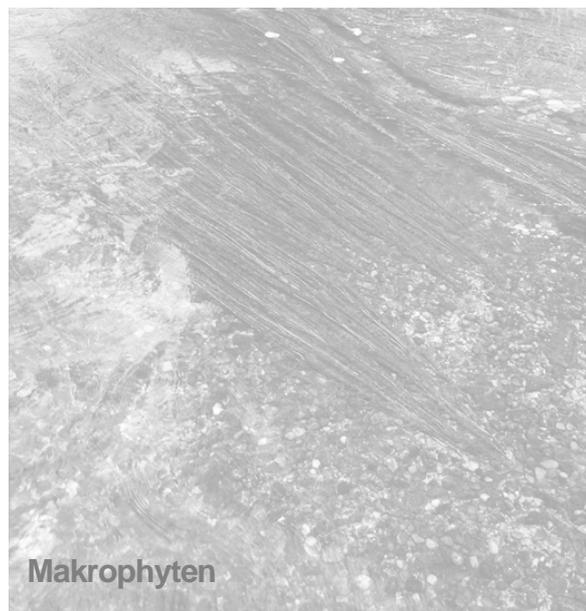




Fische



Makrozoobenthos und äusserer Aspekt



Makrophyten

Fachbericht **DIATOMEEN und äusserer Aspekt**

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Juli 2017

Dokument Nr. 1311-B-01

Datum Entwurf: 13.1.2017

Datum Endfassung: 12.7.2017

---

### **Impressum**

Auftraggeber: BAFU Bundesamt für Umwelt, Abteilung Wasser, CH-3003 Bern  
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt,  
Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)

Auftragnehmer: AquaPlus AG, Gotthardstrasse 30, CH-6300 Zug  
und  
PhycoEco, Rue des XXII-Cantons 39,  
CH-2300 La Chaux-de-Fonds

Autoren: Joachim Hürlimann (AquaPlus AG)  
François Straub (PhycoEco)

MitarbeiterIn: Lukas Taxböck, Margrit Ensner Egloff, Ernst Roth (AquaPlus AG)

Hinweis: Diese Studie / dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes  
für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer  
verantwortlich.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>1 Ausgangslage, Auftrag und Ziele</b>	<b>2</b>
<b>2 Grundlagen, Methoden und Vorgehen</b>	<b>3</b>
2.1 Grundlagen	3
2.2 Methoden	5
2.3 Vorgehen	5
<b>3 Charakterisierung der Messstellen</b>	<b>7</b>
<b>4 Resultate und Diskussion Äusserer Aspekt</b>	<b>10</b>
<b>5 Resultate und Diskussion Kieselalgen</b>	<b>15</b>
5.1 Charakterisierung der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften	15
5.2 Artenzusammensetzung	19
5.3 Teratologie	23
5.4 Biologisch indizierte Wasserqualität (Indexwert DI-CH)	27
5.5 Standortgerechtigkeit	36
5.6 Kieselalgen und auserwählte chemische Parameter	37
5.7 Kieselalgen und der Äussere Aspekt	39
5.8 Qualitätssicherung Kieselalgen der Periode 2015	41
<b>6 Empfehlungen zur Optimierung und Weiterentwicklung von NAWA TREND</b>	<b>42</b>
6.1 Messstellen	42
6.2 Modul Äusserer Aspekt	44
6.3 Modul Kieselalgen	45
6.4 Aktualisierung der Taxaliste	46
<b>7 Fazit</b>	<b>48</b>
<b>8 Literaturverzeichnis</b>	<b>49</b>
<b>9 Glossar und Abkürzungen</b>	<b>52</b>
<hr/>	
<b>ANHÄNGE</b>	<b>53</b>
A1: Liste der Messstellllen NAWA TREND der Periode 2015	54
A2: Charaktersierung der Messstellllen NAWA TREND der Periode 2011-2015	56
B1: Resultate pro Messstellen NAWA TREND der Periode 2015	58
B2: Resultate der Qualitätssicherung: Zweitzählung von Stellen der Periode 2015	59

**Elektronische Beilagen:** Alle Feld- und Laborprotokolle sowie Fotos der Messstellen liegen in elektronischer Form vor.

## Zusammenfassung

Der vorliegende Fachbericht ist Bestandteil des Projektes und Messprogrammes NAWA TREND Biologie. Er beinhaltet den **Teil Äusserer Aspekt** und **Kieselalgen (Diatomeen)** der zweiten Untersuchungsperiode (Jahr 2015).

Insgesamt wurden an **88 watbaren Stellen** im Jahr 2015 Kieselalgenproben entnommen und untersucht sowie im Feld der Äussere Aspekt erhoben. Die Untersuchungen erfolgten gemäss BAFU Module Äusserer Aspekt und Kieselalgen (Stufe F). Die Probenahmen wurden zusammen mit denjenigen des Makrozoobenthos im Frühjahr durchgeführt.

Zur **Qualitätssicherung** nahmen alle Beteiligten am Workshop vor Beginn der Feldarbeiten (Probenahme, Vorgehensweise) teil. Zudem wurde eine einheitliche Taxaliste vorgegeben, 11 Doppelzählungen durchgeführt und sämtliche Indexberechnungen und Auswertungen überprüft. Sämtliche Daten, Protokolle und Fotografien liegen in elektronischer Form mit vierfacher Absicherung vor. Die Kieselalgenproben sind ebenfalls an drei Lokalitäten archiviert.

Der **Äussere Aspekt** der 88 Stellen wurde bezüglich der fliessenden Welle vor allem durch stabile Schaumbildung (bei 27 % der 88 Stellen) und bezüglich der Gewässersohle durch Abfälle (62 %) und Kolmation (47 %) beeinträchtigt. Die vorgefundenen Zustände entsprechen den Erwartungen und werden auch in anderen Monitoringprogrammen vorgefunden.

Die **Artenvielfalt** der untersuchten 88 Proben des Jahres 2015 war gross. So enthielten die Kieselalgen-Lebensgemeinschaften anlässlich der Zählung von 500 Schalen **223 Taxa**. Dies sind 42 % der in den Fliessgewässern Mitteleuropas häufig vorkommenden 526 Taxa.

**Teratologien**, Missbildungen der Kieselalgenschalen, traten gehäuft im Mittelland und im Jura auf. In alpinen Gewässern waren die Schalen wie bereits in der 1. Kampagne (2011-2014) selten missgebildet. Missbildungen wurden bei 30 Stellen, respektive 98 Schalen, verteilt auf 20 Taxa festgestellt. Die Zahl an Missbildungen betrug gemessen an allen gezählten 44'000 Schalen 0.2 % (1. Kampagne: 0.4 %). Der Anteil war damit etwas geringer wie in der Vorperiode.

Von den 88 Stellen hatten deren 84 (95 %) einen **DI-CH-Wert** von < 4.5. Sie wiesen eine Zustandsklasse von sehr gut (58 %) und gut (37 %) auf. An den anderen 4 Stellen indizierte der DI-CH-Indexwert einen ungenügenden Zustand. Während 95 % aller Stellen einen guten bis sehr guten Zustand indizierten, wiesen bloss 42 % aller Stellen eine standortgerechte Lebensgemeinschaft auf. Der Kieselalgenindex DI-CH indiziert somit die chemische Wasserqualität, nicht aber die gewässertypspezifische Standortgerechtigkeit wie es die GSchV Anhang 1 anlässlich der ökologischen Ziele fordert.

**Trend:** Beim Äusseren Aspekt wie auch beim Indexwert DI-CH (Kieselalgen) zeigte sich im Vergleich mit der Kampagne 2012 eine Tendenz zur Verbesserung. Basierend auf den jährlich untersuchten 20 Stellen dürfte diese Verbesserung eher Trend als Zufall sein.

Die **operativen Abläufe** bewährten sich. Für die Module Äusserer Aspekt (Skalierung) und Kieselalgen (D- und G-Werte) werden Anpassungen vorgeschlagen.

## 1 Ausgangslage, Auftrag und Ziele

Der vorliegende Bericht ist Bestandteil des Projektes NAWA TREND (BAFU 2013, 2016). Er beinhaltet die Teile 'Kieselalgen (Diatomeen)' und 'Äusseren Aspekt' der zweiten Untersuchungskampagne des Jahres 2015. Analog zu diesem Fachbericht werden die anderen Biologiemodule 'Makrophyten', 'Makrozoobenthos' und 'Fische' auch mit Fachberichten abgehandelt.

Im Pflichtenheft zur Offerte zum Teil Kieselalgen wird folgende Ausgangslage und Formulierung des Auftrages aufgeführt (BAFU 2014):

*'Das Gewässerschutzgesetz (GSchG) verpflichtet den Bund und die Kantone in Art. 50, die Auswirkungen von Gewässerschutzmassnahmen zu prüfen und die Öffentlichkeit über den Zustand der Gewässer zu informieren. Art. 57 verpflichtet den Bund, Erhebungen von gesamtschweizerischem Interesse, u.a. über die Wasserqualität der oberirdischen Gewässer durchzuführen. Der Vollzug der für den Gewässerschutz erforderlichen Erhebungen wird gemäss Art. 58 den Kantonen übertragen, welche die Ergebnisse den Bundesstellen mitzuteilen haben.*

*Die Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA) soll die folgenden Ziele erreichen:*

- *Basis für einen mittel- und langfristigen Überblick über den Zustand der Oberflächengewässer in der Schweiz und dessen Entwicklung.*
- *Einfache, einheitliche und über die ganze Schweiz vergleichbare Übersicht über den Zustand der Oberflächengewässer.*
- *Bereitstellen von Grundlagen für die Früherkennung problematischer Entwicklungen und zur Steuerung der nationalen Gewässerschutzpolitik.*
- *Bereitstellen eines einheitlichen Datenpools für vertiefte Analysen.*
- *Erfolgskontrolle von heutigen und zukünftigen Massnahmen im Gewässerschutz und anderen Politikbereichen.*

Gegenstand dieses Auftrages sind die Koordination der Diatomeen-Erhebungen des Jahres 2015, die Probenahmen, die Präparation, die Bestimmung der Diatomeen-Proben, die Qualitätssicherung sowie die Berichterstattung im Sinne eines Fachberichtes.

Mit dem vorliegenden Bericht werden die folgenden Aspekte abgehandelt:

- Auflisten der durchgeführten Tätigkeiten (angewandte Methode, Vorgehen),
- Besprechung der Resultate des Äusseren Aspektes,
- Erläuterungen zur Qualitätssicherung Kieselalgen,
- Auswertung der Resultate des Jahres 2015 hinsichtlich DI-CH, Taxazahl, Diversität, Teratologie, dominierende Arten und gebietsfremde Arten, Standortgerechtigkeit sowie hinsichtlich auserwählter Einflussfaktoren wie Landnutzung, Abwasseranteil, Lage und Grösse der Einzugsgebiete und chemischen Parametern,
- auserwählte Vergleiche der Resultate des Jahres 2015 mit denjenigen der früheren Erhebungen der Jahre 2011-2014,
- Fazit und Vorschläge für die nächste Erhebungsphase.

## 2 Grundlagen, Methoden und Vorgehen

### 2.1 Grundlagen

Die Basis dieses Berichtes stellen die Diatomeenproben des Untersuchungsjahres 2015 dar. Insgesamt wurden an 88 Stellen Kieselalgenproben untersucht. **Tabelle 2.1** enthält einen Überblick der pro Jahr untersuchten Proben sowie die Angaben der Auftraggeber und Bearbeiter. Die detaillierte Liste mit allen Angaben zu den untersuchten Stellen befindet sich im Überblick in **Tabelle 2.2** und im Detail in **Anhang A**. Die Zähllisten sowie die Kurzkomentare zu den Zähllisten werden aufgrund des grossen Umfangs nicht im Anhang aufgeführt. Sie wurden in elektronischer Form dem BAFU übergeben.

Jahr	Anzahl Proben	Auftraggeber	Gebiet, Kanton	Präparation	Bearbeitung <sup>1</sup>
2011	10	BAFU	OST	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	10	BAFU	WEST	AquaPlus AG	PhycoEco
2012	8	Kanton	AG	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	4	Kantone	NW, OW, SZ, UR	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	13	Kanton	ZH	Kanton ZH	Kanton ZH
	32	BAFU	OST <sup>2</sup>	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	1	Kanton	GE	Kanton GE	Kanton GE
	2	Kanton	NE	PhycoEco	PhycoEco
	10	Kanton	VD	PhycoEco	PhycoEco
	4	BAFU	VS	AquaPlus AG	PhycoEco
	23	BAFU	WEST <sup>3, 4</sup>	AquaPlus AG	PhycoEco
	97		<i>Proben im Jahr 2012, wovon 8 Doppelbeobachtungen</i>		
2013	10	BAFU	OST	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	10	BAFU	WEST	AquaPlus AG	PhycoEco
2014	10	BAFU	OST	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	10	BAFU	WEST	AquaPlus AG	PhycoEco
2015	8	Kanton	AG	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	2	Kantone	SZ, UR	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	13	Kanton	ZH	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	28	BAFU	OST <sup>2</sup>	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	1	Kanton	GE	Kanton GE	Kanton GE
	2	Kanton	NE	PhycoEco	PhycoEco
10	Kanton	VD	PhycoEco	PhycoEco	
4	BAFU	VS	AquaPlus AG	PhycoEco	
20	BAFU	WEST <sup>3, 4, 5</sup>	AquaPlus AG	PhycoEco	
88		<i>Proben im Jahr 2015, keine Doppelbeobachtungen</i>			
<b>Total</b>	<b>245</b>	<b>Proben der Jahre 2011-2015 (inkl. Doppelbeobachtungen)</b>			
<b>Qualitätssicherung</b>					
2012	8	BAFU	OST und WEST	QS Feld: Doppelbeobachtungen	
2012	10	BAFU	OST und WEST	QS Labor: Überprüfen der Zählungen	
2015	11	BAFU	OST und WEST	QS Labor: Überprüfen der Zählungen	

**Tab. 2.1: Liste aller Kieselalgenproben pro Jahr sowie insgesamt und deren Auftraggeber, die Bearbeitung der Präparation und Zählung der Proben.**

20 Stellen wurden jedes Jahr beprobt.

QS = Qualitätssicherung.

<sup>1</sup> Bestimmung, Zählung, Kurzkomentare erstellen

<sup>2</sup> OST Kantone: AI, AR, BL, BS, GR, LU, SG, SO, TG, TI, ZG und VD (Mentue 2012)

<sup>3</sup> WEST: Kantone BE, FR, JU, VS

<sup>4</sup> Lüttschne ID 097 nicht beprobt

<sup>5</sup> Aare ID 055 nicht beprobt

**Tab. 2.2: Liste der Messstellen sortiert nach Kanton und Identitätsnummer (ID).**

In der Tabelle sind für jede Messstelle pro Jahr die Anzahl entnommenen Proben aufgeführt. 20 der 89 Stellen wurden jedes Jahr beprobt und 8 Stellen wurden im Jahr 2012 doppelt beprobt. Die Stelle Aare, Brienzwiler (CH\_055\_BE) wurde im Jahr 2015 nicht mehr beprobt.

Kanton	ID	Gewässer, Ort						
			2011	(1) 2012	2013	2014	(2) 2015	
AG	CH_032_AG	Pfaffnern, Rothrist		1			1	
	CH_033_AG	Wyna, Suhr		1			1	
	CH_035_AG	Surb, Döttingen		1			1	
	CH_036_AG	Sissle, Eiken		1			1	
	CH_039_AG	Suhre, Suhr		1			1	
	CH_079_AG	Aabach, Niederlenz		1			1	
	CH_111_AG	Wigger, Zofingen		1			1	
	CH_034_AG	Bünz, Möriken	1	2	1	1	1	
AI	CH_115_AI	Sitter, Appenzell Sittertal	1	2	1	1	1	
AR	CH_135_AR	Urnäsch, Kubel		1			1	
BE	CH_007_BE	Emme, Gerlafingen		1			1	
	CH_055_BE	Aare, Brienzwiler		1				
	CH_056_BE	Engstlige, ob. Frutigen	1	1	1	1	1	
	CH_058_BE	Chise, ob. Oberdiessbach	1	1	1	1	1	
	CH_059_BE	Gürbe, vor Mündung in Aare		1			1	
	CH_060_BE	Sense, Thörishaus	1	1	1	1	1	
	CH_062_BE	Urtenen, bei Schalunen		1			1	
	CH_063_BE	Langete, Mangen, vor Rot		1			1	
	CH_092_BE	Kander, unt. Wfg Hondrich		1			1	
	CH_094_BE	La Suze, Biel		1			1	
	CH_106_BE	Saane, Marfeldingen		1			1	
	CH_114_BE	Emme, Emmenmatt		1			1	
	CH_133_BE	Simme, Latterbach	1	1	1	1	1	
	CH_134_BE	La Birse, La Roche St. Jean		1			1	
BL	CH_067_BL	Ergolz, Augst		1			1	
BS	CH_002_BS	Birs, Birskopf		1			1	
FR	CH_054_FR	Sionge, Vuippens		1			1	
	CH_107_FR	Sarine, Broc	1	1	1	1	1	
GE	CH_086_GE	Arve, Ecole de médecine		1			1	
GR	CH_091_GR	Inn, S-chanf		1			1	
	CH_095_GR	Landquart, Felsenbach		1			1	
JU	CH_068_JU	Sorne, Delémont		1			1	
	CH_069_JU	Scheulte, Vicques		1			1	
	CH_084_JU	Allaine, Boncourt		1			1	
	CH_087_JU	Birs, Les Riedes-Dessus		1			1	
	CH_088_JU	Doubs, Ocourt	1	1	1	1	1	
LU	CH_014_LU	Reuss, Luzern, Seeauslauf		1			1	
	CH_093_LU	Kleine Emme, Littau		1			1	
	CH_116_LU	Ron, Hochdorf		1			1	
NE	CH_085_NE	Areuse, Boudry	1	1	1	1	1	
	CH_119_NE	Seyon, Valangin		1			1	
NW	CH_074_NW	Engelbergeraa, Oberdorf		1			1	
OW	CH_012_OW	Sarneraa, Kägiswil		1			1	
SG	CH_023_SG	Steinach, Mattenhof	1	1	1	1	1	
	CH_025_SG	Sitter, Leebrugg		1			1	
	CH_026_SG	Thur, Golfplatz		1			1	
	CH_027_SG	Necker, Letzi	1	1	1	1	1	
	CH_028_SG	Glatt, Buechental		1			1	
SO	CH_009_SO	Limpach, Kyburg		1			1	
	CH_011_SO	Lüssel, Breitenbach		1			1	
	CH_089_SO	Dünern, Olten		1			1	
SZ	CH_100_SZ	Muota, Ingenbohl	1	2	1	1	1	
TG	CH_070_TG	Murg, Frauenfeld	1	1	1	1	1	
	CH_071_TG	Lauche, Matzingen		1			1	
	CH_072_TG	Chemmenbach, Märstetten		1			1	
	CH_073_TG	Salmsacher Aach, Salmsach	1	1	1	1	1	
TI	CH_098_TI	Maggia, Locarno					1	1
	CH_099_TI	Moesa, Lumino					1	1
	CH_123_TI	Maggia, Brontallo					1	1
UR	CH_101_UR	Reuss, Attinghausen					1	1
VD	CH_020_VD	Venoge, Les Bois					1	1
	CH_021_VD	Thièle, Yverdon					1	1
	CH_022_VD	Broye, Domdidier					1	1
	CH_126_VD	Mentue, Mauguettaz *					2	1
	CH_127_VD	Talent, Chavornay		1	2	1	1	1
	CH_128_VD	Promenthouse, Gland, Route Suisse					1	1
	CH_129_VD	Boiron de Morges, Tolochenaz					1	1
	CH_130_VD	Aubonne, Allaman	1	2	1	1	1	
	CH_131_VD	Veveyse, Vevey					1	1
	CH_132_VD	Grande Eau, Aigle					1	1
VS	CH_015_VS	Rhône, Brig					1	1
	CH_016_VS	Vispa, Visp					1	1
	CH_017_VS	Rhône, Sion					1	1
	CH_018_VS	Dranche, Martigny	1	1	1	1	1	
ZG	CH_075_ZG	Lorze, Frauenthal					1	1
	CH_076_ZG	Lorze, Letzi	1	1	1	1	1	
ZH	CH_040_ZH	Limmat, Hönggersteg					1	1
	CH_041_ZH	Töss, Freienstein					1	1
	CH_042_ZH	Sihl, Sihlhölzli					1	1
	CH_043_ZH	Glatt, Rheinsfelden					1	1
	CH_044_ZH	Glatt, Abfluss Greifensee					1	1
	CH_045_ZH	Aabach, Mönchaltorf					1	1
	CH_046_ZH	Aa, Niederuster					1	1
	CH_047_ZH	Reppisch, Dietikon					1	1
	CH_048_ZH	Jona, Rüti					1	1
	CH_050_ZH	Thur, Andelfingen					1	1
	CH_065_ZH	Sihl, Hütten					1	1
	CH_049_ZH	Furtbach, nach ARA Otelfingen	1	2	1	1	1	
	CH_066_ZH	Töss, Rämismühle (Zell)	1	2	1	1	1	

<b>Anzahl Stellen pro Jahr</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>89</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>88</b>
<b>Anzahl Proben pro Jahr</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>97</b>	<b>89</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>88</b>
<b>Anzahl Doppelbeprobungen *</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

\* Mentue im Rahmen des Projektes NAWA SPEZ doppelt beprobt

<b>Anzahl Proben Periode 2011-2015</b>	<b>245</b>
--	------------

(1) 1. Kampagne  
(2) 2. Kampagne

## 2.2 Methoden

Die Untersuchungen wurden grundsätzlich gemäss Modul-Stufen-Konzept des Bundes durchgeführt (BUWAL 1998a).

## 2.3 Vorgehen

Zur Sicherstellung, dass die Felderhebungen gemäss BAFU Modul Kieselalgen (Stufe F) und den Rahmenbedingungen des BAFU (Festlegen des Abschnittes, Koordinaten, Fotos, Protokoll der Felderhebungen, Kurzkomentar, Zählliste, Filebeschriftungen) durchgeführt werden, fanden zwei Workshops statt. Sie wurden am 22. Januar 2015 an der Rot LU (St. Urban) und am 23. Januar 2015 an der Talent VD (Chavornay) durchgeführt.

Die **Probenahmen** erfolgten in Kombination mit den Aufnahmen des Makrozoobenthos jeweils im Frühjahr. Zusätzlich zur Probenahme der Kieselalgen (BAFU 2007a) wurden die Messstellen fotografisch dokumentiert sowie der Äussere Aspekt (BAFU 2007b) und Parameter des Modules Ökomorphologie (BUWAL 1998b) zur Beurteilung der Ufer- und Sohlenverbauung erhoben.

Die weiteren Schritte, nämlich Präparation der Proben, Bestimmung, Zählung und Erfassen der Teratologie erfolgten dann nur noch durch Personen, welche die Kieselalgen sehr gut kennen. Es sind dies François Straub (PhycoEco), Joachim Hürlimann, Lukas Taxböck und Margrit Enser Egloff (alle AquaPlus AG) und Arielle Cordonier (Kanton Genf). **Alle involvierten Personen** nehmen jährlich am Workshop 'Diatomeen' der Arbeitsgemeinschaft S.A.M / A.S.E.M.<sup>1</sup> in La Chaux-de-Fonds teil und absolvieren jährlich einen Ringtest, organisiert durch S.A.M. / A.S.E.M..

Die **Präparation der Proben** erfolgte je nach Institution mit einem anderen Verfahren:

- Proben AquaPlus AG: HCl kochen / H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kochen, Zugabe KNO<sub>3</sub> heiss
- Probe Genf: Zugabe von H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / Ofen bei 60 °C während 24 Stunden / Zugabe HCl
- Proben PhycoEco: HCl und H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kalt während 4-6 Wochen.

Details zu den einzelnen Verfahren befinden sich im Bericht von AquaPlus & PhycoEco (2014c) und Straub (1981). Inwieweit diese unterschiedlichen Verfahren einen Einfluss auf die Resultate haben, kann nicht abgeschätzt werden. Dies müsste zusätzlich mit einem Experiment eruiert werden. Wir gehen davon aus, dass der Einfluss auf die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften gering ist. Wichtig ist, dass die Temperaturen beim Muffelofen gering gehalten werden, da sonst Verformungen der Schalen erfolgen können.

---

<sup>1</sup> *Journées d'études des taxa critiques pour l'indice diatomique DI-CH. Organisiert und durchgeführt durch die Schweizerische Arbeitsgemeinschaft Mikroflora S.A.M. / A.S.E.M. Die Organisatoren Dr. François Straub, PhycoEco und Dr. Joachim Hürlimann, AquaPlus AG, sind auch die Modulverantwortlichen für den vorliegenden Bericht.*

Die **Zählung** der Proben erfolgte mit den für die Schweiz und Mitteleuropa üblichen und gängigen Bestimmungsbüchern. Es waren dies im Wesentlichen die Süsswasserflora von Mitteleuropa (Krammer & Lange-Bertalot 1986-1991, resp. die Nachdrucke, Hofmann et al. (2011) sowie Spezialliteratur zu einzelnen Gruppen. Wir verweisen dazu auf die Angaben im BAFU Modul Kieselalgen (Stufe F) sowie auf das Literaturverzeichnis. Sämtliche Zählungen wurden in die neue Taxonomie übertragen (gemäss Hofmann et al. 2011).

Die Erfassung der **Teratologie** (Missbildungen bei der Schalenstruktur) erfolgte mit vier Stufen. Die Stufen sind im vorliegenden Bericht sowie auch im Bericht AquaPlus & PhycoEco (2014c) beschrieben.

Die **Qualitätssicherung** wurde mit folgenden Ansätzen durchgeführt:

- Workshops Feldaufnahmen (siehe oben).
- Doppelzählungen: 11 Proben wurden von zwei verschiedenen Personen gezählt und die Zähllisten sowie die Auswertungen miteinander verglichen.
- Stichproben: Sämtliche Zähllisten wurden auf Auffälligkeiten hin geprüft und wenn nötig im Mikroskop verifiziert.

Die **Datenerfassung** erfolgte in der Datenbank BIS der Firma AquaPlus AG. Zudem wurde für jede Zählliste eine Excelliste erstellt und dem BAFU übergeben.

Die **Archivierung** der präparierten Proben sowie der Präparate erfolgt an drei Standorten. Es sind dies die Sammlungen von AquaPlus AG und PhycoEco sowie diejenige des BAFU (zum Zeitpunkt dieser Berichterstattung und bis auf weiteres gemäss Abmachung mit dem BAFU abholbereit bei AquaPlus AG, Zug).

Die **Auswertungen** erfolgten gemäss BAFU Modul Kieselalgen (Stufe F). Als Basis für alle Auswertungen wurden die relativen Häufigkeiten berechnet. Zusätzlich zum Indexwert DI-CH (Zweiteichung) wurden die Taxazahl, die Diversität H (Log mit Basis 2) und der Anteil an Teratologie an der gesamten Lebensgemeinschaft bestimmt. Im Weiteren werden taxa- und indexspezifische Auswertungen durchgeführt und die Standortgerechtigkeit der Lebensgemeinschaften eingeschätzt, wie dies die ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung (GSchV) in Anhang 1 fordern.

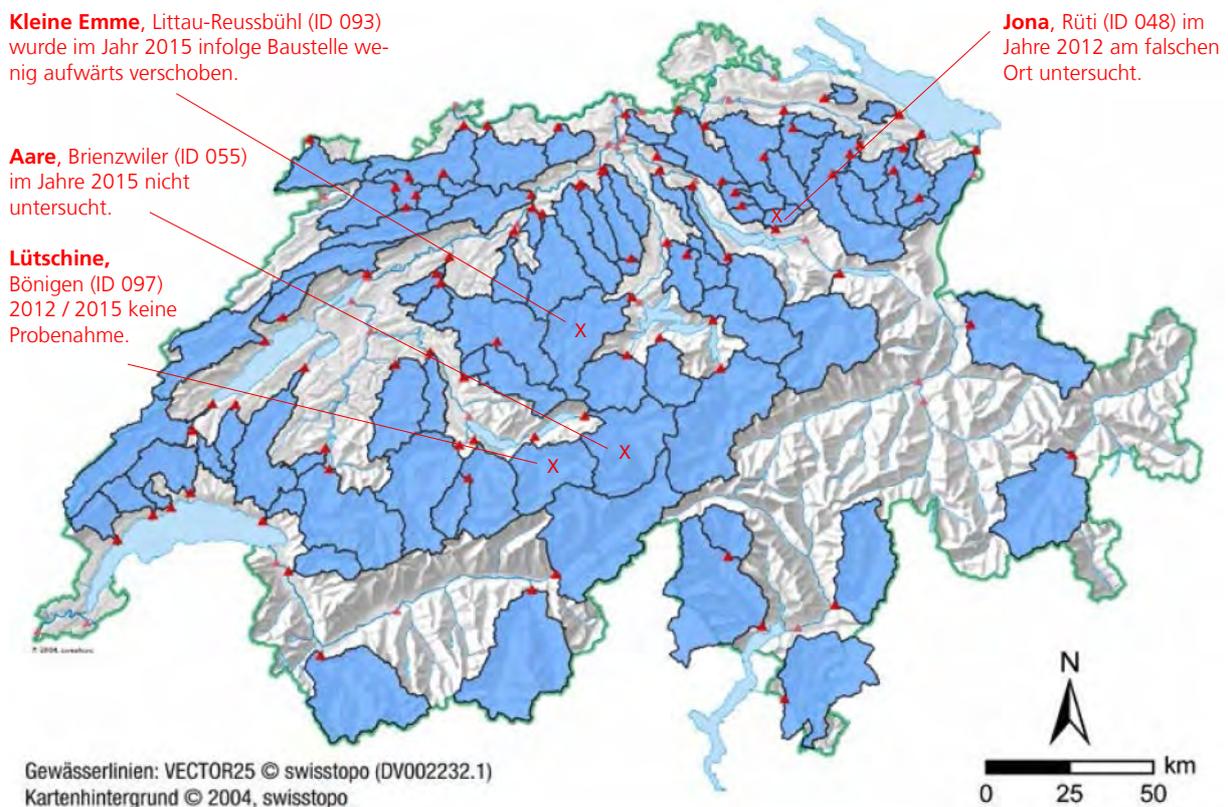
Die Auswertungen hinsichtlich Einflussgrössen basieren auf der vom BAFU zur Verfügung gestellten Charakterisierung der Einzugsgebiete (EZG). Diese Zusammenstellung enthält pro Messstelle Angaben zur Fläche, mittleren Höhenlage, Hydrologie, Ökomorphologie, Landnutzungen, Zugehörigkeit der biogeografischen Region, Abwasseranteil bei Niederwasser und mehr. Es wurden dieselben Daten verwendet wie bei der Berichterstattung zur ersten Untersuchungsperiode (AquaPlus & PhycoEco 2014d).

### 3 Charakterisierung der Messstellen

Das Messstellennetz NAWA TREND umfasst insgesamt 111 Messstellen (**Abbildung 3.1**). Davon wurden 88 wabare Messstellen mittels Diatomeen untersucht (**Anhang A: Tabelle A1**). Die grossen und tiefen Fließgewässer (wie Aare, Linth, Rhône bei Genf, Vorder- und Hinterrhein, Hochrhein, Ticino) wurden nicht biologisch untersucht. Dazu fehlen standardisierte Untersuchungsmethoden.

