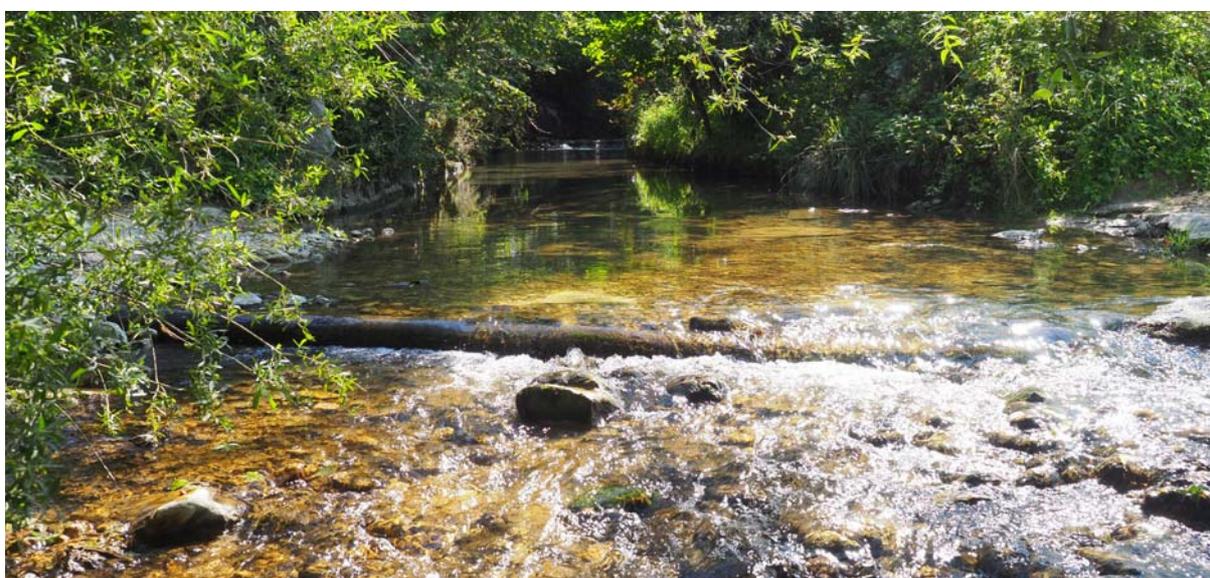

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

NAWA SPEZ Biologie 2018, Teil Diatomeen und Äusserer Aspekt

Fachbericht



Scheulte, Corban JU (SPEZ_045_JU)

Dokument Nr.	1744-B-01
Datum Entwurf:	26.1.2021
Datum Endfassung:	1.3.2021



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



Dr. François Straub · Rue des XXII-Cantons 39
CH-2300 La Chaux-de-Fonds (Suisse)
fstraub@phycoeco.ch · www.phycoeco.ch

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
PhycoEco, Rue des XXII-Cantons 39, CH-2300 La Chaux-de-Fonds

Autoren: Christa Gufler, Joachim Hürlimann (AquaPlus AG)
François Straub (PhycoEco)

MitarbeiterIn: Margrit Ensner Egloff (AquaPlus AG)
Jennifer Iseli (PhycoEco)

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

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	1
1 Ausgangslage, Auftrag und Ziele	3
2 Grundlagen, Methoden und Vorgehen	4
2.1 Grundlagen	4
2.2 Feldarbeiten	4
2.3 Laborarbeiten	4
2.4 Auswertungen	6
2.5 Qualitätssicherung	6
3 Charakterisierung der Messstellen	8
4 Resultate und Diskussion Äusserer Aspekt	12
5 Resultate und Diskussion Kieselalgen	16
5.1 Charakterisierung der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften	16
5.2 Artenzusammensetzung	20
5.3 Teratologie	23
5.4 Zelldichte	26
5.5 Biologisch indizierte Wasserqualität (Indexwert DI-CH)	29
5.6 Standortgerechtigkeit	37
5.7 Qualitätssicherung Kieselalgen	39
6 Fazit	40
7 Literaturverzeichnis	42
8 Glossar und Abkürzungen	44
<hr/>	
ANHÄNGE	45
A1: Liste der Messstelllen NAWA SPEZ der Periode 2015-2018	46
A2: Charaktersierung der Messstelllen NAWA SPEZ der Periode 2015-2018	48
B1: Resultate der Messstellen NAWA SPEZ der Periode 2015-2018	50
B2: Resultate der Qualitätssicherung: Zweitzählung von Stellen der Periode NAWA SPEZ 2018 und NAWA TREND 2019	52

Zusammenfassung

Der vorliegende Fachbericht ist Bestandteil des Projektes und Messprogrammes NAWA SPEZ Biologie. Er beinhaltet den Teil Äusserer Aspekt und Kieselalgen (Diatomeen) der Untersuchungsperiode 2018 und ergänzende Stellen der SPEZ-Kampagnen 2015 und 2017. Es wurden insgesamt 97 kleine Bäche untersucht mit dem Ziel diese biologisch zu charakterisieren. Des Weiteren wurden die 83 Proben des Jahres 2018 bei ID-Gene in Genf molekular biologisch untersucht, mit dem Ziel den Eichdatensatz zur Bildung des DI-CH_{molekular} zu erweitern.

Im Weiteren anerkennete sich die Möglichkeit zu prüfen, inwieweit sich die Kieselalgen-Lebensgemeinschaften dieser kleinen Bäche von grösseren watbaren Fließgewässern des Messprogrammes NAWA TREND unterscheiden. Zudem soll das BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007a) angewandt werden, welches jedoch an grösseren, aber noch watbaren Fließgewässern geeicht wurde. Mit der Anwendung soll eingeschätzt werden, ob das Beurteilungsverfahren mit dem Indexwert DI-CH auch für kleine Bäche Gültigkeit hat. Die Berichterstattung beschränkt sich somit nicht bloss auf die Charakterisierung der SPEZ-Stellen, sondern vergleicht wenn sinnvoll mit den Resultaten des Messprogrammes NAWA TREND.

Qualitätssicherung: Zur Qualitätssicherung wurden diverse Vorgaben gemacht respektive Kontrollen durchgeführt. Es waren dies vorgängig zur Feldarbeit für alle im Feld beteiligten Personen ein obligatorischer Workshop zur Technik der quantitativen Probenahme wie auch der Probenkonservierung. Zudem wurden den bei den Bestimmungen zuständigen Firmen und Fachpersonen eine einheitliche Taxaliste und eine Vorgehensweise zur quantitativen Zählung vorgegeben. Nach erfolgter Bestimmung wurden sämtliche Indexberechnungen und Auswertungen überprüft sowie die Bestimmungen kontrolliert. Im Weiteren wurden fünf Kontrollzählungen durchgeführt, welche zeigten, dass die Erst- und Zweitzählung (= Kontrollzählung) höchstens im Rahmen der Erwartungen voneinander abwichen. Sämtliche Daten und Protokolle liegen in elektronischer Form vor und die Kieselalgenproben und -präparate wurden gemäss Vorgaben archiviert.

Resultate Äusserer Aspekt Die fließende Welle wurde bezüglich des Äusseren Aspektes gehäuft durch wenig bis mittel viel stabilem Schaum beeinträchtigt (bei 15 % der 97 Stellen). Die Gewässersohle wies oft eine kolmatierte Sohle (29 %) und Abfälle (39 %) auf. Andere Beeinträchtigungen wie Eisensulfid, Verschlammung oder Feststoffe aus der Siedlungsentwässerung waren seltener. Grössere watbare Bäche des Messprogrammes NAWA TREND 2019 waren hinsichtlich des Äusseren Aspektes öfters und durch mehr Parameter beeinträchtigt wie die kleinen SPEZ-Bäche und dies deutlich ausgeprägter in der Gewässersohle wie in der fließenden Welle. Als mögliche Gründe sind Unterschiede denkbar zwischen den beiden Bachgrössen bezüglich der Dynamik, der Sohlenstabilität, der Vielfalt an landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet, dem Abwassereinfluss (Siedlungsentwässerung, Kläranlagen, Strassenabwasser) sowie der Ökomorphologie (Verbauungstypen).

Resultate Kieselalgen: Bei den Kieselalgen wurden in den 97 Proben der Jahre 2015, 2017 und 2018 (alles Sommerproben) anlässlich der Zählung von 500 Schalen 279 Taxa gefunden. Dies sind 53 % der für Fließgewässer Mitteleuropas

aufgeführten häufigen 526 Taxa. Die Struktur (Taxazahl, Diversität, Teratologie, DI-CH-Gradient) dieser epilithischen Lebensgemeinschaften der SPEZ-Stellen (kleine Bäche) unterschieden sich trotz eher weniger Taxa pro Probe und einer etwas geringeren Diversität nicht wesentlich von denjenigen der TREND-Stellen (grösser, noch watbare Bäche).

Die Zelldichte war um mindestens eine Zehnerpotenz deutlich tiefer als diejenige beim TREND-Datensatz 2019. Gründe dafür dürften die Gewässergrösse (kleine Bäche sind dynamischer), die Saisonalität (Kieselalgen bevorzugen tiefe Temperaturen) und die trockene Witterung im Sommer 2018 gewesen sein. Die Zelldichte als quantitative Grösse erachten wir als wichtigen Kennwert zur Charakterisierung eines Gewässers. Ihre Bedeutung kommt aber vor allem bei Untersuchungen im Fliessverlauf eines Gewässers zum Tragen und weniger bei reinen Monitoringuntersuchungen.

Der Anteil der gebietsfremden Arten wurde vor allem durch das Taxon *Achnanthes delmontii* bestimmt. Dieses Taxon erreichte zum Teil sehr hohe Werte bis zu Anteilen von 80 %. Es verdrängte damit auch einheimische Arten.

Der DI-CH-Wert wies bei 86 der 97 SPEZ-Stellen den Zustand 'sehr gut' oder 'gut' auf. Dies entspricht 89 % aller SPEZ-Stellen. Von den restlichen 11 Stellen indizierten 9 Stellen den Zustand 'mässig', respektive 2 Stellen den Zustand 'unbefriedigend'. Damit genügten 11 % der SPEZ-Stellen den Anforderungen gemäss GSchV Anhang 1 nicht (ökologische Ziele). Während hinsichtlich der DI-CH-Zustandsklassen 89 % aller SPEZ-Stellen einen guten bis sehr guten Zustand indizierten, wiesen hinsichtlich Standortgerechtigkeit bloss 19 % aller SPEZ-Stellen eine standortgerechte Lebensgemeinschaft auf. Der Kieselalgenindex DI-CH indiziert gemäss Methode die chemische Wasserqualität der fliessenden Welle, nicht aber die gewässertypspezifische Standortgerechtigkeit.

Eignung der Methode: Die im Rahmen des SPEZ-Programmes 2018 gemachten Erkenntnisse lassen vorerst den Schluss zu, dass die Methodik zur Bestimmung des DI-CH-Wertes gemäss BAFU (2007a) bei kleinen Bächen angewandt werden kann. Dies weil sich die Lebensgemeinschaften nicht wesentlich von denjenigen grösserer, aber noch watbaren Fliessgewässern unterscheiden. Voraussetzung ist aber die Verwendung von dauerbenetzten faust- bis kopfgrossen Steinen der fliessenden Welle. Eine eindeutige Klarheit über die Verwendung der Methode bei kleinen Bächen besteht aber erst, wenn viele eruierte DI-CH-Werte kleiner Bäche unterschiedlichster Belastungen, anhand den bei der Eichung beigezogenen chemischen Parametern überprüft wurden.

1 Ausgangslage, Auftrag und Ziele

Der vorliegende Fachbericht ist Bestandteil der Spezialkampagne 'Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA SPEZ Biologie'. Der Fachbericht beinhaltet die Teile 'Kieselalgen (Diatomeen)' und 'Äusserer Aspekt' der Untersuchungskampagne NAWA SPEZ des Jahres 2018 und ergänzende Stellen der SPEZ-Kampagnen 2015 und 2017.

Das Ziel der Kampagne NAWA SPEZ 2018 war es, den biologischen Zustand kleiner Fließgewässer der Schweiz zu erheben sowie Erfahrungen (Vorgehen, Probenahme, Methodik, Bewertung) zu sammeln. Dazu wurden verteilt über die ganze Schweiz Stellen ausgewählt von unbelastet bis stark belastet aus ganz unterschiedlichen Quellen (Landnutzungen, Abwasser). Um Synergien zu nutzen, wurden auch kantonale Stellen und Stellen aus dem Biodiversitätsmonitoring (BDM) miteinbezogen sowie Resultate von Aufnahmen kleiner Bäche der beiden Kampagnen NAWA SPEZ 2015 und 2017 (AquaPlus 2015, AquaPlus 2017).

Die schweizweite Beprobung von Stellen kleiner Bäche anbietet auch die Möglichkeit zu prüfen, ob die Kieselalgen-Lebensgemeinschaften kleiner Bäche ähnlich sind zu denjenigen zu grösseren wasserbaren Fließgewässern. Basierend auf den Erkenntnissen lässt sich dann allenfalls schliessen, ob die Methode zur Eruiierung des Indexwertes DI-CH gemäss BAFU (2007a) auch für kleine Fließgewässer geeignet ist.

Gegenstand dieses Auftrages sind die Präparation, die Bestimmung, die Qualitätssicherung, die Auswertung sowie die Berichterstattung der in der Untersuchungskampagne 2018 erhobenen Kieselalgenproben sowie der Einbezug der Resultate ergänzender Stellen der SPEZ-Kampagnen 2015 und 2017. Die Probenahme der Kieselalgenproben des Jahres 2018 erfolgte unter der Projektleitung von AquaBug, Neuenburg und in den Jahren 2015 und 2017 durch AquaPlus AG, Zug.

Mit dem vorliegenden Bericht werden die folgenden Aspekte abgehandelt:

- Auflisten der durchgeführten Tätigkeiten (angewandte Methodik, Vorgehen),
- Besprechung der Resultate des Äusseren Aspektes,
- Qualitätssicherung der Kieselalgendaten,
- Auswertung der Resultate der Kieselalgen hinsichtlich Indexwert DI-CH, Taxazahl, Diversität, Teratologie, dominierende und gebietsfremde Arten, Standortgerechtigkeit, Zelldichte sowie hinsichtlich auserwählter Einflussfaktoren wie Landnutzung, Abwasseranteil, Abfluss sowie biogeografische Lage und Grösse der Einzugsgebiete,
- Fazit auch im Hinblick der Eignung der Methode zur Eruiierung des Indexwertes DI-CH in kleinen Fließgewässern.

Die Resultate des DI-CH_{molekular} der Untersuchungskampagne NAWA SPEZ 2018 werden im Fachbericht TREND 2019 abgehandelt.

2 Grundlagen, Methoden und Vorgehen

2.1 Grundlagen

Die Basis dieses Berichtes stellen die Kieselalgenproben der Untersuchungskampagne 2018 sowie früherer NAWA SPEZ-Kampagnen der Jahre 2015 und 2017 dar (AquaPlus 2015, AquaPlus 2017). Insgesamt wurden an 97 Stellen Kieselalgenproben der Sommerprobenahme untersucht. **Tabelle 2.1** enthält einen Überblick der bisher in NAWA SPEZ pro Jahr untersuchten Proben sowie die Angaben zu 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 A1**. 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.

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

Jahr	Anzahl Proben	Auftraggeber	Kantone	Präparation	Bearbeitung ¹
2015	6	BAFU	BE, TI, VS, ZH	AquaPlus AG	AquaPlus AG
2017	8	BAFU	BE, BL, FR, VD SH, TG, ZH	AquaPlus AG AquaPlus AG	AquaPlus AG AquaPlus AG
2018	83	BAFU	OST ² WEST ³	AquaPlus AG AquaPlus AG	AquaPlus AG PhycoEco
Total	97	Proben der Jahre 2015-2018			

¹ Bestimmung, Zählung, Kurzkomentare erstellen.

² OST: Kantone AG, AI, AR, BE, BL, BS, FR*, GL, GR, LU, NW, OW, SG, SH, SO, SZ, TG, TI, UR, ZG und ZH.

*FR: Spez_028, 029, 033

³ WEST: Kantone FR*, GE, JU, NE, VD und VS.

*FR: Spez_031, 032

2.2 Feldarbeiten

Die **Probenahme** der Kieselalgenproben erfolgte gemäss Anleitungen des Modul-Stufen-Konzeptes Kieselalgen (BAFU 2007a) in den Jahren 2015 und 2017 durch AquaPlus AG, Zug und im Jahr 2018 unter der Federführung von Aquabug, Neuenburg. Erweiternd zum Modul-Stufen-Konzept wurde die Probenahme im Jahr 2018 **quantitativ** durchgeführt (standardisierte Probenahme-Utensilien, Protokollieren Anzahl beprobter Steine, Miteinbezug der Verdünnungsschritte im Labor) mit dem Ziel, die Zelldichten der Lebensgemeinschaft zu eruieren. Des Weiteren wurden die Messstellen durch die Feldbearbeiterinnen und -bearbeiter fotografisch dokumentiert sowie der Äussere Aspekt (BAFU 2007b) erhoben.

2.3 Laborarbeiten

Die Laborarbeiten (Herstellung Dauerpräparate, Bestimmung, Zählung und Erfassen der Teratologie) erfolgten nur durch Personen, welche die Kieselalgen sehr gut kennen. Es sind dies Joachim Hürlimann, Margrit Enser Egloff und Christa Gufler (alle AquaPlus AG) sowie François Straub und Jennifer Iseli (beide PhycoEco). Alle involvierten Personen nehmen jährlich am Workshop 'Diatomeen' der Arbeitsgemeinschaft S.A.M / A.S.E.M¹ in Wädenswil teil und absolvieren jährlich einen Ringtest, welcher ebenfalls durch S.A.M. / A.S.E.M organisiert wird.

¹ Journées d'études des taxa critiques pour l'indice diatomique DI-CH. Die Veranstaltung wird organisiert und durchgeführt durch die Schweizerische Arbeitsgemeinschaft Mikroflora S.A.M. / A.S.E.M (Mitorganisatoren Dr. François Straub, PhycoEco und Dr. Joachim Hürlimann, AquaPlus AG).

Die **Herstellung der Dauerpräparate** erfolgte im Auftrag und in Begleitung der AquaPlus AG im Labor des Kantons Zug (Amt für Verbraucherschutz, Steinhäusern). Das Präparationsverfahren entsprach der vom BAFU vorgegebenen Technik und wurde ebenfalls **quantitativ** durchgeführt:

1. Zugabe von HCl, aufkochen, anschliessend Filtration durch Teflonfilter, waschen/neutralisieren mit entionisiertem Wasser,
2. erneutes Kochen mit H₂SO₄,
3. Zugabe von KNO₃ in die heisse Lösung (Endoxidation), Filtration durch neuen Teflonfilter, waschen/neutralisieren mit entionisiertem Wasser,
4. Waschen mit Seifenwasser und erneutes waschen/neutralisieren mit entionisiertem Wasser,
5. Einbetten in Naphrax.

Der detaillierte Methodenbeschrieb des angewandten Verfahrens kann dem BAFU Modul Kieselalgen Stufe F (BAFU, 2007a) entnommen werden.

Die uns übergebenen Proben enthielten zum Teil eine ungenügende Menge an Biomasse. Damit blieb nach der Präparation nicht für jede Stelle genug präpariertes Material für die Archivierung übrig. Zudem konnte auch nicht für jede Stelle ein für die Mikroskopie qualitativ gutes Präparat hergestellt werden.

Für die **Bestimmung und Zählung** der 500 Schalen wurde ein Mikroskop mit 1'000-facher Vergrösserung verwendet (Ölimmersion, Phasenkontrast und Interferenz). Die Bestimmung 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. (2013) sowie Spezialliteratur zu einzelnen Gruppen. Wir verweisen dazu auf die Angaben und Fototafeln im Modul-Stufen-Konzept Kieselalgen (BAFU 2007a) sowie auf das Literaturverzeichnis. Sämtliche Zählungen wurden mit wenig Ausnahmen in die neue Taxonomie übertragen (gemäss Hofmann et al. 2013).

Eine quantitative Probenahme erfolgte nur im Jahr 2018 und dies bei 75 der 83 Proben. Bei 8 Proben war gemäss Angaben im Feldprotokoll das Substrat nicht geeignet, die Sohle zu mobil oder so stark kolmatiert, dass die Probenahme nicht quantitativ durchgeführt werden konnte.

Die Erfassung der **Teratologie** (Missbildungen bei der Schalenstruktur) erfolgte mit 5 Typen. Die Typen sind im Kapitel 5.3 beschrieben.

Die **Datenerfassung** erfolgte in der Datenbank BIS der Firma AquaPlus AG. Zudem wurde für jede Zählliste eine Excelliste erstellt und dem BAFU übergeben. Die Daten der Kieselalgenzählungen sämtlicher NAWA-SPEZ Untersuchungen (seit 2012) wurden des Weiteren im Januar 2020 an MIDAT+ DIA 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).

2.4 Auswertungen

Die Auswertungen erfolgten gemäss Modul-Stufen-Konzept Kiesellagen (BAFU 2007a). Als Basis für alle Auswertungen wurden die relativen Häufigkeiten berechnet. Zusätzlich zum Diatomeen Index der Schweiz DI-CH 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, die Zelldichte bestimmt und die Standortgerechtigkeit der Lebensgemeinschaften eingeschätzt, wie dies die ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung (GSchV, 1998) 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.

2.5 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung der Daten wurde durch folgende Ansätze gewährleistet:

- **Präparation:** Einheitliche Methode über alle 97 Proben hinweg.
- **Doppelzählungen:** 5 Proben wurden von zwei verschiedenen Personen unterschiedlicher Institutionen gezählt und die Zähllisten sowie die Auswertungen miteinander verglichen. 5 weitere Proben wurden im Rahmen des Projektes NAWA TREND 2019 einer Zweitbestimmung unterzogen (AquaPlus & PhycoEco, 2021).
- **Taxabezeichnungen:** Harmonisierung der Taxa (gleiche Bezeichnung für dasselbe Taxon, keine Synonyme).
- **Synonymie:** Anwenden der Synonymieliste und Abgleich der D- und G-Werte, sofern mehrere Personen zählen und auswerten.
- **Plausibilisierung:** Sämtliche Zähllisten wurden auf Auffälligkeiten hin geprüft und wenn nötig im Mikroskop verifiziert. Allfällige Fragen zu Bestimmungen besprachen die Autoren des Fachberichtes der beiden involvierten Institutionen AquaPlus AG und PhycoEco.
- **Zelldichten:** Die eruierten Zelldichten wurden mit Hilfe der Fotos der abgekratzten Steine plausibilisiert.
- **DI-CH-Wert:** Nachkontrolle sämtlicher Indexberechnungen.

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

In der Tabelle sind für jede Messstelle pro Jahr die Anzahl entnommene Proben aufgeführt. In den Jahren 2015 und 2017 wurden jeweils zwei Probenahmen durchgeführt (Frühjahr und Sommer). Im Jahr 2018 erfolgte nur eine Probenahme im Sommer. Für die Auswertungen im vorliegenden Fachbericht wurden pro Stelle nur die aktuellsten Proben der Sommerprobenahme verwendet.

