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_040_4_Mre_WYN_4	16	87.8	0.0	0.4	75.8	3.26		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_040_5_Ure_WYN_5	35	63.4	0.0	0.0	34.0	3.42		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt

**Tab. 3.4: Resultate der Auswertung der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften an den Transektstellen der Aare vom Bielersee bis zum Rhein im Jahr 2022.** Uli: Ufer links, Mli: Mitte links, Mi: Mitte, Mre: Mitte rechts, Ure: Ufer rechts. Die Probenahme der Transektstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten dabei i.d.R. tauchend. Verfahren und Methodenbeschrieb siehe Kapitel 2.3. Farbgebung gemäss Abb. 2.2.

Stellenbezeichnung	Taxazahl	Anteil der 3 häufigsten Arten [%]	Anteil Plankton [%]	Anteil Teratologie [%]	Anteil Neophyten [%]	DI-CH	Gütekategorie	Gesamtbewertung	Erfüllung GSchV Anhang 1	Standortgerechtigkeit	
AAR_050_1_Uli_AAB_1	34	63.0	0.2	0.4	5.6	3.30	3.36	II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_050_2_Mli_AAB_2	26	47.4	0.2	0.8	18.8	3.27		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_050_3_Mi_AAB_3	38	62.4	0.2	1.4	36.6	3.54		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_050_4_Mre_AAB_4	25	79.6	0.0	1.8	67.0	3.31		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_050_5_Ure_AAB_5	29	69.6	0.0	0.8	58.4	3.36		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_060_1_Uli_OLT_1	45	42.6	0.4		11.8	4.10	3.71	II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_060_2_Mli_OLT_2	43	45.8	0.0	0.6	16.2	3.82		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_060_3_Mi_OLT_3	32	58.4	0.0	0.4	32.4	3.59		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_060_4_Mre_OLT_4	38	49.0	0.8	0.2	13.2	3.40		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_060_5_Ure_OLT_5	48	50.4	1.0		12.8	3.63		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_070_1_Uli_WIZ_1	27	75.8	0.0	0.0	44.2	3.32	3.42	II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_070_2_Mli_WIZ_2	31	48.6	0.0	0.0	9.8	3.71		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_070_3_Mi_WIZ_3	37	48.4	0.0	0.0	9.6	3.46		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_070_4_Mre_WIZ_4	37	51.0	0.4	0.6	12.4	3.48		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_070_5_Ure_WIZ_5	25	63.6	0.0	0.0	26.6	3.16		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_070_6_Ure_WIZ_6	38	54.8	0.0	0.0	13.8	3.38		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_075_1_Uli_RA_1	35	53.0	0.0	0.4	20.2	3.41	3.15	II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_075_2_Mli_RA_2	27	62.0	0.0	1.0	39.4	3.39		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_075_3_Mi_RA_3	29	70.4	0.0	0.8	35.8	3.40		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_075_4_Mre_RA_4	27	69.2	0.0	0.6	6.2	2.64		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_075_5_Ure_RA_5	27	63.2	0.0	0.0	15.2	3.09		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_075_6_Ure_RA_6	27	70.6	0.0	0.2	9.0	2.97		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt

**Tab. 3.4: Resultate der Auswertung der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften an den Transektstellen der Aare vom Bielersee bis zum Rhein im Jahr 2022.** Uli: Ufer links, Mli: Mitte links, Mi: Mitte, Mre: Mitte rechts, Ure: Ufer rechts. Die Probenahme der Transektstellen Mitte links, Mitte und Mitte rechts erfolgten dabei i.d.R. tauchend. Verfahren und Methodenbeschrieb siehe Kapitel 2.3. Farbgebung gemäss Abb. 2.2.

Stellenbezeichnung	Taxazahl	Anteil der 3 häufigsten Arten [%]	Anteil Plankton [%]	Anteil Teratologie [%]	Anteil Neophyten [%]	DI-CH	Gütekategorie	Gesamtbewertung	Erfüllung GSchV Anhang 1	Standortgerechtigkeit	
AAR_080_1_Uli_VIL_1	35	57.6	0.0	0.4	27.4	3.28	3.37	II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_080_2_Mli_VIL_2	19	84.8	0.0	1.2	59.8	3.21		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_080_3_Mi_VIL_3	32	53.6	0.0	0.0	6.6	3.54		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_080_4_Mre_VIL_4	22	76.6	0.0	1.0	54.6	3.30		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_080_5_Ure_VIL_5	27	68.0	0.0	0.8	53.4	3.36		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_080_6_Ure_VIL_6	36	52.0	0.6	0.2	7.4	3.51		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_090_1_Uli_BRU_1	42	41.6	0.2	0.4	17.8	3.20	3.52	II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_090_2_Mli_BRU_2	35	61.6	0.2	0.6	41.4	3.35		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_090_3_Mi_BRU_3	30	68.0	0.4	0.6	34.8	3.67		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_090_4_Mre_BRU_4	40	43.4	0.4	0.2	7.0	3.90		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_090_5_Ure_BRU_5	37	50.0	0.0	0.2	14.8	3.49		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_100_1_Uli_STL_1	43	41.8	1.4	0.6	15.8	3.63	3.58	II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_100_2_Mli_STL_2	43	45.4	1.8	0.2	25.2	3.54		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_100_3_Mi_STL_3	21	73.8	0.0	0.2	51.0	3.51		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_100_4_Mre_STL_4	32	66.4	0.0	0.6	43.6	3.55		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_100_5_Ure_STL_5	39	49.6	0.8	0.4	24.6	3.67		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_110_1_Uli_FEL_1	48	42.8	1.4	1.0	15.2	3.78	3.48	II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_110_2_Mli_FEL_2	30	65.4	0.0	0.4	52.2	3.3		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_110_3_Mi_FEL_3	29	78.2	0.4	0.2	71.8	3.42		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_110_4_Mre_FEL_4	29	66.2	1.2	0.4	54.8	3.33		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt
AAR_110_5_Ure_FEL_5	40	43.6	2.0	0.6	25.0	3.53		II	gut	guf erfüllt	nicht erfüllt

## 6 Literaturverzeichnis

- AquaPlus (2003): Kieselalgen der Aare. Biologisch indizierte Wasserqualität zwischen Bielersee und Mündung in den Rhein. Untersuchungen 2001/2002. Im Auftrag der Gewässerschutzfachstellen der Kantone Bern, Solothurn und Aargau. 88 S. (inkl. Anhang).
- AquaPlus (2013): Koordinierte biologische Untersuchungen an der Aare. Fachbericht Kieselalgen 2012. Im Auftrag der Gewässerschutzfachstellen der Kantone Bern, Solothurn und Aargau. 97 S. (inkl. Anhang).
- AquaPlus & PhycoEco (2020): Gebietsfremde Algen in der Schweiz. Grundlagen und Situationsanalyse. Bericht. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, Abteilung Arten, Ökosysteme, Landschaften, Bern. 61 S. (inkl. Anhang).
- AquaPlus (2022). Taxa- und Synonymliste Kieselalgen 2022. Abgerufen am 12.08.2022 von <https://modul-stufen-konzept.ch/kieselalgen/>
- Backhaus, D. (2006): Litorale Aufwuchsalgen im Hoch- und Oberrhein. *Carolinea*, 64: 5-68.
- BAFU (2007a): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Äusserer Aspekt. Umwelt-Vollzug Nr. 07101. Bundesamt für Umwelt, Bern. 43 S.
- BAFU (2007b): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Umwelt-Vollzug Nr. 0740. Bundesamt für Umwelt, Bern. 130 S.
- BAFU (2023): Hydrologische Daten der Messstation Aare, Brugg. Abgerufen am 14.11.2022 von [https://www.hydrodaten.admin.ch/lhg/sdi/jahrestabellen/2016T\\_22.pdf](https://www.hydrodaten.admin.ch/lhg/sdi/jahrestabellen/2016T_22.pdf)
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2012): Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos. 191 S.
- Bourelly, P. (1968-1972): *Les Algues d'eau douce*. Bd. I : Les Algues vertes. Bd II: Les Algues jaunes et brunes. Bd. III : Les Algues bleus et rouges. Les Euglénienens, Peridiniens et Cryptomonadines. Soc. N. Boubée, Paris.
- Douglas, B. (1958): The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stony stream. *J. Ecol.* 46: 295-322.
- Friedl, T. (1978): Eine bemerkenswerte Grünalge: *Monostroma bullosum*. *Mikrokosmos*, Heft 8 August. S. 243-247.
- Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998 (Stand vom 1. Januar 2021), Gesetzes-Nr. 814.201.
- GIS Kanton AG (2022): Einwohnerwerte Kläranlagen. Abgerufen am 14.11.2022 von [https://www.ag.ch/app/agisviewer4/v1/agisviewer.html?egridCH487176397710&basemap=base\\_landeskarten\\_sw&thema=176](https://www.ag.ch/app/agisviewer4/v1/agisviewer.html?egridCH487176397710&basemap=base_landeskarten_sw&thema=176)
- GIS Kanton SO (2022): Einwohnerwerte Kläranlagen. Abgerufen am 14.11.2022 von [https://geo.so.ch/map/?l=default&bl=hintergrundkarte\\_sw&t=default&c=2618500%2C1238000&s=200000](https://geo.so.ch/map/?l=default&bl=hintergrundkarte_sw&t=default&c=2618500%2C1238000&s=200000)

- Hofmann, G., Lange-Bertalot, H., Werum, M. (2013): Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. 2. korrigierte Auflage. Koeltz Scientific Books, Königstein. 908 S.
- Hydra AG (2003): Biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein. Fachbericht Makroinvertebraten. Untersuchungen 2001/2002. 130 S (inkl. Anhang).
- Hydra AG (2013): Koordinierte Biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein 2011-2013. Fachbericht zum Untersuchungsprogramm zuhanden der Gewässerschutz- und Fischereifachstellen der Kantone Aargau, Bern und Solothurn. 153 S (inkl. Anhang).
- Hydra AG (2017): Methode zur Untersuchung und Beurteilung grosser Fließgewässer Teil 2: MSK-Bewertungsmethode Makroinvertebraten in grossen Fließgewässern - Methodenevaluation - Konzeptvorschlag. Stand: 31.01.2018. 115 S.
- Hydra AG (2023): Biologische Untersuchung Aare zwischen Bielersee und Rhein 2022. Fachbericht Makroinvertebraten inkl. Libellen. Untersuchungen März 2022.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. (1986): Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. In: Ettl, H., Gerloff J., Heynig H., Mollenhauer D. (Eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1. Gustav Fisher Verlag, Jena. 876 S.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. (1991a): Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H., Gerloff J., Heynig H., Mollenhauer D. (Eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/3. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, Jena. 576 S.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. (1991b): Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnantheaceae, kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4. In: Ettl, H., Gerloff J., Heynig H., Mollenhauer D. (Eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/4. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, New York. 436 S.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. (2007): Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Ettl, H., Gerloff J., Heynig H., Mollenhauer D. (Eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/2. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, New York. 596 S.
- Lange-Bertalot, H., Metzeltin, D. (1996): Oligotrophie-Indikatoren. 800 Taxa repräsentativ für drei diverse Seen-Typen. Kalkreich - Oligodystroph - schwach gepuffertes Weichwasser. Iconographia Diatomologica Volume 2, Koeltz Scientific Books, Königstein. 390 S.
- LANUV (2009): Benthische Algen ohne Diatomeen und Characeen - Bestimmungshilfe. LANUV-Arbeitsblatt 9. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen. 474 S.
- Limnex (1995): Auswertungsergebnisse der zweiten Makrophyten-Grobkartierung in Rhein, Aare, Reuss, 1990-1992. Ber. im Auftrag des Verbandes Aare-Rheinwerke, S. 91 (inkl. Anhang).

- John, B., Whitton, B. A., Brook, A. J. (2002): The freshwater algal flora of the british isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae. Cambridge University Press. 702 S.
- Kann, E. (1978): Systematik und Ökologie der Algen österreichischer Bergbäche. Arch. Hydrobiol./Suppl., 53 (Monographische Beiträge). Stuttgart. S. 405-643.
- Laplace-Treytore, C., Peltre, M.-C., Lambert, E., Rodriguez, S., Vergon, J.-P. & Chauvin, C. (2014): Guide pratique de détermination des algues macroscopiques d'eau douce et de quelques organismes hétérotrophes. Les Editions d'Irstea Bordeaux, Cestas, 204 S.
- Pascher (1978-2018): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Springer-Verlag. Band 1-4.
- Perret, P. (1977): Zustand der schweizerischen Fließgewässer in den Jahren 1974 / 1975 (Projekt Mapos). Eidgenössisches Amt für Umweltschutz und EAWAG. Bern. 276 S.
- Pérès, F., Barthès, A., Ponton, E., Coste, M., Ten-Hage, L., Le Cohu, R. (2012): *Achnantheidium delmontii* sp. nov., a new species from French rivers. Fottea 12: 189–198.
- Pfister, P. (2012): Phytobenthos – „Nicht-Kieselalgen“ (Schwerpunkt mikroskopischer Aspekt Algenmischbestände) unter besonderer Berücksichtigung der österreichischen Bewertungsmethode nach WRRRL. Bestimmungskurs Teil VII. ARGE Limnologie GesmbH, Innsbruck. 51 S.
- Reichardt, E. (2018): Die Diatomeen im Gebiet der Stadt Treuchtlingen. Band 1 und 2. Bayerische Botanische Gesellschaft. 1. Auflage. München. 1184 S.
- Schneider, P. (2022): Einleitstelle ARA Grenchen und ARA Winznau. Schriftliche Mitteilung vom 10.10.2022.
- SimplexDNA (2023): Biologische Untersuchung Aare zwischen Bielersee und Rhein 2022. Fachbericht eDNA. Untersuchungen März 2022.
- Straub F. (1981): Utilisation des membranes filtrantes en teflon dans la préparation des Diatomées epilithiques. Cryptogamie, Algologie 2(2), 153 p.
- Swisstopo (2022): Geoportal des Bundes. Abgerufen am 14.11.2022 von <https://map.geo.admin.ch>
- Thomas, E. A. & Schanz, F. (1976): Beziehungen zwischen Wasserchemismus und Primärproduktion in Fließgewässern, ein limnologisches Problem. Vjsschr. Natf. Ges. Zürich, 121 (4), 309-317 S.
- Von Känel, A. (2003): Beitrag zur Algenflora der Aare zwischen Bielersee und Rhein. Biologische Untersuchungen der Aare 2001/02 - Teil Algen. Gewässerschutzfachstellen Kantone Bern, Solothurn und Aargau. 55 S. (inkl. Anhang).
- Wiedmer, B. (2022): Einwohnerwerte ARA Biel, ARA Orpund, ARA Wangen-Wiedlisbach, ARA Eymatte und ARA Murg-Wynau. Schriftliche Mitteilung vom 05.10.2022.



## **6 Anhang**

- A Stellendokumentation**
- B Fotodokumentation Algen**

## 6 Anhang A

### Stellendokumentation

#### Reuss

Messstelle Port-Nidau	POR
Messstelle Arch	ARC
Messstelle Flumental	FLU
Messstelle Wangen	WAN
Messstelle Wynau	WYN
Messstelle Aarburg	AAB
Messstelle Olten	OLT
Messstelle Winznau (Restwasserstrecke)	WIZ
Messstelle Rapperswil Auenstein (Restwasserstrecke)	R-A
Messstelle Villnacher Schachen (Restwasserstrecke)	VIL
Messstelle Brugg	BRU
Messstelle Stilli	STI
Messstelle Felsenau	FEL

Die Stellendokumentationen umfassen folgende Punkte:

Charakterisierung der Messstelle

- Lage und wichtige Nutzungen
- Hydrologie und weitere Kennwerte
- Strömungs- und Tiefenverhältnisse
- Korngrößenverteilung
- Fotos

Äusserer Aspekt

- Fließende Welle und Gewässersohle
- Bewertung hinsichtlich GSchV Anhang 2

Pflanzlicher Bewuchs

- Bewuchsdichten Algen, Moose und Wasserpflanzen

Kieselalgen

- Anteil gebietsfremder Arten
- Biologisch indizierte Wasserqualität (DI-CH, D-Gruppen)
- Bewertung hinsichtlich GSchV Anhang 1

## AAR\_010\_POR - Port-Nidau

Koordinaten: 2584373 / 1219230



Blick aufwärts

### Lage und wichtige Nutzungen

Die untersuchte Messstelle POR bei Nidau-Port liegt rund 300 m unterhalb des Ausflusses der Aare aus dem Bielersee, im Staubereich des Stauwehr Port.

Die Aare ist in diesem Abschnitt kanalisiert und trägt auch den Namen Nidau-Büren-Kanal. Die benetzte Breite der Aare liegt im untersuchten Abschnitt bei rund 80 m.

Bei den Uferstellen sowie der Transektmessstelle POR\_4 dominierte jeweils grobes, wenig mobiles Substrat mit Korngrößen über 10 cm. Bei den beiden Tauchstellen POR\_2 und POR\_3 dominierte klar Feinmaterial < 10 cm, insbesondere leere Schalen der bei uns invasiven Dreikantmuschel *Dreissena rostriformis bugensis*. Die Strömung war über die gesamte Gewässbreite sehr gering.

### Hydrologie und weitere Kennwerte

Einzugsgebiet (km <sup>2</sup> )	8'243
Benetzte Breite (m)	80
Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	100
Gefälle (%)	0.2

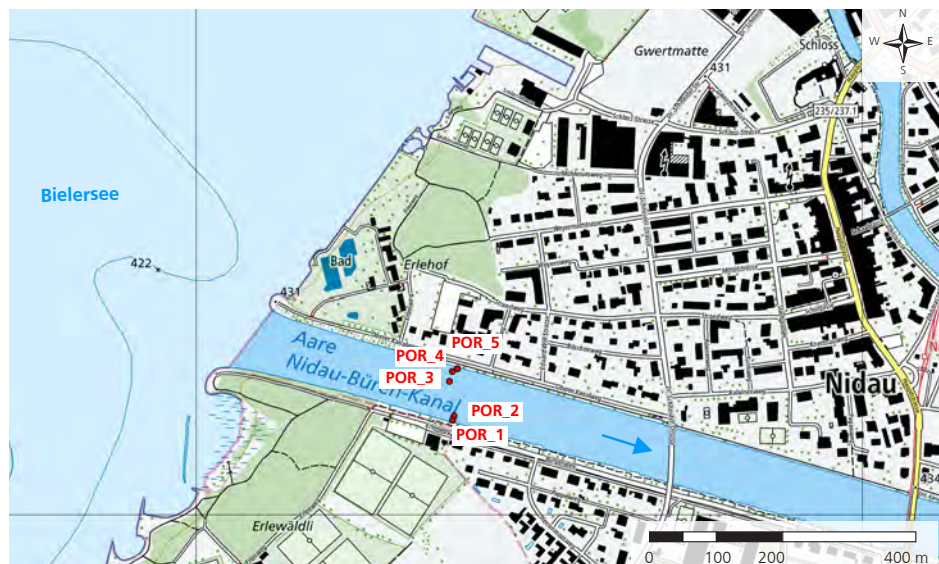


Ufer links (Blick abwärts)



Ufer rechts (Blick aufwärts)

### Übersicht und Lage Transektstellen



### Tiefen- und Strömungsverhältnisse sowie Korngrößenverteilung

Parameter	POR_1	POR_2	POR_3	POR_4	POR_5
Wassertiefe (m)	0.3	1.9	0.8	2.5	0.4
Strömung (m/s)	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Anteil Grobsediment (%)*	65	10	40	60	75
Anteil Feinsediment (%)**	35	90	60	40	25

\* Korngrößen > ca. 10 cm    \*\* Korngrößen < ca. 10 cm

**Äusserer Aspekt**

Alle Parameter der fließenden Welle waren bei der Messstelle in Nidau-Port unauffällig. Gemäss den Parametern der Gewässersohle, ist die Erfüllung der Anforderungen der GSchV an allen fünf Transektstellen fraglich, respektive nicht erfüllt. Ursächlich hierfür waren Abfälle, Verschlammung, Eisenulfid sowie eine kolmatisierte Gewässersohle.

Parameter	POR_1	POR_2	POR_3	POR_4	POR_5	
Welle	Trübung	1	1	1	1	1
	Verfärbung	1	1	1	1	1
	Geruch Wasser	1	-	-	-	1
	Schaum	1	1	1	1	1
Gewässersohle	Abfälle	2 <sup>A</sup>	1	1	1	2 <sup>A</sup>
	Geruch Sediment	1	-	-	-	1
	Verschlammung	1	3 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	1
	Abfälle Siedlungsentw.	1	1	1	1	1
	Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1
	Eisenulfid	1	1	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>
	Kolmation	1	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	1

- Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt
- Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich
- Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt
- U Ursache unbekannt
- A Ursache anthropogen
- nicht erhoben

**Pflanzlicher Bewuchs**

An beiden Uferstellen konnten fädige Algen nachgewiesen werden. Bei den Tauchstellen wurden hauptsächlich sub-stratbedingt nur Krustenalgen nachgewiesen. Submerse Moose wurden nur an den Uferstellen nachgewiesen. Makrophyten kamen keine vor.

