

Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz	Bd.23	2021	DOI: 10.6094/BLNN/Mitt/23.04	Seiten 83-124	Freiburg/Breisgau 20. März 2021
--	-------	------	------------------------------	---------------	------------------------------------

Die benthische Algenflora der Elz (Schwarzwald)

WOLFGANG SCHÜTZ & LYDIA KING

Zusammenfassung

Zwischen 2010 und 2020 wurde die benthische Algenflora der Elz, einem silikatisch geprägten Zufluss des Rheins aus dem mittleren Schwarzwald, von der Quelle bis zum Leopoldskanal untersucht. Gefunden wurden 251 Taxa, darunter 159 Kieselalgen (Bacillariophyta), 42 Blaualgen (Cyanobacteria), 35 Grünalgen (Chlorophyta) und 6 Rotalgen (Rhodophyta). Ausprägung und Zusammensetzung des benthischen Aufwuchses unterliegen im Unterlauf einem jahreszeitlichen Wechsel. Entwicklungsmaxima im Frühjahr weisen *Ulothrix* spp. und *Paralemanea catenata* auf, ab Mitte Juni wird *Nostoc parmelioides* aspektbildend. Von Frühsommer bis Herbst treten fädige und gelegentlich krustige Grünalgen (*Gongrosira* spp.) in den Vordergrund. Massenentwicklungen fädiger Grünalgen kommen häufig nach längeren Niedrigwasser-Phasen vor, erwiesen sich aber in ihrer Abfolge und Zusammensetzung als nicht vorhersagbar. Generell dominieren Blaualgen den benthischen Aufwuchs im Oberlauf, im Unterlauf sind dagegen Grünalgen, zeitweise auch Kieselalgen vorherrschend. Die als Leitarten sommerkalter Bäche geltenden Arten *Chamaesiphon fuscus*, *Homoeothrix janthina*, *Lemanea fluviatilis* und *Phormidium autumnale* sind charakteristisch für den Oberlauf der Elz. Diese und einige weitere, aber seltenere Taxa gehen im Mittellauf zurück und fehlen zum Teil im Unterlauf, während zunehmend krustige und v. a. fädige Grünalgen (*Cladophora glomerata*, *Rhizoclonium hieroglyphicum*, *Oedogonium*, *Spirogyra*, *Stigeoclonium*) häufiger werden. Bei den Kieselalgen war der Anteil oligotropher Arten im Oberlauf am höchsten, im Mittellauf dominierten mesotrophente Taxa und im Unterlauf, insbesondere unterhalb der Kläranlage „Untere Elz“ bei Teningen, war der Anteil eutropher Arten am höchsten. Mit der im Unterlauf häufigen *Achnanthydium delmontii*, sowie *A. rivulare* und *A. subhudsonis* var. *kraeuselii* wurden drei als neophytisch einzustufende Diatomeen gefunden. Eine Ähnlichkeitsanalyse, durchgeführt mit 9 zu verschiedenen Jahreszeiten über 30 Monate im Unterlauf bei Riegel genommenen Proben indiziert starke Veränderungen in der Zusammensetzung der Kieselalgen-Gesellschaft. Als wesentliche, Zusam-

mensetzung und Menge des Aufwuchses im Längsverlauf der Elz regulierende Faktoren werden Hochwasser, Temperatur, Fraßdruck durch Makrozoobenthos, Nährstoffbelastung und Beschattung diskutiert. Während bei den Kieselalgen eine Abhängigkeit vom Trophiegrad zu erkennen ist, scheint für die Zonierung und Zusammensetzung des PoD besonders eine Zunahme der Sommer-Temperaturen im Längsverlauf eine wichtige Rolle zu spielen. Eine Bewertung des „Ökologischen Zustandes“ nach WRRL ergab eine Verschlechterung im Längsverlauf der Elz. Während im Ober- und Mittellauf durchweg ein „sehr guter“ oder „guter“ Zustand festgestellt wurde, tendiert die Bewertung im Unterlauf zum „mäßigen“, unterhalb der Einleitung der Kläranlage in Teningen zum „unbefriedigenden“ Zustand. Probenahmen (Kieselalgen) über einen Zeitraum von 3 Jahren und zu verschiedenen Jahreszeiten unterhalb dieser Kläranlage zeigen aber auch eine beträchtliche Variabilität der Bewertungsergebnisse.

Schlüsselwörter

Aufwuchs, Kieselalgen, PoD, silikatische Fließgewässer, Taxazahlen, Zonierung, Sukzession, EG-WRRL

Abstract

The benthic algal flora of the river Elz (Black Forest, Germany)

Between 2010 and 2020 the benthic algal flora of the river Elz, a siliceous tributary of the Rhine, was examined from the source in the central Black Forest to the Leopoldskanal. A total of 251 taxa were identified, including 159 diatoms, 42 blue-green algae, 35 green algae and 6 red algae. In the lower reach, benthic algal composition and abundance is subject to seasonal changes. In spring, *Ulothrix* spp. and *Paralemanea catenata* exhibit biomass maxima followed by *Nostoc parmelioides* in mid-June. From early summer to autumn, filamentous and occasionally crustose green algae (*Gongrosira* spp.) dominate the algal community. Mass development of filamentous green algae often occurs after long periods of low discharge, but the sequence of their appearance and the community composition were unpredictable. In general, blue-green algae dominate the phytobenthos in the upper reaches, whereas green algae, and sometimes diatoms, are predominant in the lower reaches. Taxa like *Chamaesiphon fuscus*, *Homoeothrix janthina*, *Lemanea fluviatilis* and *Phormidium autumnale*, considered to be characteristic of summer-cold streams, are commonly found in the upper reaches of the Elz. These and other rarer taxa decline in the middle reaches and are partly missing in the lower reaches, while crustose and especially filamentous green algae (*Cladophora glomerata*, *Rhizoclonium hieroglyphicum*, *Oedogonium*, *Spirogyra*, *Stigeoclonium*) become more abundant. The proportion of oligotraphent diatom species was highest in the upper reaches, mesotraphent taxa dominated in the middle and eutraphentic taxa in the lower reaches. Especially below the sewage treatment plant near Teningen the proportion of eutraphent diatoms was high. Three presumably neophytic *Achnanthydium*-species (*A. delmontii*, *A. rivulare*, *A. subhudsonis* var. *kraeuselii*) were detected, of which the invasive *Achnanthydium delmontii* was one of the most common species in the lower reaches. The results of a similarity analysis of 9 diatom samples collected during different seasons over a period of 30 months in the lower reaches show high fluctuations. High floods, temperature, feeding pressure by macro-invertebrates, nutrient load and shading are discussed as the crucial factors regulating the abundance and composition of the phytobenthos along the river Elz. While diatom communities were strongly influenced by trophic state, a longi-

tudinal increase in summer temperatures seems to play an important role for the zonation and composition of the remaining phytobenthos. Ecological status assessment according to the Water Framework Directive (WFD) indicated a deterioration of the ecological status downstream. While the algae indicated a “very good” or “good” ecological status in the upper and middle reaches, the status in the lower reaches tends to be “moderate” and below the inflow of the sewage treatment plant near Teningen to be “poor”. Sampling (diatoms) over a period of 3 years and at different times of the year below this sewage treatment plant also shows a considerable variability of the evaluation results.

Keywords

Aufwuchs, diatoms, phytobenthos, siliceous running waters, taxa numbers, zonation, succession, EU-WFD

1. Einleitung

Untersuchungen zur Algenflora einzelner Fließgewässer gibt es bisher für Baden-Württemberg nur wenige. Sie sind zudem, bis auf eine Ausnahme (BACKHAUS 2006), älteren Datums. Im Einzelnen handelt es sich um die Arbeiten von RABANUS (1916) an der Dreisam und an Gräben der Freiburger Bucht und des Schwarzwaldes, von WEHRLE (1942) über die Gauchach und eine Teilstrecke der Wutach, sowie von BACKHAUS (1968a, b), der ausführlich auf die Aufwuchsalgen von Brigach, Breg und Oberer Donau eingeht. Aspekte zur Algenflora des Oberrheins lieferten LAUTERBORN (1910, 1917) und BACKHAUS (2006). Erst mit der Implementierung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, EUROPÄISCHE KOMMISSION 2000) und der Aufnahme der Qualitätskomponente „Makrophyten und Phytobenthos“ (MuP) in das Monitoring-Programm der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) nimmt das seit langem erlahmte Interesse an Fließgewässer-Algen wieder zu.

Für eine Bearbeitung der Algenflora bietet sich die Elz aus verschiedenen Gründen an, u. a. die Auswahl des Elz-Abschnittes zwischen Riegel und Teningen als eines von vier modellhaften Umgestaltungsprojekten an Fließgewässern in Baden-Württemberg durch die Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), das mit der Untersuchung der limnischen Fauna und Flora verbunden war. Diese Maßnahme wurde 2016 und 2017 umgesetzt und durch ein 2018 durchgeführtes Monitoring-Programm begleitet (ALAND 2017, BECKER et al. 2020). Angesichts weiterer geplanter Umgestaltungen an der Elz liegt es zudem nahe, die Algenflora des gesamten Flusses einer eingehenden Betrachtung zu unterziehen. Berücksichtigt werden alle Algengruppen, die das Phytobenthos bzw. den „Aufwuchs“ auf der Gewässersohle bilden, einschließlich der Kieselalgen (Diatomeen), die aufgrund ihrer morphologischen Sonderstellung (Silikatschalen) und ihrer hohen Taxazahlen traditionell meist getrennt von den restlichen Benthosalgen (PoD = **P**hytobenthos **o**hne **D**iatomeen) untersucht werden.

Wesentliche Voraussetzung für die Darstellung sind die von uns seit 2010 durchgeführten Untersuchungen der benthischen Algenflora, die teils im Auftrag der LUBW und des Regierungspräsidiums Freiburg (RPF), zum großen Teil aus eigener Initiative durchgeführt wurden. Diese Untersuchungen setzen sich aus Beobachtungen und Probenahmen unterschiedlicher Art, Intensität und zeitlicher Dichte zusammen. Viele Informationen liegen

für den Unterlauf kurz vor der Mündung in den Leopoldskanal vor. Auch die Algenflora der Fließstrecke zwischen Emmendingen und Sexau war seit 2010 Gegenstand kontinuierlicher Beobachtungen. Weniger intensiv waren unsere Untersuchungen bisher im Oberlauf zwischen der Elz-Quelle und Elzach und im Mittellauf (Windener Elztal); Angaben zu Vorkommen und Häufigkeit beziehen sich daher in erster Linie auf die im Folgenden auch als „Unterlauf“ bezeichnete Strecke zwischen Sexau und Riegel. Nicht behandelt wird die „Alte Elz“, die unterhalb Riegel aus dem Leopoldskanal ausgeleitet wird und bei Kehl in den Rhein mündet.

Neben einer Übersicht über die benthische Algenflora der Elz schenken wir den jahreszeitlichen Veränderungen des Algen-Aufwuchses besondere Beachtung und gehen der Frage nach, ob sich in der unteren Elz über einen Zeitraum von mehreren Jahren bestimmte Muster in der saisonalen Abfolge der Taxa erkennen lassen. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, wurden Sukzessionsabfolgen über einen längeren Zeitraum bisher noch kaum dokumentiert (KELLY 2018, 2019). Weiterhin soll zumindest ansatzweise auf Ähnlichkeiten und Unterschiede des Phytobenthos zu anderen silikatisch geprägten, insbesondere zu benachbarten Fließgewässern eingegangen werden. Unsere Darstellung ist in erster Linie deskriptiv; eine umfassende Diskussion der komplexen, für die Zusammensetzung und Abfolge der Algengemeinschaften in einem Fließgewässer verantwortlichen Umweltfaktoren und ihrer Interaktionen kann in diesem Rahmen nicht geleistet werden. Abschließend gehen wir kurz auf die Bewertungsergebnisse für einige Abschnitte der Elz ein, die auf dem in Deutschland verwendeten WRRL-Bewertungsverfahren (PHYLIB) für die Komponente „Makrophyten und Phytobenthos“ (MuP) basieren.

Zum leichteren Verständnis des Textes wurden die herkömmlichen Bezeichnungen Blaualgen (Cyanobacteria) und Grünalgen (Chlorophyta) verwendet, auch wenn sie mit neueren phylogenetischen Einteilungen nicht mehr übereinstimmen.

2. Untersuchungsgebiet

Die Elz entspringt nördlich von Furtwangen im Gebiet des Brend und des Rohrhardsbergs unweit der Breg-Quelle auf 1089 m NHN und mündet nach 74 km Lauflänge in den Leopoldskanal und nach 121 km auf 137 m NHN nahe Kehl in den Rhein (SCHNEIDER 2000). Das Einzugsgebiet der Elz hat Anteil an den naturräumlichen Einheiten Schwarzwald und Oberrhein-Tiefland (Abb. 1).

Im Oberlauf fließt die Elz in nördliche Richtung, zunächst durch ein flacheres Hochtal (Abb. 2a), dann, nach einer Steilstufe mit einigen kleinen Wasserfällen, durch ein steiles, tief in den Granit des westlichen Schwarzwaldes eingeschnittenes, kaum besiedeltes Waldtal (SCHNEIDER 2000). In Oberprechtal knickt der Fluss scharf in Richtung Südwesten ab. Hier beginnt das mittlere Elztal, das geradlinig nach Südwesten führt (Abb. 2b). Unterhalb der Stadt Waldkirch tritt die Elz in die bereits zur Oberrheinebene gehörende Freiburger Bucht ein. Ab hier fließt sie, Emmendingen und Teningen passierend (Abb. 2c), in nordwestliche Richtung bis zur Riegeler Pforte (Abb. 2d), wo sie zusammen mit Dreisam und Glotter auf 175 m NHN in den 12 km langen Leopoldskanal mündet, der das gesammelte Wasser auf direktem Weg dem Rhein zuleitet (LANGE 2007, RP KARLSRUHE 2005). Ein festgelegter Teil der

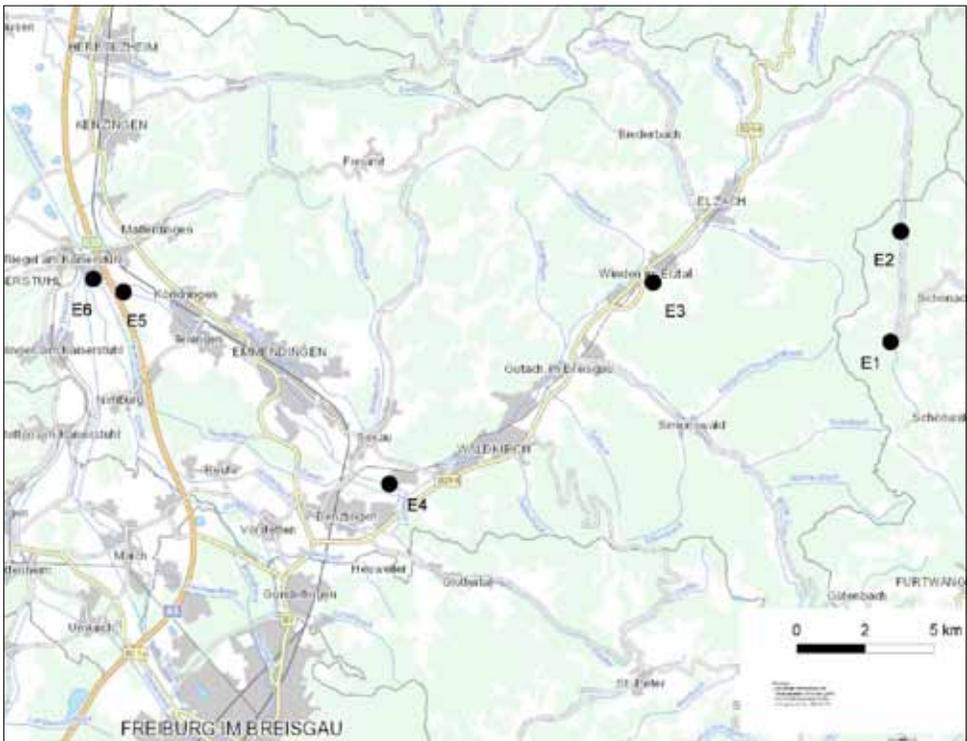


Abb. 1: Lage der nach Wasserrahmenrichtlinie bearbeiteten Probestellen am Ober- (E1, E2), Mittel- (E3, E4) und Unterlauf (E5, E6) der Elz. Grundlage: Daten aus dem Räumlichen Informations- und Planungssystem (RIPS) der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW).

Wassermenge ($7,8 \text{ m}^3/\text{s}$) wird allerdings kurz nach dem Übergang in den Leopoldskanal aus diesem wieder abgezweigt und in die Alte Elz eingespeist.

Das Gefälle nimmt von 8,2 % direkt unterhalb des Quellbereiches auf 2,4 % im muldenförmigen Hochtal ab, erreicht zwischen den Elz-Fällen und dem Elzknief 5 % und verringert sich im Windener Elztal auf 0,7 %. Im Unterlauf zwischen Waldkirch und Riegel beträgt es weniger als 0,3 % (SCHNEIDER 2000).

Im Oberlauf ist die Elz nach der Fließgewässer-Typologie der WRRL (POTTGIESSER & SOMMERHÄUSER 2008) ein silikatischer, fein- bis grobmaterialreicher Mittelgebirgsbach (Typ 5), im Mittel- und Unterlauf gilt sie bis Riegel als fein- bis grobmaterialreicher Mittelgebirgsfluss (Typ 9) (LUBW 2015). Das Einzugsgebiet der Elz wird im Schwarzwald vorwiegend von Wald- und Wiesenlandschaften geprägt, im Tiefland des Oberrheins durch Agrarflächen, Verkehrswege, Industrie und Siedlungen (SCHNEIDER 2000).

Während die Gewässerstruktur des Oberlaufes bis Oberprechtal meist nur wenig verändert ist, zeigt der obere Mittellauf im Windener Elztal eine überwiegend deutliche bis stark veränderte, der Unterlauf ab Buchholz eine sehr stark bis vollständig veränderte Gewäs-

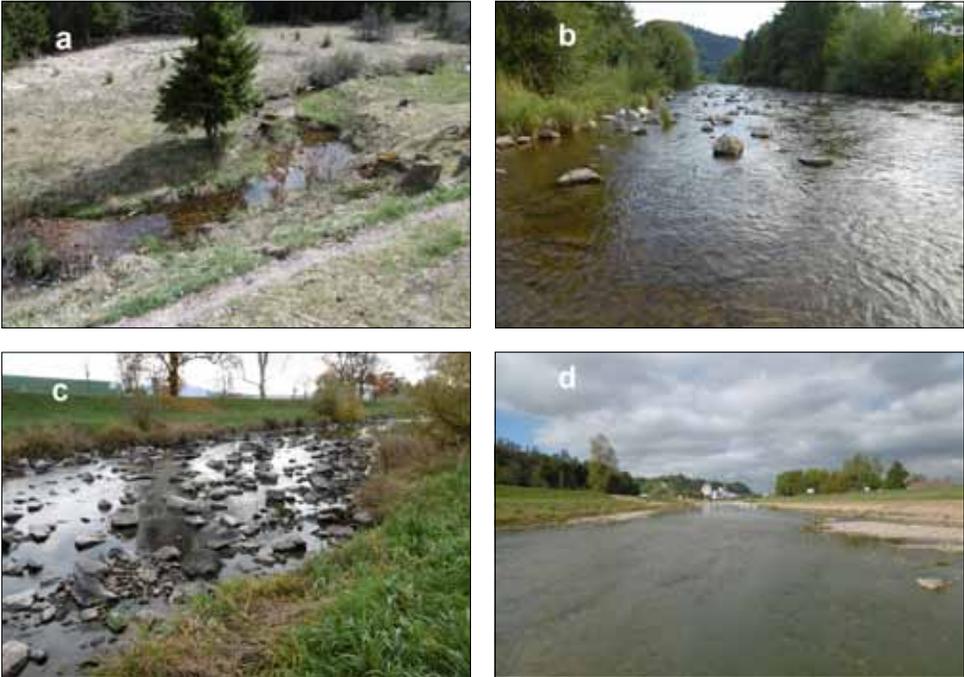


Abb. 2: (a) Elz-Oberlauf beim Vogte-Hof, (b) Elz unterhalb Waldkirch-Buchholz, (c) Elz bei Emmendingen mit Niedrigwasser, (d) Elz bei Riegel kurz vor der Mündung in den Leopoldskanal; ein Jahr nach den Renaturierungsmaßnahmen.

serstruktur (LUBW 2017b). Das unterhalb Waldkirch-Buchholz beginnende und bis 2015 bis zur Mündung in den Leopoldskanal durchgehende Doppeltrapez-Profil wurde zwischen Teningen und Riegel zwischen 2015 und 2017 im Zuge von Renaturierungsmaßnahmen umgestaltet (Abb. 2d). Diese Maßnahmen bestanden hauptsächlich in der Rückverlegung der Dämme bei Teningen-Köndringen und dem Einbau von Querbuhnen und Strömungslenkern zwischen der Autobahn A5 und Riegel, um laut Planung das „monotone Abflussprofil aufzubrechen“ und eine „gewässertypische Eigenentwicklung“ zuzulassen (ALAND 2017).