Kanton	ID	Gewässer, Ort	2015	2017	2018
AG	Spez_001_AG	Fisibach, Fisibach			1
	Spez_002_AG	Hottwilerbach, Wil			1
	Spez_003_AG	Chrüzlibach, Böbikon			1
	Spez_004_AG	Effingerbach, Bözen			1
	Spez_005_AG	Küntenerbach, Künten			1
	Spez_006_AG	Dorfbach, Teufenthal			1
	Spez_007_AG	Bergbach/Dorfbach, Auw			1
AI	Spez_008_AI	Rödelbach, Rüte			1
	Spez_009_AI	Horstbach, Schwende			1
AR	Spez_010_AR	Sägebach, Trogen			1
	Spez_011_AR	Mühlebach, Waldstatt			1
BE	Spez_012_BE	Chalière, Perrefitte			1
	Spez_013_BE	Mibach, Büren an der Aare	2	1	
	Spez_014_BE	Walterswilbach, Ursenbach			1
	Spez_015_BE	Chrümmlisbach, Schalunen		2	
	Spez_016_BE	Lyssbach, Schüpfen			1
	Spez_017_BE	Ballmoosbach, Zuzwil		2	1
	Spez_018_BE	Kanal Burgermoos, Lüscherzmoos	2		
	Spez_019_BE	Richigenbach, Worb			1
	Spez_020_BE	Wileringbächli, Neuenegg			1
	Spez_021_BE	Heubach, Rüscheegg			1
	Spez_022_BE	Geilsbach, Adelboden			1
	Spez_023_BE	Scherlibach, Wald			1
BL	Spez_024_BL	Weierbach, Binningen	2	2	
	Spez_025_BL	Wahlenbach, Laufen			1
BS	Spez_026_BS	Bettingerbach, Bettingen			1
FR	Spez_027_FR	Le Bainoz, La Vounaise		2	
	Spez_028_FR	Arbogne affl, Corserey			1
	Spez_029_FR	Longivue, Gibloux			1
	Spez_031_FR	Corjon, Châtel-Saint-Denis			1
	Spez_032_FR	Tatrel, Remaufens			1
	Spez_033_FR	Ruisseau de Corsalette, Grolley			1
GE	Spez_034_GE	Creuson, Collex-Bossy			1
GL	Spez_036_GL	Linthkanal Zufl, Niederurnen			1
GR	Spez_038_GR	Ovel da la Resgia, St. Moriz			1
	Spez_039_GR	Valtur-Dorfrüfi, Trimmis			1
	Spez_040_GR	Mulinbach, Domat/Ems			1
	Spez_041_GR	Stäzer Bach, Churwalden			1
	Spez_042_GR	Clozza, Scuol			1
JU	Spez_043_JU	Vendline, Vendlincourt			1
	Spez_044_JU	Ervaratte, La Baroche			1
	Spez_045_JU	Scheulte, Corban			1
LU	Spez_046_LU	Dorfbach Geuensee, Geuensee			1
	Spez_047_LU	Rickenbach, Ebersecken			1
	Spez_048_LU	Ron, Root			1
	Spez_049_LU	Tannebach, Buttisholz			1
	Spez_050_LU	Sellenbodenbach, Neuenkirch			1
	Spez_051_LU	Würzenbach, Luzern			1
NE	Spez_052_NE	Seyon, Val-de-Ruz			1
	Spez_053_NE	Sorge, Valangin			1
NW	Spez_054_NW	Gieslibach, Stansstad			1
OW	Spez_055_OW	Grosse Schliere, Sarnen			1
	Spez_056_OW	Rütibach, Giswil			1
SG	Spez_057_SG	Zapfenbach, Diepoldsau			1
	Spez_058_SG	Mittlerer Seegraben, Oberriet			1
	Spez_059_SG	Gerenbach, Rapperswil-Jona			1
	Spez_060_SG	Grabserbach, Grabs			1
	Spez_061_SG	Sornbach Zufl, Niederbüren			1
SH	Spez_062_SH	Fochtelgraben, Neunkirch			1
	Spez_063_SH	Essitaalgraben, Hallau		2	1
	Spez_064_SH	Hoobach, Hallau		2	
SO	Spez_065_SO	Aabach, Lostdorf			1
	Spez_066_SO	Stuesslingerbach, Lostdorf			1
	Spez_067_SO	Ramiswilerbach, Mümliswil-Ramiswil			1
SZ	Spez_068_SZ	Mächlerruns, Schübelbach			1
	Spez_069_SZ	Fischernbach, Alpthal			1
TG	Spez_070_TG	Eschelisbach, Güttingen		2	2
	Spez_071_TG	Tobelmülibach, Stelli, westlich von Romanshorn		2	2
	Spez_072_TG	Oppikerbach, Bussnang			1
	Spez_073_TG	Luetzelmurg, Bichelsee-Balterswil			1
TI	Spez_074_TI	Ri delle Sponde, Someo		2	
	Spez_075_TI	Isella, Locarno			1
	Spez_076_TI	Canale, Malpensada, Gudo, Piano di Magadino		2	
	Spez_077_TI	Laveggio, Mendrisio			1
UR	Spez_078_UR	Giessen, Flüelen			1
	Spez_079_UR	Riedertalerbach, Bürglen			1
VD	Spez_030_VD	Le Talent, Bois du Jurat		2	
	Spez_080_VD	Bioleyre, Payerne, Etrabloz			1
	Spez_081_VD	Canal Occidental, Treycovagnes			1
	Spez_082_VD	Ruisseau des Combes, Chavornay			1
	Spez_083_VD	Combagnou, Pampigny			1
	Spez_084_VD	Irence, Yens			1
	Spez_085_VD	Forestay, Puidoux			1
	Spez_086_VD	Eau Noire, Perroy			1
	Spez_087_VD	Petit Hongrin, Villeneuve			1
VS	Spez_088_VS	Canal D'Uvrier, Sion			1
	Spez_089_VS	Ruisseau de Sensine, Premplaz		2	
	Spez_090_VS	La Tsatonire, östlich von Sensine		2	
	Spez_091_VS	Printse affl, Nendaz			1
	Spez_092_VS	Rhône affl, Collonges			1
ZG	Spez_093_ZG	Littibach, Baar			1
	Spez_094_ZG	Dorfbach Oberägeri, Oberägeri			1
ZH	Spez_096_ZH	Mülibach, Wildberg			1
	Spez_097_ZH	Dorfbach Maur, Maur			1
	Spez_098_ZH	Mostbach, Hellberg, Oberhöflerriet		2	
	Spez_099_ZH	Lieburgerbach, Egg			1
	Spez_100_ZH	Chrebsbach, Waldweiher Thalwil		2	2
Ausgewertet wurde pro Stelle die aktuellste Probe der Sommerprobenahme.					
Anzahl Stellen pro Jahr (total)			10	11	83
Anzahl verwendete Stellen pro Jahr			6	8	83
Anzahl Proben Periode 2015-2018			97		

3 Charakterisierung der Messstellen

Das Messstellennetz NAWA SPEZ 2018 umfasste zu Beginn insgesamt 86 Messstellen. Davon wurden 83 Messstellen mittels Kieselalgen untersucht. Nicht beprobt wurden die Bäche Nant de Crues, Avully (Spez_035_GE), Steinigernach, Haslen (Spez_037_GL, trocken) und Landbach, Wasterkingen (Spez_095_ZH, trocken). Zusätzlich zu diesen 83 Messstellen wurden für die Auswertungen basierend auf früheren NAWA SPEZ Untersuchungen weitere 14 Proben von kleinen Bächen der Jahre 2015 und 2017 beigezogen. Somit standen insgesamt 97 Proben von 97 Messstellen zur Verfügung (**Abbildung 3.1, Tabelle 2.2, Anhang A: Tabelle A1**).

Die Spannweite einiger weniger ausgewählter Kenngrössen der 97 Messstellen sind in **Tabelle 3.1** aufgelistet und in **Abbildung 3.2 (A, B)** dargestellt. Letztere enthält zum Vergleich die Darstellung der Gradienten der Landnutzungen des TREND-Datensatzes 2019. Das kleinste Einzugsgebiet weist eine Fläche von 0.23 km² (Mostbach, Spez_098_ZH) und das grösste eine solche von 53.9 km² (Seyon, Spez_052_NE) auf. 79 (= 81 %) der 97 untersuchten Fließgewässerabschnitte entsprechen der Flussordnungszahl (FLOZ) 1, 2 oder 3 und 18 Stellen (= 19 %) gehören in die Klasse FLOZ 4. Grössere Gewässer wurden nicht untersucht.

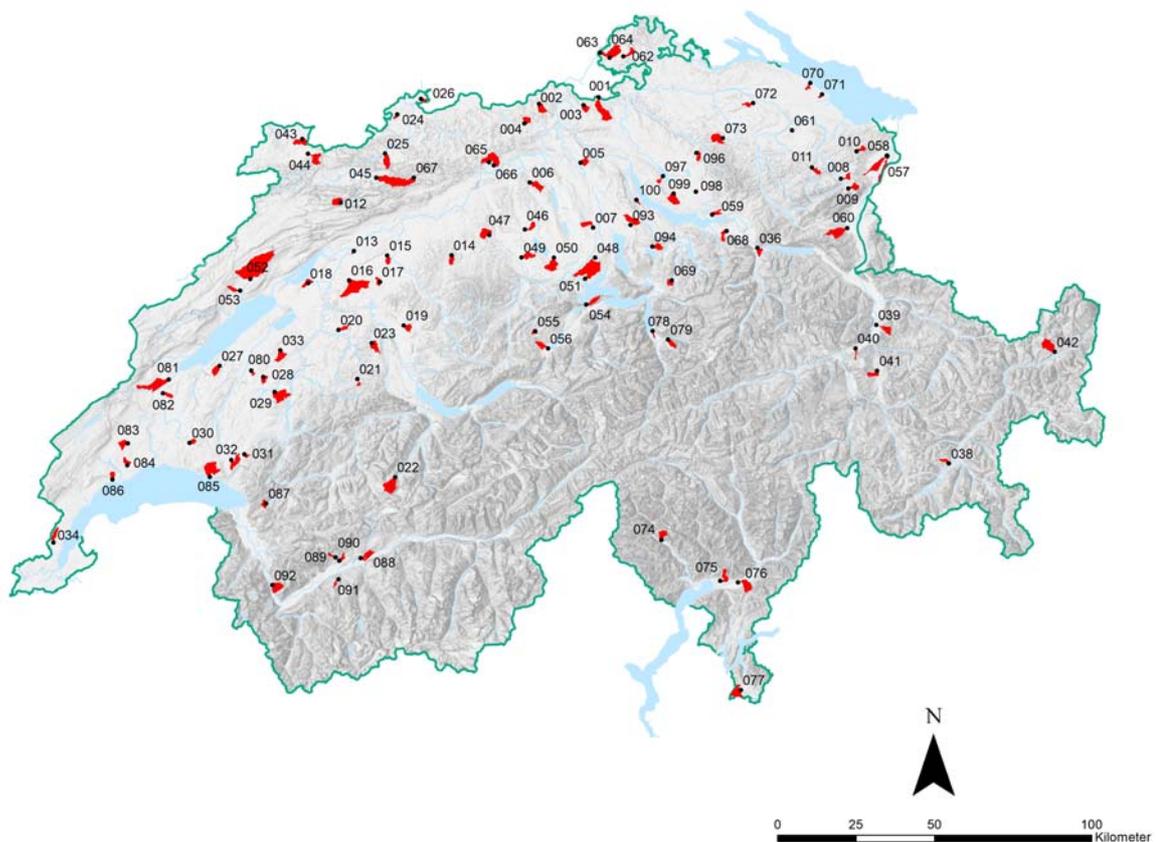


Abb. 3.1: Geografische Lage der 97 Untersuchungsstellen NAWA SPEZ der Jahre 2015 (n = 6), 2017 (n = 8) und 2018 (n = 83) und deren Einzugsgebiete (rot eingefärbte Flächen) sowie Angabe der SPEZ-ID.
Karte erstellt durch AquaPlus.

Die untersuchten Messstellen wiesen bei 91 der 97 Stellen kein Abwasser auf. In je zwei Fällen war der Abwasseranteil bei Niederwasser gering (0-10 %), gross (> 50 %) oder der Abwasseranteil konnte mangels Eruiieren des Niederwasser-kennwertes Q₃₄₇ nicht berechnet werden.

Die Gradienten der Landnutzungen zeigen, dass es eine grosse Spannweite von ganz unterschiedlichen Nutzungen wie Grünland, Acker, Obstbau oder Rebbau gibt. Aber auch etliche Messstellen weisen einen hohen Anteil an Siedlung, Wald oder unproduktiven Flächen auf. Unterschiede zum TREND-Datensatz 2019 bestehen hauptsächlich beim Abfluss sowie bei der Wald-, der Landwirtschafts- und der unproduktiven Fläche und den Grossvieheinheiten (**Tabelle 3.1, Abbildung 3.2 A B**). Bei 26 Stellen beträgt die Gesamtfläche des Einzugsgebietes an überlagernden anthropogenen Nutzungen (Siedlung, Acker, Obstbau und/oder Rebbau) mehr als 50 %. Bei 31 Stellen war dieser Anteil kleiner wie 10 %.

Tab. 3.1: Charakterisierung der 97 Messstellen NAWA SPEZ 2015-2018 aufgrund von auserwählten Kennwerten.

Darstellung der Gradienten über alle Messstellen hinweg siehe **Abb. 3.2**

Fläche

Flächenanteil des gesamten Einzugsgebietes EZG

Hydrologie

MQ: Mittlerer jährlicher Abfluss

Landnutzungen

Unprod. Unproduktive Flächen (Gewässer, unproduktive Vegetation und Flächen, Gletscher etc.)

Wald Bestockte Flächen

Siedlung Siedlungsfläche

Grünland Grünlandfläche

Landw. Landwirtschaft

GVE Grossvieheinheiten pro km² Einzugsgebiet

Weitere Kennwerte

FLOZ: Flussordnungszahl nach Strahler (1952)

AbwKat: Abwasserkategorie, Anteil Abwasser bei Niederwasser Q₃₄₇

k. A.: Keine Angabe oder "no Q₃₄₇"

Kennwert	Einheit	Anzahl Stellen	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum
Fläche	km ²	97	0.23	4.4	6.36	53.9
MQ	m ³ /s	96	0.00	0.11	0.15	1.30
Landnutzungen (Anteile)						
Unprod.	Anteil [%]	97	0	1	4	34
Wald	Anteil [%]	97	0	31	36	100
Siedlung	Anteil [%]	97	0	6	10	44
Grünland	Anteil [%]	97	0	26	28	82
Acker	Anteil [%]	97	0	11	20	69
Obstbau	Anteil [%]	97	0	1	1	21
Rebbau	Anteil [%]	97	0	0	1	34
Landw.	Anteil [%]	97	0	52	43	92
GVE	Anzahl/km ²	97	0	43	61	245

Obstbau 21 %: Canal D'Uvrier, Sion, SPEZ_088_VS

Rebbau 34 %: Eau Noire, Perroy, SPEZ_086_VD

Kennwert	Einheit	Anzahl Stellen	Flussordnungszahl (FLOZ nach Strahler)								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
FLOZ	Anzahl	97	8	41	30	18	0	0	0	0	0
	Anteil [%]	97	8	42	31	19	0	0	0	0	0
	kumuliert [%]	97	8	51	81	100	100	100	100	100	100

Kennwert	Einheit	Anzahl Stellen	Anteil Abwasser bei Niederwasser [Klassen in %]					k. A.
			0	0-10	10-20	20-50	>50	
AbwKat	Anzahl	97	91	2	0	0	2	2
	Anteil [%]	97	94	2	0	0	2	2
	kumuliert [%]	97	94	96	96	96	98	100

0-10 % Fisibach, Fisibach, SPEZ_001_AG
Creuson, Collex-Bossy, SPEZ_034_GE

>50 % Arbogne affluent, Grolley, SPEZ_028_FR
Ruisseau de Corsalette, Grolley, SPEZ_033_FR

k. A. Würzenbach, Luzern, SPEZ_051_LU
Canal Occidental, Treycovagnes. SPEZ_081_VD

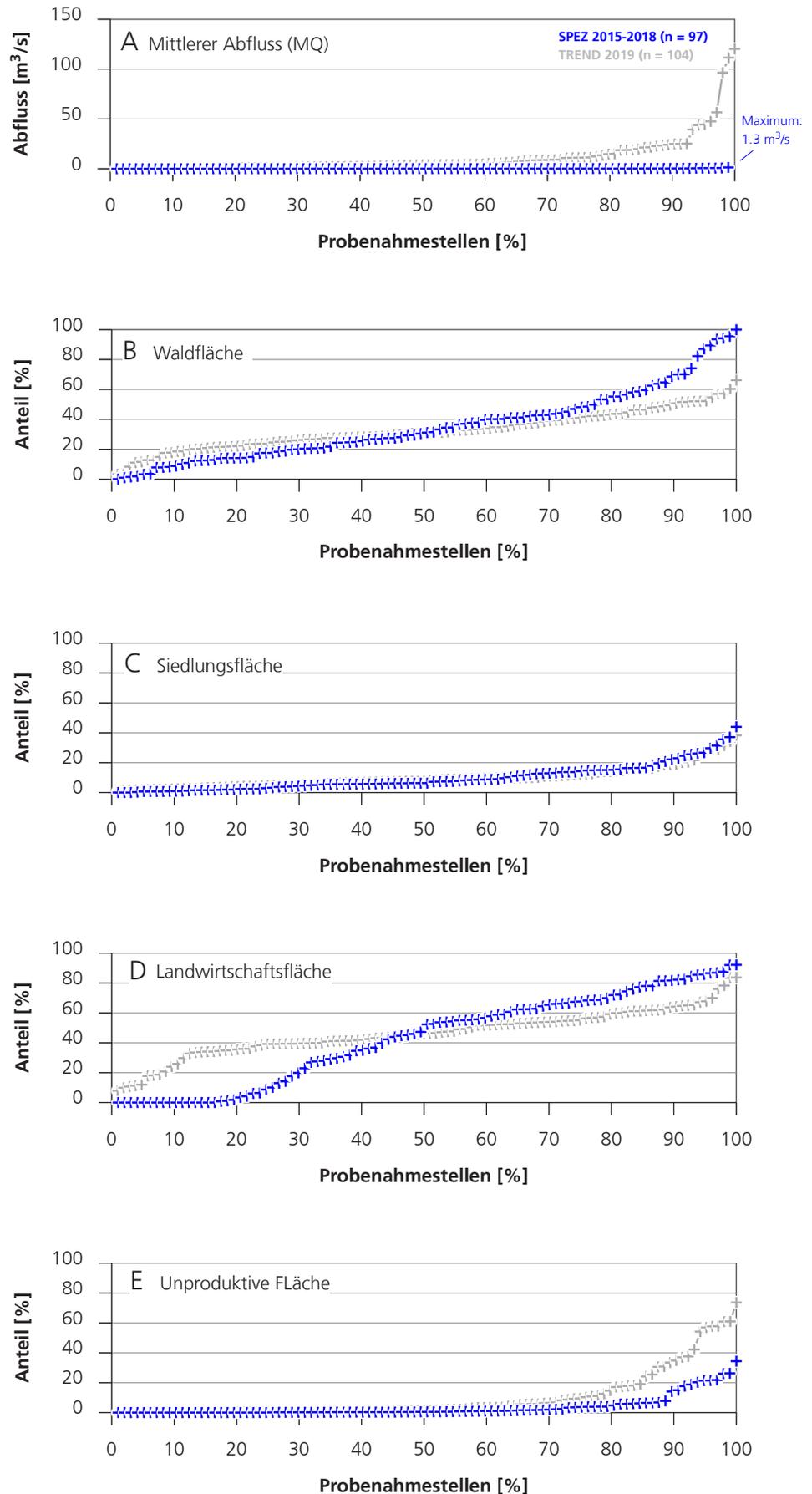


Abb. 3.2 A: Grafische Darstellung von hydrologischen (A) und landnutzungsspezifischen Gradienten (B, C, D, E) pro Einzugsgebiet der 97 Messstellen NAWA SPEZ 2015-2018 und der 104 Messstellen NAWA TREND 2019. Abkürzungen und statistische Kennwerte siehe Tabelle 3.1.

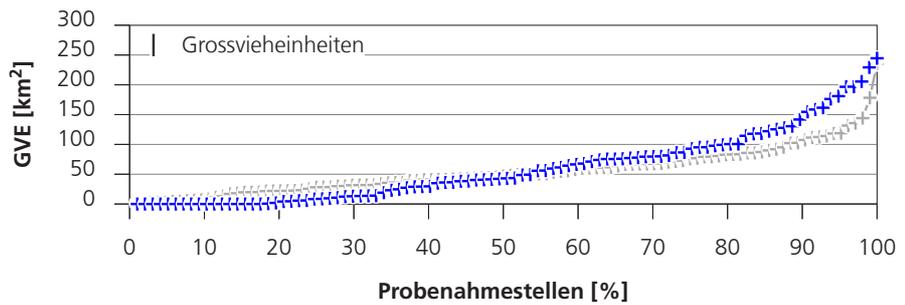
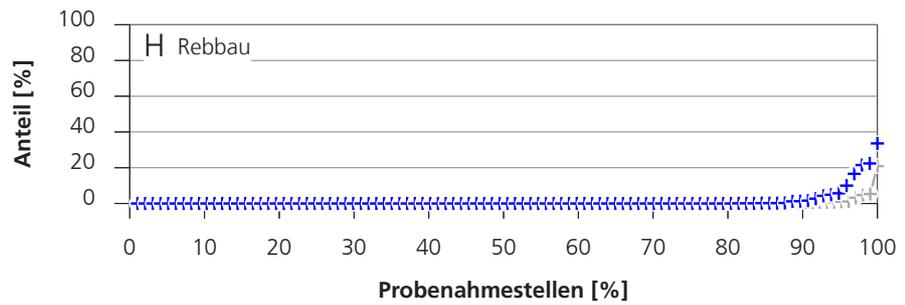
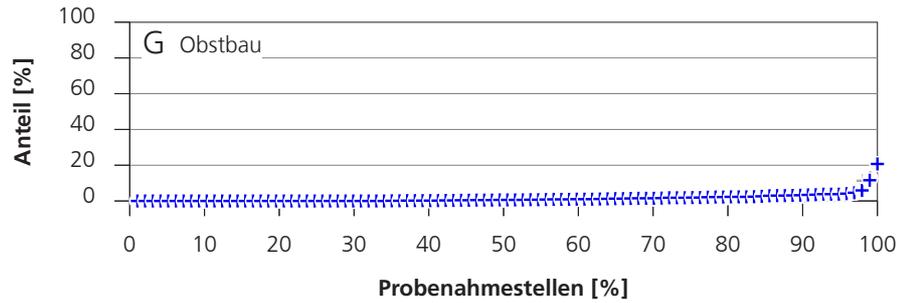
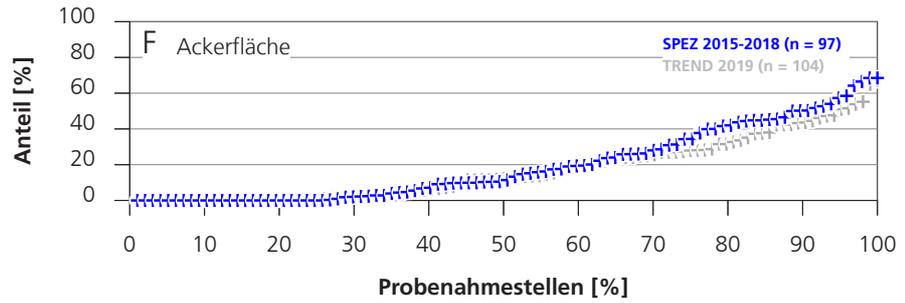


Abb. 3.2 B: Grafische Darstellung von landnutzungsspezifischen Gradienten (F, G, H, I) pro Einzugsgebiet der 97 Messstellen NAWA SPEZ 2015-2018 und der 104 Messstellen NAWA TREND 2019 .

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, indem verschiedene Parameter der fliessenden Welle und der Gewässersohle erhoben werden. 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. Er 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).

In **Abbildung 4.1 A** sind die Resultate des Äusseren Aspektes pro Parameter für den Datensatz NAWA SPEZ der Jahre 2015, 2017 und 2018 dargestellt. Im Vergleich dazu sind in **Abbildung 4.1 B** die Bewertungen der Erhebungen der Untersuchungen NAWA TREND des Jahres 2019 aufgeführt. Die **Tabelle 4.1** enthält die Anzahl Beeinträchtigungen der fliessenden Welle (4 Parameter), der Gewässersohle (6 Parameter) sowie insgesamt (alle 10 Parameter) pro Stelle für die Stellen der beiden Projekte NAWA TREND 2012-2019 (grössere, aber noch watbare Bäche) sowie NAWA SPEZ 2015-2018 (kleine Bäche).

Generell wies die fliessende Welle im Vergleich zur Gewässersohle sowohl bei NAWA SPEZ wie auch NAWA TREND deutlich weniger Beeinträchtigungen auf. 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 den Erwartungen (**Abbildung 4.1**).

Bei der **fliessenden Welle** stellte der Parameter Schaum jeweils mit Abstand die häufigste Art der Beeinträchtigung dar. So wiesen bei NAWA SPEZ 15 % aller Stellen stabilen Schaum der Ursache 'unbekannt' oder 'anthropogen' auf (geringe bis mittlere Häufigkeit, Klasse 2). Eine unnatürliche Trübung oder Verfärbung des Wassers wie auch ein unnatürlicher Geruch trat an ≤ 10 % aller SPEZ-Stellen auf. Die fliessende Welle der SPEZ-Stellen war insgesamt geringer belastet als diejenigen der TREND-Stellen. Als mögliche Gründe erachten wir einerseits die Tatsache, dass die untersuchten SPEZ-Stellen weniger Abwasserbelastungen aufweisen (weniger Entlastungen) als die TREND-Stellen und andererseits die Beobachtung,

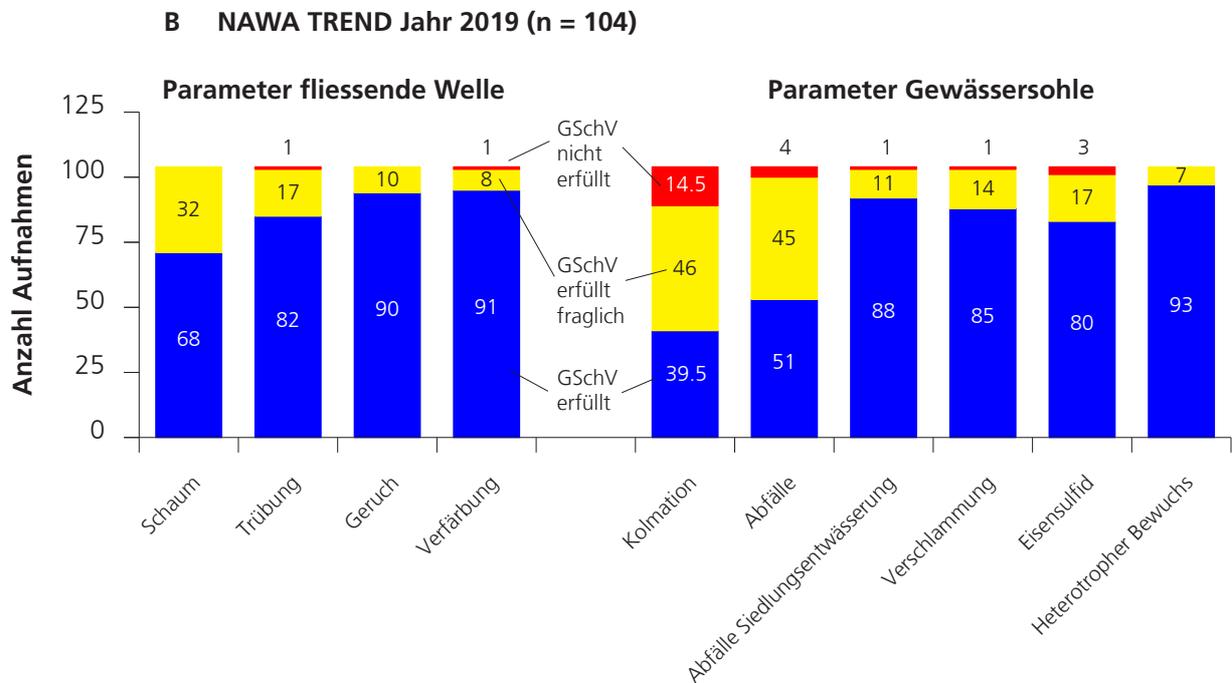
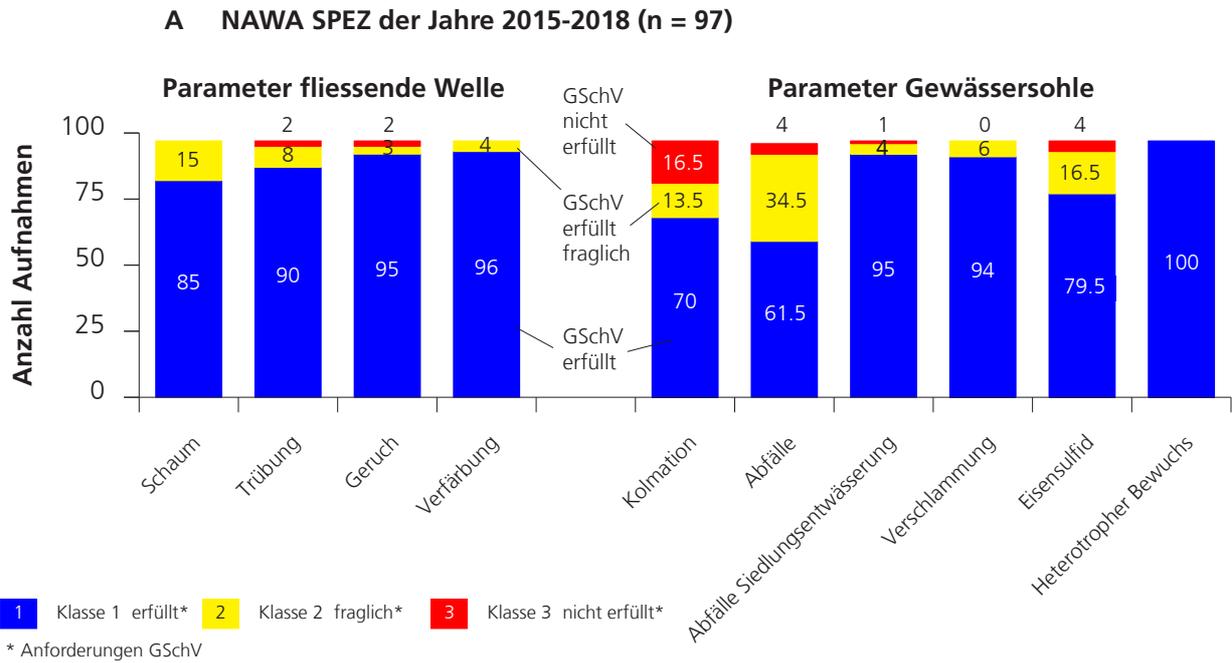


Abb. 4.1: Äusserer Aspekt. Bewertung der vier Parameter der fließenden Welle und der sechs Parameter der Gewässersohle für NAWA SPEZ 2015-2018 (A) und im Vergleich dazu NAWA TREND 2019 (B).

