

Mitt. Bad. Landesverein Naturkunde u. Naturschutz	Bd.25	2023	DOI: 10.6094/BLNN/Mitt/25.04	Seiten 83-112	Freiburg/Breisgau Februar 2023
--	-------	------	------------------------------	---------------	-----------------------------------

Verbreitung und Zonierung der Makrophyten in der Elz (Schwarzwald)

WOLFGANG SCHÜTZ*

Zusammenfassung

Die makrophytische Vegetation der Elz, einem silikatisch geprägten, 74 km langen Nebenfluss des Rheins aus dem mittleren Schwarzwald wurde untersucht. Kartiert wurden 41 Abschnitte der Elz zwischen Quelle und Mündung in den Leopoldskanal und 4 Abschnitte in Zuflüssen. Zusätzlich wird die Entwicklung der aquatischen Vegetation zwischen 2006 und 2021 im Unterlauf dargestellt. Unterhalb der Mittelwasser-Linie wurden 21 Moose und 35 Gefäßpflanzen, darunter 9 Hydrophyten gefunden. Am häufigsten und am weitesten verbreitet waren die Moose *Platyhypnidium riparioides*, gefolgt von *Amblystegium fluviatile* und *Brachythecium rivulare*. Auf den Oberlauf beschränkt waren *Hygrohypnum ochraceum* und *Scapania undulata*, *Chiloscyphus polyanthos* fiel erst im Unterlauf aus. Die Deckung der submersen Vegetation nahm mit zunehmendem Abstand von der Quelle tendenziell ab und erreichte erst kurz vor der Mündung mit dem Erscheinen dichter *Ranunculus fluitans*-Bestände wieder einen hohen Wert. Ausgehend von einer Cluster-Analyse wird die Elz in fünf aufeinander folgende floristische Zonen untergliedert, von denen die 4 oberen von Moosen dominiert werden. Nur die erst kurz vor der Mündung einsetzende fünfte Zone wird von Gefäßpflanzen (*Ranunculus fluitans*) besiedelt. Eine merkbare und dauerhafte Veränderung der aquatischen Vegetation war im Unterlauf zwischen 2006 und 2015 nicht festzustellen, erst danach und nur im untersten Abschnitt setzte eine durch Renaturierungsmaßnahmen verursachte Zuwanderung und Etablierung einiger bisher dort nicht heimischer Hydrophyten ein. Zusammensetzung, Zonierung und Verbreitungsmuster der aquatischen Flora werden in erster Linie durch die gefälleabhängigen Abfluss- und Strömungs-Verhältnisse geprägt. Von Bedeutung sind ebenfalls die geochemischen Bedingungen, die sich im Fehlen von Kalkzeigern im Unterlauf und die Beschränkung von Säurezeigern (*Scapania undulata*, *Hygrohypnum ochraceum*, *Marsupella emarginata*) auf den schwach sauren Oberlauf widerspiegeln. Vergleiche mit anderen Schwarzwald-Fließgewässern zeigen eine ähnliche, vorwiegend aus wenigen Moosarten und zwei typischen Weichwasser-Hydrophyten (*Callitriche hamulata*, *Ranunculus peltatus*) zusammengesetzte aquatische Flora, die mit abnehmendem Gefälle regelmäßig von *Ranunculus fluitans*-Be-

* Dr. Wolfgang Schütz, Im Jägeracker 28, D-79312 Emmendingen, wolf.schuetz@gmx.de

ständen abgelöst wird. Trotzdem sind im Vergleich mit benachbarten Flüssen Unterschiede im Arteninventar und in den Verbreitungsmustern einzelner Arten unübersehbar.

Schlüsselwörter

Wasserpflanzen, Wassermoose, Fließgewässer, Schwarzwald, Verbreitungsmuster, Vegetationsdynamik

Abstract

The macrophytic vegetation of the river Elz, a siliceous, 74 km long tributary of the Rhine rising in the central part of the Black Forest was studied. Mapping was carried out on 41 sections between the source and its mouth in the Leopolds-Channel and 4 sections in its tributaries. In addition, the development of the aquatic vegetation between 2006 and 2021 in the lower reaches is shown. 21 mosses and 35 vascular plants, including 9 hydrophytes, were found below the mean water level. The most common and widespread mosses were *Platyhypnidium riparioides*, followed by *Amblystegium fluviatile* and *Brachythecium rivulare*. *Hygrohypnum ochraceum* and *Scapania undulata* were restricted to the upper reaches, while *Chiloscyphus polyanthos* was absent in the lower course. The coverage of the submerged vegetation tended to decrease with increasing distance from the source, and reached a high coverage again with the occurrence of dense *Ranunculus fluitans*-populations just before the river mouth. Based on a cluster analysis, the Elz is subdivided into five consecutive floristic zones, of which the four upper zones are dominated by mosses. The fifth zone, which begins shortly before the river mouth, is colonized by vascular plants (*Ranunculus fluitans*). A noticeable and permanent change in the aquatic vegetation did not occur in the lower reaches between 2006 and 2015. Only 2016 and only in the lowest section an immigration and establishment of some hydrophytes took place, caused by renaturation measures. Composition, zonation and distribution patterns of the aquatic flora are primarily shaped by the slope-dependent runoff and flow conditions. Important are also the geochemical conditions, which are reflected in the absence of indicators for calcareous conditions in the lower reaches and the restriction of acido-tolerant species (*Scapania undulata*, *Marsupella emarginata*) to the weakly acidic upper reaches. Comparisons with other Black Forest rivers show a similar aquatic flora composed mainly of a few moss-species and two typical soft-water hydrophytes (*Callitriche hamulata*, *Ranunculus peltatus*), which are regularly replaced by *Ranunculus fluitans* in the lower reaches. Nevertheless, in comparison with neighboring rivers, differences in species composition and within-river distribution patterns of individual species are evident in the river Elz.

Key words

Waterplants, aquatic mosses, running water, Black Forest, distribution patterns, vegetation dynamics

1. Einleitung

Zur Verbreitung und Zonierung von Makrophyten in Fließgewässern in Baden-Württemberg gibt es mittlerweile eine stattliche Zahl von Untersuchungen, wobei es große Unterschiede hinsichtlich ihrer Dichte und Intensität zwischen den verschiedenen Landesteilen gibt. Gut bekannt ist die Verbreitung der Makrophyten in der Oberrhein-Aue (KRAUSE 1971, PHILIPPI 1978), im Rhein (VANDERPOORTEN & KLEIN 1999), der Schwäbischen Alb einschließlich

der Donau und in Oberschwaben (SCHÜTZ 1992, 1995, SCHÜTZ et al. 2008, 2018). Zu den weniger gut untersuchten Regionen ist auch der Schwarzwald zu zählen.

Den Anstoss, sich mit der Flora und Vegetation eines der großen rechtsseitigen Rhein-Nebenflüsse aus dem Schwarzwald näher zu befassen, gab dessen Auswahl als eines von vier modellhaften Umgestaltungsprojekten an Fließgewässern in Baden-Württemberg durch die LUBW. Das von einer Untersuchung der limnischen Fauna und Flora begleitete, zwischen 2015 und 2017 umgesetzte Projekt (ALAND 2017, BECKER et al. 2020) betraf zwar nur den untersten Abschnitt der Elz bis zur Mündung in den Leopoldskanal, ist aber für weitere Abschnitte geplant. Eine Kartierung und Darstellung der makrophytischen Vegetation des gesamten Flusses erscheint vor diesem Hintergrund sinnvoll, so wie sie bereits für die Algen vorliegt (SCHÜTZ & KING 2021). Wie in dieser Arbeit soll auch in vorliegender Untersuchung der Schwerpunkt auf der Erfassung des Arteninventars, sowie der Verbreitung und Häufigkeit der Arten im Längsverlauf liegen. Auf dieser Grundlage wird versucht, eine floristische Zonierung herauszuarbeiten und die ihr zugrunde liegenden ökologischen Faktoren zu ermitteln.

Vergleiche mit anderen silikatisch geprägten Fließgewässern der Region ermöglichen weitere Untersuchungen der aquatischen Vegetation, u.a. der Schutter (SCHÜTZ et al. 2014), der Moose des Dreisam-Systems (STINGL 1991), sowie der Donau-Quellflüsse Brigach und Breg (BACKHAUS 1967, SCHMIDT et al. 2018). Auch für Bäche und Flüsse im Schluchseegebiet (AG.LN 2016) und der Freiburger Bucht (DÖRING 1979) liegen limnologisch-floristische Arbeiten vor. Im Nordschwarzwald wurde die Verbreitung der Makrophyten in den Flüssen Alb und Nalgold von MONSCHAU-DUDENHAUSEN (1982) kartiert, sowie die Zonierung der Wassermoose in einigen ehemals stark von der Versauerung betroffenen Bächen der Hochlagen (TREMPE & KOHLER 1993). Neben diesen Publikationen liefern auch die im Zuge des WRRM-Monitorings erhobenen Daten zum Makrophytenbestand zahlreicher Fließgewässer-Probestellen im Schwarzwald wertvolle Vergleichsmöglichkeiten (LUBW 2015a, SCHÜTZ 2017).

2. Flussbeschreibung

Die Elz entspringt im südöstlichen Schwarzwald nahe des Rohrhardsbergs auf 1089 m NHN und mündet nach 74 km Lauflänge bei Riegel in den Leopoldskanal (SCHNEIDER 2000). Das Einzugsgebiet der Elz hat Anteil an den naturräumlichen Einheiten Schwarzwald und Oberrhein-Tiefland (Abb. 1).

Der Oberlauf fließt zunächst durch ein muldenförmiges Hochtal, dann, nach einer Steilstufe mit einigen kleinen Wasserfällen, bis Oberprechtal durch ein steiles, tief eingeschnittenes Kerbtal (SCHNEIDER 2000). Im Hochtal weist die Elz, abgesehen von einer blockreichen Steilstufe beim Korallenhaus, mit stark ausgeprägten Mäandern und ihrer vermoorten Aue Merkmale eines Hügelland-Baches auf (FORSCHUNGSGRUPPE FLIEßGEWÄSSER 1993). Das Gefälle nimmt nach anfangs 8,2% bereits nach circa 600 m Laufstrecke im weiteren Verlauf des Hochtals auf durchschnittlich 2,4 % ab. Am Beginn der kaskadenartigen Wasserfälle wird die Elz zu einem turbulent fließenden, gestreckt verlaufenden Kerbtalbach, in dessen Bett zahlreiche Großblöcke aus Granit auffallen. Bis Oberprechtal ist das Gefälle mit 5 % wieder wesentlich höher. In Oberprechtal knickt die bisher nach Norden verlaufende Elz scharf in Richtung Südwesten ab und geht in den Mittellauf über (SCHNEIDER 2000). Hier ist auch

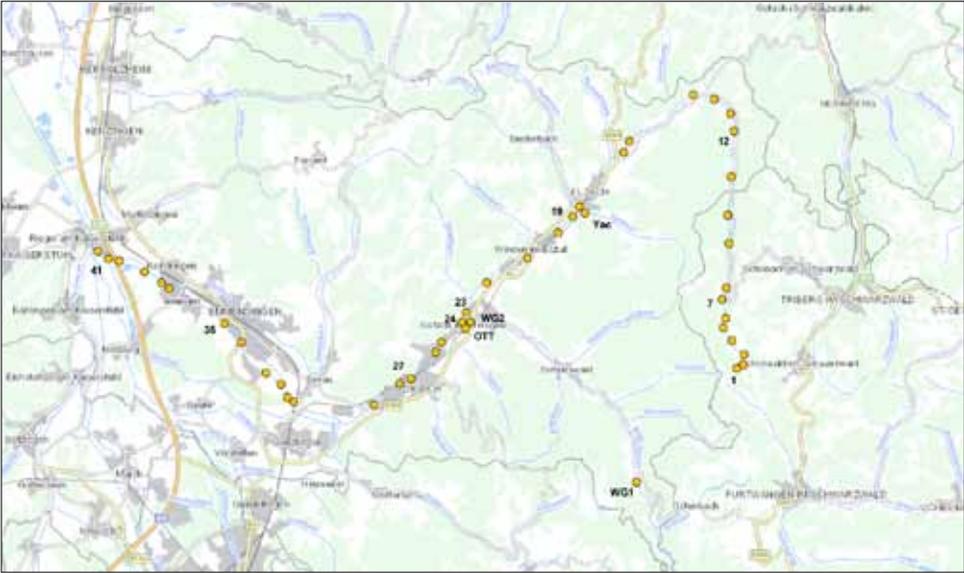


Abb. 1: Lage der Probestellen im Lauf der Elz. Die Stellen sind von der Quelle (1) bis zur Mündung in den Leopoldskanal (41) durchlaufend nummeriert; Yac = Yach in Elzach, WG = Wilde Gutach - im Oberlauf (WG2) und nahe Mündung (WG1), OTT = Kanal Ottensteg in Gutach. Grundlage: Daten aus dem Räumlichen Informations- und Planungssystem (RIPS) der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW).

der Übergang in ein Sohlenkerbtal zu beobachten und das Grundgestein wechselt von Granit zu Gneis. Das Gefälle reduziert sich nun rasch, erreicht bis Elzach einen Wert von 1,6 % und wird im Windener Elztal mit 0,7 % nochmals deutlich flacher. Trotz des schwächeren Gefälles besteht das Sohlmaterial weiterhin vorwiegend aus Steinen und Blöcken mit nur geringen Kies- und Sand-Anteilen. Das mittlere Elztal zwischen Elzach und Waldkirch ist ein breites Sohlental, das von der Elz in weiten Bögen durchflossen wird (SCHNEIDER 2000). Unterhalb der Stadt Waldkirch tritt die Elz in die naturräumlich zur Oberheinebene gehörende Freiburger Bucht aus. Das Gefälle der Fließstrecke zwischen Waldkirch und Riegel am Kaiserstuhl verringert sich weiter auf ca. 0,3 % und unterhalb von Emmendingen auf < 0,1 %. Aber auch hier bestimmen Steine und in geringerem Maße Blöcke das Erscheinungsbild der Sohle (Abb. 11). Bei Riegel mündet die Elz auf 175 m NHN in den 12 km langen Leopoldskanal, der das gesammelte Wasser von Elz, Dreisam und Glotter auf direktem Weg dem Rhein zuleitet (LANGE 2007, RP FREIBURG 2015).