Die Elz ist ein silikatisches Gewässer und dementsprechend sind Kalkgehalt und Leitfähigkeit niedrig, nehmen jedoch im Längsverlauf langsam zu. Nach einer am 5.6.2019 zwischen 13:30 und 16:15 durchgeführten Messfahrt lagen Leitfähigkeit (Bezugstemperatur 25°C) und Wassertemperatur am Rohrhardsberg (E1 in Abb. 1, 888 m NHN) bei 33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bzw. 10,7 °C, oberhalb Elzach bei 66 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bzw. 15,7 °C und erreichten oberhalb der Mündung in den Leopoldskanal bei Riegel 143 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bzw. 20,4 °C (E6, 177 m NHN). Die pH-Werte liegen im Oberlauf nach eigenen Messungen im leicht sauren Bereich, im Unterlauf schwanken die Werte wegen des relativ schwach gepufferten Wassers aus dem Schwarzwald in Verbindung mit höheren Temperaturen und stärkerer pflanzlicher Biomasse-Produktion dagegen stark und können bei Niedrigwasser im Sommer nach eigenen Messungen Werte bis zu 9,6 erreichen. Nach neueren Untersuchungen von RIEDMÜLLER et al. (2019) werden die von der LAWA (2015) definierten Orientierungswerte für den Gewässertyp 9 für physikalisch-

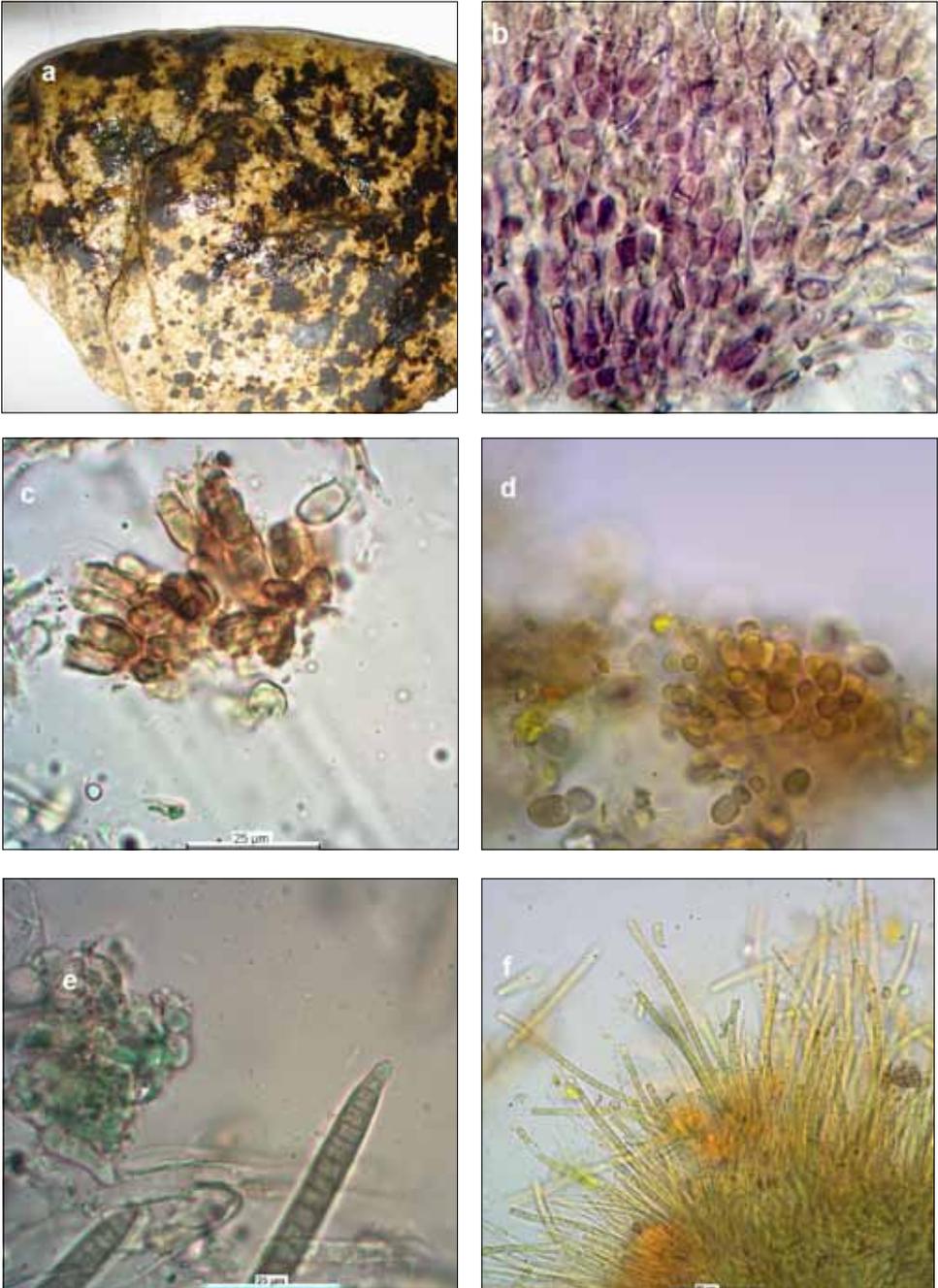


Abb. 3: Stein (a) aus dem Elz-Oberlauf mit den krustigen Belägen von *Chamaesiphon fuscus* (c), die seltenere, oft mit der vorigen Art vergesellschaftete *Chamaesiphon starmachii* (b), *Chamaesiphon polonicus* (d) bildet häufig rotbraune Beläge auf Blöcken in der Wasserwechselzone, *Phormidium autumnale* (e) und *Phormidium corium* (f) braune oder schwarzgrüne häutige, weiche Beläge auf Steinen und Blöcken.

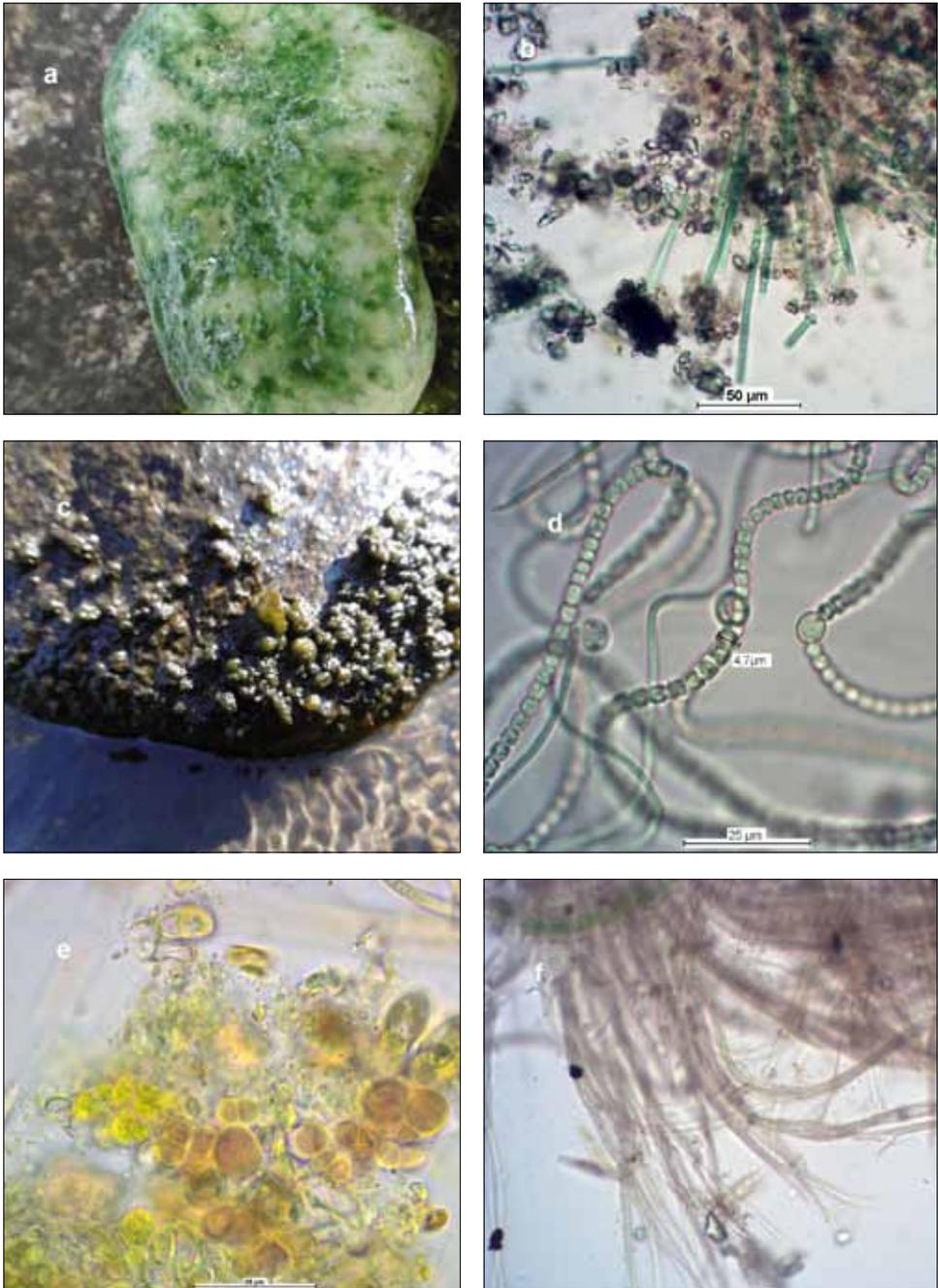


Abb. 4: Kalkstein (a) mit den Belägen von *Phormidium ingrediens* (b), Lager und Trichome mit Heterocysten von *Nostoc parmelioides* (c, d), *Pleurocapsa minor* (e) und *Schizothrix tinctoria* (f).

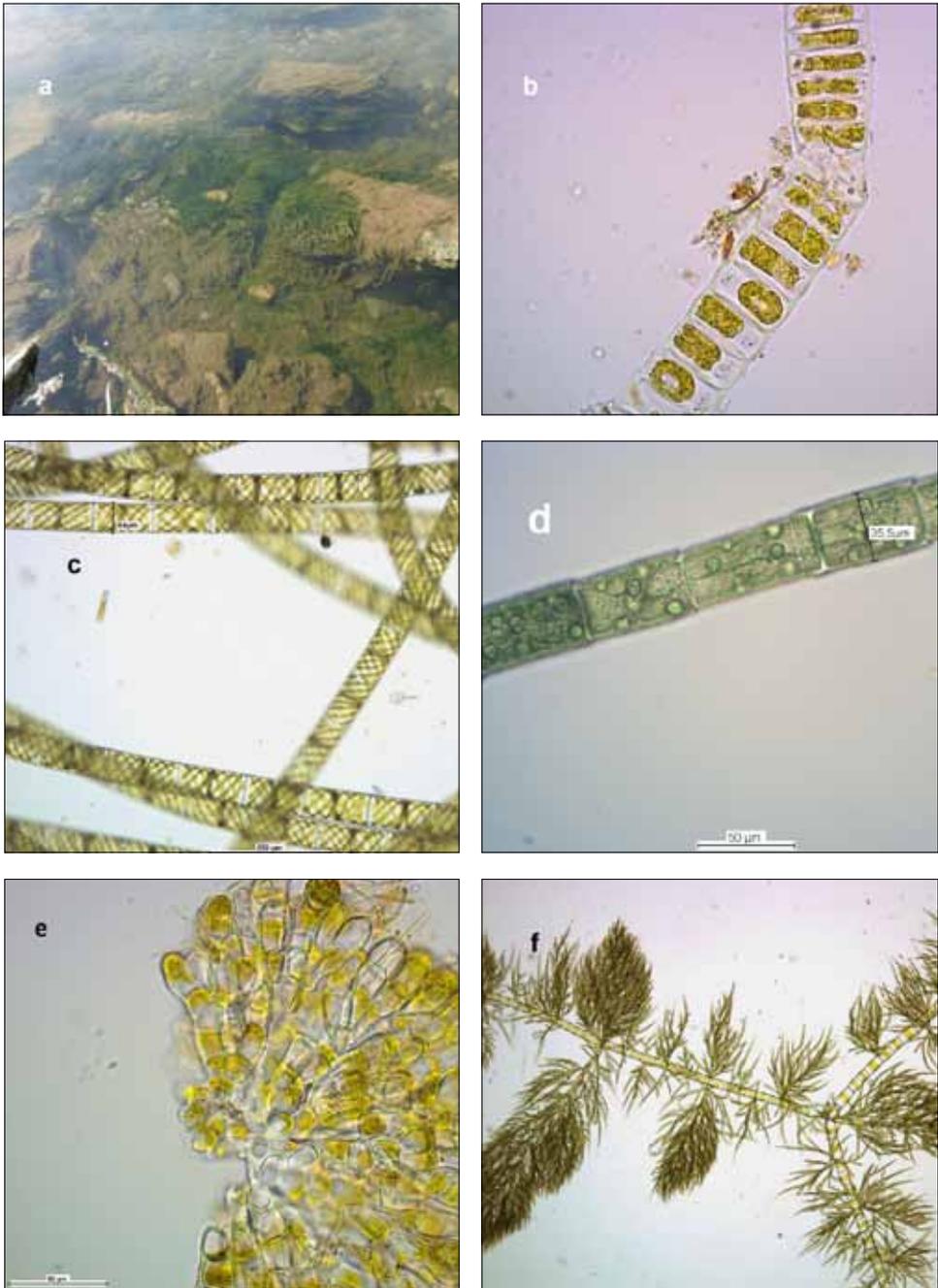


Abb. 5: Massenentwicklung von *Ulothrix zonata* im Frühjahr in der unteren Elz (a), typisch für diese Art sind die geschlossenen Chloroplasten-Ringe (b), *Spirogyra* sp. (c), *Oedogonium* sp. (d) und *Gongrosira debaryana* (e) sind Grünalgen aus dem Unterlauf mit häufigen Massenentwicklungen in der zweiten Jahreshälfte, *Draparnaldia glomerata* (f) kommt nur im Oberlauf vor.

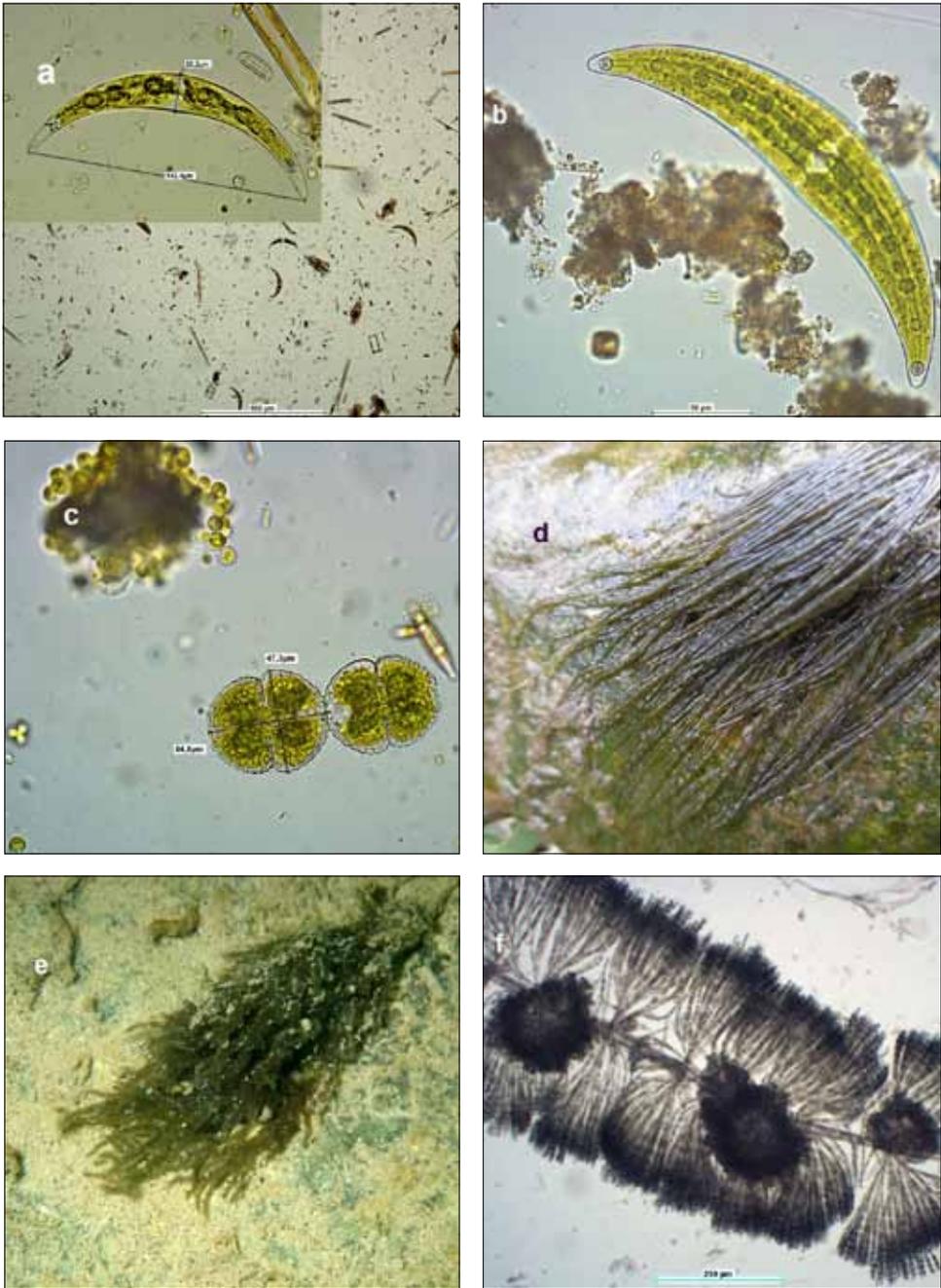


Abb. 6: Die einzelligen Desmidiaceen *Closterium leibleinii* (a) und *C. moniliferum* (b) sind häufig in der unteren Elz, ebenso *Cosmarium formosulum* (c). Im Frühjahr ist dort die strömungsresistente Rotalge *Paralemanea catenata* (d) aspektbildend, die seltenen Rotalgen *Sheathia boryana* (e) und *Batrachospermum helminthosum* (f) wurde nur im Oberlauf gefunden.

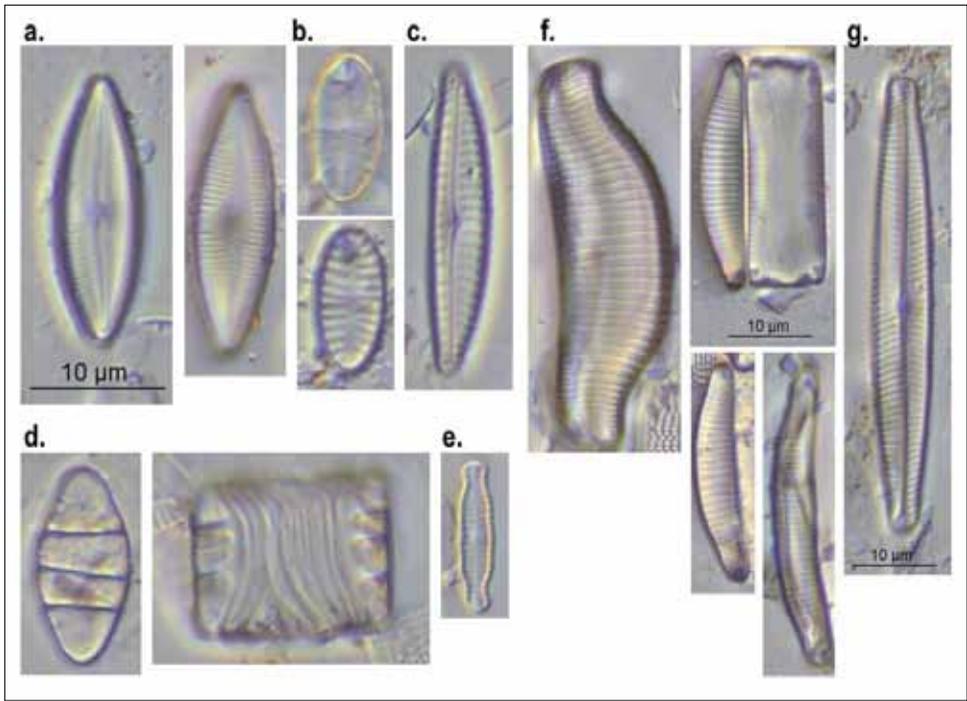


Abb. 7: Für oligotraphente, silikatische, leicht saure Gewässer charakteristische Diatomeen des Elz Oberlaufs: a) *Nupela lapidosa*, b) *Achnanthes oblongella*, c) *Encyonema perpusilla*, d) *Diatoma mesodon*, e) *Chamaepinnularia soehrensii*, f) *Eunotia* spp., g) *Navicula angusta*.

