Zeitschrift: Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft

Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft

Band: 94 (2022)

Artikel: Die Kieselalgen in St. Galler Fliessgewässern : Erkenntnisse aus 30 Jahren Monitoring

Autor: Taxböck, Lukas

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1055452

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

94. Band | Seiten 331–344 | 11 Abbildungen | 2 Tabellen | St. Gallen 2022

Die Kieselalgen in St. Galler Fliessgewässern: Erkenntnisse aus 30 Jahren Monitoring

Lukas Taxböck

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 331
1 Kieselalgen als Organismen..... 332
2 Aufbau und Fortpflanzung der Kieselalgen..... 332
3 Untersuchungen von Kieselalgen..... 333
3.1 Anwendung Kieselalgen..... 333
3.2 Methodik Kieselalgenindex DICH . 336
4 Untersuchungen Kanton St. Gallen 337
4.1 Biodiversität..... 337
4.2 Rote-Liste Arten 337
4.3 Vergleich mit anderen Lebensräumen 339
4.4 Neophyten 339
4.5 DICH..... 343
5 Erkenntnisse..... 343
Literaturverzeichnis..... 344

Zusammenfassung

Kieselalgen oder Diatomeen sind eine formenreiche Gruppe einzelliger Algen mit charakteristischer brauner Färbung. Sie kommen weltweit in praktisch allen aquatischen Lebensräumen vor. In der angewandten Gewässerökologie werden Kieselalgen als Bioindikatoren für Nährstoffbelastungen genutzt. Seit 1990 wurden im Kanton St. Gallen an 367 Standorten 634 Kieselalgenproben untersucht. Total wurden 577 unterschiedliche Arten gefunden, dies entspricht etwa ¼ der Artenvielfalt in der Schweiz. Generell konnte den Gewässern eine gute bis sehr gute Qualität bescheinigt werden, Defizite wurden in den intensiv genutzten Landwirtschaftsgebieten und Siedlungsräumen festgestellt.

Lukas Taxböck, Amt für Wasser und Energie, Abteilung Gewässerqualität, Blarerstrasse 2, 9001 St. Gallen

1 Kieselalgen als Organismen

Kieselalgen – auch bekannt unter dem Namen Diatomeen – sind eine formenreiche Gruppe von eukaryotischen Einzellern, die wegen ihrer zwei ungleich langen Geisseln in die Verwandtschaftsgruppe Stramenopila gehören (die früher auch als Heterokonta bezeichnet wurde). Die meisten Vertreter dieser Grossgruppe sind fotosynthetisch aktive Einzeller. Zu den Stramenopilen gehören aber auch die einheimischen Goldalgen oder die mehrzelligen Braunalgen, die in marinen Lebensräumen bis mehrere Dutzend Meter lang werden. Kieselalgen hingegen sind nur zwischen 1 µm und bis über 1 mm gross. Wie alle Organismen, die zur uneinheitlichen Gruppe der Algen gezählt werden, verfügen Kieselalgen über Chlorophyll a. Andere Pigmente, die für die Fotosynthese gebraucht werden, sind Xanthophylle und Carotinoide, welche den Kieselalgen auch ihre typische bräunliche Färbung geben.

Kieselalgen sind Kosmopoliten und besiedeln eine grosse Lebensraumvielfalt. Sie leben in marinen sowie limnischen stehenden und fliessenden Gewässern, in Ästuarien aber auch in künstlich angelegten Gewässern. Sie überleben in Habitaten, die grossen Temperaturschwankungen oder osmotischen Veränderungen ausgesetzt sind wie heissen Quellen, feuchten Böden, Felsen und Mauern. Kieselalgen leben im Plankton und auf allen Arten von Substraten (Pflanzen, Sediment, Steinen oder Tieren). Von Auge lassen sich Kieselalgen als brauner, glitschiger Bewuchs auf Steinen erkennen, wo sie in Individuendichten von einigen Tausend bis mehreren Millionen Zellen pro cm^2 wachsen (Abbildung 1 & 5). Ihr weltweites Vorkommen macht Kieselalgen zu wichtigen Akteuren in den globalen Kohlen- und Sauerstoffkreisläufen. Schätzungen gehen davon aus, dass der Sauerstoff in jedem fünften Atemzug, den ein Lebewesen macht, von Kieselalgen produziert wird (MANN 1999). Als Primärproduzenten stehen sie an der Basis vieler Nahrungsketten und dienen einer Vielzahl von Lebewesen als Nahrungsgrundlage.

2 Aufbau und Fortpflanzung der Kieselalgen

Die Zellwände der Kieselalgen bestehen aus chemisch sehr beständigem Siliziumdioxid (Kieselsäure) und umgeben die Zelle mit einem Deckel (Epitheka) und einem Boden (Hypotheka) – ähnlich dem Aufbau einer Schuhschachtel (Abbildung 2). Sie wurden von Ernst Haeckel in *Kunstformen der Natur* als Schachtellinge bezeichnet (HAECKEL 1904). Die beiden Theka werden auch Schalen genannt. Die diploiden Kieselalgen pflanzen sich in der Regel durch Zellteilung fort, dabei werden die Zellen in den Populationen immer kleiner. Wird eine minimale Grösse erreicht oder ändern sich Umweltbedingungen, findet eine geschlechtliche Fortpflanzung statt. Aus einer Zygote keimen sie als Erstlingszellen in der ursprünglichen Grösse wieder aus.

Die artspezifischen Strukturen und Ornamente der Kieselalgen werden als Bestimmungsmerkmale genutzt (Abbildung 3). Der Einfachheit halber wird hier von Arten gesprochen: oft handelt es sich bei den Arten aber um subspezifische Taxa, Morpho- oder Ökotypen, die eine breite morphologische Varianz aufweisen. Ende der 1980er Jahre verfassten Krammer und Lange-Bertalot die vier Bände *Bacillariophyceae* in der Reihe *Süsswasserflora von Mitteleuropa* (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986–1991). In diesen Werken wurden viele kryptische Formengruppen und Sippen zusammengefasst (oder taxonomisch *lumping* genannt). Leistungsfähige Elektronenmikroskopie, Untersuchungen in wenig bekannten Habi-

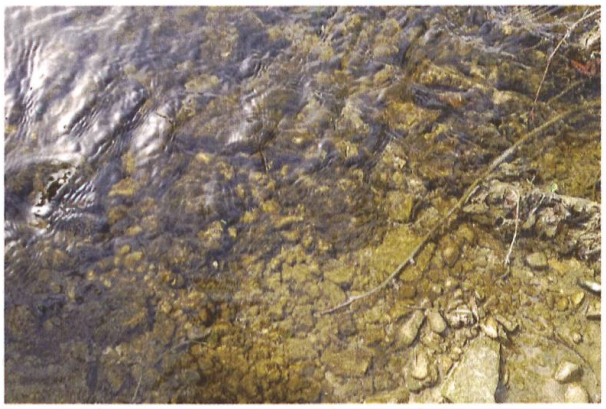


Abbildung 1:
Kieselalgen sind von Auge als bräunlicher Bewuchs auf Steinen der Gewässersohle sichtbar.
Foto: Lukas Taxböck.

taten und Kenntnisse über ökologische Präferenzen haben in den letzten vier Jahrzehnten zu vielen neu beschriebenen Arten geführt. So wurden viele einst zusammengefasste Formengruppen und Sippen wieder differenziert (oder taxonomisch *splitting* genannt).