Im Jahr 2015 erfolgten zwei geringfügige Stellenverschiebungen (siehe **Abbildung 3.1** und Kapitel 5.1). Diese Stellenverschiebungen dürften keinen relevanten oder offensichtlichen Einfluss auf die Datenqualität oder die Aussagekraft haben.

Die Spannweite einiger weniger ausgewählter Kenngrößen der 88 Messstellen sind in **Tabelle 3.1** aufgelistet und in **Abbildung 3.2** dargestellt. Das kleinste Einzugsgebiet weist eine Fläche von 25 km<sup>2</sup> (Steinach, Mattenhof CH\_023\_SG) und das grösste eine solche von 3'372 km<sup>2</sup> (Rhône, Sion CH\_017\_VS) auf. 71 (= 81 %) der 88 untersuchten Fließgewässerabschnitte entsprechen der Flussordnungszahl (FLOZ) 4, 5 oder 6. Kleine Gewässer (FLOZ 1 und 2) wie auch die grössten Gewässer der Schweiz (FLOZ 9) wurden nicht untersucht.



**Abb. 3.1:** Geografische Lage der Untersuchungsstellen (NAWA TREND, rote Dreiecke) und deren Einzugsgebiete (blau eingefärbte Flächen, ohne Einzugsgebiete > 1'000 km<sup>2</sup>). Karte aus BAFU (2013).

Detaillierte Angaben pro Messstelle befinden sich im **Anhang B** sowie in dem vom BAFU publizierten Konzept (BAFU 2013). Die Resultate der weiteren chemischen und biologischen Untersuchungen befinden sich in den Fachberichten der einzelnen Module (Makrozoobenthos, Makrophyten und Fische). Sie können ebenfalls zur Charakterisierung der Messstellen beigezogen werden.

**Tab. 3.1: Charakterisierung der 88 Messstellen aufgrund von auserwählten Kennwerten.**

Darstellung der Gradienten über alle Messstellen hinweg siehe Abb. 3.2

**Hydrologie**

Q<sub>347</sub>: Niederwasser  
 MQ: mittlerer jährlicher Abfluss

**Landnutzungen**

Wald: bestockte Flächen  
 Landw. Landwirtschaft  
 Unprod. unproduktive Flächen (Gewässer, unproduktive Vegetation und Flächen, Gletscher etc.)  
 Siedl. Siedlung  
 GVE Grossvieheinheiten pro km<sup>2</sup>

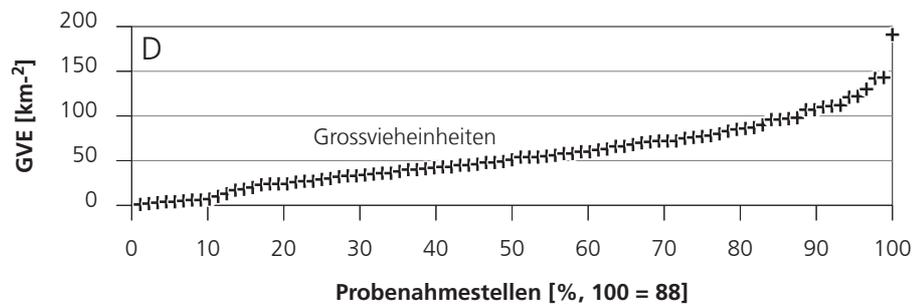
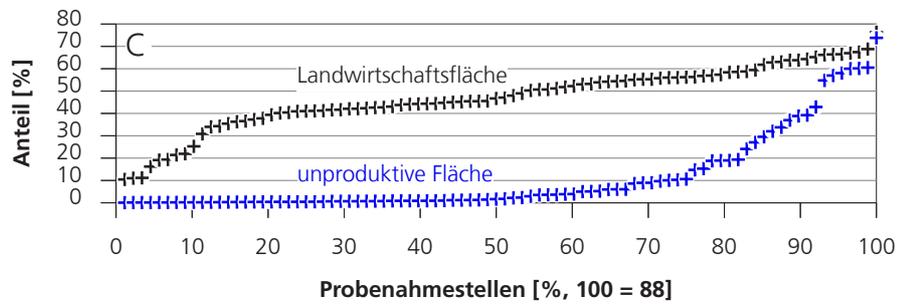
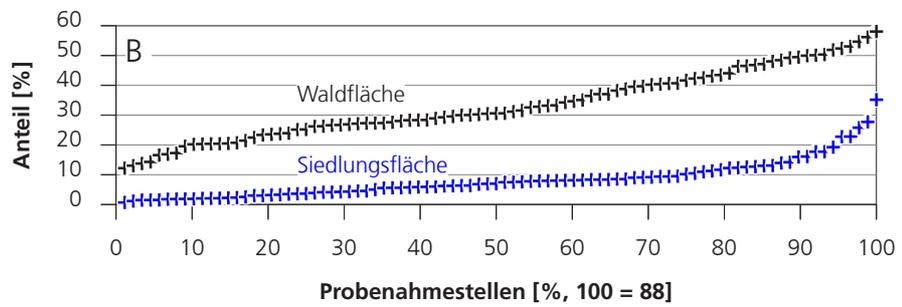
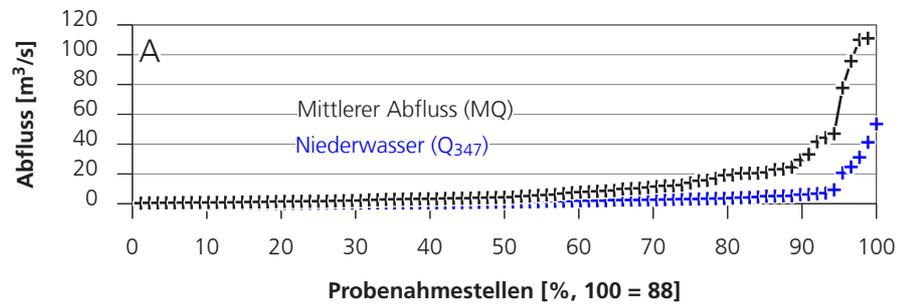
**Weitere Kennwerte**

FLOZ: Flussordnungszahl nach Strahler (1952)  
 AbwKat: Abwasserkategorie, Anteil Abwasser bei Niederwasser Q<sub>347</sub>  
 n.v.: nicht vorhanden

Kennwert	Einheit	Anzahl Stellen	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum
Fläche	km <sup>2</sup>	88	25	214	413	3372
Q <sub>347</sub>	m <sup>3</sup> /s	88	0.01	1.1	3.7	54
MQ	m <sup>3</sup> /s	88	0.37	4.3	12.8	111
<b>Landnutzungen (Anteile)</b>						
Wald	Anteil [%]	88	12	31	33	58
Landw.	Anteil [%]	88	10	47	47	76
Unprod.	Anteil [%]	88	0.1	2	11	74
Siedl.	Anteil [%]	88	0.7	7	8	35
GVE	Anzahl/km <sup>2</sup>	88	1	53	57	191

Kennwert	Einheit	Anzahl Stellen	Flussordnungszahl (FLOZ nach Strahler)								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
FLOZ	Anzahl	88	0	0	3	21	25	25	12	2	0
	Anteil [%]	88	0	0	3	24	28	28	14	2	0
	kumuliert [%]	88	0	0	3	27	56	84	98	100	100

Kennwert	Einheit	Anzahl Stellen	Anteil Abwasser bei Niederwasser [Klassen in %]					n.v.
			0	0-10	10-20	20-50	>50	
AbwKat	Anzahl	88	9	38	10	19	11	1
	Anteil [%]	88	10	43	11	22	13	1
	kumuliert [%]	88	10	53	65	86	99	100



**Abb. 3.2: Grafische Darstellung von hydrologischen (A) und landnutzungsspezifischen Gradienten (B, C, D) pro Einzugsgebiet.**

Abkürzungen und statistische Kennwerte siehe Tabelle 3.1.

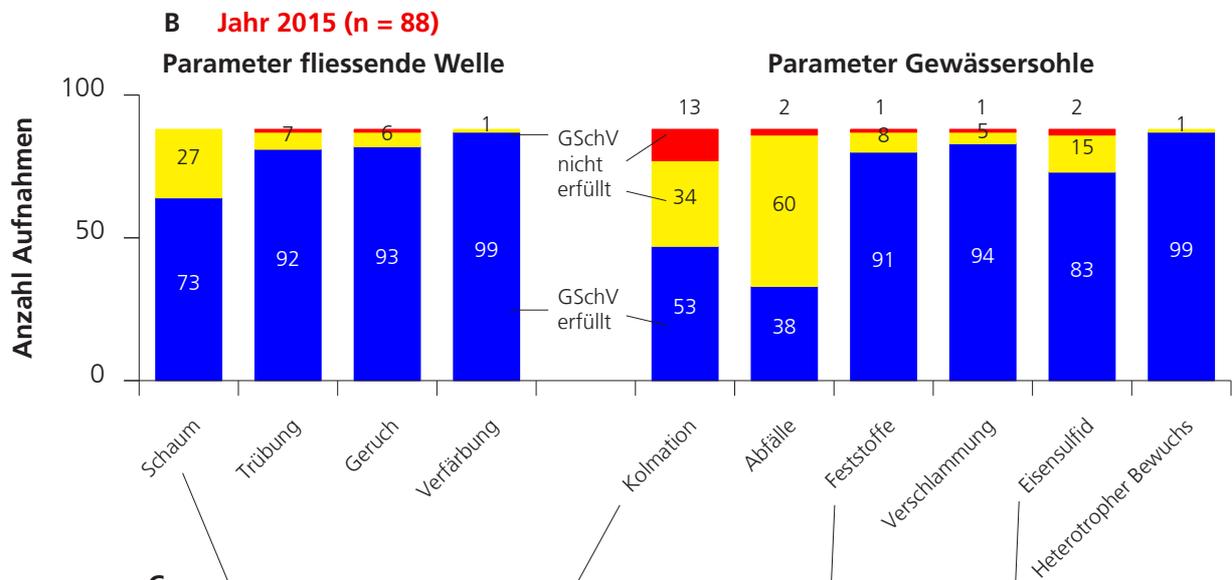
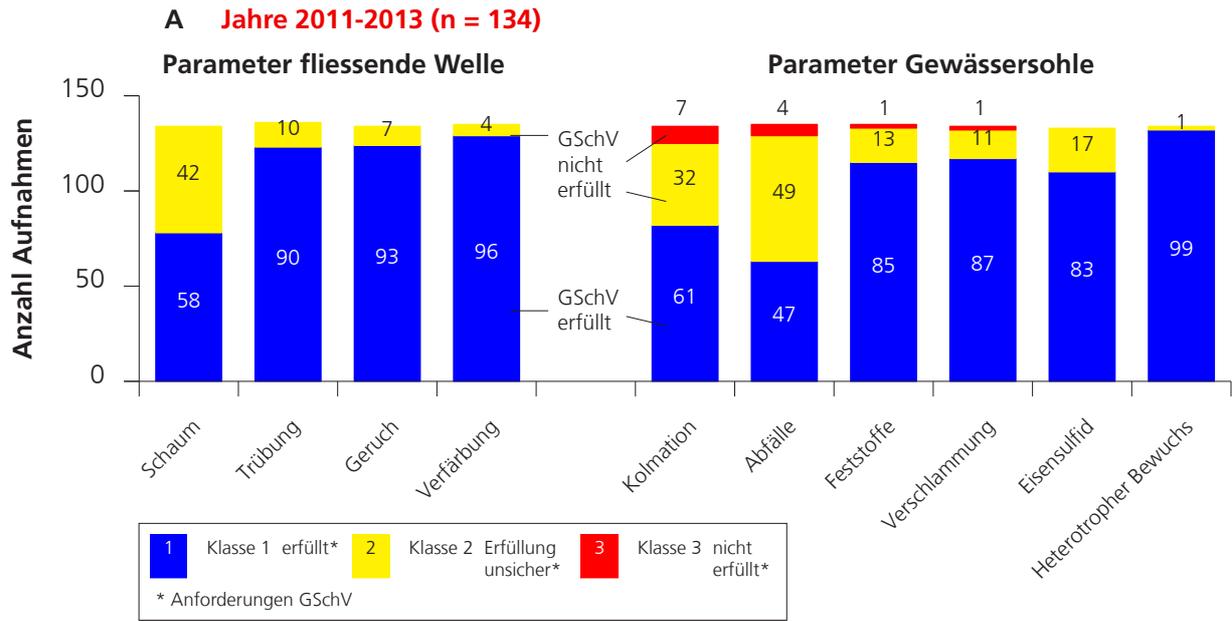
## 4 Resultate und Diskussion Äusserer Aspekt

Der Äussere Aspekt charakterisiert eine Fließgewässerstelle in erster Linie hinsichtlich klassischer Abwasserbelastungen. Die Erhebung des Äusseren Aspektes ist daher ein sehr geeignetes Verfahren um im Feld anlässlich von Begehungen und gewässerökologischen Aufnahmen eine Stelle mittels Sinneswahrnehmungen (optisch, taktil und olfaktorisch) innert kurzer Zeit zu charakterisieren. Der Äussere Aspekt ist daher Teil von Routineuntersuchungen wie dies biologische Monitoringprojekte und gewässerökologische Aufnahmen zum Einfluss der Siedlungsentwässerung (z. B. genereller Entwässerungsplan, GEP) darstellen. Der Äussere Aspekt beruht bis auf die mikroskopische Kontrolle des heterotrophen Bewuchses auf reinen Feldbeobachtungen und erfasst Parameter der fließenden Welle (Schaum, Trübung, Verfärbung und Geruch des Wassers) und der Gewässersohle (Kolmation, Abfälle, Feststoffe aus der Siedlungsentwässerung, Verschlammung, Eisensulfid, heterotropher Bewuchs). Der Geruch kann allerdings auch das Feinsediment betreffen. Dies ist insbesondere bei Einleitungen aus der Strassenentwässerung oder aus Deponien feststellbar (Geruch nach leicht flüchtigen Kohlenwasserstoffen).

Im Jahr 2015 wies die fließende Welle im Vergleich zur Gewässersohle wie bereits in der Vorperiode deutlich weniger Beeinträchtigungen auf (**Abbildung 4.1**). Dies dürfte einerseits damit zusammenhängen, dass die Feldaufnahmen oft bei Trockenwetter durchgeführt werden und damit keine Entlastungen stattfinden (daher selten Geruch nach Abwasser, selten unnatürliche Trübungen und Verfärbungen). Andererseits manifestieren sich insbesondere Abwasserbelastungen sowie fehlende Dynamik viel eher und längerfristig in der Gewässersohle (Akkumulation). Eine beeinträchtigte Gewässersohle ist daher auch bei Trockenwetter erkennbar. Das vorgefundene Belastungsbild entspricht unseren Erwartungen.

In **Abbildung 4.1** sind die Resultate pro Parameter für die Periode der Jahre 2011-2013 im Vergleich zur aktuellen Periode (Jahr 2015) dargestellt. Bezüglich der **fließenden Welle** wiesen 55 der insgesamt 88 Stellen keine Beeinträchtigungen auf. Bei 28 Stellen wurde eine Beeinträchtigung und bei 5 Stellen zwei Beeinträchtigungen festgestellt. Bis auf eine Stelle mit starker Ausprägung von Geruch und Trübung waren es immer geringe bis mittlere Vorkommnisse unbekannter oder anthropogener Ursache. Bei der fließenden Welle stellte der Parameter 'Schaum' jeweils mit Abstand die häufigste Art der Beeinträchtigung dar. Je nach Periode wiesen rund 30 bis 40 % aller Stellen stabiler Schaum der Ursache 'unbekannt' oder 'anthropogen' auf (geringe / mittlere Häufigkeit; Klasse 2). Eine unnatürliche Trübung oder Verfärbung des Wassers wie auch ein unnatürlicher Geruch trat in beiden Perioden mit  $\leq 10$  % aller Stellen auf.

Bezüglich der **Gewässersohle** war der Anteil an Beeinträchtigungen deutlich grösser. So wiesen bloss 19 der 88 Stellen keine Beeinträchtigung auf. Bei den restlichen 69 Stellen traten eine (28 Stellen), zwei (28 Stellen), drei (11 Stellen) oder gar vier Beeinträchtigungen pro Stelle auf (2 Stellen: Arve, école de médecine, ID 086 GE und Muota, Ingenbohl, ID 100, SZ). Bei der Gewässersohle trat der Parameter 'Abfälle' je nach Periode bei rund 50 bis 60 % aller Stellen auf. Oft befindet sich dieser Abfall entlang der Ufer und weniger häufig im benetzten Bereich. Der Abfall



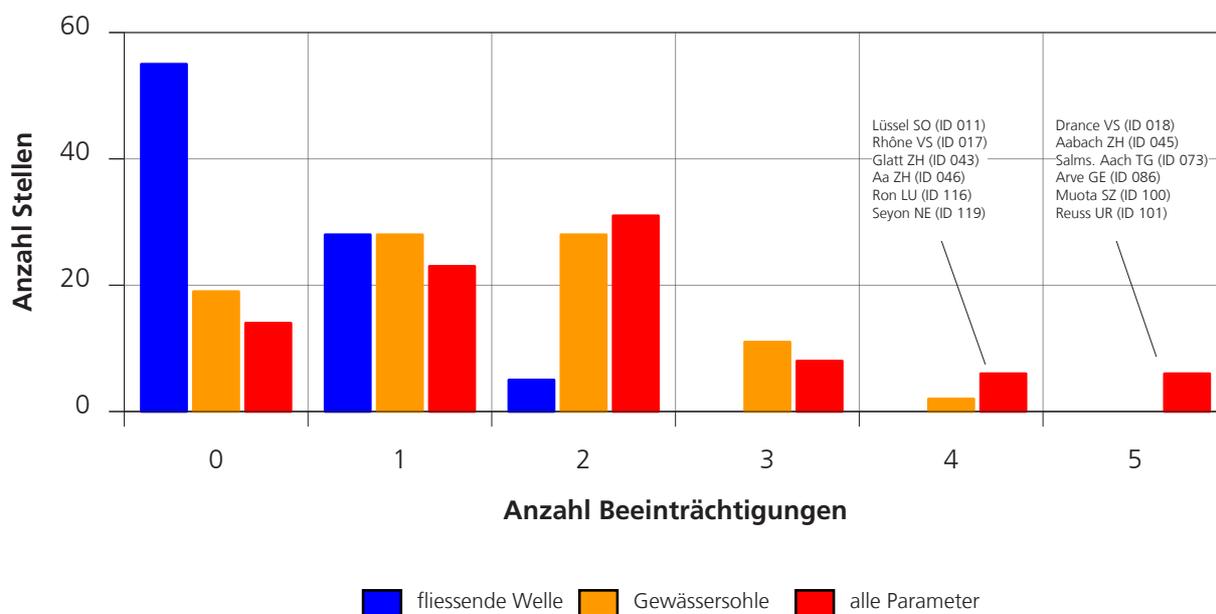
**Abb. 4.1:** Bewertung der 10 Parameter des Äusseren Aspektes aller NAWA TREND Biologie Stellen der Jahre 2011-2013 (A, gemäss AquaPlus & PhycoEco 2014) und des Jahres 2015 (B) sowie Illustrationen (C). Bewertung gemäss BAFU Modul Äusserer Aspekt. Die Zahlen in und über den Säulen entsprechen dem prozentualen Anteil der Klasse.

stammt entweder von Passanten oder wird während Hochwasserereignissen jeweils soweit bachabwärts verfrachtet, bis er am Ufer an Ästen oder anderen Strukturen hängen bleibt. Die Kolmation der Gewässersohle trat an rund 40 bis 50 % aller Stellen auf, wobei eine starke Kolmation (Klasse 3) um 10 % aller Stellen aufwies. Die anderen Parameter der Gewässersohle traten deutlich weniger häufig auf. Eisensulfidflecken waren aber in beiden Perioden an 17 % aller Stellen vorhanden und damit häufiger wie 'Feststoffe aus der Siedlungsentwässerung' (9 bis 14 %), 'Verschlammung' (6 bis 12 %) oder 'heterotropher Bewuchs' (1 %).

Als Ursachen für eine Kolmation wurden Seeausfluss (natürlich), mangelnde Dynamik, zum Teil Kalkausfällungen sowie Schwall-Sunkbetrieb, Morphologie (Kanalisierung) und Kieswerk erwähnt. In den meisten Fällen fehlte aber die Angabe einer Ursache. Bei allen anderen Parametern war mit Ausnahme beim Abfall die Bemerkung 'Abwassereinleitung' die meist genannte Ursache. Beim Abfall wurde sehr häufig 'Verpackungen' erwähnt und bei den Feststoffen aus der Siedlungsentwässerung 'WC-Papier'.

Der Vergleich der beiden Kampagnen 2012 und 2015 zeigt bis auf das Vorkommen der Abfälle eine Verbesserung der Zustände auf. Inwieweit dies ein Trend darstellt oder Zufall ist, wird sich mit den nächsten Kampagnen zeigen.

In **Abbildung 4.2** sind die Anzahl Beeinträchtigungen der fließenden Welle, der Gewässersohle sowie insgesamt (alle Parameter) pro Stelle für das Jahr 2015 grafisch dargestellt. Die Stellen mit vier oder fünf Beeinträchtigungen sind aufgeführt. Diese Stellen wiesen fast durchgehend alle eine kolmatisierte Gewässersohle, Abfall und Eisensulfid auf sowie in knapp der Hälfte der Stellen noch stabiler Schaum, eine unnatürliche Trübung und/oder einen unnatürlichen Geruch.



**Abb. 4.2: Äusserer Aspekt: Anzahl Beeinträchtigungen pro Stelle für die beiden Teilbereiche 'fließende Welle' und 'Gewässersohle' sowie für alle Parameter des Äusseren Aspektes des Jahres 2015.**  
Die Stellen mit insgesamt 4 und 5 Beeinträchtigungen sind in der Grafik aufgelistet.

In **Tabelle 4.1** sind die Bewertung hinsichtlich Schaum (fliessende Welle) und Kolmation (Gewässersohle) für die jährlich untersuchten 20 Stellen aufgelistet. Diese beiden Parameter traten gemäss **Abbildung 4.1** sehr häufig mit anthropogener oder unnatürlicher Ursache auf. Während Schaum immer nur die Fundhäufigkeit 'wenig / mittel' einnahm, trat die Kolmation der Gewässersohle an den Stellen Drance (ID 018, VS) und Talent (ID 127, VD) auch mit starker Ausprägung auf. Die jährlichen Aufnahmen lassen kein eindeutiges und allgemein gültiges Muster hinsichtlich Konstanz eines Parameters erkennen. An gewissen Stellen gab es nie eine Schaumbildung oder eine kolmatierte Gewässersohle, an anderen Stellen trat die Beeinträchtigung regelmässig jedes Jahr auf und an anderen Stellen wurden die Beeinträchtigungen nur zeitweise festgestellt.

In **Tabelle 4.2** sind für dieselben jährlich untersuchten 20 Stellen die Anzahl beeinträchtigte Parameter pro Stelle und Erhebungen aufgeführt. Als einzige Stelle wies die Engstlige (ID 056, BE) nie eine Beeinträchtigung auf. Demgegenüber gab es mehrere Stellen mit jährlich mehr als zwei Beeinträchtigungen pro Jahr. Ein Trend der Verbesserung zeichnet sich möglicherweise bei der Bünz, Töss, Areuse, Doubs und allenfalls Talent und einen Trend zur Verschlechterung bei der Drance, Muota und allenfalls Simme ab.

**Tab. 4.1: Äusserer Aspekt. Schaumbildung der fließenden Welle und Kolmation der Gewässersohle an den 20 Stellen, welche seit 2011 jährlich untersucht wurden.**

Stabiler Schaum der fließenden Welle und eine kolmatisierte Gewässersohle stellen zwei sehr häufig auftretende Beeinträchtigungen dar.

**Legende**

- 1 Klasse 1 erfüllt\*
- 2 Klasse 2 fraglich\*
- 3 Klasse 3 nicht erfüllt\*

\* Anforderungen GSchV

Gewässer	ID	Kanton	Schaum					Kolmation				
			2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014	2015
Drance	18	VS	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3
Steinach	23	SG	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2
Necker	27	SG	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1
Bünz	34	AG	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
Furtbach	49	ZH	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Engstlige	56	BE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Chise	58	BE	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1
Sense	60	BE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Töss	66	ZH	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2
Murg	70	TG	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1
Salmsacher Aach	73	TG	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Lorze	76	ZG	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Areuse	85	NE	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1
Doubs	88	JU	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1
Muota	100	SZ	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2
Sarine	107	FR	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Sitter	115	AI	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Talent	127	VD	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2
Aubonne	130	VD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Simme	133	BE	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

**Tab. 4.2: Äusserer Aspekt. Anzahl beeinträchtigte Parameter pro Stelle und Erhebungen an den 20 Stellen, welche seit 2011 jährlich untersucht wurden.**

**Legende zur Grafik**

Die Strichdicke visualisiert die Anzahl beeinträchtigte Parameter pro Aufnahme und der blaue Strich entspricht dem Maximalwert.

Gewässer	ID	Kanton	Anzahl beeinträchtigte Parameter pro Aufnahme					Visualisierung zum Erkennen eines Trends				
			2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014	2015
Drance	18	VS	3	5	6	3	9					
Steinach	23	SG	1	5	6	5	3					
Necker	27	SG	2	0	0	1	2					
Bünz	34	AG	6	5	5	5	2					
Furtbach	49	ZH	2	4	4	5	2					
Engstlige	56	BE	0	0	0	0	0					
Chise	58	BE	0	1	1	2	1					
Sense	60	BE	1	0	0	0	0					
Töss	66	ZH	3	2	1	1	2					
Murg	70	TG	3	3	3	5	2					
Salmsacher Aach	73	TG	3	4	4	3	5					
Lorze	76	ZG	2	4	1	1	1					
Areuse	85	NE	5	2	1	1	2					
Doubs	88	JU	9	2	3	3	1					
Muota	100	SZ	3	3	6	6	6					
Sarine	107	FR	1	0	0	2	1					
Sitter	115	AI	0	0	1	0	0					
Talent	127	VD	3	5	5	3	2					
Aubonne	130	VD	1	2	1	0	0					
Simme	133	BE	0	0	0	1	1					

## 5 Resultate und Diskussion Kieselalgen

Mit den folgenden Kapiteln werden die vorgefundenen Kieselalgen-Lebensgemeinschaften charakterisiert und die biologisch indizierte Wasserqualität besprochen. Im Weiteren werden taxaspezifische Hinweise gemacht.

### 5.1 Charakterisierung der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften

In den 88 Proben des Jahres 2015 wurden 223 verschiedene **Taxa** bestimmt. Dies sind 42 % der in Hofmann et al. (2011, siehe Tabelle 4 auf Seite 575 bis 592) für Fließgewässer Mitteleuropas aufgeführten häufigen 526 Taxa. In der gesamten Periode seit Beginn der Untersuchungen (2011-2015, 245 Proben) traten im Rahmen der Zählungen 303 Taxa auf, was 58 % der in Hofmann et al. (2011) aufgeführten Taxa entspricht.

Von den 223 Taxa kamen 66 Taxa (30 %) in nur einer Zählung (Probe), 128 Taxa (57 %) in weniger als fünf Zählungen (Proben) und 14 Taxa (6 %) in mehr als 50 Zählungen (Proben) vor. *Achnantheidium minutissimum* war das Taxon mit der grössten Verbreitung. Es kam in allen 88 Zählungen vor. Dieses Taxon ist in der Schweiz wie auch in ganz Mitteleuropa sehr weit verbreitet. Es tritt sowohl bei Hofmann et al. (2011) wie auch in der Datenbank BIS als Taxon auf, welches am häufigsten und am weitesten verbreiteten ist. Das Taxon ist gegenüber vielen Umweltfaktoren sehr tolerant, meidet aber starke organische Belastungen.

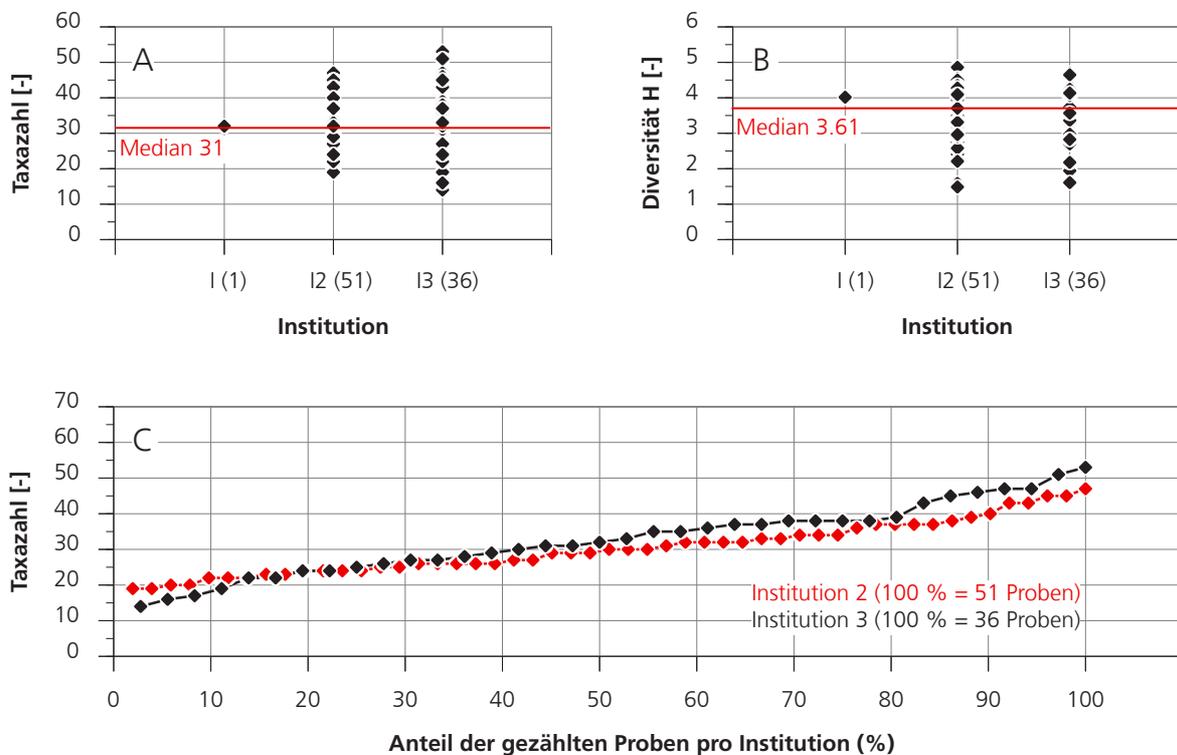
Im Jahr 2015 reichte die **Taxazahl** pro Probe von 14 (Drance bei Martigny, CH\_018\_VS) bis 53 Taxa (Engstlige ob Frutigen, CH\_056\_BE). Der Median der Taxazahl aller Proben des Jahres 2015 betrug 31 Taxa (**Abbildung 5.1**). Gemäss **Abbildung 5.2** ist die Taxazahl und noch stärker die Diversität H sehr stark abhängig von den drei in einer Probe am häufigsten vorkommenden Taxa (im Folgenden auch 'Dominanzsumme' genannt). Wenn diese Dominanzsumme der drei häufigsten Arten mehr als 70 % einnimmt, dann weist eine Lebensgemeinschaft im Rahmen der Zählung von 500 Schalen selten mehr als 30 Taxa auf. Diese Abhängigkeit von der Dominanzsumme entspricht den Erwartungen und ist bekannt. Sie begründet sich mit der Zählmethode. Da für das Eruiere des Indexwertes DI-CH um 500 Schalen gezählt werden, haben in einer Probe seltenere Arten eine geringere Chance innerhalb der Zählung erfasst zu werden, je höher der Anteil der häufigsten Arten ist. Nimmt der Anteil der häufigsten drei Arten mehr als 90 % ein, so fällt die Taxazahl mit grosser Wahrscheinlichkeit unter 20. Bei der **Diversität H** ist die Abhängigkeit von dieser Dominanzsumme noch ausgeprägter. So fällt die Diversität H pro rund 20 % zusätzliche Dominanzsumme um eine Einheit (**Abbildung 5.2**).