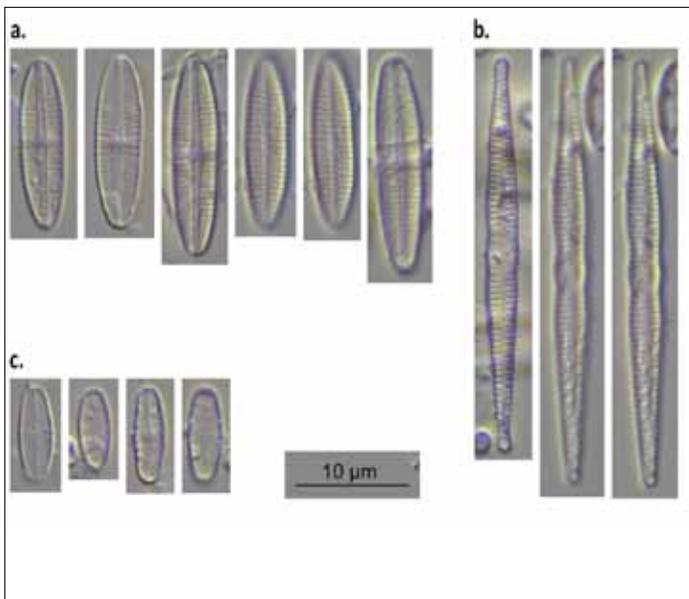


Abb. 8: Weit verbreitete Diatomeen im Elz-Unterauf oberhalb der Einleitung der Kläranlage „Untere Elz“: a) Die als invasiv geltende, im Vergleich mit der ähnlichen *Achnantheium subatomus* nährstofftolerantere *Achnantheium delmontii*, b) Die für silikatische Gewässer charakteristische *Fragilaria pararumpensis*, c) Die weit verbreitete, kleinschalige Pionierart *Achnantheium minutissimum*.

Alle Fotos stammen von den Verfassern.

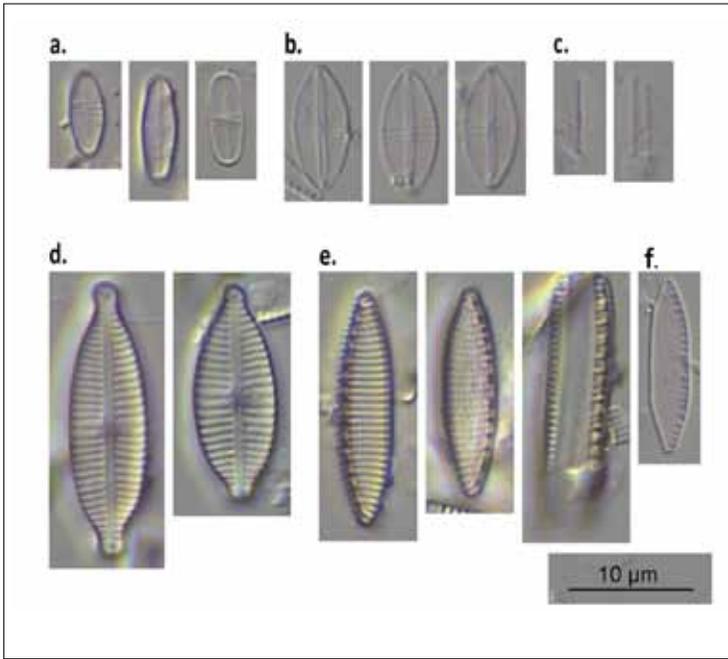


Abb. 9: Charakterische Diatomeen des Elz-Unterlaufs unterhalb der Kläranlage „Untere Elz“: a) Die weit verbreitete, kleinschalige Pionierart *Achnanthydium minutissimum*, und b) bis f) höhere Trophie und Saprobie bevorzugende Arten, an denen man den silikatischen Charakter des Gewässers nicht mehr erkennen kann: b) *Eolimna subminuscule*, c) *Fistulifera saprophila*, d) *Gomphonema parvulum* var. *parvulum* f. *saprophilum*, e) *Nitzschia amphibia*, f) *Nitzschia paleacea*.

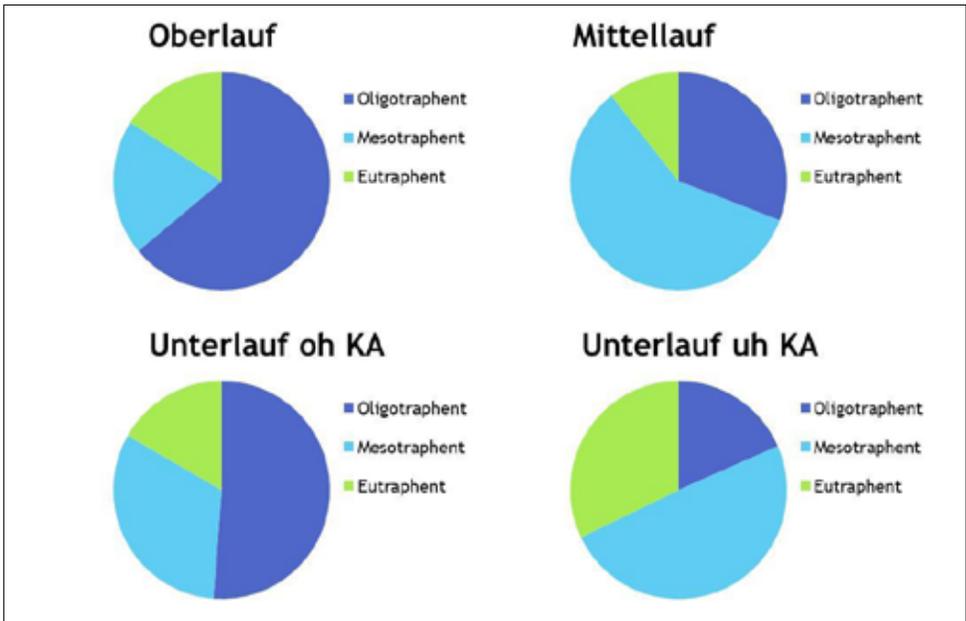


Abb. 10: Zusammensetzung der Diatomeen-Gesellschaften im Oberlauf (E1, E2), Mittellauf (E3) und Unterlauf der Elz (E5 – Unterlauf oh. Kläranlage; E6 – uh. Kläranlage). Oligotrophente Diatomeen dominieren im Oberlauf, ihr Anteil verringert sich bereits im Mittellauf und im Unterlauf ist der Anteil eutrophenter Taxa hoch. KA = Kläranlage „Untere Elz“.

chemische Qualitätskomponenten in der Elz weitgehend eingehalten. Gelegentliche Überschreitungen sind fast immer auf Zeiten geringer Abflüsse beschränkt und hängen mit den Einleitungen aus Kläranlagen zusammen. Bei Niedrigwasser-Abflüssen ist vor allem die Zuleitung von Abwasser durch die große Kläranlage „Untere Elz“ in Teningen-Köndringen mit einer Erhöhung der Nitrat- und Phosphat-Werte verbunden (RIEDMÜLLER et al. 2019). Die zuletzt für das Jahr 2004 angegebene Gewässergüteklasse lag nach dem 5-stufigen Schema der LAWA im Oberlauf bei 1 (unbelastet bis sehr gering belastet), in Elzach und Oberwinden bei 2 (gering belastet), in Buchholz und Teningen wiederum bei 1 und in Riegel bei 3 (verschmutzt) (UIS BW 2004).

Der mittlere jährliche Abfluss (MQ; Zeitraum 1981 - 2010) liegt im Windener Elztal bei Gutach nach dem Zufluss der wasserreicheren Wilden Gutach (MQ 4,4 m³/s) bei 8,7 m³/s. Die Abflussschwankungen sind mit Werten zwischen 0,81 m³/s und 289 m³/s sehr hoch. Bis zur Mündung in den Leopoldskanal gibt es keine weiteren Pegel; der MQ-Wert am Additionspegel Riegel, nach dem Zusammenfluss von Elz, Dreisam und Glotter, liegt bei 14,6 m³/s (LUBW 2016).

3. Methoden

3.1 Orte und Zeiten der Untersuchungen

Die Entwicklung des Phytobenthos (nur PoD) des Elz-Abschnittes zwischen Sexau-Lörch und Emmendingen wurde seit 2010 mit wechselnder Intensität und zu verschiedenen Jahreszeiten beobachtet und untersucht, ebenso eine Strecke nahe der Mündung in den Leopoldskanal bei Riegel. Hier, knapp unterhalb der Einmündung des Mühlbaches, der die Abwässer der Kläranlage „Untere Elz“ bei Teningen-Köndringen ableitet, befindet sich eine WRRL-Probestelle der LUBW (EL704) (Tab. 1). Deren Phytobenthos wurde von den Verfassern im Auftrag der LUBW zwischen 2010 und 2018 mehrmals beprobt und zwar stets in den Sommermonaten. Weitere, auf eigene Initiative beruhende Untersuchungen wurden in dieser Fließstrecke auch zu anderen Jahreszeiten durchgeführt und beinhalten neben dem PoD auch die Kieselalgen (Tab. 3). Berücksichtigt wird auch das Arteninventar aus Untersuchungen an mehreren Stellen zwischen Riegel und Emmendingen, die im Auftrag des RPF im Juni (PoD) bzw. im August (PoD und Kieselalgen) 2018 durchgeführt wurden (BECKER

Tabelle 1: Lage, Koordinaten (UTM 32N), Höhenlage und Untersuchungsjahre mehrfach aufgesuchter Probestellen an der Elz; in Klammern ist die Probestellenbezeichnung der LUBW angegeben.

Stelle	Lage	HW	RW	m NHN	Jahr
E1	oh Elzhof	437239	5331016	888	2017, 2019
E2	uh Dreherbach	437382	5334894	695	2017, 2018
E3	Niederwinden (EL301)	427783	5333142	259	2017, 2018
E4	Waldkirch-Buchholz (EL502)	420964	5326033	246	2017, 2019
E5	Riegel oh Mühlbach-Mdg.	408200	5333005	180	2018, 2019
E6	Riegel uh Mühlbach-Mdg. (EL704)	407782	5333238	177	2010 - 2019

et al. 2020, RIEDMÜLLER et al. 2019, SCHÜTZ & KING 2019). Eine dieser Stellen (E5) liegt nur wenig oberhalb der Einmündung des Mühlbaches nahe Riegel (Abb. 1, Tab. 1). Da das Phytobenthos zwischen Buchholz und Riegel bis zur Einmündung des Mühlbaches ein weitgehend einheitliches Bild bietet, können die Ausführungen zu den Algengruppen und den jahreszeitlichen Veränderungen des Aufwuchses für diesen ca. 15 km langen Abschnitt Gültigkeit beanspruchen.

Zwei weitere von insgesamt 6 Stellen des LUBW-Messnetzes an der Elz, deren Untersuchung für das PoD 2017 durch W. Schütz erfolgte, sind im Mittellauf lokalisiert (EL301, EL502). Nicht weiter behandelt wird das Phytobenthos von weiteren drei Stellen in der Alten Elz. Zusätzlich zu der umfassenden Untersuchung von zwei Stellen im Oberlauf (E1 und E2 in Abb. 1; Tab. 1) wurden von Frühjahr bis Frühsommer 2020 an verschiedenen Stellen zwischen der Quelle und Waldkirch zahlreiche PoD-Einzelproben genommen.

3.2 Probenahme und Durchführung

Die Probenahme an den oben genannten Probestellen und die Analyse der Proben erfolgten nach den Methoden der WRRL-Umsetzung, die in SCHAUMBURG et al. (2012) und GUTOWSKI & FOERSTER (2009) näher beschrieben sind. Hinzu kommen zahlreiche einzelne Beobachtungen und selektive Probenahmen des PoD, die der Erfassung des Artenbestandes und der jahreszeitlichen Variabilität dienten. Kieselalgen und das übrige Phytobenthos (PoD) wurden getrennt untersucht, da die Bestimmung der Kieselalgen eine spezielle Vorbehandlung der Proben erfordert.

3.3 PoD

Um die PoD-Besiedlung der Flusssohle zu erfassen, wurden die Probestrecken auf ca. 50 bis 100 m Länge durchwatet und nach makroskopisch sicht- und unterscheidbaren Belägen abgesucht. Darüber hinaus wurden kleinere Steine und Proben submerser Wassermoose entnommen. Abschließend wurde die Deckung der vorkommenden Beläge (in % der Sohlfläche) geschätzt. Die für die Bestimmung der Aufwuchsflora notwendige mikroskopische Untersuchung wurde an Frischmaterial innerhalb weniger Tage nach der Beprobung vorgenommen.

3.4 Kieselalgen

Die Probenahme der Kieselalgen erfolgte hauptsächlich durch die Besammlung von mittelgroßen bis großen, über den Gewässerquerschnitt verteilten und dauerhaft submersen Steinen, die unter normalen hydrologischen Bedingungen keiner Umlagerung unterworfen sind. Der Aufwuchs der Steinoberseite von ca. zehn Steinen pro Probe wurde mit einer Zahnbürste abgekratzt und in ein Probengefäß überführt. Die Fixierung der Proben erfolgte durch 70 %iges Ethanol. Zur mikroskopischen Auswertung der Proben wurden Dauerpräparate der Kieselalgeschalen angefertigt. Hierfür wurden die Proben zunächst durch eine Oxidation mit Wasserstoffperoxid und Salzsäure aufbereitet. Nach dem Absedimentieren der Kieselalgeschalen wurde die Probe mehrmals gewaschen und auf ca. 10 ml eingengt. Zur Herstellung von Dauerpräparaten wurden anschließend jeweils 300 µl der Schalen-Suspension auf ein Deckgläschen aufgetropft, an der Luft getrocknet und in Naphrax eingebettet. In jedem Streupräparat wurden mindestens 400 Kieselalgen-Objekte (exklusive planktischer Taxa) bei 1000-facher Vergrößerung (Zeiss-Axioscope A1 mit Differentiellem Interferenzkontrast - DIC) mindestens bis auf Artniveau bestimmt. Anschließend wurden

für die Datenanalyse die relativen Häufigkeiten der einzelnen Arten bestimmt.

Um zeitliche Unterschiede in der Zusammensetzung der Kieselalgen-Gesellschaften zu vergleichen, wurde für neun Proben der im Unterlauf der Elz vor Riegel gelegenen Fließstrecke eine Ähnlichkeitsanalyse mittels SIMI (ROHR 1977, STANDER 1970) durchgeführt. Die Berechnungen erfolgten nach folgender Formel in MS-Excel (rechts). Hierbei bedeuten: (1, 2) = zu vergleichende Gesellschaften; n = Gesamtartenzahl; N_{i1} , N_{i2} = relative Häufigkeit der i -ten Art in der Gesellschaft 1 bzw. 2. Die Werte können den verschiedenen Ähnlichkeitsgraden zugeordnet werden (Tab. 2).

$$SIMI_{(1,2)} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{i1} \cdot N_{i2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n N_{i1}^2 \cdot \sum_{i=1}^n N_{i2}^2}}$$

Tabelle 2: Zuordnung der Ähnlichkeitsgrade nach SIMI (ROHR 1977).

SIMI Werte	Ähnlichkeit
0.00 – 0.19	Keine Ähnlichkeit
0.20 – 0.49	Geringe Ähnlichkeit
0.50 – 0.69	Mittlere Ähnlichkeit
0.70 – 0.89	Gute Ähnlichkeit
0.90 – 0.99	Hohe Ähnlichkeit

Die Angaben zur Nomenklatur folgen soweit möglich der Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands (MAUCH et al. 2003, aktueller Stand 2017) und HOFMANN et al. (2011). Auf die Nennung der Autorennamen wird daher im Folgenden verzichtet. Eine Liste der gefundenen Taxa findet sich im Anhang. Die Kieselalgenpräparate befinden sich in der Sammlung von Lydia King.

4. Ergebnisse

4.1 Taxazahlen

Bisher wurden in der Elz 251 Taxa, darunter 159 Kieselalgen-, 42 Blaualgen-, 35 Grünalgen- und 6 Rotalgen-Taxa, gefunden. Da die Taxazahl der Algen eines Fließgewässers nicht so einfach zu bestimmen ist, wie die der makroskopisch sichtbaren Moose und Phanerogamen, liegen diese Angaben wahrscheinlich deutlich unter den tatsächlichen Taxazahlen. Für einen Vergleich der Taxazahlen mit anderen Untersuchungen sind außerdem Umfang und Dauer der Untersuchungen, Zeitpunkt der Probenahmen, berücksichtigte Algengruppen und Bestimmungstiefe von Bedeutung.

Nicht alle Taxa waren bis zur Art bestimmbar. Dies gilt insbesondere für Grünalgen, v. a. für die Ordnung der *Chaetophorales* und die ohne sexuelle Stadien nicht weiter bestimmbaren Gattungen *Oedogonium* und *Spirogyra*, sowie für einige Blaualgen. Nicht berücksichtigt bei der Angabe der Taxazahl sind die planktisch im Aufwuchs der Sohle lebenden Grünalgen v. a. der Gattungen *Scenedesmus*, *Desmodesmus* und *Pediastrum*. Ausgenommen hiervon sind lediglich Vertreter der Zieralgen (Fam. Desmidiaceae).

4.2 Blaualgen (Kl. Cyanobacteria)

Mit bisher 42 Taxa sind Blaualgen (Cyanobakterien) die nach den Kieselalgen artenreichste Algen-Gruppe in der Elz. Ihre Vorherrschaft in stofflich unbelasteten Gebirgsbächen, zu denen der Oberlauf der Elz zu rechnen ist, lässt sich nach PFISTER (1992) durch die große Anzahl von Spezialisten erklären, die an Extrembedingungen (niedrige Temperaturen, geringer Ionengehalt, Nährstoffarmut, hohe Fließgeschwindigkeiten) angepasst sind.

Ihre im Oberlauf dominierende, im Unterlauf den Grünalgen untergeordnete Rolle bedeutet nicht, dass Blaualgen im Unterlauf selten sind. Eine der häufigen Blaualgen in der mittleren und unteren Elz wurde erst vor wenigen Jahren erkannt und unter dem Namen *Phormidium ingrediens* neu beschrieben (BACKHAUS 2010). Als kalkbohrende Art erscheint sie in einem silikatischen Schwarzwaldfluss auf den ersten Blick fehl am Platz, aber bei genauer Inspektion finden sich auf der Sohle fast stets einige Kalksteine, die aus in das Grundgebirgsgestein eingelagerten Kalkadern stammen. Diese fädige Blaualge bildet in der obersten Kalkschicht dichte, flächige Kolonien, die eine blassblaue bis türkisfarbene, nicht abwischbare Färbung aufweisen (Abb. 4a, b). Die morphologisch fast identische, jedoch nicht kalkbohrende *Phormidium corium* wurde häufig auf den großen, bei Niedrigwasser trocken fallenden Quadern der Sohlschwellen gefunden (Abb. 3f). Sie bildet häutige oder samtige Lager von meist schwarzgrüner bis brauner Farbe. Oft wird sie begleitet von weiteren *Phormidium*-Arten, die aber auch eigene, ähnlich aussehende Lager bilden können. Es handelt sich meist um Taxa mit angedeuteter bis ausgeprägter Köpfchenbildung, die der Artengruppe um *Phormidium autumnale* zuzurechnen sind (KANN & KOMÁREK 1970) und im gesamten Verlauf der Elz gefunden wurden (Abb. 3e). Wesentlich seltener tritt im Unterlauf mit *Oscillatoria limosa* ein Vertreter der morphologisch ähnlichen Gattung *Oscillatoria* auf, die häufig in eutrophen Gewässern als Bildner von sogenannten „Krötenhäuten“ auffällig wird. Die meisten *Oscillatoria*-Arten haben sehr kurze Zellen und sind, im Gegensatz zu *Phormidium*, fast immer scheidenlos. In der unteren Elz wurden diese Krötenhäute nur einmal oberhalb Riegel (Probestelle E6) nach der Umgestaltung der Elz beobachtet und zwar im Frühsommer 2017. Eine morphologisch nicht unterscheidbare, aber gelegentlich mit dünnen, festen Scheiden ausgestattete Form ist im quellnahen Oberlauf häufig anzutreffen. Hier bildet sie in der nur mäßig schnell fließenden Elz mit Detritus und abgelagerten Feinsedimenten vermischte Lager auf Steinen aus. Bereits BUDDÉ (1928) beschreibt eine ähnliche Massenvermehrung von *Oscillatoria limosa* aus sauerländischen Gebirgsbächen. Möglicherweise handelt es sich bei diesen mit Scheiden ausgestatteten Formen, die sowohl von KANN (1978) als auch von FOERSTER (2006) als typisches Taxon silikatischer Fließgewässer angegeben werden, um einen Ökotyp von *O. limosa*. KANN (1978) fand *O. limosa* in gering- oder unbelasteten Fließgewässern in Tirol, was auf einen Formenkreis mit unterschiedlichen ökologischen Ansprüchen schließen lässt.