Pflanzlicher Bewuchs	POR_1	POR_2	POR_3	POR_4	POR_5	
Deckung	Algen	3-4	1	1	1	2-3
	Submerse Moose	2	0	0	0	3
	Makrophyten	0	0	0	0	0

**Algen Bewuchsdichte (BD)**

0 = kein Bewuchs; 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Zotten; 2 = Ansätze von Fäden und Zotten; 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten; 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen; 5 = ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

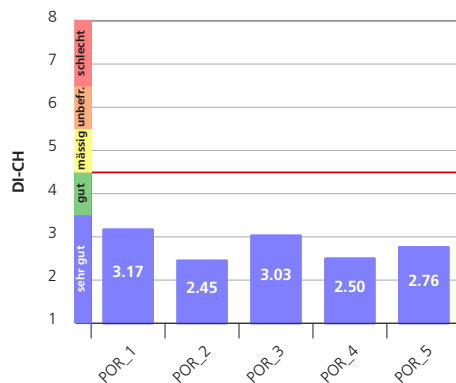
**Submerse Moose und Makrophyten Deckungsgrad**

0 = frei von Bewuchs; 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt; 2 = 11-25%; 3 = 26-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-100%. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

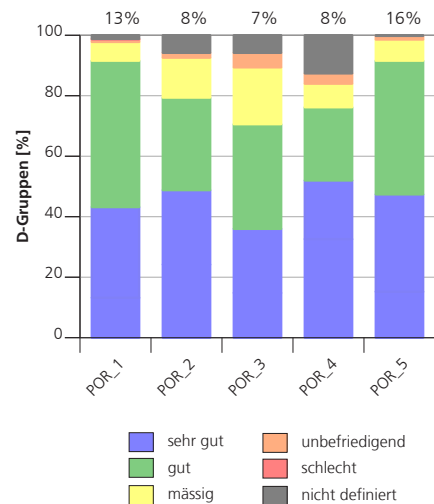
Taxaliste des pflanzlichen Bewuchses siehe Anhang E.

**Biologisch indizierte Wasserqualität**

Der Kieselalgenindex DI-CH erreichte bei den 5 Transektmessstellen Indexwerte zwischen 2.45 und 3.17. Alle Transektstellen befanden sich in der Zustandsklasse «sehr gut». Bei den D-Gruppen dominierten die Zustandsklassen «gut» und «sehr gut». In den Uferbereichen liegt der Anteil gebietsfremde Kieselalgen > 10 % rH.



**Anteil gebietsfremder Kieselalgen (rH %)**



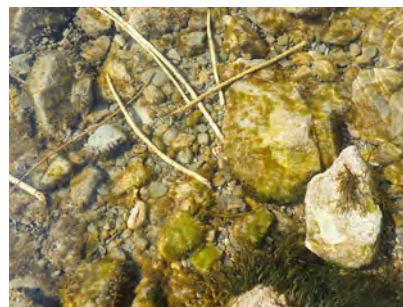
**Situation vor Ort**



Stein mit Eisenulfidflecken (Foto: POR\_5).



Unterwasseraufnahme der Gewässersohle, welche mit *Dreissena rostriformis bugensis* bewachsen ist. Zudem Ansammlung von Leerschalen (Foto: POR\_2, Hydra AG).



Kurstiger und fädiger Algenbewuchs im Uferbereich der Aare kurz nach dem Ausfluss aus dem Bielersee (Foto: POR\_1).

## AAR\_020\_ARC - Arch

Koordinaten: 2598335 / 1224358



Blick abwärts

### Lage und wichtige Nutzungen

Auf Höhe von Arch, im Staubereich des Kraftwerks Flumenthal, liegt die Messstelle ARC. Flussaufwärts der Messstelle leiten zwei ARAs ihre gereinigten Abwässer in die Aare (Zusammen 159'500 EW<sup>1</sup>).



Ufer links (Blick abwärts)

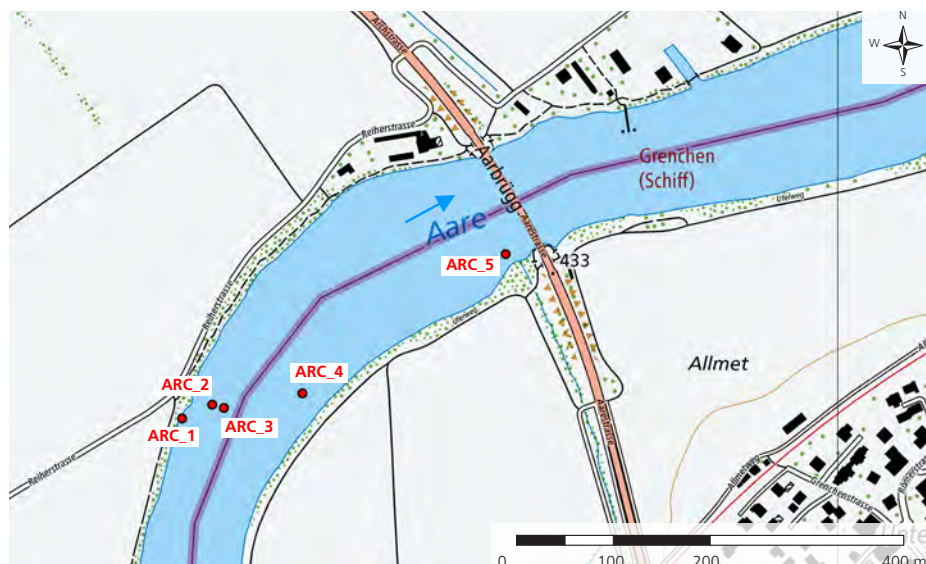


Ufer rechts (Blick abwärts)

Die Aare weist bei Arch einen mäanderartigen Verlauf, ohne Gefälle und wenig Dynamik auf. Infolge ist die natürliche Sedimentation in diesem Bereich sehr gross. Die benetzte Breite liegt bei ca. 130 m.

In diesem sehr langsam strömenden Bereich der Aare sedimentiert durch die fehlende Dynamik im Gewässer viel Feinmaterial. Über die gesamte Gewässerbreite hinweg dominierte Feinsediment mit Korngrößen < 10 cm.

### Übersicht und Lage Transektstellen



### Hydrologie und weitere Kennwerte

Einzugsgebiet (km <sup>2</sup> )	8'450
Benetzte Breite (m)	130
Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	100
Gefälle (%)	0

<sup>1</sup> Dimensionierte Einwohnerwerte (EW)

### Tiefen- und Strömungsverhältnisse sowie Korngrößenverteilung

Parameter	ARC_1	ARC_2	ARC_3	ARC_4	ARC_5
Wassertiefe (m)	0.3	2.2	5.0	2.1	0.2
Strömung (m/s)	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Anteil Grobsediment (%)*	20	40	0	0	10
Anteil Feinsediment (%)**	80	60	100	100	90

\* Korngrößen > ca. 10 cm    \*\* Korngrößen < ca. 10 cm

**Äusserer Aspekt**

Unter den fünf Transektstellen bei Arch blieb nur ARC\_3 über alle Parameter hinweg unauffällig. Insbesondere die Ufer fielen durch ein hohes Vorkommen von Eisensulfid (> 25%) auf. Zudem war bei Transektstelle ARC\_4 die Gewässersohle stark verschlammmt. Hinzu kamen wenig Schaum, Abfälle und Verschlammung im Uferbereich, sowie Kolmation und Eisensulfid an den Tauchstellen.

Parameter	ARC_1	ARC_2	ARC_3	ARC_4	ARC_5	
Welle	Trübung	1	1	1	1	1
	Verfärbung	1	1	1	1	1
	Geruch Wasser	1	-	-	-	1
	Schaum	2 <sup>U</sup>	1	1	1	1
Gewässersohle	Abfälle	2 <sup>A</sup>	1	1	1	1
	Geruch Sediment	1	-	-	-	1
	Verschlammung	1	1	1	3 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>
	Abfälle Siedlungsentw.	1	1	1	1	1
	Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1
	Eisensulfid	3 <sup>U</sup>	1	1	2 <sup>U</sup>	3 <sup>U</sup>
	Kolmation	1	2 <sup>U</sup>	1	1	1

■ Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt      <sup>U</sup> Ursache unbekannt  
■ Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich      <sup>A</sup> Ursache anthropogen  
■ Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt      - nicht erhoben

**Pflanzlicher Bewuchs**

An der Messstelle bei Arch wurde über die gesamte Breite der Aare ein hohes bis sehr hohes Algenwachstum beobachtet. Submerse Moose wurden nur am linken Ufer nachgewiesen. Makrophyten, darunter die bei uns invasive *E. nuttallii*, wurden an drei Messstellen gefunden.

Pflanzlicher Bewuchs	ARC_1	ARC_2	ARC_3	ARC_4	ARC_5	
Deckung	Algen	4-5	4-5	5	3-4	4-5
	Submerse Moose	1	0	0	0	0
	Makrophyten	1	0	0	2	2

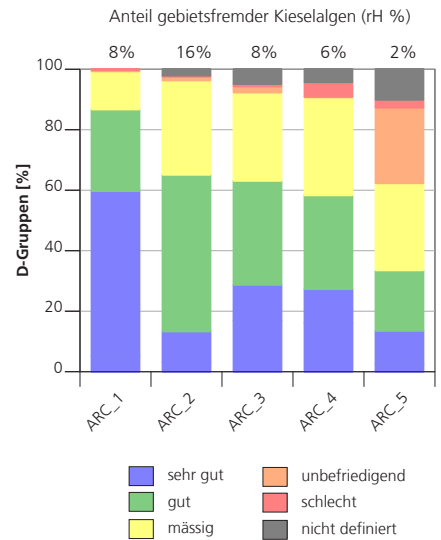
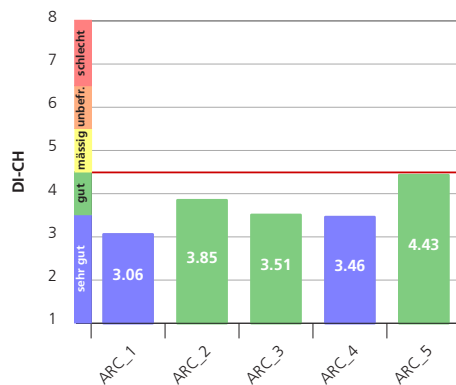
**Algen Bewuchsdichte (BD)**  
 0 = kein Bewuchs; 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Zotten; 2 = Ansätze von Fäden und Zotten; 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten; 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen; 5 = ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

**Submerse Moose und Makrophyten Deckungsgrad**  
 0 = frei von Bewuchs; 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt; 2 = 11-25%; 3 = 26-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-100%.  
 Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

Taxaliste des pflanzlichen Bewuchses siehe Anhang E.

**Biologisch indizierte Wasserqualität**

Hinsichtlich des Kieselalgenindex DI-CH liegen nur zwei der fünf Transektmessstellen im Bereich «sehr gut». Die Stelle am rechten Ufer erfüllt die GSchV nur knapp. Bei den D-Gruppen dominierte die Zustandsklasse «sehr gut» nur am linken Ufer. Auffällig ist der hohe Anteil belastungstoleranter Arten am rechten Ufer.



**Situation vor Ort**



Nachweis von stabilem Schaum am linken Ufer der Aare bei Arch (Foto: ARC\_1).



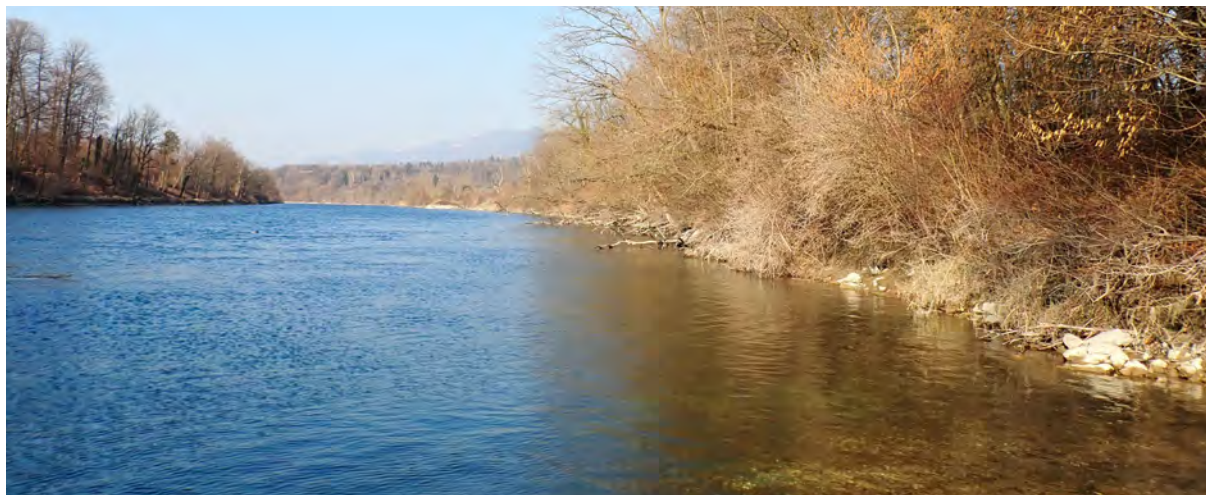
Sehr dichter Bewuchs fädiger Algen über nahezu die gesamte Flussbreite bei Arch (Foto: ARC\_1).



Nachweis von Eisensulfid auf der Steinunterseite am rechten und linken Ufer der Aare bei Arch (Foto: ARC\_5).

## AAR\_025\_FLU - Flumenthal

Koordinaten: 2612960 / 1231191



Blick aufwärts

### Lage und wichtige Nutzungen

Die Messstelle FLU (Flumenthal) liegt rund 1.5 km flussabwärts des Laufkraftwerks Flumenthal. In der Untersuchung im Jahr 2022 ist diese Messstelle neu ins Langzeitmonitoring der Aare aufgenommen worden. Oberhalb der untersuchten Stelle, in einem Abstand von rund 150 m, leitet die Abwasserreinigungsanlage ARA Flumenthal (12'500 EW<sup>1</sup>) linksseitig gereinigte Abwässer in die Aare. Aufgrund des hohen Abflusses der Aare kommt es zu einer guten Durchmischung des Aare-Wassers und des eingeleiteten, gereinigten Abwassers bis zur untersuchten Messstelle.

In den Uferbereichen der Aare dominierte je Feinsediment. Die Gewässermitte war hingegen geprägt von grobem Substrat.

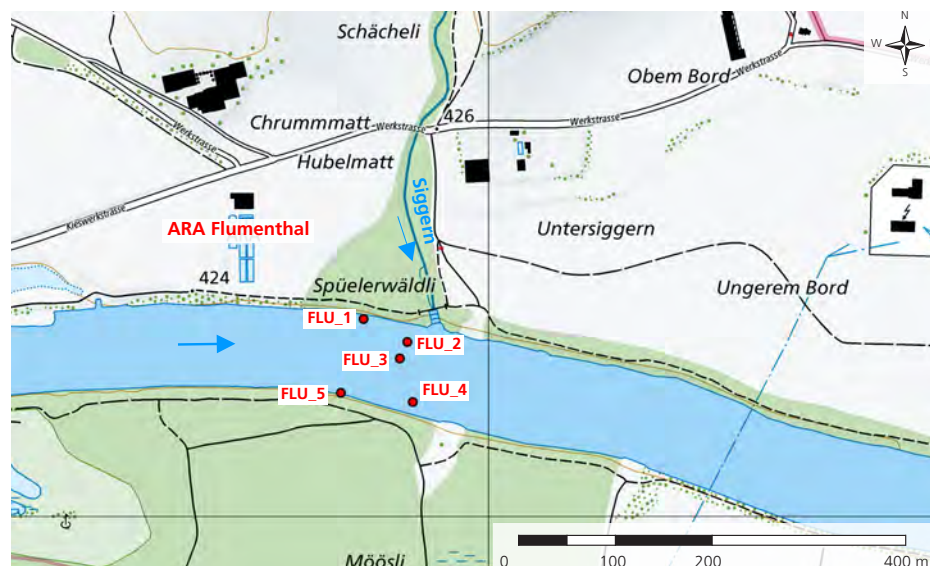


Ufer links (Blick aufwärts)



Ufer rechts (Blick abwärts)

### Übersicht und Lage Transektstellen



### Hydrologie und weitere Kennwerte

Einzugsgebiet (km <sup>2</sup> )	9'587
Benetzte Breite (m)	85
Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	100
Gefälle (%)	0

<sup>1</sup> Dimensionierte Einwohnerwerte (EW)

### Tiefen- und Strömungsverhältnisse sowie Korngrößenverteilung

Parameter	FLU_1	FLU_2	FLU_3	FLU_4	FLU_5
Wassertiefe (m)	0.6	2.1	3.6	1.5	0.3
Strömung (m/s)	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2
Anteil Grobsediment (%)*	30	70	80	70	15
Anteil Feinsediment (%)**	70	30	20	30	85

\* Korngrößen > ca. 10 cm    \*\* Korngrößen < ca. 10 cm

**Äusserer Aspekt**

Die Untersuchung des Äusseren Aspektes war bei allen Parametern der fliessenden Welle an allen fünf Transektstellen unauffällig. Bei den mittleren Transektstellen konnte eine leichte Kolmation nachgewiesen werden. Beide Uferstellen wiesen Abfälle im Uferbereich, sowie Verschlämmung auf. Am linken Ufer wurden zudem Eisensulfid und Abfälle aus der Siedlungsentwässerung festgestellt.

Parameter	FLU_1	FLU_2	FLU_3	FLU_4	FLU_5	
Welle	Trübung	1	1	1	1	1
	Verfärbung	1	1	1	1	1
	Geruch Wasser	1	-	-	-	1
	Schaum	1	1	1	1	1
Gewässersohle	Abfälle	2 <sup>A</sup>	1	1	1	2 <sup>A</sup>
	Geruch Sediment	1	-	-	-	1
	Verschlämmung	3 <sup>U</sup>	1	1	1	2 <sup>U</sup>
	Abfälle Siedlungsentw.	2 <sup>A</sup>	1	1	1	1
	Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1
	Eisensulfid	2 <sup>U</sup>	1	1	1	1
	Kolmation	1	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	1

- Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt
- Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich
- Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt
- <sup>U</sup> Ursache unbekannt
- <sup>A</sup> Ursache anthropogen
- nicht erhoben

**Pflanzlicher Bewuchs**

Mit Ausnahme der Transektstelle FLU\_4 gab es neben Krustenalgen auch fädigen Bewuchs. Submerse Moose wurden mit Ausnahme der mittleren Tauchstelle (FLU\_3) an allen Transektstellen gefunden. Makrophyten kamen keine vor.

Pflanzlicher Bewuchs	FLU_1	FLU_2	FLU_3	FLU_4	FLU_5	
Deckung	Algen	3-4	3-4	3-4	1	2-3
	Submerse Moose	1	1	0	1	1
	Makrophyten	0	0	0	0	0

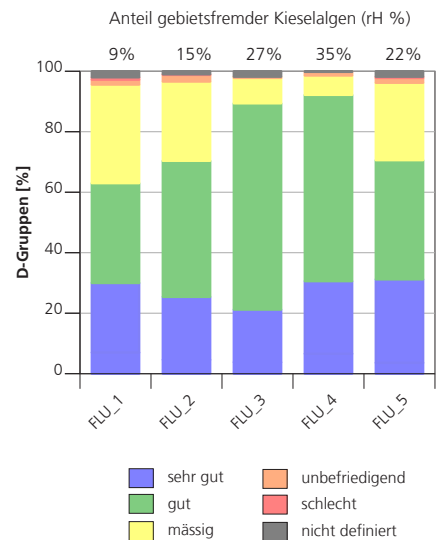
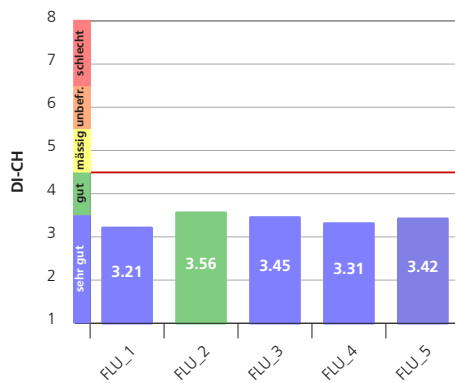
**Algen Bewuchsdichte (BD)**  
 0 = kein Bewuchs; 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Zotten; 2 = Ansätze von Fäden und Zotten; 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten; 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen; 5 = ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

**Submerse Moose und Makrophyten Deckungsgrad**  
 0 = frei von Bewuchs; 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt; 2 = 11-25%; 3 = 26-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-100%.  
 Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

Taxaliste des pflanzlichen Bewuchses siehe Anhang E.