In **Abbildung 5.3** sind wichtige Kennwerte der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften für die Jahre 2012 und 2015 grafisch dargestellt. Es wird ersichtlich, dass die beiden Ganglinien der Jahre 2012 und 2015 sich hinsichtlich Median recht ähnlich sind. Die Bereiche der oberen Extremwerte weichen aber voneinander zum Teil deutlich voneinander ab.

Es konnte keinen Zusammenhang zwischen der Gewässergrösse (Mass: **Flussordnungszahl**, FLOZ) und der Taxazahl gefunden werden (**Abbildung 5.2**). Dieses Bild kann sich aber ändern, sobald die Datenlage über alle FLOZ-Stufen hinweg in etwa gleich gross ist. Wir erwarten bei grossen Flüssen, generell bei Seeausflüssen sowie bei kleinen Bächen, bei welchen die Uferbereiche einen grösseren Flächenanteil einnehmen wie die fliessende Welle, mehr Arten wie bei normalen watbaren Bächen mit rund 2 bis 5 m Breite. Die Analyse der Taxazahlen zeigte im weiteren, dass keine offensichtlichen Abhängigkeiten von der Meereshöhe, der Einzugsgebietsfläche, der Biogeographie, der Ökomorphologie, des Abwasseranteiles, der Grossvieheinheiten oder der Landnutzung (Wald, Siedlung, Landwirtschaft, Unproduktive Flächen) vorhanden sind. Wir verzichten daher auf graphische Darstellungen und Erläuterungen.

Die **Institutionen**, welche die Kieselalgen gezählt haben, wiesen über alle von ihr gezählten Proben die folgenden mittleren Taxazahlen aus:

Institution	Anzahl Proben pro Institution	Taxazahl Mittelwert
Institution 1 (Kanton Genf):	1	32
Institution 2 (AquaPlus AG):	51	30
Institution 3 (PhycoEco):	36	32
Alle Proben	88	31

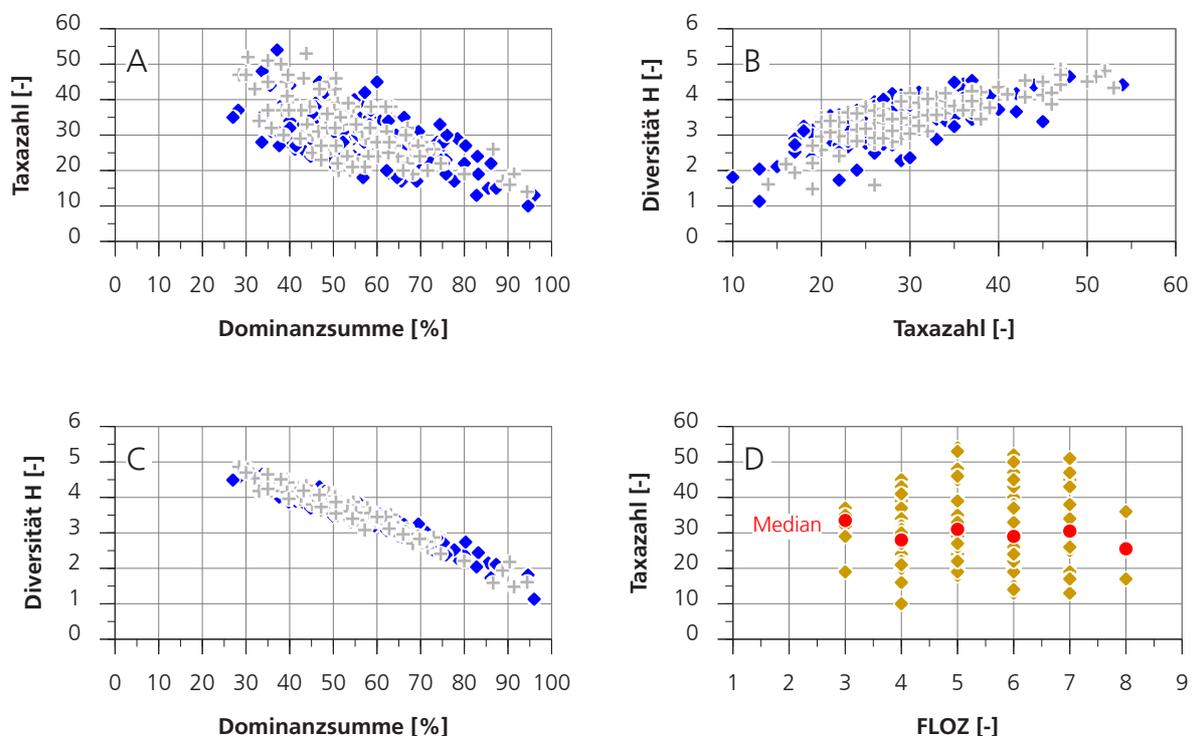


**Abb. 5.1: Taxazahl (A, C) und Diversität H (B) in Abhängigkeit der Institution (ZählerIn).**

Institutionen: I1 = Institution 1: Kanton Genf (Arielle Cordonier), I2 = Institution 2: AquaPlus AG (Joachim Hürlimann, Margrit Ensner Egloff, Lukas Taxböck), I3 = Institution 3: PhycoEco (François Straub); Angaben in Klammern = Anzahl ausgezählte Proben pro Institution.

Die Analyse der Taxazahlen gemäss **Abbildung 5.1** der drei Institutionen lässt keine offensichtlichen Auffälligkeiten erkennen. In der Tendenz wies die Institution 3 ganz wenig mehr Taxa pro Probe auf. Die Unterschiede sind aber gering und sollten nicht weitergehend interpretiert werden. Wir gehen davon aus, dass dies einerseits reelle Unterschiede sind und mit den untersuchten Gewässern zu tun hat und andererseits auch durch unterschiedliches Erfassen der Subspezies (Variationen, Formen, Sippen) oder der Artengruppen (sensu DI-CH) bedingt ist.

**Fazit: Die Taxazahl ist abhängig von den prozentualen Anteilen der drei häufigsten Arten einer Zählung (= Dominanzsumme) sowie von der Anzahl gezählter Schalen. Die Dominanzsumme ist ein Mass für die Struktur der Lebensgemeinschaft, ähnlich wie es die Diversität darstellt. Je etablierter eine Lebensgemeinschaft ist, umso geringer ist die Dominanzsumme. Befindet sich die Lebensgemeinschaft noch in der Phase der Erstbesiedlung, dann ist die Dominanzsumme hoch.**



**Abb. 5.2: Taxazahl (A, D) und Diversität H (B, C) in Abhängigkeit verschiedener Kenngrößen.** Dominanzsumme = Summe der prozentualen Häufigkeiten (rH) der drei häufigsten Taxa, FLOZ = Flussordnungszahl nach Strahler (1952). Blaue Symbole: Daten der Jahre 2011-2014, graue Symbole: Daten des Jahres 2015 (inkl. QS), braune Symbole: Daten der Jahre 2011-2015.

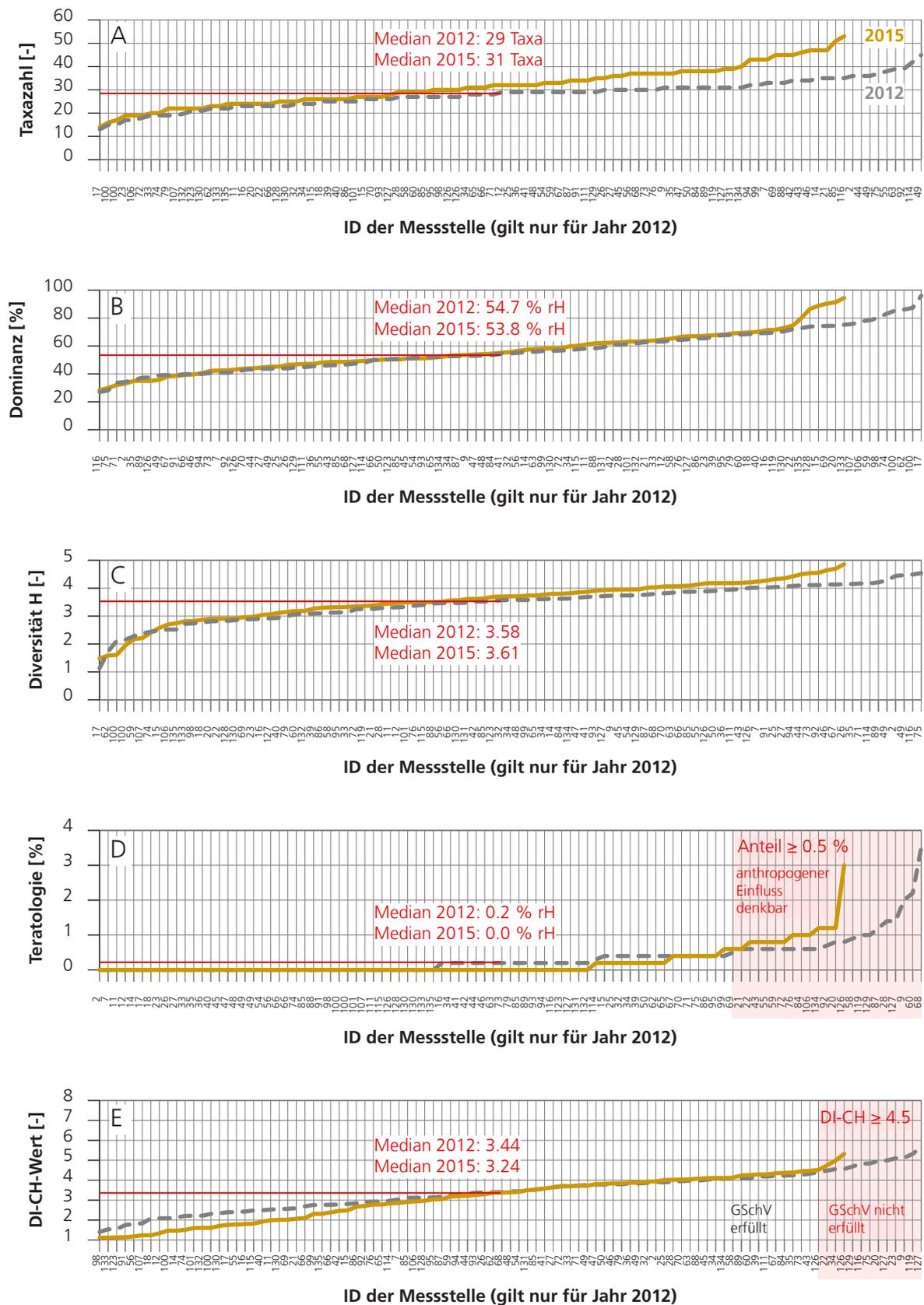


Abb. 5.3: Grafische Darstellung von Kennwerten zur Charakterisierung der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften sämtlicher Proben der Jahre 2012 (graue Linie) und 2015 (braune Linie). Dominanz = Summe der prozentualen Häufigkeiten (rH) der drei häufigsten Taxa. Erläuterungen zu Teratologie siehe Kapitel 5.3 und zum DI-CH-Wert siehe Kapitel 5.4.

## 5.2 Artenzusammensetzung

In den 88 Proben des Jahres 2015 wurden 223 Taxa nachgewiesen. Davon waren 41 Taxa (18 % von 223 Taxa), welche mindestens einmal 10 % relative Häufigkeit (rH) oder mehr einnahmen. Sie werden **Hauptarten** bezeichnet und sind in **Tabelle 5.1** aufgelistet. Als **Begleitarten**, das sind Arten mit einem Anteil von mindestens 5 % rH, wurden 10 Taxa (4 %) beobachtet. Diese 51 Haupt- und Begleitarten (23 %) umfassen zusammen im Mittel 93 % der Prozentsumme einer Probe (Spannweite 74.4 % bis 100 % wobei in 85 % der Proben  $\geq 90$  %). Diese 51

**Tab. 5.1: Hauptarten (HA) der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften der 88 NAWA-Proben des Jahres 2015.**

Sortierung absteigend nach Anzahl Vorkommen. HA = Hauptarten: Taxa mit mindestens einem Vorkommen von  $\geq 10$  % relative Häufigkeit (rH). DVNR = eindeutige ID gemäss Liste Deutschlands. DVNR > 100'000 sind eigene Taxabezeichnungen, wie sie in Deutschland nicht geführt werden. D- und G-Werte gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007a). 28 der 40 Hauptarten traten bereits in der ersten Untersuchungsperiode (Jahre 2011-2013) auf.

Taxaliste	HA	DVNR	D-Wert	G-Wert	Vorkommen	
Hauptarten HA (Vorkommen > 10 % rH)	2011-2013	ID	für DI-CH-Index		in Anzahl Proben	Maximum % rH
<i>Achnanthydium minutissimum</i> var. <i>minutissimum</i> (KUETZING) CZAR.	ja	26060	3	0.5	88	62.2
<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>olivaceum</i> (HORNEMANN) BREB.	ja	6867	3	0.5	81	51.4
<i>Amphora pediculus</i> (KUETZING) GRUNOW	ja	6983	5	0.5	78	42.0
<i>Navicula cryptotenella</i> LANGE-BERTALOT	ja	6889	4	0.5	78	26.4
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i> (HUSTEDT) KOBAYASI	ja	26005	1.5	1	77	74.0
<i>Nitzschia dissipata</i> (KUETZING) GRUNOW	ja	36151	3.5	1	73	20.8
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (KUETZING) LANGE-BERTALOT	ja	6186	6	0.5	69	12.2
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.MUELLER) BORY DE SAINT-VINCENT		6831	4	1	69	20.0
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> sensu K. & Lange-B. 1991		6726	5	1	64	14.4
<i>Navicula reichardtiana</i> LANGE-BERTALOT	ja	36134	4	1	62	18.2
<i>Navicula gregaria</i> DONKIN	ja	6015	5.5	1	60	17.6
<i>Reimeria sinuata</i> (GREGORY) KOCIOLEK & STOERMER		36212	3.5	1	56	15.8
<i>Encyonema minutum</i> (HILSE) D.G.MANN	ja	26208	2.5	2	54	10.4
<i>Diatoma problematica</i> LANGE-BERTALOT	ja	16207	5	2	49	15.4
<i>Nitzschia fonticola</i> var. <i>fonticola</i> GRUNOW	ja	6025	3.5	1	48	12.6
<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i> (HUSTEDT) LANGE-BERTALOT	ja	26472	6	1	46	21.2
<i>Navicula antonii</i> LANGE-BERTALOT		16653	5	1	45	19.6
<i>Achnanthydium lineare</i> sensu lato	ja	100225	1	8	42	39.2
<i>Gomphonema elegantissimum</i> REICHARDT & LANGE-BERTALOT		36276	2	4	42	23.4
<i>Amphora indistincta</i> LEVKOV		36245	3.5	1	40	11.0
<i>Diatoma vulgare</i> BORY DE SAINT-VINCENT	ja	6006	4	2	39	10.0
<i>Surirella neglecta</i> REICHARDT		100251	4.5	2	38	11.2
<i>Achnanthydium pfisteri</i> LANGE-BERTALOT		26074			37	11.8
<i>Navicula lanceolata</i> (C.AGARDH) EHRENBERG	ja	6864	4.5	1	37	26.8
<i>Gomphonema tergestinum</i> (GRUNOW) M. SCHMIDT	ja	6897	3	2	36	10.4
<i>Encyonema silesiacum</i> var. <i>silesiacum</i> (BLEISCH) D.G.MANN	ja	16993	3	1	35	54.6
<i>Achnanthydium atomoides</i> MONNIER, LANGE-BERTALOT & ECTOR	ja	26003	3	2	33	12.4
<i>Achnanthydium delmontii</i> PERES, LE COHU & BARTHES		100244	1.5	1	32	78.4
<i>Nitzschia recta</i> var. <i>recta</i> HANTZSCH	ja	6029	3.5	2	32	12.4
<i>Fistulifera saprophila</i> (LANGE-BERTALOT & BONIK) LANGE-B.	ja	26618	7	2	31	14.6
<i>Diatoma ehrenbergii</i> KUETZING	ja	6208	2.5	1	23	15.0
<i>Achnanthydium rostrumpyrenaicum</i> JÜTTNER & COX		100247	1.5	1	22	13.2
<i>Diatoma moniliformis</i> ssp. <i>moniliformis</i> KUETZING	ja	6209	2	2	22	12.2
<i>Achnanthydium minutissimum</i> var. <i>jackii</i> (RABENHORST) LANGE-B.	ja	26063	1	8	21	46.2
<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>atomus</i> (KUETZING) LANGE-BERTALOT	ja	26469	6	1	18	27.8
<i>Gomphonema micropumilum</i> REICHARDT	ja	26420	2	4	13	29.0
<i>Platessa conspicua</i> (MAYER) LANGE-BERTALOT		26015	4	1	8	42.6
<i>Encyonopsis microcephala</i> (GRUNOW) KRAMMER	ja	26207	2	2	7	15.8
<i>Diatoma tenuis</i> C.AGARDH		6210	3.5	2	4	16.0
<i>Achnanthydium eutrophilum</i> (LANGE-BERTALOT) LANGE-BERTALOT		26024	3.5	2	3	13.6
<i>Achnanthydium gracillimum</i> (LANGE-BERTALOT) LANGE-BERTALOT	ja	26061	1	1	3	15.6

Taxa sind somit wichtige Taxa, insbesondere auch für die Berechnung des DI-CH-Wertes.

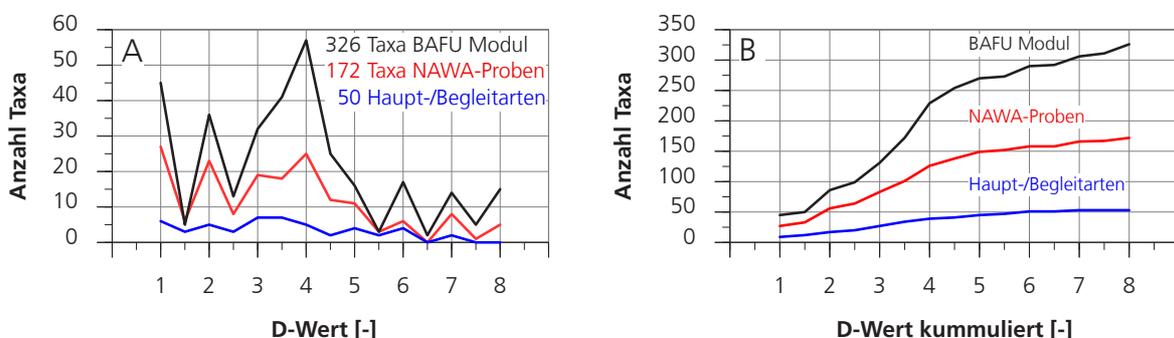
Von den 223 Taxa können bei 172 Taxa (77 %) einen D- und G-Wert zur Berechnung des DI-CH-Indexwertes zugewiesen werden. In **Abbildung 5.4** sind diese 172 Taxa auf die D-Werte verteilt dargestellt. Im Vergleich dazu sind die 326 Taxa gemäss Angabe der D-Werte im BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007a) aufgeführt. Es wird ersichtlich, dass die Taxa der NAWA-Proben in etwa dieselbe Verteilung über die Skala der D-Werte haben wie die Gesamtheit aller indikativen Taxa. Rund 75 % aller NAWA-Taxa mit einem D-Wert weisen einen D-Wert  $\leq 4$  auf. Sie repräsentieren damit sehr gute bis gute Zustände. Rund 25 % der Arten sind demnach Arten, welche einen D-Wert  $> 4$  haben. Sie repräsentieren einen mässigen, unbefriedigenden oder schlechten Zustand. Dasselbe D-Wertverteilung ergibt sich, wenn die ganze Periode (2011-2015: 216 Taxa mit D- und G-Wert) betrachtet wird.

In 23 Proben kamen **planktisch lebende Arten** vor. In **Tabelle 5.2** sind diese Arten aufgelistet. Es traten gehäuft Vertreter der Gattungen *Cyclotella* (7 Arten) und *Stephanodiscus* (5 Arten) auf sowie die Arten *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis* und *Thalassiosira pseudonana*.

Die prozentualen Anteile aller planktischen Arten einer Stelle zusammen nahmen maximal 5.8 % ein (Lorze, Abfluss Zugersee, ID 75 vom 18.3.2015). Fast alle Stellen mit planktischen Arten mit einem Anteil von  $\geq 1$  % relative Häufigkeit sind bekannte Seeausflüsse (**Tabelle 5.3**, fettgedruckte Stellen). Ausnahmen waren die Gürbe vor Mündung in die Aare (ID 59) und die Thur bei Andelfingen (ID 50).

Etliche Messstellen wiesen wenige Plankter auf. Sie befinden sich entweder in grösserer Distanz zum oberliegenden See oder haben entfernt Staustufen, Stauseen oder Kleinseen im Einzugsgebiet.

Seeausflüsse weisen grundsätzlich stabilere Lebensraumverhältnisse auf wie andere Fliessgewässer. Dies illustrieren auch diejenigen Stellen mit einem hohen Anteil an Plankton. Die Dominanzsumme der drei häufigsten Arten ist bei Stellen mit einem Planktonanteil von  $> 5$  % wiederum wie schon bei der Vorperiode (Jahre 2011-2013) deutlich tiefer wie 50 %. Dies ist ein Hinweis, dass nicht Erstbesiedler die Lebensgemeinschaft dominieren.



**Abb. 5.4:** Verteilung der 172 Taxa aller NAWA-Proben und der 50 Haupt- und Begleitarten mit D-Wert im Vergleich mit den 326 Taxa mit D-Wert gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007a).

**A:** Anzahl Taxa pro D-Wert. **B:** Anzahl Taxa über die D-Werte kumuliert.

Berücksichtigt sind Taxa mit einem D-Wert. Hauptarten: Relative Häufigkeit (rH)  $\geq 10$  %, Begleitarten: rH  $\geq 5$  % und  $< 10$  %.

Untersuchungen der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften in Seeausflüssen wiesen Anteile an planktischen Arten von rund 2 bis 13 % rH auf. Die Distanz der Verfrachtung planktischer Arten flussabwärts ist unterschiedlich gross und hängt von verschiedenen Faktoren ab (Trophiegrad des Sees, Planktendichte, Fließverhalten, Abfluss, Verdünnung durch Zuflüsse, Staustufen etc.).

**Tab. 5.2: Planktisch lebende Arten in den 88 NAWA Proben.**

Max. = Maximale relative Häufigkeit des Taxons über alle 88 Proben hinweg. rH = relative Häufigkeit in Prozent. Verzeichnis der Seeausflüsse siehe **Tabelle 5.3**.

<b>Taxaliste</b> Planktisch lebende Arten	<b>Anzahl</b> [Proben]	<b>Max.</b> rH [%]	<b>Vorkommen</b> Stellen mit maximaler rH
<i>Asterionella formosa</i> HASSALL	10	1.8	Glatt, 043
<i>Cyclotella atomus</i> HUSTEDT	3	0.6	Aa, 064
<i>Cyclotella comensis</i> (Artengruppe) sensu lato	1	0.2	Reuss, 014
<i>Cyclotella costei</i> DRUART & STRAUB	6	0.8	Lorze, 075
<i>Cyclotella gordonensis</i> KLING et HAKANSSON	1	0.2	Lorze, 075
<i>Cyclotella meneghiniana</i> KUETZING	1	0.4	Lorze, 075
<i>Cyclotella ocellata</i> PANTOCSEK	2	0.6	Furtbach, 049
<i>Cyclotella radiosa</i> (GRUNOW) LEMMERMANN	4	0.2	diverse Stellen
<i>Fragilaria crotonensis</i> KITTON	1	0.2	Wigger, 111
<i>Stephanodiscus alpinus</i> HUSTEDT	2	0.4	Glatt, 044
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> GRUNOW	2	0.4	Sitter, 025
<i>Stephanodiscus minutulus</i> (KUETZING) GRUNOW in CLEVE & MOELLER	1	0.2	Glatt, 044
<i>Stephanodiscus neoastraea</i> HAKANSSON & HICKEL	1	0.4	Saane, 106
<i>Stephanodiscus parvus</i> STOERMER & HAKANSSON	6	3.6	Lorze, 075
<i>Thalassiosira pseudonana</i> HASLE & HEIMDAL	1	0.2	Doubs, 088

**Tab. 5.3: Stellen mit planktischen Arten und die nahe gelegenen Seen.**

Fettdruck sind Stellen mit einem Anteil an Plankter von  $\geq 1\%$ , respektive Gattungen, deren Arten  $\geq 1\%$  relative Häufigkeit (rH) einnahmen.

<b>Stelle</b>	<b>Ort</b>	<b>ID</b>	<b>See</b>	<b>Gattungen</b>
Fettdruck sind Stellen, deren Anteil an Plankter $\geq 1\%$ relative Häufigkeit einnahm.				Fettdruck sind Gattungen mit $> 1\%$ rH
Aa	Niederuster	46	Pfäffikersee	<i>Cyclotella</i>
<b>Aabach</b>	<b>Niederlenz</b>	<b>79</b>	<b>Hallwilersee</b>	<i>Asterionella, Cyclotella</i>
Doubs	Ocourt	88	Stauseen	<i>Stephanodiscus, Thalassiosira</i>
Furtbach	nach ARA Otelfingen	49	Katzensee	<i>Asterionella, Cyclotella</i>
<b>Glatt</b>	<b>Rheinsfelden</b>	<b>43</b>	<b>Greifensee</b>	<b><i>Asterionella, Cyclotella, Stephanodiscus</i></b>
<b>Glatt</b>	<b>Abfluss Greifensee</b>	<b>44</b>	<b>Greifensee</b>	<b><i>Asterionella, Cyclotella, Stephanodiscus</i></b>
<b>Gürbe</b>	<b>vor Mündung in Aare</b>	<b>59</b>	<b>Dittligsee, Kleinseen</b>	<b><i>Asterionella</i></b>
Jona	Rüti	48	Egelsee, Kleinseen	<i>Asterionella</i>
Limmat	Hönggersteg	40	Zürichsee	<i>Asterionella</i>
Limpach	Kyburg	9	Kleingewässer Golfplatz Erlenmatt	<i>Cyclotella</i>
<b>Lorze</b>	<b>Frauenthal</b>	<b>75</b>	<b>Zugersee</b>	<b><i>Asterionella, Cyclotella, Stephanodiscus</i></b>
Muota	Ingenbohl	100	Stauseen, ob. Vierwaldstättersee	<i>Cyclotella, Stephanodiscus</i>
Reuss	Luzern	14	Vierwaldstättersee	<i>Cyclotella</i>
Reuss	Attinghausen	101	Stauseen, ob Urnersee	<i>Asterionella</i>
Saane	Marfeldingen	106	Schiffenensee	<i>Stephanodiscus</i>
<b>Sarner Aa</b>	<b>Kägiswil</b>	<b>12</b>	<b>Sarnersee</b>	<b><i>Cyclotella</i></b>
<b>Sitter</b>	<b>Leebrugg</b>	<b>25</b>	<b>Gübsensee</b>	<b><i>Stephanodiscus</i></b>
Sitter	Appenzell Sittertal	115	Seen des Alpsteins	<i>Stephanodiscus</i>
Suhre	Suhr	39	Sempachersee	<i>Cyclotella</i>
<b>Thur</b>	<b>Andelfingen</b>	<b>50</b>	<b>Staustufen, Kleinseen</b>	<b><i>Asterionella, Stephanodiscus</i></b>
Töss	Rämismühle	66	Staustufen, Kleinseen	<i>Cyclotella</i>
Urtenen	bei Schalunen	62	Moossee	<i>Cyclotella</i>
Wigger	Zofingen	111	Kleinseen	<i>Fragilaria</i>

Als **gebietsfremde Arten** (= Arten, die in der Schweiz natürlicherweise nicht heimisch sind) sind uns *Achnanthydium catenatum*, *A. delmontii* und eine Mutation von *Didymosphenia geminata* bekannt. In den NAWA-Proben sind uns *Achnanthydium delmontii* (in 32 Proben) und *Didymosphenia geminata* (12 Proben) aufgefallen. Wir beobachteten diese Arten in insgesamt 38 Messstellen, wobei beide Taxa in 6 Proben vorkamen. An allen anderen Messstellen trat jeweils nur ein Taxon auf. Die Anteile des Taxons *Didymosphenia geminata* betragen bis auf eine Ausnahme 0.2 % (= 1 Schale auf 500 Schalen, Ausnahme in Sarner Aa, Kägiswil, ID 12, Anteil 1.0 % rH). *Achnanthydium delmontii* war viel häufiger und erreichte an drei Stellen  $\geq 10$  % rH (Status Hauptart) und an 4 Stellen  $\geq 5$  % (Status Begleitart). Als Hauptart erschien das Taxon in der Limmat beim Höggersteg (ID 40, 78.4 % rH), in der Lorze bei der Letzi (ID 76, 59.2 % rH) und in der Sihl beim Sihlhölzli (ID 42, 24.6% rH).

Bei *Achnanthydium delmontii* ist unklar, ob es wirklich eine gebietsfremde Art ist. Möglicherweise wurde diese Form früher als *A. pyrenaicum* bestimmt. Heute fällt dieses Taxon auch in der Schweiz auf, insbesondere auch, weil es in Frankreich als gebietsfremde Art bezeichnet wird. Die Situation ist aber unklar. Das Taxon bildete deutlich grössere Populationen wie die anderen beiden Arten.

*Didymosphenia geminata* demgegenüber wurde im Rahmen der Zählungen an 12 Stellen gefunden. Dieses Taxon (früher *Gomphonema geminata* genannt) wurde gemäss älterer Literatur in der Schweiz in den silikathaltigen Walliser Alpen bei Zermatt und im See auf dem grossen St. Bernard gefunden (Brun 1880). In den Alpen der Ostschweiz wurde dieses Taxon gemäss Meister (1912) früher zumindest nicht gefunden. Dieses Taxon ist heute weltweit und auch in der Schweiz in Verbreitung (**Abbildung 5.5**). In den letzten Jahren stellten wir an wenigen Stellen makroskopisch gut erkennbare Biomassen fest (siehe **Abbildung 5.5 A**). Möglicherweise stellt das heutige Taxon gegenüber der früheren Form eine konkurrenzstarke Mutation dar. In der Schweiz beobachteten wir dieses Taxons erstmals im Jahre 1999 im Inn im Unterengadin bei Strada (Restwasserstrecke). Anschliessend trat es jährlich an neuen Standorten auf. Die Art bevorzugt vorwiegend grössere Fliessgewässer mit eher wenig Dynamik (Seeausflüsse, Restwasserstrecken, grosse Entwässerungskanäle etc.). Der alpine und voralpine Raum sowie Fliessgewässer mit einer guten bis sehr guten Wasserqualität (Mittelwert DI-CH von 119 Proben: 2.2) wird bevorzugt besiedelt (**Abbildung 5.5 C**). Unter geeigneten Verhältnissen vermag das Taxon sehr grosse Algenbiomassen produzieren. In der Schweiz haben die Stellen mit makroskopisch erkennbarem Bewuchs in den letzten Jahren zugenommen. Zu extremer Veralgung ist es jedoch unseres Wissen in der Schweiz noch nie gekommen. Wir gehen aber davon aus, dass die Alge auch in der Schweiz grosse Biomassen erzeugen kann. Der ökologische und wirtschaftliche Schaden ist dabei ungewiss. Denkbar sind erhöhte tägliche Sauerstoffschwankungen (Sauerstoffproduktion tagsüber und -zehrung nachts), Verdrängen von anderen Arten, Beeinflussung der Fisch-Laichsubstrate, Kolmation der Gewässersohle etc. aber auch Verstopfen von Wasserfassungen oder erhöhte Sedimentation in Staustufen (Faulschlammabildung).