Die Schätzungen über die Artenvielfalt der Kieselalgen gehen auseinander. Die morphologische Vielfalt wurde auf 100'000 Arten und die molekularbiologische Vielfalt auf über eine Million Arten geschätzt. Diese Schätzungen entsprechen nicht der aktuellen Artenvielfalt. Eine realistischere Schätzung dürfte jene von GUIRY (2012) sein: bis zu diesem Zeitpunkt waren nach Bereinigung von Synonymisierungen weltweit etwa 12'000 Arten beschrieben worden. Nach wie vor werden immer noch Arten beschrieben und Guiry schätzt, dass noch 8'000 Arten hinzukommen. Für die Schweiz darf auf der Grundlage der *Süsswasserflora von Mitteleuropa* von 2'000 Arten ausgegangen werden.

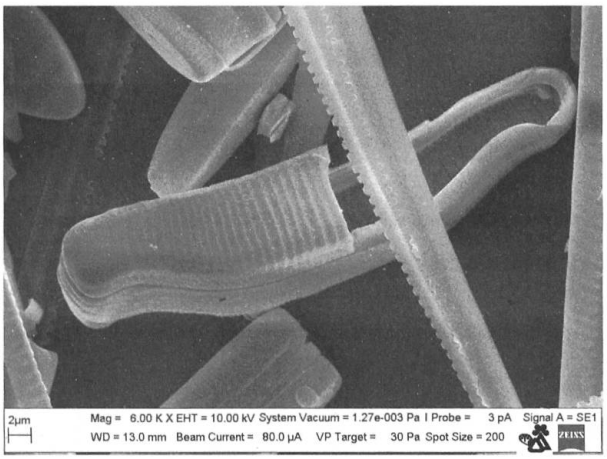


Abbildung 2:
Einzelne, säurepräparierte Zelle der Art *Eunotia arcus* in der Vergrösserung 1:6000 im Rasterelektronenmikroskop. Die Hälfte des Deckels ist abgebrochen. Sichtbar sind die andere Deckelhälfte und der intakt gebliebene Boden der Zelle. Foto: Nicola Angeli, Marco Cantonati, Lukas Taxböck.

3 Untersuchungen von Kieselalgen

Die reich ornamentierten Formen haben früh das Interesse der Forschenden geweckt. Vermutlich haben bereits frühe Naturforscher wie van Leeuwenhoek im frühen 18. Jahrhundert erste Kieselalgen beobachtet. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse waren immer eng an die technologische Entwicklung der Licht- und Elektronenmikroskope gekoppelt. Im frühen 19. Jahrhundert veröffentlichten Carl Adolph Agardh, Christian Gottfried Ehrenberg und Friedrich Traugott Kützing erste grosse Floren über Algen und Kieselalgen und inspirierten damit Generationen von Forschenden, sich mit dieser reichen Formengruppe zu beschäftigen. Den ersten umfassenden Überblick über das Vorkommen und die gefundenen Arten gab MEISTER (1912) mit *Die Kieselalgen der Schweiz* (Abbildung 4). Darin fasste er die Aktivitäten der ersten Kieselalgenforschenden der Schweiz zusammen. Von 1838–1841 sammelte Dr. Schmidt als erster in der Umgebung von Bern und 1841–1852 sammelte Prof. Nägeli in Zürich Kieselalgen. In St. Gallen war Prof. Bernhard Wartmann von 1850–1870 aktiver Sammler von «Diatomaceen-Materialien».

Der Horgener Friedrich Meister war ein Sekundarlehrer, der in der Tradition vieler Naturforschenden einen beträchtlichen Teil seines Lebens seiner Leidenschaft widmete. Meister hinterliess der ETH Zürich seine während über 40 Jahren gepflegte Kieselalgensammlung. Die Sammlung besteht aus über 6'000 Objektträgern aus Schweizer Gewässern und vielen Tausenden Objektträgern, die Meister von Reisen mitbrachte oder von Forschungskollegen weltweit erhalten hat. Die Sammlung wird heute nach wie vor von Diatomologen weltweit genutzt und führt auch immer noch zum Beschrieb neuer Arten (z. B. RIAUX-GOBIN et al. 2014).

3.1 Anwendung Kieselalgen

Heute werden Kieselalgen wissenschaftlich in einer breiten Themenpalette untersucht. Die Forschungsgebiete umfassen die Biologie der Kieselalgen (Systematik, Physiologie), ihre Ver-