Bewertung gemäss BAFU Modul-Stufen-Konzept Äusserer Aspekt (BAFU 2007b). Die Zahlen in den Säulen entsprechen dem prozentualen Anteil der Klasse.

dass kleine Bäche mit kleinerem Einzugsgebiet und geringer Wasserführung nach Niederschlägen schneller wieder klares Wasser führen wie die grösseren TREND-Fliessgewässer (**Abbildung 4.1**). Betrachtet man die Anzahl Beeinträchtigungen der fliessenden Welle, so wiesen rund 70 % aller 97 SPEZ-Stellen keine, rund 20 % eine, 5 % zwei und 1 % drei Beeinträchtigungen auf. Die fliessende Welle war damit bei den kleinen Bächen der SPEZ-Stellen erkennbar durch weniger Parameter beeinträchtigt wie die grösseren TREND-Stellen. Der Anteil mit keiner Beeinträchtigung war bei den TREND-Stellen im Vergleich zu den SPEZ-Stellen rund 15 % tiefer (**Tabelle 4.1**).

Bei der **Gewässersohle** wurden gehäuft eine kolmatisierte Sohle sowie Abfall festgestellt, wobei eine starke Kolmation (Klasse 3) einen Anteil von 16.5 % einnahm. In einigen dieser stark kolmatisierten Gewässersohlen wurde der Vermerk gemacht, dass die Sohle künstlich sei (z.B. Steinplatten, Pflasterung). In etlichen dieser stark kolmatisierten Gewässersohlen wurde aber als Grund für die Kolmation 'unbekannt' angegeben, z.T. mit dem Zusatz 'möglicherweise natürlich'. Im Vergleich zum Datensatz NAWA TREND 2019 mit rund 60 % Anteil waren mit rund 30 % Anteil aber deutlich weniger SPEZ-Stellen kolmatisiert (Klasse 2 und 3). Die grössere hydrologische und damit hydraulische Dynamik bei kleineren Bächen wie möglicherweise auch eine andere Substratzusammensetzung (kleinere Korngrössen bei kleinen Bächen) dürften Gründe für diesen Unterschied im Anteil der kolmatisierten Sohle sein. Der Parameter Abfälle trat bei rund 40 % aller SPEZ-Stellen auf, also etwas weniger häufig wie bei den TREND-Stellen (rund 50 %). In den meisten Fällen wurden 'Verpackungen' als Abfalltyp erwähnt und nur in wenigen Stellen die Präzisierung 'Bauschutt' oder 'Kehrrichtsäcke'. Oft befindet sich dieser Abfall entlang der Ufer und weniger häufig im benetzten Bereich. Der Abfall stammt entweder von Passanten oder wird während Hochwasserereignissen jeweils soweit bachabwärts verfrachtet, bis er am Ufer an Ästen oder anderen Strukturen hängen bleibt. Die anderen Parameter der Gewässersohle traten deutlich weniger häufig auf. Eisensulfidflecken wurden aber an rund 21 % der SPEZ-Stellen festgestellt. Die weiteren Parameter der Gewässersohle wie Feststoffe aus der Siedlungsentwässerung (WC-Papier, Hygieneartikel) und Verschlammung traten nur an wenigen SPEZ-Stellen auf und heterotropher Bewuchs wurde nie beobachtet. Im Vergleich zu den TREND-Stellen wiesen somit die SPEZ-Stellen auch hinsichtlich dieser Parameter weniger Beeinträchtigungen auf (**Abbildung 4.1**). Betrachtet man die Anzahl Beeinträchtigungen der Gewässersohle, so waren diese bei beiden Bachtypen (SPEZ- und TREND Stellen) deutlich häufiger als jene fliessenden Welle. Keine beeinträchtigte Gewässersohle wiesen bei den SPEZ-Stellen rund 40 % aller 97 Stellen und bei den TREND-Stellen bloss 22 % der 278 Stellen auf. Die Gewässersohle wies zudem häufiger zwei, drei oder gar mehr beeinträchtigte Parameter auf wie die fliessende Welle. Die Gewässersohle als Lebensraum und zum Teil als Rückzugsort für benthische Organismen, als Laichhabitat für etliche Fischarten sowie als hydrologische Verbindung zum Grundwasser dürfte somit in vielen Fällen nicht naturnah / natürlich sein (**Tabelle 4.1**).

Summiert man die **Anzahl Beeinträchtigungen** über die fliessende Welle und die Gewässersohle hinweg, so wiesen bei den SPEZ-Stellen 32 % der 97 Stellen und bei den TREND-Stellen gar nur 16 % der 278 Stellen keine Beeinträchtigung auf. Rund zwei Drittel der kleinen Bäche und mehr als vier Fünftel der grösseren wasserbaren Bäche weisen von blossem Auge erkennbar mindestens eine Beeinträchtigung auf. Oft dürfte diese eine Beeinträchtigung gemäss **Abbildung 4.1**

eine geringe bis mittlere Schaumbildung, eine kolmatrierte Gewässersohle oder Abfälle (Verpackungen) sein. Im Weiteren fällt der Unterschied der beiden Bachtypen hinsichtlich Anteil an drei oder mehr beeinträchtigten Parametern auf. Die TREND-Stellen wiesen dabei doppelt so viele Beeinträchtigungen auf, nämlich 34 %, wie die SPEZ-Stellen mit 16 %. Die grösseren wasserreichen Bäche waren hinsichtlich des Äusseren Aspektes öfters und durch mehr Parameter beeinträchtigt wie die kleinen SPEZ-Bäche und dies deutlich ausgeprägter in der Gewässersohle wie in der fließenden Welle. Als mögliche Gründe sind Unterschiede zwischen den beiden Bachgrössen denkbar bezüglich der Dynamik, der Sohlenstabilität, der Vielfalt an landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet, dem Abwasser-einfluss (Siedlungsentwässerung, Kläranlagen, Strassenabwasser) sowie der Öko-morphologie (Verbauungstypen) (**Tabelle 4.1**).

Tab. 4.1: Äusserer Aspekt. Anzahl Beeinträchtigungen pro Stelle für die beiden Teilbereiche 'fließende Welle' und 'Gewässersohle' aller NAWA TREND Biologie Stellen der Jahre 2012-2019 (n = 278*) sowie aller NAWA SPEZ Biologie Stellen 2015-2018 (n = 97).

Aufgeführt sind die Anzahl Stellen (oben) sowie die Anteile (unten) pro Teilbereich. Zum besseren Verständnis der Tabelle siehe die beiden Lesebeispiele. Die fließende Welle wird gemäss Abbildung 4.1 durch 4 Parameter beschrieben und die Gewässersohle durch 6 Parameter. Insgesamt kann eine Stelle somit maximal 10 Beeinträchtigungen aufweisen. *NAWA TREND 2012-2019 (n = 281, davon im Jahr 2012 bei 3 Stellen Daten Äusserer Aspekt nicht vorhanden).

		Anzahl Beeinträchtigungen pro Stelle											
		Einheit	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NAWA TREND 2012-2019	Fließende Welle	[Stellen]	154	96	19	8	1	-	-	-	-	-	-
	Gewässersohle	[Stellen]	62	90	77	37	10	2	-	-	-	-	-
	Fließ. Welle + Sohle	[Stellen]	44	68	79	38	25	19	3	2	-	-	-
NAWA SPEZ 2015-2018	Fließende Welle	[Stellen]	70	21	5	1	-	-	-	-	-	-	-
	Gewässersohle	[Stellen]	40	30	15	10	2	-	-	-	-	-	-
	Fließ. Welle + Sohle	[Stellen]	31	27	23	9	5	-	2	-	-	-	-

Lesebeispiel: Bei NAWA SPEZ wiesen im Zeitraum 2015-2018 in der fließenden Welle 70 der total 97 Stellen keine Beeinträchtigung auf.

		Anzahl Beeinträchtigungen pro Stelle											
		Einheit	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NAWA TREND 2012-2019	Fließende Welle	[%]	55	35	7	3	0	-	-	-	-	-	-
	Gewässersohle	[%]	22	32	28	13	4	1	-	-	-	-	-
	Fließ. Welle + Sohle	[%]	16	24	28	14	9	7	1	1	-	-	-
NAWA SPEZ 2015-2018	Fließende Welle	[%]	72	22	5	1	-	-	-	-	-	-	-
	Gewässersohle	[%]	41	31	15	10	2	-	-	-	-	-	-
	Fließ. Welle + Sohle	[%]	32	28	24	9	5	-	2	-	-	-	-

Lesebeispiel: Bei NAWA SPEZ wiesen im Zeitraum 2015-2018 in der fließenden Welle 72 % der total 97 Stellen keine Beeinträchtigung auf.

5 Resultate und Diskussion Kieselalgen

Mit den folgenden Kapiteln werden die vorgefundenen Kieselalgen-Lebensgemeinschaften charakterisiert, die biologisch indizierte Wasserqualität, die Standortgerechtigkeit sowie die Qualitätssicherung besprochen. Im Weiteren werden taxaspezifische Hinweise gemacht. Dabei wird jeweils wo möglich und sinnvoll mit den Datensätzen von NAWA TREND verglichen. Dies mit dem Ziel zu prüfen, ob Unterschiede zwischen den Lebensgemeinschaften der kleinen Bäche (NAWA SPEZ) und der grösseren, aber noch watbaren Bächen (NAWA TREND) bestehen.

5.1 Charakterisierung der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften

In den 97 SPEZ-Proben der Jahre 2015 bis 2018 traten 279 verschiedene **Taxa** auf. Dies sind 53 % der in Hofmann et al. (2013, siehe Tabelle 4 auf Seite 575 bis 592) für Fliessgewässer Mitteleuropas aufgeführten häufigen 526 Taxa. Diese 97 kleinen Bäche enthalten somit rund die Hälfte aller in Fliessgewässern von Mitteleuropa häufig vorkommenden Taxa. Von den 279 Taxa kamen 102 Taxa (37 %) in nur einer Zählung (1 Probe), 182 Taxa (65 %) in höchstens fünf Zählungen (1 bis 5 Proben) und 215 Taxa (77 %) in höchstens 10 Zählungen (1 bis 10 Proben) vor. Die häufigsten 10 Taxa wiesen im SPEZ-Datensatz folgendes Vorkommen, maximale relative Häufigkeit sowie D- und G-Werte auf:

Taxon	Proben	Max. (%)	D-/G-Wert
<i>Achnanthydium minutissimum</i> var. <i>minutissimum</i>	95	78	3 / 0.5
<i>Amphora pediculus</i>	87	68	5 / 0.5
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i>	84	85	1.5 / 1
<i>Navicula cryptotenella</i>	76	26	4 / 0.5
<i>Navicula tripunctata</i>	72	17	4 / 1
<i>Cocconeis placentuala</i> var. <i>euglypta</i>	70	70	5 / 1
<i>Nitzschia dissipata</i>	65	18	3.5 / 1
<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>olivaceum</i>	56	28	3 / 0.5
<i>Sellaphora nigri</i>	55	11	7 / 1
<i>Navicula reichardtiana</i>	52	9	4 / 1

Diese 10 häufigsten Taxa sind alles sehr gut bekannte Arten, die in der Schweiz in vielen Gewässern unterschiedlicher Ausprägung und Belastung vorkommen. Die D-Werte dieser Arten variieren von 1.5 (unbelastet) bis 7 (stark belastet), was schliessen lässt, dass die untersuchten SPEZ-Gewässer eine grosse Spannweite an Belastungsgraden aufweisen. Die aber bei allen Taxa tiefen G-Werte (Gewichtung) zeigen, dass es sich einerseits um eher tolerante Arten handelt, welche in vielen Gewässertypen vorkommen und/oder andererseits, dass es sich um taxonomische nicht einfach zu bestimmende Arten handeln könnte. Die hohen maximalen relativen Häufigkeiten lassen schliessen, dass die meisten dieser Arten mit hohen Anteilen von mehr als 50 % das Potenzial haben, Lebensgemeinschaften sehr stark zu dominieren.

Das Taxon mit der grössten Verbreitung war *Achnanthydium minutissimum* var. *minutissimum*. Es kam in 95 von 97 Zählungen vor. Dieses Taxon ist in der Schweiz wie auch in ganz Mitteleuropa sehr weit verbreitet. Es tritt sowohl bei Hofmann et al. (2013) wie auch in der Datenbank BIS der Firma AquaPlus AG als Taxon auf, welches am häufigsten und am weitesten verbreitet ist. Das Taxon ist gegenüber vielen Umweltfaktoren sehr tolerant, meidet aber starke organische Belastungen wie es z.B. Abwassereinleitungen bewirken können.

Bei den SPEZ-Proben des Sommers reichte die **Taxazahl** pro Probe von bloss 5 (Grabserbach, Spez_060_SG, 24.7.2018) bis 50 Taxa (Kanal Burgermoos, Spez_018_BE, 13.7.2015). Der Median der Taxazahl aller 97 SPEZ-Proben der Jahre 2015-2018 betrug 24 Taxa (Mittelwert 26 Taxa). Die extrem tiefe Taxazahl im Grabserbach kam durch die sehr hohe Dominanz von *Achnanthydium pyrenaicum* zustande (85 % rH). Gemäss **Abbildung 5.1** 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 Eruiieren 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** nach Shannon & Weaver (1949; Log mit Basis 2) ist die Abhängigkeit von dieser Dominanzsumme noch ausgeprägter. So fällt die Diversität H pro rund 20 % zusätzliche Dominanzsumme um eine Einheit (**Abbildung 5.1**).

Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Gewässergrösse (Mass: **Flussordnungszahl**, FLOZ) und der Taxazahl gefunden werden (**Abbildung 5.1**). Dieses Resultat basiert weitgehend auf Proben mit dem Substrat 'faust- bis kopfgrosse Steine' und kann sich ändern, wenn andere Substrate beprobt werden. 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 auch unter Berücksichtigung des Datensatzes NAWA TREND 2019, 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. Auf graphische Darstellungen und Erläuterungen wird daher verzichtet. Die Artenvielfalt wird mit der Zählung von 500 Schalen stark durch die dominierenden Taxa bestimmt. Um die Artenvielfalt repräsentativer erfassen zu können, müssten daher deutlich mehr Schalen gezählt werden.

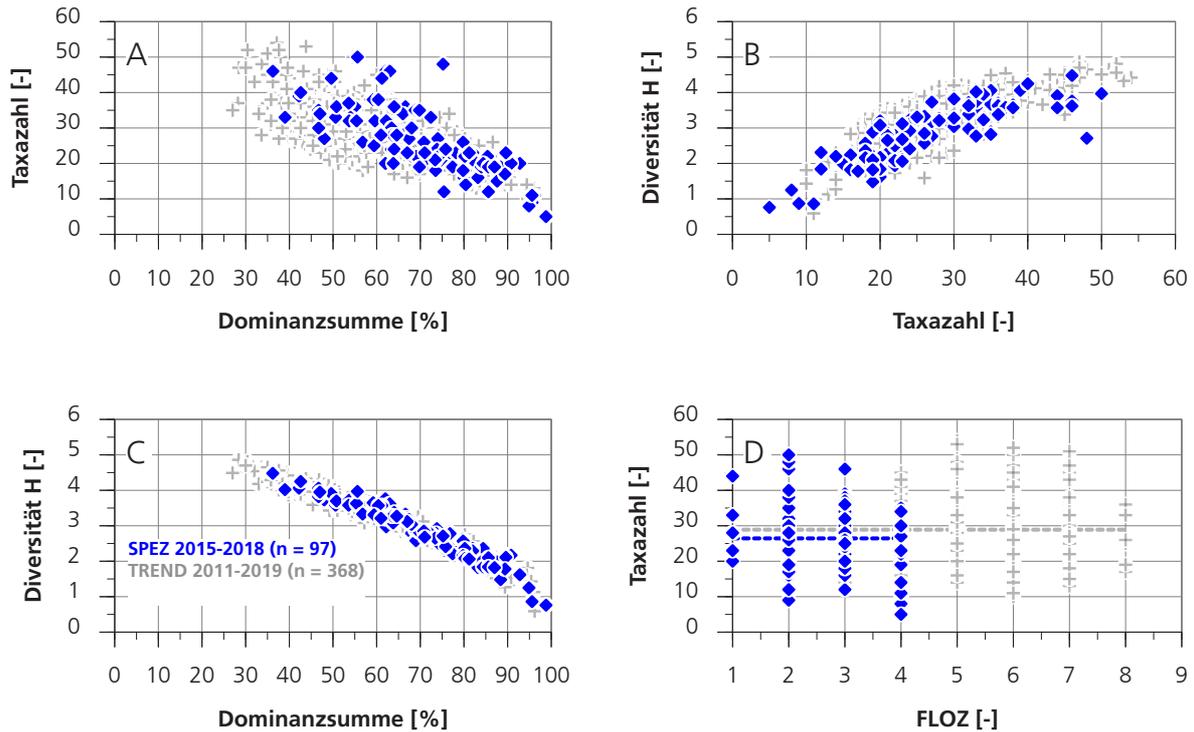


Abb. 5.1: Taxazahl (A, D) und Diversität H (B, C) in Abhängigkeit verschiedener Kenngrössen für die Probenreihe SPEZ 2015-2018 ($n = 97$, blaue Symbole) im Vergleich zu den Proben TREND 2011-2019 ($n = 368$, graue Symbole). Dominanzsumme = Summe der prozentualen Häufigkeiten (rH) der drei häufigsten Taxa, FLOZ = Flussordnungszahl nach Strahler (1952). Linie = Mittelwert der Taxazahl aller SPEZ-Proben (26 Taxa) und aller TREND-Proben (29 Taxa).

In **Abbildung 5.2** sind wichtige Kennwerte der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften des Datensatzes SPEZ im Vergleich mit denjenigen der Datensätze NAWA TREND grafisch dargestellt. Es wird ersichtlich, dass die Ganglinien aller Jahre sich recht ähnlich sind. In der Tendenz wies der SPEZ-Datensatz eher weniger Taxa und eine geringere Diversität auf, da die Dominanz der drei häufigsten Taxa grösser war. Die Zahl der Stellen mit Teratologie wie auch die Häufigkeit waren jedoch vergleichbar mit den TREND-Datensätzen. Der SPEZ-Gradient wie auch der SPEZ-Median des Indexwertes DI-CH entspricht sehr genau denjenigen der TREND-Datensätzen. Dies deutet daraufhin, dass bei der Stellenauswahl der beiden Monitoringprogramme eine vergleichbare Auswahl an Belastungsfaktoren mit ähnlichen Spannweiten an Ausprägungen miteinbezogen wurde (Abbildung 3.2 A, B). Die Stellenauswahl beider Programme hatte denn auch zum Ziel, möglichst über die ganze Schweiz hinweg den Zustand der Belastung zu erfassen. Die Zustände 'sehr gut', 'gut', 'mässig' und 'unbefriedigend' konnten mit der Auswahl miteinbezogen werden. Der Zustand 'schlecht' fehlt jedoch bei beiden Monitoringprogrammen. Dies vermutlich daher, weil dieser Zustand in der Schweiz nur noch selten anzutreffen ist.

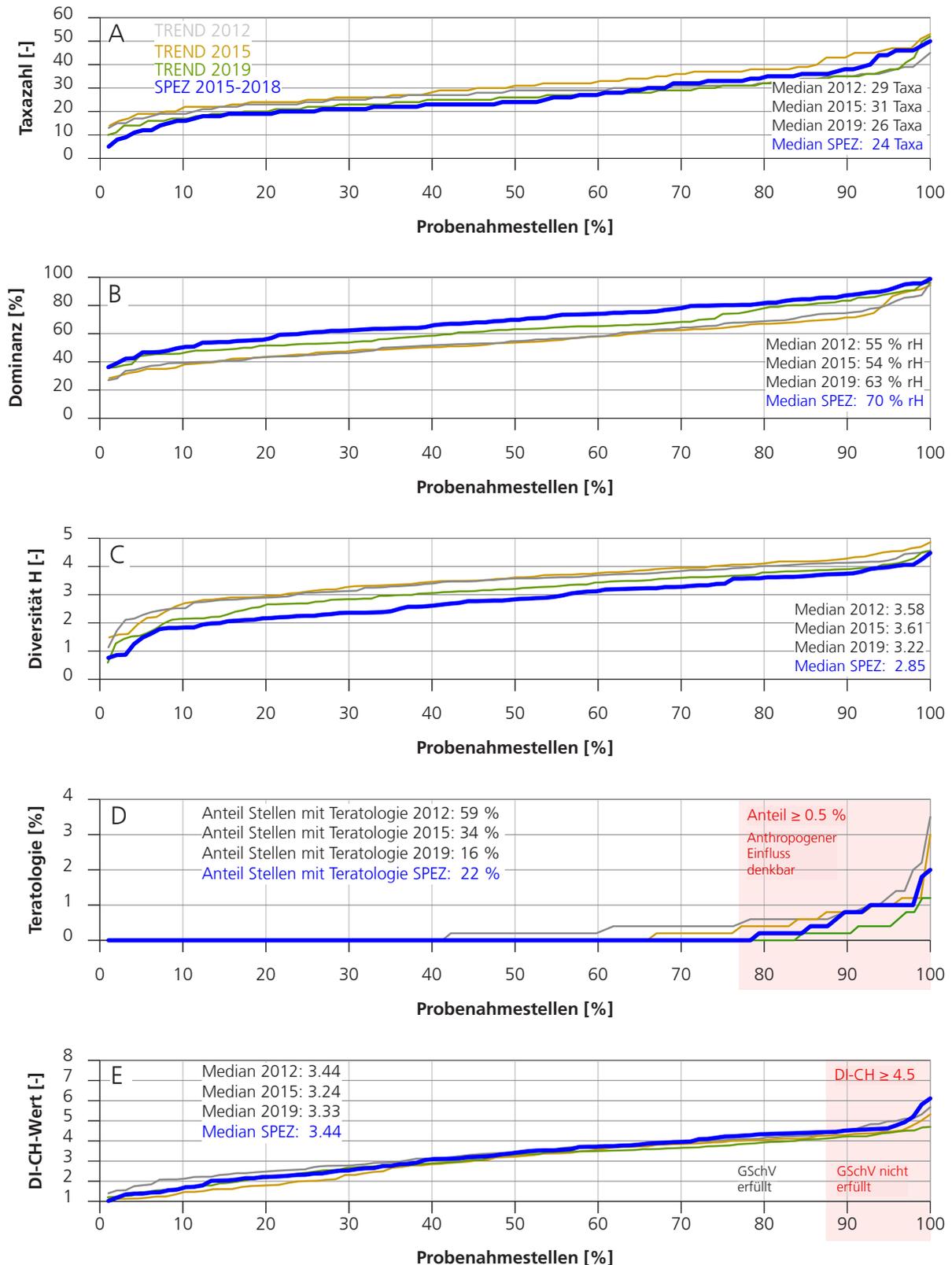


Abb. 5.2: Grafische Darstellung von Kennwerten zur Charakterisierung der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften sämtlicher SPEZ-Proben (blaue Linie) sowie im Vergleich dazu die TREND-Proben der Jahre 2012 (graue Linie), 2015 (braune Linie) und 2019 (grüne Linie). A: Taxazahl, B: Dominanz (Summe der relativen Häufigkeiten (rH) der drei häufigsten Taxa), C: Diversität (Shannon & Weaver, log mit Basis 2), D: Teratologie (Missbildungen), E: DI-CH-Wert. Erläuterungen zu Teratologie siehe Kapitel 5.3 und zum DI-CH-Wert siehe Kapitel 5.5. Anzahl Probenahmestellen in Prozent (%) der Jahre 2012 (n = 89), 2015 (n = 88) und 2019 (n = 104) und SPEZ 2015-2018 (n = 97).