Häufig und meist als Begleiter im Aufwuchs zu finden sind die filigranen, fast transparenten und nur 2 – 3,5 µm breiten Fäden von Arten der Gattung *Homoeothrix*. Sie sind in der Elz durch die kurzellige *H. varians* und die durch etwas schmalere Fäden, dafür mit längeren Zellen ausgezeichnete, sonst aber sehr ähnliche Art *H. janthina* vertreten und häufig nicht sicher unterscheidbar (BACKHAUS 1968b). *H. janthina*, eine Charakterart silikatischer Gewässer (GUTOWSKI & FOERSTER 2009), ist vor allem im Oberlauf verbreitet, während *H. varians* bisher nur im Unterlauf sicher nachgewiesen wurde.

Besonders auffällig ist eine bundesweit seltene, in Fließgewässern des Schwarzwaldes aber häufige Blaualge mit knorpelig-festem, unregelmäßig gelapptem olivgrünem Thallus, der mehrere Zentimeter Durchmesser erreichen kann. Mikroskopisch bestehen die Lager von *Nostoc parmelioides* aus einer festen Gallerte, in der sich zahlreiche kurze, gewundene Trichome befinden, die neben den normalen fassförmigen Zellen auch fast rundliche, der Fixierung von molekularem Stickstoff dienende Heterocysten enthalten (Abb. 4c, d). *N. par-*

melioides ist an schnell überströmten Stellen, v. a. an den Sohlschwellen und auf Blöcken zu finden und gilt als typische Art silikatischer Bergbäche. In der Elz wurde sie bisher nur im Mittel- und Unterlauf angetroffen, hier aber an fast allen Probenahmestellen.

Die bisher erwähnten Blaualgen gelten überwiegend als trophisch indifferente Taxa oder als Indikatoren geringer stofflicher Belastungen. Bei Niedrigwasser und hohen Wassertemperaturen können in der Elz auch Taxa auftreten, die auf eine beträchtliche saprobielle bzw. trophische Belastung schließen lassen (GUTOWSKI & FOERSTER 2009, PFISTER et al. 2016). Es handelt sich um nicht immer sicher bestimmbare schmalfädige Blaualgen (*Phormidium breve*, *Leptolyngbya foveolarum*, *Geitlerinema* spp.), die sich nach einer langen Niedrigwasser-Phase im Spätsommer 2018 in der hier temporär einen hohen Anteil geklärten Abwassers führenden Elz unterhalb der Mühlbach-Mündung bei Riegel ausbreiteten.

Alle bisher erwähnten Blaualgen haben eine fädige (trichale) Struktur, ein nicht zu vernachlässigender Teil der Taxa ist jedoch coccal oder capsal organisiert und bildet flächige oder gallertige Lager auf Hartsubstraten und Wasserpflanzen. Mit mehreren Arten in der Elz vertreten ist die durch die Abschnürung von kleineren Tochterzellen (Exocyten) von der Mutterzelle ausgezeichnete Gattung *Chamaesiphon*. Hier fallen besonders die unterschiedlichen Verbreitungsschwerpunkte auf. Im Oberlauf sind *C. fuscus* und die seltenere *C. starmachii* bestimmende Komponenten des PoD (Abb. 3b, c). Sie bilden meist kleine, braune bis rotbraune Kolonien auf Steinen, die an Farbspritzer erinnern (Abb. 3a). Obwohl zumindest *C. fuscus* auch schon im Unterlauf gefunden wurde, markieren die beiden Arten neben einer Reihe von Kieselalgen den Übergang vom Bergbach zum Mittelgebirgs-Fluss. Beide Arten gelten als typische Vertreter sauberer, silikatischer Fließgewässer (GUTOWSKI et al. 2015), ihre Dominanz im Oberlauf weist auf oligotrophe bzw. oligosaprobe Bedingungen hin. Zwischen Waldkirch-Buchholz und Riegel ist dagegen die Art *C. polymorphus* häufig, die im Gegensatz zu *C. fuscus* und *C. starmachii* v. a. unter eutrophen Bedingungen anzutreffen ist (GUTOWSKI et al. 2015, PFISTER et al. 2016).

C. polonicus ist eine Art der Wasserwechselzone, deren rotbraune Krusten auf den großen, regelmäßig trockenfallenden Granitquadern der Sohlschwellen und lagestabilen Blöcken eine auffällige Färbung verursacht (Abb. 3d). Mit *C. incrustans* sei abschließend eine weitere Art dieser Gattung erwähnt, die fast ausschließlich epiphytisch vorkommt und zusammen mit weiteren Blaualgen einen wesentlichen Anteil des Aufwuchses auf Wassermoosen und auf den Thalli der borstigen Rotalgen *Lemanea* und *Paralemanea* stellt.

Ein regelmäßiger Besiedler, besonders von Moosstängeln in starker Strömung, ist *Hydrococcus rivularis*, deren halbkugelige Lager oft in großer Zahl auf den häufig bereits entblätterten Stängeln wachsen. Nicht nur epiphytisch, sondern auch epilithisch kommt die verwandte, aber mit kleineren Zellen ausgestattete Art *H. cesatii* vor. Eine weitere epiphytische Art ist die fädige *Heteroleibleinia kützingii*, die nicht selten die älteren Fäden der Grünalge *Cladophora* besiedelt. Bevorzugt an der Basis der zähen Borsten von *Lemanea* und *Paralemanea* wächst mit der fädigen *Schizothrix tinctoria* eine weitere, bisher allerdings selten gefundene Blaualge (Abb. 4f). Epilithisch kommt die in Fließgewässern weit verbreitete, nährstofftolerante *Pleurocapsa minor* vor, die kurze Pseudofilamente aus asymmetrischen Zellen ausbildet (Abb. 4e). Diese Art ist in der Elz meist ein untergeordneter Bestandteil von Mischbeständen und über den gesamten Lauf verbreitet.

Weiterhin gab es mehrere Einzelfunde von Blaualgen, die nur mikroskopisch, mit geringen Individuenzahlen auftraten und oft nicht sicher zu bestimmen waren. Sie sind in der Artenliste im Anhang meist den Ordnungen der Chroococcales und Oscillatoriales oder einer Gattung zugeordnet.

4.3 Grünalgen

Vom Mittellauf bis zur Mündung bestimmen zumindest während der Phasen niedriger Wasserstände Grünalgen (Chlorophyta, Streptophyta) das Bild des Aufwuchses in der Elz. Sie bilden mit bisher 35 gefundenen Taxa nach den Kieselalgen und Blaualgen die nächst artenreiche Algengruppe. Die Vorherrschaft der Grünalgen beginnt im Winter/Frühjahr mit den dichten, strähnigen Watten von *Ulothrix zonata* und der ähnlichen, aber schmäleren *U. tenuissima*, welche die Steine der Sohle oft dicht überziehen (Abb. 5a). *U. zonata* (Abb. 5b) ist zwar im unteren Oberlauf nachweisbar, makroskopisch gut sichtbare Bestände wurden bei einer den gesamten Flusslauf umfassenden Suche im April 2020 erst unterhalb der Kläranlage Winden gefunden. Die Gründe für das Fehlen größerer Bestände dieser Kaltwasser-Alge im Oberlauf sind nicht klar, denn ein höheres Nährstoffangebot als möglicher Auslöser einer Massenentwicklung ist bereits durch die weiter oberhalb gelegene Kläranlage Elzach gegeben (RIEDMÜLLER et al. 2019).

Fädige Grünalgen sind auch im weiteren Verlauf des Jahres häufig die dominanten Bestandsbildner und können nach längeren Niedrigwasser-Phasen den steinigen Grund der unteren Elz komplett überziehen. Dass es sich dabei um Grünalgen handelt, ist oft nicht auf den ersten Blick klar, da Detritus, feinkörnige Sedimentteilchen und v. a. epiphytisch aufwachsende Kieselalgen für eine grau- bis rotbraune Farbe sorgen. Regelmäßig und bevorzugt in den Spätsommer- und Herbstmonaten treten *Cladophora glomerata*, die morphologisch ähnliche, aber nicht verwandte Art *Rhizoclonium hieroglyphicum* und Vertreter der feinfädigen Gattung *Stigeoclonium* auf. Dominanzbestände, wie dies weltweit in vielen anderen Fließgewässern zu beobachten ist, so auch in der oberen Donau, bildet *C. glomerata* in der Elz jedoch selten aus. Sie ist aber häufig als kodominanter Bestandteil gemischter Fadenalgen-Bestände anzutreffen. Eudominante Massenentwicklungen von *Rhizoclonium*, *Spirogyra* und *Oedogonium* wurden seltener beobachtet, können im Herbst aber sehr ausgeprägt sein.

Spirogyra (Abb. 5c) und *Oedogonium* (Abb. 5d) sind in der Elz mit jeweils mehreren Arten vertreten, was aus unterschiedlichen Faden-Breiten und bei *Spirogyra* auch aus der Zahl der bandförmigen Chloroplasten ableitbar ist. Die genaue taxonomische Zuordnung ist bei den beiden Gattungen aber nur möglich, wenn sexuelle Reproduktionsorgane ausgebildet werden, was nur äußerst selten vorkommt. Bei *Spirogyra* wurde dies von uns in der Elz nie, bei *Oedogonium* nur zweimal beobachtet. Es handelte sich hierbei um die beiden in Mitteleuropa vermutlich weit verbreiteten Arten *O. capillare* und *O. cf. pringsheimii*. Die Zell-Abmessungen steriler Fäden deuten darauf hin, dass die Massenbestände wahrscheinlich überwiegend von *Oedogonium capillare* gebildet werden.

Problematisch ist die Bestimmung der Artzugehörigkeit auch bei der morphologisch sehr variablen Gattung *Stigeoclonium*, die anhand der Beschaffenheit der Sohlstadien (es handelt sich hierbei um das prostrate, auf der Unterlage kriechende Fadensystem im Gegensatz

zum erekten, aufrechten Fadensystem) erfolgt (BACKHAUS 1968b). Da diese bei Kratzproben in der Regel zerstört werden, ist eine Verallgemeinerung einiger weniger als *S. tenue* und *S. helveticum* bestimmter Individuen auf den *Stigeoclonium*-Gesamtbestand nicht mit Sicherheit möglich.

Ein großer Teil des krustigen Bewuchses auf Steinen und Blöcken wird von zwei Arten der Gattung *Gongrosira* gebildet. Es handelt sich um die großzellige *Gongrosira debaryana* (Abb. 5e) und die durch auffällig parallel gelagerte Zellfäden ausgezeichnete *G. fluminensis*. Beide Arten können in Rein- und in Mischbeständen auftreten, Massenentwicklungen sind nicht selten. Gut zu erkennen sind besonders die warzigen, makroskopisch sichtbaren Lager von *Gongrosira debaryana*. Wie auch bei *Stigeoclonium* bestehen die Thalli von *Gongrosira* aus einer kriechenden Sohle und aufrecht wachsenden Zellfäden, die als Wasserstämme bezeichnet werden, da sie kurz und kompakt sind. Eine weitere koloniebildende Grünalge ist *Sphaerobotrys fluvialis*, die von anderen chaetophoralen Grünalgen oft nur dann zu unterscheiden ist, wenn im Zellverband nach Autosporen-Freisetzung meist mittig stehende, leere Mutterzellen-Hüllen zurückbleiben. Nicht immer sind die oft ausgedehnten weichen grünen Beläge, bei denen es sich häufig um Sohlstadien fädiger Taxa (z.B. *Stigeoclonium*) handelt, sicher einer Gattung oder einer Art zuzuordnen. Sie werden daher unter der Bezeichnung Chaetophorales zusammengefasst. Unter diese Bezeichnung fallen auch nicht wenige Arten, die nur mit Kulturversuchen oder speziellen Sammelmethode sicher nachweisbar sind. Dazu gehören v. a. die in Fließgewässern oft häufigen *Protoderma* spp., deren Struktur bei der Entnahme von Kratzproben zerstört wird, sowie die gallertigen *Palmella*-Stadien, die von mehreren Grünalgen-Taxa gebildet werden können. Die von BACKHAUS (1968a, b) für Brigach und Breg nachgewiesenen und dort sogar häufigen *Protoderma*-Arten kommen sicher auch in der Elz vor.

Um der Strömung zu widerstehen, sind fast alle der bisher genannten Taxa durch Rhizoidzellen, Gallertfüßchen oder andere anatomische Einrichtungen zur Befestigung an eine Unterlage ausgestattet. Es kommen aber auch mehrere frei schwimmende, einzellige Grünalgen vor, die auf strömungsarme Habitate angewiesen sind, um nicht verdriftet zu werden. Ein bevorzugter Siedlungsraum dieser Algen sind daher die dichten Aufwuchsschichten auf Steinen, aber auch submerse Moospolster. An dieser schmalen, nur wenige Millimeter mächtigen Grenzschicht zwischen steiniger Sohle und turbulentem Freiwasser trägt die Strömung nur noch einen Bruchteil der Freiwasserströmung (DAVIS & BARMUTA 1989). Bei den Besiedlern der Grenzschicht handelt es sich oft um einzellige Zieralgen (Fam. Desmidiaceae), die allerdings selten in größeren Mengen auftreten. Zieralgen sind in humosen Gräben und Stehgewässern des Schwarzwaldes in großer Formenvielfalt vorhanden, in Fließgewässern ist ihre Arten- und Individuenzahl jedoch gering (KUSBER & GUTOWSKI 2018, RABANUS 1916, SCHMIDLE 1893). Ziemlich regelmäßig sind einige *Closterium*-Arten anzutreffen, seltener auch einige wenige Vertreter der artenreichen Gattung *Cosmarium*. In der Elz beschränkt sich die bisher gefundene Zahl der Zieralgen auf 7 *Closterium*- und 4 *Cosmarium*-Arten, von denen *Closterium acerosum*, *C. leibleinii* (Abb. 6a) und *C. moniliferum* (Abb. 6b), sowie *Cosmarium formosulum* (Abb. 6c) mehr oder weniger regelmäßig in den Proben gefunden wurden. Nur im Oberlauf kommen die oligotraphenten Arten *Closterium rostratum* und *C. tumidum* vor, die als einzige der in der Elz bisher nachgewiesenen *Closterium*-Arten in der Roten Liste Deutschlands (KUSBER & GUTOWSKI 2018) als gefährdet

eingestuft werden. Neben den Zieralgen können sich im Sommer bei hohen Wassertemperaturen, Niedrigwasser und in der Folge nachlassender Strömung aber auch weitere planktonische Grünalgen entwickeln, oft sogar in erheblichen Mengen. Mit mehreren Arten und zahlreichen Individuen vertreten sind dann v. a. die Gattungen *Scenedesmus* und *Desmodesmus*; regelmäßig, aber in geringeren Mengen *Pediastrum* und *Ankistrodesmus*.

Nicht unerwähnt bleiben sollen zwei weitere Arten mit besonderer Wuchsform. Schlauchförmige bis sackartig gelappte Thalli bildet im Frühsommer auf größeren Steinen und Blöcken *Tetraspora gelatinosa*. Diese hellgrünen Zellkolonien bestehen aus viel Gallerte mit darin oft in Vierergruppen eingelagerten, meist begeißelten Zellen und können bis zu mehreren Zentimetern groß werden. Obwohl die Art in den meisten Jahren wenig auffällig war und eher vereinzelt auftrat, war gelegentlich eine fast massenhaften Entwicklung zu beobachten. In weiche Gallerte gehüllt sind auch die in Hauptfäden und büschelig verzweigte Äste gegliederten Thalli von *Draparnaldia glomerata*. Im Gegensatz zu fast allen anderen Grünalgen kommt die kalte Gewässer bevorzugende Art nur im obersten Abschnitt der Elz vor (Abb. 5f).

Der außerordentlich trockene Sommer 2018 führte zum vermutlich vorübergehenden Auftreten einer bisher in der Elz unbekanntem Art im Unterlauf bei Riegel. Es handelt sich um das Wassernetz (*Hydrodictyon reticulatum*), einer frei flottierenden, netzartig aufgebauten Grünalge, der Organe zur Anheftung an den Untergrund fehlen. Hohe Wassertemperaturen und die Ausdehnung lentischer Bereiche im Unterlauf nach der Umgestaltung 2017 begünstigten offenbar die Ansiedlung und ein starkes Wachstum dieser sonst in stehenden Gewässern anzutreffenden Art. Nach einer extrem langen Niedrigwasserphase wurde das Wassernetz 2020 sogar in der Elz oberhalb von Emmendingen gefunden.

4.4 Rotalgen

Die Gruppe der Rotalgen (Abt. Rhodophyta) ist in der Elz mit sechs Arten sowie den *Chantransia*-Jugendstadien vertreten. Besonders auffallend sind die borstigen, bis 20 cm langen Thalli der nah miteinander verwandten, äußerlich fast gleich aussehenden Gattungen *Lemanea* und *Paralemanea*, die in Baden-Württemberg durch die Arten *L. fluviatilis* und *P. catenata* vertreten sind (SCHÜTZ 2017). Beide Arten, besonders aber *P. catenata* können an schnell strömenden Stellen ansehnliche Bestände bilden (WEHRLE 1942) (Abb. 6d). Ihr Entwicklungsmaximum liegt in der ersten Jahreshälfte, im Herbst verschwinden sie ganz oder es sind nur noch die Basen ihrer Thalli übriggeblieben. Beide Arten unterscheiden sich deutlich in ihrem Verbreitungsbild. *L. fluviatilis* ist eine Art der höheren Schwarzwaldlagen, während *P. catenata* die Mittel- und Unterläufe der Schwarzwaldflüsse besiedelt (SCHÜTZ 2017). Dies ist auch in der Elz der Fall; eine breite Überlappungszone der Vorkommen existiert aber im mittleren Elztal zwischen Elzach und Emmendingen.

Eine weitere Rotalge, *Hildenbrandia rivularis*, hat ihre Hauptverbreitung in der Alten Elz. Die an ihren roten Krusten leicht erkennbare Art ist dort sogar sehr häufig. Einzelfunde bei Riegel, Emmendingen und Waldkirch legen eine obere Verbreitungsgrenze dieser in den höheren Lagen des Schwarzwaldes fehlenden Art nahe (SCHÜTZ 2017, 2019b).

Makroskopisch selten auffällig sind die *Chantransia*-Stadien, sowie die ähnlichen, aber durch eine stärkere Verzweigung und die Bildung von ungeschlechtlichen Monosporen

ausgezeichneten *Audouinella*-Arten. Bei den *Chantransia*-Stadien handelt es sich um fädige, wenig verzweigte, diploide Zellfäden, aus denen unter Reduktionsteilung die haploiden, eigentlichen Rotalgenpflanzen entstehen. Die rötliche *Audouinella hermannii* wächst gerne auf den borstigen Thalli der Rotalgen *Lemanea* und *Paralemanea*, die meist bläulich erscheinende *A. chalybaea* häufiger auf Steinen. Weder die in vielen Fließgewässern häufigen *Chantransia*-Stadien noch die ebenfalls weit verbreiteten *Audouinella*-Arten sind im Unter- und Mittellauf der Elz häufig, aber im Oberlauf oberhalb der Elzfälle wurde im Herbst 2020 eine Massenentwicklung von *Audouinella hermannii* beobachtet.

Vertreter der in Fließgewässern des hohen Schwarzwaldes recht weit verbreiteten Froschlaichalgen der Gattungen *Batrachospermum* und *Sheathia* wurden bisher nur an wenigen Stellen im Oberlauf der Elz gefunden. Umso bemerkenswerter ist der bisher in Baden-Württemberg aktuell einzige Fund des bundesweit seltenen *Batrachospermum helminthosum* bei Oberprechtal (Abb. 6f), das für Baden-Württemberg als „stark gefährdet“ eingestuft ist (SCHÜTZ 2019a). Die Alge wuchs im Sommer 2016 in einer durch ein Ufergehölz beschatteten Stelle im Oberlauf bei Oberprechtal. Eine weitere Art, *Sheathia boryana*, wurde erst 2020 in einem quellenahen, durch feuchte Viehweiden fließenden Abschnitt beim Vogte-Hof entdeckt (Abb. 6e).