Die Verbreitung von Algen erfolgt über viele Wege, so z. B. das Wasser selber, mit Hilfe von Tieren (Vögel, Fische), aber auch durch anthropogene Tätigkeiten (Wasserkraft, Wanderboote, Wassersportarten, Kies- und Sedimentumlagerungen etc.). Massnahmen zur Verhinderung der Verbreitung sind daher kaum möglich.

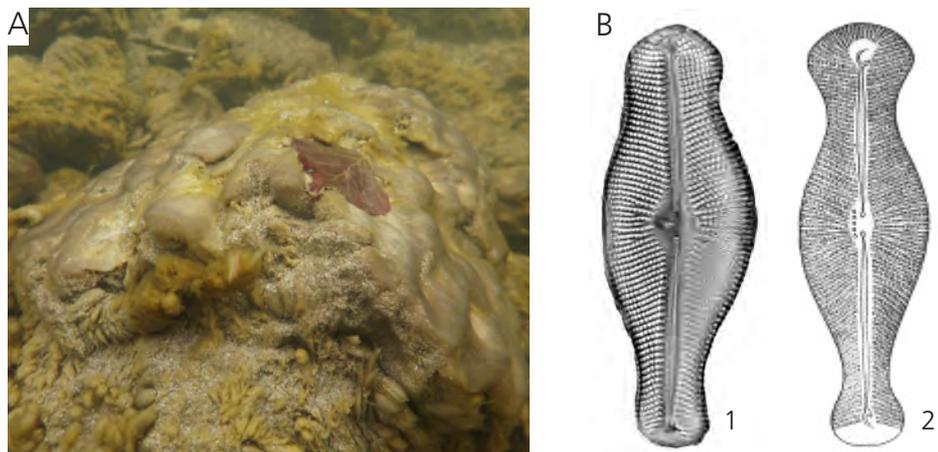
### 5.3 Teratologie

Teratologien sind Missbildungen der Schalenstruktur. Sie können natürlichen Ursprungs sein (z. B. erhöhte UV-Strahlung im Gebirge, Temperaturschock, Siliziummangel, hohe Zelldichte etc), aber auch anthropogen bedingt (häusliches Abwasser, hohe Ammonium- und Nitritkonzentrationen, Schwermetalle, Mikroverunreinigungen, atypisch hoher Salzgehalt, Radioaktivität etc.). Wir gehen davon aus, dass wenn der Anteil an missgebildeten Schalen mehr  $\geq 0.5\%$  der Lebensgemeinschaft (100 % = Anzahl gezählte Schalen, z.B. 500 Schalen) ausmacht, dass dann durchaus anthropogene Faktoren in Frage kommen können (Straub et al. 2014). Das Wissen um die Ursachen der Teratologien ist aber noch gering. Eine Auswertung von 42 Kläranlagen des Kantons Zürich (Nachklärbecken, Kläranlagenauslauf, Aufnahmen im April 1989) hinsichtlich Teratologie, ergab, dass der Anteil sehr gross sein kann. Es wurden Anteile bis 13.2 % festgestellt (Mittelwert

**Abb. 5.5 A: *Didymosphenia geminata* im Feld** (Unterwasseraufnahme des Bewuchses in der Grossen Schliere OW, 12.3.2016)

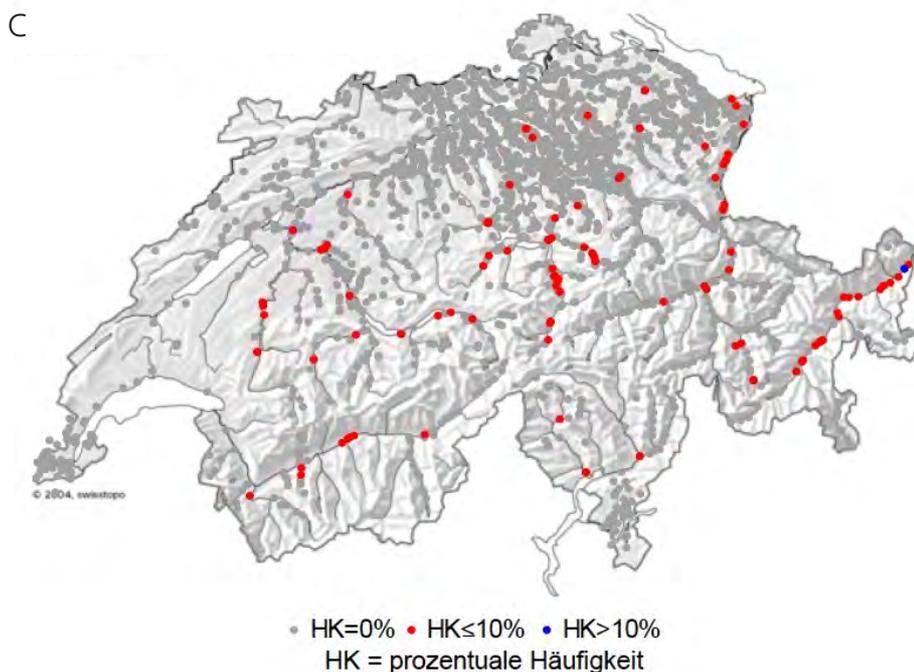
**sowie im Lichtmikroskop (5.5 B).**

- 1: Lichtmikroskopie, Länge ca. 70  $\mu\text{m}$ , Bild AquaPlus AG
- 2: Zeichnung gemäss Meister (1912).



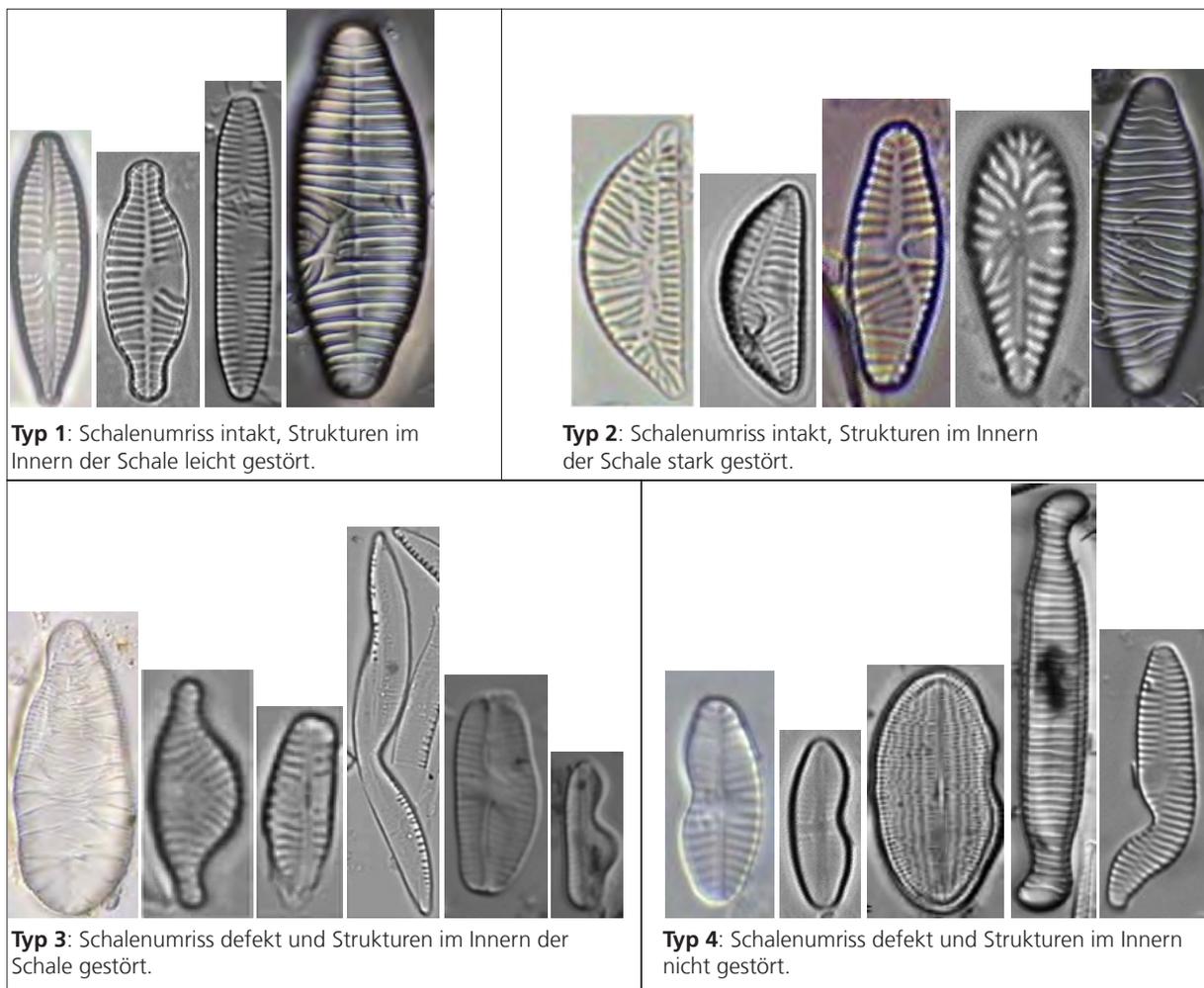
**Abb. 5.5 C: Verbreitung der Art *Didymosphenia geminata* in der Schweiz gemäss Datenbank BIS der AquaPlus AG.**

Gefunden wurde das Taxon bis anhin in 132 von 7'633 Proben.



2.2 %, n = 42)<sup>2</sup>. Von den 42 Proben aus Kläranlagen wiesen nur sechs Proben keine Teratologie oder einen geringen Anteil (< 0.5 %) auf.

Um die Teratologie zu erfassen, wurden vier Typen definiert. Sie sind in **Abbildung 5.6** abgebildet. Die Definition der vier Typen stützt sich auf morphologische Kriterien ab, welche im Lichtmikroskop einigermaßen gut erkennbar sind. Ob diese Typen eine Aussagekraft haben, ist noch nicht eindeutig einschätzbar. Möglicherweise treten die Typen 2 und 3 vermehrt in stark verschmutztem Wasser auf. Die Klassifizierung des Anteiles der Teratologie in fünf Klassen erfolgte aufgrund des erwähnten Datensatzes der 42 Kläranlagen sowie auf eigenen Erfahrungen. Wir unterscheiden die Klassen 'keine' (0 %), 'gering' (0 bis < 0.5 % Anteil Summe der vier Typen), 'mittel' (> 0.5 % bis < 1.0 %), 'viel' ( $\geq 1$  % bis < 5 %) und 'sehr viel' ( $\geq 5$  %).



**Abb. 5.6: Typen von Teratologien (Missbildungen der Schalenstrukturen).**

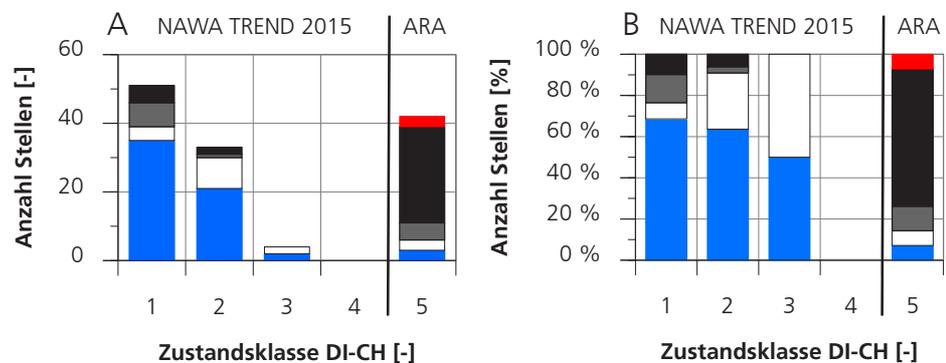
Typen gemäss S.A.M / A.S.E.M. (Workshop Kieselalgen in La Chaux-de-Fonds der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft Mikroflora) und AquaPlus AG & PhycoEco (2014c). Achtung: Die Schalen sind nicht mit gleicher Vergrößerung abgebildet. Die Fotos stammen von AquaPlus AG, Falasco et al. (2009), Rimet & Ector (2006) sowie Rimet et al. (2006).

<sup>2</sup> Eruiert im Rahmen des Workshops 'Kieselalgen 2012 in La Chaux-de-Fonds' der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft Mikroflora S.A.M. / A.S.E.M.

In den NAWA-Proben des Jahres 2015 wiesen 15 Stellen einen Anteil von  $\geq 0.5\%$  rH auf. Der Maximalwert über alle vier Typen hinweg betrug im Jahr 2015 3% (Klasse 'viel'). Gemäss **Abbildung 5.7** nimmt der Anteil an Teratologie in Abhängigkeit des DI-CH-Wertes (**Abbildung 5.7 C**) respektive der Zustandsklassen in der Tendenz zu (**Abbildungen 5.7 A, B**). Es gilt aber zu bemerken, dass nicht zwingend bei erhöhtem DI-CH-Wert der Anteil an Teratologie hoch sein muss. Es gibt auch im Datensatz der 42 Kläranlagen (DI-CH-Wert  $> 6.5$ , Zustandsklasse 5 'schlecht') Proben mit keiner oder geringer Teratologie. Auch in **Abbildungen 5.7 C** illustrieren die verhältnismässig hohen Anteile an Teratologie ( $> 1\%$  Anteil) bei gleichzeitig tiefem DI-CH-Wert, dass Teratologie bei guter Wasserqualität erhöht sein kann.

**Legende Teratologieklassen**

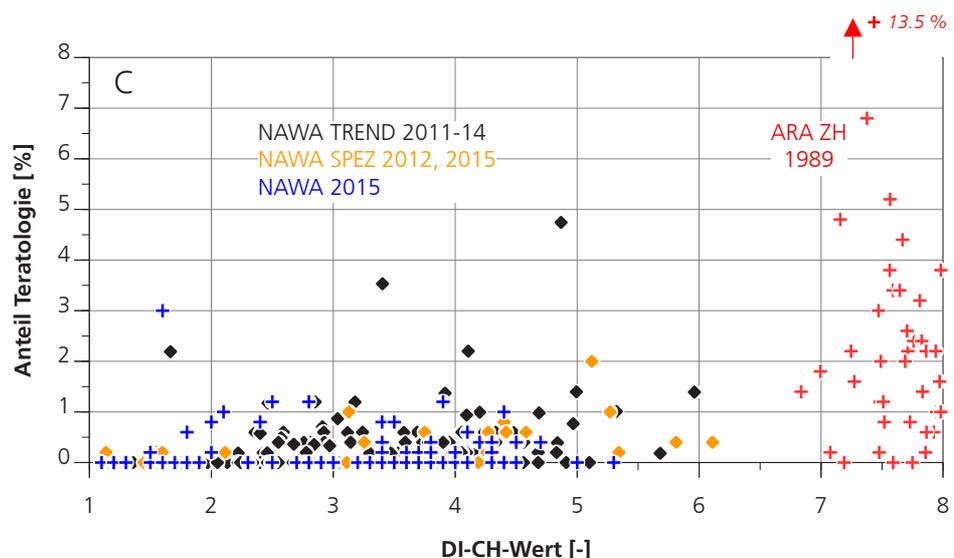
Stufe	Anteil	Klasse
1	0 %	keine
2	$< 0.5\%$	wenig
3	$\geq 0.5$ bis $< 1\%$	mittel
4	$\geq 1$ bis $< 5\%$	viel
5	$\geq 5\%$	sehr viel



**Abb. 5.7 A und B: Auftreten von Teratologie pro Zustandsklasse des DI-CH-Wertes basierend auf den Untersuchungen des Jahres 2015.**

**A.** Anzahl Stellen pro Teratologiekategorie und Zustandsklasse DI-CH, **B.** Prozentualer Anteil der Stellen pro Teratologiekategorie und Zustandsklasse DI-CH.

Dargestellt sind die beiden Datensätze NAWA TREND 2015 (88 Proben, Zustandsklassen 1 bis 4) sowie ARA Zürich 1989 (42 Proben, alle Zustandsklasse 5).



**Abb. 5.7 C: Anteil der Teratologie in Abhängigkeit des DI-CH-Wertes.**

Dargestellt sind die Datensätze NAWA TREND 2011-14 (157 Proben), NAWA SPEZ 2012 (15 Proben) und NAWA SPEZ 2015 (22 Proben), NAWA 2015 (88 Proben) sowie ARA Zürich 1989 (42 Proben).

Inwieweit die Erfassung der Teratologie abhängig von der zählenden Person ist, ist aufgrund von Ringtests im Sommer 2013 anlässlich des Workshops Kieselalgen in La Chaux-de-Fonds und anlässlich von CAS Phytobenthos Modularbeiten eruiert worden. Die Tests zeigten, dass die Spannweite gross sein kann und auch abhängig ist von der Erfahrung des Zählers oder der Zählerin. In den NAWA-Proben des Jahres 2015 verteilen sich die 30 Stellen mit Teratologie auf alle drei Institutionen, welche Zählungen durchgeführt haben. Bei den Institutionen 2 und 3, welche die meisten Zählungen durchgeführt haben, wies die Institution 2 insgesamt 14 Proben auf mit Teratologie (= 27 % der Zählungen der Institution 2) und die Institution 3 insgesamt 15 Proben mit Teratologie (= 41 % der Zählungen der Institution 3). Von den 7 Proben mit Anteilen  $\geq 1$  % Teratologie stammen deren fünf von der Institution 3 und deren zwei von der Institution 2.

Über alle vier Teratologietypen hinweg beobachteten wir im Rahmen der 88 NAWA-Proben 98 Schalen mit Teratologie. Das sind 0.2 % der über die 88 Proben hinweg insgesamt gezählten 44'000 Schalen (Periode 2011-2014: 0.4 %). Die Teratologien betrafen total 20 Taxa (2011-2014: 24 Taxa), wobei gehäuft Teratologien bei den Gattungen *Achnanthydium* (4 Taxa), *Diatoma* (3 Taxa) und *Fragilaria* (3 Taxa) auftraten. Am häufigsten Missbildungen wiesen die Taxa *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae*, *Achnanthydium delmontii*, *A. minutissimum* var.

#### Legende Teratologieklassen

Stufe	Anteil	Klasse
1	0 %	keine
2	< 0.5 %	wenig
3	$\geq 0.5$ bis < 1 %	mittel
4	$\geq 1$ bis < 5 %	viel
5	$\geq 5$ %	sehr viel



**Abb. 5.8: Geografische Verteilung des Vorkommens der Teratologie (missbildete Schalen).**

Dargestellt ist der Datensatz NAWA TREND 2015. Die hellbraunen Linien zeigen die Grenzen der biogeografischen Regionen.

*minutissimum*, *A. pyrenaicum* und *Diatoma vulgare* auf. Diese fünf Taxa umfassten 74 % aller beobachteten Missbildungen.

Die Verteilung dieser 98 Schalen mit Teratologie auf die vier Teratologietypen zeigt, dass der Typ 4 (60 Schalen, 61 % aller Schalen mit Teratologie) deutlich häufiger vorkam wie die anderen drei Typen (Typ 1: 15 Schalen, Typ 2: 16 Schalen, Typ 3: 7 Schalen). Ein Grossteil der Teratologien wies demnach einen defekten Schalenumriss auf (Typ 4).

In **Abbildung 5.8** ist die geografische Verteilung des Vorkommens von Teratologien dargestellt. Es ist ersichtlich, dass im Mittelland und im Jura die Teratologien häufiger auftraten wie in den anderen Regionen. Im Bereich der Alpennordflanke sind drei Stellen mit einem Anteil von > 0.5 % festgestellt worden. Es sind dies die Muota bei Ingenbohl (ID 100), Engstlige ob Frutigen (ID 56) und die Sarine bei Broc (ID 107). In den westlichen Zentralalpen (vier Stellen) und in den östlichen Zentralalpen (zwei Stellen) sowie auf der Alpensüdflanke (drei Stellen) sind keine erhöhte Anteile an Missbildungen aufgetreten. Da die Zahl der untersuchten Stellen gering ist und es sich alles um eher grössere und alpine Fließgewässer handelt und kleinere Fließgewässer fehlen, verzichten wir auf weitere Interpretationen.

Mehr als 2 % Anteil an Teratologie wurde nur an der Stelle Areuse bei Boudry (ID 85) festgestellt.

#### **5.4 Biologisch indizierte Wasserqualität (Indexwert DI-CH)**

Die biologisch indizierte Wasserqualität wird mit dem Indexwert DI-CH ermittelt. Der Index reicht von 1 bis 8 und wurde an chemischen Parametern geeicht (BAFU 2007a). Die Eichung erfolgte mit epilithischen (Steinaufwuchs) Lebensgemeinschaften der fließenden Welle, wobei kopf- bis faustgrosse Steine verwendet wurden. Die vorliegenden Untersuchungen wurden allesamt im Sinne des BAFU Moduls Kieselalgen durchgeführt. Der aufgrund der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften ermittelte DI-CH-Wert hängt daher in erster Linie mit Parametern und Faktoren zusammen, welche die klassische chemische Wasserqualität definieren. Es sind dies zum Beispiel der Abfluss, die Landnutzungen, der Abwasseranteil, die Anzahl Grossvieheinheiten aber auch die Grösse des Einzugsgebietes oder die biogeographischen Regionen. Morphologische Faktoren (Ökomorphologie) sind mit dem gewählten Vorgehen weniger bestimmend, da bewusst die epilithischen Lebensgemeinschaften im dauerbenetzten Bereich der fließenden Welle untersucht werden und nicht andere Substrate (Schlamm, Sand, Feinkies, Holz, Moose, Wasserpflanzen etc.) oder Stellen im amphibischen Uferbereich. Einflussreich können jedoch Hochwasserereignisse sein mit Geschiebetrieb. Sie bewirken, dass sich die Lebensgemeinschaft anschliessend neu etablieren muss. In dieser Phase dominieren Erstbesiedler wie Arten der Gattung *Achnantheidium* oder *Amphora*. Es sind dies vor allem kleine Formen mit vermutlich schneller Teilungsrate.

Im Folgenden werden gezielte Auswertungen besprochen. Sie erlauben die Resultate im Überblick und in der Gesamtheit darzustellen. Auf die Diskussion der einzelnen Stellen wird bewusst verzichtet. Wir verweisen dazu auf die Kurzkommen-

tare (siehe elektronische Beilagen zu diesem Bericht). In **Anhang B1** befindet sich jedoch die Liste aller Messstellen sowie die wichtigsten Resultate des Untersuchungsjahres 2015.

Um die jährliche Variabilität des Indexwertes DI-CH über Jahre hinweg zu kennen, wurden 20 Stellen in den Jahren 2011 bis und mit 2015 je einmal untersucht. In **Tabelle 5.4** sind die DI-CH-Werte für diese 20 Stellen aufgeführt und in **Abbildung 5.9** die Artensummenkurven. In 13 der 20 Stellen indizierten die Kieselalgen an allen fünf Untersuchungsjahren dieselbe Zustandsklasse (10 Stellen 'sehr

**Tab. 5.4: Biologisch indizierte Wasserqualität der 20 Stellen, welche jährlich in den Jahren 2011 bis und mit 2015 untersucht wurden (dargestellt am Indexwert DI-CH).**

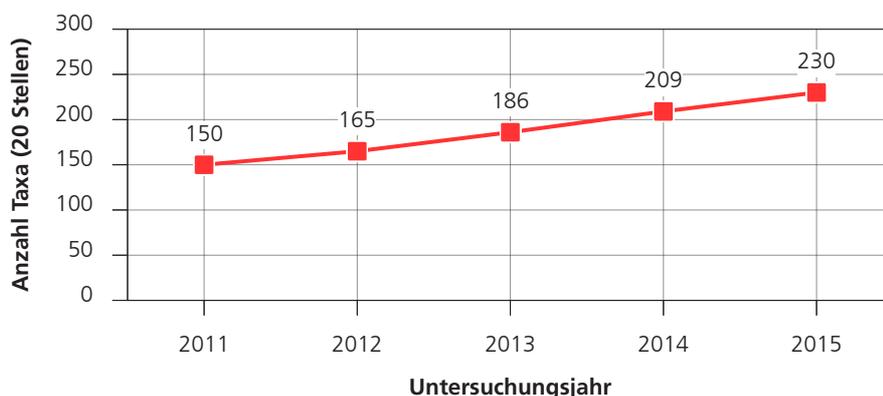
**Legende DI-CH und Zustandsklasse**

1 bis < 3.5 sehr gut    ≥3.5 bis <4.5 gut    ≥4.5 bis <5.5 mässig    ≥5.5 bis <6.5 unbefriedigend    ≥6.5 bis 8 schlecht

Gewässer, Ort	ID	Kanton	DI-CH-Wert					rot = schlechtester Wert blau = bester Wert
			2011	2012	2013	2014	2015	
Drance, Martigny Bourg	18	VS	3.1	2.1	1.2	1.6	1.1	
Steinach, Mattenhof	23	SG	6.0	5.1	4.9	5.3	3.9	
Necker, Lütisburg - Letzi	27	SG	2.7	3.7	3.1	2.2	4.1	
Bünz, Möriken	34	AG	3.4	4.1	4.1	4.2	3.9	
Furtbach, nach ARA Otelfingen	49	ZH	4.3	3.8	4.4	4.4	4.4	
Engstlige, Chriesbaum	56	BE	2.5	1.8	1.9	1.4	1.8	
Chise, ob. Oberdiessbach	58	BE	3.6	4.1	4.1	3.2	4.4	
Sense, Thörishaus	60	BE	2.5	4.1	2.8	2.7	3.4	
Töss, Rämismühle (Zell)	66	ZH	2.0	2.8	2.5	1.7	1.5	
Murg, Frauenfeld	70	TG	3.4	4.0	3.7	4.1	3.9	
Salmsacher Aach, Salmsach	73	TG	4.2	4.3	4.4	4.2	4.1	
Lorze, Letzi	76	ZG	2.9	2.9	2.7	2.6	2.1	
Areuse, Boudry	85	NE	2.7	3.1	3.0	1.6	1.6	
Doubs, Ocourt-La Motte	88	JU	3.7	4.0	4.2	3.6	3.2	
Muota, Ingenbohl	100	SZ	2.3	2.3	2.2	2.0	2.4	
Sarine, Broc	107	FR	2.1	1.8	1.7	1.6	1.8	
Sitter, Appenzell Sittertal	115	AI	2.4	2.5	1.7	2.1	2.3	
Talent, Chavornay	127	VD	4.9	5.7	4.7	4.7	5.3	
Aubonne, Allaman	130	VD	3.0	2.6	3.2	2.2	1.2	
Simme, Laterbach	133	BE	1.9	1.5	1.3	1.3	1.2	

**Abb. 5.9: Artensummenkurven für die 20 jährlich untersuchten Stellen.**

Dargestellt wird die Taxazahl der 20 Stellen pro Untersuchungsjahr. Aufgrund der linearen Zunahme kann hergeleitet werden, dass das Arteninventar nach 5 Jahren noch nicht vollständig erfasst wurde.



gut', 3 Stellen 'gut'). Die DI-CH-Werte schwankten bei diesen 13 Stellen um 0.3 bis 2.0 Einheiten. Bei den anderen 7 Stellen wurden über die fünf Jahre hinweg zwei oder drei verschiedene Zustandsklassen indiziert. Bei diesen 7 Stellen schwankte der DI-CH-Wert ähnlich, nämlich von 0.6 bis 2.1 Einheiten.

Inwieweit eine allfällige Änderung im DI-CH-Wert eine Entwicklung oder Reaktion auf veränderte Umweltbedingungen (Wasserqualität, Hochwasser etc.) darstellt oder bloss eine methodische Variabilität kann nicht abschliessend beurteilt werden. Mitentscheidend ist dabei das Wissen um den methodischen Fehler, welcher begangen wird; sei es im Feld (Probenahme, Variabilität von Stein zu Stein, von Tag zu Tag etc.), im Labor (Präparation, Qualität der Präparate, Verteilung der Schalen auf dem Deckglas etc.) oder bei den Zählungen (Anzahl gezählter Schalen, Auswahl der zu zählenden Streifen, Bestimmungen etc.). Aufgrund von Ringversuchen und den Doppelbeprobungen sind Standardabweichungen von  $\pm 0.1$  bis  $\pm 0.5$  Einheiten bekannt. So wurde z. B. die NAWA-Stelle Glatt bei Rheinsfelden ZH (ID 43) anlässlich des Ringversuches 2013 durch 9 DiatomologInnen ausgezählt<sup>3</sup>. Der DI-CH-Wert schwankte von 3.6 bis 4.3 und die Standardabweichung betrug  $\pm 0.21$ . Aufgrund von Mehrfachuntersuchungen derselben Stelle durch verschiedene Personen zeigte sich, dass wenn anschliessend die Präparation einheitlich und die Zählungen durch dieselbe Person durchgeführt wird, dass die Differenz des minimalen zum maximalen DI-CH-Wertes um 0.5 Einheiten und die Standardabweichung rund  $\pm 0.2$  Einheiten beträgt (Gürbe, NAWA-Workshop Frühjahr 2011, 8 Teilproben, Standardabweichung  $\pm 0.17$ ; Rot, NAWA-Workshop Herbst 2011, 8 Teilproben im Fliessverlauf, Standardabweichung  $\pm 0.28$ ). Demzufolge dürften Änderungen um mehr als 0.5 Einheiten oft nicht methodisch bedingte Änderungen darstellen.

Ein Trend zur Verbesserung oder Verschlechterung kann demzufolge eindeutig oft erst nach Jahren erkannt werden. Ändert der DI-CH-Wert jedoch stetig in die gleiche Richtung oder einmalig um mehr als rund 0.5 Einheiten, kann von einer effektiven Änderung im Gewässer ausgegangen werden. Bei den 20 Stellen wiesen über die fünf Jahre hinweg einen Trend zur stetigen Verbesserung von mehr als 0.5 Einheiten die Stellen Drance bei Martigny Bourg VS (ID 18), Steinach beim Mattenhof SG (ID 23), Areuse bei Boudry NE (ID 85), Simme bei Laterbach BE (ID 133) und allenfalls die Stellen Töss bei Rämismühle ZH (ID 66), Lorze bei Letzi ZG (ID 76) und Aubonne bei Allaman VD (ID 130) auf.

Eine stetige Verschlechterung von mehr als 0.5 Einheiten über die fünf Jahre hinweg wurde an keiner Stelle festgestellt. Alle anderen Stellen wiesen über die Jahre hinweg kleinere gleichgerichtete oder entgegengesetzte Änderungen auf. Nicht atypisch ist aber auch, dass der DI-CH-Wert von Jahr zu Jahr um mehr als 0.5 Einheiten ändert, aber zum Teil in entgegengesetzte Richtungen.