5.2 Artenzusammensetzung

Der Datensatz SPEZ 2015-2018 (nur Sommerproben) wies 97 Proben mit 279 Taxa auf. Davon zählten 42 Taxa (15 % von 279 Taxa) zu den **Hauptarten** (**Tabelle 5.1**). Als Hauptarten bezeichnet man Arten, welche mindestens einmal eine relative Häufigkeit (rH) von 10 % oder mehr einnehmen. Als **Begleitarten** (Arten mit einer rH von 5 bis < 10 %) galten 22 Taxa (8 %). Diese 64 Haupt- und Begleitarten (23 % aller Taxa) umfassten zusammen den grössten Anteil der Prozentsumme einer Probe. Der Anteil betrug meistens mehr als 80 %. Diese 64 Taxa sind somit wichtige Taxa, insbesondere auch für die Berechnung des DI-CH-Wertes.

Von den 42 Hauptarten traten nur 13 nicht im TREND-Datensatz als Hauptarten in Erscheinung und dies obwohl die Jahreszeit der beiden Datensätze sehr verschieden war. Diese 13 Arten sind durchwegs Arten, welche auch im TREND-Datensatz (Frühling) vorkommen, jedoch nicht als Hauptarten. Bei gewissen Arten spielte vermutlich die Saisonalität sowie deren bevorzugte epiphytische Lebensweise (Aufwuchs auf Wasserpflanzen und Makroalgen) eine Rolle (z.B. *Cocconeis pediculus*, *C. placentula*) und bei anderen Arten mit Sicherheit der Belastungsgrad (unbelastet: *Encyonopsis cesatii*, belastet: *Nitzschia palea*, *Stauroneis fonticola*).

Von den 279 Taxa können bei 206 Taxa (74 %) einen D- und G-Wert zur Berechnung des DI-CH-Indexwertes zugewiesen werden. In **Abbildung 5.3** sind diese 206 Taxa der SPEZ-Daten 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 SPEZ-Proben in etwa dieselbe Verteilung über die Skala der D-Werte haben wie die Gesamtheit aller indikativen Taxa. Rund 70 % aller NAWA-Taxa weisen einen D-Wert ≤ 4 auf. Sie repräsentieren damit sehr gute bis gute Zustände. Rund 30 % der Arten sind demnach Arten, welche einen D-Wert ≥ 4.5 haben. Sie repräsentieren einen mässigen, unbefriedigenden oder schlechten Zustand. Eine ähnliche D-Wertverteilung ergibt sich auch bei den TREND-Proben, wenn die gesamte Periode betrachtet wird (2011-2019: 236 Taxa mit D- und G-Wert, D-Wert ≤ 4 : 73 %; D-Wert ≥ 4.5 : 27%).

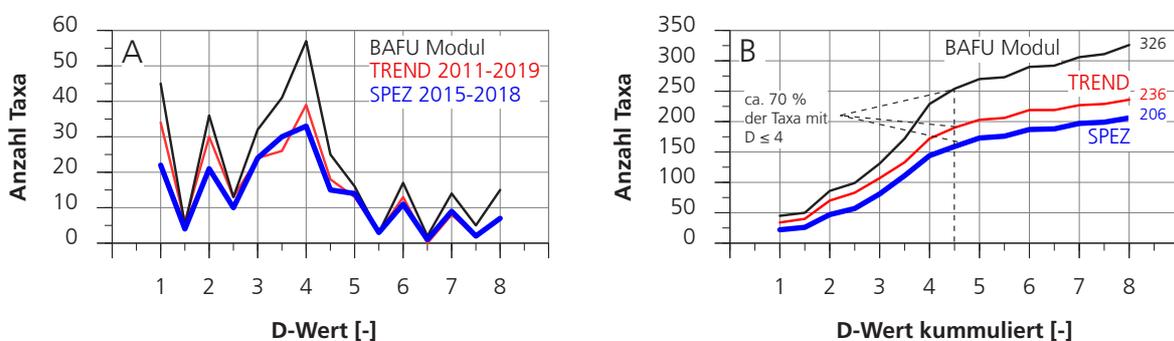


Abb. 5.3: Verteilung der 206 SPEZ-Taxa (Periode 2015-2018, n = 97) und der 236 TREND-Taxa (Periode 2011-2019, n = 349) mit D-Wert im Vergleich mit den 326 Taxa mit D-Wert gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007a).

Berücksichtigt sind Taxa mit einem D-Wert. A: Anzahl Taxa pro D-Wert. B: Anzahl Taxa über die D-Werte kumuliert.

D-Wert ≤ 4 (= Zustandsklasse 'gut' und 'sehr gut').

Tab. 5.1: Hauptarten der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften aller SPEZ-Proben.

Hauptarten (HA): Taxa mit mindestens einem Vorkommen von $\geq 10\%$ relative Häufigkeit (rH) im Datensatz SPEZ (2015-2018, 14 Proben Frühling, 97 Proben Sommer). 13 der total 47 SPEZ-Hauptarten traten im Datensatz TREND (2011-2019, 349 Proben) nicht als Hauptarten auf.

D- und G-Werte: Gemäss BAFU Modul Kieselalgen (BAFU 2007a).

Saisonalität: Beobachtetes Vorkommen der Hauptarten und maximale relative Häufigkeit des Taxons im Frühling (F) und im Sommer (S). Kein Vorkommen (-). Achtung: Im Frühling ist der Datensatz mit 14 Proben deutlich kleiner wie im Sommer mit 97 Proben.

Taxaliste	Hauptart		D	G	SPEZ 2015-2018			
	TREND 2011-2019	SPEZ 2015-2018			für DI-CH		Vorkommen in Anzahl Proben	
					F	S	F	S
<i>Achnanthydium minutissimum</i> var. <i>jackii</i> <small>sensu DICH 2006 (RABENHORST) LANGE-B.</small>	ja	ja	1	8	2	24	1.4	75.7
<i>Achnanthydium atomoides</i> <small>MONNIER, LANGE-BERTALOT & ECTOR</small>	ja	ja	3	2	2	8	5.0	28.6
<i>Achnanthydium caledonicum</i> (LANGE-BERTALOT) LANGE-B.	ja	ja	1	8	3	9	33.6	20.6
<i>Achnanthydium delmontii</i> PERES, LE COHU & BARTHES	ja	ja	3.5	1	2	28	5.2	87.2
<i>Achnanthydium lineare</i> W. SMITH	ja	ja	1	8	6	32	17.2	25.0
<i>Achnanthydium minutissimum</i> var. <i>minutissimum</i> (KUETZING) CZAR.	ja	ja	3	0.5	14	95	71.6	78.2
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i> (HUSTEDT) KOBAYASI	ja	ja	1.5	1	9	84	32.4	84.8
<i>Achnanthydium rostopryrenaicum</i> JUTTNER & COX	ja	ja	1.5	1	-	19	-	17.0
<i>Amphora indistincta</i> LEVKOV	ja	ja	3.5	1	6	30	5.4	12.6
<i>Amphora pediculus</i> (KUETZING) GRUNOW	ja	ja	5	0.5	12	87	28.8	67.8
<i>Cocconeis pediculus</i> EHRENBERG	nein	ja	5.5	2	1	23	9.0	26.0
<i>Cocconeis placentula</i> EHRENBERG	nein	ja	5	1	-	14	-	11.8
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> <small>sensu Krammer & Lange-Bertalot 1991 & sensu DICH</small>	ja	ja	5	1	9	70	4.4	70.0
<i>Encyonema minutum</i> (HILSE) D.G.MANN	ja	ja	2.5	2	2	47	45.0	8.4
<i>Encyonopsis cesatii</i> var. <i>cesatii</i> (RABENHORST) KRAMMER	nein	ja	1	1	-	2	-	21.3
<i>Encyonopsis microcephala</i> (GRUNOW) KRAMMER	ja	ja	2	2	-	8	-	15.7
<i>Fallacia sublucidula</i> (HUSTEDT) D.G.MANN	nein	ja	4	2	3	25	1.2	10.0
<i>Fistulifera saprophila</i> (LANGE-BERTALOT & BONIK) LANGE-B.	ja	ja	7	2	1	13	0.8	12.2
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>gracilis</i> (OESTRUP) HUSTEDT	ja	ja	1	4	5	20	5.8	10.2
<i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>pinnata</i> EHRENBERG	nein	ja	3	2	2	10	19.4	29.0
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (KUETZING) LANGE-BERTALOT	ja	ja	6	0.5	6	29	11.8	9.8
<i>Gomphonema angustivalva</i> REICHARDT	ja	ja	2	4	1	17	0.4	86.0
<i>Gomphonema cymbellinum</i> REICHARDT & LANGE-B.	nein	ja	3	1	8	18	19.8	16.0
<i>Gomphonema elegantissimum</i> REICHARDT & LANGE-B.	ja	ja	2	4	2	47	1.8	12.2
<i>Gomphonema micropumilum</i> REICHARDT	ja	ja	2	4	-	26	-	54.2
<i>Gomphonema micropus</i> KUETZING	nein	ja	3	1	8	25	7.0	17.1
<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>olivaceum</i> (HORNEMANN) BREBISSON	ja	ja	3	0.5	10	56	5.6	28.2
<i>Gomphonema pumiloide</i> -Kleinformen <small>Arbeitsname E. Reichardt 2002</small>	ja	ja	2	4	-	28	-	26.6
<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i> (HUSTEDT) LANGE-B.	ja	ja	6	1	6	29	2.0	54.4
<i>Melosira varians</i> C.AGARDH	nein	ja	4.5	2	2	17	3.2	21.4
<i>Navicula antonii</i> LANGE-BERTALOT	ja	ja	5	1	5	49	2.0	11.2
<i>Navicula cryptocephala</i> var. <i>cryptocephala</i> KUETZING	nein	ja	4	1	3	14	0.8	22.2
<i>Navicula cryptotenella</i> LANGE-BERTALOT	ja	ja	4	0.5	8	76	9.6	25.8
<i>Navicula gregaria</i> DONKIN	ja	ja	5.5	1	7	35	30.6	5.0
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.MUELLER) BORY DE SAINT-VINCENT	ja	ja	4	1	8	72	14.0	17.4
<i>Nitzschia dissipata</i> (KUETZING) GRUNOW	ja	ja	3.5	1	13	65	23.8	17.8
<i>Nitzschia fonticola</i> GRUNOW	ja	ja	3.5	1	1	26	0.8	30.0
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>palea</i> (KUETZING) W.SMITH	nein	ja	8	1	6	18	7.0	26.4
<i>Nitzschia recta</i> var. <i>recta</i> HANTZSCH	ja	ja	3.5	2	4	21	11.6	1.6
<i>Nitzschia sociabilis</i> HUSTEDT	ja	ja	3.5	2	5	18	11.6	7.6
<i>Planothidium frequentissimum</i> (LANGE-BERTALOT) LANGE-B.	nein	ja	6	1	8	35	16.0	19.0
<i>Planothidium lanceolatum</i> (BREBISSON ex KUETZING) LANGE-B.	nein	ja	4	1	5	30	6.6	29.4
<i>Platessa conspicua</i> (MAYER) LANGE-BERTALOT	ja	ja	4	1	3	12	56.4	10.8
<i>Reimeria sinuata</i> (GREGORY) KOCIOLEK & STOERMER	ja	ja	3.5	1	5	46	0.6	32.6
<i>Reimeria uniseriata</i> SALA, GUERRERO & FERRARIO	ja	ja	3.5	1	-	7	-	14.3
<i>Sellaphora nigri</i> (DE NOTARIS) C.E. WETZEL et ECTOR	ja	ja	7	1	8	55	9.2	10.8
<i>Stauroneis fonticola</i> HUSTEDT	nein	ja	7	1	-	6	-	10.0
Anzahl Hauptarten NAWA SPEZ 2015-2018	47							

In 9 von 97 Proben kamen planktisch lebende Arten vor. Es traten Vertreter der Gattungen *Cyclotella* (2 Arten), *Discostella* (2 Arten) und *Stephanodiscus* (3 Arten) sowie *Asterionella formosa* und *Tabellaria flocculosa* auf. Die prozentualen Anteile aller planktischen Arten einer Stelle zusammen nahmen maximal 2.8 % ein (Ri delle Sponde, SPEZ_074_TI, Abfluss eines grossen Kolkes unterhalb eines Wasserfalls, dominierend war *Tabellaria flocculosa*). Nur vier der 9 Stellen wiesen eine relative Häufigkeit (rH) an planktischen Arten mit ≥ 1 % auf. Die planktisch lebenden Arten spielten somit in den 97 Proben des SPEZ-Datensatzes keine wesentliche Rolle.

In der Schweiz kommen gemäss Wissenstand per Ende 2019 15 **gebietsfremde Kieselalgenarten** vor (Neophyta, AquaPlus & PhycoEco 2020). Von diesen 15 gebietsfremden Arten erachten wir *Achnanthydium subatomus*, *Amphora indistincta*, *Navicula veneta* und *Reimeria uniseriata* als fraglich, ob sie als gebietsfremd bezeichnet werden können. Dies weil sie gemäss unseren Erfahrungen schon lange in der Schweiz vorhanden sind. In der folgenden Auswertung haben wir diese Taxa dennoch bis auf *N. veneta* berücksichtigt. Das Vorkommen der toleranten Art *N. veneta* hängt vor allem von der organischen Belastung eines Gewässers ab und wird daher bei abnehmender Belastung auch weniger häufig vorkommen.

In **Tabelle 5.2** ist das Vorkommen der 6 gebietsfremden Kieselalgenarten aufgelistet, welche im SPEZ-Datensatz der Periode 2015-2018 vorkamen. Im Vergleich dazu wurden 9 gebietsfremde Kieselalgenarten im TREND-Datensatz der Periode 2011-2019 nachgewiesen. Die häufigsten zwei gebietsfremden Kieselalgenarten waren in beiden Datensätzen *Achnanthydium delmontii* und *Didymosphenia geminata*. Beide Taxa kommen bereits schweizweit vor. Während *D. geminata* aber meistens nur < 1 % relative Häufigkeiten erreicht, dominiert *A. delmontii* oft die Lebensgemeinschaft mit > 50 %. Beim Taxon *A. delmontii* besteht jedoch die Schwierigkeit, dass es nicht immer eindeutig von dem sehr ähnlichen und heimischen Taxon *A. pyrenaicum* respektive im Tessin in Gewässern mit Silikat vom Taxon *A. subatomus* abgetrennt werden kann. Aufgrund von vielen weiteren

Tab. 5.2: Vorkommen der gebietsfremden Kieselalgenarten pro Jahr für die Datensätze SPEZ 2015-2018 (Sommer) und TREND 2011-2019 (Frühling).

Lesebeispiel: Im Jahr 2018 (SPEZ) trat *Achnanthydium delmontii* an 24 der insgesamt 83 Stellen auf. Im Jahr 2018 gab es total 43 Vorkommen mit gebietsfremden Kieselalgenarten.

Gebietsfremde Art	TREND	SPEZ		
	2011-2019	2015	2017	2018
Untersuchungsjahre	349	6	8	83
Anzahl Proben	349	6	8	83
<i>Achnanthydium catenatum</i>	1			
<i>Achnanthydium delmontii</i>	99		4	24
<i>Achnanthydium druartii</i>	3			1
<i>Achnanthydium rivulare</i>	3			
<i>Achnanthydium subatomus</i> *	38			1
<i>Achnanthydium subhudsonis</i> var. <i>kraeuselli</i>	1			
<i>Didymosphenia geminata</i>	27			9
<i>Gomphoneis transsilvanica</i>	2			
<i>Navicula jakovljevicii</i>				1
<i>Reimeria uniseriata</i>	8			7
Anzahl Vorkommen total	182	0	4	43

* Verwechslungen mit anderen Arten möglich; zumindest in Einzugsgebieten mit Kalk ist das Vorkommen fraglich.

schweizweit durchgeführten Kieselalgenuntersuchungen durch die beiden Auftragnehmer AquaPlus AG und PhycoEco wurde festgestellt, dass trotz allfälligen Bestimmungsschwierigkeiten *A. delmontii* in der Schweiz bereits eine grosse ökologische Bedeutung hat. Da *A. delmontii* sehr hohe Anteile einnehmen kann, verdrängt sie einheimische Arten. In **Abbildung 5.4** ist das Vorkommen von *A. delmontii* in Abhängigkeit der Meereshöhe dargestellt. Das Taxon kommt bis jetzt vor allem in tieferen Lagen (< 800 m ü. M.) mit sehr hohen Anteilen von über 20 % vor. Im Alpenraum trat das Taxon auf, jedoch aktuell mit Anteilen < 20 % rH, meistens sogar < 10 % rH.

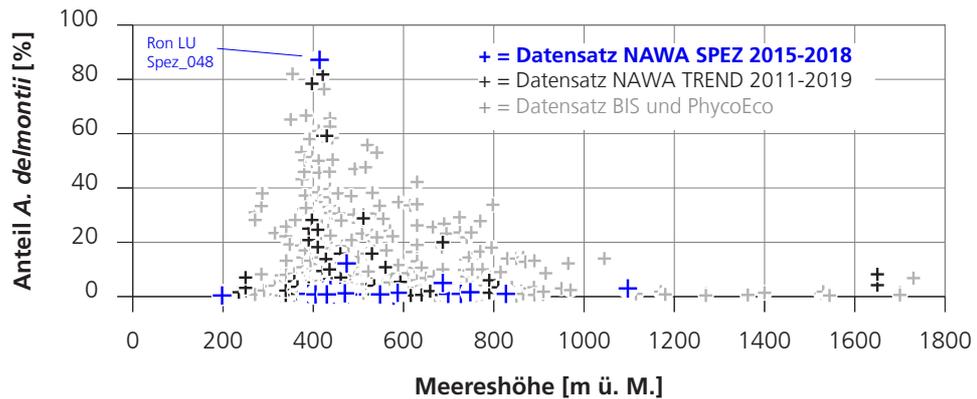


Abb. 5.4: Vorkommen der gebietsfremden Kieselalge *Achnantheidium delmontii* in Abhängigkeit der Meereshöhe in den verschiedenen Datensätzen.

Datensatz BIS = Daten der Firma AquaPlus AG, Datensatz PhycoEco = Daten von François Straub.

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.). Es wird davon ausgegangen, dass wenn der Anteil an missbildeten Schalen mehr als ≥ 0.5 % der Lebensgemeinschaft (100 % = Anzahl gezählte Schalen, z.B. 500 Schalen) ausmacht, dass dann durchaus anthropogene Faktoren in Frage kommen können. Das Wissen um die Ursachen der Teratologien in Zusammenhang mit natürlichen Populationen ist aber gering.

Um die Teratologie zu erfassen, wurden 5 Typen definiert, wobei Typ 4 unterteilt wird. Die Typen sind in **Abbildung 5.5** abgebildet. Die Definition dieser Typen ist willkürlich und stützt sich auf morphologische Kriterien ab, welche im Lichtmikroskop einigermaßen gut erkennbar sind. Die Typen haben unseres Wissens keine Aussagekraft im Sinne von Einflussfaktoren, ökologischer Relevanz oder sonstiger Bedeutung. Einzig der Typ 4.2 könnte ein 'stressbedingter Effekt' sein, welcher infolge hoher Zelldichte entstehen könnte.

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 Zertifikatsarbeiten eruiert worden. Die Tests zeigten, dass die Spannweite gross sein kann und auch abhängig ist von der Erfahrung des Zählers oder der Zählerin.

Die **Tabelle 5.3** zeigt für den SPEZ-Datensatz das Vorkommen respektive die Häufigkeit des Auftretens der Teratologietypen. Bis auf den Typ 2 kamen alle Typen vor. Am meisten beobachteten wir den Typ 3 (Schalenumriss defekt und Strukturen im Innern der Schale gestört) und den Typ 4.1 (Schalenumriss defekt und Strukturen im Innern nicht gestört). Beide Teratologietypen sind am gestörten Umriss der Schale gut erkennbar. Teratologien beobachteten wir an insgesamt 20 Taxa. Die 7 Taxa, bei welchen wir am meisten Teratologien feststellten, sind in **Tabelle 5.3** aufgelistet, mit Angabe der Anzahl Beobachtungen pro Teratologietyp. Am meisten Teratologien wies das schweizweit sehr häufig vorkommende Taxon *Achnanthydium minutissimum* auf. Basierend auf weiteren Proben der Schweiz zeigt sich, dass Arten der Gattungen *Achnanthydium*, *Fragilaria*, *Diatoma* und *Gomphonema* oft Teratologien aufweisen. Es ist aber unklar, ob diese Gattungen natürlicherweise eine Tendenz zu Schalenverformungen haben oder ob sie speziell anfällig sind auf anthropogene Einflussfaktoren.

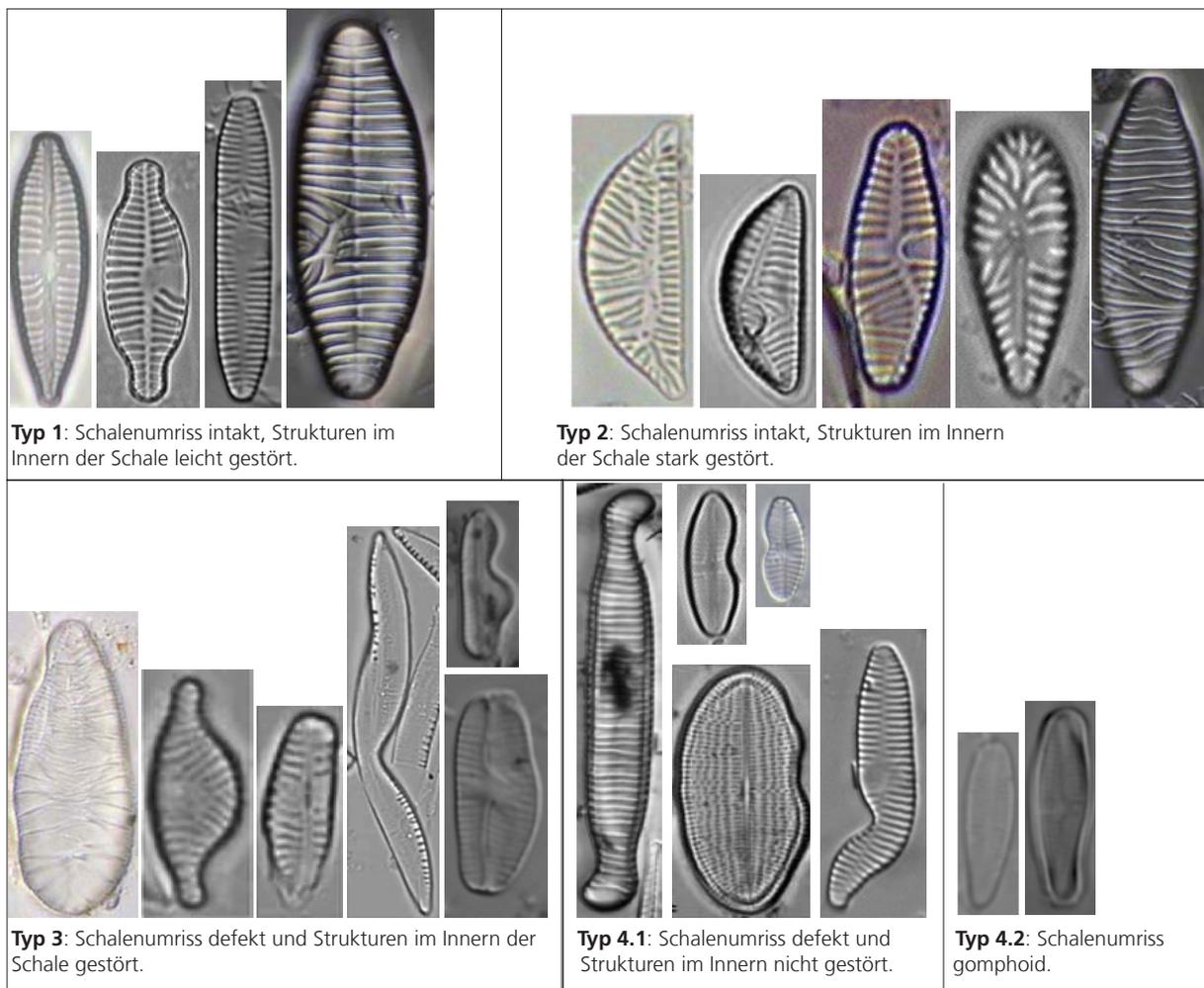


Abb. 5.5: Typen von Teratologien (Missbildungen der Schalenstrukturen).

Typen gemäss S.A.M / A.S.E.M. (Workshop Kieselalgen in La Chaux-de-Fonds der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft Mikroflore) und AquaPlus & PhycoEco (2014b). 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). Gomphoid = Formbeschreibung in Anlehnung an den Umriss der Schalen der Gattung *Gomphonema*.

In **Abbildung 5.6** ist die Verteilung der Teratologien auf die Zustandsklassen des DI-CH-Wertes für die beiden Datensätze SPEZ 2015-2018 und TREND 2011-2019 ersichtlich. Während beim SPEZ-Datensatz 22 % der 97 Stellen eine Teratologie aufweisen, waren es beim TREND-Datensatz je nach Untersuchungsjahr auch deutlich höhere Anteile. Der Darstellung kann zudem entnommen werden, dass Teratologien über alle Zustandsklassen hinweg vorkommen.

Tab. 5.3: Auftreten von Teratologien pro Teratologietyp und Total pro Taxon basierend auf den SPEZ-Untersuchungen der Jahre 2015-2018 (Sommerproben).

Dargestellt sind diejenigen Taxa mit den meisten Teratologien. Da eine Stelle mehrere Teratologietypen aufweisen kann, entspricht das aufgeführte Total nicht der Anzahl Stellen mit Teratologie, sondern dem Anzahl Vorkommen.