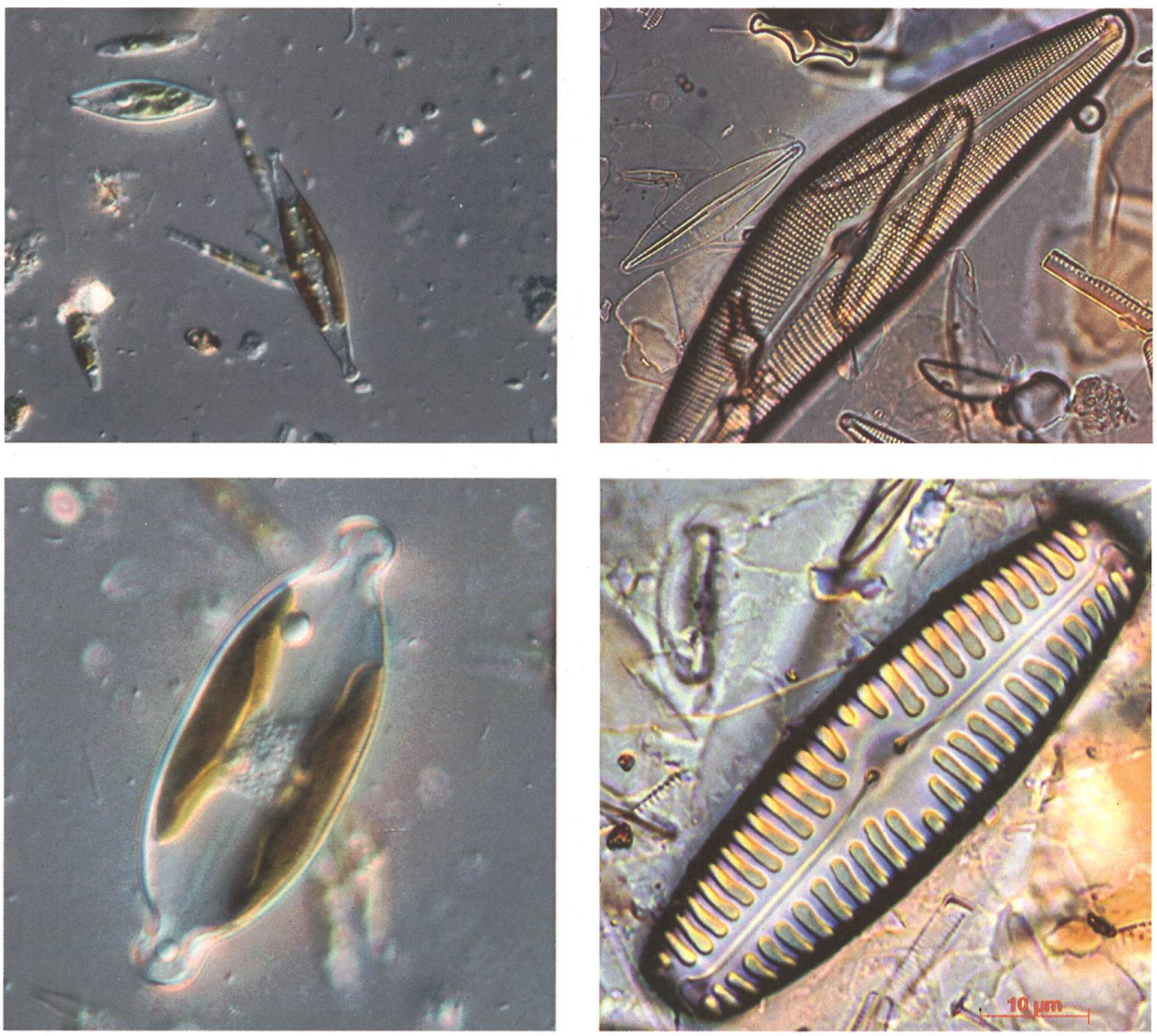


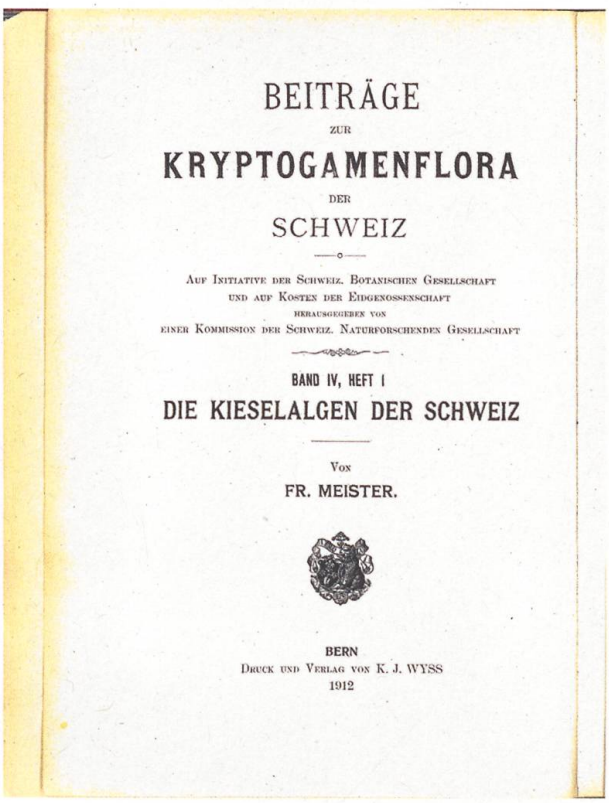
Abbildung 3:
Bilder links: Lebende Kieselalgen im Lichtmikroskop. Sichtbar sind die seitlich liegenden, bräunlichen Chloroplasten. Die Strukturen der Zellwand lassen sich nur schwer erkennen. Vergrösserung 1:400.
Bilder rechts: Einzelne Zellen, die mit Schwefelsäure präpariert wurden. Die artspezifischen Strukturen lassen sich deutlicher erkennen. Vergrösserung 1:1000. Fotos: Lukas Taxböck.

breitung (Biodiversität, Biogeographie, Naturschutzbiologie), ihre Anwendung als Bioindikatoren (Klimaveränderungen, Rekonstruktion vergangener, Beurteilung heutiger und der Modellierung zukünftiger Umweltzustände), in der Nanotechnologie (massgeschneiderte Mikrobehälter) oder in der Kriminalistik (Tatortrekonstruktionen, Ertrinkungsdiagnostik).

Die Eignung der Kieselalgen als Nährstoffzeiger macht sie für die angewandte Forschung interessant. Die ökologischen Präferenzen (Autökologie) häufig vorkommender Kieselalgenarten sind bekannt und sie werden in vielen Ländern als Bioindikatoren genutzt. Dabei eignen sie sich für die Beurteilung früherer und heutiger Umweltbedingungen. Vor allem in stehenden Gewässern überdauern sie lange in den Sedimenten. So lassen sich aus Seesedimenten Umweltbedingungen über Hunderte bis Tausende von Jahren rekonstruieren. Für heutige Beurteilungen der Gewässergüte, mehrheitlich von Fliessgewässern, geben Kieselalgen ein verlässliches Signal der Nährstoffbelastungen über einen Zeitraum von wenigen Wochen – einzelne, kurzfristige Ereignisse schlagen sich hingegen nicht in der Veränderung der Lebensgemeinschaft nieder. So bilden die Kieselalgen eine wertvolle Ergänzung chemischer Gewässeruntersuchungen, die präzisere Aussagen bezüglich stofflicher Belastung zulassen.

In der Schweiz erfolgen Gewässeruntersuchungen nach den Richtlinien des Modul-Stufen-Konzepts des Bundesamts für Umwelt (BAFU) und erlauben schweizweit vergleichbare Resultate. Seit etwa 20 Jahren gibt es das Modul Kieselalgen mit dem Schweizerischen Kieselalgenindex DICH. Dieser lässt sich anhand der autökologischen Kennwerte berechnen und wird geprägt von den häufig vorkommenden Arten. Der DICH reicht über eine Skala von 1 (unbelastet) bis 8 (stark belastet). Wie bei anderen Indices werden die Werte einer fünfstufigen Skala zugeordnet (Abbildung 7).

Die Gewässerschutzverordnung schreibt im Anhang 1 über den Zustand der Oberflächengewässer vor, dass die Lebensgemeinschaften von Mikroorganismen naturnah und standortgerecht sein müssen und eine für höchstens schwach belastete Gewässer typische Artenzusammensetzung aufweisen müssen. Mit dem DICH werden verschiedene Kennwerte über den Zustand des Fliessgewässers und der Lebensgemeinschaften gewonnen. Mit dem standardisierten Vorgehen lassen sich schweizweit Zähldaten vergleichen. Die Zählungen der Arten beschreiben die Lebensgemeinschaften anhand der Artenzahl, deren relativen Häufigkeiten und Ausgewogenheit (Evenness). Ebenso werden Vorkommen von Neobiota oder Anteile von Missbildungen der Schalen (Teratologien) erfasst. Teratologien haben natürliche (z. B. UV-Strahlung) oder anthropogene Ursachen (z. B. Schwermetallbelastungen). Die Lebensgemeinschaften lassen sich zwischen den Gewässern auch über verschiedene Indices (z. B. Jaccard- oder Sörensenindex) miteinander vergleichen und plausibilisieren. Der Indexwert ist geeicht auf mittlere bis grössere Fliessgewässer und gibt


BEITRÄGE
ZUR
KRYPTOGAMENFLORA
DER
SCHWEIZ

Auf Initiative der Schweiz. Botanischen Gesellschaft
und auf Kosten der Eidgenossenschaft
herausgegeben von
einer Kommission der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft

BAND IV, HEFT I
DIE KIESELALGEN DER SCHWEIZ

Von
FR. MEISTER.

BERN
Druck und Verlag von K. J. WYSS
1912

Abbildung 4:
Titelblatt der Publikation von Friedrich Meister.