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). Der mittlere jährliche Abfluss (MQ) liegt im Windener Elztal bei Bleibach bei 3,87 m³/s (1988 – 2009). Ab hier erhöht sich die Wasserführung erheblich durch den Zufluss der Wilden Gutach (MQ 4,4 m³/s) Nach (geschätzten) Angaben von ALAND (2017) liegen die Abflüsse in Riegel bei ca. 10,8 m³/s.

Während die Gewässerstruktur des Oberlaufes nur wenig verändert ist, zeigt der obere Mittellauf im Windener Elztal eine überwiegend deutliche bis stark veränderte, der Unterlauf ab Waldkirch-Buchholz eine sehr stark bis vollständig veränderte Struktur (LUBW 2010). Das kanalisierte Flußbett ist im Unterlauf in regelmäßigen Abständen mit Sohlschwellen aus Granit und Buntsandstein verbaut und durch ein durchgehendes Doppeltrapez-Profil gesichert. Diese ursprünglich bis zur Mündung durchlaufende Struktur wurde zwischen 2015 und 2017 von Teningen bis Riegel im Zuge von Revitalisierungs-Maßnahmen verändert. Die Maßnahmen bestanden vorwiegend in einer Vorland-Umgestaltung und einer Rückverlegung der Dämme bei Teningen-Köndringen, sowie dem Einbau von Querbuhnen und Strömungslenkern zwischen der Autobahn A5 und Riegel (ALAND 2017).

3. Methoden

3.1 Kartierung

Die aquatische Vegetation wurde in 45 morphologisch und hydrologisch einheitlichen Abschnitten von 30 - 50 m Länge aufgenommen, angeordnet in Abständen von 50 m bis 4 km zwischen Quelle und Mündung (Abb. 1). Längere Probestrecken von ca. 100 m Länge wurden lediglich im mündungsnahen, von Makrophyten dominierten Unterlauf der Elz verwendet. Die Abschnitte liegen alle in der frei fließenden Elz; Ausleitungskanäle und Stauhaltungen sind nicht berücksichtigt. Zu Vergleichszwecken wurden zusätzlich 4 Abschnitte in größeren Nebenflüssen untersucht: die Yach kurz vor der Mündung, der offene unterste Abschnitt der WKA-Rohrleitung Ottensteg, sowie jeweils ein Abschnitt der Wilden Gutach im Oberlauf und kurz vor der Mündung.

Aufgenommen wurden alle Gefäßpflanzen und Moose unterhalb der Mittelwasser-Linie, zusätzlich Arten, die zwar meistens amphibisch wachsen, aber deren Verbreitung eng an Fließgewässer gebunden ist. Bei den Moosen handelt es sich bis auf *Thamnobryum alopecurum* um Arten, die in SAUER & AHRENS (2006) als Wassermoose eingestuft sind (*Schistidium rivulare*, *Racomitrium aciculare*, *Marchantia polymorpha*). Es ist bei den Häufigkeitsangaben zu beachten, daß alle submers vorgefundenen Moose auch oberhalb der Mittelwasser-Linie wachsen. Diese Vorkommen sind bei den Mengen- und Verbreitungsangaben nicht berücksichtigt. Die Häufigkeit bzw. Pflanzenmenge der Arten wurde nach der Methode von KOHLER & JANAUER (1995) mit einer 5-stufigen Skala geschätzt:

1 – sehr selten, 2 – selten, 3 – zerstreut, 4 – häufig, 5 – sehr häufig, massenhaft

Die Kartierung wurde zwischen April und Oktober 2020 durchgeführt, ergänzt durch wenige Aufnahmen aus den Jahren 2017 und 2021.

Um Ähnlichkeitsstrukturen im Datenbestand leichter zu erkennen, wurde der Datensatz mit Hilfe einer Cluster-Analyse ausgewertet. Verwendet wurde das Complete Linkage-Verfahren; eine Gewichtung der Häufigkeit erfolgte nach der Formel von Ochiai. Dieser Index ist die binäre Form des Kosinus-Ähnlichkeitsmaßes, der Wertebereich erstreckt sich von 0 bis 1. Die Analyse wurde mit dem Programm Vegedaz (KÜCHLER 2019) durchgeführt. Weggelassen wurde die Aufnahme 38, die fast völlig pflanzenleer war (Abb. 3).

Der Darstellung der zeitlichen Entwicklung der submersen Vegetation im Unterlauf der Elz dienen Aufnahmen des Autors aus den Jahren 2006 bis 2021, zum kleinen Teil publiziert in

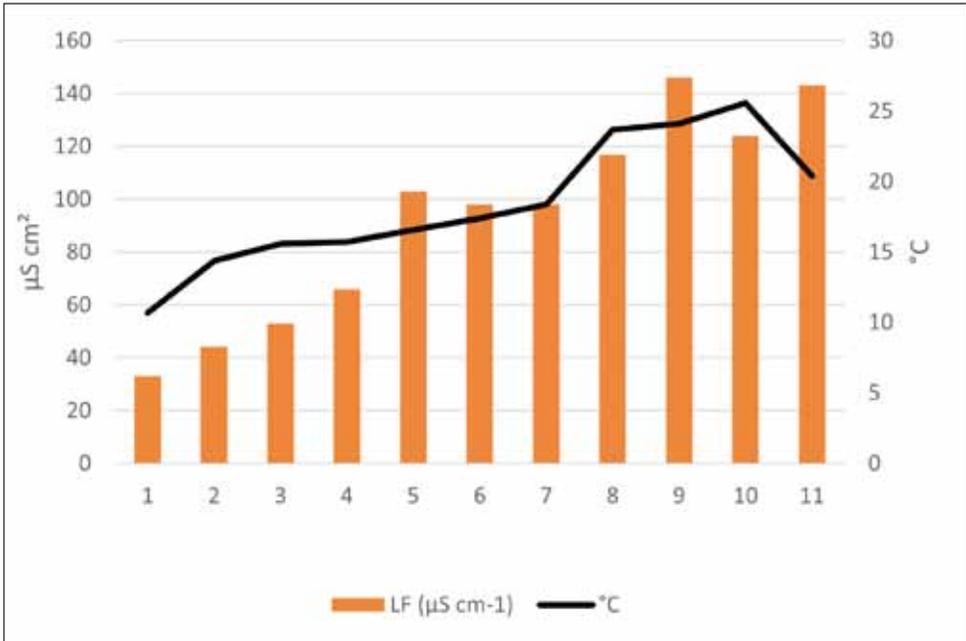


Abb. 2: Elektrische Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$) und Wassertemperatur ($^{\circ}\text{C}$) im Längsverlauf der Elz zwischen Rohrhardtsberg (888 m NHN) und Mündung in den Leopoldskanal (177 m NHN). Die Messung erfolgte am 5.6.2019 zwischen 13:30 (Rohrhardtsberg) und 16:15 (vor Mündung in Leopoldskanal).

BECKER et al. (2020), RIEDMÜLLER et al. (2019) und SCHÜTZ & KING (2019). Die Kartierung erfolgte in diesen Fällen nach der WRRL-Handlungsanweisung (SCHAUMBURG et al. 2012), das methodisch mit dem hier verwendeten Verfahren übereinstimmt, aber etwas längere Probestrecken (circa 100m) für die Aufnahme vorsieht.

Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen folgt BUTTLER et al. (2018), die der Moose SAUER & AHRENS (2006). Eine Unterscheidung zwischen *Amblystegium fluviatile* und *A. tenax* wurde anhand von Blatt- und Wuchsform getroffen (SMITH 1978); morphologisch zweifelhafte Formen wurden *A. fluviatile* zugeordnet. Verwendet werden in Bezug auf die angetroffenen Arten folgende Begriffe: „Hydrophyt“ für Pflanzen, die untergetaucht oder mit Schwimmblättern im Wasser leben, „Helophyt“ für Pflanzen, deren Sprossbasis im Wasser steht, aber deren Sprosse über die Wasseroberfläche emporragen und „Haptophyten“ für Pflanzen ohne echte Wurzeln (Wassermoose), die mit Rhizoiden am Substrat verankert sind.

3.2 Chemismus

Kontinuierlich gemessen werden mehrere chemische Parameter in der Elz an zwei Stellen im Unterlauf durch die LUBW (2021): im oberen Unterlauf bei Vordersexau (CEL 505) und nahe der Mündung bei Riegel (CEL 704). Ergänzend wurden an mehreren Terminen und an verschiedenen Stellen pH-Wert, Leitfähigkeit und Wassertemperatur gemessen, die beiden letztgenannten Parameter auch am 5.6.2019 im Längsverlauf der Elz (Abb. 2). Für die Messungen wurden Geräte der Firma Greisinger verwendet.

4. Ergebnisse

4.1 Chemismus

Kalkgehalt und Leitfähigkeit in der Elz sind niedrig und entsprechen den Werten für ein silikatisches Gewässer (FORSCHUNGSGRUPPE FLIEßGEWÄSSER 1998, Abb. 2). Mittelwerte, Minima und Maxima (monatliche Stichproben der LUBW 2015 bis 2019) für die Leitfähigkeit liegen in Vordersexau bei 109 (67 – 157) $\mu\text{S cm}^{-1}$, nahe der Mündung in Riegel bei 156 (69 – 334) $\mu\text{S cm}^{-1}$. Der nur bei Riegel gemessene Calcium-Gehalt schwankt zwischen 7,1 und 37,8 mg/l, bei einem Mittelwert von 14,7 mg/l (LUBW 2020). Leitfähigkeit, pH-Wert und Wassertemperatur zeigen eine stetige Zunahme im Längsverlauf (Abb. 2). Im Oberlauf wurden zu verschiedenen Zeitpunkten Leitfähigkeits-Werte zwischen 30 und 50 gemessen, im Mittellauf nahmen die Werte bis auf circa 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$ zu (SCHÜTZ & KING 2021). Eine signifikante Erhöhung der Leitfähigkeit-Werte wird bei Niedrigwasser-Abflüssen durch die Einleitung von Abwasser aus der Kläranlage „Untere Elz“ verursacht (RIEDMÜLLER et al. 2019).

Die pH-Werte liegen im Oberlauf nach eigenen Messungen im leicht sauren Bereich. Im April und November 2020, sowie Ende Februar 2021 gemessene Werte lagen im quellnahen Oberlauf stets zwischen 5,9 und 7. Messungen im Längsverlauf der Elz bei Niedrigwasser am 23.11.2020 zeigen einen leichten, aber zumindest bis Elzach kontinuierlichen Anstieg der pH-Werte von 6,0 nahe der Quelle auf 7,4 bei Elzach und 7,6 in Emmendingen. HÖFER & RIEDMÜLLER (2016) geben für die Elz Werte zwischen 7,1 und 7,8 an. Wesentlich höher sind die pH-Schwankungen im Unterlauf. Die an den LUBW-Meßstellen gemessenen Mittelwerte, Minima und Maxima (2015 bis 2019) der pH-Werte liegen nahe der Mündung (CEL704) bei 8,2 (7,2 – 9,6), die Werte in Vordersexau (CEL 505) weichen davon kaum ab. Im Unterlauf wurden bei Niedrigwasser im Sommer häufiger Werte über 9 gemessen, am 21.9.2020 erreichte der pH-Wert während einer extremen Niedrigwasser-Situation und starker Entwicklung fädiger Grünalgen nahe Emmendingen-Kollmarsreute sogar 10,2.

Allochthone trophische Belastungen der Elz werden v.a. durch die Kläranlage in Elzach und Teningen-Köndringen, in geringerem Maße durch die Kläranlage Winden verursacht (RIEDMÜLLER et al. 2019). Unterhalb dieser Kläranlage werden die von der FORSCHUNGSGRUPPE FLIEßGEWÄSSER (1998) für unbelastete silikatische Fließgewässer des Schwarzwaldes ermittelten Richtwerte bei wichtigen chemischen Parametern überschritten (Stickstoff 1,1 mg/l, ortho-Phosphat 0,046 mg/l). Nach RIEDMÜLLER et al. 2019) sinken die Konzentrationen recht bald wieder auf unkritische Werte. Stärker belastet durch Abwässer der Kläranlage Untere Elz ist der mündungsnaher Abschnitt der Elz, was bei länger anhaltenden Niedrigwasser-Phasen zu erhöhten Nährstoff-Konzentrationen führt.