Teratologie im Datensatz SPEZ 2015-2018	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4.1	Typ 4.2	Vorkommen Total
Totale Anzahl Stellen mit Teratologie pro Typ	1	0	11	21	4	37
<i>Achnanthydium minutissimum</i>			1	7	2	10
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i>				2	1	3
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i>	1		2			3
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>			1	1		2
<i>Fragilaria candidagilae</i>			1	1		2
<i>Gomphonema elegantissimum</i>				2		2
<i>Gomphonema micropumilum</i>				2		2
Weitere 13 Taxa mit Teratologie			6	6	1	13

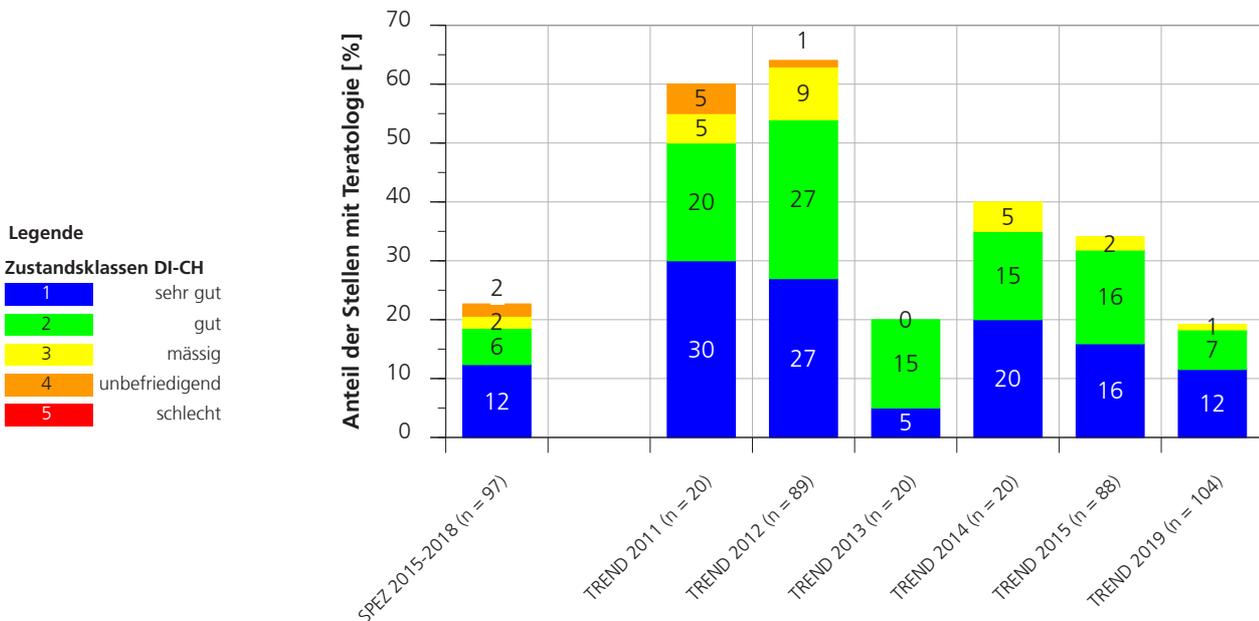


Abb. 5.6 Auftreten von Teratologien pro Zustandsklasse des DI-CH-Wertes basierend auf den Datensätzen SPEZ 2015-2018 und TREND 2011-2019.

Lesebeispiel: Im Datensatz SPEZ 2015-2018 wiesen insgesamt 22 % der 97 Stellen eine Teratologie auf. Die Teratologien verteilten sich folgendermassen auf die Zustandsklassen: Klasse 1: 12 % der Stellen, Klasse 2: 6 %, Klasse 3: 2 %, Klasse 4: 2 %, Klasse 5: 0 %.

5.4 Zelldichte

Mit der Zelldichte werden die Anzahl Zellen pro Fläche (cm^2) angegeben. Die Zelldichte erreicht Werte von rund 10^3 bis 10^7 Zellen/ cm^2 , wobei Zelldichten um 0.7 bis 2 Mio Zellen/ cm^2 erfahrungsgemäss als normal bezeichnet werden können. Die Zelldichte wird durch ganz unterschiedliche Faktoren geprägt. Die Zelldichte ist vor allem ein guter Indikator für Änderungen wichtiger Einflussgrössen im Fliessverlauf eines Gewässers. Die vermutlich wichtigste Einflussgrösse ist die Zahl von Störungen (Abfluss, Strömung, Geschiebetrieb, Trübungen, etc.) z.B. infolge von Spülung von Stauseen, Schwall-Sunkbetrieb, Kiesabbau, Gewitterereignissen, Gletscherschmelze und anderen anthropogen oder natürlich bedingten Gegebenheiten. Die Beschattung durch Ufergehölz, Wald oder infolge Trübstoffen dürfte ebenfalls ein prägender Faktor sein. Die verschiedenen Pigmente der Kieselalgen vermögen aber auch schlechtere Lichtverhältnisse, wie sie im Winterhalbjahr natürlicherweise vorkommen, zu nutzen. Insofern können auch an beschatteten Orten hohe Zelldichten erreicht werden. Toxizitäten vermögen die Zelldichte ebenfalls zu reduzieren. Dazu werden aber Toxine benötigt, welche z.B. zellschädigend wirken. Sehr zentral dürfte aber die Stabilität des Gewässers, respektive der Gewässersohle sein. Gewässersohlen mit Feinsubstraten, die schon bei geringen Abflussverhältnissen bewegt werden, weisen tiefere Zelldichten auf. Nährstoffe oder organische Verunreinigungen können z.B. unterhalb von Kläranlagen eine erhöhte Zelldichte bewirken (höhere Produktivität), müssen aber nicht. Jegliche diesbezüglichen Auswertungen mit Landnutzungsdaten, Grossvieheinheiten oder anderen Wasserqualitätsindizes wie der DI-CH-Wert ergaben weder bei NAWA SPEZ noch bei NAWA TREND eine Korrelation mit der Zelldichte. Weitere Einflussgrössen, welche auf die Zelldichten wirken können, sind biologischer Art (z.B. Frass, Konkurrenz, Krankheiten, Lebensformen, Status der Lebensgemeinschaft wie Erstbesiedlung, etc.).

In **Abbildung 5.7** sind die Zelldichten statistisch ausgewertet und grafisch dargestellt. In **Abbildung 5.8** sind exemplarisch Steine mit unterschiedlichen Zelldichten abgebildet. Die Zelldichte der Probenserie NAWA SPEZ 2018 (75 quantitative Proben) wurde auf der Basis von kopf- bis faustgrossen Steinen eruiert. Dasselbe gilt auch für die beigezogenen Datenserien NAWA TREND 2019 (AquaPlus & PhycoEco, 2021; 96 quantitative Proben) und Waadt 2005-2013 (Straub et al., 2014; 110 quantitative Proben). Die Datenserie Waadt 2005-2013 umfasst Stellen der biogeografischen Regionen Jura, Mittelland und Voralpen und die Gewässer waren alle ständig fliessend. Die Datenserie Waadt 2005-2013 weist vermutlich grosse Ähnlichkeiten zu den TREND-Stellen auf. Dies erlaubt auch den Schluss, dass die angewandten Verfahren zur Abschätzung der Zelldichten vergleichbar sind. Die drei Datenserien weisen Proben von verschiedenen Gewässern auf. Dies erschwert die Interpretation der einzelnen Zelldichten pro Stelle, denn Zelldichten im Fliessverlauf eines Gewässers sind im Vergleich zueinander besser interpretierbar als unabhängige Stellen.

Während sich die beiden Datenserien NAWA TREND 2019 und Waadt 2005-2013 sehr ähnlich sind, weicht der Datensatz NAWA SPEZ 2018 sehr stark von diesen ab (**Abbildung 5.7, A, B**). Während bei den SPEZ-Zelldichten fast 70 % aller Proben weniger wie 700'000 Zellen/ cm^2 aufwiesen (sehr gering bis mässig dicht), traten bei TREND knapp 70 % der Proben mit Zelldichten von mehr als 700'000

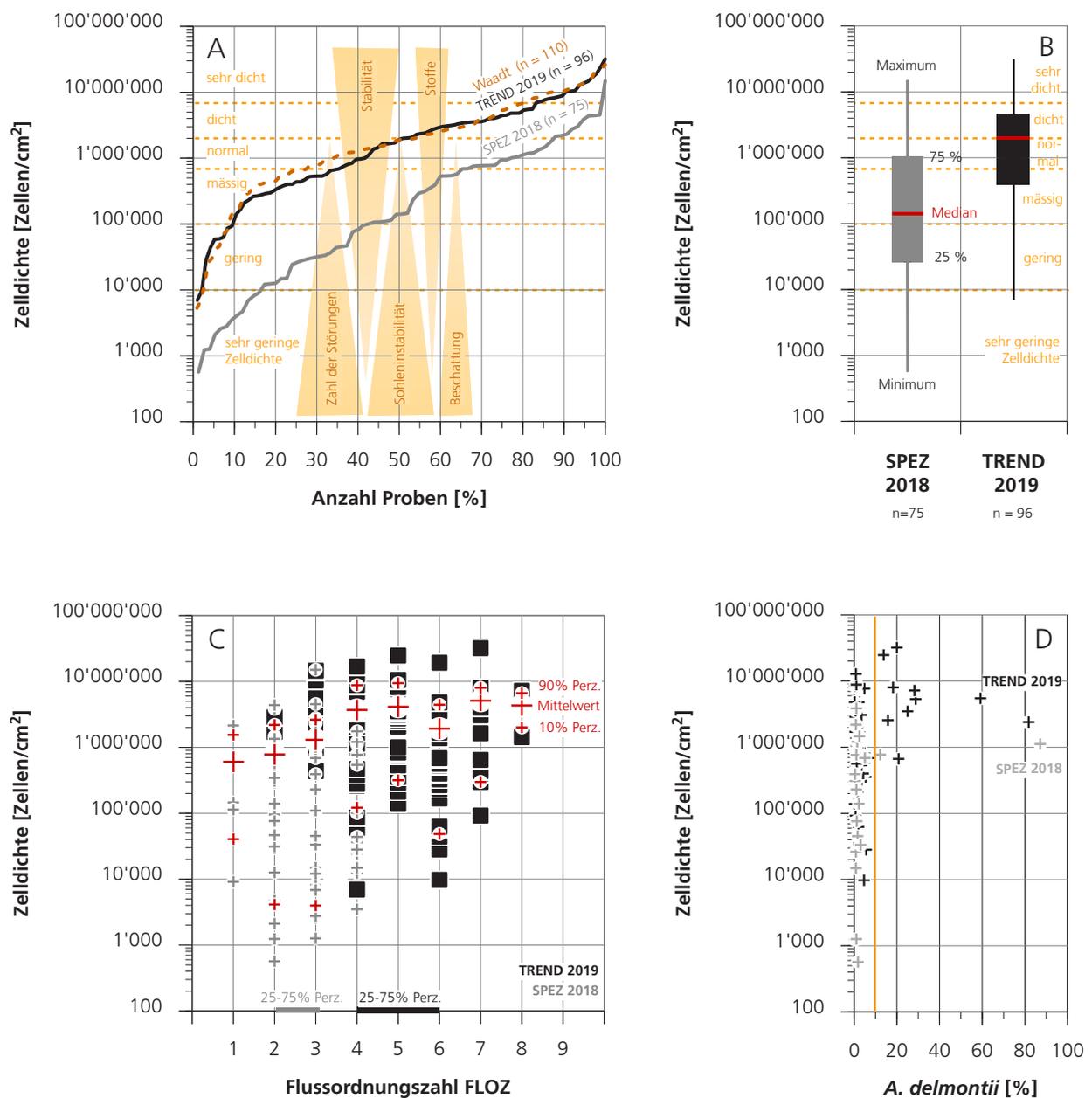


Abb. 5.8: Zelldichte der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften des Datensatzes NAWA TREND 2019 (n = 96) im Vergleich mit den Datensätzen NAWA SPEZ 2018 (n = 75) sowie Waadt 2005-2013 (n = 110, Straub et. al 2014).

A: Verteilung der Datensätze NAWA TREND 2019, NAWA SPEZ 2018 und Waadt 2005-2013 mit logarithmischer Skala der Zelldichte. Die Zahl der Proben ist auf 100 % normiert. Braune Keile zeigen wichtige auf die Zelldichte wirkende Faktoren an, basierend auf den langjährigen Erfahrungen von François Straub, PhycoEco, La Chaux-de-Fonds. Ebenso basiert die Unterteilung der Zelldichte in Klassen auf Erfahrungswerten von François Straub. Lesebeispiel: Geringe Zelldichten werden oft vorgefunden, wenn die Zahl der Störungen, die Sohleninstabilität und die Beschattung gross ist. Demgegenüber führen stabile Verhältnisse und erhöhte Konzentrationen von wachstumsfördernden Stoffen oft zu einer hohen Zelldichte.

B: Statistische Kennwerte der Zelldichte der beiden Datensätze SPEZ 2018 und TREND 2019.

C: Verteilung der Proben der beiden Datensätze TREND und SPEZ entlang der Flussordnungszahl FLOZ. Auf der x-Achse markiert der horizontale durchgezogene graue Strich (SPEZ 2018) und der durchgezogene schwarze Strich (TREND 2019) diejenige FLOZ, bei welcher 50 % der Proben der beiden Datensätze zugehören. Als rote Kreuze sind Mittelwert sowie 10 %- und 90 %-Perzentile eingezeichnet, basierend auf den Datensätzen SPEZ (FLOZ 1, 2 und 3) und TREND (FLOZ 4, 5, 6, 7 und 8).

D: Relative Häufigkeit der gebietsfremden Alge *Achnantheidium delmontii* und die Zelldichte der Probe. Wenn dieses Taxon in einer Probe vorkommt und der relative Anteil grösser ist wie 10 % erreicht die Zelldichte rund ≥ 1 Mio Zellen/cm².

Zellen/cm² auf (normal bis sehr dicht). Die doch beachtlich tiefen Zelldichten bei den Proben NAWA SPEZ 2018 dürften auf den folgenden drei Effekten beruhen:

1. **Saisonalität:** Die Proben SPEZ 2018 wurden mehrheitlich im Juli 2018 entnommen und die Proben TREND 2019 im März 2019. Im Winterhalbjahr erreichen die Kieselalgen erfahrungsgemäss höhere Zelldichten.
2. **Witterung:** Der Sommer 2018 war sehr warm und trocken. Die Bäche trockneten vermutlich zeitweise fast aus oder wiesen zumindest eine geringe Wasserführung auf. Die dennoch vorhandenen Abflussveränderungen wirkten sich daher stärker aus, als bei normaler Wasserführung.
3. **Flussordnungszahl (FLOZ):** Die SPEZ-Gewässer mit FLOZ 1 bis 4 (vor allem 2 bis 3) sind viel kleinere Bäche wie die TREND-Gewässer mit FLOZ 3 bis 8 (vor allem 4 bis 6). Wie die **Abbildung 5.7 C** illustriert sind bei tiefer FLOZ die Variabilität der Zelldichten deutlich variabler und der Mittelwert tiefer wie bei hoher FLOZ. Da kleine Gewässer eine grössere Substratvielfalt aufweisen und dynamischer und störungsanfälliger sind wie grössere Gewässer, variiert demnach auch die Zelldichte stärker.



sehr gering

9'800
Zellen/cm²

Töss ZH
ID 066



gering

30'000
Zellen/cm²

Töss ZH
ID 041



mässig

540'000
Zellen/cm²

Dorfbach
Oberägeri ZG
ID Spez 094



normal

4.8 Mio
Zellen/cm²

Glatt SG
ID 028



dicht

7.2 Mio
Zellen/cm²

Limmat ZH
ID 040



sehr dicht

48 Mio
Zellen/cm²

Jona SG
ID 048

Abb. 5.8: Visualisierung der Zelldichte von sehr gering bis sehr dicht am Beispiel von auserwählten Steinen, ab welchen die Kieselalgen-Zelldichte eruiert wurde. Fotos von Aquabug, Neuenburg und Ambio, Zürich.

In **Abbildung 5.7 D** wird am Beispiel der gebietsfremden Alge *Achnanthydium delmontii* gezeigt, dass diese Alge in der Lage ist, eine Kieselalgen-Lebensgemeinschaft sehr individuenreich zu dominieren und damit andere einheimische Algen zu verdrängen. Wenn der Anteil dieses Taxon mehr als 10 % relative Häufigkeit einnahm, wies die Probe immer rund 1 Mio Zellen/cm² oder auch deutlich mehr auf. Das gebietsfremde Taxon verdrängt damit je nach Situation um 10 % bis über 80 % aller einheimischen Individuen.

5.5 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 Modul-Stufen-Konzeptes 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 Gattungen *Achnanthydium* 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 Kurzkommantare (siehe elektronische Beilagen zu diesem Bericht). In den **Anhängen A** und **B** befinden sich die Liste aller Messstellen sowie die wichtigsten Resultate der Untersuchungsjahre 2015 bis 2018.

In **Abbildung 5.9** sind die Häufigkeit der Zustandsklassen der DI-CH-Werte des SPEZ-Datensatzes dargestellt und im Vergleich dazu die TREND-Datensätze. So wiesen 86 der 97 Stellen den Zustand 'sehr gut' oder 'gut' auf. Dies entspricht 89 % aller SPEZ-Stellen. Von den restlichen 11 Stellen indizierten 9 Stellen den Zustand 'mässig' respektive 2 Stellen den Zustand 'unbefriedigend'. Damit genügten 11 % der SPEZ-Stellen den Anforderungen gemäss GSchV Anhang 1 nicht (ökologische Ziele). Im Vergleich zu den TREND-Stellen sind diese Anteile der Zustandsklassen vergleichbar mit dem Zustand des Jahres TREND 2012. Die Auswahl der SPEZ-Stellen zeigt aber insgesamt eine den TREND-Stellen vergleichbare Situation. Da es sich um nicht zufällig ausgewählte Stellen handelt, darf nicht geschlossen werden, dass die kleinen Bäche eine ähnliche Belastungsverteilung haben wie die grösseren, aber noch watbaren Fliessgewässer.

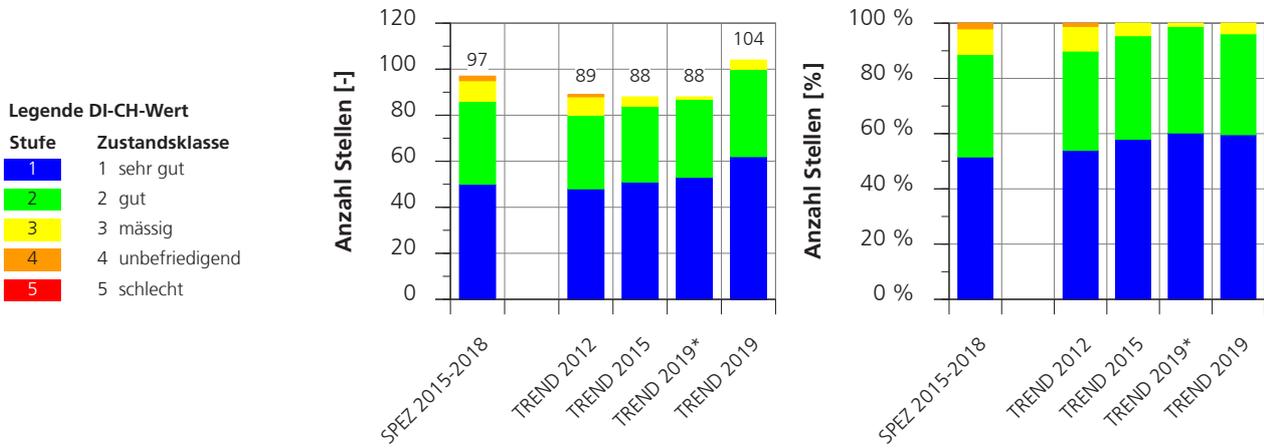


Abb. 5.9: Verteilung der Kieselalgen-Zustandsklassen pro Untersuchungsjahr für die Datensätze SPEZ und TREND.

Links: Absolute Anzahl Stellen, Rechts: Prozentuale Verteilung. SPEZ 2015-2018 (n = 97), TREND 2012 (n = 89), TREND 2015 (n = 88), TREND 2019* (bisherige 88 Stellen mit Ron und Salmsacher Ach an alter Position) sowie TREND 2019 (n = 104, 86 bisherige Stellen und 18 neue Stellen, inkl. Ron und Salmsacher Ach an neuer Position). 2019* umfasst den "klassischen" Datensatz der Vorjahre, welcher es erlaubt die Datensätze 2012, 2015 und 2019* direkt miteinander zu vergleichen.

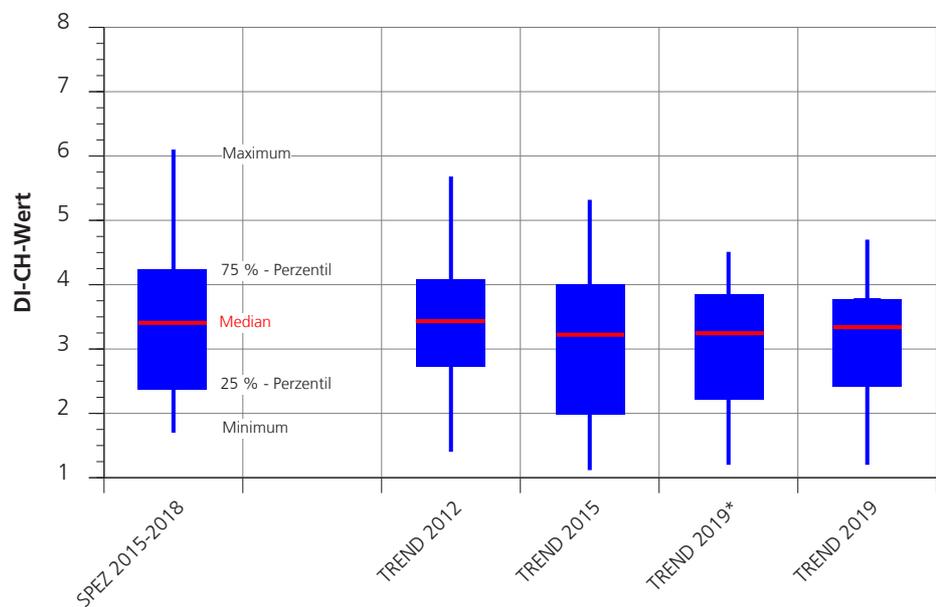


Abb. 5.10: Statistische Kennwerte zur Verteilung der DI-CH-Werte für die Datensätze SPEZ 2015-2018 (n = 97) sowie im Vergleich dazu die Datensätze TREND 2012-2019.

Erläuterungen zu den einzelnen Datensätzen siehe Abb. 5.9.

In **Abbildung 5.10** werden statistische Kennwerte für den SPEZ-Datensatz im Vergleich zu den TREND-Datensätzen dargestellt. Es zeigt sich, dass der Median bei allen Datensätzen sehr ähnlich war, nämlich bei SPEZ 3.40 und bei TREND von 3.24 bis 3.42. Die Spannweite der 25 %- und 75 %-Perzentile wie auch der minimalen und maximalen Werte sind beim SPEZ-Datensatz etwas grösser und meistens schlechter in den Werten positioniert als bei den TREND-Datensätzen.

Abbildung 5.11 zeigt die Anzahl Stellen und die Anteile der DI-CH-Zustandsklassen pro biogeografischer Region für die SPEZ-Stellen 2015-2018 (Abb. 5.11 A und B) und im Vergleich dazu die TREND-Stellen 2012-2019 (Abb. 5.11 C und D). Die Anzahl Stellen pro biogeografischer Region ist somit sehr unterschiedlich, respektive die Anzahl Stellen im Mittelland ist sowohl bei SPEZ- wie auch beim TREND-Datensatz stark übervertreten. So befinden sich beim SPEZ-Datensatz 56 % aller Stellen und beim TREND-Datensatz 63 % aller Stellen im Mittelland. Im Jura sind etwas mehr als 10 % der Stellen und in den Regionen der Voralpen und Alpen um 33 % (SPEZ) respektive 24 % (TREND) der Stellen. Bei der Auswahl der Stellen wurden bewusst Gebiete mit anthropogenen Einflussfaktoren (Bevölkerungsdichte, Intensität der Landwirtschaft) stärker gewichtet als z.B. die natürliche Verteilung der Fließgewässer oder die Flächenanteile der biogeografischen Regionen. Die Stellen mit ungenügender Zustandsklasse 'mässig' oder 'unbefriedigend' befanden sich denn auch mehrheitlich im Mittelland oder bei der Alpennordflanke (Rödelbach, SPEZ_008_AI) in landwirtschaftlich genutztem Einzugsge-

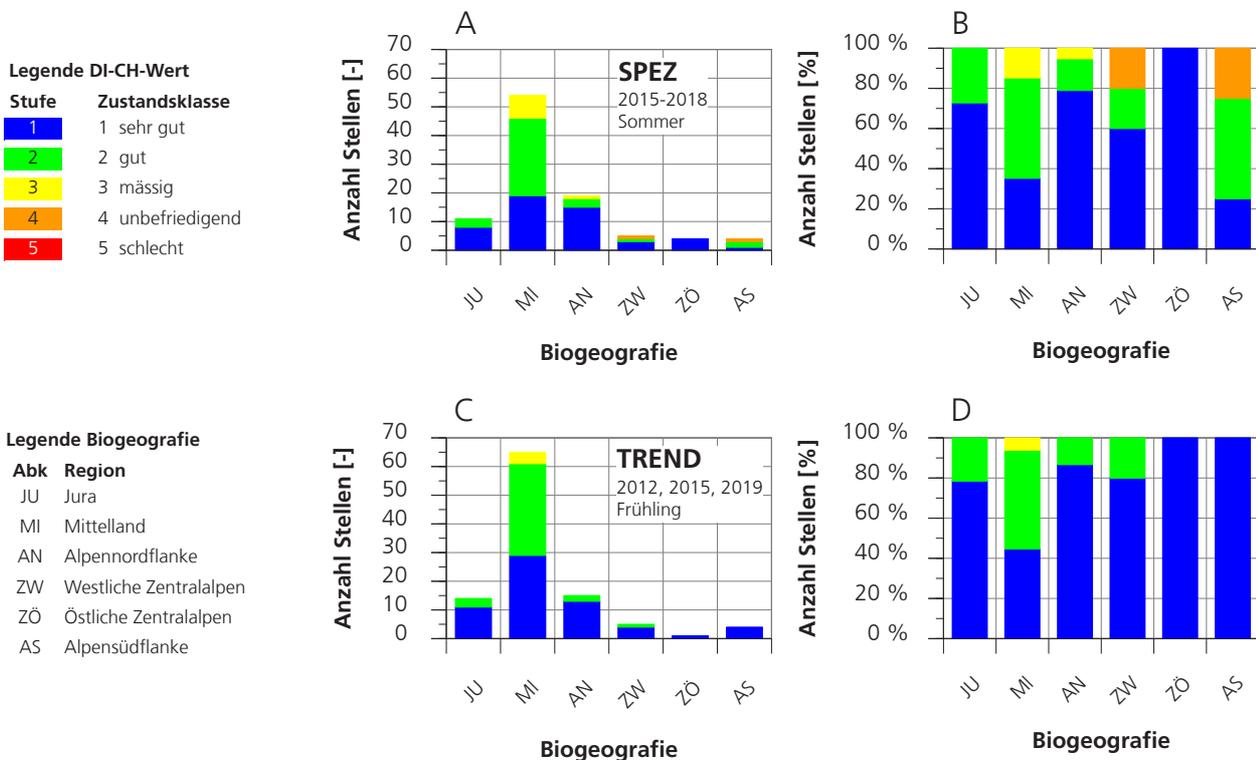


Abb. 5.11: Verteilung der Kieselalgen-Zustandsklassen pro biogeografischer Region für die Datensätze SPEZ 2015-2018 (A, B, n = 97) und TREND 2012-2019 (C, D, n = 281).