**Biologisch indizierte Wasserqualität**

Der Kieselalgendindex DI-CH erfüllt an allen fünf Transektmessstellen die Zielvorgaben der GSchV und ist über die gesamte Gewässerbreite sehr ähnlich. Hinsichtlich der D-Gruppen weisen die Uferbereiche und FLU\_2 erhöhte Anteile an Arten auf, welche «mässige» bis «schlechte» Verhältnisse indizieren.



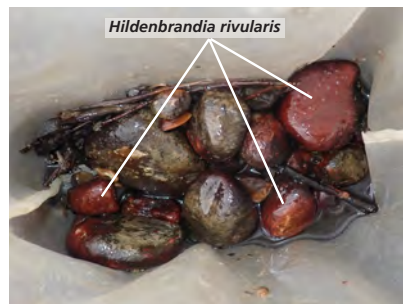
**Situation vor Ort**



Nachweis von Abfällen aus der Siedlungsentwässerung in den ufernahen Sträuchern der Aare am linken Ufer, unterhalb der ARA Flumenthal (Foto: FLU\_1).



Vorkommen der fädigen Rotalge *Batrachospermum* sp. (Foto: FLU\_5).



Regelmässiges Vorkommen der Krusten-Rotalge *Hildenbrandia rivularis* an den Tauchstellen der Aare bei Flumenthal (Foto: FLU\_4).



## AAR\_030\_WAN - Wangen

Koordinaten: 2615197 / 1231717



Blick abwärts

### Lage und wichtige Nutzungen

Die untersuchte Messstelle WAN (Wangen) befindet sich oberhalb des gleichnamigen Ortes, im Staubereich des Kraftwerkes Bannwil.

Die Aare weist an dieser Messstelle eine benetzte Breite von ca. 100 m auf. Die Uferbereiche sind beidseitig hart verbaut.

Das Gewässer weist in diesem Abschnitt wenig Dynamik und eine geringe Fließgeschwindigkeit auf. So waren die ufernahen Bereiche hauptsächlich von Feinmaterial geprägt. An den taucherisch beprobten Stellen hingegen dominierte klar grobes Substrat mit Korngrößen > 10 cm.

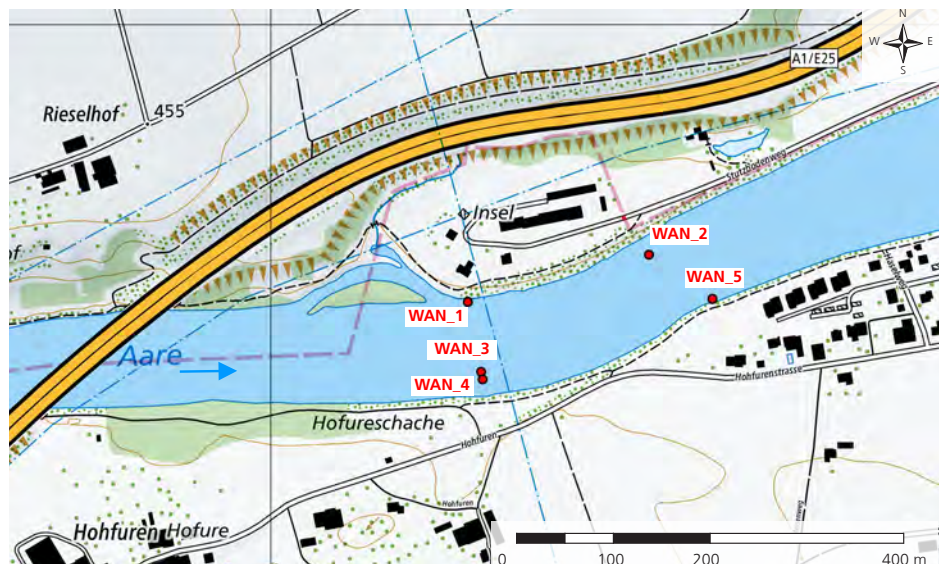


Ufer links (Blick aufwärts)



Ufer rechts (Blick aufwärts)

### Übersicht und Lage Transektstellen



### Hydrologie und weitere Kennwerte

Einzugsgebiet (km <sup>2</sup> )	9'619
Benetzte Breite (m)	100
Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	100
Gefälle (%)	0.1

### Tiefen- und Strömungsverhältnisse sowie Korngrößenverteilung

Parameter	WAN_1	WAN_2	WAN_3	WAN_4	WAN_5
Wassertiefe (m)	0.3	2.4	4.8	2.4	0.5
Strömung (m/s)	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1
Anteil Grobsediment (%)*	10	60	60	100	25
Anteil Feinsediment (%)**	90	40	40	0	75

\* Korngrößen > ca. 10 cm    \*\* Korngrößen < ca. 10 cm

**Äusserer Aspekt**

Die Untersuchung des Äusseren Aspektes zeigte bei den Parametern der fliessenden Welle keine Beeinträchtigungen. Einzige Ausnahme war wenig Schaum im rechten Uferbereich. An allen Tauchstellen konnte eine leichte Kolmation der Gewässersohle festgestellt werden. An drei von fünf Messstellen trat Eisensulfid auf, teils sogar mit über Anteilen > 25%. Am linken Ufer lagen zudem verteilt Abfälle.

Parameter	WAN_1	WAN_2	WAN_3	WAN_4	WAN_5	
Welle	Trübung	1	1	1	1	1
	Verfärbung	1	1	1	1	1
	Geruch Wasser	1	-	-	-	1
	Schaum	1	1	1	1	2 <sup>U</sup>
Gewässersohle	Abfälle	2 <sup>A</sup>	1	1	1	1
	Geruch Sediment	1	-	-	-	1
	Verschlammung	1	1	1	1	1
	Abfälle Siedlungsentw.	1	1	1	1	1
	Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1
	Eisensulfid	3 <sup>U</sup>	1	1	3 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>
	Kolmation	1	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	1

- Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt
- Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich
- Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt
- <sup>U</sup> Ursache unbekannt
- <sup>A</sup> Ursache anthropogen
- nicht erhoben

**Pflanzlicher Bewuchs**

Weite Bereiche der Gewässersohle wiesen hinsichtlich des pflanzlichen Bewuchses gut ausgebildete Fäden und Zotten auf. An zwei Tauchstellen war der Bewuchs nur krustenförmig. Weder submerse Moose noch Makrophyten kamen an dieser Messstelle vor.

Pflanzlicher Bewuchs	WAN_1	WAN_2	WAN_3	WAN_4	WAN_5	
Deckung	Algen	3	3	1	1	3
	Submerse Moose	0	0	0	0	0
	Makrophyten	0	0	0	0	0

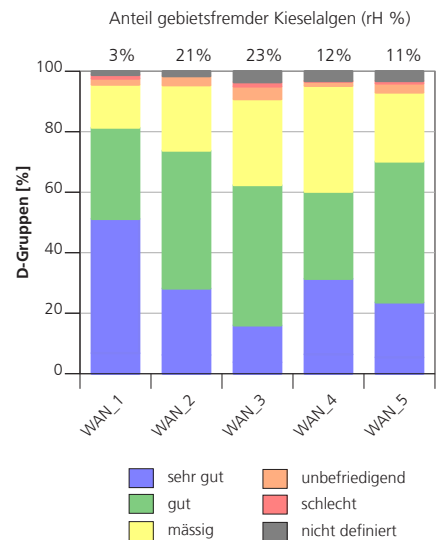
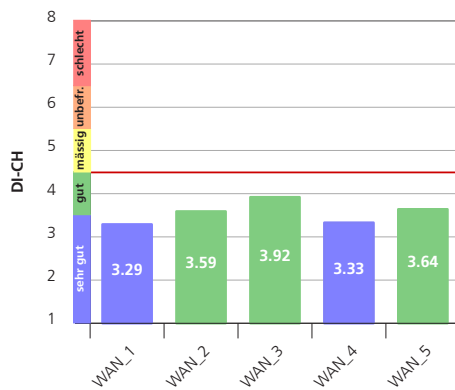
**Algen Bewuchsdichte (BD)**  
 0 = kein Bewuchs; 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Zotten; 2 = Ansätze von Fäden und Zotten; 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten; 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen; 5 = ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

**Submerse Moose und Makrophyten Deckungsgrad**  
 0 = frei von Bewuchs; 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt; 2 = 11-25%; 3 = 26-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-100%.  
 Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

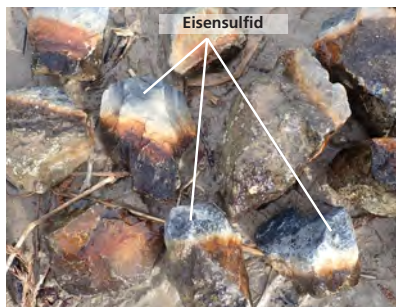
Taxaliste des pflanzlichen Bewuchses siehe Anhang E.

**Biologisch indizierte Wasserqualität**

Der Kieselalgenindex DI-CH der Gewässermite erreichte, über die gesamte Gewässerbite gesehen, den höchsten Wert. Insgesamt liegen aber alle Messstellen in der Zustandsklasse «gut» oder besser. Die Anteile der D-Gruppen schwanken über die Gewässerbite. Der mittlere Anteil an Arten, welche eine Belastung indizieren liegt bei Wangen bei 28%.



**Situation vor Ort**



Nachweis von viel Eisensulfid an der Tauchstelle nahe des rechten Ufers der Aare bei Wangen (Foto: WAN\_4).



Unterwasseraufnahme der Gewässersohle ohne fädigen Bewuchs an der mittleren Transektstelle der Aare bei Wangen (Foto: WAN\_3, Hydra AG).



Stein mit fädigen Bewuchs der Grünalge *Ulothrix zonata* (Foto: WAN\_1).

## AAR\_040\_WYN - Wynau

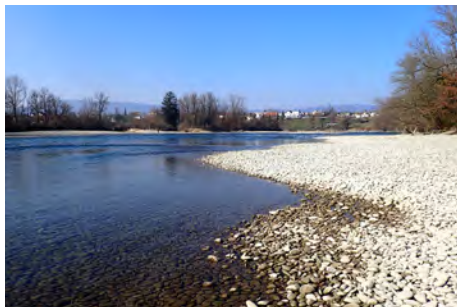
Koordinaten: 2627810 / 1234955



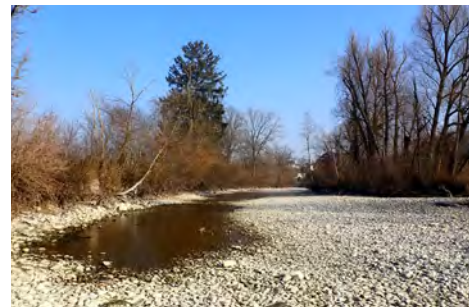
Blick abwärts

### Lage und wichtige Nutzungen

Die untersuchte Messstelle WYN (Wynau) liegt knapp oberhalb des gleichnamigen Ortes. Flussaufwärts liegen zwei Laufkraftwerke und zwei Kläranlagen (ARA Wangen-Wiedlisbach: 11'800 EW<sup>1</sup>, ARA Eymatte: 75'800 EW<sup>1</sup>).



Ufer links (Blick aufwärts)

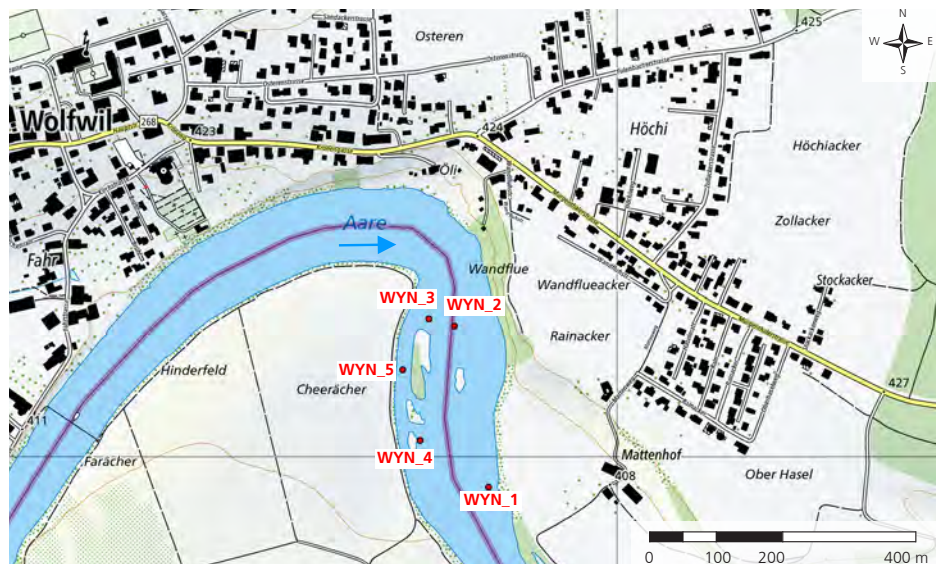


Ufer rechts (Blick aufwärts)

Die Aare bei Wynau ist in diesem Abschnitt freifliessend, reich strukturiert und weist vielfältige Strömungsverhältnisse auf: Riffels, Kolke (Pools) und Flachwasser. Durch eine Kiesinsel wird der Hauptstrom der Aare geteilt. Zum Zeitpunkt der Probenahme führte die Aare sehr wenig Wasser, sodass sich rechtsseitig der Kiesinsel ein vom Hauptstrom abgegrenzter, stehender Seitenarm bildete.

Die Aare ist in diesem Abschnitt dominiert von Substrat mit einer Korngrösse < 10 cm.

### Übersicht und Lage Transektstellen



### Hydrologie und weitere Kennwerte

Einzugsgebiet (km <sup>2</sup> )	9'874
Benetzte Breite (m)	100
Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	100
Gefälle (%)	0.1

<sup>1</sup> Angeschlossene Einwohnerwerte (EW)

### Tiefen- und Strömungsverhältnisse sowie Korngrößenverteilung

Parameter	WYN_1	WYN_2	WYN_3	WYN_4	WYN_5
Wassertiefe (m)	0.3	1.1	0.3	0.3	0.1
Strömung (m/s)	0.3	2.1	0.5	0.4	0.0
Anteil Grobsediment (%)*	0	95	0	5	5
Anteil Feinsediment (%)**	100	5	100	95	95

\* Korngrößen > ca. 10 cm \*\* Korngrößen < ca. 10 cm

**Äusserer Aspekt**

Hinsichtlich des Äusseren Aspektes gab es bei den Parametern der fliessenden Welle an keiner Transektmessstelle Auffälligkeiten. Die Parameter der Gewässersohle waren bis auf wenig Kolmation und vielen Abfällen am rechten Ufer, ebenfalls unauffällig. Aufgrund der Häufigkeit der Abfälle am rechten Ufer, erfüllt diese Transektstelle die Anforderungen der GSchV nicht.

Parameter	WYN_1	WYN_2	WYN_3	WYN_4	WYN_5	
Welle	Trübung	1	1	1	1	1
	Verfärbung	1	1	1	1	1
	Geruch Wasser	1	-	-	-	1
	Schaum	1	1	1	1	1
Gewässersohle	Abfälle	1	1	1	1	3 <sup>A</sup>
	Geruch Sediment	1	-	-	-	1
	Verschlämmung	1	1	1	1	1
	Abfälle Siedlungsentw.	1	1	1	1	3 <sup>A</sup>
	Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1
	Eisensulfid	1	1	1	1	1
	Kolmation	1	2 <sup>U</sup>	1	1	1

- Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt
- Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich
- Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt
- <sup>U</sup> Ursache unbekannt
- <sup>A</sup> Ursache anthropogen
- nicht erhoben

**Pflanzlicher Bewuchs**

Die Algenbewuchsdichte reichte von Ansätzen fädigen Bewuchses (WYN\_2) bis hin zu gut ausgebildeten Fäden und Zotten (BD 3) an den anderen Transektstellen. An zwei Transektstellen wurde ein submerses Moos (*Rhynchosstegium riparioides*) nachgewiesen. Bei den Makrophyten gab es keinen Nachweis.

Pflanzlicher Bewuchs	WYN_1	WYN_2	WYN_3	WYN_4	WYN_5	
Deckung	Algen	3	2	3	3	3
	Submerse Moose	0	0	0	1	1
	Makrophyten	0	0	0	0	0

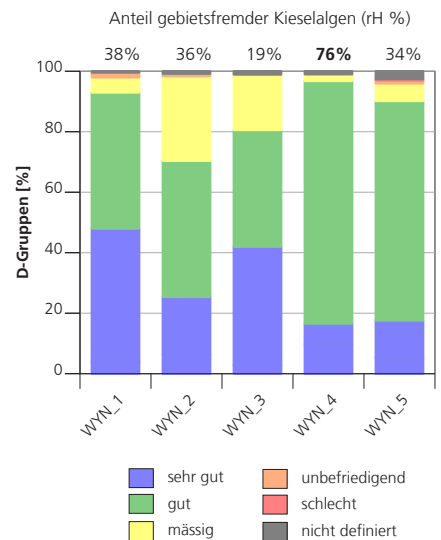
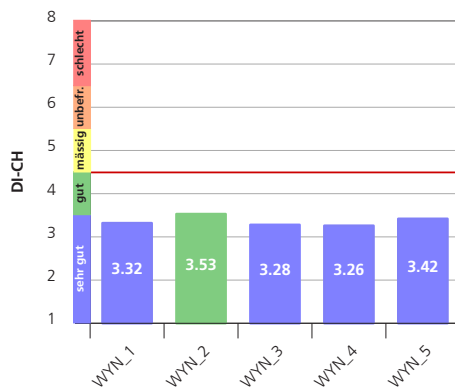
**Algen Bewuchsdichte (BD)**  
 0 = kein Bewuchs; 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Zotten; 2 = Ansätze von Fäden und Zotten; 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten; 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen; 5 = ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

**Submerse Moose und Makrophyten Deckungsgrad**  
 0 = frei von Bewuchs; 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt; 2 = 11-25%; 3 = 26-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-100%.  
 Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

Taxaliste des pflanzlichen Bewuchses siehe Anhang E.

**Biologisch indizierte Wasserqualität**

Der Kieselalgendindex DI-CH schwankt zwischen den fünf Transektmessstellen in Wynau kaum und liegt durchgehend im Grenzbereich der Zustandsklassen «sehr gut» und «gut». Die Anteile der D-Gruppen, welche «mässige» Verhältnisse indizieren liegen an den Stellen WYN\_2 und WYN\_3 sichtbar höher.



**Situation vor Ort**



Ansammlung von Abfällen, teils aus der Siedlungsentwässerung, in den Bäumen am Flussufer der Aare bei Wynau (Foto: WYN\_5).



Vorkommen der Grünalge *Monstroma bullosum* im gut Durchströmten Bereich der Aare bei Wynau (Foto: WYN\_4).



Unterwasseraufnahme der Gewässersohle bei Wynau. Neben Krustenalgen wurden nur Ansätze von Algenfäden nachgewiesen (Foto: WYN\_2, Hydra AG).

## AAR\_050\_AAB - Aarburg

Koordinaten: 2634659 / 1241314



Blick abwärts

### Lage und wichtige Nutzungen

Die Messstelle AAB (Aarburg) liegt auf Höhe der gleichnamigen Stadt. Flussaufwärts der Stelle münden die zwei grösseren Fließgewässer Murg und Wigger in die Aare, über welche das gereinigte Abwasser grosser Kläranlagen eingetragen wird (295'500 EW<sup>1</sup> TOTAL).