4.2 Taxazahlen und Pflanzenmengen

In den 41 untersuchten Abschnitten der Elz wurden 57 Arten unterhalb der Mittelwasserlinie nachgewiesen, darunter 21 Moose, 1 Schachtelhalm und 35 Gefäßpflanzen, von denen allerdings nur 9 als Hydrophyten zu bezeichnen sind. Bei den restlichen Arten handelt es sich um Helophyten und sonstige Arten nasser Standorte. Im Mittel kamen in einer Probestrecke 8,3 Arten vor, die Artenzahl schwankte zwischen 1 und 13. Nur in wenigen Fällen war die Zahl der Gefäßpflanzen größer als die Zahl der Moose (Tab. 1).

Die Vegetationsbedeckung der Sohle schwankte mit Werten zwischen 0,1 und 70% sehr stark, auch innerhalb der einzelnen Flußabschnitte. Im Oberlauf lag der Median der Deckungswerte bei 20%, im Mittellauf bei 4% und im Unterlauf bis zur A5 bei 1%. Abweichend von dieser Abfolge war der unterste Abschnitt zwischen A5 und Mündung, der aufgrund der starken Entwicklung submerser Gefäßpflanzen im Sommer eine Deckung von 50% und mehr erreichen kann (Tab. 2). Fast flächendeckend war der submerse Bewuchs im offenen untersten Abschnitt der WKA-Rohrleitung Ottensteg in Gutach (Tab. 1)

4.3 Flora

Moose: Der weitaus größte Teil der Elz wird ausschließlich oder überwiegend von Moosen besiedelt. Ausnahmen sind die kurze Fließstrecke zwischen Teningen und der Elz-Mündung und ein Abschnitt im Hochtal oberhalb des Vogte-Hofes, in denen Phanerogamen vorherrschen. Moosbestände haben ihre größte Ausdehnung im Oberlauf und dünnen im Mittellauf aus. Besiedelt werden v.a. große Blöcke von der Niedrigwasser- bis zur Hochwasserlinie, aber im Oberlauf auch häufig permanent submerse, kleinere Steine und Geröll. Im Mittellauf konzentriert sich die Besiedlung zunehmend auf schnell überflossene Blockrampen und Flußbausteine am Ufer. Im Unterlauf sind Moose fast nur an eingebrachten Sohlenschwellen und einzelnen lagestabilen Blöcken zu finden, unterhalb von Teningen ist die Elz fast völlig frei von Moosen.

Am weitesten verbreitet und in 33 Abschnitten submers vertreten war *Platyhypnidium riparioides*, gefolgt von *Amblystegium fluviatile* mit 30, *Chiloscyphus polyanthos* in 27 und *Brachythecium rivulare* mit 25 Vorkommen. Bis auf *C. polyanthos* ist bei diesen häufigen Moosen eine Konzentration auf bestimmte Flußabschnitte nicht zu erkennen, wohl aber bei einigen weiteren, weniger weit verbreiteten Moosen. Von diesen ist *Scapania undulata* auf den Oberlauf, *Chiloscyphus polyanthos* auf den Ober- und Mittellauf beschränkt. Weniger auffällig sind die Verbreitungsmuster bei *Fontinalis antipyretica*, das im Oberlauf selten ist und *Fontinalis squamosa*, das im Unterlauf zu fehlen scheint. Allerdings kommt *Fontinalis squamosa* wieder im Mühlbach nahe Emmendingen-Kollmarsreute vor, dessen Wasser oberhalb von Kollmarsreute aus dem Unterlauf der Elz abgezweigt wird. *Fontinalis antipyretica* wächst sogar noch in der Mühlbach-Mündung oberhalb Riegel, dringt von dort aber nicht in die Elz vor. Zu den seltenen Arten gehören *Hygrohypnum duriusculum*, das in meist sehr kleinen Beständen zwischen Oberprechtal und Emmendingen gefunden wurde, sowie *Racomitrium aciculare* und *Hygrohypnum ochraceum*, die nur in einigen Probestellen im Oberlauf vorkamen. Auf den obersten quellnahen Abschnitt beschränkt war das Lebermoos *Marsupella emarginata*. Bei weiteren, in Tab. 1 nur ein- oder wenige Male aufgeführten Moosen handelt es sich um Arten, die ihren Verbreitungsschwerpunkt oberhalb der Mittelwasser-Linie haben, z.B. *Brachythecium plumosum*, *Dichodontium pellucidum*, *Pellia epiphylla* und *Plagiochila porellioides*. Es ist davon auszugehen, daß insbesondere *B. plumosum* an vielen, weniger häufig überschwemmten Stellen keineswegs selten ist.

Gefäßpflanzen: Artenzahl und Menge der submersen Gefäßpflanzen (Hydrophyten) in der Elz sind gering, auch wenn Beobachtungen außerhalb der untersuchten Abschnitte berücksichtigt werden. Die einzigen Hydrophyten im Ober- und Mittellauf sind *Callitriche hamulata* und *Ranunculus peltatus*. Bis auf die Fließstrecke im Hochtal oberhalb der Elzfälle, die größere Bestände von *Callitriche hamulata* beherbergt, sind beide Arten in der Elz

nur vereinzelt oder in kleinen Gruppen vertreten. Häufiger sind Hydrophyten in einigen Stauhaltungen im Mittellauf. Hier finden sich hin und wieder auch Wasserhahnenfüße, die aufgrund ihrer Länge und Blattmorphologie dem *Ranunculus penicillatus*-Hybridkomplex zuzuordnen sind.

Erst unterhalb Teningen kommen weitere Hydrophyten hinzu. Zuerst vereinzelt, oberhalb der Autobahn A5 dann zunehmend häufiger, stellen sich *Ranunculus fluitans*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton crispus* und *Elodea nuttallii* ein. Letztere kommt als einzige dieser Arten in kleinen Beständen und nur in geschützter Lage auch noch oberhalb von Emmendingen in der Elz vor. Eine Massentwicklung von *Ranunculus fluitans* und in geringerem Maße von *Myriophyllum spicatum* ist auf die kurze Strecke zwischen der A5 und der Mündung in den Leopoldskanal beschränkt. Hin und wieder und saisonal stark in ihrer Abundanz schwankend finden sich hier neben *Callitriche hamulata* auch *C. obtusangula* und *C. stagnalis*. In die Elz gelangen sie, wie auch weitere Hydrophyten, durch Eintrag aus einigen Zuflüssen (Feuerbach und Seitengräben), *Ranunculus peltatus* und *Elodea nuttallii* wahrscheinlich überwiegend durch Einschwemmung von Pflanzenteilen aus den Hydrophyten-reichen Bewässerungsgräben bei Waldkirch-Buchholz, *Potamogeton crispus* vermutlich aus dem in Teningen in die Elz mündenden Mühlbach, der in Emmendingen-Wasser abgezweigt wird und südwestlich der Elz verläuft.

Höher als die der Hydrophyten ist die Artenzahl der Helophyten. Vertreter dieser Gruppe finden wir v.a. im Oberlauf und im Unterlauf unterhalb Emmendingen, kaum aber im Mittellauf. Bis auf die weit verbreiteten Ufergräser *Agrostis stolonifera* und *Phalaris arundinacea* sind diesen beiden durch ca 600 m Höhenunterschied getrennten Fließstrecken aber nur wenige Arten gemeinsam. Nur im Hochtal wurden *Ranunculus flammula* und *Peplis portula* gefunden, *Caltha palustris* und *Cardamine amara* wachsen auch noch im Oberlauf unterhalb der Elzfälle im Flußbett. Im Unterlauf treten dagegen neben den kleineren amphibischen Arten *Myosotis scorpioides* und *Nasturtium officinale*, mit *Carex acuta*, *C. acutiformis*, *Spartanium erectum*, *Lythrum salicaria* und *Leersia oryzoides* hochwüchsige Helophyten auf. *Agrostis stolonifera* und *Phalaris arundinacea* kommen nicht mehr nur vereinzelt vor, sondern bilden zumindest streckenweise zusammenhängende Röhrichte, vorzugsweise auf in den Fluß abgerutschten Rasensoden aus dem Uferbereich.

4.4 Floristische Zonierung

Die Cluster-Analyse unterteilt die Probestellen bei einem Schwellenwert von 0,555 in 8 Gruppen (Abb. 3). Zusammenhängende, gut differenzierte Gruppen bilden die moos-dominierten Aufnahmen in der oberen Elz zwischen Quelle und Unterprechtal (Gruppe 5; 2 bis 16) und von Unterprechtal bis Emmendingen (Gruppe 8; 17 bis 34). Die drei Abschnitte in den großen Nebenflüssen Yach und Wilde Gutach fügen sich zwanglos in die Klasse 8 ein. Der dicht von Moosen besiedelte Zufluß Kanal Ottensteg in Gutach (OTT), der im Mittellauf im Bereich der Gruppe 8 liegt, wird der Gruppe 5 zugeschlagen (Abb. 3). Stärker aufgespalten ist die Fließstrecke zwischen Emmendingen und der Mündung (Klassen 4, 6 und 7, 35 bis 41), die überwiegend von Gefäßpflanzen besiedelt werden. Die sehr weit voneinander entfernten Abschnitte 1, 3 und 36 heben sich durch ihre stark abweichende Artenzusammensetzung von den restlichen Aufnahmen ihrer Höhenlage ab und werden als eigene Gruppen abgetrennt. Gemeinsam mit den Abschnitten im Unterlauf ist dem Abschnitt 3

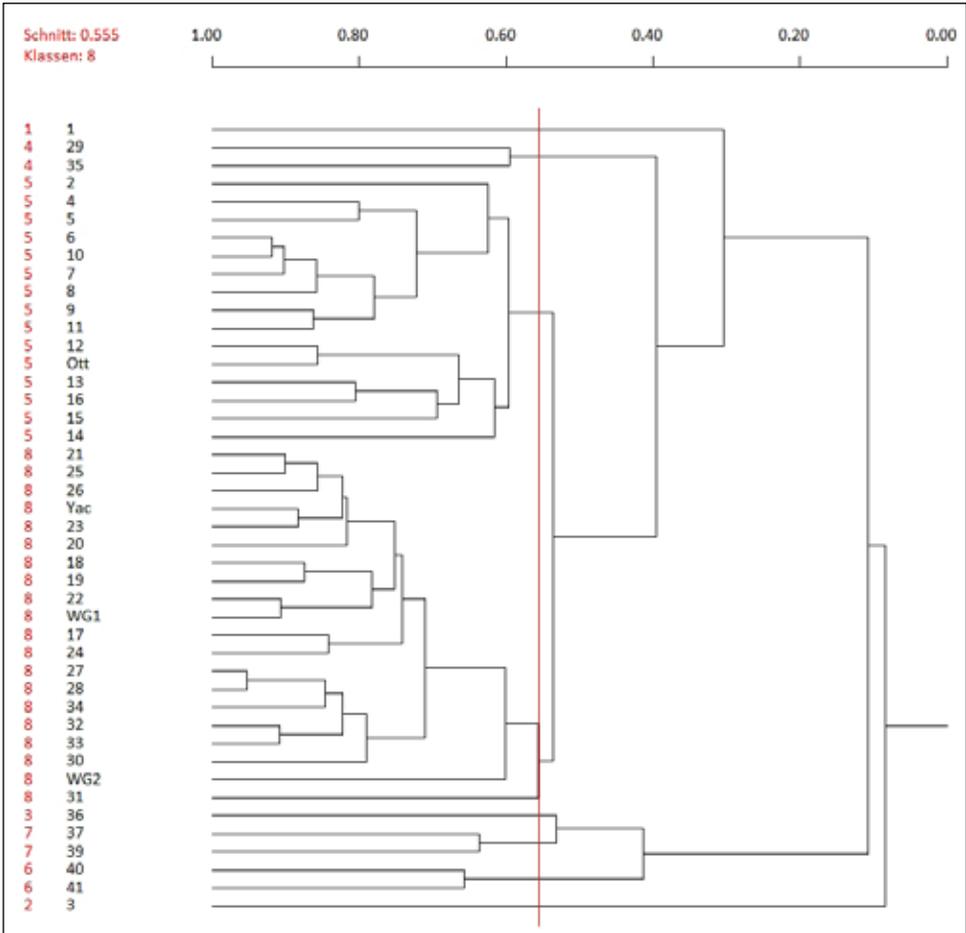


Abb. 3: Dendrogramm einer Cluster-Analyse von 41 Vegetationsaufnahmen in der Elz und 4 Aufnahmen in Nebenflüssen. Weggelassen wurde der fast völlig pflanzenleere Abschnitt 38 im Unterlauf. Ott = Kanal Ottensteg in Gutach, Yac = Yach in Elzach, WG1, WG = Wilde Gutach im Oberlauf (WG2) und nahe Mündung (WG1).

die Dominanz von Gefäßpflanzen (Abb. 12, 13, Tab. 1). Die kleine Gruppe 4, bestehend aus den Abschnitten 29 und 35, fällt durch das fast vollständige Fehlen von *Platyhypnidium riparioides* auf, die beiden untersten Abschnitte (40 und 41) sind durch die Dominanz von *Ranunculus fluitans* gekennzeichnet. Die Abfolge der Aufnahmen in Abb. 3 entspricht mit Ausnahme der Gruppe 4 ungefähr einer zunehmenden Entfernung von der Quelle. Ursachen der Abtrennung der Klassen 5 und 8 sind auf die Beschränkung einiger Moose und Sumpfpflanzen auf den Oberlauf der Elz (*Scapania undulata*, *Hygrohypnum ochraceum*, *Thamnobryum alopecurum*, *Caltha palustris*), dem vermehrten Auftreten von *Fontinalis antipyretica* im Mittel- und Unterlauf und wohl auch in einer Abnahme der Arthäufigkeiten mit zunehmender Entfernung zur Quelle zurückzuführen. Mit der hydromorphologisch



Abb. 4: Elz nahe der Quelle.