A, C: Absolute Anzahl Stellen, **B, D:** Prozentuale Verteilung.

biet oder bei der Alpensüdflanke (Canale, SPEZ_076_TI) in der Magadinoebene (intensive Landwirtschaft) wie auch in den westlichen Zentralalpen (Tsatonire, SPEZ_090_VS) im Rebberggebiet westlich von Sion. Im Vergleich zum TREND-Datensatz, in welchem hinsichtlich GSchV nicht erfüllte Zustandsklassen im Jahr 2019 nur noch im Mittelland vorkommen, ist der Belastungszustand der SPEZ-Stellen über die Biogeografie hinweg deutlich heterogener. Dies entspricht durchaus den Erwartungen, denn die kleinen Bäche mit geringer Wasserführung sind insbesondere den nutzungsbedingten Belastungen aus der Landwirtschaft wie auch der Siedlungs- und Strassenentwässerung infolge schlechterer Verdünnung stärker ausgesetzt.

In den **Abbildung 5.12, 5.13** und **5.14** sind die DI-CH-Werte des SPEZ-Datensatzes 2015-2018 und des TREND-Datensatzes 2019 in Abhängigkeit verschiedener Einflussfaktoren dargestellt. Gemäss **Abbildung 5.12** ist ersichtlich, dass weder der mittlere Abfluss (MQ) noch die Einzugsgebietsfläche oder die Zahl der Grossvieheinheiten einen offensichtlichen Zusammenhang zum DI-CH-Wert haben. Allerdings werden in Einzelfällen DI-CH-Werte von > 4.5 nur bei geringen Abflüssen (circa $< 1 \text{ m}^3/\text{s}$) und kleinen Einzugsgebietsflächen (circa $< 10 \text{ km}^2$) erreicht. Der Abwasseranteil bezogen auf das Niederwasser Q_{347} lässt hingegen erahnen, dass eine erhöhte Menge an eingeleitetem Abwasser einen Einfluss auf den DI-CH-Wert haben kann. Es ist aber auch ersichtlich, dass schlechte DI-CH-Werte auch ohne Abwasser erreicht werden können. Erfahrungsgemäss beeinflusst aber konstant eingeleitetes Abwasser die Kieselalgen-Lebensgemeinschaften zum Teil sehr deutlich.

In **Abbildung 5.13** sind verschiedene Landnutzungen mit prozentualen Anteilen am Einzugsgebiet gegenüber dem DI-CH-Wert aufgeführt. Während der Anteil an Wald keinen offensichtlichen Zusammenhang zum DI-CH-Wert zeigt, lassen die Anteile an Landwirtschafts- und Siedlungsflächen einen wagen Einfluss erkennen. So sind bei fehlendem oder sehr geringem Anteil an der entsprechenden Nutzfläche die DI-CH-Werte jeweils < 4.5 . Sobald die Siedlungsfläche jedoch wenige Prozente und die Landwirtschaftsfläche um $\geq 20 \%$ einnahmen, führte dies in Einzelfällen, aber nicht zwingend, zu einem ungenügenden DI-CH-Wert. Einen deutlicheren Zusammenhang zum Indexwert DI-CH zeigte demgegenüber der Anteil an unproduktiver Fläche. Zumindest nahm der Indexwert DI-CH nur einen ungenügenden Wert ein, wenn der Anteil an unproduktiver Fläche gering war. Ein hoher Anteil an unproduktiver Fläche von $> 10 \%$ führte in der Regel zu einem DI-CH-Wert von tiefer als 4.0.

In **Abbildung 5.14** zeigen die verschiedenen landwirtschaftlichen Nutzungen (Grünland, Ackerfläche, Obst- und Rebbau) gegenüber dem DI-CH-Wert keine eindeutigen Zusammenhänge. So traten z.B. ungenügende DI-CH-Werte von > 4.5 bei tiefen wie auch bei hohen Flächenanteilen der entsprechenden Nutzungen auf. Da es sich bei all diesen biologischen Erhebungen um eine einmalige Aufnahme im Vorsommer handelt, ist jedoch unklar, inwieweit der Einfluss dieser Nutzungen bei einer späteren Probenahme, also z. B. im Herbst, auf die Lebensgemeinschaften wäre. Aus einem schweizweiten Datensatz von 880 Aufnahmen, die im Frühjahr und im Herbst an derselben Stelle gemacht wurden, zeigte sich, dass in 72 % der Paarvergleiche der Herbst schlechter ausfiel. Diese Aussage gilt für Stellen $< 1'000 \text{ m ü. M.}$ und ist unabhängig von der indizierten Wasserqualität (DI-CH). Diese Erkenntnis lässt erahnen, dass möglicherweise der Einfluss der

Landwirtschaft mit den diffusen Einleitungen sich bei den Kieselalgen-Lebensgemeinschaften erst später im Jahr manifestiert. Die Saisonalität ist somit wichtig, insbesondere wenn basierend auf nur einer jährlichen Aufnahme der schlechteste Zustand ("worst case") erhoben werden soll. Unabhängig davon, wirken aber ständige Einleitungen, wie dies z. B. aus Kläranlagen der Fall ist, immer. Wobei auch hier die Saisonalität respektive die Abflussverhältnisse und damit die Verdünnung wichtige Einflussfaktoren sind. In Fliessgewässern der Schweiz finden längere Niederwasserphasen oft im Winter sowie im Sommer bis Herbst statt. Daher dürfte aus Sicht der Kieselalgen der Spätsommer bis Herbst diejenige Jahreszeit darstellen mit den schlechtesten Zuständen. Dies weil dann die Abwassereinleitungen schlecht verdünnt werden und akkumuliert dazu noch die diffusen Einleitungen aus der Landwirtschaft wirken.

Wie den **Abbildungen 5.12, 5.13** und **5.14** illustriert wurde, sind basierend auf dem SPEZ-Datensatz 2015-2018 und TREND-Datensatz 2019 nur ganz wenige Einflussfaktoren eindeutig prägend für die Ausbildung der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften und damit auch für den Kennwert DI-CH. In **Abbildung 5.15** ist der DI-CH-Gradient der SPEZ-Daten dargestellt und zudem die beiden Stichproben 'worst 11' und 'best 11'. Diese beiden Stichproben werden in **Abbildung 5.16** wiederum mit den verschiedenen Einflussfaktoren grafisch dargestellt. Basierend auf diesen Extremwerten wird ersichtlich, dass die einzelnen Faktoren, wenn jeweils im Anteil die Tiefst- und Höchstwerte herangezogen werden, vermutlich durchaus Einfluss auf den DI-CH-Wert haben. So fällt auf, dass die Stichprobe 'worst 11' hinsichtlich dem Anteil der Siedlungsfläche (Abb. 5.16 A), dem Anteil an Abwasser (B), der Zahl an Grossvieheinheiten (C), der Anzahl Betriebe (D), dem Flächenanteil an Acker (E), Obst (F) und Reben (G) sowie der Summe der Anteile an Siedlungs- und Landwirtschaftsflächen deutlich grösser ist als jeweils derjenige der Stichprobe 'best 11'. Demgegenüber weisen die Stellen der Stichprobe 'worst 11' fast keine unproduktive Flächen auf, während die Stichprobe der 'best 11' Anteile an unproduktiver Fläche von rund 5 bis 35 % hat. Nur beim Wald ergibt sich basierend auf den beiden Stichproben kein eindeutiges Bild. Auch wenn diese grafische Darstellung nur für die Extremwerte eine gewisse Gültigkeit hat, kann vermutlich geschlossen werden, dass terrestrische Nutzungen in einem Einzugsgebiet durchaus das Potenzial haben den aquatischen Lebensraum zu beeinflussen. Im vorliegenden Fall der Kieselalgen wird der Einfluss vermutlich eher stofflicher Art sein (inkl. partikulär gebundene Stoffe, Trübstoffe, Abschwemmungen), da die Kieselalgen als Einzeller zu einem grossen Teil direkt von der sie umgebenden Wasserqualität abhängig sind.

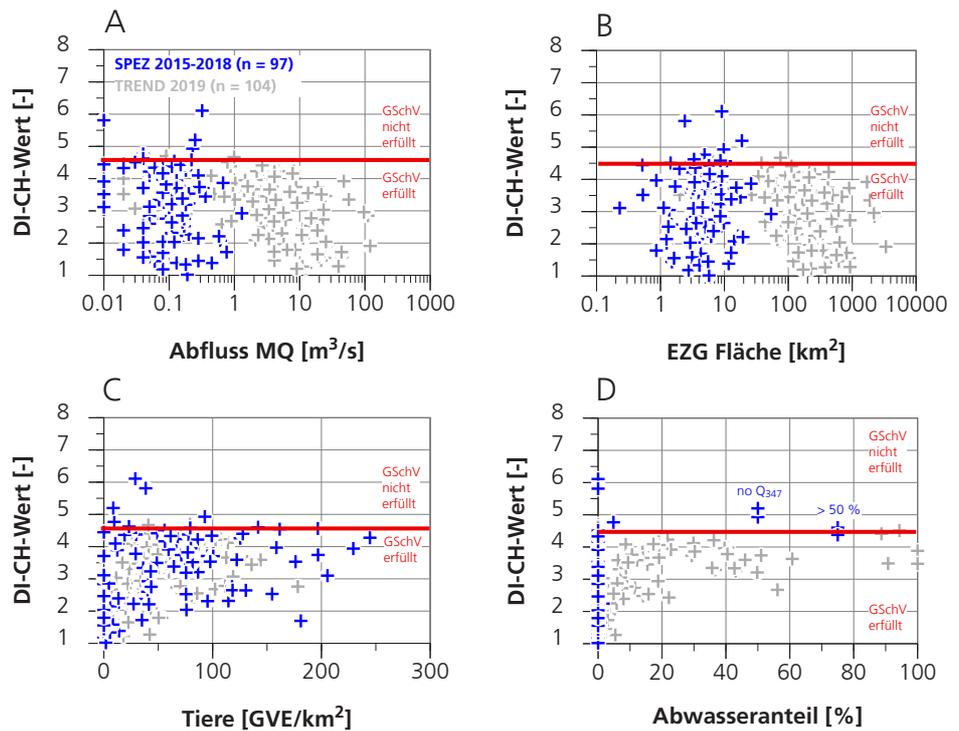


Abb. 5.12: DI-CH-Werte in Abhängigkeit vom (A) Abfluss-Kennwert (MQ, mittlerer jährlicher Abfluss), (B) der Fläche des Einzugsgebietes (EZG, Gesamtfläche), (C) der Anzahl Tiere (GVE, Grossvieheinheiten) und (D) des Abwasseranteiles am Niederwasser Q₃₄₇.

Dargestellt sind der Datensatz NAWA SPEZ 2015-2018 (n = 97, blau) und TREND 2019 (n = 104, grau). Landnutzungen gemäss GIS-Auswertungen BAFU. Legende Abwasseranteil: '> 50 %' wurde auf 75 % Anteil gesetzt, 'no Q₃₄₇' auf 50 % Anteil. Stellen mit einem Auslandsanteil des EZG > 20 % (TREND: ID 086, ID 088, ID 153) wurden in die Analyse nicht miteinbezogen.

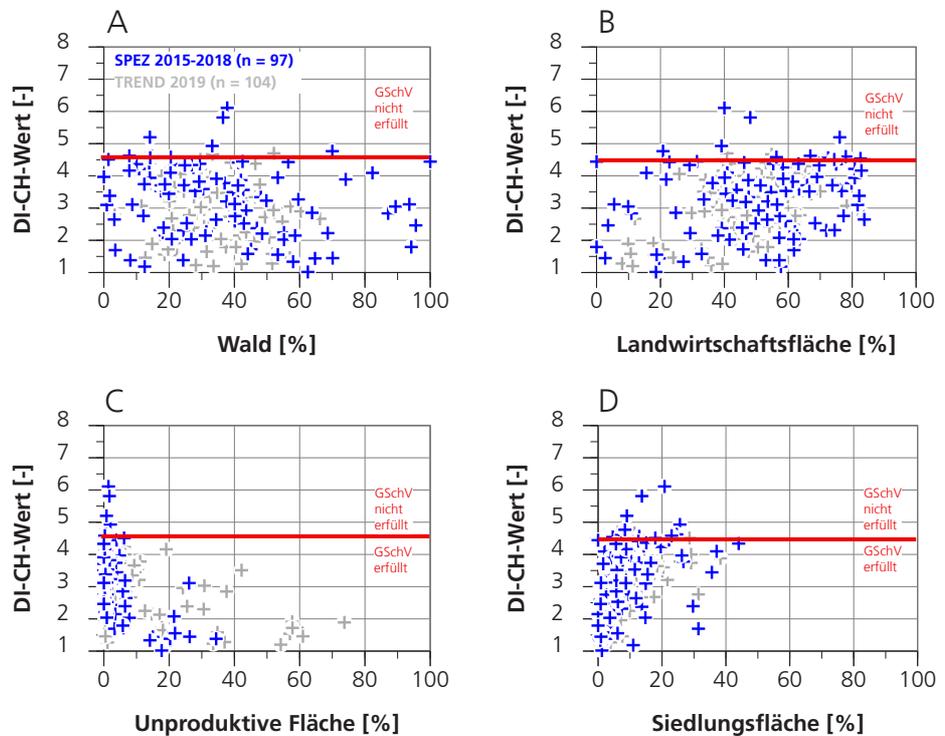


Abb. 5.13: DI-CH-Werte in Abhängigkeit von verschiedenen Landnutzungen (A bis D).

Dargestellt sind der Datensatz NAWA SPEZ 2015-2018 (n = 97, blau) und TREND 2019 (n = 104, grau). Anteil Landwirtschaft bestehend aus Grünland, Acker, Obst- und Rebbau. Landnutzungen gemäss GIS-Auswertungen BAFU. Stellen mit einem Auslandsanteil des EZG > 20 % (TREND: ID 086, ID 088, ID 153) wurden in die Analyse nicht miteinbezogen.

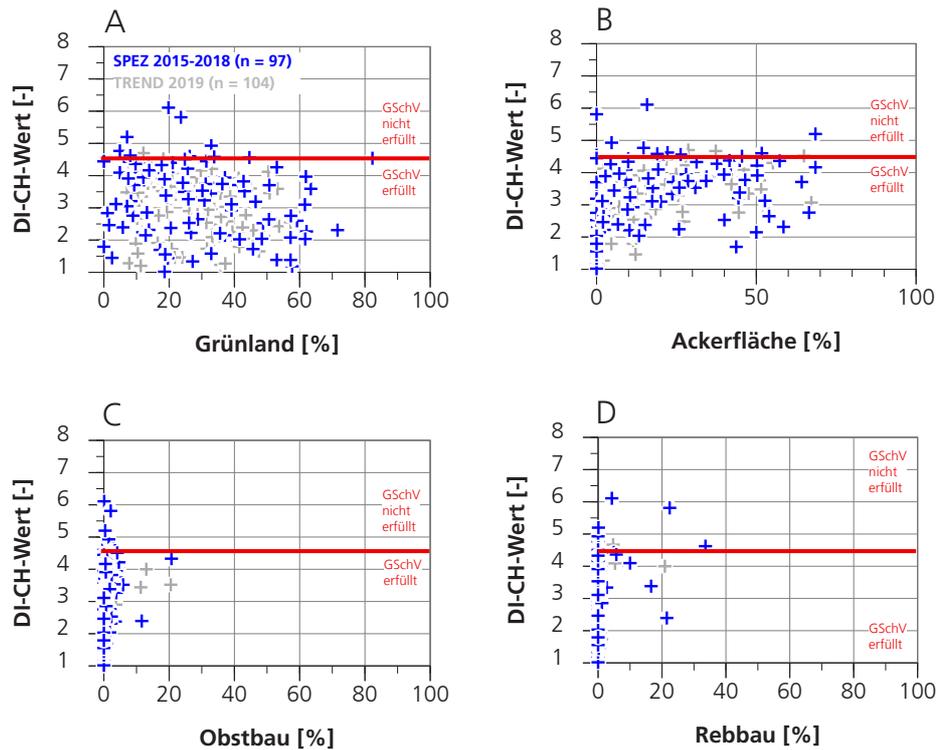


Abb. 5.14: DI-CH-Werte in Abhängigkeit vom Anteil an Grünland (A), Ackerbau (B), Obstbau (C) und Rebbau (D).

Dargestellt sind der Datensatz NAWA SPEZ 2015-2018 (n = 97, blau) und TREND 2019 (n = 104, grau). Landnutzungen gemäss GIS-Auswertungen BAFU. Stellen mit einem Auslandsanteil des EZG > 20 % (TREND: ID 086, ID 088, ID 153) wurden in die Analyse nicht miteinbezogen.

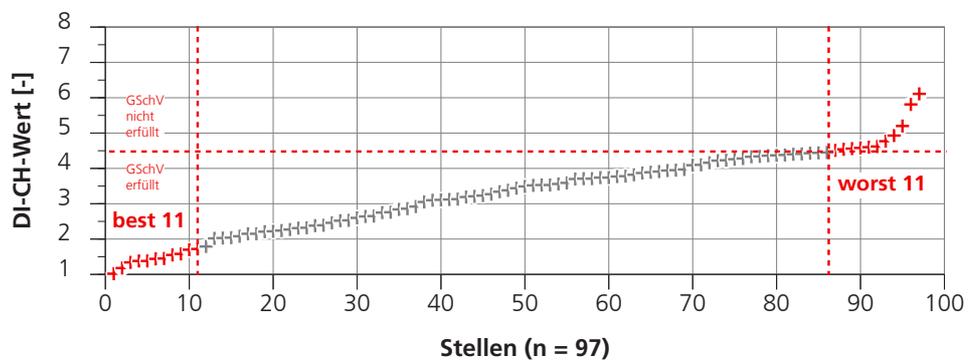


Abb. 5.15: DI-CH-Werte des SPEZ-Datensatzes mit Hervorhebung der 11 schlechtesten DI-CH-Werte (≥ 4.5 , 'worst 11') sowie der 11 besten DI-CH-Werte ('best 11').

Diese Darstellung illustriert für die folgende Abbildung 5.16 die Auswahl der beiden Sets an Extremwerten (Stichproben) und die dazu gehörige Grundgesamtheit.

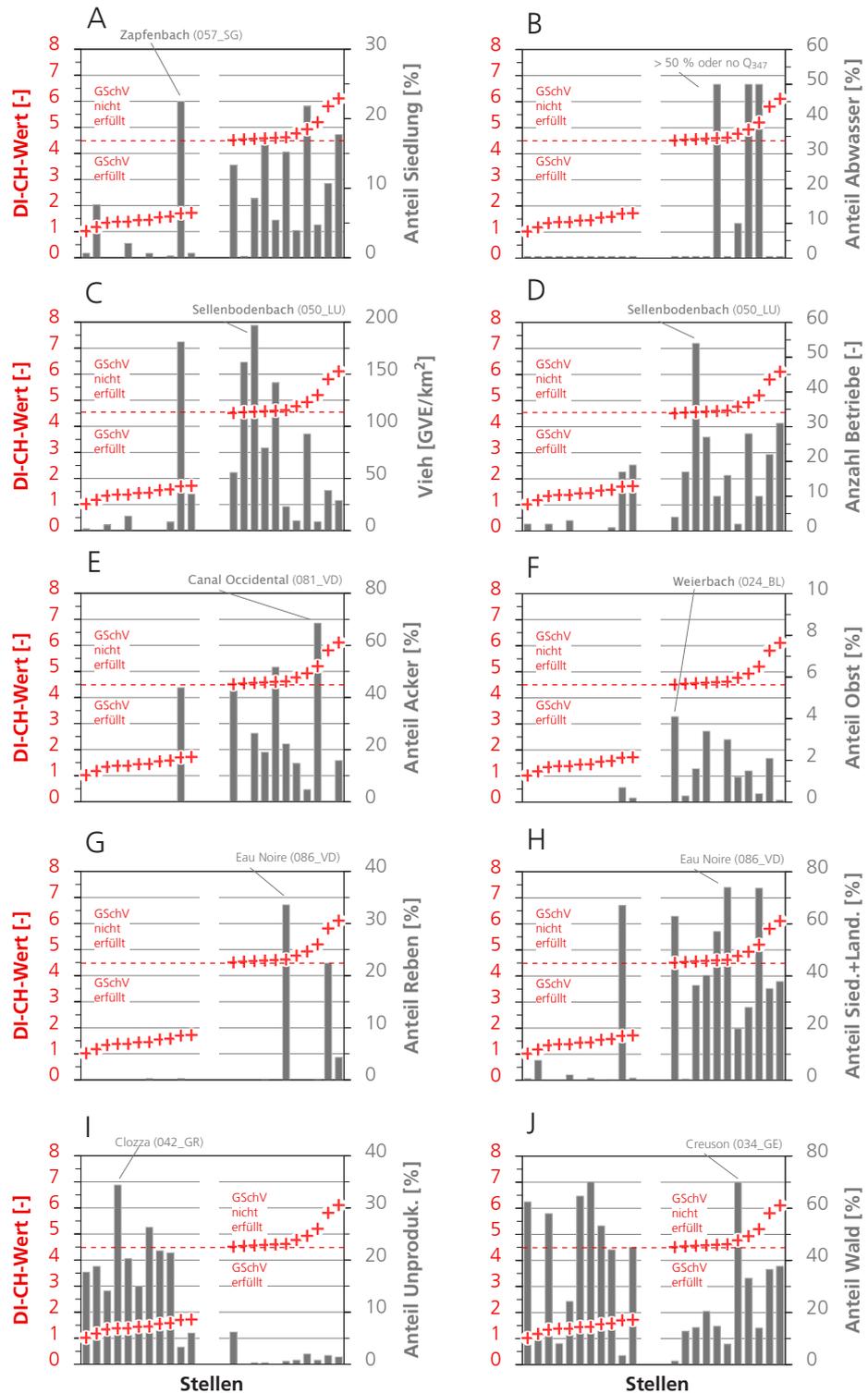


Abb. 5.16: Nutzungen und DI-CH-Werte des Datensatzes SPEZ 2015-2018.

Dargestellt sind die 11 Stellen mit einem DI-CH-Wert ≥ 4.5 (= 'worst 11') und im Vergleich dazu diejenigen 11 Stellen mit den besten DI-CH-Werten (1.0-1.7, = 'best 11') des gesamten SPEZ-Datensatzes ($n = 97$ Stellen, siehe auch Abbildung 5.15). Die Nutzungen sind normiert auf die Einzugsgebietsfläche der Untersuchungsstelle in Prozent.

A: Anteil der Siedlungsfläche, B: Anteil des Abwassers am Niederwasser Q_{347} , C: Anzahl Grossvieheinheiten, D: Anzahl Bauernhofbetriebe, E: Anteil der Ackerfläche, F: Anteil mit Obstbau, G: Anteil mit Rebbau, H: Summe der Siedlungsfläche und der landwirtschaftlich genutzten Fläche (ohne Grünland), I: Anteil der unproduktiven Fläche, J: Anteil der Waldfläche.

Daten der Einflussfaktoren gemäss BAFU, siehe auch Kapitel 3.

5.6 Standortgerechtigkeit

Mit der Standortgerechtigkeit wird versucht einzuschätzen, ob eine vorgefundene Lebensgemeinschaft dem Standort entsprechend natürlich / naturnah ist oder nicht. Diese Frage ist zentral, da in der 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:

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

Die im Artikel 1 verwendeten Begriffe zur Charakterisierung der Lebensgemeinschaften benutzen wir, um daraus jeweilige Kennwerte herzuleiten. Es sind dies die folgenden Begriffe respektive Kennwerte:

- naturnah: Anteile von D-Gruppen
- standortgerecht: Anteil gebietsfremder Arten
- selbst reproduzieren: Anteil an Teratologie
- Vielfalt und Häufigkeit: Taxazahl, Evenness, Ausprägung der Dominanz
- Gewässerbelastung: DI-CH-Wert
- Gewässertyp: Biogeografische Regionen

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

Kennwert erreicht wenn:

Ökologie

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

Struktur Lebensgemeinschaft

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

Gebietsfremde Arten

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

¹ Biogeografische Regionen: Mittelland und Jura.

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

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

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

Bis auf das Kriterium Teratologie haben wir alle oben aufgeführten Kennwerte verwendet, um letztlich daraus für das Mittelland/Jura wie auch für den alpinen Raum eine Standortgerechtigkeit herzuleiten (siehe Tabelle links). Damit werden art- und indexspezifische Kennwerte beigezogen, sodass die Struktur der Lebensgemeinschaft wie auch indikative Gruppen (DI-CH, D-Gruppen) in die Beurteilung einfließen. Das Vorgehen zur Beurteilung der Standortgerechtigkeit stellt kein offizielles oder publiziertes Verfahren dar. Der methodische Ansatz, welcher bewusst nicht auf Charakterarten beruht, sondern auf einfach erudierbaren strukturellen und qualitativen Kenngrössen, wurde über die Jahre hinweg durch die beiden Firmen AquaPlus und PhycoEco entwickelt, angepasst und verfeinert. Die angewandte Methode befindet sich demnach noch in der Testphase. So sollten künftig die Teratologie integriert und der Gewässertyp differenzierter miteinfließen. Es zeigte sich schon früh, dass der Anspruch auf eine standortgerechte Lebensgemeinschaft deutlich höher ist, wie das reine Erfüllen der biologisch indizierten Wasserqualität (DI-CH-Wert) gemäss aktuell vorliegendem Modul der Stufe F (BAFU 2007a). Dies weil die Standortgerechtigkeit einer Referenzvorstellung entspricht, welche differenziert nach Gewässertyp mehrere biologische Kriterien erfüllen muss. Im Gegensatz dazu hat der am Chemismus geeichte Indexwert DI-CH einheitlich für alle zumindest grösseren, aber noch watbaren Fließgewässer der Schweiz ohne Differenzierung der Biogeographie oder des Gewässertyps Gültigkeit.