4.5 Kieselalgen (Bacillariophyta)

Mit bisher 159 identifizierten Taxa ist, wie in fast allen Fließgewässern, die Zahl der Kieselalgen in der Elz weit größer als die Zahl der Taxa aller anderen Aufwuchs-Algen. In den einzelnen Proben wurden zwischen 21 und 54 Taxa gefunden, wobei die artenreichste Probe aus dem Oberlauf der Elz stammte. Durchschnittlich kamen 35 Taxa pro Probe vor. Die im Folgenden beschriebenen vier Taxa stellten fast die Hälfte aller ausgezählten Schalen. In allen Proben und mit Abundanzen zwischen 4 und 70 % kam die kleinschalige, schnell wachsende Pionierart *Achnanthydium minutissimum* var. *minutissimum* vor, eine der häufigsten und am weitesten verbreiteten Kieselalgen-Arten in Mitteleuropa und typisch für frühe Sukzessionsstadien, die v. a. im Mittellauf (Abb. 8c) und im Unterlauf (Abb. 9a) zahlreich auftrat. Auch wenn *Achnanthydium delmontii* (Abb. 8a) nur im Unterlauf vorkam, war die als invasiv geltende Art mit Abundanzen bis knapp 60 % dort so häufig, dass sie insgesamt die zweithäufigste Art dieser Untersuchung war. Die für silikatische Fließgewässer charakteristische, kleinschalige *Nitzschia soratensis* (TROBAJO et al. 2013; in HOFMANN 2011 und MAUCH 2017 noch unter *Nitzschia abbreviata* geführt), kam an fast allen Gewässerabschnitten und mit einer Abundanz von bis zu 40 % vor. Weiterhin trat in mehreren Proben mit bis zu 30 % Abundanz *Fragilaria pararumpens*, eine für silikatische Fließgewässer charakteristische Art, auf (Abb. 8b).

Die Kieselalgen-Gesellschaften der Elz wurden in den letzten Jahren stark infiltriert von Arten, die in unserer Region wahrscheinlich als Neophyten einzustufen sind und sich in jüngster Zeit auch in weiteren Fließgewässern im Rheintal und darüber hinaus ausgebreitet haben (HÜRLIMANN & STRAUB 2020).

Dabei handelt es sich um die vereinzelt auftretende *Achnanthydium rivulare*, die aus Nordamerika bekannt ist (POTAPOVA & PONANDER 2004), vermehrt um *Achnanthydium subhudsonis*, eine in den Tropen weit verbreitete Art, die nach HOFMANN (2011) früher in Mitteleuropa unbekannt war, jedoch in den letzten Jahren v. a. in eutrophen Gewässern Süddeutschlands nachgewiesen wurde, und massenhaft um *Achnanthydium delmontii*, die 2007 erstmals

im Rhein gefunden wurde und vermutlich ebenfalls aus Nordamerika stammt (PÉRÈS et al. 2012). *A. delmontii*, eine der häufigsten Kieselalgen im Unterlauf zwischen Emmendingen und Riegel, wurde ursprünglich als „nährstoffreiche karbonatische Gewässer bevorzugend“ eingestuft (PÉRÈS et al. 2012), wurde aber mittlerweile in zahlreichen Gewässern ziemlich unabhängig von Trophie und Leitfähigkeit nachgewiesen. Zumindest bisher fehlt sie, ebenso wie *A. subhudsonis*, im stark silikatisch geprägten Oberlauf. Wohl aber kommt *Achnanthis rivulare*, die wie die sehr ähnliche einheimische *Achnanthis subatomus* silikatische, nährstoffarme Gewässer bevorzugt, im Oberlauf vor.

Die Kieselalgen-Gesellschaft im Oberlauf ist geprägt von oligotraphenten Arten, die für silikatische, leicht saure Gewässer charakteristisch sind (Abb. 7). Hierzu gehören *Achnanthes oblongella*, mehrere *Psammothidium*-, *Eunotia*- und *Pinnularia*-Arten, *Navicula angusta* und *Nupela lapidosa*. Darüber hinaus waren auch weit verbreitete Taxa nicht selten, wie z. B. *Achnanthis minutissimum*, *Fragilaria vaucheriae* und *Diatoma mesodon*. Die Kieselalgen-Flora der beiden im Oberlauf untersuchten Stellen (E1, E2) war ähnlich, gewisse Unterschiede könnten auf unterschiedliche Probenahme-Zeitpunkte zurückzuführen sein.

Weiter flussabwärts, in der Elz bei Buchholz (E4 in Abb. 1) fehlten die nährstoffsensiblen Arten weitestgehend (Abb. 8). Die Kieselalgen-Gesellschaft war hier geprägt von bei mittlerer und höherer Trophie häufigen Arten wie z.B. *Achnanthis minutissimum*, mehreren *Navicula*- (z. B. *N. gregaria*) und *Nitzschia*-Arten, sowie der weit verbreiteten, langsam fließende Gewässer bei mittlerem Elektrolytgehalt und mittlere bis höhere Trophie bevorzugenden *Melosira varians* (HOFMANN et al. 2011).

In der Elz bei Riegel war noch oberhalb des Kläranlagen-Zuflusses (E5 in Abb. 1) neben *Achnanthis minutissimum* auch *A. delmontii* häufig vertreten. Daneben trat die für silikatische Gewässer charakteristische *Fragilaria pararumpens* zeitweise zahlreich auf. Weitere Arten der Kieselalgen-Gesellschaften bei Riegel waren zumeist bei mittlerer und höherer Trophie weit verbreitete *Navicula*- und *Nitzschia*-Arten. Unterhalb des Kläranlagenzuflusses (E6 in Abb. 1) war der silikatische Charakter der Kieselalgen-Gesellschaft nicht mehr zu erkennen. Mit Taxa wie *Eolimna subminuscula*, *Fistulifera saprophila*, *Gomphonema parvulum* var. *parvulum* f. *saprophilum* und etlichen, mit großen Individuenzahlen vorkommenden *Nitzschia*-Arten (z. B. *Nitzschia amphibia*, *N. paleacea*) fanden wir eine Kieselalgen-Gesellschaft vor (Abb. 9), die auf eine starke Nährstoffbelastung hinweist.

Insgesamt zeigt sich bei allen durch jahreszeitliche Sukzession bedingten Schwankungen in der Zusammensetzung und Abundanz der Kieselalgen-Gesellschaften ein Anstieg der Trophie im Längsverlauf der Elz. Während der Anteil oligotraphenter Arten in den Proben des Oberlaufs am höchsten war, dominierten im Mittellauf die mesotrophen Taxa. Im Unterlauf, insbesondere unterhalb der Kläranlage „Untere Elz“, war der Anteil eutraphenter Kieselalgen am höchsten (Abb. 10).

4.6 Weitere Algenklassen

Bis auf die Goldalgen (Chrysophyceae), die in der Elz mit *Phaeodermatium rivulare* und *Hydrurus foetidus* vertreten sind, spielen Vertreter anderer Algengruppen nur eine geringe Rolle. In den Wintermonaten ist gelegentlich *Phaeodermatium* in der Fließstrecke zwischen Sexau und Riegel zu finden, zuletzt Anfang März 2021. Der in vielen Schwarzwaldflüssen

durch seine braunen Zotten auffällige *Hydrurus* konnte in der unteren Elz nur selten und in geringen Mengen nachgewiesen werden, im Oberlauf steht ein Nachweis bisher noch aus.

Gelbgrün-Algen (Xanthophyceae) sind nach bisherigen Beobachtungen in der Elz nur schwach vertreten. Die in unseren Fließgewässern weit verbreiteten Schlauchalgen (*Vaucheria* sp.) wurden nur vereinzelt und meist in geringer Menge gefunden, oft im unteren Teil des Oberlaufs bei Elzach. Auch die mit drei Arten vertretene Gattung *Tribonema* wurde bisher nur selten nachgewiesen. Wie die beiden Goldalgen sind auch viele Vertreter der Gattung *Tribonema* typische Kaltwasser-Arten und in höheren Lagen des Schwarzwaldes nicht selten (RABANUS 1916, BACKHAUS 1968b).

5. Diskussion

5.1 Vergleich der Taxazahlen mit ähnlichen Untersuchungen

In ähnlich lang und intensiv untersuchten Flüssen in Nord-England sind die Taxa-Zahlen etwas niedriger als in der Elz. KELLY (2018, 2019) fand im Fluss Ehen 107 Taxa, darunter 5 Blaualgen (Cyanobacteria), 32 Grünalgen, eine Rotalge und 69 Kieselalgen, in einem Abschnitt des Flusses Wear über eine Periode von ca. 10 Jahren 153 Taxa, darunter 131 Kieselalgen und 22 Algen anderer Gruppen. Er geht allerdings von einer größeren Taxazahl aus, die er v. a. unter den Grünalgen vermutet. Höher sind, außer für die nur sehr unvollständig aufgeführten Kieselalgen, mit 200 bzw. 180 Taxa die Angaben von BACKHAUS (1968a, b) für die der Elz benachbarten Fließgewässer Brigach und Breg. Dies liegt allerdings zu einem erheblichen Teil an der intensiveren Bearbeitung und größeren Bestimmungstiefe, an der Einbeziehung flussnaher Sonderbiotope (Kleingewässer, Quellen) und planktischer Arten sowie an der Aufzählung vieler, nicht näher bestimmbarer fädiger Formen. Auf einzelne gut vergleichbare Gruppen bezogen, liegen die Angaben für die Breg mit 32 Blaualgen und 5 Rotalgen nicht weit von unseren Zahlen entfernt. Die von WEHRLE (1942) untersuchte Gauchach, einem Nebenfluss der Wutach, wies mit 7 Rotalgen und 10 Cyanobakterien für die Blaualgen etwas niedrigere Werte auf, für den relativ kurzen Abschnitt der Gutach zwischen Titisee und Neustadt nennt er 114 Arten, davon zwei Drittel Kieselalgen. Wesentlich höher lag die Taxazahl des von BACKHAUS (2006) an 10 Stellen untersuchten PoD in Hoch- und Oberrhein, u. a. mit 109 Blaualgen und 40 Grünalgen. Bei der Einschätzung der Taxazahlen ist hier ebenfalls eine sehr intensive Bearbeitung sowie die wesentlich größere Dimension des Rheins und das Hinzutreten kalkliebender Taxa im karbonatisch geprägten Rhein zu berücksichtigen.

Als sicher gelten darf jedoch, dass in der Elz bei weiteren Probenahmen mit einer Erweiterung der Taxalisten zu rechnen ist. Dies gilt besonders für den bisher noch wenig untersuchten Oberlauf. Auch eine intensive Durchmusterung der Kieselalgenpräparate, auf denen bisher nur die ersten 400 Schalen erfasst und identifiziert wurden, könnte sicherlich noch zu einer Erweiterung der Artenliste beitragen.

5.2 Jahreszeitliche Veränderungen des Phytobenthos in der unteren Elz

Obwohl nicht wenige Algen in der unteren Elz jahreszeitliche Präferenzen zeigen, ist eine reguläre, sich Jahr für Jahr wiederholende Abfolge in der Artenzusammensetzung des Algenaufwuchses nur in der ersten Jahreshälfte deutlich zu erkennen. Dies gilt nicht nur für

die durch ihre kurze Generationszeit bekannten Kieselalgen, sondern auch für andere Algengruppen.

Die in höheren Lagen des Schwarzwaldes häufigen und als typische Kaltwasser-Arten bekannten Goldalgen *Phaeodermatium rivulare* und *Hydrurus foetidus* wurden in der unteren Elz nur gelegentlich und nur im Winter und Frühjahr gefunden. Sie waren im Sommer, bei höheren Wassertemperaturen, nicht mehr nachweisbar, wie dies auch aus anderen Fließgewässern geschildert wird (BACKHAUS 1968b, KANN 1978).

Ein auffälliges Entwicklungsmaximum im Frühjahr haben die Grünalgen *Ulothrix zonata* und *U. tenuissima*. Fast in jedem Jahr kann von März bis April eine Massenentwicklung beobachtet werden. Besonders ausgeprägt war dies im April 2019, als die fädigen Schlieren v. a. von *U. zonata* über weite Strecken des Unterlaufs die Sohle zu 50 % und mehr bedeckten (Abb. 5a). Die Ablösung dieser grünen Matten beginnt nicht vor Ende April, zuerst in Mündungsnähe bei Riegel, eine Woche später auch weiter oberhalb zwischen Emmendingen und Waldkirch-Buchholz und endet meist Mitte Mai. Bedingt durch hohe Wasserführung und überdurchschnittliche Wassertemperaturen kann diese *Ulothrix*-Phase aber auch schon Ende April beendet sein. *Ulothrix* geht im späten Frühjahr zur Bildung von Zoosporen über, um dann bei zunehmender Tageslänge und Wassertemperatur langsam zu verschwinden (GRAHAM et al. 1985).

Bevorzugt im Winter und Frühjahr sind v. a. auf den großen Steinquadern der Sohlschwellen die schwarz-blaugrünen bis bräunlichen dünnen Lager verschiedener *Phormidium*-Arten zu finden, unter denen besonders *P. corium* und *P. autumnale* häufig in Erscheinung treten. Manchmal können selbst Grünalgen im Winter aspektprägend auftreten, meist nach längeren Niedrigwasser-Phasen. So waren z. B. die dunkelgrünen, weichen Pusteln von *Gongrosira debaryana* im März 2014, im Februar 2015 und im Dezember 2016 bis Januar 2017 eine der häufigsten Komponenten des benthischen Aufwuchses.

Ein Entwicklungsmaximum im Frühjahr erreichen auch die bereits Ende Dezember bis Ende Januar aus fädigen Vorstadien (Chantransia-Stadien) auskeimenden borstigen Rotalgen *Paralemanea catenata* und *Lemanea fluviatilis*, gefolgt von einem kontinuierlichen Zerfall ihrer Thalli – ein Vorgang, der bis weit in den Herbst hinein dauern kann (SCHÜTZ 2017). In manchen Jahren wird das makroskopische Bild des Aufwuchses v. a. in der unteren Elz im Frühjahr ausschließlich durch die kleinen, aber zahlreichen Herden von *P. catenata* bestimmt. Das Wachstum beider Arten ist temperaturabhängig. Nach einer warmen ersten Winterhälfte waren Mitte Januar 2020 die Borsten von *P. catenata* schon fast ausgewachsen.

Häufig findet in der Elz nach der *Ulothrix*-Phase im Frühjahr keine schnelle Entwicklung des Aufwuchses statt. Selbst im warmen Frühsommer 2018 war trotz einer länger anhaltenden Niedrigwasser-Phase die Deckung des Aufwuchses bis Mitte Juni gering, im gleichfalls warmen Frühsommer 2019 begann eine auffällige Besiedlung nicht vor Mitte Juli. In anderen Jahren setzte eine Massenentwicklung von Grünalgen dagegen recht früh ein, ohne dass die Gründe hierfür klar auf der Hand liegen, denn die gemeinhin dem massenhaften Algenwachstum förderlichen Bedingungen waren nach langen Niedrigwasser-Phasen bei recht hohen Temperaturen und geringer Strömung in beiden Jahren günstig.

Vom Frühsommer bis in den späten Herbst ist die Zeit der Dominanz fädiger Grünalgen, an der *Cladophora glomerata*, *Oedogonium* spp., *Rhizoclonium hieroglyphicum*, *Spirogyra* spp. und *Stigeoclonium* spp. allein oder in Kombination beteiligt sein können. Dies bedeutet jedoch nicht, dass diese Taxa im Winter fehlen. Sie können in manchen Jahren noch im Dezember und Januar recht häufig sein und sogar die wichtigste Phytobenthos-Komponente stellen, wie z. B. *Cladophora glomerata* im Dezember 2014 und 2016 und im November 2018, oder *Stigeoclonium* Ende Dezember 2016. Selbst *Oedogonium* und *Spirogyra*, die am ausgeprägtesten eine Beschränkung ihrer Massenentwicklungen auf die Zeit zwischen Frühsommer und Spätherbst zeigen, waren, wenn auch selten, in vielen Jahren noch im Januar in geringen Mengen vorhanden.

Massenentwicklungen von *Spirogyra* und/oder *Oedogonium* wurden bei Emmendingen nach langen Niedrigwasser-Phasen im Juli 2011, im Juni (*Spirogyra*) und August (*Oedogonium*) 2014, im September/Oktober 2015 (*Spirogyra*) und bei Riegel im Oktober 2016 (*Spirogyra*) beobachtet. Nach einer extremen Niedrigwasser-Phase war *Rhizoclonium* im November 2015 und Oktober 2016 die häufigste Fadenalge. Im September 2017 waren *Oedogonium*, *Cladophora glomerata*, *Rhizoclonium* und *Spirogyra* gleichermaßen in den mit Diatomeen und Silt durchsetzten Massenbeständen sowohl in den Fließstrecke bei Emmendingen als auch bei Riegel vertreten. Etwas unterschiedlich war die Entwicklung 2018, als auf die im September dominierenden Taxa *Cladophora glomerata*, *Stigeoclonium* und *Spirogyra* im Oktober eine von *Oedogonium* dominierte Massenentwicklung folgte. Mischbestände von *Oedogonium* und *Rhizoclonium* beherrschten ab Mitte Juli 2019 den Aufwuchs, erreichten aber trotz einer lang anhaltenden Niedrigwasser-Phase keine hohe Abundanz. Nach einer sehr langen Niedrigwasser-Phase entwickelten sich im September zwischen Riegel und Sexau Massenbestände, die neben den dominanten *Spirogyren* auch kleinere Anteile von *Rhizoclonium* und *Oedogonium* enthielten. Besonders extreme und fast einartige Massenentwicklungen waren in der Elz bei Riegel im Oktober 2016 (*Spirogyra*) und im Oktober 2017 (*Oedogonium*) zu beobachten.

Sehr regelmäßig erscheint dagegen Mitte Juni *Nostoc parmelioides*, dessen zunächst winzige, oft schon Anfang Mai nachweisbare Thalli bis Mitte Juli zu mächtigen gallertigen Polstern von bis zu 5 cm Durchmesser heranwachsen. Im Juli 2019 war diese Blaualge sogar die vorherrschende Art in der Elz zwischen Buchholz und Emmendingen, um danach bis Mitte August langsam zu verschwinden. Makroskopisch gut sichtbar erscheint zudem zwischen Frühjahr und Frühsommer die gallertige Grünalge *Tetraspora gelatinosa*. Sie tritt allerdings nicht in jedem Jahr auf, war aber im August 2014 und Juli 2015 (v. a. bei Sexau) ziemlich häufig.

Nicht generell auf die Sommermonate beschränkt, aber wesentlich zahlreicher als im Winter sind planktisch lebende ein- oder wenigzellige Grünalgen, die bei Niedrigwasserständen in der weichen Aufwuchsschicht der Steine und in Moospolstern oft in großen Mengen auftreten. Regelmäßig zu finden sind mehrere Arten der einzelligen Gattung *Closterium*, insbesondere *C. moniliferum* und *C. acerosum*, *Pediastrum boryanum* und mehrere *Scenedesmus*- und *Desmodesmus*-Arten.

Unerwartet starken Veränderungen unterlag die Kieselalgen-Gesellschaft, die am Unterlauf der Elz bei Riegel genauer untersucht wurde (Tab. 3). In dieser Fließstrecke kurz vor der Mündung in den Leopoldskanal wurden zwischen 2016 und 2018 mehrfach und zu

cula gregaria, *Reimeria sinuata* und *Achnanthydium*-Arten, hatten sich einen Monat später einige *Encyonema*-Arten deutlich vermehrt und prägten zusammen mit *N. gregaria*, *N. dissipata* und *R. sinuata* den Aspekt der Kieselalgen-Gesellschaft. Bereits 2012 waren in der Elz bei Riegel weitverbreitete Indikator-Arten mittlerer und höherer Trophie vorherrschend. Neben *A. minutissimum* waren dies v. a. *N. soratensis* und *Cocconeis placentula* (LUBW, WRRL-Monitoring 2012).

Die SIMI-Ähnlichkeitsanalyse zeigt stark schwankende Werte für die Zusammensetzung der Kieselalgen-Gesellschaft im Unterlauf bei Riegel (Tab. 3). Die Proben können in zwei Gruppen eingeteilt werden: Die Proben vom März 2016, Dezember 2016, Juni 2017 und März 2018 zeigten untereinander eine relativ große Ähnlichkeit (75-96), bedingt durch eine hohe Abundanz von *Nitzschia soratensis*. Die Proben vom Oktober 2016 und 2018 waren geprägt von *Achnanthydium*-Arten, hauptsächlich *A. minutissimum* var. *minutissimum* und z. T. von *Fragilaria pararumpens*. Sie wiesen eine große Ähnlichkeit zu Proben aus der Elz unterhalb Teningen (80 bzw. 90 %) und der Dreisam bei Riegel (81 bzw. 87 %) auf, die ebenfalls im Oktober 2018 genommen wurden.