Ufer links (Blick abwärts)

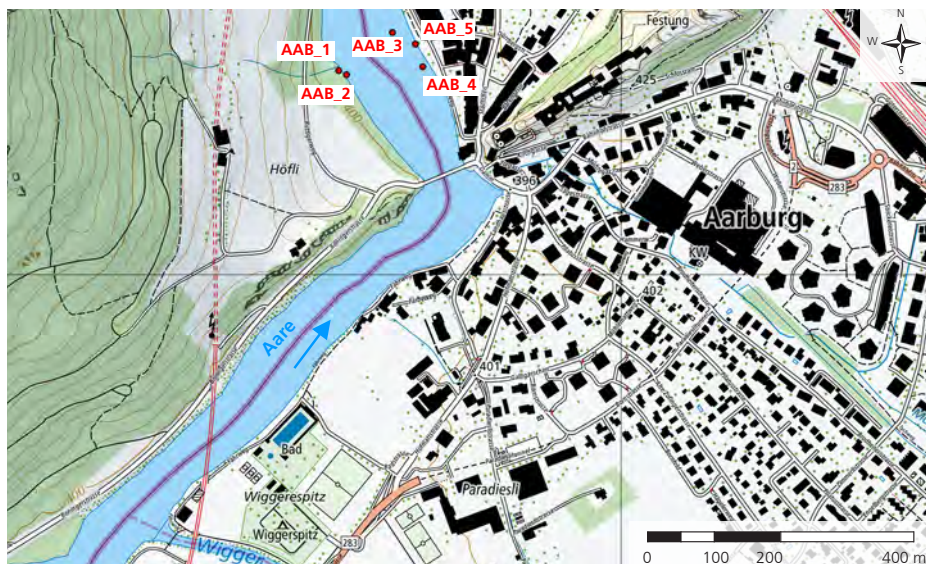


Ufer rechts (Blick abwärts)

### Übersicht und Lage Transektstellen

Das rechte Flussufer bei Aarburg ist mit einer Ufermauer hart verbaut, linksseitig gibt es ein natürliches Steilufer. Bei niedrigem Wasserstand, wie zum Zeitpunkt der Probenahme, bildeten sich auf Höhe der Messstelle grossflächige Kiesbänke. Der Hauptstrom mit einer Geschwindigkeit von 1.2 m/s verlief entlang des linken Ufers.

Über die gesamte Gewässerbreite dominiert Substrat mit einer Korngrösse < 10 cm.



### Hydrologie und weitere Kennwerte

Einzugsgebiet (km <sup>2</sup> )	10'563
Benetzte Breite (m)	115
Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	120
Gefälle (%)	0

<sup>1</sup> Dimensionierte Einwohnerwerte (EW)

### Tiefen- und Strömungsverhältnisse sowie Korngrößenverteilung

Parameter	AAB_1	AAB_2	AAB_3	AAB_4	AAB_5
Wassertiefe (m)	0.4	1.2	0.2	0.3	0.3
Strömung (m/s)	0.6	1.4	0.3	0.7	0.2
Anteil Grobsediment (%)*	0	40	5	5	10
Anteil Feinsediment (%)**	100	60	95	95	90

\* Korngrössen > ca. 10 cm    \*\* Korngrössen < ca. 10 cm

**Äusserer Aspekt**

Die Parameter der fließenden Welle waren bei vier von fünf Transektstellen unauffällig. Nur am rechten Ufer gab es wenig stabilen Schaum. An beiden Uferstellen gab es regelmässig Abfälle, sodass hier die Anforderungen an die GSchV nicht erfüllt waren. Bei den Transektstellen AAB\_3 und AAB\_4 ist die Erfüllung der GSchV aufgrund weniger Abfälle aus der Siedlungsentwässerung und geringer Kolmation fraglich.

Parameter	AAB_1	AAB_2	AAB_3	AAB_4	AAB_5	
Fließ. Welle	Trübung	1	1	1	1	1
	Verfärbung	1	1	1	1	1
	Geruch Wasser	1	-	-	-	1
	Schaum	1	1	1	1	2 <sup>U</sup>
Gewässersohle	Abfälle	3 <sup>A</sup>	1	1	1	2 <sup>A</sup>
	Geruch Sediment	1	-	-	-	1
	Verschlämung	1	1	1	1	1
	Abfälle Siedlungsentw.	1	1	1	2 <sup>A</sup>	3 <sup>A</sup>
	Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1
	Eisensulfid	1	1	1	1	1
	Kolmation	1	1	2 <sup>U</sup>	1	1

- Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt
- Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich
- Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt
- <sup>U</sup> Ursache unbekannt
- <sup>A</sup> Ursache anthropogen
- nicht erhoben

**Pflanzlicher Bewuchs**

Im Bereich des schnell strömenden Hauptstromes der Aare dominierten Krustenalgen, während im flachen Bereich um die Kiesbänke deutlich fädige Algen dominierten. Dort wurden auch submerse Moose nachgewiesen. Makrophyten kamen keine vor.

Pflanzlicher Bewuchs	AAB_1	AAB_2	AAB_3	AAB_4	AAB_5	
Deckung	Algen	2	2	4	4	4
	Submerse Moose	0	0	1	2	3
	Makrophyten	0	0	0	0	0

**Algen Bewuchsdichte (BD)**

0 = kein Bewuchs; 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Zotten; 2 = Ansätze von Fäden und Zotten; 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten; 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen; 5 = ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

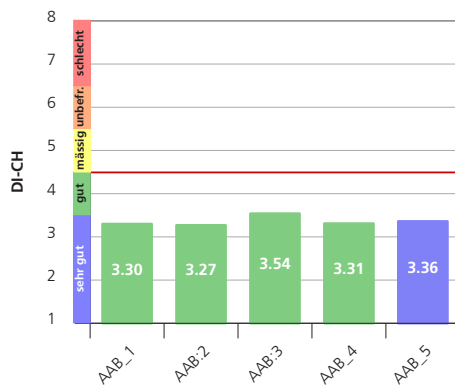
**Submerse Moose und Makrophyten Deckungsgrad**

0 = frei von Bewuchs; 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt; 2 = 11-25%; 3 = 26-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-100%. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

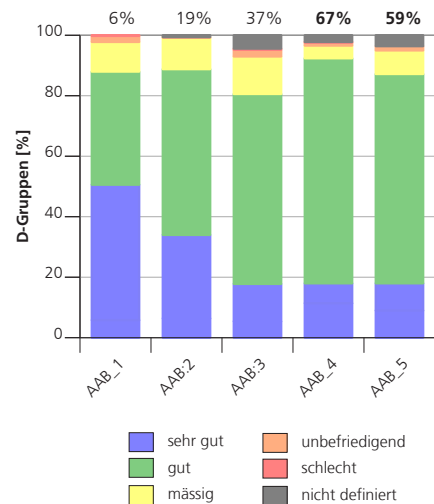
Taxaliste des pflanzlichen Bewuchses siehe Anhang E.

**Biologisch indizierte Wasserqualität**

Der Kieselalgenindex DI-CH änderte sich über die Gewässerbreite kaum und erfüllte stets die Anforderungen der GSchV. Hinsichtlich der D-Gruppen sinkt der Anteil der Arten, welche «sehr gute» Verhältnisse indizieren von links nach rechts. Arten, welche «unbefriedigende» oder «schlechte» Verhältnisse indizieren, kamen an allen Stellen vor.



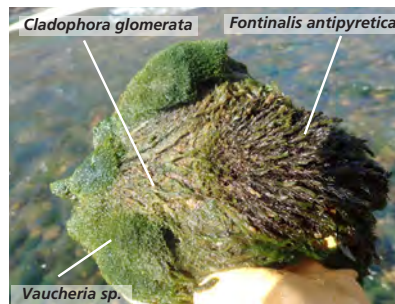
Anteil gebietsfremder Kieselalgen (rH %)



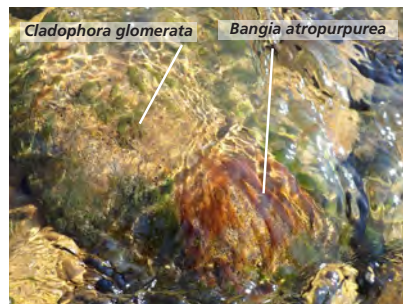
**Situation vor Ort**



Häufiges Vorkommen von Feststoffen aus der Siedlungsentwässerung am Ufer der Aare bei Aarburg (Foto: AAB\_5).



Vielseitiger, dichter Bewuchs an den flacheren Bereichen der Aare bei Aarburg (Foto: AAB\_4).



Vorkommen von fädigen Algen: Rotalge *Bangia atropurpurea* sowie der Grünalge *Cladophora glomerata* (Foto: AAB\_3).

## AAR\_060\_OLT - Olten

Koordinaten: 2635984 / 1246414



Blick aufs linke Ufer

### Lage und wichtige Nutzungen

Die untersuchte Messstelle OLT (Olten) liegt unterhalb der Stadt Olten im Staubereich des Wehr Winznau. Das Laufkraftwerk Gösgen befindet sich rund 6 km flussabwärts.

Die Gewässerbreite der Aare beträgt an dieser Messstelle ca. 90 m. Die Uferbereiche sind beidseitig hart verbaut.

Das Gewässer ist in diesem Bereich wenig dynamisch, die Strömungsgeschwindigkeit war über die gesamte Gewässerbreite mit < 1 m/s eher gering. Der Anteil Feinsediment war in den Uferbereichen deutlich höher, als in der Gewässermitte. In den Bereichen mit höheren Strömungsgeschwindigkeiten sank der Anteil an Feinsediment.

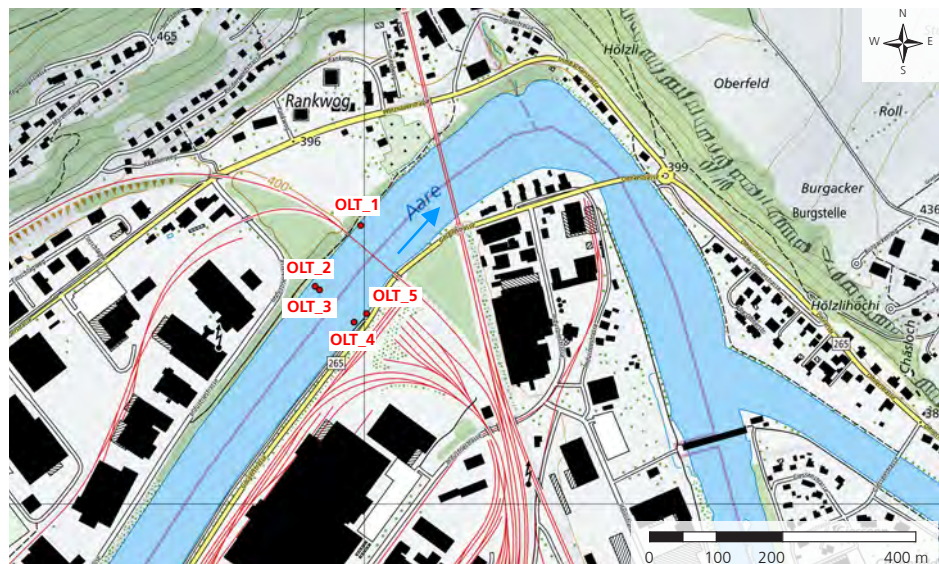


Ufer links (Blick aufwärts)



Ufer rechts (Blick abwärts)

### Übersicht und Lage Transektstellen



### Hydrologie und weitere Kennwerte

Einzugsgebiet (km <sup>2</sup> )	10'563
Benetzte Breite (m)	90
Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	120
Gefälle (%)	0

### Tiefen- und Strömungsverhältnisse sowie Korngrößenverteilung

Parameter	OLT_1	OLT_2	OLT_3	OLT_4	OLT_5
Wassertiefe (m)	0.2	1.6	3.3	2.5	0.2
Strömung (m/s)	0.1	0.1	0.5	0.5	0.2
Anteil Grobsediment (%)*	5	40	60	50	30
Anteil Feinsediment (%)**	95	60	40	50	70

\* Korngrößen > ca. 10 cm    \*\* Korngrößen < ca. 10 cm

**Äusserer Aspekt**

Die Anforderungen der GSchV waren hinsichtlich der Parameter der fließenden Welle bei allen fünf Transektstellen erfüllt. Bei den Parametern der Gewässersohle war bei der Kolmation die Erfüllung der GSchV an allen Transektstellen fraglich. An den Ufer-Transektstellen konnten noch Abfälle, sowie teils Verschlammung und Eisensulfid dokumentiert werden. Auch bei der Transektmessstelle OLT\_4 gab es wenige Abfälle.

Parameter	OLT_1	OLT_2	OLT_3	OLT_4	OLT_5	
Fließ. Welle	Trübung	1	1	1	1	
	Verfärbung	1	1	1	1	
	Geruch Wasser	1	-	-	-	1
	Schaum	1	1	1	1	1
Gewässersohle	Abfälle	3 <sup>A</sup>	1	1	3 <sup>A</sup>	2 <sup>A</sup>
	Geruch Sediment	1	-	-	-	1
	Verschlammung	3 <sup>U</sup>	1	1	1	2 <sup>U</sup>
	Abfälle Siedlungsentw.	1	1	1	1	1
	Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1
	Eisensulfid	2 <sup>U</sup>	1	1	1	2 <sup>U</sup>
	Kolmation	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>

■ Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt      <sup>U</sup> Ursache unbekannt  
■ Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich      <sup>A</sup> Ursache anthropogen  
■ Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt      - nicht erhoben

**Pflanzlicher Bewuchs**

Die Algenbewuchsdichte schwankte über die Gewässerbreite zwischen 1 (Krustenalgen) und 3 (gut ausgebildete Fäden und Zotten). Submerse Moose konnten nur an Transektmessstelle OLT\_4 nachgewiesen werden. Makrophyten hatte es keine.

Pflanzlicher Bewuchs	OLT_1	OLT_2	OLT_3	OLT_4	OLT_5	
Deckung	Algen	2-3	1	1	2	3
	Submerse Moose	0	0	0	1	0
Makrophyten	0	0	0	0	0	

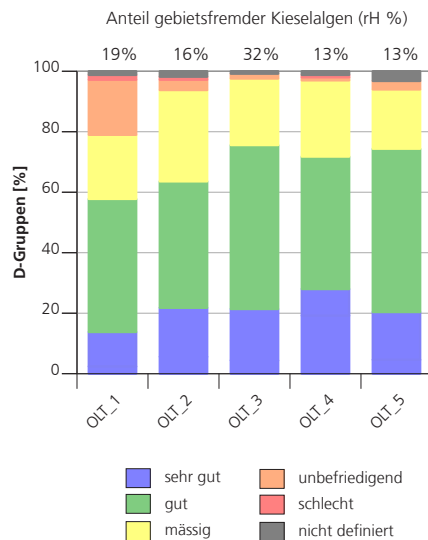
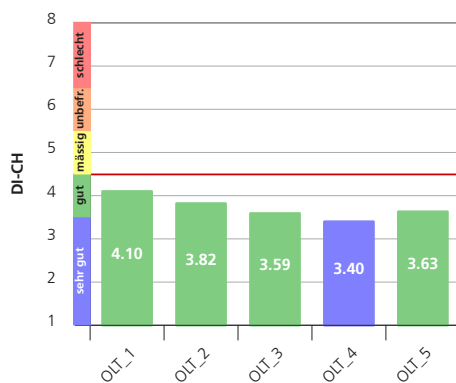
**Algen Bewuchsdichte (BD)**  
 0 = kein Bewuchs; 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Zotten; 2 = Ansätze von Fäden und Zotten; 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten; 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen; 5 = ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

**Submerse Moose und Makrophyten Deckungsgrad**  
 0 = frei von Bewuchs; 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt; 2 = 11-25%; 3 = 26-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-100%.  
 Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

Taxaliste des pflanzlichen Bewuchses siehe Anhang E.

**Biologisch indizierte Wasserqualität**

Die DI-CH Werte der Transektmessstellen bei Olten erfüllen alle die Anforderungen der GSchV. Auf Ebene der D-Gruppen zeichnen sich jedoch Defizite ab. Insbesondere am linken Ufer ist der Anteil der Arten, welche «befriedigende» oder schlechtere Verhältnisse anzeigen mit knappen 20 % deutlich erhöht.



**Situation vor Ort**



Fädiger Bewuchs am rechten Ufer der Aare bei Olten (Foto: OLT\_5).



Verbreitetes Vorkommen von Abfall, wie Fahrräder, am Grund der Aare bei Olten (Foto: OLT\_4, Hydra AG).



Wenig bewachsene Steine am linken Ufer der Aare bei Olten (Foto: OLT\_1).



## AAR\_070\_WIZ - Winznau (Restwasserstrecke)

Koordinaten: 2638750 / 1245355



Blick abwärts

### Lage und wichtige Nutzungen

Die untersuchte Messstelle WIZ (Winznau) liegt im Restwasserabschnitt des Kraftwerkes Gösgen (Dotierwassermenge:  $\varnothing$  20 m<sup>3</sup>/s). Die gereinigten Abwässer der nahegelegenen ARA Winznau (58'000 EW<sup>1</sup>) werden in den Oberwasserkanal des Kraftwerkes Olten-Gösgen eingeleitet, bei Starkregenereignissen kann es aber zur Entlastung in die Restwasserstrecke kommen.

Der untersuchte Abschnitt der Aare weist im Bereich der Restwasserstrecke einen auenartigen Charakter mit einer natürlichen Uferbeschaffenheit auf. Lokal gibt es eine leichte Dynamik durch vielfältige Störungsverhältnisse.

In Bereichen höherer Fließgeschwindigkeiten dominierte grobes Substrat mit Korngrößen > 10 cm.

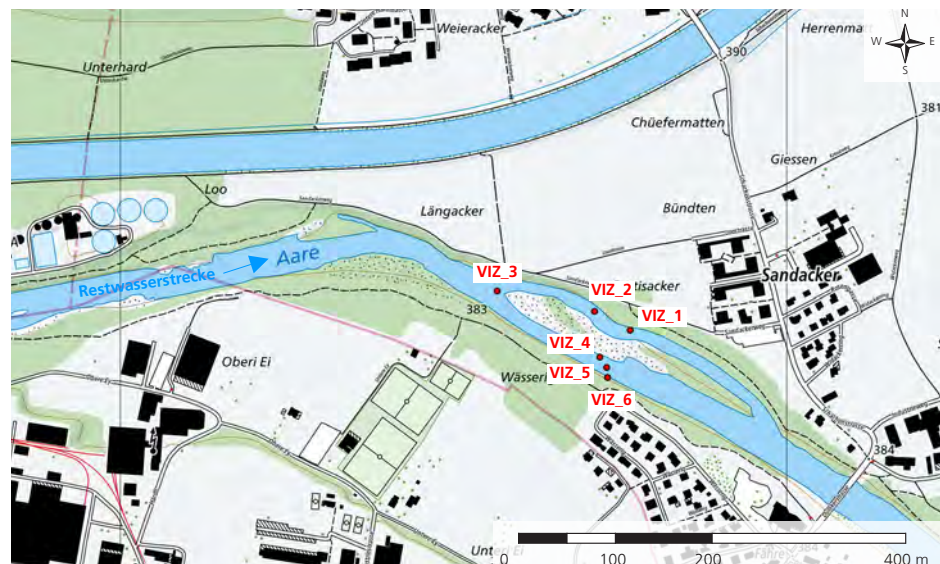


Ufer links (Blick abwärts)



Ufer rechts (Blick aufwärts)

### Übersicht und Lage Transektstellen



### Hydrologie und weitere Kennwerte

Einzugsgebiet (km <sup>2</sup> )	10'828
Benetzte Breite (m)	50
Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	120
Gefälle (%)	0

<sup>1</sup> Dimensionierte Einwohnerwerte (EW)

### Tiefen- und Strömungsverhältnisse sowie Korngrößenverteilung

Parameter	WIZ_1	WIZ_2	WIZ_3	WIZ_4	WIZ_5	WIZ_6
Wassertiefe (m)	0.2	1.8	0.4	0.4	1.6	0.4
Strömung (m/s)	0.8	0.2	0.2	0.2	0.9	0.2
Anteil Grobsediment (%)*	5	80	5	5	40	5
Anteil Feinsediment (%)**	95	20	95	95	60	95

\* Korngrößen > ca. 10 cm    \*\* Korngrößen < ca. 10 cm

**Äusserer Aspekt**

Bei der Untersuchung des Äusseren Aspektes konnte an vier von sechs Transektmessstellen wenig stabiler Schaum festgestellt werden. Weiterhin gab es vereinzelt wenig Abfälle und geringe Kolmation der Gewässersohle. Einzig die Transektmessstelle WIZ\_6 erfüllte hinsichtlich diverser Abfälle, auch aus der Siedlungsentwässerung, nicht die Anforderungen der GSchV.