Basierend auf der erwähnten Methodik wurden die 97 Kieselalgen-Lebensgemeinschaften des SPEZ-Datensatzes hinsichtlich ihrer Standortgerechtigkeit beurteilt. In **Abbildung 5.17** ist die Anzahl Stellen pro DI-CH-Zustandsklasse sowie die Standortgerechtigkeit pro DI-CH-Zustandsklasse für die Untersuchungsjahre 2015-2018 (97 Stellen) dargestellt. Im Vergleich dazu sind dieselben Auswertungen für den TREND-Datensatz des Jahres 2019 (104 Stellen) aufgeführt. Während hinsichtlich der DI-CH-Zustandsklassen in beiden Datensätzen 89 % (SPEZ) respektive 96 % (TREND) aller Stellen einen guten bis sehr guten Zustand indizieren, stellen bloss 19 % (SPEZ) respektive 18 % (TREND) aller Stellen eine standortgerechte Lebensgemeinschaft dar. Insbesondere bei der Zustandsklasse 2 (gut) sind fast alle Lebensgemeinschaften nicht standortgerecht. Das heisst bei Stellen mit einer nicht standortgerechten Lebensgemeinschaft ist entweder der DI-CH Wert atypisch, der relative Anteil an Belastungszeigern zu gross, der relative Anteil an Sauberwasserarten zu gering, die Struktur der Lebensgemeinschaft atypisch und/oder der relative Anteil an gebietsfremden Arten zu hoch. Eine nicht gegebene Standortgerechtigkeit hat als Grund oft einen zu geringen relativen Anteil an Sauberwasserarten. Die im SPEZ-Datensatz gefundenen Lebensgemeinschaften entsprechen damit basierend auf dem DI-CH-Wert weitgehend den numerischen Anforderungen gemäss GSchV Anhang 2. Die ökologischen Zielen gemäss GSchV Anhang 1, welche naturnahe und standorttypische Lebensgemeinschaften zum Ziel hat, werden aber zu einem grossen Teil nicht erreicht.

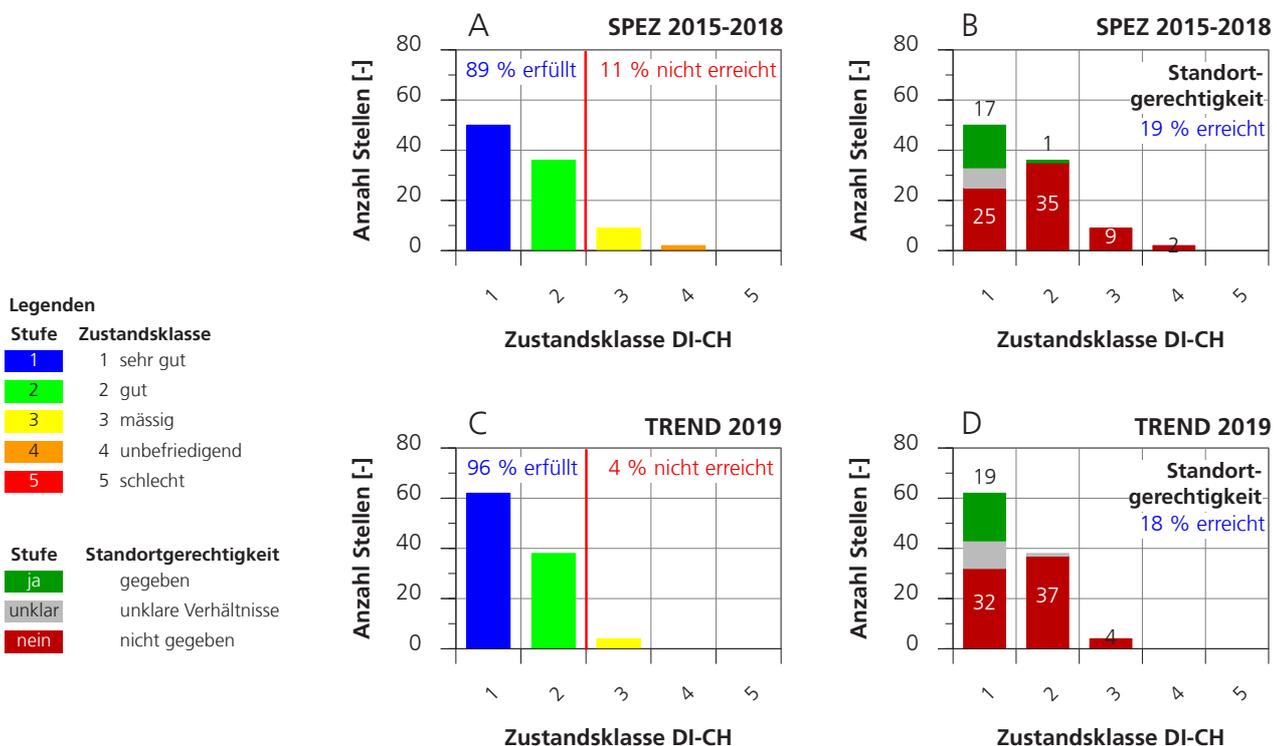


Abb. 5.17: Verteilung der Kieselalgen-Zustandsklassen basierend auf dem DI-CH der Datensätze SPEZ 2015-2018 (A) und TREND 2019 (C) sowie die Erreichung der Standortgerechtigkeit dieser beiden Datensätze (B: SPEZ 2015-2018 und D: TREND 2019).

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

Datensatz SPEZ 2015-2018 (n = 97) und TREND 2019 (n = 104).

5.7 Qualitätssicherung Kieselalgen

Die Qualitätssicherung der Kieselalgen basierte auf den in Kapitel 2.5 aufgeführten Aspekten. Die diversen Kontrollen (D- und G-Werte, DI-CH-Berechnungen, Taxazahl, Diversität) sowie allfällige Korrekturen (Anwendung der Synonymie, Taxabezeichnungen, etc.) flossen vor der Erstellung der finalen Taxalisten sowie aller Auswertungen ein. Im Folgenden werden die Resultate der gemäss Pflichtenheft (BAFU, 2018) geforderten 10 Zweitbestimmungen besprochen.

Die 10 Zweitzahlungen umfassten bei der Erstzählung DI-CH-Werte von 1.8 bis 4.8. Die DI-CH-Werte der Zweitzahlungen wichen im Vergleich zu den DI-CH-Werten der Erstzahlungen mit absoluten Differenzen von 0.06 bis 0.29 DI-CH-Einheiten ab (**Tabelle 5.4**). Der Mittelwert wie auch der Median betrug 0.13 und die Standardabweichung 0.07 DI-CH-Einheiten (**Tabelle 5.5**). Die Abweichungen zwischen der Erst- (Fachverantwortliche) und der Zweitzahlungen (QS) entsprachen den Erwartungen und waren ähnlich gering respektive etwas tiefer wie jene der ersten beiden Perioden 2011-2013 und 2015. Das Bestimmtheitsmass der Probenreihen lag bei NAWA SPEZ 2018 bei $r^2 = 0.99$ und bei NAWA TREND 2019 bei $r^2 = 0.98$ (Regression Originalzählung versus QS-Zählung). Aufgrund dieser sehr guten Korrelationen wurden die Originalzahlungen beider Projekte belassen.

Tab. 5.4: Zweitzahlungen: Aufgeführt sind die DI-CH-Werte der Erst- und Zweitzählung sowie die Differenzen von je 5 Messstellen der Projekte NAWA SPEZ 2018 und NAWA TREND 2019.

Die Farben entsprechen den Zustandsklassen gemäss BAUF Modul Kieselalgen (BAFU 2007a).

¹ Stelleninformationen siehe **Anhang A1, B2** ² Absolute Differenz

NAWA SPEZ 2018

Messstelle ¹	Erstzählung	Zweitzählung (QS)	Differenz ²	Auftraggeber
Spez_009_AI	2.3	2.2	0.12	BAFU
Spez_034_GE	4.8	4.6	0.16	BAFU
Spez_077_TI	4.1	4.2	0.14	BAFU
Spez_087_VD	2.0	2.0	0.04	BAFU
Spez_099_ZH	4.6	4.7	0.09	BAFU

NAWA TREND 2019

Messstelle ¹	Erstzählung	Zweitzählung (QS)	Differenz ²	Auftraggeber
CH_060_BE	1.8	2.1	0.29	BAFU
CH_086_GE	4.5	4.3	0.13	Kanton
CH_107_FR	2.0	1.9	0.13	BAFU
CH_127_VD	3.4	3.2	0.17	BAFU
CH_145_SH	4.7	4.6	0.06	BAFU

Tab. 5.5: Kennwerte der Qualitätssicherung für die Jahre 2011-13, 2015 und 2019 sowie im Vergleich mit Ringtests. Stabw = Standardabweichung

¹ AquaPlus & PhycoEco (2014a) ² AquaPlus & Phycoeco (2017) ³ Daten in **Tab. 5.4** (Differenzen)

Kennwerte	Ringtests ¹	NAWA 2011-13 ¹	NAWA 2015 ²	NAWA 2018/2019 ³
Anzahl	76	17	11	10
Median	0.23	0.24	0.14	0.13
Stabw	0.19	0.21	0.15	0.07

6 Fazit

Im Rahmen des Monitoringprogrammes NAWA SPEZ 2018 wurden durch Auftragnehmer des BAFU im Sommer 2018 in 83 kleinen Bächen der Äussere Aspekt erhoben und Kieselalgenproben entnommen und uns übergeben. Um den Datensatz zu ergänzen wurden zusätzlich noch Proben und Daten zum Äusseren Aspekt der Kampagnen SPEZ 2015 und 2017 beigezogen. Der totale Datensatz umfasste damit 97 Stellen. Basierend auf diesen Proben und Daten konnte das uns in Auftrag gegebene Pflichtenheft vollumfänglich umgesetzt werden.

Laborarbeiten: Die Laborarbeiten erfolgten im Grundsatz ohne Schwierigkeiten. Bei etlichen Proben war aber die uns übergebene Menge an Biomasse zu gering, sodass nicht immer genug präpariertes Material für die Archivierung übrig blieb.

Archivierung der Proben: Die Archivierung der 83 präparierten Proben sowie der 83 Präparate der Serie SPEZ 2018 erfolgt an drei Örtlichkeiten (AquaPlus AG, PhycoEco und BAFU; jene Serie des BAFU ist bis auf weiteres bei der AquaPlus AG eingelagert). Infolge der zum Teil ungenügenden Menge an Biomasse, blieb aber nicht für jede Stelle genug präpariertes Material für die Archivierung übrig. Zudem konnte auch nicht für jede Stelle ein für die Mikroskopie qualitativ gutes Präparat hergestellt werden. Es ist daher wichtig, auch in Zukunft darauf zu achten, dass bei unproduktiven Gewässern im Feld genügend Biomasse gesammelt wird.

Datenhaltung: Sämtliche Daten sind in den vorgegebenen Files bei AquaPlus AG abgelegt und dem BAFU übergeben worden. Des Weiteren sind die Daten beim Auftragnehmer AquaPlus AG zusätzlich in einer Datenbank abgelegt. Die Daten der Kieselalgenzählungen sämtlicher NAWA-SPEZ Untersuchungen (seit 2012) wurden zudem im Januar 2020 an MIDAT+ DIA übergeben.

Auswertungen: Die Stellenliste mit Koordinaten, Probenahmedatum, ProbenehmerIn und den wichtigsten Resultaten (Taxazahl, DI-CH, inkl. Qualitätssicherung) wurden mit den Zählenden (Excel) abgegeben. Sämtliche im Pflichtenheft geforderten Auswertungen wurden erstellt. Zusätzlich wurde die Standortgerechtigkeit eingeschätzt und Zusammenhänge zu auserwählten Landnutzungsdaten besprochen.

Resultate Äusserer Aspekt: Die fliessende Welle wurde gehäuft durch wenig bis mittel viel stabilem Schaum beeinträchtigt (bei 15 % der 97 Stellen), während Trübung (10 %), Geruch (5 %) und Verfärbung (4 %) seltener auftraten. Die Gewässersohle wies oft eine kolmantierte Sohle (29 %) und Abfälle (39 %) auf. Eisensulfid (21 %), Verschlammung (6 %), Feststoffe aus der Siedlungsentwässerung (5 %, WC-Papier, Hygieneartikel) und heterotropher Bewuchs (0 %) waren seltener oder nie Ursache für eine Beeinträchtigung. Grössere watbare Bäche des Messprogrammes NAWA TREND 2019 waren hinsichtlich des Äusseren Aspektes öfters und durch mehr Parameter beeinträchtigt wie die kleinen SPEZ-Bäche und dies deutlich ausgeprägter in der Gewässersohle wie in der fliessenden Welle. Mögliche Gründe sind der geringere Abwasseranteil und die höhere Dynamik in kleinen Fliessgewässern sowie Unterschiede der beiden Bachgrössen bezüglich der Sohlenstabilität und der Ökomorphologie (Verbauungstypen).

Resultate Kieselalgen: In den 97 Kieselalgenproben des SPEZ-Datensatzes der Jahre 2015, 2017 und 2018 (alles Sommerproben) wurden anlässlich der Zählung von 500 Schalen 279 Taxa gefunden. Dies sind 53 % der für Fließgewässer Mitteleuropas aufgeführten häufigen 526 Taxa. Die Taxazahl zeigte beim SPEZ- und TREND-Datensatz keinen Zusammenhang mit der Gewässergrösse (FLOZ, Flussordnungszahl). Dieses Resultat basiert weitgehend auf Proben mit dem Substrat 'faust- bis kopfgrosse Steine' und kann sich ändern, wenn andere Substrate beprobt werden. Die Struktur (Taxazahl, Diversität, Teratologie, DI-CH-Gradient) dieser epilithischen Lebensgemeinschaften der SPEZ-Stellen (kleine Bäche) unterschieden sich trotz eher weniger Taxa pro Probe und einer etwas geringeren Diversität nicht wesentlich von denjenigen der TREND-Stellen (grösser, noch watbare Bäche). Die Zelldichte war hingegen um mindestens eine Zehnerpotenz deutlich tiefer als diejenige beim TREND-Datensatz 2019. Gründe dafür dürften die Gewässergrösse (kleine Bäche sind dynamischer), die Saisonalität (Kieselalgen bevorzugen tiefe Temperaturen) und die trockene Witterung im Sommer 2018 gewesen sein. Der Anteil der gebietsfremden Art *Achnanthes delmontii* erreichte zum Teil sehr hohe Werte. Das Taxon verdrängte damit auch einheimische Arten. Die DI-CH-Zustandsklassen wiesen bei 86 der 97 SPEZ-Stellen den Zustand 'sehr gut' oder 'gut' auf. Dies entspricht 89 % aller Spez-Stellen. Von den restlichen 11 Stellen indizierten 9 Stellen den Zustand 'mässig' respektive 2 Stellen den Zustand 'unbefriedigend'. Damit genügten 11 % der SPEZ-Stellen den Anforderungen gemäss GSchV Anhang 1 nicht (ökologische Ziele). Während also hinsichtlich der DI-CH-Zustandsklassen 89 % aller SPEZ-Stellen einen guten bis sehr guten Zustand indizierten, wiesen bloss 19 % aller SPEZ-Stellen eine standortgerechte Lebensgemeinschaft auf. Der Kieselalgenindex DI-CH indiziert die chemische Wasserqualität der fließenden Welle, nicht aber die gewässertypspezifische Standortgerechtigkeit.

Eignung der Methode: Die im Rahmen des SPEZ-Programmes 2018 gemachten Erkenntnisse lassen vorerst den Schluss zu, dass die Methodik zur Bestimmung des DI-CH-Wertes gemäss BAFU (2007a) angewandt werden kann. Dies weil sich die Lebensgemeinschaften nicht wesentlich von denjenigen grösserer, aber noch watbaren Fließgewässern unterscheidet. Voraussetzung sind aber die Verwendung von dauerbenetzten Stellen der fließenden Welle. Eine eindeutige Klarheit über die Verwendung der Methode bei kleinen Bächen besteht aber erst, wenn viele eruierten DI-CH-Werte kleiner Bäche unterschiedlichster Belastungen anhand den bei der Eichung beigezogenen chemischen Parametern überprüft wurden.

7 Literaturverzeichnis

- AquaPlus (2015): Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA). NAWA SPEZ Pestizide 2017. Biologische Untersuchungen an SPEZ-Stellen und Referenzstellen, Bericht im Auftrag des BAFU, Bundesamt für Umwelt, Bern, 62 Seiten.
- AquaPlus (2017): Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA). NAWA SPEZ Pestizide 2017. Biologische Untersuchungen an SPEZ-Stellen und Referenzstellen, Bericht im Auftrag des BAFU, Bundesamt für Umwelt, Bern, 47 Seiten.
- AquaPlus & PhycoEco (2014a): Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA). NAWA TREND Biologie 2011-2013, Teil Diatomeen Fachbericht, Bericht im Auftrag des BAFU, Bundesamt für Umwelt, Bern, 54 Seiten.
- AquaPlus & PhycoEco (2014b): 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 & PhycoEco (2017): Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA). NAWA TREND Biologie 2015, Teil Diatomeen Fachbericht, Bericht im Auftrag des BAFU, Bundesamt für Umwelt, Bern, 59 Seiten.
- AquaPlus & PhycoEco (2020): Gebietsfremde Algen in der Schweiz - Grundlagen und Situationsanalyse. Bericht im Auftrag des BAFU, Bundesamt für Umwelt, Bern, 61 Seiten.
- AquaPlus & PhycoEco (2021): Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA). NAWA TREND Biologie 2019, Teil Diatomeen Fachbericht, Bericht im Auftrag des BAFU, Bundesamt für Umwelt, Bern, 74 Seiten.
- AquaPlus & 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, Umwelt-Vollzug Nr. 0740, 130 Seiten.
- BAFU (2007b): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Äusserer Aspekt. Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Vollzug Nr. 0701, 43 Seiten.
- BAFU (2018): Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA–TREND Biologie 2018-2022. Pflichtenheft Teil B: Für das WTO-Projekt (1495) 810 mit Publikation vom 28. Mai 2014 auf SIMAP, Bundesamt für Umwelt, Bern. 51 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.
- GSchV (1998): Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (Stand vom 1. Januar 2018), Gesetzes-Nr. 814.201.

- 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.
- 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., 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.

Bestimmungsliteratur

- Hofmann, G., Werum, M. & Lange-Bertalot, H. (2013): *Diatomeen im Süßwasser - Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflores Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. 2. korrigierte Auflage. Koeltz Scientific Books, 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 und Publikationen der folgenden Serien und Fachjournals:

- *Diatoms of Europe*
- *Bibliotheca Diatomologica*
- *Iconographia Diatomologica*
- *Fottea*
- *Diatom Research*

8 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 (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 (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 Ufer- oder Hinterwasserbereich.
Gebietsfremde Arten	Arten, die in der Schweiz natürlicherweise nicht heimisch sind, auch Neobiota genannt (Fauna: Neozoen, Flora: Neophyta).
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 SPEZ der Periode 2015-2018

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

A2: Charakterisierung der Messstellen NAWA SPEZ der Periode 2015-2018

Angaben: Messstelle, Gewässer, Ort, Kanton, Fläche, Abflussregimetyyp, MQ, FLOZ, Abwasserkategorie

B1: Resultate der Messstellen NAWA SPEZ der Periode 2015-2018

Angaben: Messstelle, Gewässer, Ort, Kanton, Probennahmedatum, Taxazahl, Diversität H (log mit Basis 2), Dominanzsumme, Teratologie, DI-CH-Wert 2019, 2015 und 2012

B2: Resultate der Qualitätssicherung: Zweitzählung von Stellen der Periode NAWA SPEZ 2018 und NAWA TREND 2019

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

Elektronische Beilagen: Sämtliche stellenspezifischen Laborprotokolle (Zähllisten) und die Kurzkomentare Kieselalgen des Projektes NAWA SPEZ 2018 wurden dem BAFU in elektronischer Version übergeben. Die Stellendokumentation ist sehr umfangreich und steht daher nicht als gedruckter Anhang zur Verfügung. Die Abgabe der stellenspezifischen Feldprotokolle sowie die Fotos der Probenahmestellen erfolgte unter der Federführung von Aquabug, Neuenburg.

Tabelle A1: Liste der Messstellen NAWA SPEZ der Periode 2018 sowie ergänzend Stellen der Untersuchungen NAWA SPEZ 2015 und 2017.

Jahr: Die Spalte gibt an, in welchem Jahr die Stelle untersucht wurde. Für die Auswertungen wurden jeweils die aktuellsten Untersuchungen der Sommerprobenahme verwendet.

Messstelle	Gewässer	KT	Koordinate X	Koordinate Y	m ü. M.	Jahr
Spez_001_AG	Fisibach	AG	672804	269726	329	2018
Spez_002_AG	Hottwilerbach	AG	653824	267653	379	2018
Spez_003_AG	Chrüzlibach	AG	668000	267235	460	2018
Spez_004_AG	Elfingerbach	AG	649151	261343	423	2018
Spez_005_AG	Küntenerbach	AG	667041	248741	389	2018
Spez_006_AG	Dorfbach	AG	650904	242436	441	2018
Spez_007_AG	Bergbach/Dorfbach	AG	670944	228222	453	2018
Spez_008_AI	Rödelbach	AI	749980	243558	790	2018
Spez_009_AI	Horstbach	AI	752321	240483	890	2018
Spez_010_AR	Sägebach	AR	754958	252401	827	2018
Spez_011_AR	Mühlebach	AR	740728	247238	687	2018
Spez_012_BE	Chalière	BE	590652	236000	722	2018
Spez_013_BE	Mibach / Mülibach bei Büren a.d.A.	BE	594881	220381	472	2017, 2018
Spez_014_BE	Walterswilbach	BE	626000	219064	626	2018
Spez_015_BE	Chrümmlisbach	BE	606133	218489	470	2017
Spez_016_BE	Lyssbach	BE	593375	210977	486	2018
Spez_017_BE	Ballmoosbach	BE	603217	210481	547	2017, 2018
Spez_018_BE	Kanal Burgermoos	BE	580316	210009	435	2015
Spez_019_BE	Richigenbach	BE	610773	196500	617	2018
Spez_020_BE	Wileringbächli	BE	590000	195096	578	2018
Spez_021_BE	Heubach	BE	596000	179309	1011	2018
Spez_022_BE	Geilsbach	BE	608000	147821	1376	2018
Spez_023_BE	Scherlibach	BE	600588	190857	760	2018
Spez_024_BL	Weierbach	BL	608707	264284	335	2015, 2017
Spez_025_BL	Wahlenbach	BL	604827	251686	356	2018
Spez_026_BS	Bettingerbach	BS	616208	269233	325	2018
Spez_027_FR	Le Bainoz	FR	552619	184074	566	2017
Spez_028_FR	Arbogne affl	FR	566061	180000	664	2018
Spez_029_FR	Longivue	FR	569659	175149	658	2018
Spez_030_VD	Le Talent	VD	542606	158819	810	2017
Spez_031_FR	Corjon	FR	560000	155145	848	2018
Spez_032_FR	Tatrel	FR	555901	153271	707	2018
Spez_033_FR	Ruisseau de Corsalette	FR	571450	188570	610	2018
Spez_034_GE	Creuson	GE	499224	126777	414	2018
Spez_036_GL	Linthkanal Zufli	GL	723337	221387	421	2018
Spez_038_GR	Ovel da la Resgia	GR	784369	152198	1768	2018
Spez_039_GR	Valtur-Dorfrüfi	GR	761225	196679	570	2018
Spez_040_GR	Mulinbach	GR	754595	189133	577	2018
Spez_041_GR	Stäzer Bach	GR	761497	181975	1353	2018
Spez_042_GR	Clozza	GR	818002	188000	1404	2018
Spez_043_JU	Vendline	JU	578454	256362	438	2018
Spez_044_JU	Ervaratte	JU	580262	251633	495	2018
Spez_045_JU	Scheulte	JU	602000	243957	504	2018
Spez_046_LU	Dorfbach Geuensee	LU	649362	227347	488	2018
Spez_047_LU	Rickenbach	LU	638021	225507	529	2018
Spez_048_LU	Ron	LU	671690	218250	414	2018
Spez_049_LU	Tannebach	LU	648293	218320	547	2018
Spez_050_LU	Sellenbodenbach	LU	658547	218259	519	2018
Spez_051_LU	Würzenbach	LU	668475	211500	434	2018
Spez_052_NE	Seyon	NE	561900	211400	771	2018

Tabelle A1: Fortsetzung.