Abb. 5: Elz beim Vogte-Hof.



Abb. 6: Elz beim Korallenhaus mit dichtem submersem Bewuchs.



Abb. 7: Elz bei der Schleife mit *Fontinalis squamosa*.



Abb. 8: Elz in Unterprechtal mit *Ranunculus peltatus*.



Abb. 9: Elz in Gutach mit submersem *Fontinalis squamosa*-Bestand.



Abb 10: Elz in Waldkirch unterhalb der Adenauerbrücke.



Abb. 11: Elz in Teningen.



Abb. 12: *Ranunculus fluitans* in der Elz bei Riegel.



Abb. 13: *Potamogeton crispus* in der Elz bei Riegel.

definierten Grenzen von Ober-, Mittel- und Unterlauf durch SCHNEIDER (2000) stimmt sie nur begrenzt überein.

Etwas abweichend von der Einteilung durch die Cluster-Analyse läßt sich die Elz nach vorwiegend Präsenz-Absenz-Kriterien in fünf floristische Zonen untergliedern. Hierbei ist zu beachten, daß floristische Unterschiede zwischen den 4 oberen, von Moosen besiedelten Zonen gering sind im Vergleich mit der fünften, fast nur von Phanerogamen besiedelten Zone. Zone 1 und 2 entsprechen annähernd dem von SCHNEIDER (2000) hydromorphologisch definierten Oberlauf, Zone 3 dem Mittellauf, die Zonen 4 und 5 dem Unterlauf.

1. Für den obersten, im Hochtal zwischen Quelle und Elzfällen verlaufenden, ca. 5 km langen Abschnitt (Abb. 4 - 6) können *Callitriche hamulata*, *Scapania undulata*, *Hygrohypnum ochraceum* und *Marsupella emarginata* als typische Arten gelten. Zur Abgrenzung gegen die bei den Elz-Fällen einsetzenden Kerbtal-Fließstrecke kann vor allem *Hygrohypnum ochraceum* herangezogen werden, das auf diese oberste Zone beschränkt und dort nicht selten ist. Ih-

ren Verbreitungsschwerpunkt im Hochtal haben *Callitriche hamulata*, die nur hier gesellig und in größeren Beständen auftritt und *Scapania undulata*. Dabei ist die Artenzusammensetzung der 6 Probestellen recht unterschiedlich. Von allen anderen Aufnahmen heben sich die Aufnahmen 1 und 3 ab, die in der Cluster-Analyse jeweils als eigene Gruppen (1 und 2) erscheinen (Tab. 1). Abschnitt 3 charakterisiert eine ca. 1 km unterhalb der Quelle verlaufende, fast moosfreie Fließstrecke in einer versumpften Viehweide. Die überwiegend sandige Sohle wird von *Callitriche hamulata* und einigen Sumpfpflanzen besiedelt, die sonst in der Elz nicht vorkommen (*Ranunculus flammula*, *Peplis portula*) (Abb. 5, Tab. 1). Der oberste Abschnitt 1 zeichnet sich durch das Vorkommen von *Marsupella emarginata* und eine hohe Abundanz von *Brachythecium plumosum* aus.

2. Im folgenden steileren, oft schluchtartigen Abschnitt zwischen den Elz-Fällen und dem Elzknie bei Oberprechtal treten *Platyhypnidium rivulare* und *Brachythecium rivulare* als Hauptbesiedler der zahlreichen großen Blöcke im Flußbett in den Vordergrund. Beide Arten kommen gleichermaßen submers als auch in der Spritzwasser-Zone vor. Auch die meist oberhalb der Mittelwasser-Linie wachsenden Moose *Thamnobryum alopecurum*, *Racomitrium aciculare* und *Marchantia polymorpha* haben hier auf den Blöcken am Ufer und im Fluß ihren Verbreitungsschwerpunkt. Als überwiegend submerse Art kommt *Fontinalis squamosa* neu hinzu (Abb. 7, 9). Zur Abgrenzung gegen die folgende Zone dient vor allem *Scapania undulata*, die nur bis Oberprechtal vorkommt. In der Cluster-Analyse werden alle Aufnahmen dieser Zone der Gruppe 5 zugerechnet (Tab. 1).

3. Die lange Fließstrecke im Sohlental zwischen Oberprechtal und Waldkirch (Abb. 10) bietet ein recht einheitliches Bild der aquatischen Vegetation (Tab. 1), was zu einer Zuordnung fast aller Aufnahmen zur Gruppe 8 in der Cluster-Analyse führt. Vegetationsstruktur und Artenzusammensetzung unterscheiden sich nicht sehr von derjenigen im Kerbtal oberhalb Oberprechtal. Einige Arten werden seltener und die submerse Besiedlung der Flußsohle geht insgesamt zurück. Die wenigen Funde von *Ranunculus peltatus* während dieser Untersuchung waren auf diesen Abschnitt beschränkt (Abb. 8). Helophyten und Amphiphyten sind bis auf gelegentliche Vorkommen von *Phalaris arundinacea* kaum vertreten, was mit den zumeist steilen, häufig beschatteten und mit Flußbausteinen gesicherten Ufern zu erklären ist. Zur Abgrenzung gegen die beiden Abschnitte im Unterlauf kann *Chiloscyphus polyanthos* dienen, das unterhalb Waldkirch ausfällt.

4. Der Übergang in den Unterlauf unterhalb Waldkirch tritt in der Cluster-Analyse nicht hervor und ist weniger am Wechsel der submersen Flora, als vielmehr an deren weiteren Verarmung und einem Wechsel der Besiedlungsstruktur zu erkennen. Denn besiedelt werden fast nur die ab Waldkirch-Buchholz in regelmäßigen Abständen eingebauten, meist flach überströmten, oft auch trocken liegenden Sohlschwellen aus Granitblöcken, aber kaum noch die dazwischen liegenden Bereiche. Das Arteninventar beschränkt sich fast ausschließlich auf *Amblystegium fluviatile*, *Platyhypnidium riparioides* und *Fontinalis antipyretica*. Sohlstruktur und Vegetation verändern sich bis Teningen kaum, bis auch diese Moose unterhalb von Teningen ausbleiben.

5. Der auffälligste Florenwechsel und der Übergang zu einer von Gefäßpflanzen dominieren submersen Vegetation ist ab Teningen, deutlich aber erst nahe der Mündung in den Leopoldskanal zu beobachten. Die Cluster-Analyse unterscheidet auf dieser kurzen Fließ-

Tab. 2: Entwicklung der aquatischen Vegetation in der Elz unterhalb der Mühlbach-Mündung bei Riegel zwischen 2006 und 2020. 1 – sehr selten, 2 – selten, 3 – zerstreut, 4 – häufig, 5 – sehr häufig, massenhaft.

Probenahme-Termin	2006 Juli	2010 Juli	2015 Juli	2015 Okt	2016 Okt	2017 Jun	2017 Sep	2018 Aug	2020 Aug
Hydrophyten									
<i>Callitriche obtusangula</i>				2	1			1	1
<i>Callitriche stagnalis</i>				2	2				
<i>Elodea nuttallii</i>							2	2	2
<i>Lemna minor</i>			2					2	2
<i>Lemna minuta</i>			3						
<i>Myriophyllum spicatum</i>	1	2		3	2	2	3	3	3
<i>Potamogeton berchtoldii</i>							1		
<i>Potamogeton crispus</i>							3	2	2
<i>Ranunculus fluitans</i>	3	5	5	4	3	3	5	5	5
<i>Ranunculus peltatus</i>	2	1	1	1					
<i>Spirodela polyrhiza</i>								1	1
Helophyten/Sonstige									
<i>Leersia oryzoides</i>								2	2
<i>Nasturtium officinale</i>				2	2			2	2
<i>Phalaris arundinacea</i>					2		2	4	3
<i>Persicaria hydropiper</i>							2	3	2
<i>Persicaria lapathifolia</i>								3	2
<i>Veronica beccabunga</i>			1	2			1		

Weitere Arten: *Agrostis stolonifera* (Okt 2016; 2, Sept 2017; 1), *Callitriche brutia* var. *hamulata* (Juli 2015; 2), *Glyceria fluitans* (Juli 2015; 2), *Myosotis scorpioides* (Juli 2015, 1), *Rorippa palustris* (Aug 2018; 1, Aug 2020; 1), *Veronica anagallis-aquatica* (Okt 2015; 2).

strecke 3 Gruppen, was mit der zunächst nur aus wenigen Helophyten, erst kurz vor der Mündung vorwiegend aus Hydrophyten bestehenden Flora zu erklären ist. Die moosfreie und vegetationsarme Fließstrecke bei Teningen wird durch die Aufnahmen 36 bis 38 repräsentiert. Zuerst vereinzelt, ca 200m oberhalb der A5 dann zunehmend häufiger, stellen sich dann die Hydrophyten *Elodea nuttallii*, *Potamogeton crispus* (Abb. 13), *Myriophyllum spicatum* und *Ranunculus fluitans* ein (Abb. 12, Tab. 1). Zu einer massenhaften Entwicklung von *Ranunculus fluitans* kommt es erst unterhalb der Autobahnbrücke der A5. Vereinzelt und zeitlich stark in ihrer Abundanz schwankend finden sich hier auch mehrere *Callitriche*-Arten (Tab. 2). Dieser von *Ranunculus fluitans* dominierte Abschnitt weist ein sehr geringes Gefälle auf und ist kaum 1 km lang.

4.5 Dynamik der aquatischen Vegetation im Unterlauf

Ältere Angaben zur aquatischen Flora und Vegetation der Elz sind selten. Ende der 1970er Jahre wurde die Verbreitung von Wasserpflanzen im Unterlauf der Elz von DÖRING (1979) kartiert, für die Zeit davor gibt es keine Angaben. Nach Döring war die submerse Vegetation der Elz in der gesamten von ihm untersuchten Fließstrecke zwischen Waldkirch-Buchholz und Riegel nicht nur sehr spärlich, sondern auch extrem artenarm. Außer geringen Beständen von *Callitriche* sp. und *Ranunculus penicillatus* (Verwechslung mit *R. peltatus*?) bei Sexau und Emmendingen nennt er keine weiteren submersen Arten. Der unterste, heute dicht besiedelte Abschnitt zwischen Teningen-Köndringen und Riegel war nach seinen Angaben offenbar ohne Makrophyten. Wann sich dieser Zustand geändert hat, ist nicht sicher, aber bei der ersten Untersuchung einer Probestellen zwischen A5 und Mündung durch den Autor im Jahr 2006 war dieser Abschnitt zum größten Teil von dichten Beständen des Flutenden Hahnenfußes (*Ranunculus fluitans*) bedeckt, begleitet von *Myriophyllum spicatum* und vereinzelt von *Ranunculus peltatus*. Bei zahlreichen Besuchen zwischen 2006 und 2015 wurde die artenarme, aber üppige Vegetation des untersten Elz-Abschnittes in gleicher Zusammensetzung angetroffen, im Sommer gelegentlich erweitert durch das vorübergehende Auftreten von *Lemna minor*, selten auch von *L. minuta* und *Spirodela polyrhiza* (Tab. 2). Als dauerhafter erwies sich im Herbst 2015 die Ansiedlung einiger *Callitriche*-Arten (*Callitriche obtusangula*, *C. hamulata*, *C. stagnalis*) und mehrerer Helophyten (*Veronica beccabunga*, *V. anagallis-aquatica*, *Glyceria fluitans*) an einigen ufernahen Stellen. Die Ansiedlung erfolgte im Schutz abgerutschter Rasensoden und aus der Uferpflasterung herausgebrochenen Platten. Struktur und Zusammensetzung der submersen Vegetation änderten sich aber nachhaltig erst nach der Durchführung von Baumaßnahmen im Zuge der Elz-Renaturierung. Durch den Einbau von Bühnen entstanden strömungsberuhigte Zonen, in die einige Wasserpflanzen einwanderten, die vorher in der Elz nicht heimisch waren. Während *Elodea nuttallii* und *Potamogeton crispus* (Abb. 13) bis heute ein fester Bestandteil der submersen Flora dieser Fließstrecke sind, konnte sich *P. berchtholdii* nicht etablieren. Die Bestände von *Ranunculus fluitans* (Abb. 12) waren 2016 nach der Revitalisierung der Elz stark zurückgegangen, erholten sich bereits 2017 wieder und haben seit 2018, besonders aber im wasserreichen Sommer 2021 fast wieder ihre alte Ausdehnung erlangt.