Parameter	WIZ_1	WIZ_2	WIZ_3	WIZ_4	WIZ_5	WIZ_6	
Welle	Trübung	1	1	1	1	1	
	Verfärbung	1	1	1	1	1	
	Geruch Wasser	1	1	1	1	1	
	Schaum	2 <sup>U</sup>	1	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	1	2 <sup>U</sup>
Gewässersohle	Abfälle	2 <sup>A</sup>	1	1	1	1	3 <sup>A</sup>
	Geruch Sediment	1	1	1	1	1	1
	Verschlämung	1	1	1	1	1	1
	Abfälle Siedlungsentw.	1	1	1	1	1	3 <sup>A</sup>
	Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	1
	Eisensulfid	1	1	1	1	1	1
	Kolmation	1	2 <sup>U</sup>	1	1	2 <sup>U</sup>	1

■ Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt      <sup>U</sup> Ursache unbekannt  
■ Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich      <sup>A</sup> Ursache anthropogen  
■ Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt      - nicht erhoben

**Pflanzlicher Bewuchs**

In der gesamten Restwasserstrecke der Aare bei Winznau konnte fädiger Algenbewuchs, teils in hohen Dichten, festgestellt werden. An einer Transektstelle war ein geringes Vorkommen des Moores *Rhynchosstegium riparioides* zu finden. Makrophyten waren nicht vorhanden.

Pflanzlicher Bewuchs	WIZ_1	WIZ_2	WIZ_3	WIZ_4	WIZ_5	WIZ_6	
Deckung	Algen	4-5	3	4	3	3-4	3-4
	Submerse Moose	0	0	0	0	0	1
	Makrophyten	0	0	0	0	0	0

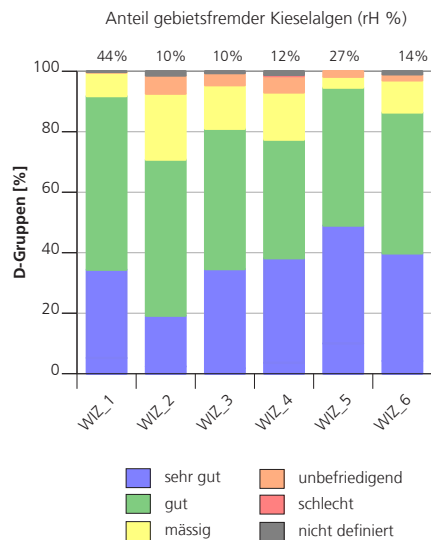
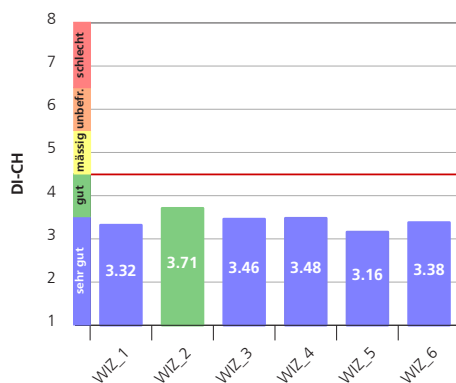
**Algen Bewuchsdichte (BD)**  
 0 = kein Bewuchs; 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Zotten; 2 = Ansätze von Fäden und Zotten; 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten; 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen; 5 = ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

**Submerse Moose und Makrophyten Deckungsgrad**  
 0 = frei von Bewuchs; 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt; 2 = 11-25%; 3 = 26-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-100%.  
 Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

Taxaliste des pflanzlichen Bewuchses siehe Anhang E.

**Biologisch indizierte Wasserqualität**

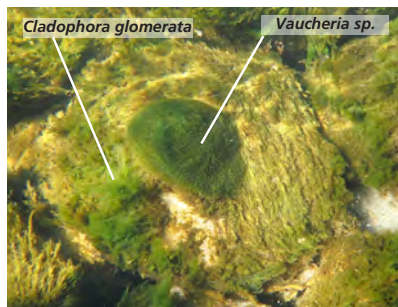
Der DI-CH Wert liegt bei fünf von sechs Stellen in der Zustandsklasse «sehr gut», bei WIZ\_2 liegt er leicht höher, die GSchV ist an allen Stellen erfüllt. Bei den D-Gruppen dominieren die Arten der Zustandsklasse «sehr gut» und «gut», ein kleiner Anteil an belastungstoleranten Arten ist dennoch nachweisbar.



**Situation vor Ort**



Nachweis von Abfällen aus der Siedlungsentwässerung am rechten Ufer der Aare bei Winznau (Foto: WIZ\_6).



Dichter fädiger Grünalgenbewuchs mit Vorkommen von *Vaucheria* sp. und *Cladophora glomerata* (Foto: WIZ\_1).



Unterwasseraufnahme der Untergrundverhältnisse und des pflanzlichen Bewuchses an der Tauchstelle bei Winznau (Foto: WIZ\_5, Hydra AG).

## AAR\_075\_R-A - Rapperswil Auenstein (Restwasserstrecke)

Koordinaten: 2652705 / 1251555



Blick abwärts

### Lage und wichtige Nutzungen

Die Messstelle R-A liegt in der Restwasserstrecke der Aare auf Höhe der Gemeinden Rapperswil und Auenstein. Rund 1.5 km flussaufwärts der Messstellen befindet sich das Laufkraftwerk Rapperswil (Dotierwassermenge:  $\varnothing$  20 m<sup>3</sup>/s). Flussaufwärts leiten zwei Kläranlagen ihre gereinigten Abwässer in die Aare: Schoenenwerd (92'500 EW<sup>1</sup>) und Araar (125'000 EW<sup>1</sup>).

Die Restwasserstrecke der Aare fliesst im untersuchten Abschnitt durch ein Auengebiet von nationaler Bedeutung. Der Hauptlauf teilt sich in mehrere Arme mit vielfältigen Sohlenstrukturen. Die Uferbereiche sind naturnah und unverbaut.

Mit Ausnahme von einer Transektmessstelle dominierte feines Substrat mit Korngrössen < 10 cm.

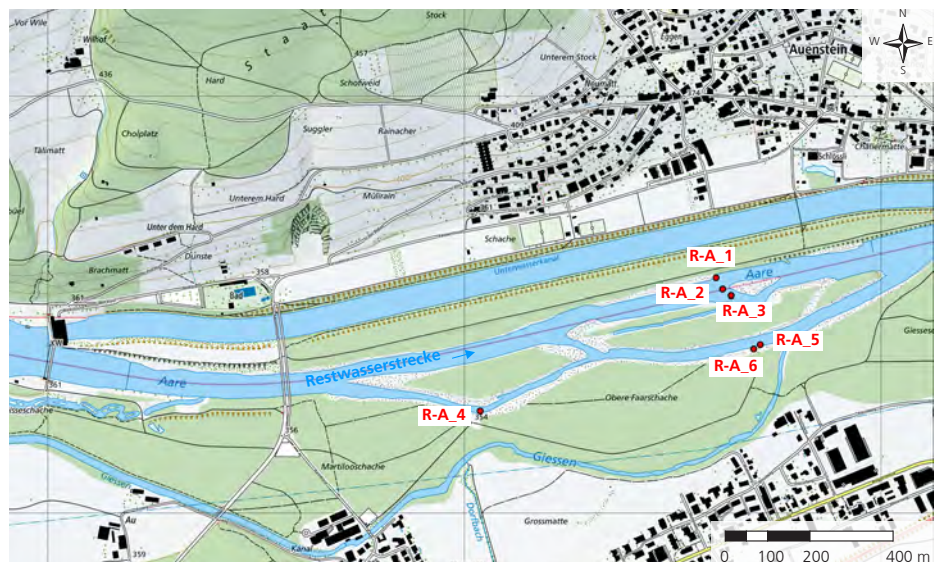


Ufer links (Blick abwärts)



Ufer rechts (Blick aufwärts)

### Übersicht und Lage Transektstellen



### Hydrologie und weitere Kennwerte

Einzugsgebiet (km <sup>2</sup> )	11'298
Benetzte Breite (m)	90
Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	120
Gefälle (%)	0

<sup>1</sup> Dimensionierte Einwohnerwerte (EW)

### Tiefen- und Strömungsverhältnisse sowie Korngrössenverteilung

Parameter	R-A_1	R-A_2	R-A_3	R-A_4	R-A_5	R-A_6
Wassertiefe (m)	0.4	1.8	0.3	0.3	1.4	0.2
Strömung (m/s)	0.4	0.2	0.4	0.1	0.3	0.5
Anteil Grobsediment (%)*	0	0	5	0	60	0
Anteil Feinsediment (%)**	100	100	95	100	40	100

\* Korngrössen > ca. 10 cm    \*\* Korngrössen < ca. 10 cm

**Äusserer Aspekt**

In Hinblick auf den Äusseren Aspekt waren alle sechs Transektstellen auffällig. Stellenweise wurde eine geringe Kolmation der Gewässersohle festgestellt. Insbesondere die Menge an stabilem Schaum und Abfällen führte dazu, dass drei der sechs Transektstellen die Anforderungen an die GSchV nicht erfüllen.

Parameter	R-A_1	R-A_2	R-A_3	R-A_4	R-A_5	R-A_6	
Welle	Trübung	1	1	1	1	1	
	Verfärbung	1	1	1	1	1	
	Geruch Wasser	1	1	1	1	1	
	Schaum	3 <sup>U</sup>	3 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	1	1	3 <sup>U</sup>
Gewässersohle	Abfälle	2 <sup>A</sup>	1	2 <sup>A</sup>	2 <sup>A</sup>	1	3 <sup>A</sup>
	Geruch Sediment	1	1	1	1	1	1
	Verschlämmung	1	1	1	1	1	1
	Abfälle Siedlungsentw.	2 <sup>A</sup>	1	1	1	1	1
	Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	1
	Eisensulfid	1	1	1	1	1	1
	Kolmation	2 <sup>U</sup>	1	2 <sup>U</sup>	1	2 <sup>U</sup>	1

- Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt
- Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich
- Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt
- <sup>U</sup> Ursache unbekannt
- <sup>A</sup> Ursache anthropogen
- nicht erhoben

**Pflanzlicher Bewuchs**

An allen Transektstellen gab es Fadenalgen. Die Bewuchsdichte war bei vier von sechs Transektstellen auffällig hoch. So war dort jeweils die gesamte Gewässersohle mit fädigen Algen überzogen. Es gab keinen Nachweis von Makrophyten oder submersen Moosen.

Pflanzlicher Bewuchs	R-A_1	R-A_2	R-A_3	R-A_4	R-A_5	R-A_6	
Deckung	Algen	4-5	4-5	4-5	3	3-4	4-5
	Submerse Moose	0	0	0	0	0	0
	Makrophyten	0	0	0	0	0	0

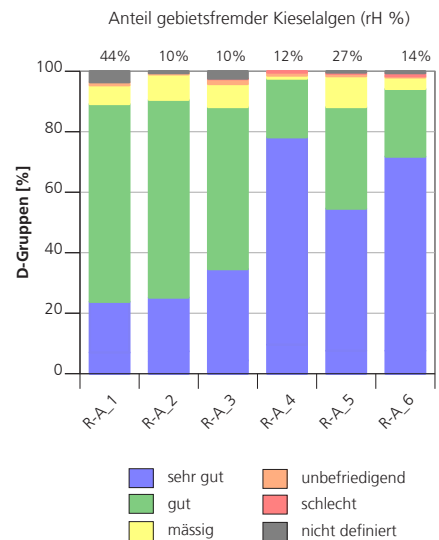
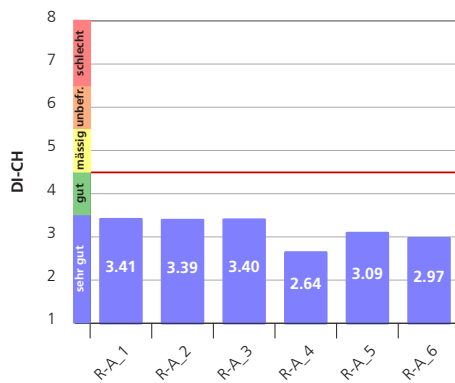
**Algen Bewuchsdichte (BD)**  
 0 = kein Bewuchs; 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Zotten; 2 = Ansätze von Fäden und Zotten; 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten; 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen; 5 = ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

**Submerse Moose und Makrophyten Deckungsgrad**  
 0 = frei von Bewuchs; 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt; 2 = 11-25%; 3 = 26-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-100%. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

Taxaliste des pflanzlichen Bewuchses siehe Anhang E.

**Biologisch indizierte Wasserqualität**

Der DI-CH Wert liegt bei allen sechs Stellen in der Zustandsklasse «sehr gut». Der Anteil der D-Gruppen, welche durch organische Belastung tolerieren liegt nur an einer Messstelle knapp über 10%. An allen Stellen dominieren klar die Arten, mit einem D-Wert < 3.5.



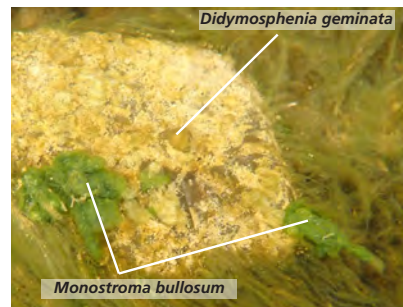
**Situation vor Ort**



Unterwasserfoto des übermässigen Algenbewuchses. Sturktur der Gewässersohle kaum erkennbar (Foto: R-A\_1).



Ansammlung von stabilem Schaum am rechten Ufer der Aare bei Ruppertswil-Auenstein (Foto: R-A\_6).



Makroskopisches Bild der invasiven Kieselalge *Didymosphenia geminata* sowie der Grünalge *Monostroma bullosum* (Foto: R-A\_1).

## AAR\_080\_VIL - Villnacher Schachen (Restwasserstrecke)

Koordinaten: 2655810 / 1257950



Blick aufwärts

### Lage und wichtige Nutzungen

Die untersuchte Messstelle VIL befindet sich im Restwasserabschnitt der Aare auf Höhe der Gemeinde Villnachern. Der untersuchte Abschnitt wird stark durch das Kraftwerk Wildegg-Brugg beeinflusst (Dotierwassermenge:  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ). So unterliegt die Abflussmenge täglichen Schwankungen. Oberhalb der Messstelle leiten zwei ARAs ihre gereinigten Abwässer in die Aare ( $183'000 \text{ EW}^1 \text{ TOTAL}$ ).

Zudem liegt die Messstelle in einem Auengebiet von nationaler Bedeutung. Der Lauf der Aare teilt sich in diesem Bereich in mehrere Arme auf, welche zum Zeitpunkt der Probenahme teils wenig Wasser führten. Die Restwasserstrecke ist morphologisch vielfältig strukturiert.

Mit Ausnahme einer Stelle dominiert Feinsediment.

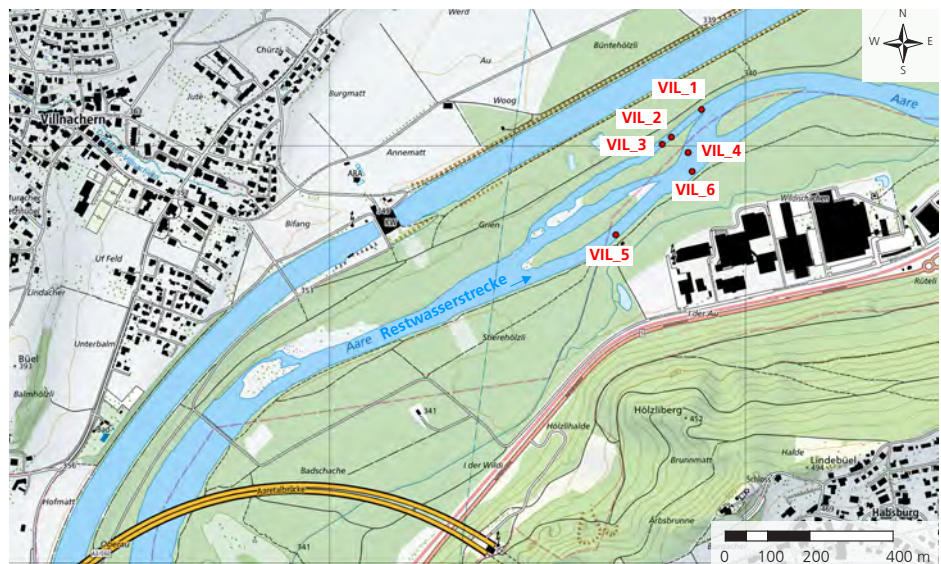


Ufer links (Blick aufwärts)



Ufer rechts (Blick aufwärts)

### Übersicht und Lage Transektstellen



### Hydrologie und weitere Kennwerte

Einzugsgebiet (km <sup>2</sup> )	11'648
Benetzte Breite (m)	50
Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	120
Gefälle (%)	0

<sup>1</sup> Dimensionierte Einwohnerwerte (EW)

### Tiefen- und Strömungsverhältnisse sowie Korngrößenverteilung

Parameter	VIL_1	VIL_2	VIL_3	VIL_4	VIL_5	VIL_6
Wassertiefe (m)	0.2	0.1	0.8	0.5	1.6	0.4
Strömung (m/s)	0.2	0.6	0.1	1.4	0.8	0.3
Anteil Grobsediment (%)*	5	0	0	0	100	0
Anteil Feinsediment (%)**	95	100	100	100	0	100

\* Korngrößen > ca. 10 cm \*\* Korngrößen < ca. 10 cm

**Äusserer Aspekt**

Hinsichtlich des Äusseren Aspektes gab es bei allen Stellen Auffälligkeiten, welche die Erfüllung der Anforderungen der GSchV als fraglich einstufen. Zwei Transektstellen, VIL\_4 und VIL\_6 erfüllten in Hinblick auf die Häufigkeit von Abfällen und Abfällen aus der Siedlungsentwässerung die Anforderungen der GSchV nicht.

Parameter	VIL_1	VIL_2	VIL_3	VIL_4	VIL_5	VIL_6
Welle	Trübung	1	1	1	1	1
	Verfärbung	1	1	1	1	1
	Geruch Wasser	1	1	1	1	1
	Schaum	2 <sup>U</sup>	1	1	1	1
Gewässersohle	Abfälle	2 <sup>A</sup>	2 <sup>A</sup>	1	3 <sup>A</sup>	1
	Geruch Sediment	1	1	1	1	1
	Verschlammung	1	1	1	1	1
	Abfälle Siedlungsentw.	2 <sup>A</sup>	1	1	3 <sup>A</sup>	1
	Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1
	Eisensulfid	1	1	1	1	1
	Kolmation	1	1	2 <sup>U</sup>	1	2 <sup>U</sup>

- Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt
- Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich
- Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt
- <sup>U</sup> Ursache unbekannt
- <sup>A</sup> Ursache anthropogen
- nicht erhoben

**Pflanzlicher Bewuchs**

Hinsichtlich des Algenbewuchses gab es an jeder Transektstelle fädigen Bewuchs. Besonders auffällig waren die Stellen VIL\_1, VIL\_3 und VIL\_5, wo sich dieser über die gesamte Gewässersohle erstreckte. Submerse Moose wurden an zwei Stellen nachgewiesen, Makrophyten an keiner.

Pflanzlicher Bewuchs	VIL_1	VIL_2	VIL_3	VIL_4	VIL_5	VIL_6
Deckung	Algen	4	3	4-5	3	3-4
	Submerse Moose	1	1	0	0	0
	Makrophyten	0	0	0	0	0

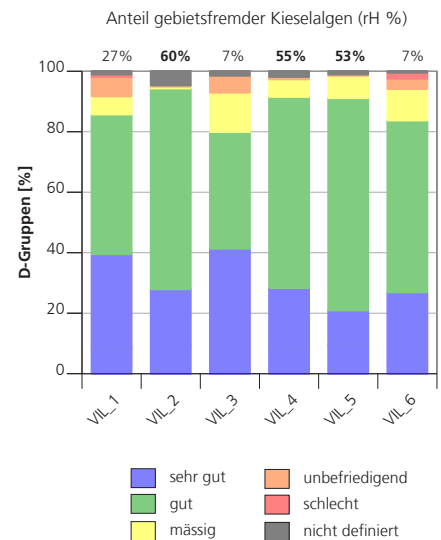
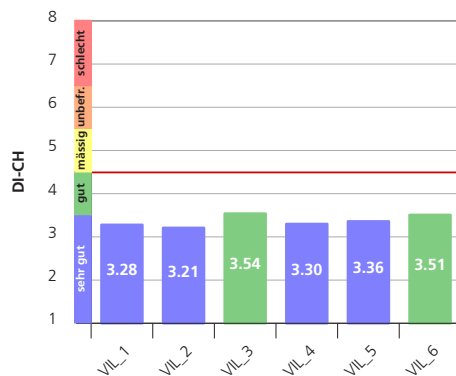
**Algen Bewuchsdichte (BD)**  
 0 = kein Bewuchs; 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Zotten; 2 = Ansätze von Fäden und Zotten; 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten; 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen; 5 = ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

**Submerse Moose und Makrophyten Deckungsgrad**  
 0 = frei von Bewuchs; 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt; 2 = 11-25%; 3 = 26-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-100%. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

Taxaliste des pflanzlichen Bewuchses siehe Anhang E.