5.3 Zeitliche und räumliche Abfolge der benthischen Besiedlung

Kaum zu übersehen ist in der Elz eine Längszonierung, die sich nicht nur bei den benthischen Algen, sondern auch bei den Makrophyten beobachten lässt (SCHÜTZ 2020). Der wohl auffälligste Unterschied hinsichtlich der Algenbesiedlung ist die Dominanz der Blaualgen im Oberlauf, die der Grünalgen im Unterlauf, mit einem deutlichen Mengenanteil fädiger Grünalgen am Phytobenthos bereits im Mittellauf oberhalb Waldkirch (Tab. 4). Im Unterlauf häufige Grünalgen wie *Rhizoclonium hieroglyphicum* und *Cladophora glomerata* wurden im Oberlauf bisher nicht beobachtet. Von der weltweit wohl häufigsten

Tabelle 4: Phytobenthos-Taxa mit eindeutigen Verbreitungsschwerpunkten im Oberlauf und im Unterlauf der Elz nach bisherigen Erkenntnissen. Angaben zur Häufigkeit: s = selten, v = vereinzelt, z = zerstreut, h = häufig.

Taxon	Oberlauf	Unterlauf
<i>Achnanthes oblongella</i>	v	-
<i>Achnanthydium delmontii</i>	-	h
<i>Achnanthydium subhudsonis</i>	-	z
<i>Audouinella hermannii</i>	z	s
<i>Chamaesiphon fuscus</i>	h	s
<i>Chamaesiphon polymorphus</i>	s	z
<i>Chamaesiphon starmachii</i>	v	-
<i>Cladophora glomerata</i>	-	h
<i>Closterium rostratum</i>	s	-
<i>Closterium tumidum</i>	s	-
<i>Draparnaldia glomerata</i>	v	-
<i>Eunotia</i> sp.	z	-
<i>Fragilaria pararumpens</i>		h
<i>Gongrosira debaryana</i>	-	h
<i>Gongrosira fluminensis</i>	s	h
<i>Hildenbrandia rivularis</i>	-	s
<i>Lemanea fluviatilis</i>	h	s
<i>Melosira varians</i>	-	z
<i>Navicula angusta</i>	v	-
<i>Nitzschia</i> sp., z.B. <i>N. soratensis</i> , <i>N. dissipata</i> ssp. <i>dissipata</i> , <i>Nitzschia fonticola</i> , <i>N. paleacea</i>	s	h
<i>Nostoc parmelioides</i>	s?	h
<i>Nupela lapidosa</i>	v	-
<i>Oedogonium</i>	s	h
<i>Oscillatoria limosa</i>	h	s
<i>Paralemanea catenata</i>	-	h
<i>Pleurocapsa minor</i>	s	z
<i>Psammothidium</i> sp.	v	-
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i>	-	h
<i>Sheathia boryana</i>	s	-
<i>Ulothrix zonata</i>	s	h

Süßwasser-Grünalge *Cladophora glomerata* ist bekannt, dass sie sommerwarme, kalkreiche Fließgewässer bevorzugt (KANN 1978, BIGGS & PRICE 1987) und im hohen Grundgebirgs-Schwarzwald eine Verbreitungslücke aufzuweisen scheint (pers. Beob.). Wurden Grünalgen im Oberlauf gefunden, handelte es sich, wie im Fall von *Draparnaldia glomerata*, um Arten, die von RABANUS (1916) als Schwarzwald-typische Kaltwasser-Arten eingestuft wurden, welche in der Rheinebene nicht bzw. nur in Grundwasser-Abflüssen vorkommen. Eine Zonierung ist auch an der Verteilung einiger Rotalgen im Längsverlauf ablesbar. *Batrachospermum helminthosum* und *Sheathia boryana* wurden nur im Oberlauf gefunden, *Lemanea fluviatilis* besiedelt den Ober- und Mittellauf, *Paralemanea catenata* nur den unteren Mittellauf und den Unterlauf (Tab. 4). Einen Verbreitungsschwerpunkt in den höheren Lagen hat mit *Audouinella hermannii* eine weitere Rotalge, während *Hildenbrandia rivularis*, ebenfalls mit einer Verbreitungslücke im Schwarzwald (SCHÜTZ 2017), in der Elz nur vereinzelt im Unterlauf bis Waldkirch vorkommt.

Unterschiede zeigten sich auch bei den Kieselalgen-Gesellschaften, die im Oberlauf von oligotraphenten Arten silikatischer, leicht saurer Gewässer geprägt waren, im Unterlauf durch Arten mit einer Präferenz für mittlere und höhere Trophie, darunter die auf den Unterlauf beschränkte neophytische *Achnanthydium delmontii* (Abb. 8a, 10).

Nach KANN (1978) lässt sich eine Unterteilung nach Temperatur-Jahresgängen in sommerwarme und sommerkalte kleine Fließgewässer anhand ihres typischen benthischen Aufwuchses vornehmen. Die von KANN genannten Leitarten der kalkarmen sommerkalten Bäche, *Chamaesiphon fuscus*, *Lemanea fluviatilis* und *Phormidium autumnale* sind auch charakteristisch für den Oberlauf der Elz.

Unterschiedliche Aspekte der Algenbesiedlung sind aber auch innerhalb des Oberlaufes zu beobachten. So zeigt das PoD des in einem relativ flachen Muldental verlaufenden obersten Elz-Abschnittes mit seinen artenreichen, häufig von *Oscillatoria limosa* dominierten Belägen oft eine etwas andere Zusammensetzung und meist eine höhere Dichte als in dem steilen Abschnitt unterhalb der Elz-Fälle, dessen schwach besiedelte Sohle v. a. von den zähen braunroten *Chamaesiphon*-Flecken und den häutig-weichen Belägen einiger fädiger *Phormidium*-Arten bestimmt wird. Die Wuchsformen dieser Blaualgen sind nach Beobachtungen von KANN (1978) in österreichischen Bergbächen besonders resistent gegen starke Strömung. Neben der geringeren Fließgeschwindigkeit ist auch die meist wesentlich schwächere Beschattung durch Ufergehölze im Muldental der Hochfläche mit diesen Unterschieden zu erklären.

Bei allen Unterschieden ist jedoch über den gesamten untersuchten Lauf der Elz bis zum Leopoldskanal der von FOERSTER (2006) für silikatische mitteleuropäische Gebirgsbäche und -flüsse dargestellte typische Artenbestand des benthischen Aufwuchses (PoD) noch erkennbar, selbst wenn im Mittellauf Gebirgsarten wie *Chamaesiphon fuscus*, *C. starmachii*, *Lemanea fluviatilis* und *Draparnaldia glomerata* ausfallen oder wenigstens stark zurücktreten und ubiquistische, eutraphente fädige Grünalgen hinzutreten und häufig zu saisonal auftretenden Massebildnern werden. Alle der 19 von FOERSTER genannten charakteristischen PoD-Taxa silikatischer Gewässer kommen auch in der Elz vor. Erst nach dem Austritt aus dem Leopoldskanal verliert der benthische Aufwuchs mit zunehmendem Kalkgehalt weitgehend seinen silikat-typischen Charakter. Eine Ausnahme macht einzig die von eutra-

phenten Arten geprägte Kieselalgen-Gesellschaft unterhalb des Zuflusses der Kläranlage „Untere Elz“ bei Riegel, bei der der silikatische Charakter des Aufwuchses nicht mehr zu erkennen war.

Trotz einiger Ähnlichkeiten in Besiedlungsbild und Arteninventar des PoD fallen bei einem Vergleich der Elz mit den in den frühen 1960er Jahren von BACKHAUS (1968a, b) untersuchten Flüssen Brigach und Breg vor allem die Unterschiede ins Auge. In den beiden kalkarmen Quellflüssen der Donau fehlten *Cladophora glomerata*, *Rhizoclonium hieroglyphicum* und *Paralemanea catenata*. Die Rotalge *Lemanea fluviatilis* war und ist in Brigach und Breg wesentlich seltener als in der Elz, ebenso Arten der Gattung *Oedogonium*. Die Grünalgen und Eutrophierungszeiger *Sphaerobotrys fluviatilis* und *Stigeoclonium* spp. waren dagegen häufiger und weiter verbreitet als in der (heutigen) Elz, was wahrscheinlich auch mit der damals streckenweise hohen Abwasserbelastung v. a. der Brigach zu tun hat. Ähnliche Verbreitungsbilder wie in der Elz zeigten dagegen die Blaualgen *Chamaesiphon fuscus* und *Homoeothrix janthina* mit Schwerpunkt in den stofflich wenig belasteten Oberläufen, während *Chamaesiphon polymorphus* wie in der Elz weitgehend auf die unteren Abschnitte beschränkt war (BACKHAUS 1968a).

Dagegen ist das von W. Schütz ebenfalls untersuchte PoD der Dreisam dem der Elz recht ähnlich. Auffällig sind dort, wie in der Elz, im Frühsommer die Herden von *Nostoc parmelioides*, *Paralemanea catenata* und *Lemanea fluviatilis*, wesentliche Aufwuchs-Komponenten sind ebenfalls Krusten und Beläge der Blaualgen *Phormidium corium*, *P. autumnale* und von mehreren *Chamaesiphon*-Arten. Wie in der Elz werden auch in der flussabwärts zunehmend sommerwarmen Dreisam fädige Grünalgen zu einer wesentlichen Komponente des benthischen Aufwuchses. Unterschiede in der Artenzusammensetzung sind allerdings durchaus festzustellen. So war im September 2020 eine optisch gleich erscheinende Massenentwicklungen fädiger Grünalgen in beiden Flüssen auffällig. In der Elz waren aber mehrere *Spirogyra*-Arten die Haupt-Komponente, in der Dreisam dagegen *Oedogonium* cf. *capillare*. Generell treten nach unseren Beobachtungen im Dreisam-Unterlauf besonders *Oedogonium* spp. und *Cladophora glomerata* als Massenbildner hervor, im Unterlauf der Elz ist die Gattung *Spirogyra* häufiger.

Weniger gut bekannt ist die Algenflora der Rheinzufüsse Rench, Kinzig und ihren Nebenflüssen. Makroskopisches Erscheinungsbild und Artenbestand ihrer Ober- und Mittelläufe ähneln denen der Elz im Mittel- und Unterlauf. Auffällig, und in Fließgewässern benachbarter Regionen nicht zu finden, sind vor allem die grossen Bestände von *N. parmelioides*, *P. catenata* und *L. fluviatilis*.

Unterschiede zwischen Oberlauf und Unterlauf zeigen sich in der Elz auch in Deckung und Menge des Phytobenthos, die im Unterlauf zumindest im Sommerhalbjahr und nach längeren Niedrigwasser-Perioden wesentlich höher ist als im Ober- und Mittellauf. Auch Massenentwicklungen fädiger Grünalgen sind fast immer auf den Unterlauf beschränkt. Damit folgt die Elz dem von VANNOTE et al. (1980) beschriebenen Muster, dem zufolge die Biomasse benthischer Algen vom quellenahen Oberlauf bis in den Mittellauf zunimmt, wobei zu beachten ist, dass der von uns als „Unterlauf“ (bis zum Leopoldskanal) bezeichnete Flussabschnitt typologisch einem Mittellauf nach VANNOTE et al. (1980) entspricht. Eine Zunahme der Grünalgen zeigt schon im Frühjahr das Verbreitungsmuster von *Ulothrix*

zonata, die erst im mittleren Abschnitt der Elz bei Winden makroskopisch hervortritt und unterhalb Waldkirch Massenbestände ausbildet.

Ein jahreszeitlicher Wechsel des benthischen Aufwuchses wird für zahlreiche Fließgewässer erwähnt und von einigen Autoren auch detailliert beschrieben (BACKHAUS 1968b, BUDE 1928, KANN 1978, KELLY 2018, WEHR 1981). Allerdings umfassen die meisten Studien nur einen Zeitraum von ein bis zwei Jahren, während langjährige Beobachtungen eine Seltenheit sind. Von einem nicht nur saisonal bedingten Artenwechsel im Fluss Wear (Nordost-England) berichtet KELLY (2019). Er fand während einer zweijährigen Studie deutliche Unterschiede in der Zusammensetzung des Sommer-Aufwuchses, während die Zusammensetzung des Aufwuchses im Frühjahr und Herbst in beiden Jahren ähnlich war, was mit unseren Beobachtungen in der unteren Elz weitgehend übereinstimmt. Was in der Elz nicht beobachtet wurde, war das komplette Verschwinden eines Taxons, wie dies ebenfalls von WEHR (1981) nach Untersuchungen mehrerer Fließgewässer in Kalifornien festgestellt wurde.

Die genauen Ursachen für die Variabilität der benthischen Besiedlung durch Algen sind kaum jemals eindeutig zu benennen, da zahlreiche biologische, physikalische und chemische Faktoren eine Rolle spielen können. In Betracht zu ziehen sind Änderungen der Fließgeschwindigkeit, Häufigkeit und Stärke von Hochwässern, Schwankungen der Belichtung, der Temperatur, des Kalkgehalts, der Substrateigenschaften, der Nährstoffverfügbarkeit, der Konkurrenz, des Fraßes durch Herbivore und der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Taxa nach Störungen. Zudem interagieren viele dieser Faktoren untereinander (KANN 1978, LAW 2012). Da zu diesem Thema eine umfangreiche Literatur existiert, wollen wir uns auf einige aus unserer Sicht wesentliche Aspekte beschränken.

KELLY (2019) nennt den Fraßdruck durch das Makrozoobenthos als wesentlichen, die Zusammensetzung und die Biomasse des Aufwuchses regulierenden Faktor in einigen nordenglischen Fließgewässern, der mit steigenden Temperaturen verstärkt wirksam wird. So fand er die höchsten Aufwuchs-Biomassen fast stets im Winterhalbjahr. In der Elz wurden dickere Aufwuchsschichten oft nach längeren Niedrigwasser-Perioden beobachtet, doch im Winter nicht häufiger als im Sommer. Dies mag als Indiz für die größere Bedeutung der Wasserführung dienen, die nach BIGGS (1996) zumindest in nicht beschatteten Fließgewässern den prägenden Faktor für die Beschaffenheit und Zusammensetzung des Phytobenthos darstellt. Der stark schwankende Abfluss der Elz (LANGE 2007) scheint in der Tat eine größere Wirkung auf die Aufwuchsschicht zu haben als der Fraß durch benthische Weidegänger. Ein besonders markanter Schwellenwert, der nach unseren Beobachtungen die Algen-Besiedlung fast auf Null herabsetzt, ist ein Abfluss, der knapp unter einem 2-jährigen Hochwasser oder darüber liegt und im Elz-Unterlauf keinen sicht- und abkratzbaren Algenbelag auf den Steinen der Sohle hinterlässt.

Die von KANN (1978) vorgenommene Einteilung in sommerwarme und sommerkalte Fließgewässer anhand des benthischen Aufwuchses legt eine wichtige Rolle der Temperatur nahe. Ein begrenzter Artenwechsel, aber v. a. das Hinzutreten vieler fädiger Grünalgen mit gelegentlichen Massenentwicklungen fällt nicht nur in der Elz mit zunehmend sommerwarmen Bedingungen im Längsverlauf zusammen.

Für diese Erscheinungen eine im Längsverlauf kontinuierlich zunehmende Eutrophierung allein verantwortlich zu machen, greift für die Elz zu kurz, da die Nährstoffgehalte im Unterlauf bis kurz vor der Mündung nicht ansteigen und streckenweise sogar niedriger liegen als im oberen Mittellauf bei Elzach und Winden (RIEDMÜLLER et al. 2019). Nach DE NICOLA (1996) verursachen Temperaturerhöhungen bis in den Bereich von 25 °C und mehr, die im Sommer regelmäßig auch im Unterlauf der Elz erreicht werden, größere Veränderungen in der Zusammensetzung und Struktur des Aufwuchses als dies bei geringeren Temperaturen der Fall ist. RASMUSSEN et al. (2011) konnten zeigen, dass Primärproduktions-Raten und Aufnahme von Nitrat und Phosphat durch Makrophyten und Aufwuchsalgen in Fließgewässern mit zunehmenden Temperaturen stark ansteigen. Von höheren Temperaturen profitieren in erster Linie schnell wachsende Grünalgen, die durch ihre fädige Wuchsform einen entscheidenden Konkurrenzvorteil gegenüber den überwiegend langsam wachsenden krustigen Taxa des Oberlaufes erhalten, vorausgesetzt, die Fließgeschwindigkeiten sind relativ niedrig (BIGGS et al 2002). Eine im Längsverlauf der Elz immer geringer werdende Beschattung durch Ufergehölze fördert zusätzlich das Aufkommen schnell wachsender Grünalgen-Arten, deren Entwicklung im Oberlauf durch die dort meist starke Beschattung zusätzlich limitiert ist. Wahrscheinlich gibt es hinsichtlich der Reaktion auf bestimmte Umweltfaktoren auch Unterschiede zwischen den Algengruppen, da bei den Kieselalgen-Gesellschaften eine Abhängigkeit vom Trophiegrad im Längsverlauf durchaus zu erkennen ist (Abb. 10).

5.4. Aspekte der ökologischen Bewertung

Abschließend erhebt sich die Frage, welche Folgerungen aus dieser Studie für die Ermittlung des ökologischen Zustands im Sinne der WRRL gezogen werden können. Der Maßstab einer solchen Bewertung ist die „Abweichung der vorhandenen Gesellschaft von der typspezifischen Referenz-Zönose“, worunter der von menschlicher Störung unbeeinträchtigte Gewässerzustand zu verstehen ist, hinsichtlich Artenzusammensetzung und Abundanz (LAWA 2020). Für Fließgewässer werden neben dem Modul Makrophyten und Phytobenthos (MuP), das die drei Teil-Komponenten Makrophyten, PoD und Diatomeen enthält, außerdem die biologische Qualitätskomponenten Fische und Makrozoobenthos in die Bewertung mit einbezogen. Kieselalgen und PoD reagieren in erster Linie auf die Nährstoffverfügbarkeit und gelten daher vorrangig als Indikatoren trophischer Belastungen (GUTOWSKI & FOERSTER 2009, KELLY 2013a, LUBW 2015, PFISTER et al. 2016). Den Taxa sind jeweils bestimmte Zeigerwerte und bei den Kieselalgen zusätzlich Gewichtungen zugeordnet; PoD und Kieselalgen werden getrennt bewertet (GUTOWSKI & FOERSTER 2009, SCHAUMBURG et al. 2012). Die ermittelten Ergebnisse (für MuP mit der Software PHYLIB berechnet; SCHAUMBURG et al. 2012), werden in fünf ökologischen Zustandsklassen dargestellt (1= sehr gut, 2 = gut, 3= mäßig, 4 = unbefriedigend, 5 = schlecht).

Nach unseren und weiteren bisher verfügbaren Daten (HÖFER & RIEDMÜLLER 2016, LUBW 2012, RIEDMÜLLER et al. 2019) indizieren die Bewertungen mittels Kieselalgen und PoD im Ober- und Mittellauf der Elz einen guten bis sehr guten Zustand, abgesehen von einer relativ kurzen Fließstrecke unterhalb der Kläranlage Elzach mit „guten“ bis „mäßigen“ Bewertungen anhand der Kieselalgen (HÖFER & RIEDMÜLLER et al. 2016). Im häufiger untersuchten Unterlauf werden die Bewertungen schlechter, liegen aber sowohl für das PoD als auch für die Kieselalgen bis auf wenige Ausnahmen noch im Bereich des „guten“ Zustandes. Diese Verschlechterung der PHYLIB-Bewertungen, die auch das Makrozoobenthos zeigt (RIEDMÜLLER

LER et al. 2019), geht mit einem im Längsverlauf stetig zunehmenden Basen- und Nährstoffgehalt und mit höheren, das Wachstum von fädigen Grünalgen fördernden Temperaturen während der Sommermonate einher. Schwierigkeiten machen bei der Beurteilung allerdings die hohen Anteile einiger als invasiv geltender Kieselalgen-Taxa, die im Unterlauf der Elz in großen Individuenzahlen auftreten, aber in die Bewertung mit PHYLIB bisher nicht mit einbezogen werden können.

An der Stelle E6, kurz vor der Mündung in den Leopoldskanal, die von 2016 bis 2018 von uns jeweils mehrmals jährlich untersucht wurde (Tab. 3), sinken die Einstufungen nochmals deutlich ab und zeigen sowohl bei Kieselalgen als auch beim PoD einen „mäßigen“, zu einigen Zeitpunkten gar einen „unbefriedigenden“ Zustand an. Bei dieser untersten Probestelle, die unterhalb der Einleitung der großen Kläranlage bei Teningen liegt, kommt vor allem nach langen Niedrigwasser-Phasen ein hoher Anteil Abwasser hinzu, der sich deutlich in einer Verschlechterung der ökologischen Bewertung widerspiegelt (RIEDMÜLLER et al. 2019). Der Einfluss verminderter Abflussmengen auf die PHYLIB-Bewertungsergebnisse könnte im Zuge des Klimawandels noch größere Bedeutung gewinnen.