Nach der Abflachung der Ufer und der teilweisen Entfernung der Uferpflasterung sind einige Helophyten vom ehemals erhöhten Ufer weiter in die Elz vorgedrungen und wurzeln nun auch unterhalb der Mittelwasser-Linie. Recht häufig sind *Phalaris arundinacea*, *Carex acuta* und *C. acutiformis*, die ihre ufernahen Wuchsorte mit einigen ebenfalls nach 2015

hinzugekommenen, aber unstat auf tretenden dikotylen Gefäßpflanzen teilen. Neben den bereits oben genannten Arten sind dies v.a. *Myosotis scorpioides*, *Nasturtium officinale* und *Persicaria hydropiper*. Auf trocken gefallen en Sohlflächen kommen nach Niedrigwasser-Phasen im Sommer zudem vorübergehend zahlreiche annuelle Ruderalarten vor, auf die hier aber nicht näher eingegangen werden soll.

Unterschiede in der Artenzusammensetzung und v.a. der Häufigkeit einzelner Arten waren nicht nur zwischen den Jahren, sondern oft auch innerhalb eines Jahres zu beobachten. Dies betrifft nicht nur den jahreszeitlich bedingten (erwartbaren) Rückgang der submersen Arten im Winter, sondern auch dynamische Änderungen während der sommerlichen Vegetationsperiode. So nahm z. B. während einer langen Niedrigwasser-Periode im Spätsommer 2020 die Häufigkeit von *Myriophyllum spicatum* im untersten Elz-Abschnitt deutlich zu. Zur gleichen Zeit war die oberhalb angrenzende, noch im Frühsommer von *Ranunculus fluitans*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton crispus* besiedelte Fließstrecke zwischen Köndringen und der A5 fast pflanzenleer.

Für den Ober- und Mittellauf der Elz liegen nur sehr wenige ältere Angaben zur aquatischen Flora vor. Sie sind fast ausschließlich einer Arbeit von SCHWABE (1987) über bach- und flussbegleitende Vegetationskomplexe im Schwarzwald zu entnehmen. SCHWABE fand an wenigen der 12 von ihr untersuchten Abschnitte neben *Callitriche hamulata* und „echtem“ *Ranunculus peltatus* auch submerse Pflanzen, die dem *Ranunculus peltatus*-Hybridkomplex angehören. Weiterhin erwähnt sie *Fontinalis antipyretica* und *F. squamosa* für einige Abschnitte im Mittellauf. Zum Arteninventar der Elz muß außerdem noch ein weiterer Wasserhahnenfuß gerechnet werden, der von COOK (1966) bei „Prechtal“ gesammelt und als *Ranunculus penicillatus* ssp. *penicillatus* bestimmt wurde.

5. Diskussion

5.1 Floristisch-ökologische Zonierung

Aus Tab. 1 ist zu ersehen, daß sich mit wachsendem Abstand von der Quelle die Zusammensetzung und Struktur der aquatischen Vegetation in der Elz kontinuierlich ändert. Verbreitungsmuster von Arten und Pflanzengemeinschaften stehen in der Regel mit der Höhenlage, dem Gefälle und dem Chemismus des Wassers in Zusammenhang und wiederholen sich auf regionaler Ebene (SUREN & ORMEROD 1998). Welche Bedeutung einzelne Faktoren für die räumliche Verbreitung und Häufigkeit der Arten haben, bedarf allerdings einer genauen Analyse (HOLMES & WHITTON 1977). Es ist schon lange bekannt, daß sich die Flora von Karbonat- und Silikat-Fließgewässern erheblich unterscheidet (BUTCHER 1933, IVERSEN 1929). Auch Unterschiede im Gefälle mit den damit einhergehenden Änderungen der Sohlbeschaffenheit und des Abflussverhaltens führen zur Ausprägung unterschiedlicher aquatischer Pflanzengemeinschaften, was regional auch für die angrenzenden Landschaften der Schwäbischen Alb und Oberschwabens gezeigt werden konnte (SCHÜTZ 1992, 1995). In den Mittelgebirgen fällt besonders die Dominanz der Moose in steilen Oberläufen ins Auge, während die flachen Unterläufe von submersen Gefäßpflanzen beherrscht werden – eine Abfolge, die nicht nur in der Elz, sondern auch in anderen Fließgewässern der Mittelgebirge zu beobachten ist (HOLMES & WHITTON 1977, MONSCHAU-DUDENHAUSEN 1982, SCHÜTZ et al. 2014, SCHÜTZ 2018, WAHRENBURG et al. 1991). Eine Besiedlung durch sub-

merse Gefäßpflanzen bleibt in diesen steilen Bergbächen und -flüssen weitgehend durch die manchmal bis in den Unterlauf hinein starke und turbulente Strömung und die fehlende oder geringe Verfügbarkeit stabiler Sohlsubstrate zur Verankerung die Ausnahme. Wassermoose hingegen sind Haptophyten, die aufgrund ihrer Wuchsform und hohen Regenerationsfähigkeit nach Abrasion auf Blöcken und großen Steinen passende Siedlungsmöglichkeiten antreffen (GLIME 2020). Störungen, insbesondere durch Hochwasser, reduzieren zwar ihre Biomasse, beeinflussen aber nicht die floristische Zusammensetzung des Bewuchses (TREMPE et al. 2012). Es ist daher nicht verwunderlich, wenn die floristische Untergliederung innerhalb gefällereicher Ober- und Mittelläufe weniger deutlich ausfällt als die Abgrenzung zu den Hydrophyten-dominierten Gesellschaften in den flacher werdenden Unterläufen.

Untersuchungen von STETZKA & BAUMANN (2002), LANG & MURPHY (2011), VANDERPOORTEN & KLEIN (1999), SCARLETT & O'HARE (2006), TESSLER et al. (2014), TREMP (1992) und TREMP et al. (2012) belegen eine enge Beziehung zwischen Ionenkonzentration, pH-Wert, Alkalinität und dem Vorkommen von Wassermoosen. Aquatische Moose zeigen in Bergbächen mit ausgeprägtem pH-Gradienten eine auffallend deutliche zonale Gliederung (TREMPE & KOHLER 1993, GLIME 2020, THIEBAUT et al. 1998, STETZKA & BAUMANN 2002). Von TREMP & KOHLER (1993) wurden die in Fließgewässern des Schwarzwaldes vorkommenden Moose hinsichtlich ihrer Säuretoleranz in Gruppen eingeteilt. Bis auf *Scapania undulata* und *Marsupella emarginata* wurden im Oberlauf der Elz keine Arten gefunden, die unter dauerhaft stark sauren Bedingungen vorkommen können. Das in beträchtlicher Menge bereits direkt unterhalb der Quelle wachsende *Hygrohypnum ochraceum*, wird zwar von LANG & MURPHY (2011) neben *Scapania undulata* als Indikator für oligotrophe, saure und basenarme Fließgewässer eingestuft, ist nach TESSLER et al. (2014) und TREMP & KOHLER (1993) aber eher ein Zeiger für schwach saure bis circumneutrale Bedingungen. Fassen wir diese Befunde zusammen, grenzt die Artenkombination im Hochtal eine Zone mit schwach saurem Milieu von einer noch im Kerbtal-Oberlauf einsetzenden basenreicheren, circumneutralen Zone ab. Einen durch niedrige pH-Werte bedingten Ausschluss weiterer Moose scheint es im Oberlauf der Elz nicht zu geben, da auch die stärker säureempfindlichen Arten *Chiloscyphus polyanthos* und *Fontinalis antipyretica* nicht weit unterhalb der Quelle auftreten, ebenso das für periodisch schwach saure bis neutrale Bedingungen typische *Brachythecium rivulare*. Für die Zusammensetzung der Moos-Gesellschaften im weiteren Verlauf der Elz ist zu bemerken, daß sich die pH-spezifischen Artengruppen einander im Längsverlauf nicht ablösen, sondern daß säuretolerante Arten (*Scapania undulata*) neben circumneutralen Arten weiterhin vorkommen. Dies bedeutet letztlich, daß die Wassermoos-Zonierung in erster Linie ein Ausdruck unterschiedlich breiter ökologischer Amplituden der beteiligten Arten ist (TREMPE & KOHLER 1993). Ob umgekehrt ein dauerhaft neutraler bis alkalischer pH-Wert im Mittel- und Unterlauf der Elz säuretolerante Moosarten wie *Scapania undulata* per se ausschließt, ist nicht mit Sicherheit zu beantworten. Denkbar ist eine Verdrängung dieser meist konkurrenzschwachen Moose durch wuchskräftigere Arten wie *Platyhypnidium rivulare* und *Fontinalis antipyretica* von geeigneten Wuchsorten im submersen Bereich.

Als weiterer wichtiger, die Zusammensetzung der submersen Flora beeinflussender chemischer Parameter ist der als Leitfähigkeit gemessene Ionengehalt zu benennen, der in

unseren Mittelgebirgs-Fließgewässern v.a. durch den Calcium-Carbonatgehalt bestimmt wird (FORSCHUNGSGRUPPE FLIEßGEWÄSSER 1998). Für Wassermoose geben TREMP et al. (2012) eine zwischen Hart- und Weichwasserflora diskriminierende Übergangszone zwischen 200 und 300 $\mu\text{S cm}^{-1}$ an, der auch für submerse Gefäßpflanzen kalkarmer Gewässer anzunehmen ist. Unter den in der Elz bisher gefundenen Arten sind nach TREMP et al. (2012) *Scapania undulata*, *Hygrohypnum ochraceum*, *Brachythecium plumosum* und *Fontinalis squamosa* auf Gewässer mit einer Leitfähigkeit $< 200 \mu\text{S cm}^{-1}$ beschränkt. Da dieser (Mittel)Wert in der Elz nicht erreicht und nur im Unterlauf kurz vor der Mündung zeitweise überschritten wird (LUBW 2021), kann weder Leitfähigkeit noch Kalkgehalt in der Elz als differenzierender Faktor für die floristische Zonierung gelten.

Wenig von chemischen Faktoren als vielmehr von geeigneten Siedlungsmöglichkeiten abhängig ist die Verbreitung einiger Moose, die überwiegend oberhalb der Mittelwasser-Linie vorkommen. Durch den hohen Anteil lagestabiler Blöcke in der Elz und entlang ihrer Ufer werden vor allem *Brachythecium rivulare*, *B. plumosum*, *Schistidium apocarpum* und *S. rivulare* begünstigt. Im Unterlauf sind sie überall dort anzutreffen, wo durch Hochwässer die ursprünglich durchgängige Rasendecke zerstört und die darunter liegende Uferpflasterung freigelegt wurde. Hier wachsen auch, wenngleich weniger häufig, *Dichodontium pellucidum*, *Hygrohypnum luridum*, *Calliergonella cuspidata* und eine Reihe terrestrischer Moose.

Der Grad der Eutrophierung wird in einigen Arbeiten als primäre Ursache für die Zusammensetzung der aquatischen Vegetation einer bestimmten Fließgewässer-Zone angesehen, denen weitere Umweltfaktoren wie Licht, Strömung, Wasserhärte und Substratbeschaffenheit a priori untergeordnet sind (MONSCHAU-DUDENHAUSEN 1982, ANZEN-HENRICH 1995). Die sich daraus ergebende Zuordnung von Trophie-Zeigerwerten zu bestimmten Arten wurde für Schwarzwald-Fließgewässer bereits durch SCHWABE (1987) und generell von DEMARS & EDWARDS (2009) in Frage gestellt. Auch für die Elz lassen sich kaum Anhaltspunkte für diese Sichtweise finden. Lediglich die bei DÖRING (1979) fehlende Erwähnung der heutigen *Ranunculus fluitans*-Bestände bei Riegel kann als Hinweis auf eine in den 1970er Jahren noch existierende Makrophyten-Verödungszone aufgrund starker Abwasserbelastung gewertet werden. Diese Überlegung betrifft allerdings nur den untersten Abschnitt der Elz kurz vor der Mündung, dessen Abwasserbelastung durch die Einleitung von Klärwasser aus der großen Kläranlage bei Teningen zwar auch heute noch erheblich ist, aber nicht mehr das Ausmaß der 1970er Jahre erreicht (DÖRING 1979, LUBW 2021, RIEDMÜLLER et al. 2019). Ob Nährstoffeinträge durch diffuse oder punktuelle Einleitungen in der Elz oberhalb dieser Strecke entscheidenden Einfluß auf die Zusammensetzung der aquatischen Flora haben oder je hatten, ist ebenfalls zweifelhaft. Unwahrscheinlich ist eine Beeinflussung der Flora im Oberlauf, der nach Untersuchungen der Algenflora (SCHÜTZ & KING 2021) und des Makrozoobenthos (LUBW 2015b) kaum eutrophierungsbedingte Defizite erkennen lässt. Auch aus früheren Zeiten lassen sich für das kaum besiedelte, überwiegend bewaldete obere Elztal keine wesentlichen Belastungsquellen ausmachen.