**Biologisch indizierte Wasserqualität**

Der DI-CH Wert liegt bei allen sechs Stellen in der Zustandsklasse «sehr gut» respektive «gut». Hinsichtlich der D-Gruppen dominieren Arten mit einem D-Wert < 3.5. An den Stellen der strömungsberuhigten Abschnitten ist ein erhöhter Anteil an belastungstoleranter Arten vorhanden (VIL\_1, VIL\_3, VIL\_6).



**Situation vor Ort**



Stein mit diversem Algenbewuchs aus einem gut durchströmten Abschnitt der Restwasserstrecke der Aare bei Vilnachern (Foto: VIL\_4).



Flächendeckender Algenbewuchs in wenig durchströmten Bereichen der Restwasserstrecke der Aare bei Vilnachern (Foto: VIL\_4).



Abfälle im Uferbereich der Restwasserstrecke der Aare bei Vilnachern (Foto: VIL\_4).

## AAR\_090\_BRU - Brugg

Koordinaten: 2658660 / 1259668



Blick abwärts

### Lage und wichtige Nutzungen

Die untersuchte Messstelle BRU (Brugg) liegt knapp 2 km oberhalb der Einmündung der Reuss. Flussaufwärts leiten zwei ARAs ihre gereinigten Abwässer in die Aare (Villnachern: 2'800 EW<sup>1</sup>, Umiken: 6'500 EW<sup>1</sup>). Die Ufer der Aare bei Brugg sind über weite Abschnitte mit grossen Blöcken verbaut.

Die benetzte Breite liegt an der untersuchten Messstelle bei ca. 80 m.

An den beiden Ufer-Transektstellen dominierte mit je 95 % Anteil feines Sediment. Die Fließgeschwindigkeit war hier mit < 0.5 m/s sehr gering. Bei den taucherisch beprobten Transektstellen dominierte grobes Sediment mit Korngrößen > 10 cm. Bei der mittleren Tauchstelle lag die Fließgeschwindigkeit bei 1 m/s.

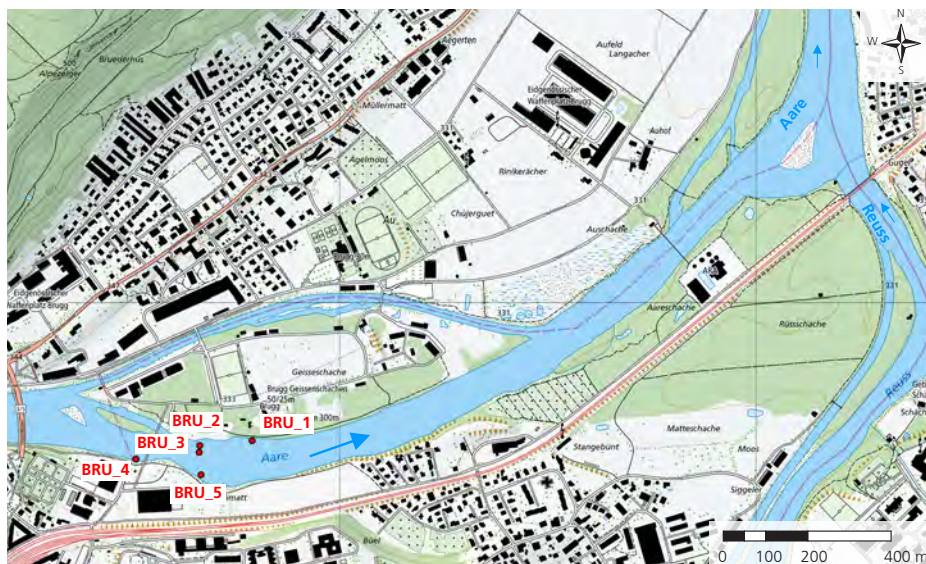


Ufer links (Blick aufwärts)



Ufer rechts (Blick abwärts)

### Übersicht und Lage Transektstellen



### Hydrologie und weitere Kennwerte

Einzugsgebiet (km <sup>2</sup> )	11'709
Benetzte Breite (m)	80
Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	140
Gefälle (%)	0

<sup>1</sup> Dimensionierte Einwohnerwerte (EW)

### Tiefen- und Strömungsverhältnisse sowie Korngrößenverteilung

Parameter	BRU_1	BRU_2	BRU_3	BRU_4	BRU_5
Wassertiefe (m)	0.3	1.4	3.9	1.8	0.4
Strömung (m/s)	0.2	0.3	1.0	0.1	0.3
Anteil Grobsediment (%)*	5	70	80	75	5
Anteil Feinsediment (%)**	95	30	20	25	95

\* Korngrößen > ca. 10 cm    \*\* Korngrößen < ca. 10 cm

**Äusserer Aspekt**

Die Parameter der fließenden Welle waren bei allen Transektstellen unauffällig. Bei den Parametern der Gewässersohle wurde eine leichte Kolmation an allen und wenig Abfälle am rechten Ufer festgestellt. Die Erfüllung der Anforderungen der GSchV ist somit fraglich.

Parameter	BRU_1	BRU_2	BRU_3	BRU_4	BRU_5	
Welle	Trübung	1	1	1	1	1
	Verfärbung	1	1	1	1	1
	Geruch Wasser	1	-	-	-	1
	Schaum	1	1	1	1	1
Gewässersohle	Abfälle	1	1	1	1	2 <sup>A</sup>
	Geruch Sediment	1	-	-	-	1
	Verschlämmung	1	1	1	1	1
	Abfälle Siedlungsentw.	1	1	1	1	1
	Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1
	Eisensulfid	1	1	1	1	1
	Kolmation	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>

- Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt
- Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich
- Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt
- <sup>U</sup> Ursache unbekannt
- <sup>A</sup> Ursache anthropogen
- nicht erhoben

**Pflanzlicher Bewuchs**

In Hinblick auf den Pflanzlichen Bewuchs zeigte sich an fast allen Transektstellen, mit Ausnahme von BRU\_3, fädiger Algenbewuchs. An den Uferstellen wurden jeweils Moose nachgewiesen. Makrophyten gab es keine.

Pflanzlicher Bewuchs	BRU_1	BRU_2	BRU_3	BRU_4	BRU_5	
Deckung	Algen	3-4	3	1	3	3-4
	Submerse Moose	3	0	0	0	1
	Makrophyten	0	0	0	0	0

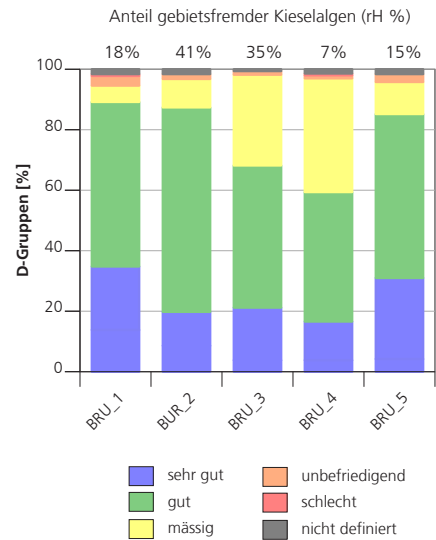
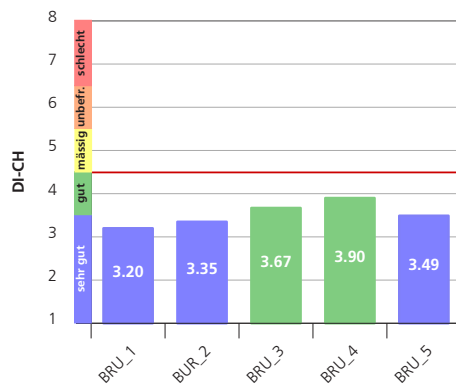
**Algen Bewuchsdichte (BD)**  
 0 = kein Bewuchs; 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Zotten; 2 = Ansätze von Fäden und Zotten; 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten; 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen; 5 = ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

**Submerse Moose und Makrophyten Deckungsgrad**  
 0 = frei von Bewuchs; 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt; 2 = 11-25%; 3 = 26-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-100%.  
 Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

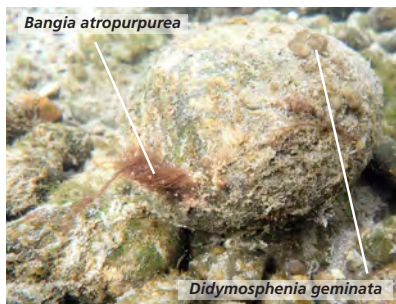
Taxaliste des pflanzlichen Bewuchses siehe Anhang E.

**Biologisch indizierte Wasserqualität**

Der Kieselalgendindex DI-CH steigt von links nach rechts, wobei die beiden Tauchstellen BRU\_3 und BRU\_4 in die Zustandsklasse «gut» fallen, während die restlichen drei eine Zustandsklasse besser sind. Obwohl bei allen Transektstellen die D-Gruppen der Zustandsklasse «gut» dominieren, ist der Anteil belastungstoleranter Arten teils recht hoch.



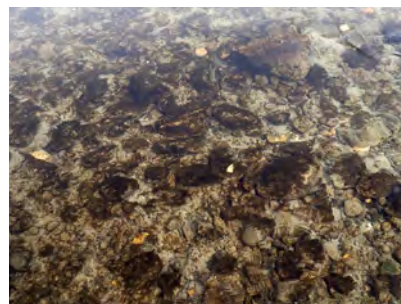
**Situation vor Ort**



Vorkommen der fädigen Rotalge *Bangia atropurpurea* und der gebietsfremden Kieselalge *Didymosphenia geminata* im Uferbereich der Aare bei Brugg (Foto: BRU\_1).



Unterwasseraufnahme der Gewässersohle mit krustigem Algenbewuchs (Foto: BRU\_3, Hydra AG).



Fädiger Algenbewuchs im Uferbereich der Aare bei Brugg (Foto: BRU\_5).



## AAR\_100\_STI - Stilli

Koordinaten: 2659927 / 1261697



Blick abwärts

### Lage und wichtige Nutzungen

Die Messstelle STI (Stilli) liegt flussabwärts der Mündungen von Reuss und Limmat in die Aare. Die untersuchte Stelle liegt in der Durchmischungszone der drei Fließgewässer sowie im Übergang zum Staubereich des Kraftwerkes Beznau. Oberhalb von Stilli leitet die ARA Wasserschloss (80'000 EW<sup>1</sup>) ihre gereinigten Abwässer in die Aare.

Die benetzte Breite der Aare liegt an dieser Stelle bei ca. 90 m.

Die beiden Uferstellen waren hauptsächlich von feinem Substrat mit Korngrößen < 10 cm dominiert. Die Fließgeschwindigkeit war im Uferbereich sehr gering. Die mittleren Transektstellen wiesen hauptsächlich Grobsediment, mit Korngrößen > 10 cm auf. Die Fließgeschwindigkeit stieg hier auf bis 0.7 m/s an.

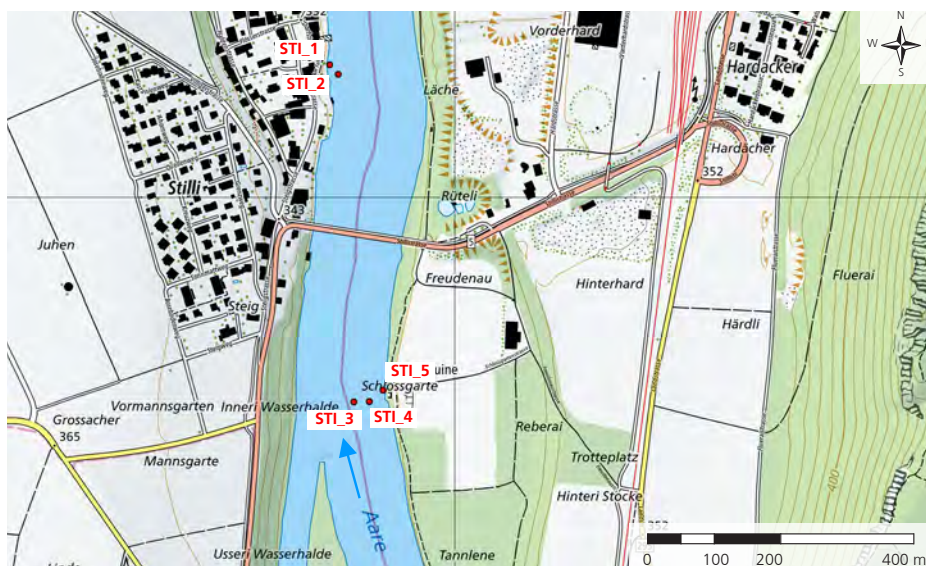


Ufer links (Blick abwärts)



Ufer rechts (Blick aufwärts)

### Übersicht und Lage Transektstellen



### Hydrologie und weitere Kennwerte

Einzugsgebiet (km <sup>2</sup> )	17'553
Benetzte Breite (m)	90
Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	245
Gefälle (%)	0

<sup>1</sup> Dimensionierte Einwohnerwerte (EW)

### Tiefen- und Strömungsverhältnisse sowie Korngrößenverteilung

Parameter	STI_1	STI_2	STI_3	STI_4	STI_5
Wassertiefe (m)	0.4	1.7	3.0	1.8	0.4
Strömung (m/s)	0.1	0.4	0.7	0.4	0.1
Anteil Grobsediment (%)*	0	60	80	90	5
Anteil Feinsediment (%)**	100	40	20	10	95

\* Korngrößen > ca. 10 cm    \*\* Korngrößen < ca. 10 cm

**Äusserer Aspekt**

Hinsichtlich des Äusseren Aspektes erfüllten alle Parameter der fliessenden Welle die Anforderungen an die GSchV. Bei den Parametern der Gewässersohle wurde bei allen Transektstellen eine leichte Kolmation festgestellt. Beide Uferstellen wiesen Eisensulfid auf, links in einer solchen Häufigkeit, dass die Erfüllung der GSchV als fraglich eingestuft wird. Ebenso wurden am linken Ufer Abfälle und Geruch im Sediment bemerkt.

Parameter	STL_1	STL_2	STL_3	STL_4	STL_5	
Welle	Trübung	1	1	1	1	1
	Verfärbung	1	1	1	1	1
	Geruch Wasser	1	-	-	-	1
	Schaum	1	1	1	1	1
Gewässersohle	Abfälle	2 <sup>A</sup>	1	1	1	1
	Geruch Sediment	2 <sup>U</sup>	-	-	-	1
	Verschlämmung	1	1	1	1	1
	Abfälle Siedlungsentw.	1	1	1	1	1
	Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1
	Eisensulfid	3 <sup>U</sup>	1	1	1	2 <sup>U</sup>
	Kolmation	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>

- Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt
- Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich
- Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt
- <sup>U</sup> Ursache unbekannt
- <sup>A</sup> Ursache anthropogen
- nicht erhoben

**Pflanzlicher Bewuchs**

Die Aare bei Stilli weist an allen untersuchten Transektstellen fädigen Algenbewuchs auf. Dominierend dabei war die fädige Grünalge *Cladophora glomerata*. Weder submerse Moose, noch Makrophyten wurden nachgewiesen.

Pflanzlicher Bewuchs	STL_1	STL_2	STL_3	STL_4	STL_5	
Deckung	Algen	3	3-4	3-4	3-4	3-4
	Submerse Moose	0	0	0	0	0
	Makrophyten	0	0	0	0	0

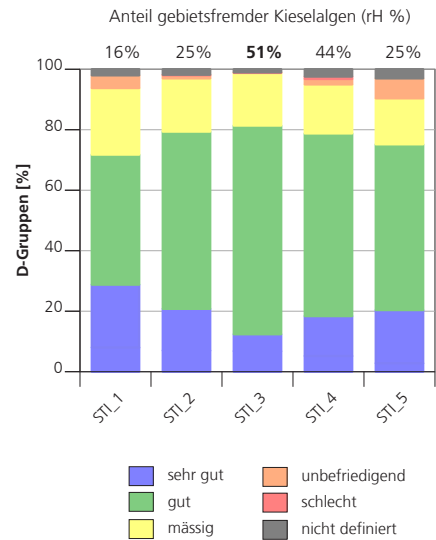
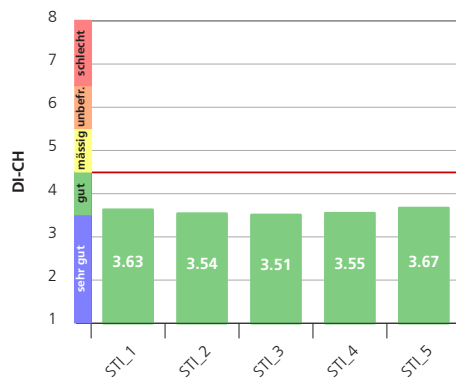
**Algen Bewuchsdichte (BD)**  
 0 = kein Bewuchs; 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Zotten; 2 = Ansätze von Fäden und Zotten; 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten; 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen; 5 = ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

**Submerse Moose und Makrophyten Deckungsgrad**  
 0 = frei von Bewuchs; 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt; 2 = 11-25%; 3 = 26-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-100%.  
 Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

Taxaliste des pflanzlichen Bewuchses siehe Anhang E.

**Biologisch indizierte Wasserqualität**

Der Kieselalgenindex DI-CH lag über die gesamte Gewässerbreite in der Zustandsklasse «gut». Hinsichtlich der Gruppen konnte ebenfalls über die gesamte Gewässerbreite ein erhöhter Anteil an belastungstoleranten Arten (D-Wert > 4.5) festgestellt werden. An der mittleren Transektmessstelle liegt der Anteil gebietsfremder Kieselalgen > 50 %.



**Situation vor Ort**



Eisensulfid im Sediment am linken Ufer der Aare bei Stilli (Foto: STL\_1).



Unterwasseraufnahme der Gewässersohle der Aare bei Stilli (Foto: STL\_4, Hydra AG).



Vorkommen von *Ulothrix zonata* auf einem grossen Stein auf Höhe der Wasserlinie (Foto: STL\_5).

## AAR\_110\_FEL - Felsenau

Koordinaten: 2658795 / 1272526



Blick auf das linke Ufer

### Lage und wichtige Nutzungen

Die untersuchte Messstelle FEL (Felsenau) liegt in einer Entfernung von rund 600 m flussaufwärts zur Einmündung der Aare in den Rhein. Gleichzeitig liegt die Messstelle knapp 1 km unterhalb des Klingenauer Staueses, welcher ein Vogelgebiet nationaler Bedeutung ist. Er weist eine ausgedehnte, stark verlandete Flachwasserzone auf und unterliegt einer natürlichen Eutrophierung, welche möglicherweise durch Wasservogel verstärkt wird. Zwischen Stilli und Felsenau leiten insgesamt fünf ARAs ihre gereinigten Abwässer in die Aare (37'200 EW<sup>1</sup> TOTAL).

Die Uferbereiche des untersuchten Abschnittes waren durch grobe Blöcke hart verbaut. Die benetzte Breite der Unteren Aare an der untersuchten Messstelle betrug rund 160 m.

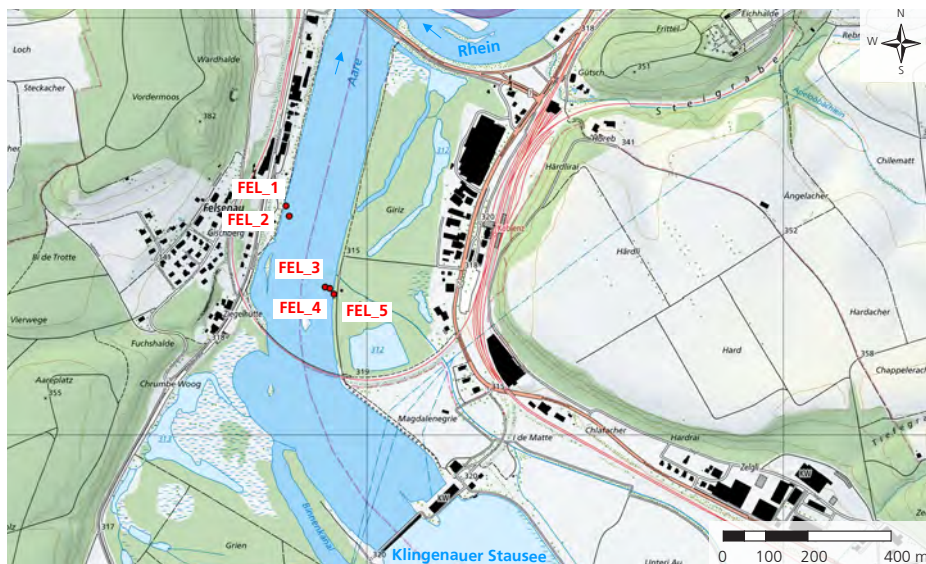


Ufer links (Blick aufwärts)



Ufer rechts (Blick aufwärts)

### Übersicht und Lage Transektstellen



### Hydrologie und weitere Kennwerte

Einzugsgebiet (km <sup>2</sup> )	17'709
Benetzte Breite (m)	160
Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	245
Gefälle (%)	0

### Tiefen- und Strömungsverhältnisse sowie Korngrößenverteilung

Parameter	FEL_1	FEL_2	FEL_3	FEL_4	FEL_5
Wassertiefe (m)	0.5	2.0	2.4	1.7	0.4
Strömung (m/s)	0.1	0.5	1.2	0.9	0.2
Anteil Grobsediment (%)*	15	70	100	100	20
Anteil Feinsediment (%)**	85	30	0	0	80

\* Korngrößen > ca. 10 cm    \*\* Korngrößen < ca. 10 cm

**Äusserer Aspekt**

Alle Parameter der fließenden Welle erfüllen die Anforderungen an die GSchV. Die Gewässersohle zeigte an allen Transektstellen eine leichte Kolmation. Insbesondere die Uferbereiche waren hinsichtlich diverser Abfälle, Verschlammung, Eisensulfid und Geruch im Sediment auffällig und stellen somit die Erfüllung der Anforderungen der GSchV in Frage.