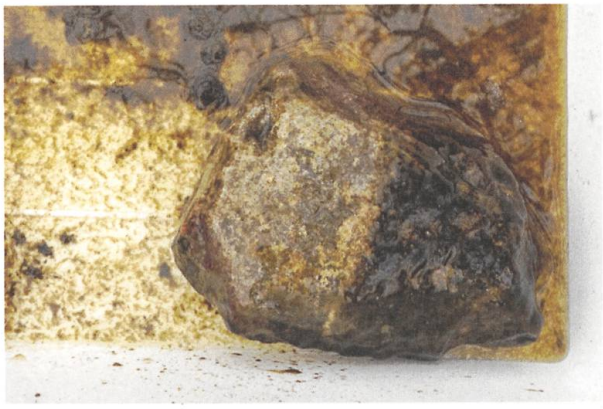


Abbildung 5:
Der Kieselalgenbewuchs kann auf Steinen sehr dicht sein. Auf der linken Hälfte des Steines wurden die Kieselalgen abgekratzt. Auf der rechten Hälfte ist er noch sichtbar, hier liegt die Zelldichte im Bereich von Millionen Individuen pro cm². Foto: Lukas Taxböck.

Abbildung 6:
Eingebettete Kieselalgen auf Objektträgern aus Glas. Diese stammen aus der Sammlung von Friedrich Meister und sind über 100 Jahre alt. Das Einbettmittel verfärbt sich im Laufe der Zeit. Die Präparate lassen sich trotzdem problemlos im Lichtmikroskop untersuchen. Foto: Lukas Taxböck.

eine aggregierte Zusammenfassung der Nährstoffbelastung der chemischen Parameter Ammonium, Nitrit, Summe des anorganischen Stickstoffs, Gesamtphosphor, Chlorid und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC). Für stehende Gewässer oder spezielle Lebensräume wie Quellen oder Moore ist der DICH nicht geeicht.

3.2 Methodik DICH

Im Feld werden die Kieselalgen mit einer kleinen Bürste von Steinen gekratzt. Um die feinen morphologischen Strukturen im Licht- oder Elektronenmikroskop zu untersuchen, müssen die organischen Bestandteile der Kieselalgen entfernt werden. Dieser nächste Schritt der Präparation erfolgt im Labor, wo die Kieselalgen mit Salzsäure entkalkt und mit starken Säuren (Schwefelsäure oder Salpetersäure) gekocht werden. Die gereinigten Schalen werden auf Objektträgern aus Glas in einem Kunstharz (z. B. Naphrax) eingebettet und bleiben in dieser Form praktisch unbeschränkt haltbar (Abbildung 6). Die Artbestimmung erfolgt im Lichtmikroskop bei 1000facher Vergrösserung und der Beleuchtung mit Phasenkontrast oder Differentialinterferenzkontrast (DIC). Meist liegen die Kieselalgen in der sogenannten Schalenansicht in einem Präparat vor – diese weist die artspezifischen Strukturen und Ornamente auf, die als Bestimmungsmerkmale genutzt werden (Abbildung 8). In nicht überlappenden geraden Bahnen wird das Präparat durchgesehen und 500 Schalen auf Artniveau bestimmt. Als Bestimmungsliteratur dienen die Bände der *Süsswasserflora von Mitteleuropa* (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986–1991) und *Diatomeen im Süsswasserbenthos von Mitteleuropa* (HOFMANN et al. 2011). Für die professionelle Arbeit mit Kieselalgen ist die Konsultation weiterführender Werke wie *Diatoms of Europe, Iconographia Diatomologica* und publizierte Originalliteratur unerlässlich.

Beurteilungsklassen des Kieselalgenindex DICH

	Beurteilungs-klasse	DICH-WERT	
	sehr gut	1.0 bis < 3.5	GSchV Anhang 1 erfüllt
	gut	3.5 bis < 4.5	
	mässig	4.5 bis < 5.5	GSchV Anhang 1 nicht erfüllt
	unbefriedigend	5.5 bis < 6.5	
	schlecht	6.5 bis 8.0	

Abbildung 7:
Die Einteilung des DICH in fünf Beurteilungsklassen und die entsprechende Farbskalierung. Die Klassen sehr gut (blau) und gut (grün) erfüllen die Anforderungen der GSchV Anhang 1, die Klassen mässig (gelb), unbefriedigend (orange) und schlecht (rot) nicht.

4 Untersuchungen Kanton St. Gallen

In den vergangenen 30 Jahren wurde die Gewässergüte von Fliessgewässern im Kanton St. Gallen auch anhand der Kieselalgen beurteilt. In den ersten Jahren wurden vor allem mittlere bis grössere Fliessgewässer untersucht. In den letzten Jahren sind vermehrt auch kleine Fliessgewässer in den Fokus gerückt, da diese etwa 75 % des Gewässernetzes (rund 8'000 Kilometer im Kanton St. Gallen) ausmachen. Diese Gewässer nehmen eine wichtige Rolle als Refugiallebensräume für eine Vielzahl an Organismen ein. Durch ihre geringe Wasserführung und Verdünnung sind sie aber besonders anfällig für stoffliche Belastungen wie Mikroverunreinigungen (vor allem Pflanzenschutzmittel) oder Nährstoffe. In Siedlungs-, Industrie- und Landwirtschaftsgebieten sind kleine Fliessgewässer zusätzlich oft strukturell beeinträchtigt und erfüllen ihre natürlichen Funktionen nur noch rudimentär.

Seit 1990 wurden im Kanton St. Gallen an 367 Standorten in Fliessgewässern insgesamt 634 Kieselalgenproben untersucht.

4.1 Biodiversität

Total wurden an den 367 Stellen 577 Arten beobachtet, dies entspricht etwas mehr als ¼ der total in der Schweiz vorkommenden Kieselalgenarten. Pro Probe wurden zwischen 8 und 62 Arten gefunden, der Mittelwert lag bei 28 (Abbildung 10).

Insgesamt elf Arten (=2 %) wurden an über der Hälfte aller Stellen gefunden (Tabelle 2). Die meisten dieser elf Arten sind nährstofftolerant und weit verbreitet. Insgesamt 104 Arten wurden an mindestens 10 % der Stellen beobachtet. Mit einer Fundhäufigkeit von 93 % war *Nitzschia dissipata* die häufigste Art.

4.2 Rote Liste Arten

In der Schweiz gibt es derzeit nur für Characeen (Armleuchteralgen) eine Rote Liste der bedrohten Arten. Für alle anderen, teils sehr artenreichen Algengruppen, gibt es wenig Informationen über ihren Bedrohungsgrad. Für die heimischen Kieselalgen kann jedoch die Rote Liste Deutschlands herangezogen werden, da