Ebenso wie im Oberlauf fehlen auch im nur streckenweise trophisch leicht bis mäßig eutrophierten Mittellauf und im Unterlauf bis Teningen ausgesprochene Nährstoffzeiger unter den wenigen makrophytischen Besiedlern, auch wenn Diatomeen und Makrozoobenthos im Mittellauf unterhalb der Kläranlage Elzach und Oberwinden stoffliche Belastungen an-

zeigen (RIEDMÜLLER et al. 2019). Einzige Ausnahme ist der unterste Elz-Abschnitt, wo sich eine artenarme eutraphente Pflanzengemeinschaft eingestellt hat. Die Tatsache, daß diese nicht mehr aus den haptophytischen Moosen, sondern ausschließlich aus im Sediment wurzelnden Gefäßpflanzen besteht, weist jedoch auf Faktoren hin, denen in der Elz ein weit größerer Einfluß auf Artenzusammensetzung und Vegetationsstruktur der submersen Vegetation zuzuschreiben ist als der Eutrophierung: Geschiebefracht, Sohlstabilität und Sedimentationsgeschehen. Die Gewässersohlen der Schwarzwaldtäler werden wegen schwacher Deckschichtbildung und fehlender Verklammerung des Materials bei größeren Hochwässern nahezu vollständig umgelagert (FORSCHUNGSGRUPPE FLIEßGEWÄSSER 1998). Aus diesen Gründen sind bis in den Unterlauf hinein die in der Elz und noch mehr in der benachbarten Dreisam oft extremen Hochwässer der wesentliche Faktor, der eine Besiedlung der Sohle durch Makrophyten erschwert oder ganz verhindert. Dem entsprechend waren die Deckungsgrade im Mittel- und Unterlauf der submersen Vegetation in der Elz und auch in der Dreisam mit Werten zwischen ca. 1 und 5 % gering (Tab. 1). Fließstrecken ohne Geschiebe, wie die Leeseite der eingebauten Schwellen im Unterlauf oder der mit einer betonierten Sohle versehene, schnell fließende Elz-Zulauf Kanal Ottensteg in Gutach sind dagegen meist dicht von Moosen besiedelt. Schutz vor Abrasion bieten Habitate im Fluß selbst, die nicht beweglich sind. So konnten sich nahe der Mündung dieses Kanals, in einem etwas tieferen Teilbereich der Probestelle in Gutach, ebenfalls dichte submerse Wassermoos-Bestände (*Fontinalis squamosa*) zwischen lagestabilen submersen Blöcken entwickeln (Abb. 9), nicht jedoch in der angrenzenden flach überströmten, mit überwiegend faustgroßen Geröllen bedeckten Fließstrecke, die bei höheren Wasserständen regelmäßig umgelagert werden.

DÖRING (1979) nennt Ende der 1970er Jahre als wesentlichen Grund für die spärliche Besiedlung der Elz zwischen Waldkirch-Buchholz und Riegel durch Wasserpflanzen neben der damals starken Belastung mit Abwässern auch die Geschiebefracht. Für eine der Trophie übergeordnete Bedeutung der Substrateigenschaften im Unterlauf spricht, daß sich seitdem, trotz einer deutlich gesunkenen stofflichen Belastung, wenig an der Besiedlungsdichte der Makrophyten geändert hat, abgesehen von einer vorübergehenden Zunahme von *Ranunculus peltatus* zwischen 2007 und 2009 (SCHÜTZ 2020). Auch spricht für die damals schon starke Massenentwicklung von *Ranunculus fluitans* im nicht weniger stark belasteten Unterlauf der Dreisam gegen die frühere Existenz einer Makrophyten-Verödungszone im untersten Elz-Abschnitt. Das Fehlen von Moosen in den relativ stabilen Zonen zwischen den besiedelten Sohlenschwellen im Unterlauf scheint aber auch mit der starken Sedimentation feinputikulärer Schwebstoffe während längeren Niedrigwasser-Phasen in Zusammenhang zu stehen. PHILIPPI (2000) zufolge führt dies häufig zum Absterben von Wassermoosen. Ein weiterer Grund ist die Konkurrenz durch fädige Grünalgen, welche in der unteren Elz bei Niedrigwasser nicht selten die Sohle im Sommer oder Herbst über längere Zeit vollständig bedecken können (SCHÜTZ & KING 2021).

Vergleich mit anderen Fließgewässern der Region

Das Arteninventar der Elz entspricht weitgehend dem vieler anderer Fließgewässer nicht nur des Schwarzwaldes, sondern auch dem anderer Mittelgebirgs-Fließgewässer über saurem Ausgangsgestein (WAHRENBURG et al. PHILIPPI 1956, 1987, GLIME 2000, LANG & MURPHY 2011). In der Elz kommen alle 7 der in den Gewässersteckbriefen der WRRL (POTTGIESSER 2018)

für saure, silikatische Fließgewässer aufgeführten charakteristischen Wassermoose vor, ebenso die wesentlichen Moos-Gesellschaften des Urgebirges, insbesondere das Scapanio-Chiloscyphetum und das Oxyrrhynchietum rusciformis (PHILIPPI 1956, SCHUBERT 2008). Zu fehlen scheinen mit *Blindia acuta*, *Jungermannia* spp. und *Hyocomium armoricum* einige Wassermoose, die in Gewässern des Feldbergmassivs bzw. des Schluchsee-Einzugsgebietes (PHILIPPI 1956, AG.L.N 2016) und, bis auf *Blindia acuta*, in schwach gepufferten Gewässern im Buntsandstein des Nordschwarzwaldes vorkommen (TREMP & KOHLER 1993). Kalkzeiger unter den Wassermooseen fehlen ebenfalls; selbst das in einigen Fließgewässern des Schwarzwaldes nicht seltene (AHRENS 2000, AG.L.N 2016), nach TREMP & KOHLER (1993) eine neutrale Reaktion anzeigende Kleinmoos *Fissidens crassipes* wurde nur einmal und in geringer Menge im Mittellauf unterhalb Elzach gefunden (Abschn. 18). In diesem Abschnitt war auch der einzige Fundort des eutrophierungstoleranten Moooses *Leptodictyum riparium*, das seine Hauptverbreitung in Tieflagen hat, ebenso wie die Arten der Gattung *Cinclidotus*, die erst knapp unterhalb der Elz-Mündung im Leopoldskanal mit einer Art (*C. fontinaloides*) vertreten ist.

Auch die in der Elz am weitesten verbreiteten Hydrophyten *Ranunculus peltatus* und *Callitriche hamulata* sind typische Arten kalkarmer Bäche und Flüsse, die regelmäßig in den Bächen und Flüssen des Schwarzwaldes vorkommen (MONSCHAU-DUDENHAUSEN 1982, SCHWABE 1987, SCHÜTZ 1992). Ebenso regelmäßig löst *Ranunculus fluitans* diese beiden Arten als Bestandsbildner beim Eintritt der Fließgewässer in die Rheinebene ab. Damit einher geht eine Ablösung der von Moosen dominierten Bestände durch Hydrophyten und schließlich durch Helophyten (MONSCHAU-DUDENHAUSEN 1982, SCHÜTZ 2017).

Weniger gut vergleichen lassen sich longitudinale Verbreitungsmuster innerhalb moosdominierter Fließgewässer-Abschnitte, da Untersuchungen zur floristisch-ökologischen Zonierung auf eine Aufnahme der Moosflora verzichtet haben (MONSCHAU-DUDENHAUSEN 1982) oder nicht das ganze Gewässer von der Quelle bis zur Mündung untersucht wurde. Bis zu einem gewissen Grad verwendbar für Vergleiche sind neben eigenen Vegetationsaufnahmen auch Aufnahmen für das WRRL-Monitoring in Schwarzwald-Fließgewässern. Das Messnetz ist mit 2 bis 5 Probestellen an einem Fließgewässer für Vergleiche recht weitmaschig, dazu weitgehend auf die Mittel- und Unterläufe konzentriert (LUBW 2015a, SCHÜTZ 2017). Trotz dieser Einschränkungen zeichnen sich für mehrere rechtsrheinische Zuflüsse ähnliche Verbreitungsmuster und eine vergleichbare Längszonierung wie in der Elz ab. So treten in den Oberläufen von Kinzig, Glotter, Acher, Wilder Gutach und Gutach regelmäßig *Chiloscyphus polyanthos*, häufig *Thamnobryum alopecurum* und gelegentlich *Hygrohypnum ochraceum* auf, jedoch kaum noch in den Mittel- und nicht mehr in den Unterläufen. *Scapania undulata* ist in den WRRL-Aufnahmen selten anzutreffen, da das Meßnetz der LUBW die Vorkommen des weitgehend auf die quellenahen Oberläufe beschränkten Lebermooses nur ungenügend erfasst. Nach eingehenden Untersuchungen zahlreicher Fließgewässer im Einzugsgebiet des Schluchsees ist *Scapania undulata* dort das häufigste Wassermoose (AG.L.N 2016), während es STINGL (1991) in seinem zwischen 200 und 1000 m hoch gelegenen Untersuchungsgebiet ausschließlich für zwei hochgelegene, quellenahen Zuläufe der oberen Dreisam angibt. In der Elz liegt der unterste Fundort bei ca. 470 m NHN. Nach PHILIPPI (1956) ist die Gesellschaft des Chiloscypho-Scapanietum im Schwarzwald weit verbreitet; in den Tälern steigt sie bis 400 m herab, *Scapania undulata* fällt in dieser Höhenlage

aus, *Chiloscyphus polyanthus* kommt dagegen noch vereinzelt bis in die Rheinebene vor. SCHMIDT (1993) zufolge hat das Scapanietum undulatae seinen Schwerpunkt in den Oberläufen kleinerer, mineralarmer Bäche über saurem Silikatgestein. Abgelöst wird die *Scapania undulata*-Gesellschaft schon im Oberlauf der Elz weitgehend von *Platyhypnidium riparioides*-dominierten Beständen, die dem Oxyrrhynchietum rusciformis Gams ex v. Hübschmann 1953 zugerechnet werden können. Die Gesellschaft ist in schnell fließenden Bächen über Silikatgestein von der Niedrigwasserlinie bis zur Spritzwasserzone weit verbreitet und in turbulent fließenden Abschnitten oft üppig entwickelt (PHILIPPI 1987, SCHUBERT 2008).

In den Mittel- und Unterläufen der Schwarzwald-Fließgewässer wird die Artenvielfalt der Wassermoose regelmäßig geringer. Anzutreffen sind, wie in der unteren Elz, meist nur noch *Platyhypnidium riparioides*, *Amblystegium fluviatile* und *Fontinalis antipyretica*; *Fissidens crassipes* kommt gelegentlich hinzu. Gemeinsamkeiten, aber auch auffällige Unterschiede seien an einigen der Elz nahen und ebenfalls floristisch gut untersuchten Fließgewässern demonstriert. Artenärmer als die Elz ist die Dreisam, die wie die Elz bei Riegel in den Leopoldskanal fließt. Meinen in den Jahren 2017 und 2018 durchgeführten Untersuchungen zufolge (SCHÜTZ nicht publ.), waren in den 100 m langen Probestrecken oft nur 3 Arten vertreten, darunter nur selten Gefäßpflanzen. Es handelte sich meistens um Kombinationen der auch in der Elz häufigen Moose *Platyhypnidium riparioides*, *Amblystegium fluviatile*, *Fontinalis antipyretica*, *Brachythecium rivulare* und *Chiloscyphus polyanthos*. In der Dreisam in und unterhalb Freiburg finden sich kaum noch Moose und nur selten Gefäßpflanzen. Wie in der Elz setzt ein Besatz durch Hydrophyten erst im Unterlauf unterhalb eines Gefälleknicks ein, der sich bei Neuershausen befindet (LANGE 2007). Die Besiedlung durch *Ranunculus fluitans* ist im Sommer anfangs sehr spärlich und auf die Uferzone beschränkt, dann ab Eichstetten zunehmend dichter und ab Bahlingen flächendeckend. Nahe der Mündung treten in geringer Menge *Myriophyllum spicatum* und *Butomus umbellatus* hinzu. STINGL (1991) nennt für die Dreisam kaum weitere Wassermoose als die bereits oben erwähnten, darunter das in der Elz ebenfalls seltene *Hygrohypnum duriusculum*. Dieses unscheinbare Moos dringt in beiden Flüssen weit in die Ebene vor, fällt aber zwischen anderen Wassermooseen kaum auf. Reicher an Moosen sind die steilen Zuflüsse, in denen zu den bereits für die Dreisam erwähnten Arten einige weitere hinzukommen. Nicht von Stingl erwähnt wird *Hygrohypnum ochraceum*, das in den Bächen des Feldberggebiets nicht selten ist.