Mit der jährlichen Beprobung wird die saisonale Variabilität nicht erfasst. Die Saisonalität spielt aber eine Rolle. So ist basierend auf Untersuchungen derselben Stelle im Frühjahr und im Herbst bekannt, dass im Herbst in rund 72 % von 880 zur Verfügung gestandenen Vergleichen (Paare derselben Stelle) der DI-CH-Wert einen schlechteren Zustand aufwies als im Frühjahr. Diese Aussage gilt für Stellen < 1'000 m ü. M. und ist unabhängig von der indizierten Wasserqualität (DI-CH-Werte).

---

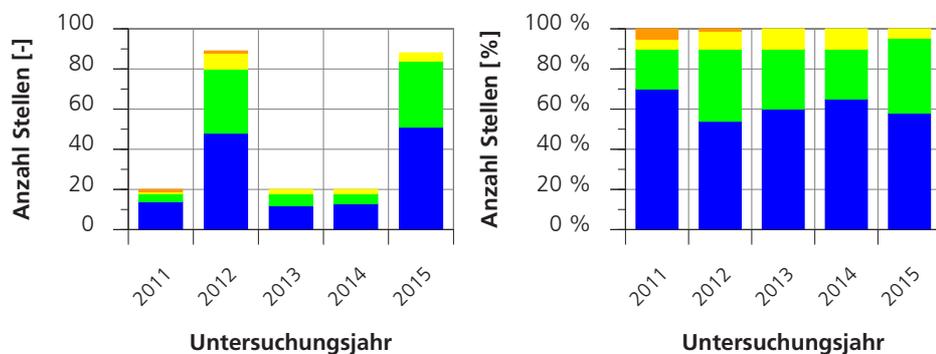
<sup>3</sup> Eruiert im Rahmen des Workshops 'Kieselalgen 2013 in La Chaux-de-Fonds' der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft Mikroflora S.A.M. / A.S.E.M.

Die Auswertung der Artensummenkurven (**Abbildung 5.9**) illustriert, dass das Arteninventar der 20 Stellen noch nicht vollumfänglich erfasst wurde. Dies hat auch methodische Gründe (Beprobung von Steinsubstrat, Zählung von 500 Schalen), wurde doch die Methode zum Eruiieren des DI-CH-Wertes entwickelt und nicht zum Erfassen der vollständigen Artenvielfalt. Würden pro Jahr neben Stein weitere Substrate beprobt und jeweils mehr als 500 Schalen gezählt, dann würde die Artensummenkurve nicht wie jetzt noch linear ansteigen, sondern sich vermutlich abflachen.

In **Abbildung 5.10** sind die Häufigkeit der Zustandsklassen der DI-CH-Werte pro Jahr dargestellt. Die Verteilung blieb in etwa über die fünf Jahre hinweg gleich, wobei die Zustandsklasse 4 (unbefriedigend) nur in den Jahren 2011 und 2012 auftrat. Der jährliche Anteil der Zustandsklassen  $\geq 3$  (mässig, unbefriedigend, schlecht) pro Anzahl untersuchter Stellen betrug immer  $\leq 10\%$ . Über alle Stellen und Jahre hinweg genügten 8 % der Stellen nicht den Anforderungen gemäss GSchV Anhang 1 (ökologische Ziele).

In **Abbildung 5.11** werden die beiden Untersuchungsjahre 2012 und 2015 auf Basis der DI-CH-Werte verglichen. Der Vergleich zeigt, dass bei 18 der 88 Stellen (= 20 % der Stellen) der DI-CH-Wert sich stark verändert hat. Dabei fiel der DI-CH-Wert bei 16 Stellen deutlich besser und nur bei 2 Stellen schlechter aus. Die Stellen mit grosser Veränderung sind in **Abbildung 5.11 A** dargestellt. Die stellspezifischen DI-CH-Werte sind für die Jahre 2012 und 2015 in **Anhang B1** aufgeführt. Insgesamt hat sich der Median leicht und das 25 % Perzentil des Jahres 2015 im Vergleich zum Jahr 2012 deutlich verbessert (**Abbildung 5.11 B**). Inwieweit diese Verbesserung des Zustandes ein Trend darstellt oder Zufall ist, werden die folgenden Untersuchungen zeigen. Ein wichtiger Grund für die Verbesserung des Zustandes liefert möglicherweise das Taxon *Achnanthydium lineare* sensu lato. Dieses Taxon ist sehr klein und indiziert eine sehr gute Wasserqualität. *A. lineare* trat im Jahr 2012 an 14 Stellen (rH zwischen 0.2 und 9.2 %, nie als Hauptart) und im Jahr 2015 an 42 Stellen auf (rH zwischen 0.2 und 39.2 %, 11 mal als Hauptart). An allen Stellen mit *A. lineare* war der Anteil im Jahr 2015 bis auf zwei Ausnahmen (Inn, S-chanf GR, ID 91 und Urtenen, bei Schalunen BE, ID

Legende DI-CH-Wert	
Stufe	Zustandsklasse
1	1 sehr gut
2	2 gut
3	3 mässig
4	4 unbefriedigend
5	5 schlecht

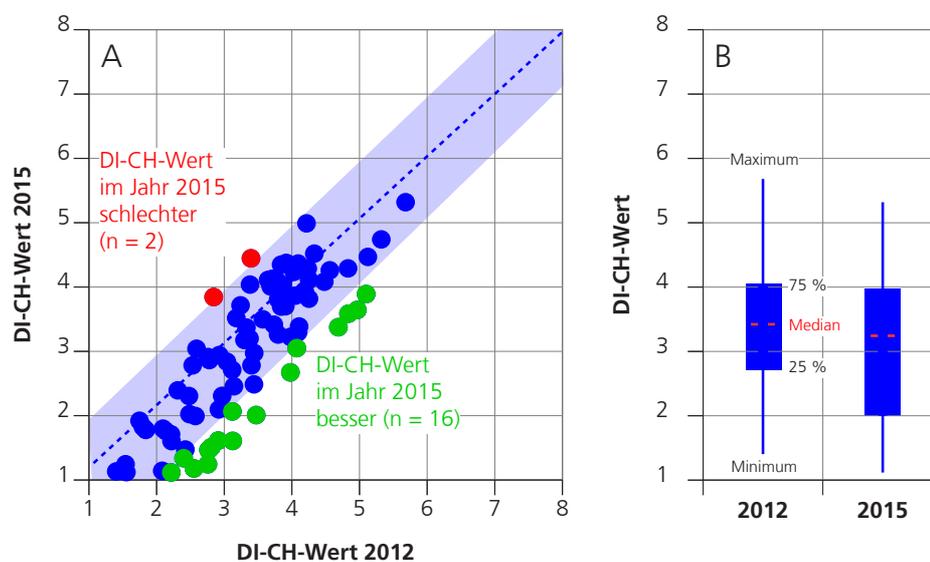


**Abb. 5.10: Verteilung der Kieselalgen-Zustandsklassen pro Untersuchungsjahr.**

Links: Absolute Anzahl Stellen, rechts: prozentuale Verteilung. Anzahl Stellen pro Jahr: 2011, 2013, 2014: je 20 Stellen, 2012: 89 Stellen, 2015: 88 Stellen.

62) grösser als im Jahr 2012. Das Taxon trat im Jahr 2015 vor allem auch vermehrt in tieferen Lagen auf (2012: 9 Stellen < 500 m ü. M., 2015: 26 Stellen < 500 m ü. M.), was Auswirkungen auf den DI-CH-Wert hat. Möglicherweise wurden dem Taxon zu tiefe D- und G-Werte zugewiesen, floss doch das Taxon bei der Zweiteichung noch nicht ein. Eine gezielte Nacheichung dieses Taxon scheint somit angebracht.

In den **Abbildungen 5.12** und **5.13** befinden sich die Darstellungen zur Verteilung der Zustandsklassen über die biogeografischen Regionen hinweg. **Abbildung 5.12** zeigt die Anteile pro biogeografischer Region für die Jahre 2012 und



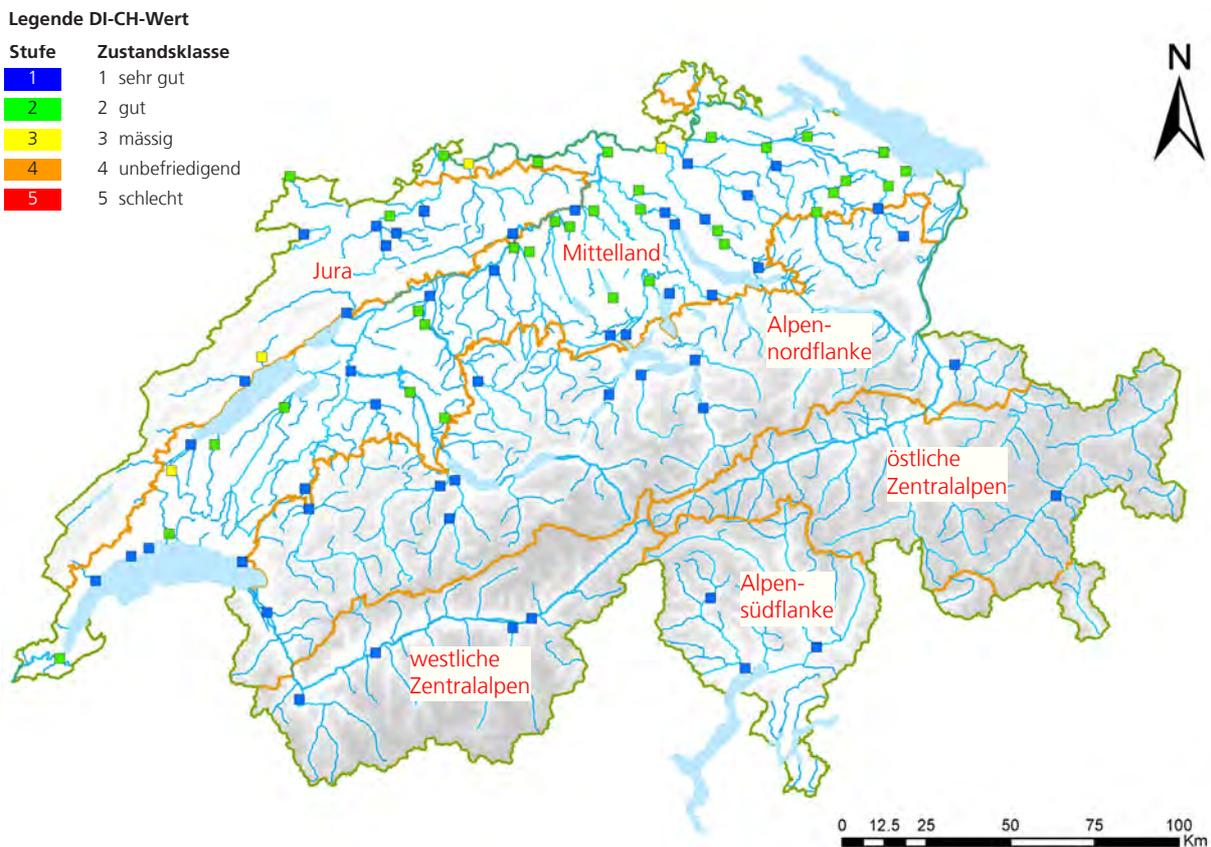
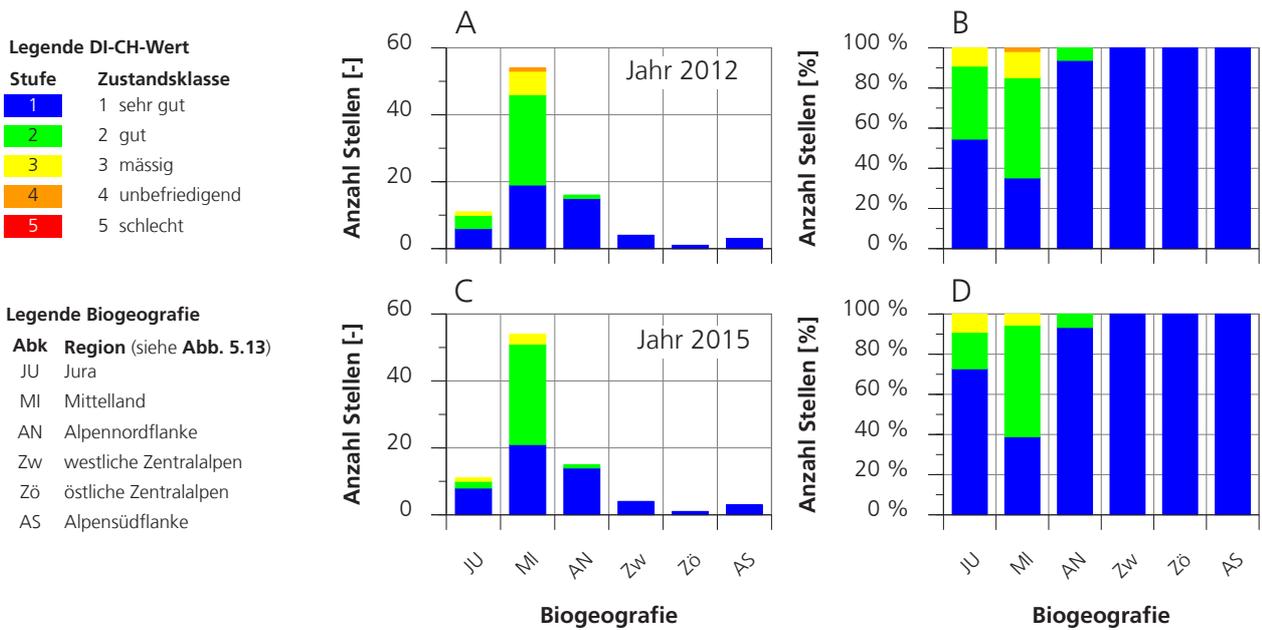
Gewässer	ID	DI-CH 2012	DI-CH 2015	Status	Bemerkung
Steinach	23	5.1	3.9	besser	Ableitung Abwasser
Venoge	20	5.0	3.6	besser	
Lorze	75	4.8	3.6	besser	
Boiron de Morges	129	4.7	3.4	besser	Reduktion Pestizideinsatz
La Birse	134	4.1	3.1	besser	
Langete	63	4.0	2.7	besser	starke Zunahme A. <i>lineare</i>
Veveyse	131	3.5	2.0	besser	starke Zunahme A. <i>lineare</i>
Areuse	85	3.1	1.6	besser	starke Zunahme A. <i>lineare</i>
Promenthouse	128	3.1	2.1	besser	starke Zunahme A. <i>lineare</i>
Kander	92	2.9	1.6	besser	starke Zunahme A. <i>lineare</i>
Rhône	15	2.8	1.5	besser	starke Zunahme A. <i>lineare</i>
Töss	66	2.8	1.5	besser	
Moesa	99	2.8	1.2	besser	
Aubonne	130	2.6	1.2	besser	starke Zunahme A. <i>lineare</i>
Rhône	17	2.4	1.3	besser	starke Zunahme A. <i>lineare</i>
Reuss	101	2.2	1.1	besser	
Arve	86	2.8	3.8	schlechter	
Urtenen	62	3.4	4.4	schlechter	

**Abb. 5.11: Vergleich der DI-CH-Werte der beiden Untersuchungsjahre 2012 und 2015.**

**A:** Gegenüberstellung der DI-CH-Werte beider Jahre mit Angabe der grössten Abweichungen (rote und grüne Punkte). DI-CH-Wert der Jahre 2012 und 2015 siehe **Anhang B1**.

**B:** Statistische Kennwerte zur Verteilung der DI-CH-Werte pro Untersuchungsjahr.

**Tabelle unten:** Auflistung der Stellen mit grosser Abweichung im Vergleich zum Untersuchungsjahr 2012.



2015. Die Verteilung der Zustandsklassen war im Jahr 2015 in etwa gleich wie im Jahr 2012, bis auf das Wegfallen der Zustandsklasse 4 (unbefriedigend, Talent bei Chavornay VD, ID 127) im Mittelland. In den vier alpin geprägten Regionen trat bis auf eine Ausnahme nur die Zustandsklasse 1 (sehr gut) auf. Im alpinen Raum sind die Bevölkerungsdichte und die Intensität der Landwirtschaft eher gering. Zudem handelt es sich bei den untersuchten Gewässern um eher grössere Gewässer, so dass die Verdünnung allfälliger stofflicher Einträge gross ist und der Einfluss auf die durch die chemische Wasserqualität geprägten Kieselalgen-Lebensgemeinschaften gering.

Die geografische Verteilung der Zustandsklassen ist in **Abbildung 5.13** dargestellt. Sie illustriert sehr eindrücklich, dass die problematischen Stellen sich auf der Ost-West-Achse der Schweiz befinden, also im Bogen vom Genfersee bis zum Bodensee. Im Mittelland wie auch im Jura indizierten aber rund 90 % aller Proben die Zustandsklasse 1 'sehr gut und 2 'gut'.

Mit dem NAWA-Messprogramm sollen die gewässerökologischen Zustände erhoben und über die Zeit geprüft werden, ob sich ein Trend hin zur Verbesserung oder Verschlechterung der Zustände ergibt. Es gilt damit auch mit dem Modul Kieselalgen Trends z. B. im DI-CH-Wert oder anderen Kennwerten (Teratologie, Anteil und Verbreitung gewisser Indikatorarten) festzustellen als allfällige Reaktionen auf z. B. Massnahmen im Einzugsgebiet (Sanierung von Kläranlagen, Extensivierung der Landwirtschaft etc.), schweizweiten Änderungen auf z. B. Niveau der Gesetzgebung (Gewässerschutz, Landwirtschaft, Stoffverordnungen etc.) oder regionalen oder globalen Änderungen im Bereich der Umwelt (Niederschlagsverhältnisse, Temperaturen, Klimawandel etc.). Ein solcher Trend kann am Beispiel der acht NAWA-Stellen des Kantons Aargau gezeigt werden. In **Tabelle 5.5** sind

**Tab. 5.5: Entwicklung der Indexwerte DI-CH an den acht NAWA-Stellen des Kantons Aargau.**

Bei den DI-CH-Werten handelt es sich um gerundete Werte. Datenquelle der Jahre 1996 bis 2009: siehe Website [www.ag.ch/umwelt](http://www.ag.ch/umwelt) (Umweltinformationen > Wasser > Oberflächengewässer > Biologische Indikatoren für die Wasserqualität > Kieselalgen) und AquaPlus (2010). Die Veränderung des DI-CH-Wertes über die Jahre hinweg befindet sich in der hintersten Spalte (= DI-CH-Einheiten auf Basis der genauen DI-CH-Werten).

**Legende DI-CH und Zustandsklasse**



Gewässer, Ort	ID	Kanton	DI-CH-Wert der Jahre 1996 bis 2015																	Veränderung (gerundet)			
			1996	1997	1998	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2008	2009	2010	2011	2012	2012	2013		2014	2015	
Saisonalität (S = Sommer, F = Frühling)			S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	F	F	F	F	F	F	
Pfaffnern, Rothrist	32	AG		5.0		3.8		3.3		4.2		3.4		4.1				3.9				4.0	0.9
Wyna, Suhr	33	AG	6.0		4.8		4.3		4.6		4.3		3.8				3.7					4.1	1.8
Bünz, Möriken	34	AG	6.1		5.9		5.0		3.4		3.9			4.8			3.4	4.1	4.6	4.1	4.2	3.9	2.2
Surb, Döttingen	35	AG	5.2		4.4		4.6		3.9		4.5		4.1				4.3					3.8	1.4
Sissle, Eiken	36	AG	5.2		4.3		4.0		4.4			3.4		3.8			3.8					3.7	1.5
Suhre, Suhr	39	AG		5.0		5.2		4.4		4.9		4.9		4.1			4.2					3.9	1.1
Aabach, Niederlenz	79	AG		4.9		4.9		5.1		4.9		4.7	4.5				3.8					3.3	1.6
Wigger, Zofingen	111	AG	5.4		5.0		4.6		5.3			3.9		3.7			4.2					3.9	1.5
Mittelwert pro Jahr			5.6	5.0	4.9	4.6	4.5	4.3	4.3	4.6	4.2	4.1	4.1	4.1			4.0					3.8	1.7

die DI-CH-Werte für die Periode 1996 bis und mit 2015 für jede der acht NAWA-Stellen aufgelistet. Jede Stelle wurde dabei seit 1996 achtmal (Bünz bei Möriken zwölfmal) untersucht, wobei mehrheitlich ein Zweijahresrhythmus eingehalten wurde. Die Probenahmen fanden in den Jahren 1996 bis 2010 jeweils im Sommer (vorwiegend August) statt und ab 2011 im Frühjahr (März). Es ist ersichtlich, dass einerseits an jeder Messstelle sich der Zustand deutlich verbessert hat und auch, dass der jährliche Mittelwert von einem DI-CH-Wert von 5.6 auf 3.8 sank. Zudem wiesen bis auf die Bünz (ID 34) alle Stellen ab dem Jahr 2008 einen DI-CH-Wert von  $< 4.5$  (= Zustandsklasse 2 oder besser) auf. Damit zeigt sich klar, dass die zum Schutz der Gewässer getätigten Massnahmen (wie z. B. die Sanierung von Abwasserreinigungsanlagen) positive Auswirkungen auf die Kieselalgen und damit auf einen Teil der Gewässerbiologie hatte. Die Erhebungen im Kanton Aargau verdeutlichen sehr schön, dass die Entwicklung von Lebensgemeinschaften (Trendbiologie) zur Erkennung eines Trends im Normalfall Langzeituntersuchungen benötigen. Kurzfristige Abweichungen entgegen dem Langzeittrend sind in der Trendbiologie bekannte Phänomene. Abweichungen vom Trend können ausgelöst werden durch Naturereignisse (z. B. Hochwasser, Geschiebetrieb, langandauernde Hitze- oder Kälteperiode etc.) aber auch durch biologische Prozesse (z. B. erhöhter Frassdruck, Parasitenbefall, Krankheiten etc.).

Gemäss **Abbildung 5.14** sind grobe Zusammenhänge mit Kennwerten erkennbar, welche mit der Grösse des Einzugsgebietes zusammenhängen. So wiesen Stellen mit einer Einzugsgebietsfläche  $> 500 \text{ km}^2$  kaum DI-CH-Werte  $> 4.5$  auf. Ähnlich verhielt es sich mit den Abflusskennwerten  $Q_{347}$  (Niederwasser) und MQ (mittlerer jährlicher Abfluss). Sie waren einerseits abhängig von der Grösse der Einzugsgebietsfläche und andererseits ein Mass für die Verdünnung allfälliger Stoffbelastungen. Generell ist aus **Abbildung 5.14** ersichtlich, dass je kleiner das Einzugsgebiet ist und je kleiner die Abflusskennwerte sind, umso höher war der DI-CH-Wert. Diese Aussage gilt aber nicht für die ganze Schweiz. Sie gilt vermutlich vor allem für die biogeografische Region Mittelland. In den voralpinen und alpinen Einzugsgebieten treten erfahrungsgemäss auch bei kleinen Einzugsgebieten (mit FLOZ 1 und 2) die Zustandsklassen 1 und 2 auf. Im Normalfall traten aber DI-CH-Werte von  $> 4.5$  nur auf, sofern das  $Q_{347} < 1 \text{ m}^3/\text{s}$  (selten  $< 5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) und der MQ  $< 5 \text{ m}^3/\text{s}$  (selten  $< 10 \text{ m}^3/\text{s}$ ) war. Nehmen die Abflusskennwerte höhere Werte ein, handelt es sich um grössere Einzugsgebiete mit gemischter Landnutzung, in welcher auch der unproduktive Anteil erhöht ist. Dann ist die Wahrscheinlichkeit auf schlechte DI-CH-Werte von  $> 4.5$  sehr klein.

In **Abbildung 5.14** sind die DI-CH-Werte auch in Abhängigkeit der Anzahl Grossvieheinheiten und des Abwasseranteiles am Niederwasser  $Q_{347}$  dargestellt. Grundsätzlich kann aus den beiden Darstellungen geschlossen werden, dass je höher die Anzahl Grossvieheinheiten oder je höher der Abwasseranteil war, desto höher war der DI-CH-Wert. Abwasseranteile von  $> 20 \%$  führten immer zu DI-CH-Werten von mindestens 3.0 oder schlechter. Gleiches gilt für die Anzahl Grossvieheinheiten. Ab 100 Tieren war der DI-CH 3.0 oder schlechter. Erhöhte DI-CH-Werte können aber bereits bei tieferem Abwasseranteil oder bei weniger Grossvieheinheiten auftreten. Dann sind andere Faktoren, wie die Landnutzung (**Abbildung 5.15**) und Faktorenkombinationen davon mitentscheidend. In **Abbildung 5.15** sind wichtige Landnutzungen im Einzugsgebiet der untersuchten Stellen in Kombination mit dem DI-CH-Wert grafisch dargestellt. Auch hier gilt die

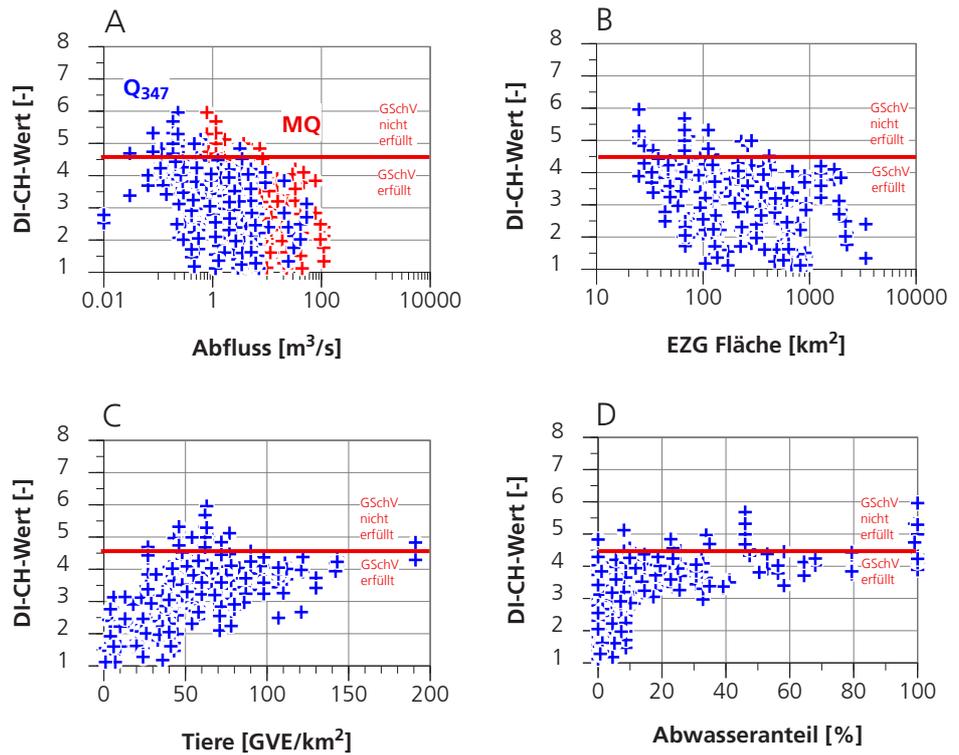


Abb. 5.14: DI-CH-Werte in Abhängigkeit von (A) Abfluss-Kennwerten (Niederwasser  $Q_{347}$ , mittlerer jährlicher Abfluss MQ), (B) der Fläche des Einzugsgebietes (EZG), (C) der Anzahl Tiere (Grossvieheinheiten (GVR) und (D) des Abwasseranteiles am Niederwasser  $Q_{347}$ . Dargestellt sind der Datensatz NAWA TREND 2011-15 (245 Proben).

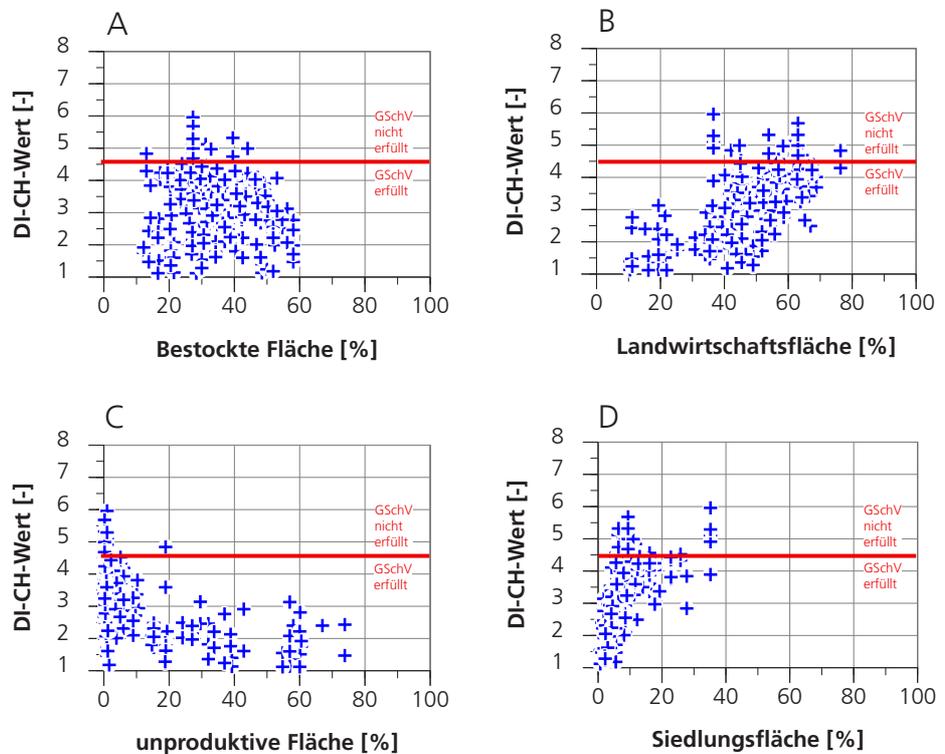


Abb. 5.15: DI-CH-Werte in Abhängigkeit von verschiedenen Landnutzungen (A - D). Dargestellt sind der Datensatz NAWA TREND 2011-15 (245 Proben).

grobe Aussage, dass je höher der Anteil an Landwirtschaftsfläche oder der Siedlungsfläche war, umso schlechter war der DI-CH-Wert. Andererseits wurde der DI-CH-Wert umso besser, je grösser die unproduktive Fläche im Einzugsgebiet der untersuchten Stelle war.

### 5.5 Standortgerechtigkeit

Mit der Standortgerechtigkeit wird versucht einzuschätzen, ob eine vorgefundene Lebensgemeinschaft dem Standort entsprechend natürlich / naturnah ist oder nicht. Diese Frage interessiert, weil in der GSchV Anhang 1 (ökologische Ziele) in Artikel 1 gefordert wird:

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

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

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

<sup>1</sup> Biogeografische Regionen: Alpennord- und Alpensüdflanke sowie Zentralalpen.

<sup>2</sup> Bei einer Dominanz > 50 % spielt der D-Wert des Taxon eine zusätzliche Rolle.