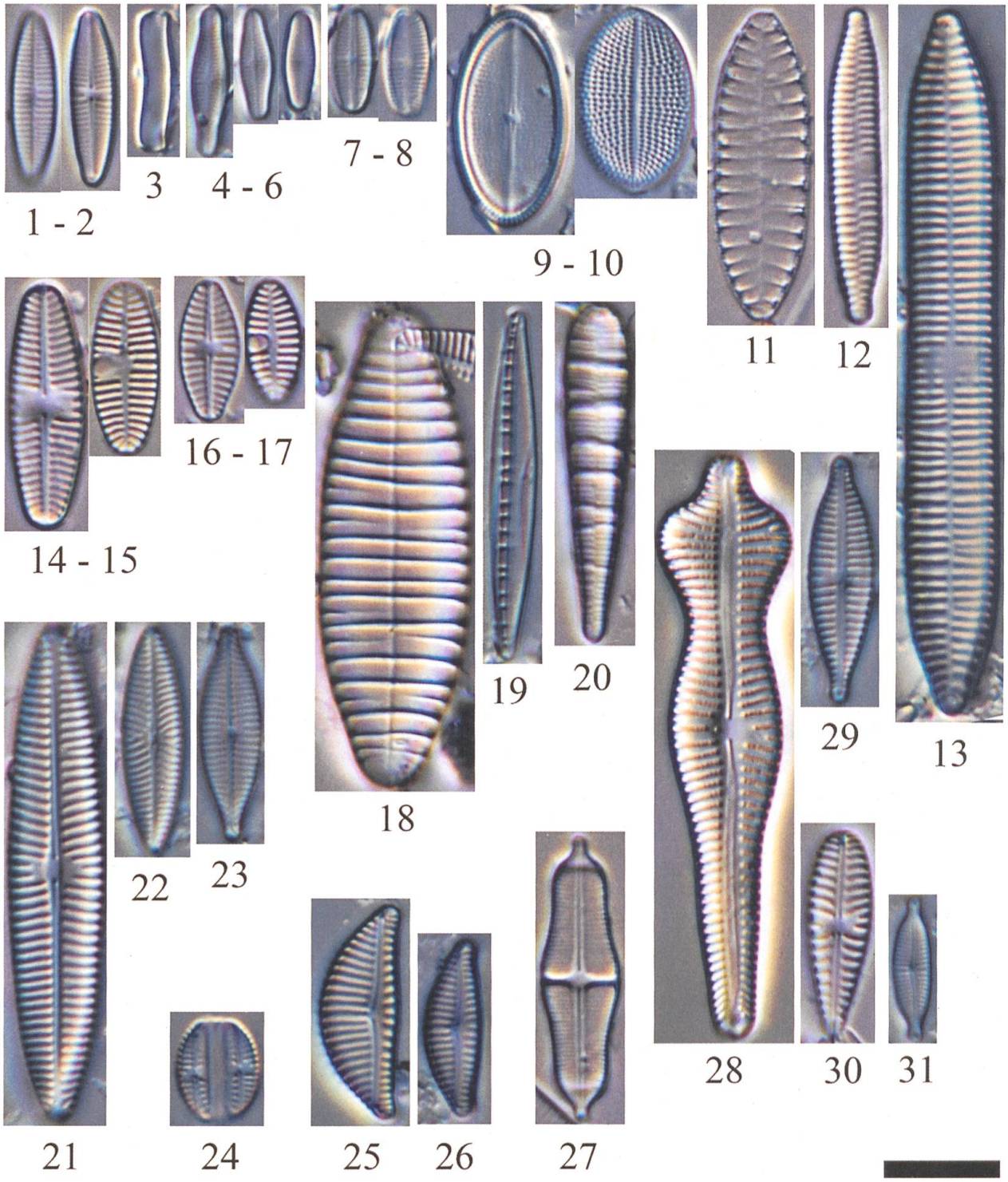

1 - 2
3
4 - 6
7 - 8
9 - 10
11
12
13
14 - 15
16 - 17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

Abbildung 8:
Übersicht über einige im Kanton St.Gallen gefundene Kieselalgenarten. Vergrösserung 1:1000 mit Differentialinterferenzkontrastbeleuchtung. Der schwarze Balken zeigt die Länge von 10 µm.
1–2) *Achnanthidium pyrenaicum*; 3) Schalenansicht *Achnanthidium* sp.; 4–6) Formenkreis *Achnanthidium minutissimum*; 7–8) *Achnanthidium zhakovschikovii*; 9–10) *Cocconeis placentula*; 11) *Surirella angusta*; 12) Formenkreis *Fragilaria vaucheriae*; 13) *Fragilaria ulna*; 14–15) *Planothidium lanceolatum*; 16–17) *Planothidium frequentissimum*; 18) *Diatoma vulgaris*; 19) *Nitzschia dissipata*; 20) *Meridion circulare*; 21) *Navicula tripunctata*; 22) *Navicula cryptotenella*; 23) *Navicula gregaria*; 24) *Amphora pediculus*; 25) *Encyonema lange-bertalotii*; 26) Formenkreis *Encyonema minutum*; 27) *Stauroneis smithii*; 28) *Gomphonema acuminatum*; 29) *Gomphonema parvulum*; 30) *Gomphonema olivaceum*; 31) Formenkreis *Encyonopsis microcephalum*.

viele vergleichbare Lebensräume auch in der Schweiz vorkommen. Pro Probe wurden im Schnitt 6 % bedrohte Arten und knapp 63 % unbedrohte Arten gefunden. Für einen Drittel lagen keine Angaben über ihren Gefährdungsgrad vor.

4.3 Vergleich mit anderen Lebensräumen

In der Schweiz liegen nur wenige systematische Kieselalgen-Erhebungen aus anderen Lebensräumen als Fliessgewässer vor. Z. B. wurden in Studien Wasserfälle (HÜRLIMANN & TAXBÖCK 2015) und Quellen (z. B. TAXBÖCK et al. 2017) untersucht. In 80 naturnahen Quellen wurden über 600 Kieselalgenarten gefunden, darunter Neu- und Erstfunde für die Schweiz. Der Anteil an seltenen und bedrohten Arten ist in natürlichen Quellen mit einem Anteil von 27 % deutlich höher als in den Fliessgewässern im Mittelland (Tabelle 1).

4.4 Neophyten

Früher ging man davon aus, dass Kieselalgen keine biogeographischen Grenzen haben. Jüngere Forschung zeigte jedoch, dass auch bei Kieselalgen eine biogeographische Verbreitung existiert (z.B. VANORMERLINGEN et al. 2008). Kieselalgen können somit in für sie ursprünglich fremde Gebiete eingeschleppt werden.

Im Kanton St. Gallen erfolgte der Nachweis von mindestens zwei eingeschleppten Arten: *Achnanthidium delmontii, Didymosphenia geminata* und möglicherweise *Achnanthidium zhakovschikovii*.

Achnanthidium delmontii, die morphologisch stark *Achnanthidium pyrenaicum* gleicht, wurde 2012 in Frankreich als invasive Art beschrieben, die das erste Mal 2007 beobachtet wurde (PÉRÈS et al 2012). In der Schweiz wird sie mittlerweile flächendeckend gefunden. Analysen von Präparaten aus der ganzen Schweiz zeigten, dass die Art vor 2007 tatsächlich nicht in der Schweiz vorkam und nicht auf Grund von Verwechslungen übersehen wurde (pers. Mitteilung J. Hürlimann). Ein ähnliches Muster konnte in den USA beobachtet werden, wo die Art in Analysen alter Präparate vor 2007 nicht beobachtet werden konnte (pers. Mitteilung Marina Potapova).

Bei *Achnanthidium zhakovschikovii* ist die Situation noch unklar. Die Art wurde 2006 aus dem Nordwesten von Russland beschrieben (POTAPOVA 2006). Im Kanton St. Gallen wurde sie erstmals 2020 in kleinen Fliessgewässern im Rheintal beobachtet. Seit 2017 wurde die Art in Proben im Kanton Aargau gefunden (pers. Mitteilung Guido Erni), ansonsten wurde sie in

Tabelle 1: Die Anteile von Rote Liste Arten pro Probe der St.Galler Fliessgewässer mit einem vergleichbaren Datensatz von Kieselalgen aus Quellen.