Keine erkennbaren floristischen Unterschiede zur mittleren Elz lassen die wenigen Vegetationsaufnahmen ihrer beiden größten Nebenflüsse Yach und Wilde Gutach erkennen. Ob in den beiden Nebenflüssen eine ähnliche Zonierung wie in der Elz zwischen Quelle und dem Beginn des Unterlaufs ausgebildet ist, darf als wahrscheinlich gelten, ist aber nicht belegbar.

Der nördliche Nachbarfluss der Elz ist die Schutter, deren Lauf unterhalb von Lahr von dichten Makrophytenbeständen besiedelt wird und völlig frei von Moosen ist (SCHÜTZ et al. 2014). Vier weitere untersuchte Fließstrecken liegen im Mittellauf zwischen 182 und 283 m NHN. Der Übergang zu einer reinen Hydrophyten-Vegetation findet bei Lahr auf ca. 170 m NHN statt, oberhalb Lahr wird der Fluß fast nur von Moosen besiedelt. Häufigste Art ist hier aber nicht *Platyhypnidium riparioides* wie in der Elz, sondern *Amblystegium fluviatile*, der

an allen Aufnahmen dominant war. Auch kam an 3 der 4 Fließstrecken *Fissidens crassipes* in größeren Mengen vor. Artenzusammensetzung und Dominanzverhältnisse im Mittellauf deuten auf circumneutrale und günstigere klimatische Bedingungen hin, angezeigt durch das wärmeliebende *Fissidens crassipes* und wohl auch durch die hohe Abundanz von *Amblystegium fluviatile*, das in der Elz und nach STINGL (1991) im Dreisam-Einzugsgebiet erst unterhalb circa 300 m häufig wird. Abweichend von Elz und Dreisam wird der langsam fließende, häufig schlammtrübe Unterlauf der Schutter nicht vom rheophilen *Ranunculus fluitans*, sondern von einer potamal geprägten Pflanzengemeinschaft aus *Potamogeton nodosus*, *Sparganium emersum* und *Nuphar lutea* besiedelt.

Obwohl das Arteninventar der beiden nach Osten abfließenden Donau-Quellflüsse Breg und Brigach dem der Elz ähnlich ist, gibt es doch erhebliche Unterschiede in den Verbreitungsmustern. Diese Unterschiede lassen sich sicher nicht primär mit Unterschieden im Wasserchemismus erklären, da sowohl Ober- und Mittellauf von Brigach und Breg als auch die Elz durch saure Gesteine des Grundgebirges, vorwiegend Gneise und Granite (Breg) fließen. Der auffälligste Unterschied zur Elz ist sicher die weite Verbreitung des meist submers wachsenden *Leptodyctium riparium* in Breg und Brigach (SCHMIDT et al. 2018). Das belastungstolerante Moos, das in der Elz nur einmal und in geringer Menge gefunden wurde, tritt in der Breg schon bald unterhalb der Quelle auf und in der Brigach im Oberlauf, was an zumindest leicht erhöhte Nährstoffeinträge bereits in den Oberläufen denken läßt. Ähnlich wie im Oberlauf der Elz ist *Scapania undulata* auf die sauren Oberläufe beschränkt, dagegen kommt *Hygrohypnum ochraceum* nur selten im Ober- und Mittellauf der Breg vor. *Chiloscyphus polyanthos*, das den Ober- und Mittellauf der Elz besiedelt, ist ebenfalls nur in der Breg zu finden und dort selten. Von BACKHAUS (1967) wird es nur für eine Probestelle im Oberlauf der Breg angegeben, in der Kartierung von 2004 durch SCHMIDT et al. (2018) erscheint dieses Moos nicht, kommt aber nach eigenen Untersuchungen an mehreren Stellen der Breg, aber nicht in der Brigach vor. Weit weniger häufig als in der Elz ist auch das strömungstolerante Moos *Platyhypnidium riparioides*. Dagegen ist *Callitriche hamulata* in Brigach und Breg häufiger und weiter verbreitet, auch setzt eine Dominanz der Hydrophyten bereits in den Mittelläufen ein. Verbreitungsmuster, Häufigkeit und eine von den Verhältnissen in der Elz abweichende floristische Zonierung legen eine insgesamt wohl geringere hydromorphologische Belastung der aquatischen Vegetation durch Strömung, Sedimenttransport und -umlagerung nahe. Im Vergleich zur Elz sind die Gefälle von Breg mit 8,25 und Brigach 5,76 % deutlich geringer, die Ausdehnung von Fließstrecken mit feinerem, für eine Besiedlung durch Hydrophyten besser geeignete Sohlmaterial größer (BACKHAUS & SANDER 1967).

5.2 Vegetationsdynamik

Hydrophyten sind in der Elz nur in einigen flach geneigten Abschnitten des quellnahen Muldentals und in einem kurzen Abschnitt vor der Mündung vorherrschend. Im Gegensatz zu der restlichen Fließstrecke herrschen hier offenbar Bedingungen, die eine dauerhafte Ansiedlung von Gefäßpflanzen erlauben. Nach FRANKLIN et al. (2008) ist in erster Linie das Abflußgeschehen von fundamentaler Bedeutung für die Verbreitung der Makrophyten in einem Fließgewässer. Die Makrophytendichte ist am geringsten in Gewässern mit stark schwankenden Abflußmengen und am höchsten in Gewässern mit geringen Abflußschwankungen und langen Niedrigwasser-Phasen (RIS et al. 2008). Wirksam sind insbesondere Strömungsgeschwindigkeiten >1 m/s, die zu einer Schädigung bei Gefäßpflanzen

durch Sandabrieb und schließlich zu einer erosionsbedingten Entwurzelung führen. Abgesehen von den wenigen Abschnitten mit stabilen Makrophytenbeständen im quellnahen Hochtal und kurz vor der Mündung ist für die restliche Elz von einer hohen Vegetationsdynamik auszugehen, da auch submers und amphibisch wachsende Moosrasen der vernichtenden Wirkung starker Abflüsse ausgesetzt sind. Entsprechende Beobachtungen liegen für die Elz oberhalb Sexau allerdings kaum vor.

Eine beachtliche Populationsdynamik wurde bei *Ranunculus peltatus* beobachtet. Die im Unterlauf der Elz nur vereinzelt oder in kleinen Gruppen vorkommende Art erlebte zwischen 2007 und 2009 zwischen Sexau und Buchholz eine starke Zunahme, gefolgt von einer ebenso schnellen Abnahme (SCHÜTZ 2020). Ähnliche starke Populationsschwankungen zeigte die häufig einjährige Art in derselben Fließstrecke 20 Jahre früher. 1985 bildete sie dort Massenbestände, im darauf folgenden Jahr war sie nicht mehr aufzufinden (SCHWABE 1987). Dies deutet ebenfalls darauf hin, daß die Populationen der wenigen Hydrophyten in der Elz von Zone 2 bis Zone 4 eine räumlich und zeitlich hohe Variabilität aufweisen.

Stabil in seiner Zusammensetzung und kaum Schwankungen hinsichtlich der Pflanzenmenge unterworfen zeigt sich dagegen der seit 2006 beobachtete submers Makrophytenbestand im untersten Abschnitt 41 (Tab. 2). Veränderungen verursachte nur die Umgestaltung der Fließstrecke zwischen 2015 und 2017, die zu einer Abnahme der Pflanzenmenge und einer Zuwanderung einiger bisher dort nicht heimischer Hydrophyten führte (SCHÜTZ 2020). Davon abgesehen ist die Vegetationsdynamik hier sehr gering, was auf eine relativ lagestabile Sohle schließen lässt. Dies gilt auch für das quellnahe Muldental, wo Hochwässer noch nicht die zerstörende Kraft wie im Mittel- und Unterlauf erreichen.

Danksagung

Für die Bestimmung kritischer Wasser- und vor allem Ufermoose bedanke ich mich ganz herzlich bei Matthias Ahrens.

Literatur

- AG.L.N. - BÜRO FÜR LANDSCHAFTSPLANUNG UND NATURSCHUTZMANAGEMENT (2016): Wasserrechtsverfahren Oberstufe Häusern: Fachbeitrag Moose - Moosvegetation der Fließgewässer. Auftraggeber: Schluchseewerk. https://rp.baden-wuerttemberg.de/rpf/Abt5/Ref51/HausernDIX/D.IX_LBP%20Text.pdf
- AHRENS, M. (2000): Fissidentaceae. S. 99-128 in: NEBEL, M., PHILIPPI, G. (Hrsg.): Die Moose Baden-Württembergs, Bd. 1. Ulmer, Stuttgart.
- ALAND - INGENIEURE UND ÖKOLOGEN FÜR WASSER UND UMWELT (2017): Konzept für ein maßnahmenbegleitendes Monitoring zur Erfolgskontrolle an der Elz. Schlussbericht für die LUBW (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg).
- ANZEN-HENRICH, C. (1995): Die submersen Makrophyten des Schwarzwaldflusses Alb. Diplomarbeit Univ. Hohenheim.
- BACKHAUS, D. (1967): Die Makrophytenbesiedlung der obersten Donau und ihrer Quellflüsse. Arch. Hydrobiol./Suppl.Donauforschung 30: 306-320.
- BACKHAUS, D. & SANDER, U. (1967): Zur Chemie der Donauquellflüsse Breg und Brigach und des obersten Donauabschnittes bis zur Versickerung bei Immendingen. Arch. Hydrobiol. Suppl. Donauforschung 30: 228 – 305.

- BECKER et al. (2020): Maßnahmenbegleitendes Monitoring zur Erfolgskontrolle an der Elz. Untersuchungsprogramm 2018/2019. Abschlussbericht für das Regierungspräsidium Freiburg.
- BUTCHER, R. W. (1933): Studies on the ecology of rivers. I. On the distribution of macrophyte vegetation in the rivers of Britain. *J. Ecol.* 21: 58-91.
- BUTTLER, K. P., DEMUTH, S. & BREUNIG, T. (2018): Florenliste von Baden-Württemberg 2018. Liste der in Baden-Württemberg etablierten oder in Etablierung begriffenen Farn- und Samenpflanzen. Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg.), 25 S. https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/documents/10184/232616/Florenlis-te_BW_alle_2019.pdf, aufgerufen am 1.9.2019
- COOK, C. D. K. (1966): A monographic study of *Ranunculus subgenus Batrachium* (DC) A. Gray. *Mitt. Bot. Staatssamml. München* 6: 47-237.
- DEMARS, B. O. L. & EDWARDS, A.C. (2009): Distribution of aquatic macrophytes in contrasting river systems: a critique of compositional-based assessment of water quality. *Sci. Total Environ.* 407: 975-990.
- DÖRING, W. (1979): Verbreitung und Indikatorwert makrophytischer Wasserpflanzen in der Freiburger Bucht. Diplomarbeit, Univ. Freiburg.
- FORSCHUNGSGRUPPE FLIEßGEWÄSSER - BOSTELMANN, R., BRAUKMANN U., BRIEM, E., DREHWALD U., FLEISCHHACKER, T., HUMBORG, G., KÜBLER, P., NADOLNY I. & SCHEURLEN, K. (1993): Fließgewässertypologie: Ergebnisse Interdisziplinärer Studien an naturnahen Fließgewässern und Auen in Baden- Württemberg Mit Schwerpunkt Buntsandstein - Odenwald Und Oberrheinebene. Ecomed, Landsberg, 226 S.
- FORSCHUNGSGRUPPE FLIEßGEWÄSSER (1998): Regionale Bachtypen in Baden-Württemberg. Arbeitsweisen und exemplarische Ergebnisse an Keuper- und Gneisbächen, *Handbuch Wasser* 2, Bd. 41, Karlsruhe, 269 S.
- FRANKLIN, P., DUNBAR, M. & WHITEHEAD, P. (2008): Flow controls on lowland river macrophytes: A review. *Sci. Total Environ.* 400: 369-378.
- GLIME, J. M. (2020): Stream Factors Affecting Bryophyte Physiology and Growth. Chapt. 2-2. In: GLIME, J. M.: *Bryophyte Ecology 2-2-1*, Vol. 4. Habitats and Roles. Ebook <http://digitalcommons.mtu.edu/bryophyte-ecology/>. Aufgerufen 25.05.2021
- HOLMES, N.T.H. & WHITTON, B.A. (1977): Macrophytic vegetation of the River Swale, Yorkshire. *Freshwater Biol.* 7: 545-558.
- IVERSEN, J. (1929): Studien über die pH-Verhältnisse dänischer Gewässer und ihren Einfluß auf die Hydrophyten-Vegetation. *Bot. Tidsskrift* 40: 277-331.
- KOHLER, A. & JANAUER, G. A. (1995): Zur Methodik der Untersuchung von aquatischen Makrophyten in Fließgewässern. In: STEINBERG, C., B., H., KLAPPER, H. (Hrsg.) *Handbuch angewandte Limnologie*. Ecomed-Verlag, VIII-1.1.3: 1-22.
- KRAUSE, W. (1971): Die makrophytische Wasservegetation der südlichen Oberrheinaue - Die Äschenregion. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 37(4): 387-465
- KÜCHLER, M. (2019): Vegedaz - Programm für die Erfassung und Auswertung von Vegetationsdaten. Version 9.22. <https://www.wsl.ch/de/services-und-produkte/software-websites-und-apps/vegedaz.html>, aufgerufen am 15.1.2019
- LANG, P. & MURPHY, K. J. (2011): Environmental drivers, life strategies and bioindicator capacity of bryophyte communities in high-latitude headwater streams. *Hydrobiologia* 679: 1-17.
- LANGE, J. (2007): Die Dreisam. Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. *RegioWasser e.V.* (Hrsg.), Freiburg, Lavori, 248 S.
- LUBW - LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (2010): Gewässerstrukturtaktierung Baden-Württemberg – Feinverfahren. *Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie* 112, 61 S.
- LUBW (2015a): Überwachungsergebnisse Makrophyten und Phytobenthos 2012. Biologisches Monitoring der Fließgewässer gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie, 35 S. [https://www.lubw.baden-wuert-](https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/documents/10184/232616/Überwachungsergebnisse_Makrophyten_und_Phytobenthos_2012.pdf)

temberg.de/documents/10184/521490/oekologie_wasserpflanzen_bericht_ueberwachungsergebnisse_makrophyten_und_phytobenthos_2012.pdf/3f2f86ab-c8e7-4ab0-acc7-7f29a8ce40d7

LUBW (2015b): Überwachungsergebnisse Makrozoobenthos 2012-2013; „Ergebnistabelle“; Format xls. <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/72552/>

LUBW (2016): Informationssystem für Abfluss-Kennwerte in Baden-Württemberg. Aktualisierung 2016. <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/14020/>.