Zu einer generellen Verschlechterung der Bewertung einer Probestelle führen z.B. beim PoD häufig Massenentwicklungen fädiger Grünalgen (*Oedogonium* spp., *Cladophora glomerata*, *Rhizoclonium hieroglyphicum*, *Spirogyra* spp.), die in PHYLIB für die silikatischen Fließgewässer (Typen 5 und 9) zumindest bei hohen Abundanzen durchweg als „Störzeiger“ eingestuft werden. So führte eine derartige Massenentwicklung 2017 zu einer Verschlechterung der PoD-Bewertung vom „guten“ Zustand im Juni in den „mäßigen“ mit einer starken Tendenz zum „unbefriedigenden“ Zustand im September. Einen etwas anderen Hintergrund hatte eine Verschlechterung der PoD-Bewertung im Jahr 2018 vom „mäßigen“ Zustand im Juni zum „unbefriedigenden“ Zustand im August (SCHÜTZ & KING 2019). In diesem Fall förderte eine mit der Zunahme des Klärwasser-Anteils und möglicherweise einer Verringerung der Fließgeschwindigkeit verbundene, lange Niedrigwasserphase das Aufkommen einiger, in PHYLIB als stark eutraphente Störzeiger eingestufte Blaualgen.

Schwankungen während dieser 3 Jahre zeigt auch die Bewertung des untersten Elz-Abschnittes mittels Kieselalgen. Die neun berechneten PHYLIB-Bewertungen lagen zwischen „gut“ mit starker Tendenz zu „mäßig“ (1 Befund) und „unbefriedigend“ mit einer mehr oder weniger ausgeprägten Tendenz zum „mäßigen“ Zustand (2 Befunde). Die anderen 5 Ergebnisse indizierten einen „mäßigen“ Zustand. Diese Unterschiede in den Bewertungen gehen mit Unterschieden in den Wachstumsbedingungen der Algen einher, aber sie zeigen auch, dass man davon ausgehen kann, dass sich dieser Gewässerabschnitt größtenteils im „mäßigen“ Zustand befindet. Wenn also eine verlässliche Einschätzung des vorherrschenden ökologischen Zustands eines Gewässers z. B. für eine Maßnahmenplanung nötig ist, erscheint eine mehrmalige Probenahme empfehlenswert. Besonders klar wird die Bedeutung einer mehrmaligen Probenahme, wenn man sich das Ergebnis vom 5.10.2016 ansieht, an dem sich die Elz an der Stelle E6 angeblich in einem „sehr guten“ Zustand befunden haben soll. Diese Probenahme fand außerhalb des in der Handlungsanweisung empfohlenen Zeitfensters statt (SCHAUMBURG et al. 2012). Es handelte sich um eine Kieselalgen-Gesellschaft in einem frühen Sukzessionsstadium mit einer sehr hohen Abundanz der Pionierart *Achnanthydium minutissimum* var. *minutissimum*, die als Gütezeiger eingestuft ist. Frühe Sukzessionssta-

dien sind nicht nur im Frühjahr oder bei Nährstoffknappheit, sondern auch nach größeren Störungen anzutreffen (KING 2000). Wie auch in der Handlungsanweisung angemerkt, sollten solche Gesellschaften nicht zur Beurteilung der ökologischen Zustandsklasse herangezogen werden, da sie zu unrealistischen Ergebnissen führen. Dieser Fall macht erneut deutlich, dass es bei hohen Abundanzen von *A. minutissimum* var. *minutissimum* durch PHYLIB zu einer falschen Einschätzung des ökologischen Zustands kommen kann und deshalb einer stärkeren Berücksichtigung der Begleitarten eine große Bedeutung zukommt. Zu einem „guten“ Ergebnis kommt übrigens die Bewertung dieser Probestelle durch die LUBW im Jahr 2012 (LUBW 2014).

Bei den ökologischen Bewertungen handelt es sich letztlich um Momentaufnahmen der Bedingungen einiger Wochen, da die Zusammensetzung von Algen-Zönosen stetigen Änderungen unterliegen. Die in der PHYLIB-Handlungsanweisung vorgesehene Beschränkung des Untersuchungszeitraumes auf die Monate Juli bis September (SCHAUMBURG et al. 2012) verringert den Einfluss dieser Veränderungen auf die Bewertungen bis zu einem gewissen Grad, was für die Vergleichbarkeit von Ergebnissen zwischen verschiedenen Jahren und Probestellen unabdingbar ist. Da auch während dieser Frist z. B. durch unterschiedlichen Abfluss erhebliche Änderungen in der Zusammensetzung von Aufwuchs-Zönosen zu erwarten sind, kommt der in der Handlungsanweisung der LUBW vorgesehenen abschließenden „Experten-Einschätzung“ zur Validität der Bewertung und der Möglichkeit, damit von der berechneten PHYLIB-Einstufung abzuweichen, eine wichtige Bedeutung zu. In diesem Zusammenhang ist auch die Kenntnis des Lebenszyklus der Algentaxa und die Berücksichtigung der Sukzession von Bedeutung, um jahreszeitlich unterschiedliche, physiologisch bedingte Änderungen der Abundanz bestimmter Taxa von der Einwirkung externer Einflussfaktoren auf die Aufwuchs-Zönosen abzugrenzen (BIGGS et al. 1998, KELLY 2013b).

6. Dank

Für die Überlassung von Daten, die für die WRRL erhoben wurden, bedanken wir uns bei der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), besonders bei Frau Friedrich und Herrn Hoppe. Für die Unterstützung bei der Bestimmung von PoD-Algen bedanken wir uns bei Antje Gutowski, Gabriela und Markus Paul und Peter Pfister, bei Jacky King für die Korrektur des englischen Abstracts. Wolfgang Ostendorp danken wir für die wertvollen Anregungen.

7. Literatur

- ALAND - Ingenieure und Ökologen für Wasser und Umwelt (2017): Konzept für ein maßnahmenbegleitendes Monitoring zur Erfolgskontrolle an der Elz. Schlussbericht. Auftraggeber: LUBW (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg).
- BACKHAUS, D. (1968a): Ökologische Untersuchungen an den Aufwuchsalgen der obersten Donau und ihrer Quellflüsse. II. Die räumliche und zeitliche Verteilung der Algen. Arch. Hydrobiol., Suppl. 34, 1/2: 24-73.
- BACKHAUS, D. (1968b): Ökologische Untersuchungen an den Aufwuchsalgen der obersten Donau und ihrer Quellflüsse. IV. Systematisch-autökologischer Teil. Arch. Hydrobiol., Suppl. 34: 251-320.

- BACKHAUS, D. (2006): Litorale Aufwuchsalgen im Hoch- und Oberrhein. *Carolina* 64: 5-68.
- BACKHAUS, D. (2010): *Phormidium ingrediens* sp. nova (Cyanobacteria, Oscillatoriales), a limestone-boring euendolithic inhabitant of flowing waters. *Carolina* 68: 15-25.
- BECKER et al. (2020): Maßnahmenbegleitendes Monitoring zur Erfolgskontrolle an der Elz. Untersuchungsprogramm 2018/2019. Abschlussbericht für das Regierungspräsidium Freiburg.
- BIGGS, B. J. F. (1996): Patterns in Benthic Algae of Streams. p. 31-56 in: STEVENSON, R. J., BOTHWELL, M. L., LOWE, R. L. (Eds.): *Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems. Aquatic Ecology Series*. Academic Press, San Diego.
- BIGGS, B. J. F., STEVENSON, R. J., LOWE, R. L. (1998): A habitat matrix conceptual model for stream periphyton. *Arch. Hydrobiol.* 143: 21-56.
- BIGGS, B. J. F., PRICE, G. M. (1987): A survey of filamentous algal proliferations in New Zealand rivers, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 21:2: 175-191. DOI: 10.1080/00288330.1987.9516214.
- BIGGS, B. J. F., GORING, D. G., NIKORA, V. I. (2002): Subsidy and stress responses of stream periphyton to gradients in water velocity as a function of community growth form. *J. Phycol.* 34(4): 598-607.
- CANTONATI, M., KELLY, M., LANGE-BERTALOT, H. (Eds.)(2017): *Freshwater Benthic Diatoms of Central Europe: Over 800 Common Species Used in Ecological Assessment*. English edition with updated taxonomy and added species. Koeltz Botanical Books, Schmittens-Oberreifenberg.
- BUDDE, H. (1928): Die Algenflora des Sauerländischen Gebirgsbaches. *Arch. Hydrobiol.* XIX: 433-520.
- DAVIS, J. A., BARMUTA, L. A. (1989): An ecologically useful classification of mean and near-bed flows in streams and rivers. *Freshwater Biol.* 21: 271-282.
- DE NICOLA, D. M. (1996): Periphyton responses to temperature. p.149-181 in: STEVENSON, R. J., BOTHWELL, M. L., LOWE, R. L. (Eds.): *Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems. Aquatic Ecology Series*. Academic Press, San Diego.
- EUROPÄISCHE UNION (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt der Europäischen Union, L 327/1, 22.12.2000.
- FOERSTER, J. (2006): Zur Definition biozönotisch relevanter Fließgewässertypen anhand des aktuellen Vorkommens benthischer Algen (exkl. Charales und Diatomeen) in Fließgewässern Deutschlands. Dissertation Univ. Bremen, 166 S.
- GRAHAM, J. M., KRANZFELDER, J. A., AUER, M. T. (1985): Light and temperature as factors regulating seasonal growth and distribution of *Ulothrix zonata* (Ulvophyceae). *J. Phycol.* 21: 228-234.
- GUTOWSKI, A., FOERSTER, J. (2009): Benthische Algen ohne Bacillariophyceen und Characeen – Feldführer, 2. aktualisierte Neuauflage; LANUV Arbeitsblatt 2. 90 S.
- GUTOWSKI, A., FOERSTER, J., DOEGE, A., PAUL, M. (2015): *Chamaesiphon* species in soft-water streams in Germany: occurrence, ecology and use for bioindication. *Algological Studies* 148: 33-56.
- HÖFER, R. und RIEDMÜLLER, U. (2016): Gewässerökologisches Gutachten zur Ermittlung der Auswirkungen der Einleitung des Klärwerks Winden in die Elz sowie Ableitung von ökologisch begründeten Ablaufwerten. Gutachten. Auftraggeber: Gemeinde Winden im Elztal.
- HOFMANN, G., WERUM, M., LANGE-BERTALOT, H. (2011): Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell.
- HÜRLIMANN, J., STRAUB, F. (2020): Gebietsfremde Algen in der Schweiz - Grundlagen und Situationsanalyse. Bericht, Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt BAFU.
- KANN, E., KOMÁREK, J. (1970): Systematisch-ökologische Bemerkungen zu den Arten des Formenkreises *Phormidium autumnale*. Schweiz. Z. Hydrologie 32: 495-518.
- KANN, E. (1978): Systematik und Ökologie der Algen österreichischer Bergbäche. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 53: 405-643

- KELLY, M. (2013a). Building capacity for ecological assessment using diatoms in UK rivers. *Journal of Ecology and Environment* 36: 89-94. DOI 10.5141/ecoenv.2013.011.
- KELLY, M. (2013b): Data rich, information poor? Phytobenthos assessment and the Water Framework Directive, *European Journal of Phycology* 48: 437-450. DOI: 10.1080/09670262.2013.852694
- KELLY, M. (2018): A brief history of time-wasting. <https://microscopesandmonsters.wordpress.com/2018/04/11/a-brief-history-of-time-wasting/>
- KELLY, M. (2019): A year in the life of the River Wear. <https://microscopesandmonsters.wordpress.com/2019/01/12/a-year-in-the-life-of-the-river-wear/>
- KING, L. (2000): Periphytic algae as indicators of lake trophic state, and their response to nutrient enrichment. PhD-Thesis, Lancaster University.
- KUSBER W.-H., GUTOWSKI, A. (2018): Rote Liste und Gesamtartenliste der Zieralgen (Desmidiaceales) Deutschlands. S. 711-778, in: Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 7 – Pflanzen, Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 70(7), Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.
- LANGE, J. (2007): Die Dreisam. Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. RegioWasser e.V. (Hrsg.), Freiburg.
- LAUTERBORN, R. (1910): Die Vegetation des Oberrheins. Verhandlungen des Naturhistorischen Medizinischen Vereins Heidelberg, N.F. Bd. X: 450-502.
- LAUTERBORN, R. (1917): Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms, 2.Teil (Oberrhein). Verhandlungen des Naturhistorischen Medizinischen Vereins Heidelberg 5. Abhandlung: 70 S.
- LAW, R. (2012): A review of the function and uses of, and factors affecting, stream Phytobenthos. *Freshwater Reviews* 4: 135-166.
- LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) (2015): LAWA-AO Rahmenkonzeption Monitoring, Teil B: Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen, Arbeitspapier II. Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Qualitätskomponenten zur unterstützenden Bewertung von Wasserkörpern entsprechend EG-WRRL. Stand 09.01.2015.
- LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) (2020): Gewässerbewertung gemäß Wasserrahmenrichtlinie. 1B_Gewässerbewertung_gem_WRRL_03122019.pdf. Stand 26.09.2020.
- LUBW (2014): Auswertung des landesweiten Monitorings 2012 und 2013 von MuP (Makrophyten und Phytobenthos) und MZB (Makrozoobenthos). Excel-Tabellen mit Probestellen und Wasserkörperbewertung mit den Biokomponenten. Bearbeitungsstand 09.07.2014.
- LUBW (2015): Biozönotisch bedeutsame Gewässertypen in Baden-Württemberg. Bewirtschaftungsplan 2015.
- LUBW (2015): Überwachungsergebnisse Makrophyten und Phytobenthos 2012. – Biologisches Monitoring der Fließgewässer gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie.
- LUBW (2016): Informationssystem für Abfluss-Kennwerte in Baden-Württemberg. Aktualisierung 2016. <https://hvz.lubw.baden-wuerttemberg.de/>.
- LUBW (2017a): Amtliches digitales wasserwirtschaftliches Gewässernetz (AWGN) – Fließgewässer. Gewässernetz und Gewässernamen. GIS-Daten.
- LUBW (2017b): Gewässerstrukturkartierung Baden-Württemberg – Feinverfahren. Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 112, 61 S.
- MAUCH, E., SCHMEDTJE, U., MAETZE, A., FISCHER, F. (2003): Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands zur Kodierung biologischer Befunde. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 01/03: 1-367.
- PÉRÈS, F., BARTHÈS, A., PONTON, E., COSTE, M., TEN-HAGE, L., LE COHU, R. (2012): *Achnanthydium delmontii* sp. nov., a new species from French rivers. *Fottea* 12: 189-198.
- PFISTER, P. (1992): Artenspektrum des Algenaufwuchses in 2 Tiroler Bergbächen – Teil 1: Cyanophy-

ceae, Chrysophyceae, Chlorophyceae, Rhodophyceae. *Algological Studies* 65: 43-61.

PFISTER, P., HOFMANN, G., EHRENSPERGER, G. (2016): Fließgewässer – Phytobenthos. Überarbeitung des Trophie- und Saprobie-Bewertungssystems nach Rott et al. 1997, 1999. ARGE Limnologie, Innsbruck, im Auftrag des Ministeriums für ein lebenswertes Österreich.

PHYLIB 5.3-DV-Tool (2016): Software zur Bewertung von Makrophyten und Phytobenthos in Fließgewässern und Seen. https://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_seen/phylib_deutsch/software/index.htm

POTAPOVA, M. G., PONANDER, K. C. (2004): Two common North American diatoms, *Achnanthisdium rivulare* sp. nov. and *A. deflexum* (Reimer) Kingston: Morphology, ecology and comparison with related species. *Diatom Research*, 19 (1): 33-57, DOI: 10.1080/0269249X.2004.9705606

POTTGIESSER, T., SOMMERHÄUSER, M. (2008): Beschreibung und Bewertung der deutschen Fließgewässertypen. Umweltbüro Essen im Auftrag des Umweltbundesamtes und der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. Steckbriefe und Begleittext. http://gewaesser-bewertung.de/index.php?article_id=78

RABANUS, A. (1916): Beiträge zur Kenntnis der Periodizität und der geographischen Verbreitung der Algen Badens. *Ber. der nat. Ges. Freiburg i. Br.* 21: 1-158.

RASMUSSEN, J. J., BAATTRUP-PEDERSEN, A., RIIS, T., FRIBERG, N. (2011): Stream ecosystem properties and processes along a temperature gradient. *Aquatic Ecology* 45: 231-242.

REGIERUNGSPRÄSIDIUM (RP) KARLSRUHE (2005): EG-Wasserrahmenrichtlinie. Bericht zur Bestandsaufnahme, Teilbearbeitungsgebiet 31, Elz-Dreisam Textband Bearbeitungsstand: 20. Juni 2005. Regierungspräsidium Karlsruhe - Flussgebietsbehörde – Textband, Anhangsband: Karten und Tabellen.

REGIERUNGSPRÄSIDIUM (RP) FREIBURG (2015): Begleitdokumentation zum BG Oberrhein (Baden-Württemberg). Teilbearbeitungsgebiet 31 – Elz-Dreisam. Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG).

RIEDMÜLLER, U., HÖFER, R., FUCHS, U., SCHÜTZ, W., LIEB, W., BENESCH, A., OSCHWALD, L., HOFFMANN, M. (2019): Modelluntersuchung im Dreisam-Elz-Gebiet. Auftraggeber: Regierungspräsidium Freiburg, Referat 54,3. Berichtsteil 1: Monitoring und Ergebnisse.

ROHR, J. L. (1977): Changes in diatom community structure due to environmental stress. M.S. thesis, Bowling Green State Univ., Bowling Green, Ohio. 157 pp.

SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, D., VOGEL, A., GUTOWSKI, A. (2012): Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos. Arbeitsmaterialien des Bayerischen Landesamtes für Umwelt.

SCHMIDLE, W. (1893): Beiträge zur Algenflora des Schwarzwaldes und der Rheinebene. *Ber. der nat. Ges. Freiburg i. Br.* 7: 68-112.

SCHNEIDER, R. (2000): Landschafts- und Umweltgeschichte im Einzugsgebiet der Elz. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br. 178 S.

SCHÜTZ, W. (2017): Zur Verbreitung und Ökologie benthischer Rotalgen in Baden-Württemberg – eine Bestandsaufnahme. *Carolina* 75: 45-71.

SCHÜTZ, W. (2019a): Erläuterungen zur Roten Liste der limnischen Rot- und Braunalgen Baden-Württembergs. LUBW Online-Veröffentlichung. <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/natur-und-landschaft/rote-listen>.

SCHÜTZ, W. (2019b): Rhodophyta. S. 186-217, in: STUTZ, S., MATTERN, H. (Hrsg.): Beiträge zu den Algen Baden - Württembergs. Band 1. Verlag M. Hennecke, Remshalden.

SCHÜTZ, W. (2020): Botanische Beobachtungen auf den Elzdämmen bei Emmendingen. *Ber. Bot. Arbeitsgem. Südwestdeutschland* 9: 67-75.

SCHÜTZ, W., KING, L. (2019): Maßnahmenbegleitendes Monitoring zur Erfolgskontrolle an der Elz – Modul Makrophyten und Phytobenthos (MuP). Auftraggeber HYDRA (2020): Untersuchungsprogramm 2018/2019, im Auftrag des Regierungspräsidiums Freiburg. Nicht publ.

STANDER, J. M., (1970): Diversity and similarity of benthic fauna of Oregon. M.S. thesis, Oregon State Univ., Corvallis. 72 pp.

TROBAJO, R., ROVIRA, L., ECTOR, L., WETZEL, C.E., KELLY, M., MANN, D.G. (2013): Morphology and identity of some ecologically important small *Nitzschia* species. Diatom Research 28(1): 37-59. DOI: 10.1080/0269249X.2012.734531

UIS BW (UMWELTINFORMATIONSSYSTEM BADEN-WÜRTTEMBERG) (2004): Biologische Gewässergütekarte. Biologische Gewässergüte der Fließgewässer Baden-Württemberg, Stand 2004.

VANNOTE, R. L., MINSHALL, G. W., CUMMINS, K. W., SEDELL, J. R., CUSHING, C. E. (1980): The river continuum concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 130-137.

WEHR, J. D. (1981): Analysis of seasonal succession of attached algae in a mountain stream, the North Alouette River, British Columbia. Can. J. Bot. 59: 1465-1474.

WEHRLE, E. (1942): Algen in Gebirgsbächen am Südostrande des Schwarzwaldes. Ökologische und floristische Untersuchungen im Wutach-Gauchach-Naturschutzgebiet. Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland 7: 128-286.