	Fliessgewässer SG	**Quellen Schweiz**
Bedrohte Arten	6.0 %	27.8 %
Unbedrohte Arten	62.7 %	44.9 %
keine Angaben	31.3 %	27.2 %

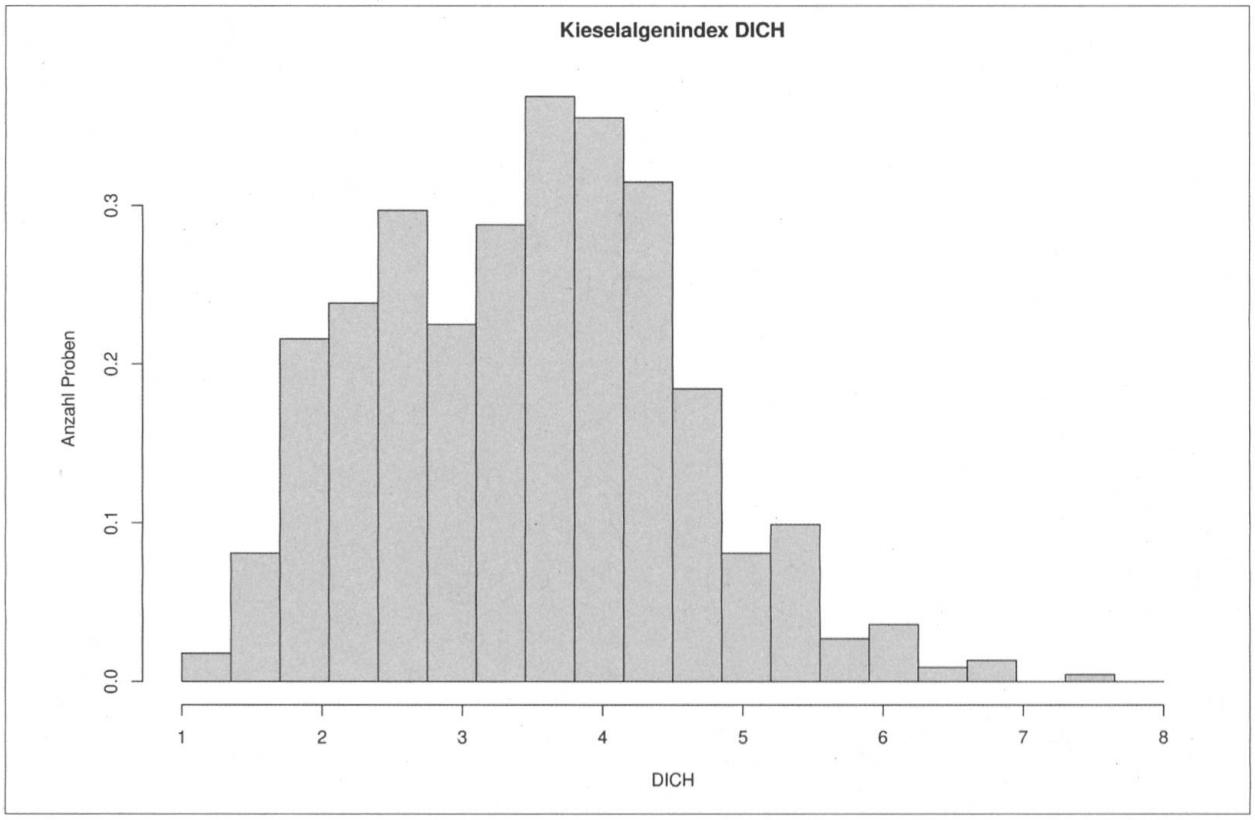


Abbildung 9:
Die Verteilung der gefundenen DICH-Werte aller 634 untersuchten Proben im Histogramm. Der Mittelwert liegt bei 3.47, das Minimum bei 1.26 und das Maximum bei 7.51. Ab einem DICH von 4.5 sind die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung GSchv nicht mehr erfüllt.

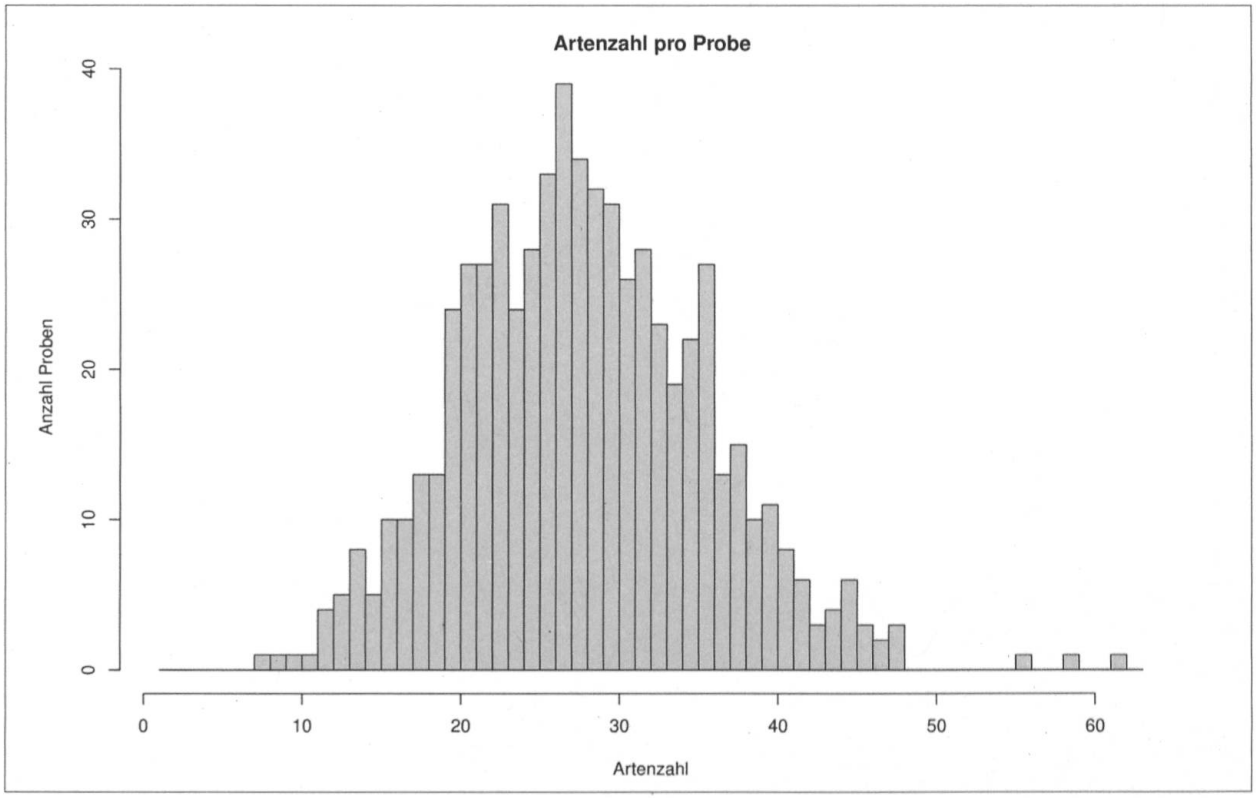


Abbildung 10:
Die Verteilung der gefundenen Artenzahlen pro Probe. Total wurden 634 Proben untersucht. Der Mittelwert liegt pro Probe bei 28, das Minimum bei 8 und das Maximum bei 62 gefundenen Arten.