Parameter	FEL_1	FEL_2	FEL_3	FEL_4	FEL_5	
Welle	Trübung	1	1	1	1	1
	Verfärbung	1	1	1	1	1
	Geruch Wasser	1	1	1	1	1
	Schaum	1	1	1	1	1
Gewässersohle	Abfälle	2 <sup>A</sup>	1	1	1	1
	Geruch Sediment	1	1	1	1	2 <sup>U</sup>
	Verschlammung	2 <sup>U</sup>	1	1	1	2 <sup>U</sup>
	Abfälle Siedlungsentw.	2 <sup>A</sup>	1	1	1	1
	Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1
	Eisensulfid	2 <sup>U</sup>	1	1	1	2 <sup>U</sup>
	Kolmation	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>	2 <sup>U</sup>

■ Klasse 1 Anforderungen GSchV erfüllt      <sup>U</sup> Ursache unbekannt  
■ Klasse 2 Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich      <sup>A</sup> Ursache anthropogen  
■ Klasse 3 Anforderungen GSchV nicht erfüllt      - nicht erhoben

**Pflanzlicher Bewuchs**

Alle untersuchten Transektstellen zeigten fädigen Algenbewuchs, wobei die Grünalge *Cladophora glomerata* die dominierende Art war. Submerse Moose wurden an zwei Tauchstellen nachgewiesen. Makrophyten gab es keine.

Pflanzlicher Bewuchs	FEL_1	FEL_2	FEL_3	FEL_4	FEL_5	
Deckung	Algen	3	3-4	3-4	3-4	3
	Submerse Moose	0	0	1	1	0
	Makrophyten	0	0	0	0	0

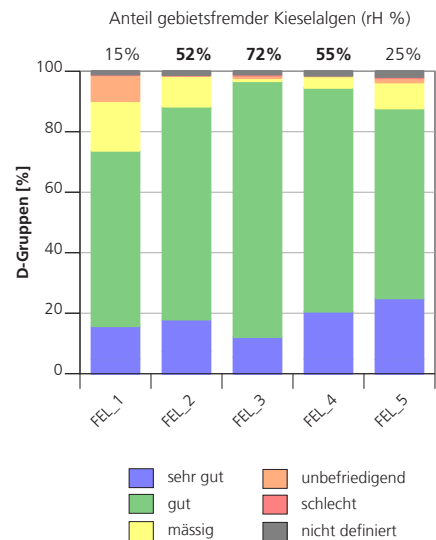
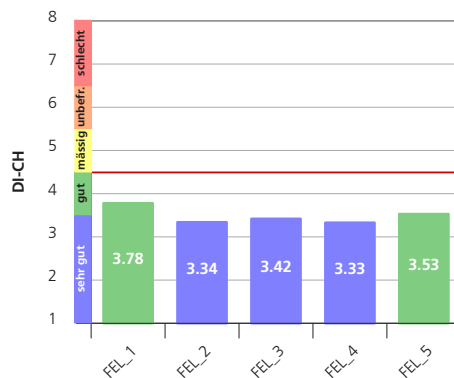
**Algen Bewuchsdichte (BD)**  
 0 = kein Bewuchs; 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Zotten; 2 = Ansätze von Fäden und Zotten; 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten; 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen; 5 = ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

**Submerse Moose und Makrophyten Deckungsgrad**  
 0 = frei von Bewuchs; 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt; 2 = 11-25%; 3 = 26-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-100%.  
 Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

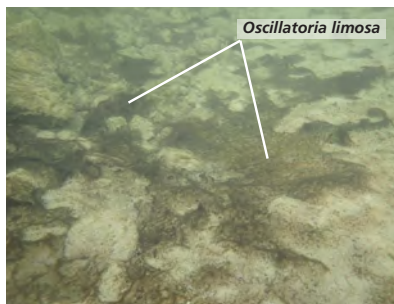
Taxaliste des pflanzlichen Bewuchses siehe Anhang E.

**Biologisch indizierte Wasserqualität**

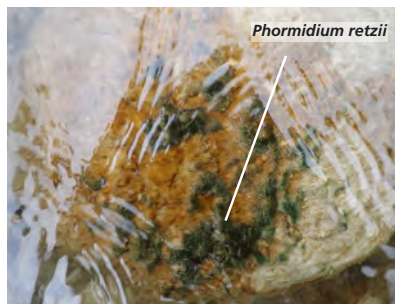
Der Kieselalgenindex DI-CH der beiden Uferbereiche ist leicht höher, wie in der Gewässermitte, die GSchV ist aber stets erfüllt. Die Kieselalgenlebensgemeinschaft weist über die gesamte Gewässerbreite belastungstolerante Arten auf. Auffällig hoch ist dieser Anteil am linken Ufer. An allen Tauchstellen liegt der relative Anteil gebietsfremder Arten > 50 %.



**Situation vor Ort**



Vorkommen der Blaualge *Oscillatoria limosa* am rechten Ufer der Aare bei Felsenau (Foto: FEL\_5).



Hautförmiges Blaualgenlager von *Phormidium retzii* auf einem Stein am rechten Ufer der Aare bei Felsenau (Foto: FEL\_5).



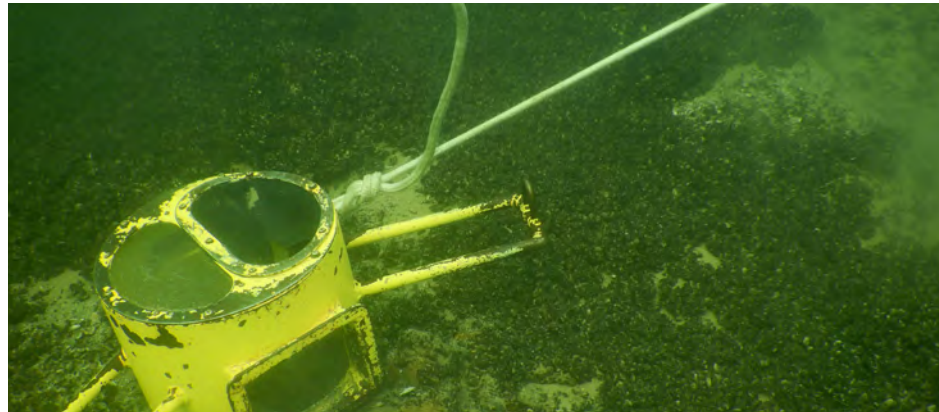
Unterwasseraufnahme der Gewässersohle bei Felsenau (Foto: FEL\_3, Hydra AG).

## **6 Anhang B**

### **Fotodokumentation Algen**

Die Gewässersohle der Aare direkt unterhalb des Ausflusses des Bielersees bei Port-Nidau ist dominiert von Feinsediment und leeren Schalen der Dreikantmuschel. Im Rahmen des pflanzlichen Bewuchs wurden hier, mit Ausnahme der Uferstellen, nur Krustenalgen nachgewiesen.

Stelle: POR\_1, Foto\_Hydra



Im Gewässerabschnitt der Aare bei Wynau dominieren die Krustenalgen, es konnten jedoch bereits Ansätze von Fäden und Zotten nachgewiesen werden.

Stelle: WYN\_4, Foto\_Hydra.



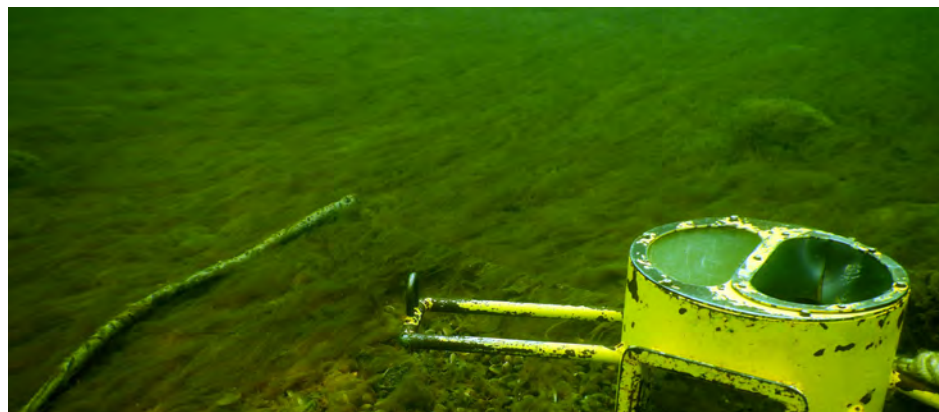
Die Gewässersohle der Aare bei Felsenau weist einen verbreitet hohen Algenbewuchs auf. Fast alle Steine sind mit fädigen Algen überzogen, die Struktur der Sohle ist erkennbar.

Stelle: FEL\_3, Foto\_Hydra.

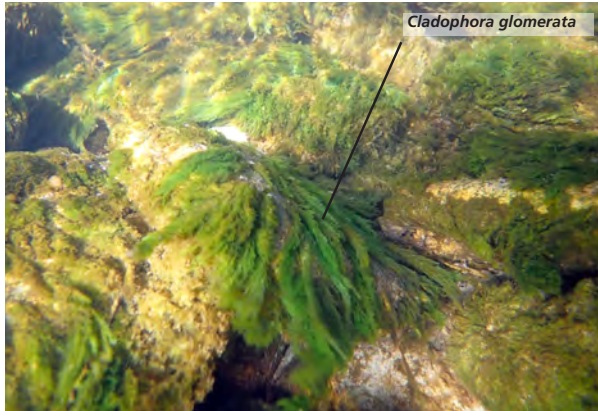


Im sehr beruhigten Abschnitt der Aare bei Arch ist die gesamte Gewässersohle mit fädigen Grünalgen überzogen, so dass die Struktur der Sohle nicht mehr erkennbar ist. Es liegt eine starke Veralgung vor.

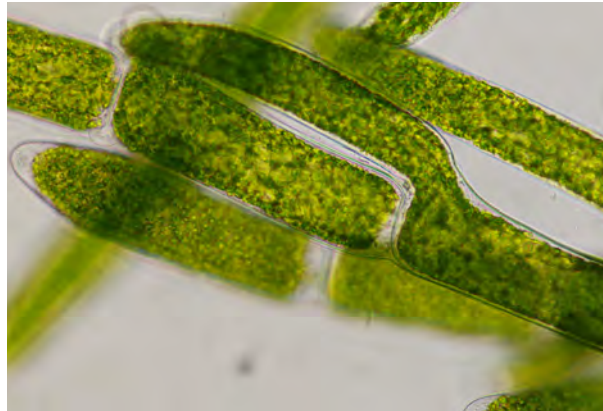
Stelle: ARC\_3, Foto\_Hydra.



**Abb. 1: Fotodokumentation des pflanzlichen Bewuchses der Gewässersohle an ausgewählten Messstellen der Aare vom Bielersee bis zum Rhein. Aufnahmen von März 2022.**



*Cladophora glomerata*; Stelle: WIZ\_1

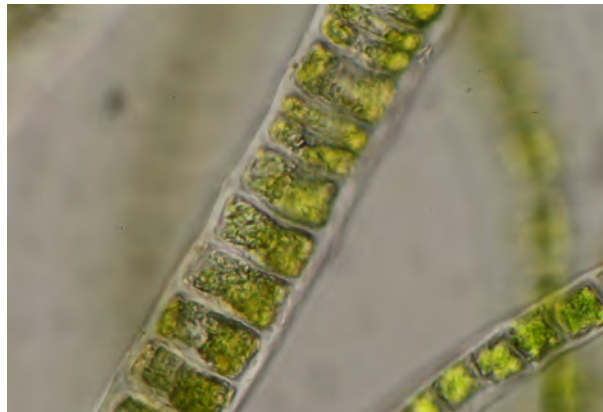


*Cladophora glomerata*, Fadenbreite: 75µm; Stelle: WIZ\_1

Teils starke Veralgung der Gewässersohle mit *Cladophora glomerata* über weite Bereiche der Restwasserstrecke bei Winznau. Rechts das mikroskopische Bild eines verzweigten Fadens der Grünalge *Cladophora glomerata*.

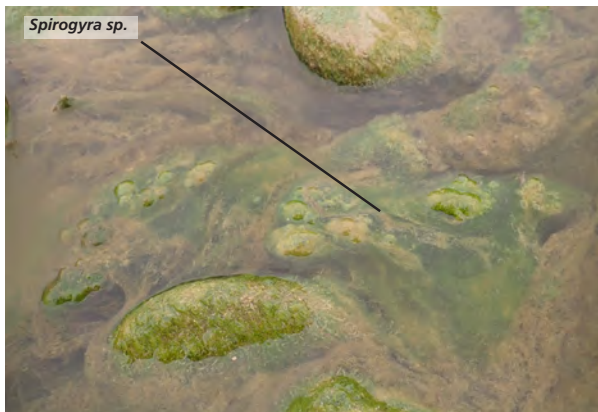


*Ulothrix zonata*; Stelle: WAN\_1

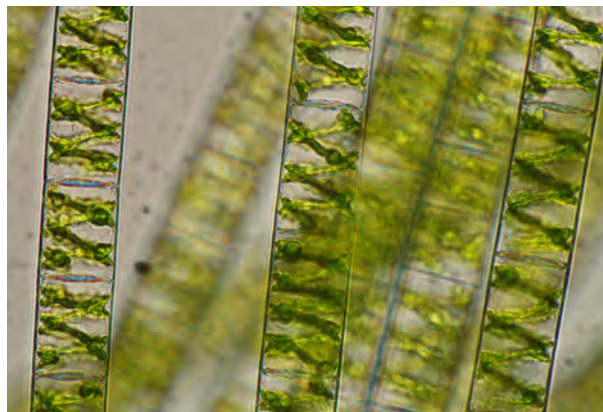


*Ulothrix zonata*, Fadenbreite: 30µm; Stelle: WAN\_1

Regelmässiges Vorkommen von *Ulothrix zonata* entlang der Aare nahe der Wasserlinie, wie beispielsweise an beiden Ufern in Wangen. Rechts das mikroskopische Bild der Fäden von *Ulothrix zonata*.



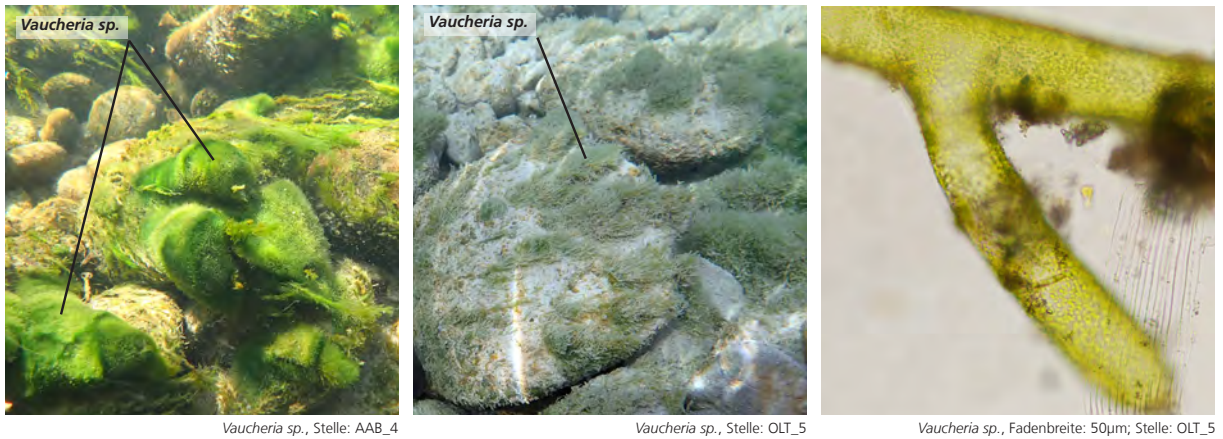
*Spirogyra sp.*; Stelle: R-A\_3



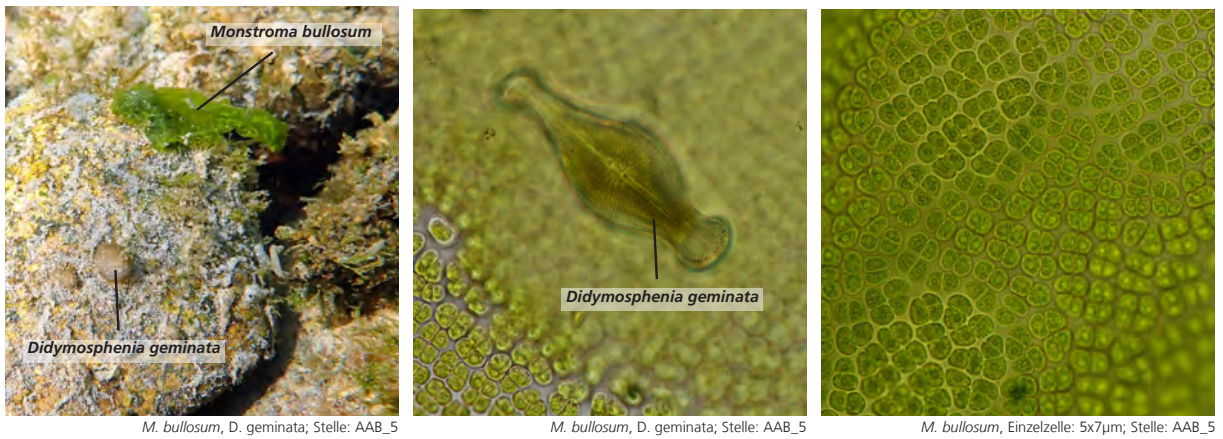
*Spirogyra sp.*, Fadenbreite: 40µm; Stelle: R-A\_3

Vorkommen der Joachalge *Spirogyra sp.* in einem flachen, nahezu stehendem Bereich der Aare im Abschnitt der Restwasserstrecke bei Rapperswil-Auenstein. Rechts das mikroskopische Bild der Fäden von *Spirogyra sp.* mit dem typisch spiralförmigen Chloroplasten.

**Abb. 2: Fotodokumentation des pflanzlichen Bewuchses der Gewässersohle an ausgewählten Messstellen der Aare vom Bielersee bis zum Rhein.** Aufnahmen von März 2022.



Regelmässiger Nachweis der Gelbgrünalge *Vaucheria sp.* an einigen Stellen der Aare, wie beispielsweise bei Aarburg oder Olten. Die Art gilt als Störzeiger und bei höheren Individuendichten ist *Vaucheria sp.* ein Indikator für eine mögliche Belastung. Rechts das mikroskopische Bild eines verzweigten Fadens von *Vaucheria sp.*



Regelmässiges Vorkommen der blattförmigen Grünalge *Monostroma bullosum*, sowie der bei uns gebietsfremden Kieselalge *Didymosphenia geminata* in der Aare, wie hier in Aarburg. Links das makroskopische Bild, mittig und rechts das mikroskopische Bild.



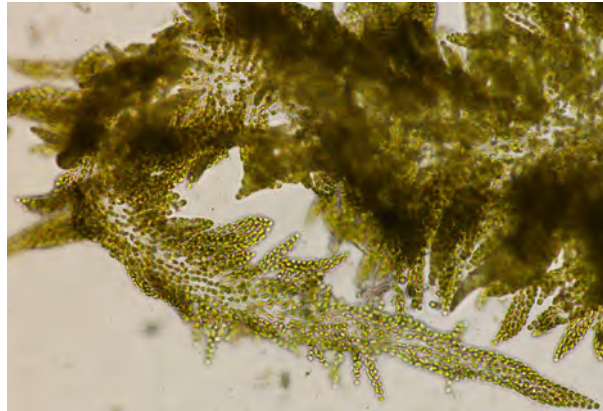
Ufernahes Vorkommen der Jochalge *Mougeotia sp.* im strömungsberuhigten Abschnitt der Aare bei Arch. Rechts das mikroskopische Bild eines Fadens von *Mougeotia sp.* Faden unverzweigt mit axial gelegenem, plattenförmigen Chloroplast.