Messstelle	Gewässer	KT	Koordinate X	Koordinate Y	m ü. M.	Jahr
Spez_053_NE	Sorge	NE	558722	207671	699	2018
Spez_054_NW	Gieslibach	NW	668837	203168	439	2018
Spez_055_OW	Grosse Schliere	OW	652681	194630	1429	2018
Spez_056_OW	Rütibach	OW	656688	189113	477	2018
Spez_057_SG	Zapfenbach	SG	764793	250889	408	2018
Spez_058_SG	Mittlerer Seegraben	SG	764600	251002	407	2018
Spez_059_SG	Gerembach	SG	708960	232043	423	2018
Spez_060_SG	Grabserbach	SG	752000	227768	474	2018
Spez_061_SG	Sornbach Zufl	SG	734402	259122	495	2018
Spez_062_SH	Fochtelgraben	SH	680665	282882	433	2018
Spez_063_SH	Essitaalgraben	SH	673215	284033	429	2017, 2018
Spez_064_SH	Hoobach	SH	676117	282725	418	2017
Spez_065_SO	Aabach	SO	637881	248907	469	2018
Spez_066_SO	Stuesslingerbach	SO	639452	247935	427	2018
Spez_067_SO	Ramiswilerbach	SO	614000	243922	727	2018
Spez_068_SZ	Mächlerruns	SZ	713575	226817	412	2018
Spez_069_SZ	Fischernbach	SZ	696128	210963	1097	2018
Spez_070_TG	Eschelisbach	TG	740185	274346	405	2015, 2017
Spez_071_TG	Tobelmülibach	TG	743950	270710	430	2015, 2017
Spez_072_TG	Oppikerbach	TG	722000	267859	488	2018
Spez_073_TG	Luetzelmurg	TG	712366	256640	587	2018
Spez_074_TI	Ri delle Sponde	TI	692780	127633	375	2015
Spez_075_TI	Isella	TI	711488	114534	198	2018
Spez_076_TI	Canale	TI	717140	114043	205	2015
Spez_077_TI	Laveggio	TI	718108	79483	329	2018
Spez_078_UR	Giessen	UR	689980	194700	434	2018
Spez_079_UR	Riedertalerbach	UR	694941	192000	748	2018
Spez_080_VD	Bioleyre	VD	562193	182049	508	2018
Spez_081_VD	Canal Occidental	VD	536000	179111	433	2018
Spez_082_VD	Ruisseau des Combes	VD	534074	174762	445	2018
Spez_083_VD	Combagnou	VD	522923	158666	619	2018
Spez_084_VD	Irence	VD	522785	151606	477	2018
Spez_085_VD	Forestay	VD	549000	147914	533	2018
Spez_086_VD	Eau Noire	VD	518000	147045	398	2018
Spez_087_VD	Petit Hongrin	VD	567000	139368	1363	2018
Spez_088_VS	Canal D'Uvrier	VS	597057	121811	492	2018
Spez_089_VS	Ruisseau de Sensine	VS	589097	122062	930	2015
Spez_090_VS	La Tsatonire	VS	590226	121005	640	2015
Spez_091_VS	Printse affl	VS	590000	115013	1065	2018
Spez_092_VS	Rhône affl	VS	568907	113150	449	2018
Spez_093_ZG	Littibach	ZG	682946	228721	445	2018
Spez_094_ZG	Dorfbach Oberägeri	ZG	689900	221804	811	2018
Spez_096_ZH	Mülibach	ZH	704000	251888	637	2018
Spez_097_ZH	Dorfbach Maur	ZH	693286	244409	443	2018
Spez_098_ZH	Mostbach	ZH	703771	239413	540	2015
Spez_099_ZH	Lieburgerbach	ZH	696718	238799	460	2018
Spez_100_ZH	Chrebsbach	ZH	684858	236841	548	2015, 2017

Tabelle A2: Charakterisierung der Messstellen NAWA SPEZ der Periode 2018 sowie ergänzend Stellen der Untersuchungen NAWA SPEZ 2015 und 2017. Es sind diejenigen 97 Stellen aufgeführt, welche mittels Kieselalgen, Makroinvertebraten und Äusserem Aspekt untersucht wurden.

Fläche: Flächenanteil des Einzugsgebietes EZG in der Schweiz (= Gesamtfläche EZG)
 MQ: Jährlicher mittlerer Abfluss
 FLOZ: Flussordnungszahl nach Strahler (1952)
 AbwKat: Prozentualer Anteil des Abwassers bei Niederwasser (Q₃₄₇)
 k. A.: keine Angabe

Messstelle	Gewässer, Ort	KT	Fläche [km ²]	Abflussregimety	MQ [m ³ /s]	FLOZ [≥1..9]	AbwKat. [%]
Spez_001_AG	Fisibach	AG	16.4	pluvial inférieur	0.17	3	0-10
Spez_002_AG	Hottwilerbach	AG	6.2	pluvial jurassien	0.08	2	0
Spez_003_AG	Chrüzlibach	AG	3.9	pluvial inférieur	0.05	2	0
Spez_004_AG	Elfingerbach	AG	4.4	pluvial jurassien	0.07	2	0
Spez_005_AG	Küntenerbach	AG	4.4	pluvial inférieur	0.08	3	0
Spez_006_AG	Dorfbach	AG	7.3	pluvial inférieur	0.13	3	0
Spez_007_AG	Bergbach/Dorfbach	AG	5.2	pluvial inférieur	0.12	4	0
Spez_008_AI	Rödelbach	AI	3.1	k. A.	0.12	2	0
Spez_009_AI	Horstbach	AI	4.4	k. A.	0.20	4	0
Spez_010_AR	Sägebach	AR	3.1	nivo-pluvial préalpin	0.11	3	0
Spez_011_AR	Mühlebach	AR	3.5	k. A.	0.12	3	0
Spez_012_BE	Chalière	BE	6.2	nivo-pluvial jurassien	0.13	2	0
Spez_013_BE	Mibach / Mülibach bei Büren a.d.A.	BE	0.5	k. A.	0.01	2	0
Spez_014_BE	Walterswilbach	BE	3.9	pluvial inférieur	0.08	2	0
Spez_015_BE	Chrümmlisbach	BE	3.4	k. A.	0.01	2	0
Spez_016_BE	Lyssbach	BE	26.2	pluvial inférieur	0.67	4	0
Spez_017_BE	Ballmoosbach	BE	3.2	pluvial inférieur	0.09	2	0
Spez_018_BE	Kanal Burgermoos	BE	4.6	k. A.	0.05	2	0
Spez_019_BE	Richigenbach	BE	4.1	pluvial inférieur	0.11	2	0
Spez_020_BE	Wileringbächli	BE	3.5	k. A.	0.05	2	0
Spez_021_BE	Heubach	BE	1.3	k. A.	0.04	2	0
Spez_022_BE	Geilsbach	BE	14.2	nival alpin	0.61	4	0
Spez_023_BE	Scherlibach	BE	6.5	pluvial supérieur	0.14	3	0
Spez_024_BL	Weierbach	BL	1.4	k. A.	0.03	1	0
Spez_025_BL	Wahlenbach	BL	7.4	pluvial jurassien	0.08	3	0
Spez_026_BS	Bettingerbach	BS	1.7	k. A.	k. A.	1	0
Spez_027_FR	Le Bainoz	FR	5.9	pluvial jurassien	0.08	3	0
Spez_028_FR	Arbogne affl	FR	3.3	k. A.	0.00	2	>50
Spez_029_FR	Longivue	FR	14.2	pluvial jurassien	0.33	3	0
Spez_030_VD	Le Talent	VD	2.5	pluvial jurassien	0.04	3	0
Spez_031_FR	Corjon	FR	1.5	nivo-pluvial jurassien	0.05	3	0
Spez_032_FR	Tatrel	FR	7.6	pluvial jurassien	0.18	2	0
Spez_033_FR	Ruisseau de Corsalette	FR	7.4	pluvial inférieur	0.10	3	>50
Spez_034_GE	Creuson	GE	4.9	nivo-pluvial jurassien	0.04	2	0-10
Spez_036_GL	Linthkanal Zufli	GL	3.3	k. A.	0.10	3	0
Spez_038_GR	Ovel da la Resgia	GR	2.8	k. A.	0.08	2	0
Spez_039_GR	Valtur-Dorfrüfi	GR	5.8	nivo-pluvial préalpin	0.19	4	0
Spez_040_GR	Mulinbach	GR	1.2	nival alpin	0.28	3	0
Spez_041_GR	Stäzer Bach	GR	4.6	nival alpin	0.13	2	0
Spez_042_GR	Clozza	GR	11.7	nival alpin	0.45	4	0
Spez_043_JU	Vendline	JU	6.6	pluvial jurassien	0.11	2	0
Spez_044_JU	Ervaratte	JU	8.1	pluvial jurassien	0.18	3	0
Spez_045_JU	Scheulte	JU	19.5	nivo-pluvial jurassien	0.58	4	0
Spez_046_LU	Dorfbach Geuensee	LU	3.9	pluvial inférieur	0.08	3	0
Spez_047_LU	Rickenbach	LU	8.8	pluvial inférieur	0.13	4	0
Spez_048_LU	Ron	LU	17.8	pluvial inférieur	0.36	4	0
Spez_049_LU	Tannebach	LU	6.1	pluvial inférieur	0.13	2	0
Spez_050_LU	Sellenbodenbach	LU	10.4	pluvial inférieur	0.19	4	0
Spez_051_LU	Würzenbach	LU	9.8	pluvial inférieur	0.23	3	k. A.
Spez_052_NE	Seyon	NE	53.9	nivo-pluvial jurassien	1.30	2	0

Tabelle A2: Fortsetzung.

Fläche: Flächenanteil des Einzugsgebietes EZG in der Schweiz (= Gesamtfläche EZG)
 MQ: Jährlicher mittlerer Abfluss
 FLOZ: Flussordnungszahl nach Strahler (1952)
 AbwKat: Prozentualer Anteil des Abwassers bei Niederwasser (Q₃₄₇)
 k. A.: keine Angabe

Messstelle	Gewässer, Ort	KT	Fläche [km ²]	Abflussregimetyt	MQ [m ³ /s]	FLOZ [≥1..9]	AbwKat. [%]
Spez_053_NE	Sorge	NE	3.8	k. A.	0.09	2	0
Spez_054_NW	Gieslibach	NW	4.9	k. A.	0.13	1	0
Spez_055_OW	Grosse Schliere	OW	1.5	k. A.	0.06	4	0
Spez_056_OW	Rütibach	OW	5.1	pluvial supérieur	0.17	4	0
Spez_057_SG	Zapfenbach	SG	4.3	k. A.	0.08	2	0
Spez_058_SG	Mittlerer Seegraben	SG	9.8	pluvial inférieur	0.16	2	0
Spez_059_SG	Gerenbach	SG	3.4	k. A.	0.08	2	0
Spez_060_SG	Grabserbach	SG	12.8	nivo-pluvial préalpin	0.76	4	0
Spez_061_SG	Sornbach Zufl	SG	0.5	k. A.	0.01	2	0
Spez_062_SH	Fochtalgraben	SH	4.3	pluvial inférieur	0.11	2	0
Spez_063_SH	Essitaalgraben	SH	1.4	k. A.	0.01	3	0
Spez_064_SH	Hoobach	SH	12.8	pluvial inférieur	0.16	3	0
Spez_065_SO	Aabach	SO	5.3	pluvial jurassien	0.08	3	0
Spez_066_SO	Stuessingerbach	SO	9	pluvial jurassien	0.17	2	0
Spez_067_SO	Ramiswilerbach	SO	7.1	nivo-pluvial jurassien	0.17	3	0
Spez_068_SZ	Mächlerruns	SZ	3.6	k. A.	0.11	2	0
Spez_069_SZ	Fischernbach	SZ	3.1	k. A.	0.05	3	0
Spez_070_TG	Eschelisbach	TG	2	k. A.	0.02	2	0
Spez_071_TG	Tobelmülibach	TG	1.1	k. A.	0.01	2	0
Spez_072_TG	Oppikerbach	TG	3.1	pluvial inférieur	0.05	2	0
Spez_073_TG	Luetzelmurg	TG	8.8	pluvial inférieur	0.20	4	0
Spez_074_TI	Ri delle Sponde	TI	5.6	k. A.	0.28	3	0
Spez_075_TI	Isella	TI	5.7	k. A.	0.15	3	0
Spez_076_TI	Canale	TI	9.1	pluvial méridional	0.32	4	0
Spez_077_TI	Laveggio	TI	9.2	pluvial méridional	0.28	3	0
Spez_078_UR	Giessen	UR	0.9	k. A.	0.08	1	0
Spez_079_UR	Riedertalerbach	UR	4.1	k. A.	0.18	3	0
Spez_080_VD	Bioleyre	VD	1.3	k. A.	0.04	2	0
Spez_081_VD	Canal Occidental	VD	18.8	pluvial jurassien	0.25	1	k. A.
Spez_082_VD	Ruisseau des Combes	VD	3.2	k. A.	0.04	2	0
Spez_083_VD	Combagnou	VD	5.6	nivo-pluvial jurassien	0.09	3	0
Spez_084_VD	Irence	VD	3.5	nivo-pluvial jurassien	0.06	2	0
Spez_085_VD	Forestay	VD	15.4	pluvial jurassien	0.29	3	0
Spez_086_VD	Eau Noire	VD	3.4	k. A.	0.04	3	0
Spez_087_VD	Petit Hongrin	VD	2.9	k. A.	0.12	3	0
Spez_088_VS	Canal D'Uvrier	VS	6.8	pluvial inférieur	0.02	2	0
Spez_089_VS	Ruisseau de Sensine	VS	1.6	k. A.	0.04	2	0
Spez_090_VS	La Tsatonire	VS	2.4	k. A.	0.01	2	0
Spez_091_VS	Printse affl	VS	1.5	k. A.	0.02	1	0
Spez_092_VS	Rhône affl	VS	8.6	k. A.	0.16	1	0
Spez_093_ZG	Littibach	ZG	9	pluvial inférieur	0.20	4	0
Spez_094_ZG	Dorfbach Oberägeri	ZG	4.6	nivo-pluvial préalpin	0.18	4	0
Spez_096_ZH	Mülibach	ZH	3.4	pluvial inférieur	0.09	2	0
Spez_097_ZH	Dorfbach Maur	ZH	1.8	k. A.	0.06	2	0
Spez_098_ZH	Mostbach	ZH	0.2	k. A.	0.00	2	0
Spez_099_ZH	Lieburgerbach	ZH	8.7	pluvial inférieur	0.22	4	0
Spez_100_ZH	Chrebsbach	ZH	0.9	k. A.	0.02	1	0

Tabelle B1: Resultate der Messstellen NAWA SPEZ der Periode 2018 sowie ergänzend der Perioden 2015 und 2017 (sofern untersucht).

Taxazahl: Zahl der Taxa (Arten, Variationen)
 Diversität H: Diversität H nach Shannon & Weaver (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 2015
 2017 und 2018. Farben = Zustandsklassen gemäss BAFU Modul-Stufen-Konzept in BAFU (2007a).

Messstelle	Gewässer	KT	Datum	Taxa- zahl	Diver- sität H	DS [%]	Teratolo- gie [%]	DI-CH	DI-CH	DI-CH
								2015	2017	2018
Spez_001_AG	Fisibach	AG	4.7.2018	12	2.3	75				2.2
Spez_002_AG	Hottwilerbach	AG	30.7.2018	27	3.7	48				3.5
Spez_003_AG	Chrüzlibach	AG	4.7.2018	46	3.8	62				4.1
Spez_004_AG	Elfingerbach	AG	30.7.2018	33	3.6	54				3.3
Spez_005_AG	Küntenerbach	AG	8.7.2018	16	2.2	80				4.2
Spez_006_AG	Dorfbach	AG	8.7.2018	39	4.1	42				2.4
Spez_007_AG	Bergbach/Dorfbach	AG	24.7.2018	35	3.7	55				4.3
Spez_008_AI	Rödelbach	AI	18.7.2018	18	2.6	74				4.5
Spez_009_AI	Horstbach	AI	18.7.2018	22	2.6	80				2.3
Spez_010_AR	Sägebach	AR	25.7.2018	21	2.4	84				3.6
Spez_011_AR	Mühlebach	AR	19.7.2018	24	3.2	63				2.3
Spez_012_BE	Chalière	BE	13.7.2018	29	3.2	63	1.0			2.2
Spez_013_BE	Mibach / Mülib. bei Büren a.d.A.	BE	9.7.2018	21	2.4	75			3.5	4.4
Spez_014_BE	Walterswilbach	BE	13.7.2018	27	2.8	74				3.5
Spez_015_BE	Chrümmlisbach	BE	10.7.2017	38	3.6	60			3.9	
Spez_016_BE	Lyssbach	BE	9.7.2018	33	3.6	51				3.9
Spez_017_BE	Ballmoosbach	BE	10.7.2018	32	3.4	60			3.5	2.8
Spez_018_BE	Kanal Burgermoos	BE	13.7.2015	50	4.0	56	1.0	3.1		
Spez_019_BE	Richigenbach	BE	13.7.2018	36	3.3	67	0.8			2.3
Spez_020_BE	Wileringbächli	BE	10.7.2018	30	3.8	47				2.8
Spez_021_BE	Heubach	BE	18.7.2018	9	0.9	96				2.0
Spez_022_BE	Geilsbach	BE	19.7.2018	34	3.2	66	0.2			2.1
Spez_023_BE	Scherlibach	BE	18.7.2018	32	3.0	62				3.8
Spez_024_BL	Weierbach	BL	2.8.2017	23	2.1	81		5.3	4.5	
Spez_025_BL	Wahlenbach	BL	19.7.2018	20	3.2	62				2.3
Spez_026_BS	Bettingerbach	BS	13.7.2018	44	3.9	50				2.8
Spez_027_FR	Le Bainoz	FR	11.7.2017	28	3.3	64			4.2	
Spez_028_FR	Arbogne affl	FR	12.7.2018	20	1.6	93				4.6
Spez_029_FR	Longivue	FR	12.7.2018	38	3.7	59				3.7
Spez_030_VD	Le Talent	VD	11.7.2017	26	3.3	57			2.5	
Spez_031_FR	Corjon	FR	10.7.2018	36	3.7	51				2.6
Spez_032_FR	Tatrel	FR	10.7.2018	23	2.4	82	0.4			4.3
Spez_033_FR	Ruisseau de Corsalette	FR	11.7.2018	23	2.8	77				4.4
Spez_034_GE	Creuson	GE	12.7.2018	23	2.4	75	0.2			4.8
Spez_036_GL	Lintkkanal Zufl	GL	7.8.2018	36	3.6	55				3.1
Spez_038_GR	Ovel da la Resgia	GR	8.8.2018	15	2.0	88				1.2
Spez_039_GR	Valtur-Dorfrüfi	GR	24.7.2018	8	1.3	95				1.0
Spez_040_GR	Mulinbach	GR	24.7.2018	35	4.1	47				2.2
Spez_041_GR	Stäzer Bach	GR	24.7.2018	16	1.8	83				1.4
Spez_042_GR	Clozza	GR	8.8.2018	23	2.3	78				1.4
Spez_043_JU	Vendline	JU	20.7.2018	24	3.1	64	1.0			3.2
Spez_044_JU	Ervaratte	JU	20.7.2018	22	2.8	68				3.3
Spez_045_JU	Scheulte	JU	13.7.2018	21	2.9	71				2.2
Spez_046_LU	Dorfbach Geuensee	LU	13.7.2018	23	2.3	80				4.4
Spez_047_LU	Rickenbach	LU	13.7.2018	21	2.3	82				3.9
Spez_048_LU	Ron	LU	11.7.2018	11	0.9	96	1.8			3.4
Spez_049_LU	Tannebach	LU	9.7.2018	22	2.6	69	1.0			3.7
Spez_050_LU	Sellenbodenbach	LU	9.7.2018	19	2.2	77				4.6
Spez_051_LU	Würzenbach	LU	11.7.2018	22	1.9	85				4.9
Spez_052_NE	Seyon	NE	12.7.2018	24	2.4	75	2.0			2.9
Spez_053_NE	Sorge	NE	13.7.2018	24	2.9	74	0.2			2.2
Spez_054_NW	Gieslibach	NW	13.8.2018	33	3.7	54	0.8			3.7
Spez_055_OW	Grosse Schliere	OW	19.7.2018	14	2.2	80				1.4
Spez_056_OW	Rütibach	OW	19.7.2018	29	3.2	67				2.5

Tabelle B1: Fortsetzung.

Taxazahl: Zahl der Taxa (Arten, Variationen)
 Diversität H: Diversität H nach Shannon & Weaver (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 2015
 2017 und 2018. Farben = Zustandsklassen gemäss BAFU Modul-Stufen-Konzept in BAFU (2007a)

Messstelle	Gewässer	KT	Datum	Taxa- zahl	Diver- sität H	DS [%]	Teratolo- gie [%]	DI-CH 2015	DI-CH 2017	DI-CH 2018
Werte der aktuellsten Untersuchungen								2015	2017	2018
Spez_057_SG	Zapfenbach	SG	3.7.2018	19	2.9	70				1.7
Spez_058_SG	Mittlerer Seegraben	SG	3.7.2018	19	1.5	88	0.8			2.7
Spez_059_SG	Gerenbach	SG	12.7.2018	26	2.6	80				2.0
Spez_060_SG	Grabserbach	SG	24.7.2018	5	0.8	99				1.7
Spez_061_SG	Sornbach Zufl	SG	24.7.2018	35	2.9	69				3.5
Spez_062_SH	Fochtelgraben	SH	14.7.2018	21	2.8	74				4.4
Spez_063_SH	Essitaalgraben	SH	9.8.2018	32	3.7	54		2.0		3.1
Spez_064_SH	Hoobach	SH	10.7.2017	46	4.5	36		3.4		
Spez_065_SO	Aabach	SO	25.7.2018	33	2.8	72	0.2			3.9
Spez_066_SO	Stuesslingerbach	SO	25.7.2018	35	2.8	70				4.4
Spez_067_SO	Ramiswilerbach	SO	19.7.2018	37	3.6	54				2.8
Spez_068_SZ	Mächlerruns	SZ	11.7.2018	22	2.5	74				2.6
Spez_069_SZ	Fischernbach	SZ	7.8.2018	18	2.4	80				1.6
Spez_070_TG	Eschelisbach	TG	10.7.2017	26	2.9	71		3.9	4.3	
Spez_071_TG	Tobelmüllibach	TG	10.7.2017	17	1.8	89		4.0	3.1	
Spez_072_TG	Oppikerbach	TG	20.7.2018	18	2.2	80				4.2
Spez_073_TG	Luetzelburg	TG	19.7.2018	27	3.2	67				3.2
Spez_074_TI	Ri delle Sponde	TI	13.7.2015	25	3.3	59		1.5		
Spez_075_TI	Isella	TI	14.8.2018	34	4.0	47				4.4
Spez_076_TI	Canale	TI	13.7.2015	23	2.7	71	0.4	6.1		
Spez_077_TI	Laveggio	TI	9.8.2018	24	2.4	76				4.1
Spez_078_UR	Giessen	UR	10.8.2018	21	2.7	73				4.0
Spez_079_UR	Riedertalerbach	UR	10.8.2018	20	3.1	64				1.3
Spez_080_VD	Bioleyre	VD	11.7.2018	20	2.2	91				2.5
Spez_081_VD	Canal Occidental	VD	9.7.2018	33	4.0	39				5.2
Spez_082_VD	Ruisseau des Combes	VD	9.7.2018	23	2.1	90				3.7
Spez_083_VD	Combagnou	VD	9.7.2018	46	3.6	63	1.0			4.0
Spez_084_VD	Irence	VD	4.7.2018	19	2.0	84				4.4
Spez_085_VD	Forestay	VD	10.7.2018	30	3.0	68				3.7
Spez_086_VD	Eau Noire	VD	9.7.2018	36	3.4	64	1.0			4.6
Spez_087_VD	Petit Hongrin	VD	15.7.2018	32	3.6	55	0.6			2.0
Spez_088_VS	Canal D'Uvrier	VS	4.7.2018	48	2.7	75				2.4
Spez_089_VS	Ruisseau de Sensine	VS	13.7.2015	19	1.8	87		1.6		
Spez_090_VS	La Tsatonire	VS	13.7.2015	28	3.3	65	0.4	5.8		
Spez_091_VS	Printse affl	VS	4.7.2018	20	1.8	84	0.2			4.5
Spez_092_VS	Rhône affl	VS	4.7.2018	44	3.6	61	0.2			2.9
Spez_093_ZG	Littibach	ZG	24.7.2018	30	3.3	63				3.5
Spez_094_ZG	Dorfbach Oberägeri	ZG	7.8.2018	23	3.1	67				3.2
Spez_096_ZH	Müllibach	ZH	10.7.2018	19	2.1	86				3.8
Spez_097_ZH	Dorfbach Maur	ZH	13.7.2018	12	1.8	86				4.3
Spez_098_ZH	Mostbach	ZH	14.7.2015	40	4.3	43		3.1		
Spez_099_ZH	Lieburgerbach	ZH	12.7.2018	22	2.1	80				4.6
Spez_100_ZH	Chrebsbach	ZH	12.7.2017	28	3.2	61		2.5	1.8	

Tabelle B2: Resultate der Qualitätssicherung: Zweitanzählung von NAWA SPEZ-Stellen der Periode 2018 und NAWA-TREND Stellen der Periode 2019.

Taxazahl: Zahl der Taxa (Arten, Variationen)
 Diversität H: Diversität H nach Shannon & Weaver (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 2018 und 2019. Farben = Zustandsklassen gemäss BAFU Modul-Stufen-Konzept in BAFU (2007a)

NAWA SPEZ 2018

Messstelle	Gewässer, Ort	KT	Datum	Taxa-zahl 2018	Diver-sität H 2018	DS [%] 2018	Teratolo-gie [%] 2018	DI-CH 2018
Spez_009_AI	Horstbach, Schwende	AI	18.7.2018	17	2.27	86		2.2
Spez_034_GE	Creuson, Collex-Bossy	GE	12.7.2018	24	2.65	69		4.6
Spez_077_TI	Laveggio, Mendrisio	TI	9.8.2018	37	2.84	71	0.2	4.2
Spez_087_VD	Petit Hongrin, Villeneuve	VD	15.7.2018	34	3.36	60		2.0
Spez_099_ZH	Lieburgerbach, Egg	ZH	12.7.2018	22	1.67	85	0.2	4.7

NAWA TREND 2019

Messstelle	Gewässer, Ort	KT	Datum	Taxa-zahl 2019	Diver-sität H 2019	DS [%] 2019	Teratolo-gie [%] 2019	DI-CH 2019
CH_060_BE	Sense, Thörishaus	BE	25.3.2019	22	2.25	81		2.1
CH_086_GE	Arve, Passerelle, E. de Médecine	GE	28.2.2019	32	3.96	45		4.3
CH_107_FR	Sarine, Broc, Halte des Marches	FR	10.4.2019	15	2.08	84		1.9
CH_127_VD	Talent, Chavornay	VD	20.3.2019	26	2.89	74		3.2
CH_145_SH	Landgrabe, Trasadingen	SH	21.3.2019	35	3.33	59	0.2	4.6