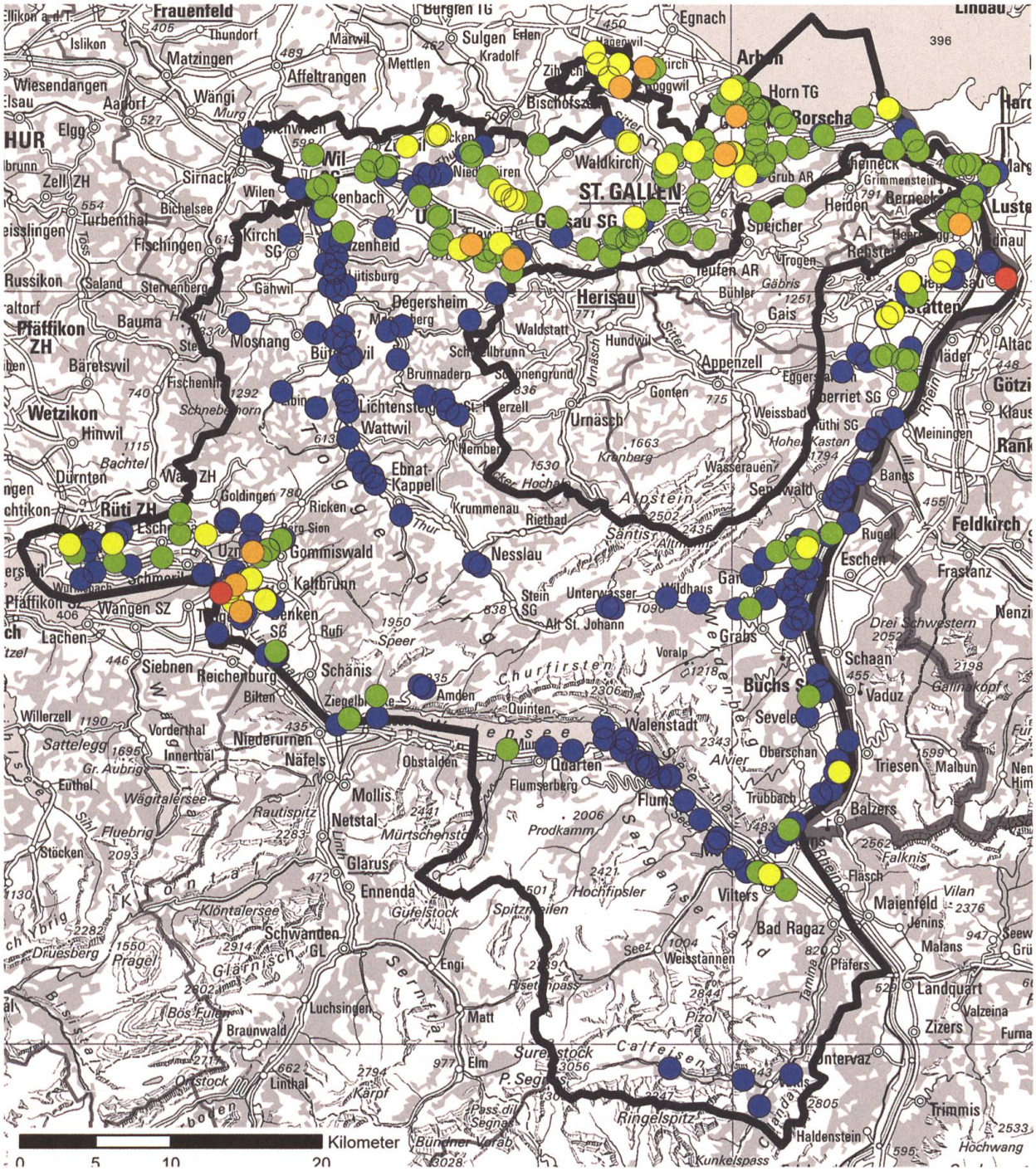


Abbildung 11:
Der Kieselalgenindex DICH an den 367 untersuchten Standorten. Wurden an einer Stelle mehrere Untersuchungen gemacht, wird hier das jeweils aktuellste Resultat gezeigt. Dargestellt sind die fünf Gewässergüteklassen in Farben: blau (sehr gut), grün (gut), gelb (mässig), orange (unbefriedigend) und rot (schlecht). Die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung gelten für die Klassen mässig, unbefriedigend und schlecht als nicht erfüllt.

Tabelle 2:
Die elf Arten, die an mindestens 50% der untersuchten Stellen nachgewiesen wurden. Es handelt sich um weit verbreitete und tolerante Arten. Der D-Wert beschreibt die autökologische Präferenz der Art auf der Skala von 1 (sehr sauber) bis 8 (stark belastet).

Aktuelle Bezeichnung	Alte Bezeichnung	Vorkommen in %	Ökologie nach Hofmann et al. 2011	D-Wert
Nitzschia dissipata		92.6 %	In fliessenden und stehenden Gewässern mit mittlerer bis höheren Trophiegraden eine der häufigsten Diatomeen überhaupt. In nährstoff- und elektrolytarmen Habitaten fehlend.	3.5
Amphora pediculus		90.2 %	Eine der häufigsten Diatomeen überhaupt. Besiedelt ein breites trophisches Spektrum.	5.0
Navicula tripunctata		83.1 %	Bei mittleren bis hohen Trophiegraden häufig, in oligotrophen Habitaten fehlend.	4.0
Navicula cryptotenella		83.7 %	In alkalischen Fliessgewässern vom oligotrophen bis eutrophen Milieu vital.	4.0
Achnanthidium minutissimum	*Achnanthes minutissima*	75.7 %	In allen Gewässertypen häufig und bildet als Erstbesiedler Massenvorkommen.	3.0
Achnanthidium pyrenaicum	*Achnanthes biasolettiana*	67.3 %	Schwerpunkt der Verbreitung in oligo- bis mesotrophen Fliessgewässern.	1.5
Navicula reichardtiana		63.2 %	Weit verbreitet und individienreich in mehr bis weniger eutrophen Gewässern.	4.0
Navicula gregaria		65.7 %	Sehr tolerante Art, kommt in unbelasteten Bächen aber auch in den Ausflüssen von Kläranlagen vor.	5.5
Gomphonema olivaceum		57.8 %	Eine der häufigsten Arten, die Habitate sind meist eutroph.	3.0
Encyonema minutum	*Cymbella minuta (Artengruppe)*	52.0 %	Formenkreis, der früher vermutlich mit anderen Arten verwechselt wurde. Die im Eichdatensatz als *E. minutum* bestimmten Formen können auch vorkommen, wenn die gesetzlichen Anforderungen der Nährstoffparameter nicht erfüllt werden.	2.5
Fragilaria ulna		52.0 %	Formenkreis, der in einem breiten Spektrum von Gewässertypen gefunden wird.	4.0

der Schweiz noch nicht beobachtet. Auf Grund der charakteristischen Bestimmungsmerkmale ist es unvorstellbar, dass sie in früheren Untersuchungen falsch bestimmt wurde. Künftige Untersuchungen werden zeigen, ob *Achnanthidium zhakovschikovii* als invasive Art betrachtet werden kann. Bei beiden *Achnanthidium*-Arten ist ihr Einfluss auf die lokalen Lebensgemeinschaften noch unklar.