LUBW (2021): Jahresdatenkatalog. Daten der Chemie-Messstellen. Online-Datenbank der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Karlsruhe). https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/api/processingChain?ssid=7cfa6331-9f02-47a5-9f3a-d938eac7ee6b&selector=gewaesserguetedaten.meros%3Ameros_z_fisgequa_datenkatalog.sel., aufgerufen am 25.1.2021.

MAYER, B., TREMP, H. & KOHLER, A. (1994): Verwendung von Wassermoosen als Versauerungsindikatoren im Gebiet der Recht- und Rotmurg (Nordschwarzwald). In: BÖCKER, R., A. KOHLER (Hrsg.). Feuchtgebiete - Gefährdung, Schutz, Renaturierung. Hohenheimer Umwelttagung 26: 209-212.

MONSCHAU-DUDENHAUSEN, K. (1982): Wasserpflanzen als Belastungsindikatoren in Fließgewässern. Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 28, 115 S.

PHILIPPI, G. (1956): Einige Moosgesellschaften des Südschwarzwaldes und der angrenzenden Rheinebene. Beitr. Naturk. Forsch. Südwestdeutschl. 15/2: 91-124.

PHILIPPI, G. (1978): Veränderungen der Wasser- und Uferflora im badischen Oberrheingebiet. Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspf. Bad. Württ. 11: 99-134.

PHILIPPI, G. (1987): Die Wassermoosvegetation im östlichen Odenwald und südlichen Spessart. *Carolina* 45: 89-98.

PHILIPPI, G. (2000): Wassermoose. S. 32-34 in: NEBEL, M., PHILIPPI, G. (Hrsg.): Die Moose Baden-Württembergs Bd. 1, Ulmer, Stuttgart.

SUREN, A.M. & ORMEROD, S.J. (1998): Aquatic bryophytes in Himalayan streams: testing a distribution model in a highly heterogeneous environment. *Freshwater Biol.* 40: 697-716.

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

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

RIIS, T., SUREN, A. M., CLAUSEN, B. & SAND-JENSEN, K. (2008): Vegetation and flow regime in lowland streams. *Freshwater Biol.* 53: 1531-1543.

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

SAUER, M. & AHRENS, M. (2006): Rote Liste und Artenverzeichnis der Moose Baden-Württembergs. *Naturschutz-Praxis – Artenschutz* 10, Karlsruhe, 142 S.

SCARLETT, P. & O'HARE, M. (2006): Community structure of in-stream bryophytes in English and Welsh rivers. *Hydrobiologia* 553:143-152.

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.

SCHMIDT, C. (1993): Die Wassermoosvegetation im Bergland Westfalens. *Abh. Westf. Mus. Naturk.* 55(4): 1-51 + 6 Falttabellen.

- SCHMIDT, B., JANAUER, G. A., BARTA V. & SCHMIDT-MUMM, U. (2018): Breg and Brigach, head-streams of the River Danube: biodiversity and historical comparison. p. 58-80 in: JANAUER, G. A., KVĚT, J., GERM, M., EXLER, N., GABERŠČIK, A. (Eds.): *Macrophytes of the River Danube Basin*, Academia, Praha.
- SCHNEIDER, R. (2000): *Landschafts- und Umweltgeschichte im Einzugsgebiet der Elz*. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br. 178 S.
- SCHUBERT, R. (2008): *Die Moosgesellschaften des Nationalparks Harz*. Mitteilungen zur floristischen Kartierung in Sachsen-Anhalt, Sonderheft 5. 80 S.
- SCHÜTZ, W. (1992): *Ökologie, Struktur und Verbreitung der Fließwasserflora Oberschwabens und der Schwäbischen Alb*. *Dissertationes Botanicae* 192: 195. S, Cramer, Berlin, Stuttgart
- SCHÜTZ, W. (1995): *Vegetation of running waters in south-west Germany - pristine conditions and human impact*. *Acta Botanica Gallica* 142: 571-584.
- SCHÜTZ, W. (2017): *Aquatische Makrophyten im Kontext der WRRL*. Aquamak-Tagung Leipzig, Tagungsband: 55-62.
- SCHÜTZ, W. (2020): *Botanische Beobachtungen auf den Elzdämmen bei Emmendingen*. *Ber. Bot. Arbeitsgem. Südwestdeutschland* 9: 67-75.
- SCHÜTZ, W., WUCHTER, K., RÖHL, M. & REIDL, K. (2014): *Wasserpflanzen des (Kinzig)-Schutter-Unditz-Fließgewässer-Systems in der Oberrheinebene*. *Carolina* 72: 41-62.
- SCHÜTZ, W., VEIT, U. & KOHLER, A. (2008): *The aquatic vegetation of the Upper Danube river – past and present*. *Archiv für Hydrobiologie* 166: 167-191.
- SCHÜTZ, W., TREMP, H., VEIT, U. & KOHLER, A. (2018): *Distribution and habitats of aquatic macrophytes in the Upper Danube (Baden-Württemberg, Germany)*. p. 81-101 in: JANAUER, G. A., KVĚT, J., GERM, M., EXLER, N., GABERŠČIK, A. (Eds.): *Macrophytes of the River Danube Basin*, Academia, Praha.
- SCHÜTZ, W. & KING, L. (2019): *Maßnahmenbegleitendes Monitoring zur Erfolgskontrolle an der Elz – Modul Makrophyten und Phytobenthos (MuP)*. Bericht für das Büro HYDRA (2020): *Untersuchungsprogramm 2018/2019, im Auftrag des Regierungspräsidiums Freiburg*.
- SCHÜTZ, W. & KING, L. (2021): *Die benthische Algenflora der Elz (Schwarzwald)*. *Mitt. Bad. Landesver. f. Naturkunde Naturschutz* 23: 83-124.
- SCHWABE A. (1987): *Fluß- und bachbegleitende Pflanzengesellschaften und Vegetationskomplexe im Schwarzwald*. *Dissertationes Botanicae* 102, 400 S., Cramer, Berlin, Stuttgart.
- SMITH, A. J. E. (1978): *The Moss Flora of Britain and Ireland*. Cambridge University Press, Cambridge.
- STETZKA, K. M. & BAUMANN, M. (2002): *Wassermoos als Versauerungs- und Eutrophierungsindikatoren*. *Untersuchungen aus dem Erzgebirge*. *Herzogia* 15: 277-296.
- STINGL, A. (1991): *Die Wasser- und Ufermoose der Freiburger Dreisam und ihrer Zuflüsse (1985-1988)*. *Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz N. F.* 15/2: 303-329.
- TESSLER, M., TRUHN, K. M., BLISS-MOREAU, M. & WEHR, J. D. (2014): *Diversity and distribution of stream bryophytes: does pH matter?* *Freshwater Science* 33/3: 778-787. <https://doi.org/10.1086/676996>, aufgerufen am 02.04.2021.
- THIEBAUT, G., VANDERPOORTEN, A., GUEROLD, F., BOUDOT, J.-P. & MULLER, S. (1998): *Bryological patterns and streamwater acidification in the Vosges Mountains (N.E. France): An analysis tool for the survey of acidification processes*. *Chemosphere* 36/6: 1275-1289.
- TREMP, H. (1992): *Einsatz submerser Bryophyten als Bioindikatoren in versauerten Fließgewässern des Schwarzwaldes*. In: KOHLER, A., ARNDT, U. (Hrsg.) *Bioindikatoren für Umweltbelastungen*. *Hohenheimer Umwelttagung* 24: 143-157.
- TREMP, H., KAMPMANN D. & SCHULZ, R. (2012): *Factors shaping submerged bryophyte communities: a conceptual model for small headwater streams in Germany*. *Limnologica* 42/3: 242-250.
- TREMP, H. & KOHLER, A. (1993): *Wassermoos als Versauerungsindikatoren*. *Veröff. Projekt Ange-*

wandte Ökologie 6, 126 S.

VANDERPOORTEN, A. & KLEIN, J.-P. (1999): A comparative study of the hydrophyte flora from the Alpine Rhine to the Middle Rhine. Application to the conservation of the Upper Rhine aquatic ecosystems. *Biol. Conserv.* 87: 163-172.

WAHRENBURG, P., VAN DE WEYER, K. & WIEGLEB, G. (1991): Die Makrophytenvegetation im Einzugsgebiet der Rur II. Zur Zonierung von Makrophyten im Fließgewässersystem der Rur. *Decheniana* 144: 4-21.

Alle Fotos stammen vom Verfasser.

Fluss	Elz											Nebenflüsse				
	Abschnitt	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	Yac	WG1	WG2	Ott
NHN [m]	221	216	214	202	197	187	185	181	181	180	177	346	469	283	283	
Deckung [%]	1	3	3	2	2	1	2	0.1	3	10	70	15	5	1	95	
Artenzahl [n]	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
Cluster-Gruppe	8	8	8	8	4	3	7	-	7	6	6	8	8	8	5	
Floristische Zone	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	.	.	.	.
Indikative Arten																
<i>Marsupella emarginata</i>
<i>Brachythecium plumosum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.
<i>Peplis portula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ranunculus flammula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Callitriche hamulata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Glyceria fluitans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.
<i>Hygrohypnum ochraceum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Racomitrium aciculare</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Scapania undulata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Caltha palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Marchantia polymorpha</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Cardamine amara</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thamnobryum alopecurum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	2	3
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	.	.
<i>Fontinalis squamosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5
<i>Amblystegium fluviatile</i>	1	3	3	2	2	1	.	.	.	.	.	4	3	3	2
<i>Platyhypnidium riparioides</i>	2	3	3	2	1	.	.	.	.	.	.	3	3	2	5
<i>Fontinalis antipyretica</i>	.	3	3	1	.	.	.	.	.	.	.	2	2	.	.
<i>Elodea nuttallii</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	2	.	.	.	.
<i>Lemna minor</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.
<i>Myriophyllum spicatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.
<i>Potamogeton crispus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.
<i>Ranunculus fluitans</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	2	3	5	.	.	.	.
<i>Leersia oryzoides</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	2	.	.	.	.
Sonstige																
<i>Brachythecium rivulare</i>	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	1	.
<i>Agrostis stolonifera</i>	1	.	.	1	2	.	2	.	2	2	.	.	1	.	.	
<i>Phalaris arundinacea</i>	.	2	1	2	2	3	2	.	2	3	3	.	.	.	.
<i>Schistidium apocarpum</i>	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	3	.
<i>Schistidium rivulare</i>	.	2	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	3	2	2
<i>Hygrohypnum duriusculum</i>	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Ranunculus peltatus</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Galium palustre</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fissidens crassipes</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sparganium erectum</i>	.	.	.	.	.	2	2	.	2	.	.	.	.	.	.
<i>Persicaria hydroziper</i>	.	.	.	.	2	.	1	.	.	2	2	.	.	.	.
<i>Myosotis scorpioides</i>	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.

Weitere Arten: *Dichodontium pellucidum* (19;1), *Eurynchium praelongum* (9;1), *Leptodictyum riparium* (9;1), *Pellia epiphylla* (1;2, 23;1), *Callitriche obtusangula* (41;1), *Carex acutiformis* (37;1), *Equisetum arvense* (30;2), *Iris pseudacorus* (37;1), *Lythrum salicaria* (40;1), *Nasturtium officinale* (41;2), *Persicaria lapathifolia* (41;2), *Rorippa palustris* (40;2), *Scirpus silvaticus* (39;1), *Solanum dulcamara* (37;2), *Spirodela polyrhiza* (41;1)

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: 2022

Band/Volume: [NF_25](#)

Autor(en)/Author(s): Schütz Wolfgang

Artikel/Article: [Verbreitung und Zonierung der Makrophyten in der Elz \(Schwarzwald\) 83-112](#)