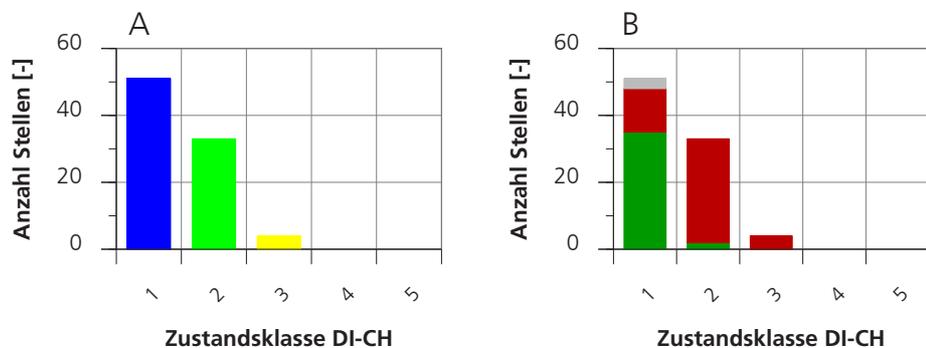
Basierend auf diesen Vorgaben beurteilten wir die 88 Kieselalgen-Lebensgemeinschaften hinsichtlich Standortgerechtigkeit. Wir benutzen dazu den DI-CH-Wert, die Taxazahl, die Evenness, der Anteil an Arten mit D-Werten ≥ 5.5 und < 2.5 sowie den maximalen Anteil des häufigsten Taxon pro Probe (= Dominanz). Damit werden art- und indexspezifische Kennwerte beigezogen, so dass die Struktur der Lebensgemeinschaft wie auch indikative Gruppen (DI-CH, D-Gruppen) in die Beurteilung einfließen (siehe Tabelle nebenan). Die angewandte Methode ist noch in Entwicklung. Nichtsdestotrotz zeigt sich, dass der Anspruch auf eine standortgerechte Lebensgemeinschaft deutlich höher ist, wie das bloss Erfüllen der biologisch indizierten Wasserqualität (DI-CH-Wert).

In **Abbildung 5.16** ist Anzahl Stellen pro DI-CH-Zustandsklasse sowie die Standortgerechtigkeit pro DI-CH-Zustandsklasse für das Untersuchungsjahr 2015 (88 Stellen) dargestellt. Während hinsichtlich der DI-CH-Zustandsklassen 95 % aller Stellen einen guten bis sehr guten Zustand indizieren, stellen bloss 42 % aller

**Legenden**

Stufe	Zustandsklasse
1	1 sehr gut
2	2 gut
3	3 mässig
4	4 unbefriedigend
5	5 schlecht

Stufe	Standortgerechtigkeit
ja	gegeben
unklar	unklare Verhältnisse
nein	nicht gegeben



**Abb. 5.16: A: Verteilung der Kieselalgen-Zustandsklassen sowie B. der Erfüllung der Standortgerechtigkeit für das Untersuchungsjahr 2015 (88 Stellen).**

A: Anzahl Stellen pro Zustandsklasse, Basis DI-CH-Wert, B: Anzahl Stellen mit Angabe der Standortgerechtigkeit (ja, unklar, nein) pro Zustandsklasse.

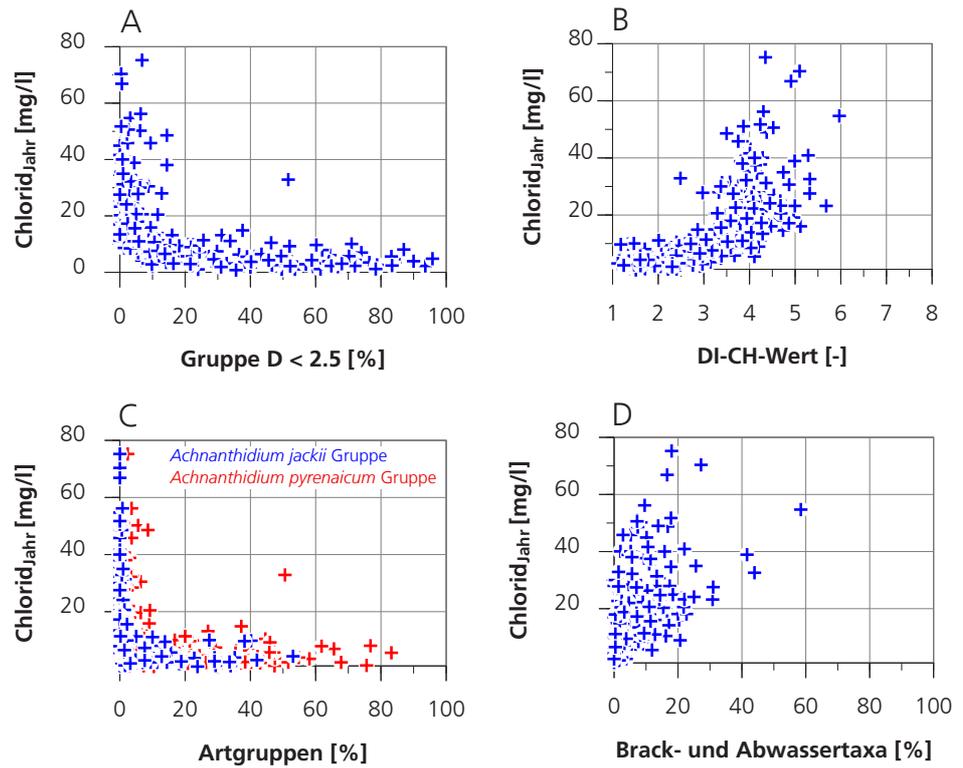
Stellen eine standortgerechte Lebensgemeinschaft dar. Insbesondere bei der Zustandsklasse 2 (gut) sind fast alle Lebensgemeinschaften nicht standortgerecht. Das heisst an diesen Stellen sind entweder der DI-CH-Wert und die Struktur der Lebensgemeinschaft atypisch oder der Anteil an Belastungszeiger ist zu gross oder der Anteil an Sauberwasserarten zu gering. Die Berücksichtigung des DI-CH-Wertes indiziert somit gemäss Eichung weitgehend die numerischen Anforderungen gemäss GSchV Anhang 2, nicht aber biologische Aspekte gemäss GSchV Anhang 1.

### 5.6 Kieselalgen und auserwählte chemische Parameter

Kieselalgen-Lebensgemeinschaften werden durch das chemische Milieu geprägt. Ein wirksamer Faktor ist der Ionengehalt. **Abbildung 5.17** enthält vier Grafiken mit der Chloridkonzentration und verschiedenen Kieselalgen-Kennwerte der Jahre 2011-2015. Bei der Chloridkonzentration wurde einfachheitshalber das Jahresmittel gewählt. Bei einer differenzierteren Betrachtung der Einflüsse der chemischen Parameter auf die Kieselalgen müssten jedoch weitere statistische Schätzwerte und auch andere Zeitfenster betrachtet werden. Die **Abbildung 5.17** zeigt sehr schön, dass sogenannte 'Sauberwasserarten' wie die *Achnantheidium jackii* (Gruppe) sowie die *A. pyrenaicum* (Gruppe) aber auch alle Arten mit einem D-Wert < 2.5 nur mit hohen Anteilen vorkommen, wenn die Chloridkonzentration im Jahresmittel gering ist (< 10 mg Cl<sup>-</sup>/l). Damit erreicht auch der DI-CH nur einen Wert von < 2.5, wenn das Jahresmittel der Chloridkonzentration < 10 mg Cl<sup>-</sup>/l beträgt.

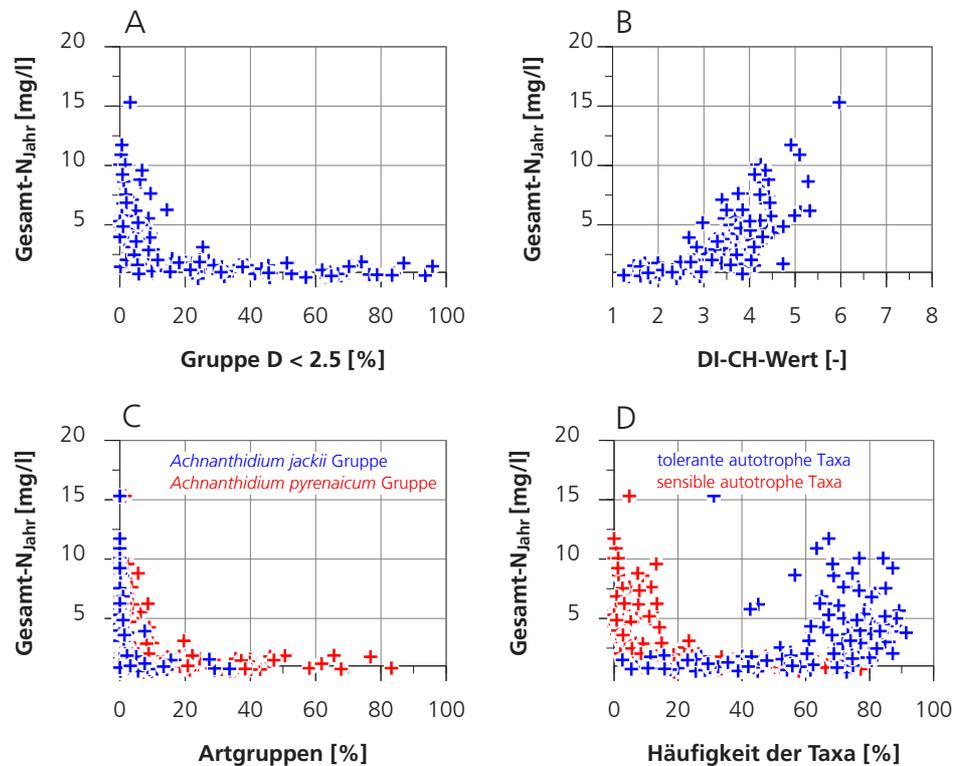
Demgegenüber zeigen die Brack- und Abwasserarten nicht einen eindeutigen Zusammenhang zur Chloridkonzentration. Die Punktwolke verdeutlicht aber, dass Anteile dieser beiden Artgruppen von deutlich > 20 % rH nur auftritt, wenn das Jahresmittel der Chloridkonzentration > 20 mg Cl<sup>-</sup>/l beträgt. Für ein gehäuftes Aufkommen von Brackwasserarten dürften jedoch die Chloridkonzentrationen noch zu gering sein.

Ein anderer bekannter Faktor, welcher die Ausbildung der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften prägt sind die Nährstoffe. Wir haben in **Abbildung 5.18** den Gesamtstickstoff ebenfalls einfachheitshalber als Jahresmittel in Abhängigkeit von Kieselalgen-Kennwerten dargestellt. Auch bei diesem Faktor tritt die Artgruppe D < 2.5 sowie die beiden Taxa *Achnantheidium jackii* (Gruppe) und *A. pyrenaicum* (Gruppe) mit hohen Anteilen nur auf, wenn das Jahresmittel der Stickstoffkonzentration rund < 2 mg N/l beträgt. Entsprechend ähnlich verhält sich auch der DI-CH-Wert, tritt doch dieser mit Werten < 2.5 erst auf, wenn die Stickstoffkonzentration im Jahresmittel rund < 2.5 mg N/l aufweist. Interessant ist das Verhalten der Arten, welche mehr oder weniger Stickstoff autotroph sind. Autotrophe Arten verwenden für den Aufbau der organischen Substanzen anorganischer Stickstoff. Da die autotrophen Arten nur hohe Anteile erreichten, wenn der Gesamtstickstoff im Jahresmittel rund < 2.5 mg N/l betrug, vermuten wir, dass dann der Stickstoff in rein anorganischer Form vorlag (vor allem als Nitrat-N). Demgegenüber war bei einem tiefen Jahresmittel des Gesamtstickstoffs (< 2.5 mg N/l) der Anteil der mehr oder weniger heterotrophen Taxa immer tief. Jene Arten ver-



**Abb. 5.17:** Chloridkonzentrationen (Jahresmittel) in Abhängigkeit von (A) der D-Gruppe < 2.5, (B) dem DI-CH-Wert und (C, D) artspezifischen Kennwerten.

Dargestellt sind der Datensatz NAWA TREND 2011-15 (245 Proben).



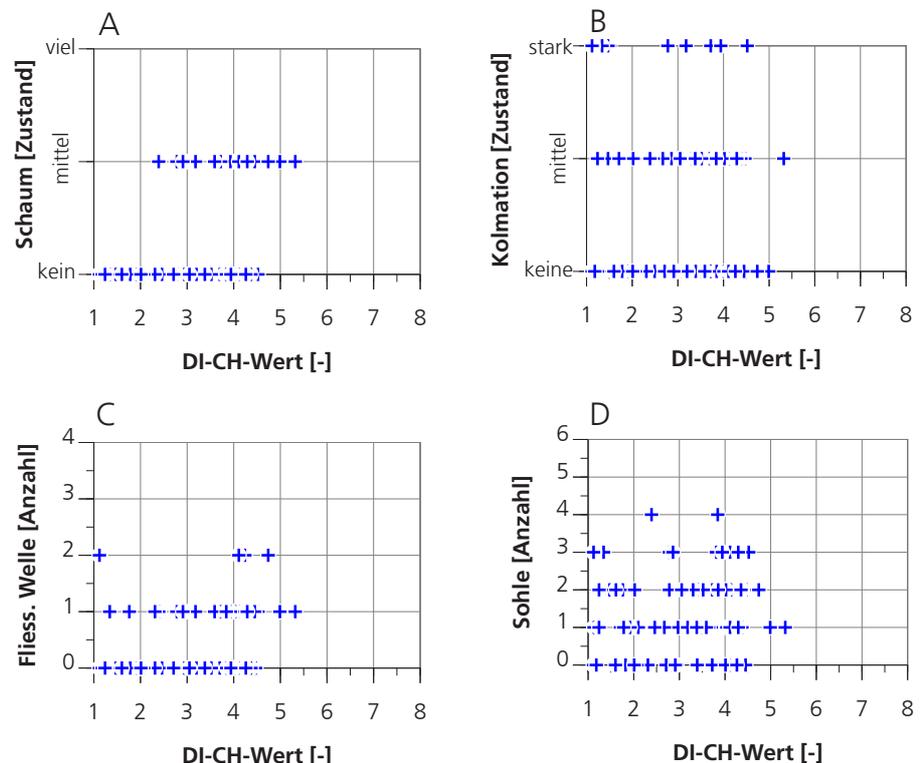
**Abb. 5.18:** Konzentration des Gesamtstickstoffs (Jahresmittel) in Abhängigkeit von (A) der D-Gruppe < 2.5, (B) dem DI-CH-Wert und (C, D) artspezifischen Kennwerten.

Dargestellt sind der Datensatz NAWA TREND 2011-15 (245 Proben). Einteilung der Taxa zur Autotrophie und Heterotrophie erfolgte gemäss Van Dam et al. (1994).

wenden organischen Stickstoff oder zumindest reduzierte Verbindungen wie es z. B. Ammonium darstellt. Diesen Sachverhalt könnte mit weitergehenden Analysen der chemischen Parameter genauer geprüft werden.

### 5.7 Kieselalgen und der Äussere Aspekt

Der Äussere Aspekt charakterisiert mit seinen Parametern die fließende Welle und die Gewässersohle. Der Äussere Aspekt beschreibt somit Aspekte über den ganzen benetzten Bereich hinweg, mit den Abfällen auch den Uferbereich über der Wasserlinie. Die Parameter der fließenden Welle sind eher als Momentanzustände zu betrachten, während diejenigen der Gewässersohle eher aggregierenden Charakter haben. Die Kieselalgen-Lebensgemeinschaften werden gemäss Methode bewusst faust- bis kopfgrossen Steinen entnommen, welche sich in der fließenden Welle befinden. Damit besteht am ehesten der erwünschte Zusammenhang zur Wasserqualität. Einflussfaktoren wie die Beschaffenheit der Sohle, der Ufer oder die Substratvielfalt werden damit bis auf eine z. B. verschlammte Sohle, weniger berücksichtigt. Die Kieselalgen indizieren somit im Vergleich zum Äusseren Aspekt eher einen Zusammenhang zur fließenden Welle. Da die Kieselalgen aber aggregierende Bioindikatoren sind, welche auf Änderungen der Was-



**Abb. 5.19:** Auserwählte Parameter des Äusseren Aspektes in Abhängigkeit des DI-CH-Wert.

Dargestellt sind der Datensatz NAWA TREND 2015 (88 Proben).

**A:** Schaum = Parameter der fließenden Welle, **B:** Kolmation = Parameter der Gewässersohle.

**C:** Anzahl Beeinträchtigungen aller Parameter ( $n = 4$ ) der fließenden Welle (links) und **D:** aller Parameter ( $n = 6$ ) der Gewässersohle. Details zum Äusseren Aspekt siehe Kapitel 4.

serqualität innerhalb von Wochen oder Monaten reagieren, kann angenommen werden, dass Parameter des Äusseren Aspektes kaum ähnlich indizieren wie die Kieselalgen.

In **Abbildung 5.19** (A, B) sind je ein Parameter der fliessenden Welle (Schaum) und der Gewässersohle (Kolmation) und der Indexwert DI-CH dargestellt. Bei den beiden Parametern handelt es sich um diejenigen Parameter des benetzten Bereiches mit den häufigsten Beeinträchtigungen. Ebenfalls in **Abbildung 5.19** (C, D) sind die Anzahl beeinträchtigte Parameter der fliessenden Welle und der Gewässersohle sowie der DI-CH-Wert dargestellt. Die Grafiken zeigen, dass - wie erwartet - zumindest auf Indexebene im Datensatz NAWA TREND des Jahres 2015 kaum Zusammenhänge oder Abhängigkeiten zum Äusseren Aspekt bestehen. Beim Schaum zumindest kann erahnt werden, dass Stellen mit einem sehr tiefen DI-CH-Wert von  $< 2.5$  keine Schaumbildung zeigten. Ebenso traten mit einer Ausnahme zwei beeinträchtigte Parameter der fliessenden Welle nur bei DI-CH-Werten  $> 4.0$  auf.

Bei der Kolmation gab es keine ähnliche Zusammenhänge. Dies entspricht auch den Erwartungen, stellen doch faust- bis kopfgrosse Steine, welche für die Kieselalgen beprobt werden, in sich schon stabile Verhältnisse dar. Der Parameter Kolmation wird zudem durch viele natürliche und unnatürliche Gegebenheiten beeinflusst. So können Gletschertrübe, Seeausflüsse, Erosion und chemisch oder biologisch bedingte Kalkausfällungen als natürliche Ursachen ebenso zu einer kolmatierten Sohle führen wie Stauseen, Schlammausträge aus Kläranlagen, Drainagen oder Strassenentwässerung oder eine Sohlpflasterung. Eine kolmatierte Gewässersohle ist damit Ausdruck für ganz unterschiedliche ökologische Prozesse. Bei Aufwuchsorganismen, wie es die Kieselalgen darstellen, prägen Silt-, Feinsand- und Schlammablagerungen auf den Steinoberflächen die Lebensgemeinschaften deutlich stärker wie die Kolmation der Gewässersohle selber. Bei den Wasserwirbellosen Tieren, welche je nach Organismengruppe auf das Lückensystem angewiesen sind, dürfte die Kolmation sich direkt auf die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft zusammensetzen.

Andere Parameter des Äusseren Aspektes, wie der Geruch des Wassers nach Abwasser, der heterotrophe Bewuchs, das Vorhandensein von Eisensulfid oder die Verschlammung der Gewässersohle, welche eher einen Zusammenhang zur Wasserqualität indizieren, sind im Datensatz NAWA TREND zu wenig häufig. Damit lassen sich zu diesen Parametern zumindest zur Zeit keine Zusammenhänge ablesen. Dazu müssten die Daten weiterer Monitoringprogramme beigezogen werden.

Eine weitere Möglichkeit Zusammenhänge zwischen dem Äusseren Aspekt und den Kieselalgen-Lebensgemeinschaften zu finden, bestünde auf Artebene. So gibt es mit grosser Wahrscheinlichkeit einzelne Arten, welche gehäuft vorkommen, wenn z. B. die Gewässersohle verschlammmt ist (Abwasserarten, Arten des Epipelon) oder das Wasser über längere Zeit getrübt ist und eine abrasive und abdunkelnde Wirkung auf den Aufwuchs hat (Schwachlicht adaptierte Arten, flächig auf dem Substrat haftende Arten). Eine solche Auswertung bedingt aber grosse Datensätze mit vielen entsprechenden Beeinträchtigungen.

## 5.8 Qualitätssicherung Kieselalgen der Periode 2015

Die Qualitätssicherung der Kieselalgen basierte auf folgenden Elementen:

- **Workshop** im Feld zu Beginn der Periode und vor der Feldarbeit zur Anwendung der Methoden Äusserer Aspekt, Kieselalgen und Wasservirbellose,
- **Doppelzählung** bei 11 Proben durch zwei verschiedene Personen,
- **Stichproben** bei sämtlichen Zählungen auf taxonomische Auffälligkeiten hin, Diskussion schwieriger Taxa innerhalb der Auftragnehmer und zum Teil Durchführung einer erneuten Zählung,
- **Überprüfung** sämtlicher Berechnungen (Taxazahl, DI-CH, Diversität),
- **Diverses**: Vereinheitlichung der Layouts (Zähllisten, Kurzkomentare), Kontrolle sämtlicher Filenamen, Nachführung der Mastertabelle.

**Involvierte Institutionen:** In Kapitel 5.1 erfolgte die Darstellung und Analyse der bei der Zählung der Kieselalgen involvierten Institutionen. Die Analyse der Taxazahlen der beiden Institutionen mit den meisten Zählungen lässt keine offensichtlichen Auffälligkeiten erkennen (weitere Hinweise siehe Kapitel 5.1).

**Doppelzählungen:** Die 11 Zweitzahlungen umfassten bei der Erstzählung DI-CH-Werte von 3.5 bis 5.3. Die absoluten Abweichungen betragen <0.01 bis 0.52 DI-CH-Einheiten (**Tabelle 5.6**). Der Mittelwert betrug 0.16, der Median 0.14 und die Standardabweichung 0.15 DI-CH-Einheiten. Die anlässlich dieser Doppelzählung der Periode 2015 eruierten Kennwerte sind etwas besser wie die bis anhin eruierten Abweichungen der absoluten Differenzen (siehe **Tabelle 5.7**). Die Abweichungen zwischen der Erst- (Fachverantwortliche) und der Zweitzahlungen (QS) entsprachen den Erwartungen und waren ähnlich gering wie anlässlich der ersten Periode 2011-2013. Wir haben daraus geschlossen, dass nach der oben erwähnten Taxabereinigung sämtliche Erstzahlungen verwendbar sind.

**Tab. 5.6: Doppelzählung von 11 Proben: Aufgeführt sind die DI-CH-Werte der Erst- und Zweit-zählung sowie die Differenzen der 11 Messstellen. Die Farben entsprechen den Zustandsklassen gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007a).**

Messstelle <sup>1</sup>	Erstzählung	Zweit-zählung (QS)	Differenz <sup>2</sup>	Auftraggeber
CH_127_VD	5.3	5.2	0.14	Kanton
CH_119_NE	4.7	4.8	0.04	Kanton
CH_023_SG	3.9	4.4	0.52 <sup>3</sup>	BAFU
CH_084_JU	4.3	4.4	0.07	BAFU
CH_062_BE	4.4	4.4	0.09	BAFU
CH_043_ZH	4.5	4.2	0.29	Kanton
CH_058_BE	4.4	4.2	0.14	BAFU
CH_009_SO	4.5	4.2	0.26	BAFU
CH_033_AG	4.1	4.2	0.08	Kanton
CH_002_BS	3.7	3.7	0.01	BAFU
CH_041_ZH	3.5	3.6	0.14	Kanton

<sup>1</sup> Gewässername etc. siehe **Anhang A1**, Liste nach DI-CH-Wert absteigend sortiert.

<sup>2</sup> Absolute Differenzen.

<sup>3</sup> Ursache für diese eher grosse Differenz sind die unterschiedliche Erfassung der kleinen Taxa *Amphora indistincta*, *Achnantheidium saprophilum* und *Fistulifera saprophila*. Jaccard-Index: 53%, Renkonen: 73 %, also gute Ähnlichkeit.

**Tab. 5.7: Kennwerte der Qualitätssicherung für die Jahre 2011-13 und 2015 sowie im Vergleich mit Ringtests.**

Kennwerte	Ringtests etc. <sup>1</sup>	NAWA 2011-13 <sup>1</sup>	NAWA 2015 <sup>2</sup>
Anzahl	76	17	11
Median	0.23	0.24	0.14
Stabw	0.19	0.21	0.15

<sup>1</sup> gemäss AquaPlus AG & PhycoEco (2014b).

<sup>2</sup> gemäss Daten in **Tab. 5.6** (Differenzen).

## 6 Empfehlungen zur Optimierung und Weiterentwicklung von NAWA TREND

Die folgenden Erläuterungen beziehen sich auf die Stellenauswahl, die angewandten Methoden sowie auf Aktualisierungen der Taxaliste.

Die operativen Abläufe, also die Kommunikation zwischen Auftraggeber (BAFU, Kantone) und Auftragnehmer, die Übergabe und Bearbeitung der Proben, die Datenübergabe, die Standardauswertungen (Kurzkommentare und Zähllisten), die Archivierung der Proben sowie die zentrale Datenhaltung werden nicht weiter erläutert. Diese Abläufe erachten wir zumindest im Los 2 (Äusserer Aspekt, Diatomeen und Makrozoobenthos) als eingespielt. Sie haben sich bewährt. Wichtig ist, dass möglichst wenig Institutionen und Personen pro Los involviert sind. Ebenso sollten die Bestimmungen und die Zählungen der Kieselalgenproben möglichst wenige und immer dieselben Personen machen. Dann können die vorgegebenen Termine (Meilensteine) problemlos eingehalten, die geforderte Qualität geboten und die Kommunikation direkt und unkompliziert durchgeführt werden.

Die meisten im Anschluss aufgeführten Hinweise wurden den Zwischenberichten zu den Meilensteinen M1, M2 und M3 entnommen. Sie können in diesen Dokumenten im Detail nachgelesen werden.

### 6.1 Messstellen

Das **aktuelle Messstellennetz von 88 Stellen** hat sich bewährt. Die Stellen können alle beprobt werden und mit wenigen Ausnahmen auch im vorgeschriebenen Zeitfenster. Eine zeitliche Vorverschiebung ist vor allem aus hydrologischen Gründen (eintretende Schneeschmelze) nötig. Details dazu befinden sich auch in den Zwischenberichten M1 vom 8. März 2015 (AquaPlus AG & Aquabug 2015a), M2 vom 26. November 2015 (AquaPlus AG & Aquabug 2015b) und M3 vom 14. Juni 2016 (AquaPlus AG & Aquabug 2016).

Zeitlich vorverschoben wurden wie bereits in der Periode 2012 die folgenden Stellen:

- Beprobt im Februar 2015: Landquart bei Felsenbach GR (ID 95), Reuss bei Luzern LU (ID 14), Kleine Emme bei Littau-Reussbühl LU (ID 93), Muota bei Ingenbohl SZ (ID 100) und Reuss bei Attinghausen UR (ID 101).
- Beprobt im April 2015: Inn bei S-chanf GR (ID 91).

Die Stelle Doubs bei Ocourt JU (ID 88) wurde nach Absprache wegen hydrologischen Sonderbedingungen ausserhalb des vorgesehenen Zeitfensters beprobt (+ 4 Tage).

Speziell erwähnenswert sind jedoch folgende Stellen:

Nicht beprobt wurde im Jahr 2015 im Vergleich zum Jahr 2012 gemäss Pflichtenheft die Stelle **Aare bei Brienzwiler BE (ID 55)**. Die Zugänglichkeit an dieser Stelle ist infolge Schwall-Sunkbetrieb und der grossen Wassertiefe gefährlich.

Nicht beprobt wurde die Stelle **Hinterrhein bei Rothenbrunnen GR (ID 90)**. Diese Stelle wurde auch im Jahr 2012 nicht beprobt und wurde im Pflichtenheft fälschlicherweise aufgeführt.

Die Stelle an der **Kleinen Emme bei Littau-Reussbühl LU (ID 93)** musste infolge langjährigem Baustellenbetrieb flussaufwärts verschoben werden. Die neuen Koordinaten lauten: 663'712 / 213'586 / 434 m ü. M. Ob die Stelle bei der nächsten Untersuchung wieder flussabwärts verschoben werden soll, hängt auch von der neuen Ufer- und Flusslaufgestaltung ab. Dies sollte vor der 3. Kampagne entschieden werden. Einen Grund, die Stelle wieder nach unten zu versetzen, könnte sein, weil die Stelle ökomorphologisch vermutlich naturnäher sein wird wie die alte Stelle (Aufnahme 2012) oder die jetzige (Aufnahme 2015).

Die Stelle **Jona bei Rüti ZH (ID 48)** wurde im Jahr 2015 am richtigen Ort beprobt. Im Jahr 2012 fand die Probenahme offenbar am falschen Ort statt. Die beiden Orten sind sich aber gemäss Aussage von Pius Niederhauser, AWEL ZH, ähnlich, so dass dies kaum Auswirkungen auf das Artenspektrum haben sollte.

Hinsichtlich einer **Weiterentwicklung des Messstellennetzes NAWA TREND** erachten wir folgende Aspekte als wichtig:

- **Weitere Stellen im Bereich der westlichen und östlichen Zentralalpen:** Diese Stellen werden vermutlich auch in Zusammenhang mit dem Klimawandel an Bedeutung zunehmen (Gletscherschmelze, Permafrosttau, geändertes Abflussregime, Änderung der Wassertemperaturen, Veränderung der Belastungen, Migration von Organismen, Aufkommen von Neobiota).
- **Referenzstellen im Mittelland:** Es fehlen möglicherweise Referenzstellen der Flussordnungszahlen 3 bis 6 im Mittelland. Das sind Stellen, welche ökomorphologisch, hydrologisch und stofflich unbeeinträchtigt sind, respektive in einem natürlichen / naturnahen Zustand sind. Möglicherweise gibt es bereits solche Referenzstellen im Messstellennetz NAWA TREND. Eine entsprechende systematische Analyse auf deren Eignung hin fehlt jedoch.
- **Einbinden der grossen Flüsse:** Die bereits im Messstellennetz NAWA TREND vorhandenen grossen Fliessgewässer werden biologisch nicht untersucht. Dies weil die Beprobung nicht genau gemäss Modul-Stufen-Konzept erfolgen kann, die Beprobung grosser Flüsse aufwändig ist und oft Taucheinsätze mit entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen bedingen. Die Methodik zur biologischen Untersuchung von grossen Fliessgewässern liegt aber vor und wird in der Schweiz im Rahmen von Monitoringprogrammen auch angewandt. Es wäre daher wünschenswert, wenn zumindest die Resultate in die NAWA-Fachberichte einfließen würden. Dies bedingt aber vermutlich eine zeitliche wie allenfalls auch eine stellenspezifische Anpassung dieser Monitoringprogramme.
- **Einbinden von kleinen Bächen mit FLOZ 1 und 2:** Im Rahmen des Programmes NAWA SPEZ wurden kleine Bäche auch biologisch untersucht. Es waren dies Stellen mit einem von der Landwirtschaft intensiv genutzten Einzugsgebieten und entsprechende Referenzstellen. Eine sehr gezielte Auswahl dieser Stellen und allenfalls weitere Stellen könnten ergänzend ins Messstellennetz NAWA TREND Biologie aufgenommen werden, zumindest diejenigen Stellen, welche die Kantone weiterhin und regelmässig untersuchen.