Didymosphenia geminata wurde bis anhin immer nur in Einzelfällen gefunden und zeigt im Kanton St. Gallen bis anhin kein invasives Verhalten. In der Schweiz wird ihre Entwicklung jedoch genau beobachtet, da sie in anderen Ländern wie Neuseeland massive Biomassen, sogenannte Algenblüten, bilden. Die dicken Matten aus Biomasse führen zu verarmten Lebensgemeinschaften und stören die natürlichen Aufgaben der Gewässerökologie.

4.5 DICH

Die Mehrheit (84 %) der untersuchten Standorte im Kanton St. Gallen waren in einem sehr guten bis guten Zustand (Abbildung 11). Der Mittelwert aller Proben lag bei 3.47 und somit noch knapp in der Klasse sehr gut (Abbildung 9). Die als sehr gut bewerteten Stellen lagen in wenig intensiv genutzten Gebieten. Die subalpinen Strecken der Thur, des Neckers, der Simmi und der Seez sind als Banden blauer Punkte gut erkennbar. Die belasteten Gewässer (gelbe, orange und rote Punkte) lagen demgegenüber in intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten und Siedlungsräumen.

Eine besondere Situation zeigt sich im Rheintal. Hier sind die Gewässer teils stark vom Grundwasser beeinflusst, wodurch deren stoffliche Belastungen verdünnt wird. Eigene Beobachtungen zeigten, dass in kleinen Bächen in intensiv genutzten Gebieten die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften der Kieselalgen ungewöhnliche Ausprägungen aufwiesen. Hier leben im direkten Einfluss von frischem Grundwasser sehr sensible Arten und somit Sauberwasserzeiger direkt neben toleranten Arten (Schmutzzeiger), die wiederum die intensive Nutzung im Einzugsgebiet widerspiegeln.

Im Gebiet von Wil bis Rorschach ist die Topologie durch viele Hügel geprägt. Die während der Vegetationsperiode landwirtschaftlich ausgebrachten Nährstoffe können durch oberflächliche Abschwemmungen oder Drainagen daher leicht in die Gewässer abgeschwemmt werden.

5 Erkenntnisse

Die existierende Datengrundlage sowie die daraus resultierende Artenvielfalt der Kieselalgen im Kanton St. Gallen ist erfreulich, vor allem da sich die Kenntnisse auf einen Lebensraum – die Fliessgewässer – beschränken. Die Artenvielfalt dürfte sich jedoch stark erhöhen, wenn weitere bisher wenig untersuchte Lebensräume wie Seen, temporäre Gewässer, Moore, Quellen, Bachoberläufe oder Wasserfälle beprobt werden. Zudem würden strukturreiche Gewässer die lokale Artenvielfalt stärken und die Widerstandsfähigkeit gegenüber Stressoren fördern. Für die Biodiversität ist die Vielfalt der Lebensräume wichtig. Die Gewässerqualität zeigt bezüglich der Nährstoffbelastung mehrheitlich ein gutes Bild. Der Einfluss eingeschleppter Arten ist noch nicht abschätzbar. Der Zustand ist aber fragil. Der Druck auf die Funktionsfähigkeit der Ökosysteme bleibt entsprechend der vielfältigen Nutzungsansprüche an die Gewässer und deren Einzugsgebiet hoch. Wurden im Bereich der Abwasserreinigung und Siedlungsentwässerung in den letzten Jahrzehnten grosse Fortschritte erreicht, ist hingegen der Nährstoffeintrag durch intensive landwirtschaftliche Nutzung in kleine Gewässer teils zu hoch. Der Klimawandel erhöht den Stress auf die Gewässer zusätzlich, sei es durch veränderte Abflussregimes oder steigende Temperaturen. Das regelmässige Erfassen der Kieselalgendiversität bleibt in diesem Zusammenhang wichtig. Nur so lassen sich Veränderungen und Entwicklungen aufzeichnen und über Raum und Zeit interpretieren.

Literaturverzeichnis

GUIRY, M. (2012): How many species of algae are there? – Journal of Phycology, 48: 1057–1063.

HAECKEL, E. (1904): Kunstformen der Natur. In: Neudruck der Erstausgabe (1998), BREIDBACH, O., EIBL-EIBESFELDT, I. & HARTMANN, R. P. (Hrsg.), 203. – Prestel Verlag, München, New York.

HOFMANN, G., WERUM, M. & LANGE-BERTALOT, H. (2011): Diatomeen im Süsswasserbenthos von Mitteleuropa. – Gantner Verlag KG, Rugell.

HÜRLIMANN, J. & TAXBÖCK, L. (2015): Kieselalgen. In: Wasserfälle: Ökologische und sozio-kulturelle Bedeutung eines bedrohten Naturmonuments, R. RODEWALD & B. BAUR (Hrsg.), 70–78. – Haupt Verlag, Bern.

KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1986): Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. In: Süsswasserflora von Mitteleuropa. ETTL, H., GERLOFF, J., HEYNIG, H. & MOLLENHAUER, D. (Hrsg.), 876, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1988): Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Süsswasserflora von Mitteleuropa. ETTL, H., GERLOFF, J., HEYNIG, H. & MOLLENHAUER, D. (Hrsg.), 610, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1991): Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Süsswasserflora von Mitteleuropa. ETTL, H., GERLOFF, J., HEYNIG, H. & MOLLENHAUER, D. (Hrsg.), 598, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1991): Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema*. In: Süsswasserflora von Mitteleuropa. ETTL, H., GÄRTNER, G., GERLOFF, J., HEYNIG, H. & MOLLENHAUER, D. (Hrsg.), 437, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

MANN, D. G. (1999): The species concept in diatoms. – Phycologia, 38(6): 437–495.

MEISTER, F. (1912): Die Kieselalgen der Schweiz. – Wyss Verlag, Bern.

PÉRÈS, F., BARTHÈS, A., PONTON, E., COSTE, M., TEN-HAGE, L. & LE-COHU, R. (2012): *Achnanthidium delmontii* sp. nov., a new species from French rivers. – Fottea 12(2): 189–198.

POTAPOVA, M. (2006): *Achnanthidium zhakovschikovii* sp. nov. (Bacillariophyta) and related species from rivers of Northwestern Russia. – Nova Hedwigia 82(3–14): 399–408.

RIAUX-GOBIN, C., COMPÈRE, P., COSTE, M., STRAUB, F. & TAXBÖCK, L. (2014): *Cocconeis napukensis* sp. nov. (Bacillariophyceaea) from Napuka Atoll (South Pacific) and lectotypification of *Cocconeis subtilissima* Meister. – Fottea, 14(2): 209–224.

TAXBÖCK, L., LINDER, H. P. & CANTONATI, M. (2017): To What Extent Are Swiss Springs Refugial Habitats for Sensitive and Endangered Diatom Taxa? – Water 9(12): 967–980.

VANORMELINGEN, P., VERLEYEN, E. & VYVERMAN, W. (2008): The diversity and distribution of diatoms: from cosmopolitanism to narrow endemism. – Biodiversity and Conservation 17: 393–405.