**Abb. 3: Fotodokumentation des pflanzlichen Bewuchses der Gewässersohle an ausgewählten Messstellen der Aare vom Bielersee bis zum Rhein.** Aufnahmen von März 2022.



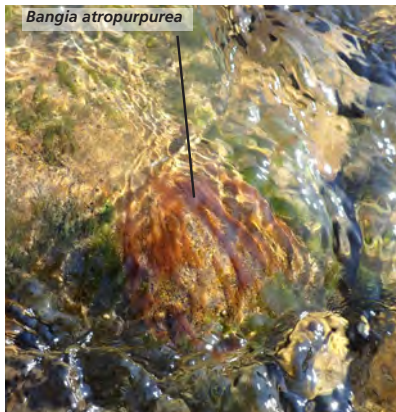


*Hydrurus foetidus*, Stelle: WYN\_4



*Hydrurus foetidus*, Stelle: WYN\_4

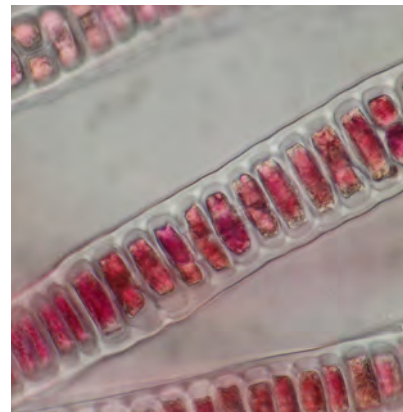
Regelmässiges Vorkommen der fädigen Goldalge *Hydrurus foetidus* in schnell strömenden Bereichen der Aare, wie hier in Wynau. Rechts im Bild eine mikroskopische Aufnahme des Gallertschlauches von *Hydrurus foetidus*. Die Art tritt gehäuft im Winterhalbjahr auf und verschwindet im Frühling bei Wassertemperaturen  $> 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



*B. atropurpurea*, Stelle: AAB\_3



*B. atropurpurea*, Stelle: WYN\_5

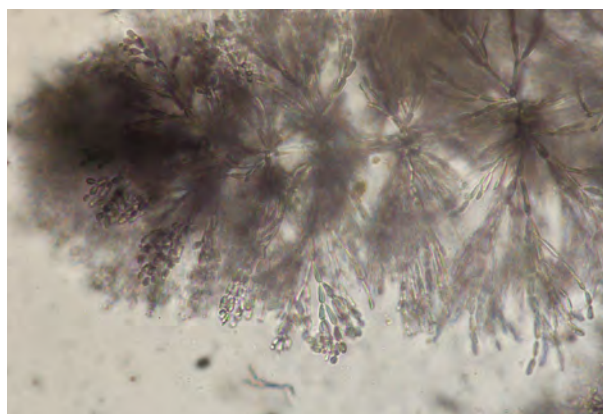


*B. atropurpurea*, Fadenbreite: 50  $\mu\text{m}$ ; Stelle: WYN\_5

Verbreitetes Vorkommen der fädigen Rotalge *Bangia atropurpurea* auf grösseren, schnell überströmten Steinen, wie beispielsweise in den Abschnitten der Aare bei Aarburg oder Wynau. Die Art toleriert kurzzeitiges Trockenfallen und wurde in Wynau oberhalb der Wasserlinie nachgewiesen. Rechts das mikroskopische Bild der Fäden von *Bangia atropurpurea*.



*Batrachospermum sp.*, Stelle: FLU\_5



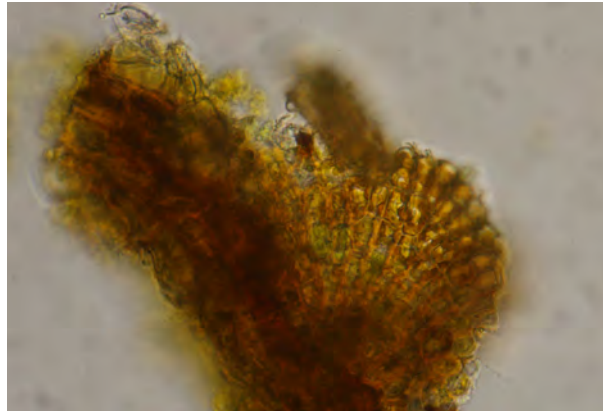
*Batrachospermum sp.*, Stelle: FLU\_5

Vorkommen der Rotalge *Batrachospermum sp.* im ufernahen Bereich der Aare bei Flumenthal. Rechts im Bild eine mikroskopische Aufnahme der Art.

**Abb. 4: Fotodokumentation des pflanzlichen Bewuchses der Gewässersohle an ausgewählten Messstellen der Aare vom Bielersee bis zum Rhein.** Aufnahmen von März 2022.

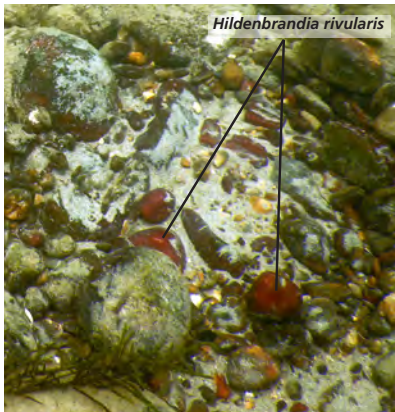


*Heribaudiella fluviatilis*; Stelle: WYN\_4



*Heribaudiella fluviatilis*, Zellgrösse: 7-10 µm; Stelle: WYN\_4

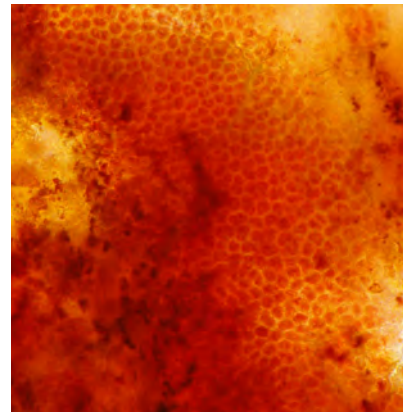
Nachweis der krustigen Braunalge *Heribaudiella fluviatilis*. Sie gilt als schattenliebend und kommt daher hauptsächlich auf der Steinunterseite vor, oft zusammen mit der ebenfalls krustenförmigen Rotalge *Hildenbrandia rivularis* (siehe unten). Zudem benötigt sie eine wenig dynamische Gewässersohle. Rechts das mikroskopische Bild von *H. fluviatilis*.



*H. rivularis*, Stelle: FLU\_4, Foto: Hydra



*H. rivularis*, Stelle: WYN\_4

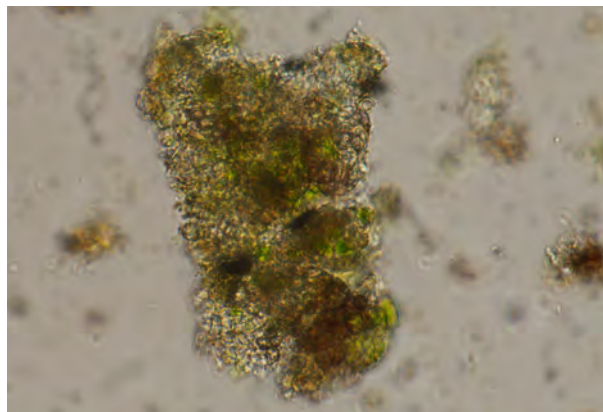


*H. rivularis*, Zellgrösse: 5-8 µm; Stelle: WYN\_4

Sehr regelmässiges Vorkommen der krustenförmigen Rotalge *Hildenbrandia rivularis* - meist auf der Steinunterseite, wie mittig im Bild in Wynau. Die Art gilt als Anzeiger für eine wenig dynamische Gewässersohle. Rechts das mikroskopische Bild von *Hildenbrandia rivularis*.



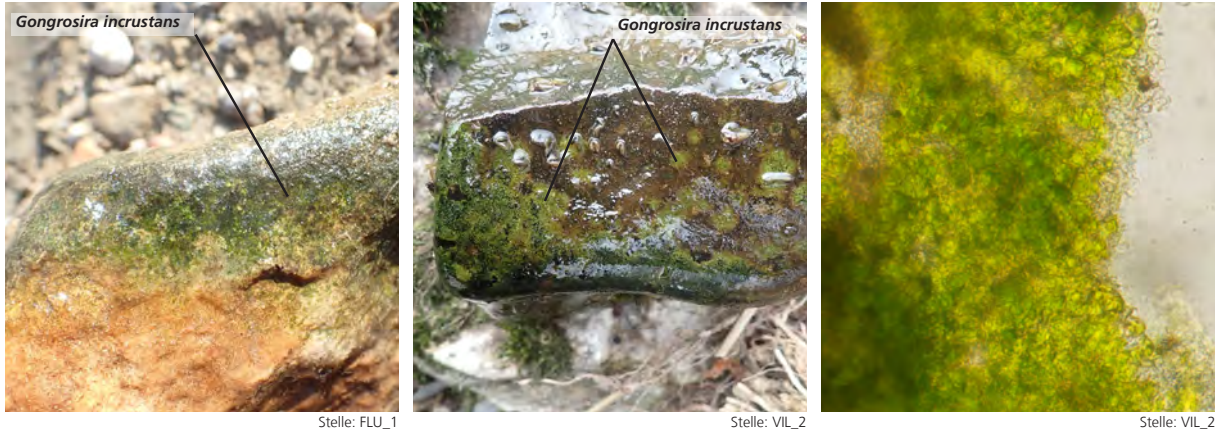
*Chamaesiphon sp.*; Stelle: OLT\_2



*Chamaesiphon sp.*; Stelle: OLT\_2

Stein mit krustigem Lager der Blaualge *Chamaesiphon sp.* Rechts das mikroskopische Bild des krustigen Algenlagers.

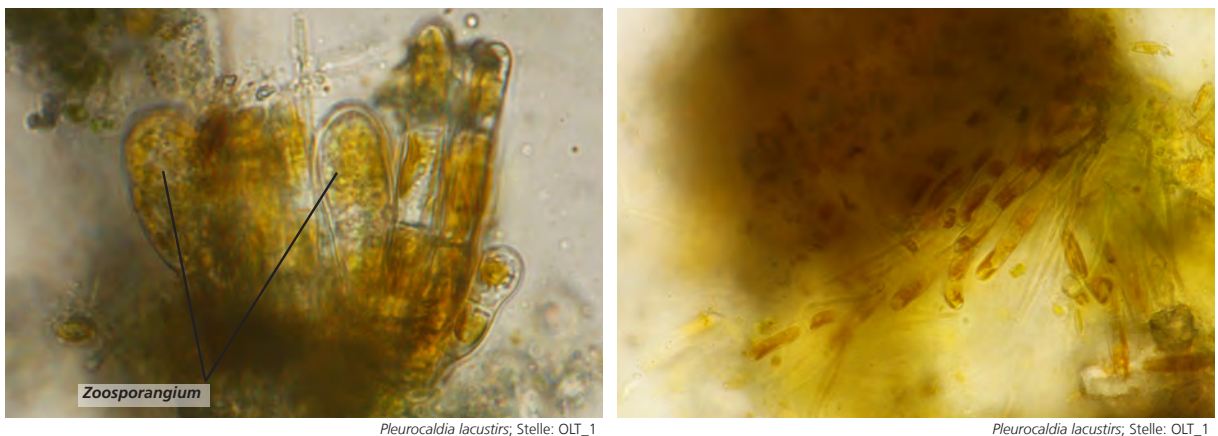
**Abb. 5: Fotodokumentation des pflanzlichen Bewuchses der Gewässersohle an ausgewählten Messstellen der Aare vom Bielersee bis zum Rhein.** Aufnahmen von März 2022.



Regelmässiger Nachweis von krustigen Algenlager der Grünalge *Gongrosira incrustans*, wie beispielsweise in Flumenthal und Villnachern. Rechts das mikroskopische Bild eines Algenlagers.



Stein mit diversen Algenlagern aus einem schnell strömenden Abschnitt der Restwasserstrecke der Aare bei Villnachern. Nachweis der seltenen Braunalge *Pleurocladia lacustris*. Rechts das mikroskopische Bild des Algenlagers.



Braunalge *Pleurocladia lacustris* in der Aare bei Olten. Links das mikroskopische Bild mit Sporangien (Vermehrungsstadium) und rechts kurze Fäden mit dem braunen zum Teil wandständigen Chloroplasten; Fadenbreite um 10 µm.

**Abb. 6: Fotodokumentation des pflanzlichen Bewuchses der Gewässersohle an ausgewählten Messstellen der Aare vom Bielersee bis zum Rhein.** Aufnahmen von März 2022.

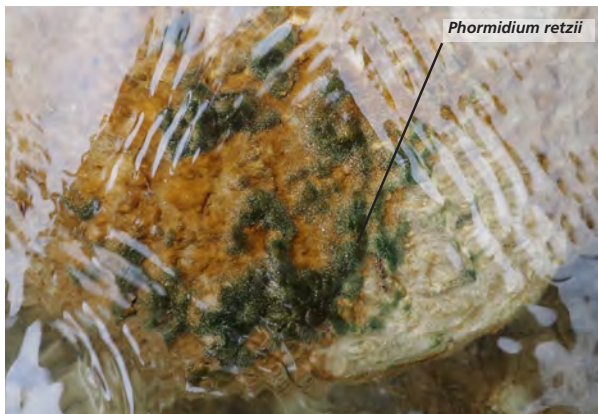


*Phormidium autumnale*; Stelle: BRU\_1



*Phormidium autumnale*, Fadenbreite: 7-8 µm; Stelle: BRU\_1

Stein mit einem hautförmigen Lager der Blaualge *Phormidium autumnale*. Rechts das mikroskopische Bild eines Fadens mit dem deutlich kopfigen Ende und der Kalyptra.

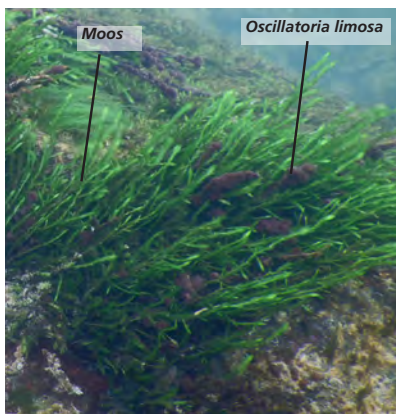


*Phormidium retzii*; Stelle: FEL\_1



*Phormidium retzii*, Fadenbreite: 7-8 µm; Stelle: FEL\_1

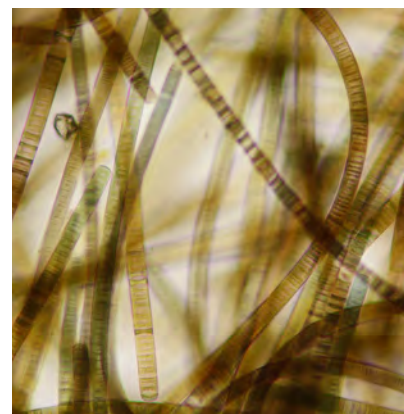
Hautförmiges Lager der Blaualge *Phormidium retzii* auf einem grossen Block nahe der Wasseroberfläche. Rechts das mikroskopische Bild des hautförmigen Algenlagers.



*Oscillatoria limosa*, Stelle: FEL\_4, Foto: Hydra



*Oscillatoria limosa*, Stelle: FEL\_5



*Oscillatoria limosa*, Fadenbreite: 15 µm; Stelle: FEL\_5

Schwarz-lila, hautförmige Lager der Blaualge *Oscillatoria limosa* zwischen Moosen und auf dem Freinsediment bei Felsenau. Rechts das mikroskopische Bild des Algenlagers.

**Abb. 7: Fotodokumentation des pflanzlichen Bewuchses der Gewässersohle an auserwählten Messstellen der Aare vom Bielersee bis zum Rhein.** Aufnahmen von März 2022.



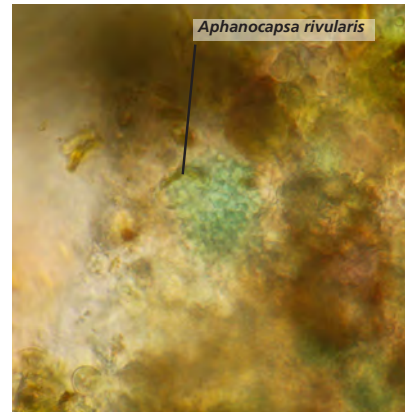
*Hyella fontana*; Zellbreite: 18 µm; Stelle: AAB\_5

Mikroskopisches Bild der Blaualge *Hyella fontana*, welche selten und nur mikroskopisch in der Aare nachgewiesen werden konnte.



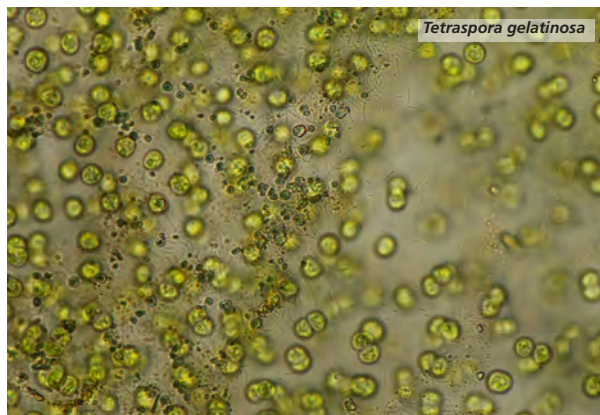
*Oedogonium sp.*; Fadenbreite: 25 µm; Stelle: VIL\_5

Faden der Grünalge *Oedogonium sp.*, welche selten und nur mikroskopisch in der Aare nachgewiesen werden konnte.



*Aphanocapsa rivularis*; Stelle: BRU\_3

Lager der Blaualge *Aphanocapsa rivularis*, welche selten und nur mikroskopisch in der Aare nachgewiesen werden konnte.

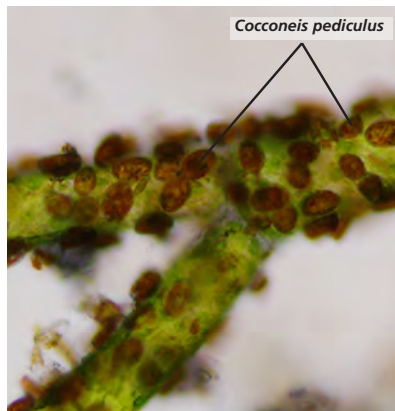


*Tetraspora gelatinosa*; Stelle: ABB\_4



*Chantrelaria*-Stadium (Rotalge); Fadenbreite 10 µm; Stelle: OLT\_2

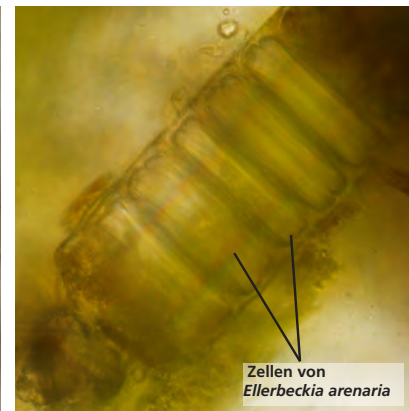
Links das mikroskopische Bild von Zellen der von einer Gallerte umhüllenden Grünalge *Tetraspora gelatinosa* und rechts das mikroskopische Bild vermutlich der Rotalge *Audouinella sp.* im *Chantrelaria*-Stadium.



Kieselalgen *Cocconeis pediculus* auf *Cladophora glomerata*



Kieselalge *Didymosphenia geminata*, Stelle: OLT\_2



Kieselalge *Ellerbeckia arenaria*, Stelle: ABB\_5

Kieselalgen mit verschiedenen Wuchsformen. Links: *Cocconeis pediculus* epiphytisch wachsend auf der fädigen Grünalge *Cladophora glomerata*. Mitte: Die gebietsfremde *Didymosphenia geminata* mit kräftigen Gallertstielen, welche am Substrat festhaften und die Algen im Wasser fluten lassen. Rechts: die kurze Kolonien bildende *Ellerbeckia arenaria*, eine zentrische Kieselalge, welche oft in Moos vorkommt.

**Abb. 8: Fotodokumentation des pflanzlichen Bewuchses der Gewässersohle an ausgewählten Messstellen der Aare vom Bielersee bis zum Rhein.** Aufnahmen von März 2022.