## 6.2 Modul Äusserer Aspekt

Die Erhebungen konnten gemäss BAFU Modul Äusserer Aspekt (BAFU 2007b) problemlos durchgeführt werden. Allfällige Hinweise zur Weiterentwicklung des Moduls wurde in den Zwischenberichten zu den Meilensteinen bereits aufgeführt. Diese Themen wurden auch anlässlich von Sitzungen mit der Projektkoordination (Los 4, Option 1) diskutiert. Es sind dies zusammengefasst und ergänzt:

- **Kolmation:** Felderhebung mit Fachspezialisten aus Sicht Flussmorphologie und Gewässerökologie präzisieren, mit dem Ziel, dass die Aufnahme standardisierter und damit objektiver und verfeinert erfolgt. Der Parameter Kolmation tritt erfahrungsgemäss sehr häufig als 'beeinträchtigt' auf und wir gehen davon aus, dass etliche der Einschätzungen zu stark an die Erfahrung der Person gebunden ist. Die neue Aufnahme soll aber auch ohne spezielle Gerätschaften erfolgen.
- **Abfälle nach Ablagerungsort getrennt erheben:** Abfall findet man sehr oft entlang der Fließgewässer im Uferbereich. Der benetzte Bereich weist oft weniger oft Abfälle auf. Es wäre wünschenswert, wenn die Abfälle gesondert nach den beiden Ablagerungsorte 'benetzt' und 'unbenetzt (Ufer)' erfasst werden könnte. Für die Wasserqualität und den aquatischen Lebensraum relevanter erachten wir den Abfall im benetzten Bereich.
- **Abfallmaterialien differenzieren:** In Zusammenhang mit der Problematik 'Mikroplastik' wäre es wünschenswert, wenn zumindest 'Plastikabfälle' speziell protokolliert werden müssten. Generell sollte überdacht werden, ob das Thema Abfall nicht eher auch nach Materialien (Plastik, Papier, Metall, Glas, Textilien, Baustoffe, ..) erfasst werden sollten als bloss nach der Herkunft (Kehrichtsäcke, Verpackungen). Die separate Erfassung der Feststoffe aus der Siedlungsentwässerung (WC-Papier, Hygieneartikel etc.) muss aber zwingend beibehalten werden.
- **Skalierungen erweitern:** Zur Zeit werden gemäss Modul die Ausprägung der Parameter des Äusseren Aspektes mit drei Stufen erhoben. Es sind dies 'kein', 'wenig/mittel' und 'stark'. Es zeigt sich nun, dass in den allermeisten Fällen, wenn eine Beeinträchtigung vorliegt, die Stufe 2 'wenig/mittel' gewählt wird. Eine fünfteilige Skalierung wie dies beim heterotrophen Bewuchs bereits möglich ist, würde zu einem deutlich differenzierteren Bild des Äusseren Aspektes führen und damit zu grösserer Aussagekraft. Eine Erhöhung der Skalierung wären auch bei den gewässerökologischen Aufnahmen zum Generellen Entwässerungsplan GEP, Zustandsbericht Gewässer sehr nützlich.
- **Spannweite der Skalierungen anpassen:** Etliche Bildskalen geben Zustände vor, die aus heutiger Sicht überholt sind und nicht mehr vorkommen. Es sind vermutlich Bilder aus den 1960er bis 1980er Jahren. So finden wir kaum mehr Zustände wie dies mit den Bildern bezüglich viel Schlamm, viel Schaum und viel heterotropher Bewuchs gezeigt wird. Mit Vorgabe dieser Bildskalen und der bloss dreiteiligen Skalen, ist es naheliegend, dass zumindest diese Parameter heute kaum noch als beeinträchtigt beurteilt werden. Eine Neujustierung der Parameter mit Fokussierung auf heute noch vorhandene Ausprägungen erachten wir als angebracht. Der Erfolg der Massnahmen der Gewässerschutzpolitik bedingt unserer Meinung nach auch eine Anpassung der Aufnahmemethoden.

Dabei gilt es aber zwingend die bisherigen Aufnahmen und Zustände zu bewahren und ins neue System zu übertragen.

### 6.3 Modul Kieselalgen

Die Probenahmen konnten gemäss BAFU Modul Kieselalgen (Stufe F) problemlos durchgeführt werden. Allfällige Hinweise zur Weiterentwicklung des Moduls wurde in den Zwischenberichten zu den Meilensteinen bereits aufgeführt. Diese Themen wurden auch anlässlich von Sitzungen mit der Projektkoordination (Los 4, Option 1) diskutiert. Es sind dies zusammengefasst und ergänzt:

- **Erfassen von 500 Schalen:** Dieser Aspekt wurde im Jahr 2015 eingehalten und sollte auch in den folgenden Perioden eingehalten werden. Es hat sich mit der Auswertung der Aufnahmen 2012 gezeigt, dass sonst die Taxazahlen nicht verglichen werden können.
- **Teratologie erfassen:** Bis auf weiteres sollte die Teratologie mit den vier vorgegebenen Typen erfasst werden. Die zusätzliche Erfassung der Erstlingszellen, welche bei sexueller Vermehrung entstehen, könnten zudem weitere Hinweise auf den Zustand der Population geben (Meiose, Mitose (Zellteilung)). Die Aussagekraft der Teratologie ist allerdings noch unklar und sollte sobald genug Zählungen vorliegen (von z. B. > 1'000 Proben) mit einer separaten Auswertung gezielt angegangen werden.
- **Genug Rohmaterial sammeln:** Bei den Proben des Jahres 2015 war speziell, dass etliche Proben und Präparate unüblich wenig Kieselalgen enthielten. Die Menge an Kieselalgen war zum Teil so gering, dass gerade nur ein brauchbares Präparat hergestellt werden konnte. Damit enthalten nicht alle archivierten Serien Präparate in genügender Qualität. Es handelte sich um folgende 13 Stellen mit zum Teil sehr geringer Diatomeendichte: Emme (ID 7 und 114), Rhône (17), Töss (41), Engstlige (56), Sense (60), Langete (63), Sorne (68), Scheulte (69), Kander (92), Saane / Sarine (106, 107) und La Birse (134). Die Zählungen der Diatomeen konnten jedoch für sämtliche NAWA-Stellen durchgeführt werden. Die Datenqualität ist somit nicht betroffen.

Dieses Problem kann vermindert werden, indem im Feld genug Rohmaterial (Algenbiomasse) gesammelt wird. Wir empfehlen bei unproduktiven Gewässern mit reinem Krustenalgenbewuchs mindestens 10 Steinflächen abzukratzen. Sollte von Auge der Algenbewuchs nicht erkennbar sein, so gilt es mehr Steine abzukratzen und auch Steine mit Hydruruskolonien, Fadenalgen oder Moosbewuchs zu beproben.

- **Zelldichte erfassen:** Die Zelldichte als quantitativer Wert ist einfach und ohne deutlichen Mehraufwand zu erheben. Die Zelldichte ist ein wichtiges Mass zum Verständnis gewässerökologischer Prozesse (Wachstum, Produktivität, Geschiebetrieb, Erosion, ...) wie auch zur Einschätzung der Auswirkungen von Nutzungen (Schwall-Sunk, Kiesabbau etc.). Dazu müssen aber die beprobten Flächen im Feld, die abgekratzte Fläche pro Stein, die Verdünnungsschritte im Labor bei der Präparation und die ausgezählte Fläche bei der Zählung protokolliert werden. Die Berechnung der Zelldichte und der Biomasse (basierend auf

den artspezifischen Zellvolumen, Biovolumen) ist dann rechnerisch einfach und wenig aufwändig.

- **Erfassung der Anzahl Bruchstücke einer Probe und des Erosionsgrades der Schalen** sind möglicherweise wichtige Hinweise über auf die Zellen wirksame Faktoren. Denkbare Faktoren sind Mikroverunreinigungen, Kiesabbau, Stauhaltungen aber auch natürliche Faktoren wie Geschiebetrieb, Gletschertrübung und Feinsedimentablagerungen. Es gilt diese Parameter einheitlich zu erfassen und auch zu prüfen, inwieweit die Probenahme- und Präparationsverfahren einen Einfluss auf diese Parameter haben.
- **Auswertungsverfahren Lebensformen:** Bis anhin wurden die Lebensformen nur unwesentlich in die Auswertung einbezogen. Lebensformen sind aber wichtige Hinweise in Zusammenhang wie eine Lebensgemeinschaft ausgeprägt ist. So gibt es Arten welche als Kolonien leben, planktisch oder einzeln, pflastersteinartig eine Fläche besiedeln, mit Gallertstielen sich in den Raum begeben oder epiphytisch auf Fadenalgen oder Wasserpflanzen wachsen. Die Lebensform kann auch Ausdruck des Zustandes einer Lebensgemeinschaft sein und damit Hinweis geben, ob sie etabliert ist, gestört oder sich im Aufbau befindet (infolge Erstbesiedler). Der Zustand einer Lebensgemeinschaft und das Vorhandensein gewisser Lebensformen sind zudem Hinweis auf äussere Faktoren. So dürften in Schwall-Sunkstrecken oder auch in Gewässern mit zeitweise ökotoxikologisch problematischen Stoffen durchaus Arten einen Vorteil haben, welche z. B. in Gallertschläuchen leben. Sie sind in diesen Gallertschläuchen vermutlich vor Austrocknung (Sunkphase) aber auch gegenüber anderen Stressfaktoren geschützt. Die Verwendung der Lebensformen als Indikator für den Zustand der Lebensgemeinschaft dürfte an Bedeutung zunehmen (Rimet et al 2010, Rimet & Bouchez 2012). In der Schweiz werden die Lebensformen fallweise verwendet. Es sollten die Lebensformtypen in der Tabelle des Moduls Kieselalgen mit den D- und G-Werten als weitere Information in einer zusätzlichen Spalte aufgeführt werden.
- **Auswertungsverfahren Standortgerechtigkeit:** Mit der Standortgerechtigkeit wird im Sinne der GSchV Anhang 1 (ökologische Ziele) geprüft ob eine vorgefundene Lebensgemeinschaft entsprechend den Erwartungen an den Standort natürlich bis naturnah ausgeprägt ist. Sie orientiert sich an einer gewässertypspezifischen Referenzvorstellung. Ein guter Zustand gemäss DI-CH bedeutet noch nicht, dass die Lebensgemeinschaft auch standortgerecht ist.

#### 6.4 Aktualisierung der Taxaliste

Die Taxaliste der Kieselalgen wurde bereits in Zusammenhang mit der ersten Periode 2011-2014 aktualisiert, so dass diesbezüglich eine gute Basis vorliegt. Dennoch wurden nach vorliegen der Zählungen die folgenden Arbeiten durchgeführt und damit die Taxalisten der Zählungen bereinigt (Details siehe Zwischenbericht M3, AquaPlus AG & Aquabug 2016). Solche Bereinigungsarbeiten gilt es auch künftig gezielt durchzuführen:

- Wo sinnvoll **Nominatvariationen** eingefügt:  
z.B. *Mayamaea atomus* var. *atomus* anstelle von *Mayamaea atomus*

- Wo sinnvoll gewisse **Taxa sensu DICH** benannt, da heutiger Taxabegriff nicht mehr demjenigen der Zweiteichung entspricht:  
z.B. *Cocconeis placentula* var. *placentula* sensu DICH
- auserwählte **Taxa nachkontrolliert:**  
z.B. *Fragilaria capitellata*-Sippen sensu Krammer & Lange-Bertalot (1986-1991) wurden zum Teil als *F. recapitellata* in Hofmann et al. (2011) bestimmt, was aber selten stimmt, sondern neu *F. candidagilae* heisst. Mit der Erst- und Zweiteichung war dies damals *F. vaucheriae* (D 6, G 0.5).
- **Splitting von Taxa:**  
z.B. Aufteilung der *Achnantheidium minutissimum* var. *minutissimum* (D 3, G 0.5) z. T. in die beiden Taxa *A. minutissimum* var. *jackii* (D 1, G 8) und *A. lineare* sensu lato (D 1, G 8).
- **Neubestimmung oder Umbenennung gewisser Taxa:**  
*Stauroneis smithii* --> *Stauroneis separanda*  
*Reimeria uniseriata* --> *Reimeria sinuata*  
*Planothidium rostratum* --> *Planothidium rostratiformis*  
*Achnanthes biasoletiana* var. *sublinearis* sensu AquaPlus GRUNOW in Van Heurck Type de Synopsis 11 (siehe Achnanthesbuch Tafel 43, Fig.30, 31)  
--> *Achnantheidium thienemannii*.

### Prüfung der DI-CH-Eichung sowie auserwählter D- und G-Werte

In den Jahre 2011 bis 2015 wurden 245 Kieselalgenproben bearbeitet. Für die meisten dieser Stellen gibt es auch monatliche Chemiedaten. Wir erachten es daher als angebracht die aktuelle DI-CH-Eichung zu prüfen. In diesem Zusammenhang sollten auch auserwählte Taxa hinsichtlich der D- und G-Werte analysiert werden. Überprüft werden sollten folgende Taxa:

- Taxa die einen hohen Anteil erreichten. Im Datensatz NAWA TREND weisen 55 Taxa einen Anteil von  $\geq 10\%$  rH auf. Diese Taxa sind wichtig, da sie bei der Berechnung des DI-CH-Wertes bedeutungsvoll sind.
- Taxa die noch keine D- und G-Werte haben und genug oft im Datensatz vorkommen. Dies dürften  $\leq 20$  Taxa sein.
- Taxa wie *Achnantheidium lineare* sensu lato oder *Amphora indistincta*, die infolge Taxaänderung oder Splitting ein D- und G-Wert zugewiesen bekamen, welche aber anhand von Chemiedaten noch nicht geprüft wurden.

## 7 Fazit

Die Untersuchungsperiode 2015 konnte aus Sicht des Äusseren Aspektes und der Kieselalgen ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden.

**Felderhebungen:** Die beiden Stellenverschiebungen an der Kleinen Emme bei Littau-Reussbühl LU (ID 93) und an der Jona bei Rüti ZH (ID 48) sowie die infolge Schneeschmelze bei wenigen Stellen notwendige zeitliche Vorverschiebung der Probenahme haben keinen Einfluss auf die Datenqualität und die Aussagekraft.

**Laborarbeiten:** Die Laborarbeiten erfolgten ohne Schwierigkeiten.

**Archivierung der Proben:** Die Archivierung der 88 präparierten Proben sowie der 88 Präparate erfolgt an drei Örtlichkeiten (AquaPlus AG, PhycEco und BAFU, bis auf weiteres bei AquaPlus eingelagert). Bei einigen Proben war die Biomasse der Rohprobe vermutlich so gering, dass nicht für alle drei archivierten Serien genug Material vorlag um genügend dichte Präparate herzustellen. Künftig soll bei unproduktiven Stellen deutlich mehr Biomasse gesammelt werden.

**Datenhaltung:** Sämtliche Daten sind in den vorgegebenen Files abgelegt und dem BAFU, der Projektkoordination (Los 4) und den Auftragnehmern AquaPlus AG und Aquabug auf Datenträgern (DVD) übergeben worden. Die Daten liegen somit vierfach abgesichert vor.

**Auswertungen:** Die Stellenliste mit Koordinaten, Probenahmedatum, ProbenehmerIn und den wichtigsten Resultate (Taxazahl, DI-CH, inkl. Qualitätssicherung) befinden sich gemäss Vorgabe in der Mastertabelle (Excel). Sämtliche im Pflichtenheft geforderten Auswertungen wurden erstellt. Zusätzlich wurde die Standortgerechtigkeit eingeschätzt und Zusammenhänge zu auserwählten chemischen Parametern und Parametern des Äusseren Aspektes besprochen.

**Resultate Äusserer Aspekt:** Die fliessende Welle wurde gehäuft durch wenig bis mittel viel stabilem Schaum beeinträchtigt (bei 27 % der 88 Stellen), während Trübung (7 %), Geruch (6 %) und Verfärbung (1 %) nur selten auftraten. Die Gewässersohle wies oft Abfälle (62 %) und eine kolmatierte Sohle (47 %) auf. Eisensulfid (17 %), Feststoffe aus der Siedlungsentwässerung (9 %, WC-Papier), Verschlammung (6 %) und heterotropher Bewuchs (1 %) waren selten Ursache für eine Beeinträchtigung. Die vorgefundenen Zustände entsprechen den Erwartungen und werden auch in anderen Monitoringprogrammen vorgefunden.

**Resultate Kieselalgen:** In den 88 Kieselalgenproben des Jahres 2015 wurden anlässlich der Zählung von 500 Schalen 223 Taxa gefunden. Dies sind 42 % der für Fliessgewässer Mitteleuropas aufgeführten häufigen 526 Taxa. Missbildungen (Teratologien) wurden bei 30 Stellen, respektive 98 Schalen, verteilt auf 20 Taxa festgestellt. Während hinsichtlich der DI-CH-Zustandsklassen 95 % aller Stellen einen guten bis sehr guten Zustand indizierten, wiesen bloss 42 % aller Stellen eine standortgerechte Lebensgemeinschaft auf. Der Kieselalgenindex DI-CH indiziert somit die chemische Wasserqualität, nicht aber die gewässertypspezifische Standortgerechtigkeit.

**Trend:** Beim Äusseren Aspekt wie auch beim Indexwert DI-CH (Kieselalgen) zeigte sich im Vergleich mit der Periode 2012 eine Tendenz zur Verbesserung. Basierend auf den jährlich untersuchten 20 Stellen dürfte diese Verbesserung eher Trend als Zufall sein.

## 8 Literaturverzeichnis

- AquaPlus (2010): Kieselalgen in Fließgewässern des Kantons Aargau. Zusammenfassende Auswertungen. Orientierungsuntersuchungen der Jahre 2002 bis 2010 sowie periodische Bestandesaufnahmen an grösseren Bächen der Jahre 1996 bis 2009. Bericht erstellt im Auftrag des Kantons Aargau, Abteilung für Umwelt. 43 Seiten.
- AquaPlus AG & PhycoEco (2014a): Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA). Messprogramm TREND – Biologie / Teil Diatomeen. Häufig gestellte Fragen (FAQ). Kurzbericht in deutscher und französischer Sprache, Bericht im Auftrag des BAFU, Bundesamt für Umwelt, Bern, 6 Seiten.
- AquaPlus AG & PhycoEco (2014b): Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA). Messprogramm TREND – Biologie / Teil Diatomeen. Qualitätssicherung. Kurzbericht in deutscher und französischer Sprache, Bericht im Auftrag des BAFU, Bundesamt für Umwelt, Bern, 26 Seiten.
- AquaPlus AG & PhycoEco (2014c): Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA). Messprogramm TREND – Biologie / Teil Diatomeen. Methodik. Kurzbericht in deutscher und französischer Sprache, Bericht im Auftrag des BAFU, Bundesamt für Umwelt, Bern, 11 Seiten.
- AquaPlus AG & PhycoEco (2014d): Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA). NAWA TREND Biologie 2011-2013, Teil Diatomeen Fachbericht, Bericht im Auftrag des BAFU, Bundesamt für Umwelt, Bern, 54 Seiten.
- AquaPlus AG & Aquabug (2015a): Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA – TREND Biologie. Los 2: MZB & DIA. Meilenstein M1: Zwischenbericht vom 8. März 2015, 18 Seiten.
- AquaPlus AG & Aquabug (2015b): Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA – TREND Biologie. Los 2: MZB & DIA. Meilenstein M2: Zwischenbericht vom 26. November 2015, 14 Seiten.
- AquaPlus AG & Aquabug (2016): Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA – TREND Biologie. Los 2: MZB & DIA. Meilenstein M3: Zwischenbericht vom 14. Juni 2016, 50 Seiten.
- BAFU (2007a): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Bundesamt für Umwelt, Bern, Version vom 24. November 2006.
- BAFU (2007b). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Äusserer Aspekt. Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Vollzug Nr. 0701, 43 Seiten.
- BAFU (2013): NAWA – Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität. Konzept Fließgewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1327: 72 Seiten sowie Anhang mit den Messstellenblättern.
- BAFU (2014): Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA–TREND Biologie. Pflichtenheft Teil B: Für das WTO-Projekt (1495) 810 mit

- Publikation vom 28. Mai 2014 auf SIMAP, Bundesamt für Umwelt, Bern. 42 Seiten.
- BAFU (2016): Zustand der Schweizer Fliessgewässer. Ergebnisse der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA) 2011–2014. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1620: 87 Seiten.
- Brun, J. (1880): Diatomées des Alpes et du Jura. Ed. H. Georg, Genève, 146 Seiten und 9 Tafeln.
- BUWAL (1998a): Modul-Stufen-Konzept. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 26. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.
- BUWAL (1998b): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Ökomorphologie (Stufe F). Mitt. zum Gewässerschutz Nr. 27, Schriftenreihe Vollzug Umwelt / 49 Seiten.
- Falasco, E., Bona, F., Ginepro, M., Hlúbikova, D., Hoffmann, L. & Ector, L. (2009): Morphological abnormalities of diatom silica walls in relation to heavy metal contamination and artificial growth conditions. *Water SA* 35 (5): 595-606.
- Meister, F. (1912): Die Kieselalgen der Schweiz. Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft 4 (1), 254 Seiten.
- Rimet, F. & Ector, L. (2006): Impacts d'un hydrocarbure, le fluoranthène, sur les assemblages de diatomées benthiques et la morphologie de leur frustule en microcosme. *Diatomania* 10: 42-47.
- Rimet, F., Heudre D., Matte J.L. & Mazuer P. (2006): Qualité de l'eau des rivières du bassin houiller en 2006, évaluée au moyen des diatomées : estimation de la pollution organique, trophique, minérale et toxique. Rapport DIREN Lorraine, 57 Seiten.
- Rimet F. , Berthon, V. & Bouchez A. (2010): Formes de vie, guildes écologiques et classes de tailles des diatomées d'eau douce. INRA-Thonon, Rapport 290/10, 10 Seiten + Anhang.
- Rimet F. & Bouchez A. (2012): Life-forms, cell-sizes and ecological guilds of diatoms in European rivers. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 406 (01), 14 p.
- Shannon, C. & Weaver, W. (1949): The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press. Urbana.
- Strahler, A.N. (1952): Dynamic basis of geomorphology. In: Geological Society of America Bulletin 63/1952, Seiten 923–938.
- Straub, F. (1981): Utilisation des membranes filtrantes en téflon dans la préparation des Diatomées épilithiques. *Cryptogamie, Algologie* 2(2), 153.
- Straub, F. (2002): Note Algologique II. Apparition envahissante de la diatomée *Achnanthes catenata* Bily & Marvan (Heterokontophyta, Bacillariophyceae) dans le lac de Neuchâtel (Suisse). *Bulletin de la Société neuchâteloise des sciences naturelles*, 125: 59-65.

Straub, F., Derleth-Sartori, P. & Lods-Crozet, B. (2014). Les diatomées (algues silicatées), indicatrices de la qualité des cours d'eau vaudois : synthèse 2005 à 2013. Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles 94 (1) : 73-106.

Van Dam, H., Mertens, A., Sinkeldam, J. (1994): A coded checklist and ecological Indicator values of freshwater Diatoms from the Netherlands. Netherlands Journal of Aquatic Ecology 28 (1): 117-133.

### **Bestimmungsliteratur**

Hofmann, G., Werum, M. & Lange-Bertalot, H. (2011): Diatomeen im Süßwasser - Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflores Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. Koeltz Scientific Books, D-61453 Königstein 908 Seiten.

Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1986-1991): Bacillariophyceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1, 2/2, 2/3 und 2/4. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Lange-Bertalot, H. & Metzeltin, D. (1996): Oligotrophie-Indikatoren. Iconographia Diatomologica Volume 2, Koeltz Scientific Books, Königstein, 390 Seiten.

Weitere Bestimmungsliteratur siehe BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007a)

Neuere Literatur siehe Bücher der folgenden Serien:

- Diatoms of Europe
- Bibliotheca Diatomologica
- Iconographia Diatomologica

## 9 Glossar und Abkürzungen

Aufwuchs	auch Periphyton genannt, stellt den Bewuchs auf Substraten (z. B. Steine = Epilithon) dar.
Äusserer Aspekt	Unter dem Begriff «Äusserer Aspekt» werden diejenigen Parameter zusammengefasst, welche der Beurteilung der in der Gewässerschutzverordnung unter Anhang 2 aufgeführten Anforderungen dienen. Es sind dies die Parameter Schlamm, Trübung, Verfärbung, Schaum, Geruch, Eisensulfid, Kolmation, Feststoffe aus der Siedlungsentwässerung, Abfälle sowie heterotropher Bewuchs. Siehe BAFU (2007b).
Benthos	In der Bodenzone eines Gewässers vorkommenden Lebewesen.
Diatomeen	Kieselalgen, siliziumhaltige pflanzliche Einzeller (Algen).
DI-CH	Kieselalgenindex zur Beurteilung der biologisch indizierten Wasserqualität gemäss Modulstufenkonzept des Bundes (BAFU 2007a). Zur Berechnung des DI-CH-Wertes werden pro Art der Lebensgemeinschaft die relative Häufigkeit (rH) sowie die artspezifischen D- und G-Werte benötigt.
D-Wert	artspezifischer Indikationswert zwischen 1 und 8. 1 = die Art kommt in sehr sauberem Wasser vor, 8 = die Art toleriert auch sehr stark belastetes Wasser. Details siehe BAFU (2007a).
G-Wert	artspezifischer Indikationswert (Gewichtung) zur Charakterisierung der Aussagekraft einer Art als Indikatororganismus. Werte zwischen 0.5 und 8.
Epilithon	Aufwuchs auf Steinen.
Epipelon	Bewuchs auf Schlamm.
Evenness	Ausgewogenheit der Arten einer Lebensgemeinschaft oder Artengleichheit. Je höher die Evenness, desto ausgewogener sind die Individuenzahlen zwischen den Arten verteilt. Der Wert für die Evenness liegt dabei zwischen 0 (völlig ungleiche Verteilung der Individuen auf die einzelnen Arten) und 1 (totale Gleichverteilung). Berechnung: $E = H' / \log_2(S)$ $E = \text{Evenness}$ , $H' = \text{Diversität nach Shannon-Weaver} (\log_2)$ , $S = \text{Gesamtartenzahl}$
Fliessende Welle	Der Teil des Wassers eines Fliessgewässers, welcher ständig fliesst, also nicht stehendes oder sehr langsam fliessendes Wasser im Uferbereich oder Hinterwasserbereich.
Gebietsfremde Arten	Arten, die in der Schweiz natürlicherweise nicht heimisch sind.
Plankton	Organismen, die im Wasser eines stehenden Gewässers leben und deren Schwimmrichtung von den Wasserströmungen vorgegeben wird.
rH	Relative Häufigkeit einer Art in Prozent, Werte zwischen 0 und 100 %. Berechnung: Anzahl Schalen einer Art geteilt durch total gezählte Anzahl Schalen der ausgezählten Probe mal 100. Die Anzahl Schalen beträgt im vorliegenden Bericht 500 Schalen.
Teratologie	Missbildungen der Schalenstruktur, verursacht durch natürliche (z. B. erhöhte UV-Strahlung im Gebirge, Siliziummangel etc.) oder anthropogen bedingte Faktoren (z. B. Abwasser, hohe Schwermetallkonzentrationen, Mikroverunreinigungen, hoher Salzgehalt, Radioaktivität etc.).

## ANHÄNGE

**A1 Liste der Messstellen NAWA TREND der Periode 2015**

Angaben: Messstelle, Gewässer, Ort, Kanton, Koordinaten, Meereshöhe, ProbenehmerIn

**A2: Charakterisierung der Messstellen NAWA TREND der Periode 2011-2015**

Angaben: Messstelle, Gewässer, Ort, Kanton, Fläche, Abflussregimetyyp, Q<sub>347</sub>, MQ, FLOZ, Abwasserkategorie

**B1: Resultate der Messstellen NAWA TREND der Periode 2015**

Angaben: Messstelle, Gewässer, Ort, Kanton, Probennahmedatum, Taxazahl, Diversität H (log mit Basis 2), Dominanzsumme, Teratologie, DI-CH-Wert 2012 und 2015

**B2: Resultate der Qualitätssicherung: Zweitzählung von Stellen der Periode 2015**

Angaben: Messstelle, Gewässer, Ort, Kanton, Probennahmedatum, Taxazahl, Diversität H (log mit Basis 2), Dominanzsumme, Teratologie, DI-CH-Wert

**Elektronische Beilagen:** Sämtliche stellenspezifischen Feld- und Laborprotokolle (Zähllisten), die Fotos der Probenahmestellen und die Kurzkommentare Kieselalgen wurde dem BAFU sowie der Projektkoordination (Los 4) in elektronischer Version auf einem Datenträger (DVD) übergeben. Diese Stellendokumentation (264 Seiten und 176 Fotos) ist sehr umfangreich und steht daher nicht als gedruckter Anhang zur Verfügung.

**Tabelle A1: Liste der Messstellen NAWA TREND der Periode 2015. Es sind diejenigen 88 Stellen aufgeführt, welche mittels Kieselalgen, Makroinvertebraten und Äusserem Aspekt untersucht wurden.**

Stellen in roter Schrift wurden in der Lage gegenüber der Untersuchung des Jahres 2012 leicht verschoben.

Messstelle	Gewässer, Ort	Kanton	Koordinate X	Koordinate Y	Meereshöhe	ProbenehmerIn
CH_002_BS	Birs, Birskopf	BS	613496	267409	250	J. Hürlimann
CH_007_BE	Emme, Gerlafingen	BE	609445	225330	444	S. Knispel
CH_009_SO	Limpach, Kyburg	SO	605997	220876	464	J. Hürlimann
CH_011_SO	Lüssel, Breitenbach	SO	607744	250786	390	J. Hürlimann
CH_012_OW	Sarneraa, Kägiswil	OW	662647	195819	461	J. Hürlimann
CH_014_LU	Reuss, Luzern Seeauslauf	LU	664315	212930	430	J. Hürlimann
CH_015_VS	Rhône, Brig	VS	639626	128790	659	R. Bernard
CH_016_VS	Vispa, Visp	VS	634030	125900	650	R. Bernard
CH_017_VS	Rhône, Sion	VS	593300	118455	489	R. Bernard
CH_018_VS	Drance, Martigny	VS	570614	104466	495	R. Bernard
CH_020_VD	Venoge, Les Bois	VD	532030	154088	384	P.-A. Chevalley
CH_021_VD	Thièle, Yverdon	VD	538389	180827	432	P.-A. Chevalley
CH_022_VD	Broye, Domdidier	VD	566183	191947	440	P.-A. Chevalley
CH_023_SG	Steinach, Mattenhof	SG	750755	262628	409	J. Hürlimann
CH_025_SG	Sitter, Leebrugg	SG	745537	258250	535	J. Hürlimann
CH_026_SG	Thur, Golfplatz	SG	732383	259206	475	J. Hürlimann
CH_027_SG	Necker, Letzi	SG	724298	250473	560	J. Hürlimann
CH_028_SG	Glatt, Buechental	SG	729400	256250	495	J. Hürlimann
CH_032_AG	Pfaffnern, Rothrist	AG	634429	239712	405	S. Knispel
CH_033_AG	Wyna, Suhr	AG	649071	246917	400	V. Lubini
CH_034_AG	Bünz, Möriken	AG	656434	251249	380	V. Lubini
CH_035_AG	Surb, Döttingen	AG	662285	268508	335	S. Knispel
CH_036_AG	Sissle, Eiken	AG	641500	265545	310	S. Knispel
CH_039_AG	Suhre, Suhr	AG	648700	247570	380	S. Knispel
CH_040_ZH	Limmat, Hönggersteg	ZH	679330	250317	397	P. Steinmann
CH_041_ZH	Töss, Freienstein	ZH	685998	264982	358	P. Steinmann
CH_042_ZH	Sihl, Sihlhölzli	ZH	682105	246843	410	P. Steinmann
CH_043_ZH	Glatt, Rheinsfelden	ZH	678123	269619	339	P. Steinmann
CH_044_ZH	Glatt, Abfluss Greifensee	ZH	691163	248330	436	P. Steinmann
CH_045_ZH	Aabach, Mönchaltorf	ZH	696928	240805	440	P. Steinmann
CH_046_ZH	Aa, Niederuster	ZH	694950	244939	441	P. Steinmann
CH_047_ZH	Reppisch, Dietikon	ZH	672809	252051	385	P. Steinmann
CH_048_ZH	Jona, Rüti	ZH	705817	232990	428	P. Steinmann
CH_049_ZH	Furtbach, nach ARA Otelfingen	ZH	671505	255848	420	P. Steinmann
CH_050_ZH	Thur, Andelfingen	ZH	693065	272893	359	P. Steinmann
CH_054_FR	Sionge, Vuippens	FR	572353	167639	684	R. Bernard
CH_056_BE	Engstlige, ob. Frutigen	BE	615246	158704	810	P. Stucki
CH_058_BE	Chise, ob. Oberdiessbach	BE	613807	188906	616	S. Knispel
CH_059_BE	Gürbe, vor Mündung in Aare	BE	603555	196625	511	S. Knispel
CH_060_BE	Sense, Thörishaus	BE	593370	193000	549	S. Knispel
CH_062_BE	Urtenen, bei Schalunen	BE	606960	217380	486	S. Knispel
CH_063_BE	Langete, Mangen, vor Rot	BE	628600	232897	449	S. Knispel
CH_065_ZH	Sihl, Hütten	ZH	693293	225364	687	P. Steinmann
CH_066_ZH	Töss, Rämismühle (Zell)	ZH	703828	255510	530	P. Steinmann
CH_067_BL	Ergolz, Augst	BL	620950	264930	261	J. Hürlimann
CH_068_JU	Sorne, Delémont	JU	593577	246286	410	P. Stucki
CH_069_JU	Scheulte, Vicques	JU	599461	244150	465	P. Stucki
CH_070_TG	Murg, Frauenfeld	TG	709510	269793	391	J. Hürlimann
CH_071_TG	Lauche, Matzingen	TG	712330	264343	445	J. Hürlimann
CH_072_TG	Chemmenbach, Märstetten	TG	721604	273121	419	J. Hürlimann

Tabelle A1: Fortsetzung.