Anhang

Artenliste PoD

(B = Blaualgen, C = Goldalgen, G = Grünalgen, R = Rotalgen, S = Gelbgrünalgen)

Taxon	Gruppe	Autor
Anabaena sp.	B	BORY DE SAINT-VINCENT ex BORNET & FLAHAULT
Aphanocapsa fonticola	B	HANSGIRG
Aphanocapsa rivularis	B	(CARMICHAEL) RABENHORST
Audouinella chalybaea	R	(ROTH) BORY DE SAINT-VINCENT
Audouinella hermannii	R	(ROTH) DUBY
Batrachospermum helminthosum	R	BORY DE SAINT-VINCENT
Calothrix parietina	B	THURET ex BORNET & FLAHAULT
Chaetophorales	G	KIRBY & SPENCE
Chamaesiphon confervicolus	B	A.BRAUN in RABENHORST
Chamaesiphon fuscus	B	(ROSTAFINSKI) HANSGIRG
Chamaesiphon incrustans	B	GRUNOW in RABENHORST
Chamaesiphon oncobyrsoides	B	GEITLER
Chamaesiphon polonicus	B	(ROSTAFINSKI) HANSGIRG
Chamaesiphon polymorphus	B	GEITLER
Chamaesiphon starmachii	B	KANN
Chamaesiphon subglobosus	B	(ROSTAFINSKI) LEMMERMANN
Chantransia - Stadien	R	FRIES
Characium sp.	G	A.BRAUN
Chondrocystis demochroa	B	(NAEGELE) KOMAREK & ANAGNOSTIDIS
Chroococcopsis cf. fluviatilis	B	(LAGERH.) KOMAREK & ANAGNOSTIDIS
Chroococcopsis gigantea	B	GEITLER
Cladophora glomerata	G	(LINNAEUS) KUETZING
Closterium acerosum	G	(SCHRANK) EHRENBERG ex RALFS
Closterium ehrenbergii	G	MENEGHINI ex RALFS

<i>Closterium leibleinii</i>	G	KUETZING ex RALFS
<i>Closterium moniliferum</i>	G	(BORY DE SAINT-VINCENT) EHRENBERG ex RALFS
<i>Closterium rostratum</i>	G	EHRENBERG ex RALFS
<i>Closterium cf. tumidulum</i>	G	GAY
<i>Closterium tumidum</i>	G	JOHNSON
<i>Cosmarium formosulum</i>	G	HOFF in NORDSTEDT
<i>Cosmarium laeve</i>	G	RABENHORST
<i>Cosmarium sp.</i>	G	CORDA ex RALFS
<i>Cosmarium subcostatum</i>	G	NORDSTEDT in NORDSTEDT & WITTRÖCK
<i>Cosmarium cf. subcucumis</i>	G	SCHMIDLE
<i>Draparnaldia glomerata</i>	G	(VAUCHER) C.AGARDH
<i>Geitlerinema amphibium</i>	B	(AGARDH) ANAGNOSTIDIS
<i>Geitlerinema cf. acutissimum</i>	B	(KUFFERATH) ANAGNOSTIDIS
<i>Geitlerinema splendidum</i>	B	(GREVILLE ex GOMONT) ANAGNOSTIDIS
<i>Gongrosira debaryana</i>	G	RABENHORST
<i>Gongrosira fluminensis</i>	G	FRITSCH
<i>Heteroleibleinia kuetsingii</i>	B	(SCHMIDLE) COMPERE
<i>Hildenbrandia rivularis</i>	R	(LIEBMANN) J.AGARDH
<i>Homoeothrix janthina</i>	B	(BORNET & FLAHAULT) STARMACH
<i>Homoeothrix varians</i>	B	GETTLER
<i>Hydrococcus cesatii</i>	B	RABENHORST
<i>Hydrococcus rivularis</i>	B	KUETZING
<i>Hydrodictyon reticulatum</i>	G	(LINNAEUS) LAGERHEIM
<i>Hydrurus foetidus</i>	C	(VILLARS) TREVISAN
<i>Klebsormidium cf rivulare</i>	G	(KUETZING) MORISON & SHEATH
<i>Komvophoron schmidlei</i>	B	(JAAG) ANAGNOSTIDIS & KOMAREK
<i>Lemanea fluviatilis</i>	R	(LINNAEUS) C.AGARDH
<i>Leptolyngbya foveolarum</i>	B	(RABENHORST ex GOMONT) ANAGNOSTIDIS & KOMAREK
<i>Microcoleus subtorulosus</i>	B	GOMONT ex GOMONT
<i>Microcoleus vaginatus</i>	B	(VAUCHER) GOMONT
<i>Microspora amoena</i>	G	(KUETZING) RABENHORST
<i>Microspora floccosa</i>	G	(VAUCHER) THURET
<i>Microspora stagnorum</i>	G	(KUETZING) LAGERHEIM
<i>Mougeotia</i>	G	C.AGARDH
<i>Nostoc parmelioides</i>	B	KUETZING ex BORNET & FLAHAULT
<i>Oedogonium capillare</i>	G	(LINNAEUS) KUETZING
<i>Oedogonium cf. pringsheimii</i>	G	C.E. CRAMER EX HIRN
<i>Oedogonium spp.</i>	G	HIRN
<i>Oscillatoria limosa</i>	B	C.AGARDH
<i>Paralemanea catenata</i>	R	(KUETZING) VIS et SHEATH
<i>Phaeodermatium rivulare</i>	B	HANSGIRG
<i>Phormidium autumnale</i>	B	(C.AGARDH) TREVISAN ex GOMONT
<i>Phormidium autumnale - Gruppe</i>	B	
<i>Phormidium breve</i>	B	(KUETZING ex GOMONT) ANAGNOSTIDES & KOMAREK
<i>Phormidium corium</i>	B	GOMONT
<i>Phormidium fonticulum</i>	B	KUETZING EX GOMONT
<i>Phormidium ingrediens</i>	B	BACKHAUS
<i>Phormidium retzii</i>	B	(C.AGARDH) GOMONT ex GOMONT
<i>Phormidium sp.</i>	B	KUETZING ex GOMONT
<i>Phormidium subfuscum</i>	B	KUETZING ex GOMONT

<i>Plectonema wollei</i>	B	(FARLOW EX GOMONT)
<i>Pleurocapsa minor</i>	B	HANSGIRG
<i>Pseudanabaena catenata</i>	B	LAUTERBORN
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i>	G	(C.AGARDH) KUETZING
<i>Schizothrix tinctoria</i>	B	GOMONT
<i>Sheathia boryana</i>	G	(SIRODOT) SALOMAKI & M.L.VIS
<i>Sphaerobotrys fluviatilis</i>	G	BUTCHER
<i>Spirogyra</i> spp.	G	LINK
<i>Stigeoclonium</i> sp.	G	KUETZING
<i>Stigeoclonium tenue</i>	G	(C.AGARDH) KUETZING
<i>Tetraspora gelatinosa</i>	G	(VAUCHER) DESVAUX
cf. <i>Tolypothrix/Hassalia</i> sp.	B	
<i>Tribonema regulare</i>	S	PASCHER
<i>Tribonema viride</i>	S	PASCHER
<i>Tribonema vulgare</i>	S	PASCHER
<i>Ulothrix</i> cf. <i>tenerrima</i>	G	KUETZING
<i>Ulothrix tenuissima</i>	G	KUETZING
<i>Ulothrix zonata</i>	S	(WEBER & MOHR) KUETZING
<i>Vaucheria</i>	S	DE CANDOLLE

Artenliste Diatomeen

Taxon	Autor	Summenhäufigkeit
<i>Achnanthes oblongella</i>	OESTRUP	3,49
<i>Achnanthes pusilla</i>	(GRUNOW) DE TONI	3,94
<i>Achnanthyidium delmontii</i>	PERES ET. AL.	209,78
<i>Achnanthyidium eutrophilum</i>	(LANGE-BERTALOT) LANGE-BERTALOT	6,21
<i>Achnanthyidium kranzii</i>	(LANGE-BERTALOT) ROUND & BUKHTIYAROVA	0,93
<i>Achnanthyidium minutissimum</i> var. <i>minutissimum</i>	(KUETZING) CZARNECKY	390,32
<i>Achnanthyidium pyrenaicum</i>	(HUSTEDT) KOBAYASI	0,24
<i>Achnanthyidium subatomus/rivulare</i>	(HUSTEDT) LANGE-BERTALOT/POTAPOVA & PONANDER	5,65
<i>Achnanthyidium subhudsonis</i>	(HUSTEDT) KOBAYASI	36,39
<i>Adlafia minuscula</i>	(GRUNOW) LANGE-BERTALOT	0,70
<i>Amphora copulata</i>	(KUETZING) SCHOEMAN & ARCHIBALD	0,22
<i>Amphora indistincta</i>	LEVKOV	0,24
<i>Amphora pediculus</i>	(KUETZING) GRUNOW	10,42
<i>Caloneis lancettula</i>	(SCHULZ) LANGE-BERTALOT & WITKOWSKI	0,92
<i>Cocconeis</i>	EHRENBERG	0,23
<i>Cocconeis pediculus</i>	EHRENBERG	0,45
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	(EHRENBERG) GRUNOW	20,43
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	(EHRENBERG) VAN HEURCK	39,60
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	EHRENBERG	16,60
<i>Cocconeis pseudolineata</i>	(GEITLER) LANGE-BERTALOT	1,17
<i>Craticula molestiformis</i>	(HUSTEDT) LANGE-BERTALOT	0,70
<i>Cymbella</i>	C.AGARDH	0,23
<i>Cymbella tumida</i>	(BREISSON) VAN HEURCK	1,55
<i>Cymbella vulgata</i>	KRAMMER	3,58

<i>Denticula tenuis</i>	KUETZING	0,24
<i>Diademsis perpusilla</i>	(GRUNOW) D.G.MANN	0,93
<i>Diatoma anceps</i>	(EHRENBERG) KIRCHNER	0,23
<i>Diatoma mesodon</i>	KUETZING	26,83
<i>Diatoma vulgare</i>	BORY DE SAINT-VINCENT	3,89
<i>Didymosphenia geminata</i>	(LYNGBYE) M.SCHMIDT	0,69
<i>Encyonema minutum</i>	(HILSE) D.G.MANN	25,13
<i>Encyonema silesiacum</i>	(BLEISCH) D.G.MANN	15,47
<i>Encyonema ventricosum</i>	(AGARD) GRUNOW	3,54
<i>Eolimna minima</i>	(GRUNOW) LANGE-BERTALOT	14,84
<i>Eolimna subminuscula</i>	(MANGUIN) LANGE-BERTALOT	19,21
<i>Epithemia adnata</i>	(KUETZING) BREBISSON	0,46
<i>Eunotia</i>	EHRENBERG	0,23
<i>Eunotia bilunaris</i>	(EHRENBERG) MILLS	2,33
<i>Eunotia minor</i>	(KUETZING) GRUNOW	5,11
<i>Eunotia soleirolii</i>	(KUETZING) RABENHORST	0,46
<i>Eunotia tenella</i>	(GRUNOW) HUSTEDT	0,23
<i>Fistulifera saprophila</i>	(LANGE-BERTALOT & BONIK) LANGE-BERTALOT	14,75
<i>Fragilaria</i>	LYNGBYE	0,47
<i>Fragilaria acus</i>	(KUETZING) LANGE-BERTALOT	9,87
<i>Fragilaria brevistriata</i>	GRUNOW	1,41
<i>Fragilaria brevistriata</i> var. <i>brevistriata</i>	GRUNOW	1,42
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>capucina</i>	DESMAZIERES	4,76
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i>	(KUETZING) LANGE-BERTALOT	28,53
<i>Fragilaria construens</i> f. <i>binodis</i>	(EHRENBERG) HUSTEDT	1,98
<i>Fragilaria construens</i> f. <i>venter</i>	(EHRENBERG) HUSTEDT	16,06
<i>Fragilaria exiguiformis</i>	LANGE-BERTALOT	0,69
<i>Fragilaria gracilis</i>	OESTRUP	14,84
<i>Fragilaria pararumpens</i>	LANGE-BERTALOT, HOFMANN & WERUM	104,62
<i>Fragilaria parasitica</i> var. <i>subconstricta</i>	GRUNOW	0,23
<i>Fragilaria pectinalis</i>	(O.MUELLER) LYNGBYE	0,46
<i>Fragilaria perminuta</i>	(GRUNOW) LANGE-BERTALOT	0,24
<i>Fragilaria pinnata</i>	EHRENBERG	0,66
<i>Fragilaria pulchella</i>	(RALFS) LANGE-BERTALOT	0,47
<i>Fragilaria recapitellata</i>	LANGE-BERTALOT & METZELTIN	0,92
<i>Fragilaria rumpens</i>	(KUETZING) CARLSON	0,70
<i>Fragilaria tenera</i>	(W.SMITH) LANGE-BERTALOT	0,45
<i>Fragilaria ulna</i>	(NITZSCH) LANGE-BERTALOT	5,85
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	(KUETZING) PETERSEN	23,79
<i>Fragilaria virescens</i>	RALFS	3,72
<i>Frustulia vulgaris</i>	(THWAITES) DE TONI	0,67
<i>Geissleria decussis</i>	(OESTRUP) LANGE-BERTALOT & METZELTIN	0,42
<i>Gomphonema</i>	EHRENBERG	3,91
<i>Gomphonema calcifugum</i>	LANGE-BERTALOT & REICHARDT	1,85
<i>Gomphonema cymbelliclinum</i>	REICHARDT & LANGE-BERTALOT	3,27
<i>Gomphonema elegantissimum</i>	REICHARDT & LANGE-BERTALOT	0,24
<i>Gomphonema exilissimum</i>	(GRUNOW) LANGE-BERTALOT & REICHARDT	2,34
<i>Gomphonema micropus</i>	KUETZING	2,25
<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>olivaceum</i>	(HORNEMANN) BREBISSON	0,70

<i>Gomphonema parvulum</i> var. <i>parvulum</i> f. <i>parvulum</i>	KUETZING	15,30
<i>Gomphonema parvulum</i> var. <i>parvulum</i> f. <i>saprophilum</i>	LANGE-BERTALOT & REICHARDT	2,54
<i>Gomphonema pumilum</i>	(GRUNOW) REICHARDT & LANGE-BERTALOT	14,53
<i>Gomphonema subclavatum</i>	(GRUNOW) GRUNOW	2,73
<i>Gomphonema truncatum</i>	EHRENBERG	0,24
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	(KUETZING) RABENHORST	0,24
<i>Halamphora normanii</i>	(RABENHORST) LEVKOV	0,22
<i>Hantzschia amphioxys</i> sensu stricto	(EHRENBERG) GRUNOW	0,21
<i>Hippodonta capitata</i>	(EHRENBERG) LANGE-BERTALOT, METZELTIN & WITKOWSKI	0,24
<i>Karayevia laterostrata</i>	(HUSTEDT) BUKHTIYAROVA	0,24
<i>Luticola goeppertiana</i>	(BLEISCH) D.G.MANN	0,48
<i>Mayamaea atomus</i>	(KUETZING) LANGE-BERTALOT	0,22
<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i>	(HUSTEDT) LANGE-BERTALOT	10,48
<i>Melosira varians</i>	C.AGARDH	31,01
<i>Meridion circulare</i> var. <i>circulare</i>	(GREVILLE) C.AGARDH	5,66
<i>Navicula amphiceropsis</i>	LANGE-BERTALOT & RUMRICH	0,48
<i>Navicula angusta</i>	GRUNOW	0,46
<i>Navicula antonii</i>	LANGE-BERTALOT	0,89
<i>Navicula capitatoradiata</i>	GERMAIN	2,07
<i>Navicula cryptocephala</i>	KUETZING	2,83
<i>Navicula cryptocephala</i> var. <i>cryptocephala</i>	KUETZING	2,57
<i>Navicula cryptotenella</i>	LANGE-BERTALOT	8,58
<i>Navicula exilis</i>	KUETZING	2,55
<i>Navicula germainii</i>	WALLACE	1,18
<i>Navicula gregaria</i>	DONKIN	65,06
<i>Navicula lanceolata</i>	(C.AGARDH) EHRENBERG	14,90
<i>Navicula pseudoarvensis</i>	HUSTEDT	0,23
<i>Navicula radiosa</i>	KUETZING	0,23
<i>Navicula reichardtiana</i>	LANGE-BERTALOT	2,84
<i>Navicula reichardtiana</i> var. <i>reichardtiana</i>	LANGE-BERTALOT	0,70
<i>Navicula rhynchocephala</i>	KUETZING	0,68
<i>Navicula rostellata</i>	KUETZING	0,23
<i>Navicula tripunctata</i>	(O.F.MUELLER) BORY DE SAINT-VINCENT	0,23
<i>Navicula veneta</i>	KUETZING	0,22
<i>Nitzschia</i>	HASSALL	20,84
<i>Nitzschia soratensis</i>	E. MORALES ET VIS	138,78
<i>Nitzschia acidoclinata</i>	LANGE-BERTALOT	1,40
<i>Nitzschia amphibia</i>	GRUNOW	19,68
<i>Nitzschia dissipata</i> ssp. <i>dissipata</i>	(KUETZING) GRUNOW	59,36
<i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>media</i>	(HANTZSCH) GRUNOW	10,01
<i>Nitzschia fonticola</i>	GRUNOW	43,15
<i>Nitzschia fonticola</i> var. <i>fonticola</i>	GRUNOW	9,09
<i>Nitzschia frequens</i>	HUSTEDT	0,23
<i>Nitzschia frustulum</i>	(KUETZING) GRUNOW	0,24
<i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>frustulum</i>	(KUETZING) GRUNOW	1,63
<i>Nitzschia linearis</i>	(C.AGARDH) W.SMITH	0,93
<i>Nitzschia linearis</i> var. <i>linearis</i>	(C.AGARDH) W.SMITH	0,47

<i>Nitzschia palea</i> var. <i>debilis</i>	(KUETZING) GRUNOW	5,63
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>palea</i>	(KUETZING) W.SMITH	5,58
<i>Nitzschia paleacea</i>	GRUNOW	28,12
<i>Nitzschia perminuta</i>	(GRUNOW) M.PERAGALLO	0,23
<i>Nitzschia recta</i>	HANTZSCH	0,69
<i>Nitzschia sociabilis</i>	HUSTEDT	0,91
<i>Nitzschia subacicularis</i>	HUSTEDT	0,86
<i>Nitzschia supralitorea</i>	LANGÉ-BERTALOT	0,72
<i>Nupela lapidosa</i>	(KRASSKE) LANGÉ-BERTALOT	1,85
<i>Parlibellus protractoides</i>	(HUSTEDT) WITKOWSKI, LANGÉ-BERTALOT & METZELTIN	0,24
Pennales		6,74
<i>Pinnularia</i>	EHRENBERG	0,46
<i>Pinnularia neomajor</i>	KRAMMER	0,23
<i>Pinnularia perirrorata</i>	KRAMMER	0,70
<i>Pinnularia sinistra</i>	KRAMMER	0,47
<i>Planothidium</i>	ROUND & BUKHTIYAVORA	0,22
<i>Planothidium frequentissimum</i>	(LANGÉ-BERTALOT) LANGÉ-BERTALOT	6,97
<i>Planothidium frequentissimum</i> var. <i>frequentissimum</i>	(LANGÉ-BERTALOT) LANGÉ-BERTALOT	11,04
<i>Planothidium lanceolatum</i>	(BREBISSEON EX KUETZING) LANGÉ-BERTALOT	23,22
<i>Planothidium rostratum</i>	(OESTRUP) LANGÉ-BERTALOT	0,24
<i>Platessa conspicua</i>	(MAYER) LANGÉ-BERTALOT	0,67
<i>Platessa hustedtii</i>	(KRASSKE) LANGÉ-BERTALOT	3,27
<i>Psammothidium acidoclinatum</i>	(LANGÉ-BERTALOT) LANGÉ-BERTALOT	0,23
<i>Psammothidium bioretii</i>	(GERMAIN) BUKHTIYAROVA & ROUND	0,46
<i>Psammothidium daonense</i>	(LANGÉ-BERTALOT) LANGÉ-BERTALOT	0,92
<i>Psammothidium rechtense</i>	(LECLERCQ) LANGÉ-BERTALOT	0,23
<i>Psammothidium subatomoides</i>	(HUSTEDT) BUKHTIYAROVA & ROUND	5,81
<i>Reimeria sinuata</i>	(GREGORY) KOCIOLEK & STOERMER	49,45
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	(C.AGARDH) LANGÉ-BERTALOT	15,63
<i>Sellaphora joubaudii</i>	(GERMAIN) ABOAL	1,38
<i>Sellaphora laevis</i>	(KUETZING) D.G.MANN	0,24
<i>Sellaphora pupula</i>	(KUETZING) MERESCHKOWSKY	0,23
<i>Sellaphora seminulum</i>	(GRUNOW) D.G.MANN	2,30
<i>Simonsenia delognei</i>	(GRUNOW) LANGÉ-BERTALOT	0,21
<i>Stauroneis separanda</i>	LANGÉ-BERTALOT & WERUM	0,22
<i>Surirella</i>	TURPIN	0,46
<i>Surirella angusta</i>	KUETZING	0,24
<i>Surirella roba</i>	LECLERCQ	0,23

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.](#)

Jahr/Year: 2021

Band/Volume: [NF_23](#)

Autor(en)/Author(s): Schütz Wolfgang, King Lydia

Artikel/Article: [Die benthische Algenflora der Elz \(Schwarzwald\) 83-124](#)