Messstelle	Gewässer, Ort	Kanton	Koordinate X	Koordinate Y	Meereshöhe	ProbenehmerIn
CH_073_TG	Salmsacher Aach, Salmsach	TG	744157	268389	410	J. Hürlimann
CH_074_NW	Engelbergeraa, Oberdorf	NW	672138	201829	456	J. Hürlimann
CH_075_ZG	Lorze, Frauenthal	ZG	674516	230487	390	J. Hürlimann
CH_076_ZG	Lorze, Letzi	ZG	680595	226069	421	J. Hürlimann
CH_079_AG	Aabach, Niederlenz	AG	655159	251068	365	V. Lubini
CH_084_JU	Allaine, Boncourt	JU	567887	261272	365	P. Stucki
CH_085_NE	Areuse, Boudry	NE	554430	199950	445	P. Stucki
CH_086_GE	Arve, Ecole de médecine	GE	499460	116790	375	SECOE
CH_087_JU	Birs, Les Riedes-Dessus	JU	597523	249370	386	P. Stucki
CH_088_JU	Doubs, Ocourt	JU	572017	243797	420	P. Stucki
CH_089_SO	Dünnern, Olten	SO	634000	244025	404	J. Hürlimann
CH_091_GR	Inn, S-chanf	GR	795320	165548	1650	E. Roth
CH_092_BE	Kander, unt. Wfg Hondrich	BE	616905	170230	620	P. Stucki
CH_093_LU	Kleine Emme, Littau	LU	663712	213586	434	J. Hürlimann
CH_094_BE	Suze, Biel	BE	584763	220291	430	S. Knispel
CH_095_GR	Landquart, Felsenbach	GR	765245	204813	560	J. Hürlimann
CH_098_TI	Maggia, Locarno	TI	703084	113851	200	J. Hürlimann
CH_099_TI	Moesa, Lumino	TI	724346	120161	235	J. Hürlimann
CH_100_SZ	Muota, Ingenbohl	SZ	688257	206189	436	J. Hürlimann
CH_101_UR	Reuss, Attinghausen	UR	690654	191880	445	J. Hürlimann
CH_106_BE	Saane, Marfeldingen	BE	585905	203017	463	S. Knispel
CH_107_FR	Sarine, Broc	FR	573540	161640	685	R. Bernard
CH_111_AG	Wigger, Zofingen	AG	637194	238503	420	V. Lubini
CH_114_BE	Emme, Emmenmatt	BE	623712	199785	640	S. Knispel
CH_115_AI	Sitter, Appenzell Sittertal	AI	750019	243282	790	E. Roth
CH_116_LU	Ron, Hochdorf	LU	663861	224838	466	J. Hürlimann
CH_119_NE	Seyon, Valangin	NE	559534	207117	635	P. Stucki
CH_123_TI	Maggia, Brontallo	TI	692818	134910	622	J. Hürlimann
CH_126_VD	Mentue, Maugeuetaz	VD	545390	180900	448	P.-A. Chevalley
CH_127_VD	Talent, Chavornay	VD	532670	173050	439	P.-A. Chevalley
CH_128_VD	Promenthouse, Gland Rte Suisse	VD	510084	140075	394	P.-A. Chevalley
CH_129_VD	Boiron de Morges, Tolochenaz	VD	526246	149629	375	P.-A. Chevalley
CH_130_VD	Aubonne, Allaman	VD	520715	147440	395	P.-A. Chevalley
CH_131_VD	Veveyse, Vevey	VD	553755	145728	376	P.-A. Chevalley
CH_132_VD	Grande Eau, Aigle	VD	561082	130535	386	P.-A. Chevalley
CH_133_BE	Simme, Latterbach	BE	612505	168441	640	P. Stucki
CH_134_BE	Birse, La Roche St. Jean	BE	596389	240411	475	P. Stucki
CH_135_AR	Urnäsch, Kubel	AR	742503	251590	593	J. Hürlimann

Tabelle A2: Charakterisierung der Messstellen NAWA TREND der Periode 2011-2015.

Q<sub>347</sub>: Niederwasserkennwert  
 MQ: Jährlicher mittlerer Abfluss  
 FLOZ: Flussordnungszahl nach Strahler  
 AbwKat: Prozentualer Anteil des Abwassers bei Niederwasser (Q<sub>347</sub>)

Messstelle	Gewässer, Ort	Kanton	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Abflussregimetyp	Q <sub>347</sub> [m <sup>3</sup> /s]	MQ [m <sup>3</sup> /s]	FLOZ [≥1..9]	AbwKat. [%]
CH_002_BS	Birs, Birskopf	BS	897	pluvial jurassien	3.11	15.4	6	20-50
CH_007_BE	Emme, Gerlafingen	BE	926	pluvial supérieur	5.25	19.3	7	10-20
CH_009_SO	Limpach, Kyburg	SO	73	pluvial inférieur	0.60	1.7	5	0-10
CH_011_SO	Lüssel, Breitenbach	SO	44	pluvial jurassien	0.01	0.4	4	0
CH_012_OW	Sarneraa, Kägiswil	OW	284	nivo-pluvial préalpin	4.16	10.1	5	0-10
CH_014_LU	Reuss, Luzern, Seeauslauf	LU	2243	nival de transition	31.10	110.0	7	0-10
CH_015_VS	Rhône, Brig	VS	906	a-glacio-nival	6.75	41.6	7	0-10
CH_016_VS	Vispa, Visp	VS	778	b-glaciaire	4.09	16.9	6	0-10
CH_017_VS	Rhône, Sion	VS	3372	a-glacio-nival	24.70	111.0	7	0-10
CH_018_VS	Drance, Martigny	VS	676	a-glacio-nival	3.52	9.9	6	0-10
CH_020_VD	Venoge, Les Bois	VD	228	pluvial jurassien	0.53	4.2	4	20-50
CH_021_VD	Thièle, Yverdon	VD	475	nivo-pluvial jurassien	2.80	14.0	5	0-10
CH_022_VD	Broye, Domdidier	VD	429	pluvial jurassien	1.25	7.8	6	20-50
CH_023_SG	Steinach, Mattenhof	SG	25	pluvial inférieur	0.23	0.8	4	>50
CH_025_SG	Sitter, Leebrugg	SG	288	nivo-pluvial préalpin	1.85	10.3	6	20-50
CH_026_SG	Thur, Golfplatz	SG	690	nivo-pluvial préalpin	4.50	29.4	7	10-20
CH_027_SG	Necker, Letzi	SG	125	nivo-pluvial préalpin	0.46	3.3	6	0-10
CH_028_SG	Glatt, Buechental	SG	91	pluvial inférieur	0.48	3.1	6	>50
CH_032_AG	Pfaffnern, Rothrist	AG	47	pluvial inférieur	0.27	0.6	4	0
CH_033_AG	Wyna, Suhr	AG	120	pluvial inférieur	0.30	1.5	4	>50
CH_034_AG	Bünz, Möriken	AG	123	pluvial inférieur	0.51	1.7	5	20-50
CH_035_AG	Surb, Döttingen	AG	66	pluvial inférieur	0.28	0.9	4	20-50
CH_036_AG	Sissle, Eiken	AG	123	pluvial jurassien	0.12	1.9	5	20-50
CH_039_AG	Suhre, Suhr	AG	247	pluvial inférieur	1.43	3.7	5	20-50
CH_040_ZH	Limmat, Hönggersteg	ZH	2173	nivo-pluvial préalpin	41.20	95.7	8	0-10
CH_041_ZH	Töss, Freienstein	ZH	404	pluvial inférieur	2.43	8.9	6	20-50
CH_042_ZH	Sihl, Sihlhölzli	ZH	342	nivo-pluvial préalpin	2.70	6.8	7	10-20
CH_043_ZH	Glatt, Rheinsfelden	ZH	417	pluvial inférieur	3.48	8.3	6	20-50
CH_044_ZH	Glatt, Abfluss Greifensee	ZH	165	pluvial inférieur	1.62	4.4	6	20-50
CH_045_ZH	Aabach, Mönchaldorf	ZH	45	pluvial inférieur	0.20	1.1	4	>50
CH_046_ZH	Aa, Niederuster	ZH	63	pluvial inférieur	0.50	1.6	5	>50
CH_047_ZH	Reppisch, Dietikon	ZH	69	pluvial inférieur	0.26	1.2	4	>50
CH_048_ZH	Jona, Rüti	ZH	58	pluvial inférieur	0.50	2.1	5	20-50
CH_049_ZH	Furtbach, nach ARA O'fingen	ZH	38	pluvial inférieur	0.21	0.7	4	>50
CH_050_ZH	Thur, Andelfingen	ZH	1708	pluvial supérieur	9.33	47.0	7	20-50
CH_054_FR	Sionge, Vuippens	FR	44	pluvial supérieur	0.22	1.2	4	0
CH_056_BE	Engstlige, ob. Frutigen	BE	136	nival alpin	1.29	6.1	5	0-10
CH_058_BE	Chise, ob. Oberdiessbach	BE	49	pluvial supérieur	0.44	0.9	4	10-20
CH_059_BE	Gürbe, vor Mündung in Aare	BE	129	pluvial supérieur	0.77	2.6	5	10-20
CH_060_BE	Sense, Thörishaus	BE	351	nivo-pluvial préalpin	2.05	8.6	7	0-10
CH_062_BE	Urtenen, bei Schalunen	BE	94	pluvial inférieur	0.28	0.8	4	>50
CH_063_BE	Langete, Mangen, vor Rot	BE	131	pluvial inférieur	0.96	2.1	5	0-10
CH_065_ZH	Sihl, Hütten	ZH	259	nivo-pluvial préalpin	2.44	5.2	7	0-10
CH_066_ZH	Töss, Rämismühle (Zell)	ZH	129	pluvial supérieur	0.41	3.3	6	0-10
CH_067_BL	Ergolz, Augst	BL	285	pluvial jurassien	0.46	3.7	6	>50
CH_068_JU	Sorne, Delémont	JU	214	pluvial jurassien	1.02	4.3	5	n.v.
CH_069_JU	Scheulte, Vicques	JU	73	pluvial jurassien	0.31	1.5	5	0-10
CH_070_TG	Murg, Frauenfeld	TG	214	pluvial inférieur	0.94	4.1	6	20-50
CH_071_TG	Lauche, Matzingen	TG	62	pluvial inférieur	0.14	0.9	6	0
CH_072_TG	Chemmenbach, Märstetten	TG	33	pluvial inférieur	0.07	0.6	4	10-20
CH_073_TG	Salmsacher Aach, S'sach	TG	47	pluvial inférieur	0.11	0.8	4	>50
CH_074_NW	Engelbergeraa, Oberdorf	NW	225	nivo-glaciaire	2.49	12.5	5	0-10
CH_075_ZG	Lorze, Frauenthal	ZG	262	pluvial inférieur	3.17	7.4	6	20-50
CH_076_ZG	Lorze, Letzi	ZG	100	pluvial supérieur	1.13	3.0	6	0
CH_079_AG	Aabach, Niederlenz	AG	180	pluvial inférieur	0.73	2.5	4	20-50

Tabelle A2: Fortsetzung.

Q<sub>347</sub>: Niederwasserkennwert  
 MQ: Jährlicher mittlerer Abfluss  
 FLOZ: Flussordnungszahl nach Strahler  
 AbwKat: Prozentualer Anteil des Abwassers bei Niederwasser (Q<sub>347</sub>)

Messstelle	Gewässer, Ort	Kanton	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Abflussregimetyp	Q <sub>347</sub> [m <sup>3</sup> /s]	MQ [m <sup>3</sup> /s]	FLOZ [≥1..9]	AbwKat. [%]
CH_084_JU	Allaine, Boncourt	JU	212	pluvial jurassien	0.49	3.2	5	10-20
CH_085_NE	Areuse, Boudry	NE	378	nivo-pluvial jurassien	1.66	11.5	4	0-10
CH_086_GE	Arve, Ecole de médecine	GE	1971	nival de transition	20.70	77.7	5	0-10
CH_087_JU	Birs, Les Riedes-Dessus	JU	571	pluvial jurassien	2.54	10.9	6	10-20
CH_088_JU	Doubs, Ocourt	JU	1280	nivo-pluvial jurassien	5.05	33.1	5	0-10
CH_089_SO	Dünneren, Olten	SO	234	pluvial jurassien	0.55	3.7	5	20-50
CH_091_GR	Inn. S-chanf	GR	616	b-glacio-nival	3.78	21.0	6	0-10
CH_092_BE	Kander, unt. Wfg Hondrich	BE	492	nivo-glaciaire	5.23	20.5	6	0-10
CH_093_LU	Kleine Emme, Littau	LU	478	nivo-pluvial préalpin	3.08	15.7	7	0-10
CH_094_BE	La Suze, Biel	BE	216	nivo-pluvial jurassien	2.04	8.0	3	0-10
CH_095_GR	Landquart, Felsenbach	GR	614	nival alpin	6.11	24.5	6	0-10
CH_098_TI	Maggia, Locarno	TI	927	nival pluvial méridional	2.92	22.9	7	0-10
CH_099_TI	Moesa, Lumino	TI	472	nival pluvial méridional	3.42	20.4	5	0-10
CH_100_SZ	Muota, Ingenbohl	SZ	317	nival de transition	2.67	19.1	6	0-10
CH_101_UR	Reuss, Attinghausen	UR	819	b-glacio-nival	7.11	44.3	6	0-10
CH_106_BE	Saane, Marfeldingen	BE	1893	nivo-pluvial préalpin	53.50	12.0	8	0-10
CH_107_FR	Sarine, Broc	FR	636	nival de transition	5.12	23.2	7	0-10
CH_111_AG	Wigger, Zofingen	AG	369	pluvial inférieur	2.00	5.9	6	10-20
CH_114_BE	Emme, Emmenmatt	BE	231	nivo-pluvial préalpin	2.01	12.0	6	0-10
CH_115_AI	Sitter, Appenzell Sittertal	AI	68	nivo-pluvial préalpin	0.55	3.5	5	0
CH_116_LU	Ron, Hochdorf	LU	28	pluvial inférieur	0.12	0.6	3	0
CH_119_NE	Seyon, Valangin	NE	112	nivo-pluvial jurassien	0.08	0.8	4	>50
CH_123_TI	Maggia, Brontallo	TI	171	nival méridional	1.13	4.0	5	0
CH_126_VD	Mentue, Maugey	VD	105	pluvial jurassien	0.29	1.6	4	0-10
CH_127_VD	Talent, Chavornay	VD	67	pluvial jurassien	0.19	1.2	4	20-50
CH_128_VD	Promenthouse, Gland, Route Suisse	VD	121	nivo-pluvial jurassien	0.24	1.7	4	0-10
CH_129_VD	Boiron de Morges, Tolochenaz	VD	34	pluvial jurassien	0.03		3	20-50
CH_130_VD	Aubonne, Allaman	VD	105	nivo-pluvial jurassien	0.46	5.6	4	0-10
CH_131_VD	Veveyse, Vevey	VD	65	nivo-pluvial préalpin	0.29	2.0	5	0
CH_132_VD	Grande Eau, Aigle	VD	144	nival de transition	1.65	5.0	5	0-10
CH_133_BE	Simme, Lätterbach	BE	569	nival alpin	6.20	20.4	6	0-10
CH_134_BE	La Birse, La Roche St. Jean	BE	199	nivo-pluvial jurassien	0.89	3.3	5	10-20
CH_135_AR	Urnäsch, Kubel	AR	94	nivo-pluvial préalpin	0.41	2.9	5	0-10

**Tabelle B1: Resultate der Messstellen NAWA TREND der Periode 2015.**

Taxazahl: Zahl der Taxa (Arten, Variationen)  
 Diversität H: Diversität H nach Shannon, C. & Weaver, W. (1949), Berechnung als log mit Basis 2  
 DS [%]: Dominanzsumme der relativen Häufigkeit der drei Taxa mit den höchsten Anteilen  
 Teratologie [%]: Prozentualer Anteil an Teratologien (missbildete Schalen, 100 % = Anzahl total gezählte Schalen)  
 DI-CH-Wert: Indexwert Kieselalgen gemäss BAFU Modul Kieselalgen Stufe F (BAFU 2007a) der Jahre 2012 und 2015. Farben = Zustandsklassen gemäss BAFU Modul-Stufen-Konzept in BAFU (2007a).

Messstelle	Gewässer, Ort	Kan- ton	Datum	Taxa- zahl	Diver- sität H	DS [%]	Teratolo- gie [%]	DI-CH 2015	DI-CH 2012
CH_002_BS	Birs, Birskopf	BS	17.3.2015	32	4.18	36	0.2	3.7	3.9
CH_007_BE	Emme, Gerlafingen	BE	9.3.2015	47	4.42	40	1.2	2.8	3.0
CH_009_SO	Limpach, Kyburg	SO	17.3.2015	39	3.80	51	0.0	4.5	5.1
CH_011_SO	Lüssel, Breitenbach	SO	17.3.2015	30	4.18	39	0.0	2.8	2.5
CH_012_OW	Sarneraa, Kägiswil	OW	17.3.2015	32	3.11	67	0.0	1.8	2.1
CH_014_LU	Reuss, Luzern, Seeauslauf	LU	18.2.2015	36	3.95	50	0.0	1.8	2.1
CH_015_VS	Rhône, Brig	VS	14.3.2015	17	1.94	89	0.2	1.5	2.8
CH_016_VS	Vispa, Visp	VS	14.3.2015	25	3.18	63	0.0	1.5	2.4
CH_017_VS	Rhône, Sion	VS	11.3.2015	38	3.49	59	0.0	1.3	2.4
CH_018_VS	Drance, Martigny	VS	11.3.2015	14	1.61	94	0.0	1.1	2.1
CH_020_VD	Venoge, Les Bois	VD	9.3.2015	29	3.48	57	0.0	3.6	5.0
CH_021_VD	Thièle, Yverdon	VD	16.3.2015	38	3.51	63	0.0	3.0	2.6
CH_022_VD	Broye, Domdidier	VD	17.3.2015	26	2.92	69	0.6	4.1	4.5
CH_023_SG	Steinach, Mattenhof	SG	10.3.2015	24	3.38	60	1.2	3.9	5.1
CH_025_SG	Sitter, Leebrugg	SG	10.3.2015	33	4.07	44	0.0	3.7	3.9
CH_026_SG	Thur, Golfplatz	SG	10.3.2015	30	3.93	45	0.2	4.0	3.4
CH_027_SG	Necker, Letzi	SG	10.3.2015	30	3.33	60	0.0	4.1	3.6
CH_028_SG	Glatt, Buechental	SG	10.3.2015	38	4.21	45	0.0	4.4	3.9
CH_032_AG	Pfaffnern, Rothrist	AG	17.3.2015	34	3.96	49	0.0	4.0	3.9
CH_033_AG	Wyna, Suhr	AG	12.3.2015	34	4.18	33	0.0	4.1	3.7
CH_034_AG	Bünz, Möriken	AG	12.3.2015	27	3.06	64	0.0	3.9	4.1
CH_035_AG	Surb, Döttingen	AG	17.3.2015	23	3.64	47	0.0	3.8	4.3
CH_036_AG	Sissle, Eiken	AG	17.3.2015	31	3.91	47	0.0	3.7	3.8
CH_039_AG	Suhre, Suhr	AG	17.3.2015	26	3.69	49	0.0	3.9	4.2
CH_040_ZH	Limmat, Hönggersteg	ZH	9.3.2015	26	1.59	87	0.2	2.0	2.5
CH_041_ZH	Töss, Freienstein	ZH	11.3.2015	47	4.86	28	0.8	3.5	3.6
CH_042_ZH	Sihl, Sihlhölzli	ZH	9.3.2015	34	3.62	54	0.0	2.9	2.8
CH_043_ZH	Glatt, Rheinsfelden	ZH	10.3.2015	43	4.54	32	0.4	4.5	4.3
CH_044_ZH	Glatt, Abfluss Greifensee	ZH	10.3.2015	45	4.55	35	0.4	3.4	3.3
CH_045_ZH	Aabach, Mönchalt Dorf	ZH	10.3.2015	26	2.87	73	0.4	4.2	4.0
CH_046_ZH	Aa, Niederuster	ZH	10.3.2015	29	2.90	67	0.0	3.8	3.8
CH_047_ZH	Reppisch, Dietikon	ZH	23.3.2015	24	3.43	58	0.0	4.0	3.8
CH_048_ZH	Jona, Rüti	ZH	24.3.2015	22	2.41	75	0.0	3.0	3.4
CH_049_ZH	Furtbach, nach ARA O'fingen	ZH	11.3.2015	45	4.50	39	0.0	4.4	3.8
CH_050_ZH	Thur, Andelfingen	ZH	11.3.2015	43	4.08	50	0.0	4.1	3.8
CH_054_FR	Sionge, Vuippens	FR	15.4.2015	28	2.81	70	1.2	2.5	3.4
CH_056_BE	Engstlige, ob. Frutigen	BE	9.4.2015	53	4.33	44	0.6	1.8	1.8
CH_058_BE	Chise, ob. Oberdiessbach	BE	7.3.2015	31	3.50	57	0.0	4.4	4.1
CH_059_BE	Gürbe, vor Mündung in Aare	BE	7.3.2015	38	3.87	55	0.0	3.7	3.2
CH_060_BE	Sense, Thörishaus	BE	8.3.2015	47	4.70	30	0.2	3.4	4.1
CH_062_BE	Urtenen, bei Schalunen	BE	7.3.2015	30	3.04	67	1.0	4.5	3.4
CH_063_BE	Langete, Mangen, vor Rot	BE	18.3.2015	31	3.26	62	0.0	2.7	4.0
CH_065_ZH	Sihl, Hütten	ZH	9.3.2015	26	2.75	71	0.0	2.9	2.9
CH_066_ZH	Töss, Rämismühle (Zell)	ZH	11.3.2015	24	3.15	65	0.0	1.5	2.8
CH_067_BL	Ergolz, Augst	BL	17.3.2015	20	3.49	51	0.0	5.0	4.2
CH_068_JU	Sorne, Delémont	JU	16.3.2015	46	4.19	43	0.0	2.8	3.4
CH_069_JU	Scheulte, Vicques	JU	16.3.2015	32	3.56	58	0.8	2.0	2.6
CH_070_TG	Murg, Frauenfeld	TG	13.3.2015	29	3.95	42	0.2	3.9	4.0
CH_071_TG	Lauche, Matzingen	TG	13.3.2015	20	2.58	72	0.0	3.4	3.7
CH_072_TG	Chemmenbach, Märstetten	TG	13.3.2015	22	3.49	51	0.2	4.0	3.7
CH_073_TG	Salmsacher Aach, S'sach	TG	10.3.2015	25	3.80	45	0.0	4.1	4.3
CH_074_NW	Engelbergeraa, Oberdorf	NW	17.3.2015	19	1.48	91	0.0	1.7	2.2
CH_075_ZG	Lorze, Frauenthal	ZG	18.3.2015	40	4.35	41	0.2	3.6	4.8
CH_076_ZG	Lorze, Letzi	ZG	18.3.2015	19	2.21	80	1.0	2.1	2.9
CH_079_AG	Aabach, Niederlenz	AG	12.3.2015	32	3.95	49	0.0	3.3	3.8

**Tabelle B1: Fortsetzung.**

Taxazahl: Zahl der Taxa (Arten, Variationen)  
 Diversität H: Diversität H nach Shannon, C. & Weaver, W. (1949), Berechnung als log mit Basis 2  
 DS [%]: Dominanzsumme der relativen Häufigkeit der drei Taxa mit den höchsten Anteilen  
 Teratologie [%]: Prozentualer Anteil an Teratologien (missbildete Schalen, 100 % = Anzahl total gezählte Schalen)  
 DI-CH-Wert: Indexwert Kieselalgen gemäss BAFU Modul Kieselalgen Stufe F (BAFU 2007a) der Jahre 2012 und 2015. Farben = Zustandsklassen gemäss BAFU Modul-Stufen-Konzept in BAFU (2007a).

Messstelle	Gewässer, Ort	Kan- ton	Datum	Taxa- zahl	Diver- sität H	DS [%]	Teratolo- gie [%]	DI-CH 2015	DI-CH 2012
CH_084_JU	Allaine, Boncourt	JU	19.3.2015	35	3.85	52	0.4	4.3	4.2
CH_085_NE	Areuse, Boudry	NE	9.3.2015	27	2.91	69	3.0	1.6	3.1
CH_086_GE	Arve, Ecole de médecine **	GE	26.3.2015	32	4.02	50	0.4	3.8	2.8
CH_087_JU	Birs, Les Riedes-Dessus	JU	15.3.2015	37	4.03	43	0.0	3.5	3.2
CH_088_JU	Doubs, Ocourt	JU	19.4.2015	39	3.77	53	0.0	3.2	4.0
CH_089_SO	Dünnern, Olten	SO	17.3.2015	23	2.91	68	0.0	3.3	4.1
CH_091_GR	Inn	GR	8.4.2015	37	4.18	38	0.0	1.9	1.7
CH_092_BE	Kander, unt. Wfg Hondrich	BE	9.4.2015	38	3.45	62	0.0	1.6	2.9
CH_093_LU	Kleine Emme, Littau	LU	18.2.2015	37	4.27	42	0.0	3.2	3.4
CH_094_BE	La Suze, Biel	BE	13.3.2015	35	3.82	48	0.0	3.2	3.3
CH_095_GR	Landquart	GR	18.2.2015	26	3.32	64	0.0	2.5	3.1
CH_098_TI	Maggia, Locarno	TI	4.3.2015	25	3.19	63	0.0	1.1	1.4
CH_099_TI	Moesa, Lumino	TI	4.3.2015	27	3.35	62	0.0	1.2	2.8
CH_100_SZ	Muota, Ingenbohl	SZ	25.2.2015	29	3.30	61	0.8	2.4	2.3
CH_101_UR	Reuss, Attinghausen	UR	25.2.2015	22	3.31	54	0.0	1.1	2.2
CH_106_BE	Saane, Marfeldingen	BE	8.3.2015	36	3.70	49	0.0	2.7	3.1
CH_107_FR	Sarine, Broc	FR	10.4.2015	51	4.65	35	0.6	1.8	1.8
CH_111_AG	Wigger, Zofingen	AG	12.3.2015	33	3.74	52	0.0	3.9	4.2
CH_114_BE	Emme, Emmenmatt	BE	10.4.2015	37	4.24	35	0.0	2.3	3.0
CH_115_AI	Sitter, Appenzell Sittertal	AI	8.4.2015	32	3.71	58	0.0	2.3	2.5
CH_116_LU	Ron, Hochdorf	LU	18.3.2015	37	3.71	54	0.2	4.3	4.8
CH_119_NE	Seyon, Valangin	NE	8.4.2015	24	3.61	53	0.4	4.7	5.3
CH_123_TI	Maggia, Brontallo	TI	4.3.2015	24	2.96	65	0.0	1.1	1.6
CH_126_VD	Mentue, Maugezzaz	VD	10.3.2015	22	3.36	56	0.0	4.3	4.6
CH_127_VD	Talent, Chavornay	VD	10.3.2015	27	3.73	47	0.0	5.3	5.7
CH_128_VD	Promenthouse, Gland, Route Suisse	VD	9.3.2015	43	4.07	47	1.0	2.1	3.1
CH_129_VD	Boiron de Morges, Tolochenaz	VD	12.3.2015	19	2.70	68	0.8	3.4	4.7
CH_130_VD	Aubonne, Allaman	VD	9.3.2015	16	2.18	90	0.0	1.2	2.6
CH_131_VD	Veveyse, Vevey	VD	9.3.2015	33	3.57	55	0.8	2.0	3.5
CH_132_VD	Grande Eau, Aigle	VD	9.3.2015	22	2.97	67	0.0	1.6	2.2
CH_133_BE	Simme, Latterbach	BE	9.4.2015	24	2.83	70	0.0	1.2	1.5
CH_134_BE	La Birse, La Roche St. Jean	BE	16.3.2015	45	4.13	49	0.0	3.1	4.1
CH_135_AR	Urnäsch, Kubel	AR	10.3.2015	37	4.09	50	0.0	2.9	2.8

**Tabelle B2: Resultate der Qualitätssicherung: Zweitanzählung von Stellen der Periode 2015.**

Legende siehe **Tabelle B1**.

Messstelle	Gewässer, Ort	Kan- ton	Datum	Taxa- zahl	Diver- sität H	DS [%]	Teratolo- gie [%]	DI-CH- Wert
CH_002_BS	Birs, Birskopf	BS	17.3.2015	37	3.96	40	0.0	3.71
CH_009_SO	Limpach, Kyburg	SO	17.3.2015	46	3.87	51	0.0	4.21
CH_023_SG	Steinach, Mattenhof	SG	10.3.2015	28	3.45	60	0.0	4.41
CH_033_AG	Wyna, Suhr	AG	12.3.2015	41	4.15	39	0.4	4.20
CH_041_ZH	Töss, Freienstein	ZH	11.3.2015	52	4.81	30	0.2	3.64
CH_043_ZH	Glatt, Rheinsfelden	ZH	10.3.2015	50	4.51	38	0.2	4.23
CH_058_BE	Chise, ob. Oberdiessbach	BE	7.3.2015	20	2.96	66	0.0	4.23
CH_062_BE	Urtenen, bei Schalunen	BE	7.3.2015	21	3.08	57	0.0	4.35
CH_062_BE	Urtenen, bei Schalunen	BE	7.3.2015	28	3.12	63	0.0	3.95
CH_084_JU	Allaine, Boncourt	JU	19.3.2015	27	3.55	51	1.0	4.36
CH_119_NE	Seyon, Valangin	NE	8.4.2015	20	3.37	54	0.0	4.78
CH_127_VD	Talent, Chavornay	VD	10.3.2015	21	3.40	54	0.0	5.18