

## ZOOLOGIE

### Süßwasserschwämme (Porifera: Spongillidae) in Baden-Württemberg

VON FRANZ BRÜMMER & ANDREAS UWE MÜLLER, STUTTART

#### Inhalt:

1. Zusammenfassung / Abstract
2. Zur Biologie und Ökologie heimischer Süßwasserschwämme
3. Taxonomie der Süßwasserschwämme
4. Arten in Baden-Württemberg
5. Ausgewählte Fundstellen
6. Fazit
7. Danksagung
8. Literatur

#### 1. ZUSAMMENFASSUNG

Schwämme kommen in zahlreichen Steh- und Fließgewässern in Baden-Württemberg vor. Zwar sind die Biologie und Ökologie der heimischen Spongilliden gut beschrieben, doch zur modernen Taxonomie und Determination, aber vor allem zur Verbreitung fehlen neuere Beschreibungen und Hinweise.

Die DNA-Taxonomie stellt neben den morphologischen Merkmalen eine weitere und vom jeweiligen Entwicklungsstadium unabhängige Bestimmungsmethode dar. Erfolgt die Isolierung der Schwamm-DNA aus den Dauerstadien (Gemmulae), so wird erreicht, dass der Hauptanteil der isolierten DNA auch die des Schwammes ist.

Einzelne Schwammfunde in Baden-Württemberg werden vorgestellt und dabei im Besonderen auf die Biozönose von Süßwasserschwämmen und der Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*) an einer Steilwand im Bodensee bei Überlingen eingegangen.

**Schlüsselwörter:** Süßwasserschwämme, Porifera (Spongillidae), Baden-Württemberg, DNA-Taxonomie, integrative Taxonomie.

#### ABSTRACT

Sponges (Porifera: Spongillidae) are quite abundant in freshwater systems of Baden-Wuerttemberg. Although the biology as well as the ecology of freshwater sponges are described well, the knowledge of their distribution and the use of modern techniques, e.g. integrated taxonomy (traditional approach as well as DNA barcoding), is limited.

Besides the morphological characteristics, DNA-taxonomy is an additional method for the determination of species, independent from the development status of the sponges. Using the gemmules to isolate the DNA ensures obtaining the DNA from the sponge itself and not from associated organisms.

Several sponge records in Baden-Wuerttemberg are presented. Especially, the biocoenosis of freshwater sponges and *Dreissena polymorpha* at a steep wall in Lake Constance, Ueberlingen, Baden-Wuerttemberg, Germany is described.

**Keywords:** Freshwater sponges, Porifera (Spongillidae), Baden-Wuerttemberg, integrated taxonomy, DNA-taxonomy.

## 2. ZUR BIOLOGIE UND ÖKOLOGIE HEIMISCHER SÜSSWASSERSCHWÄMME

Die Schwämme sind der ursprünglichste Stamm der vielzelligen Tiere (Phylum Porifera). Lange Zeit wurden sie in drei Klassen eingeteilt. Mit Unterstützung durch molekulare Analysen wurde nun den Homoscleromorpha (vormals eine Unterklasse der Demospongia) der Rang einer Klasse zugeteilt (GAZAVE 2012). Damit werden heute vier rezente Klassen unterschieden: Glasschwämme (Hexactinellida), Horn- oder Kieselschwämme (Demospongia), Kalkschwämme (Calcarea) und Homoscleromorpha.

Alle Süßwasserschwämme gehören zur Klasse der Kieselschwämme (Demospongia) und beschränken sich mit mehreren Familien, u. a. die Spongillidae, auf die Unterordnung Spongillina. Sie werden wie folgt eingeordnet (HOOPER 2002):

Phylum: Porifera

Klasse: Demospongia

Ordnung: Haplosclerida

Unterordnung: Spongillina

Schwämme sind bis auf wenige Ausnahmen – wie verschiedene Vertreter der marinen Gattung *Tethya* (SARA et al. 2001; NICKEL 2006) – rein sessile Lebewesen. Sie ernähren sich von Partikeln im Wasser, die durch aktives Filtrieren eingefangen werden. Das Wasser wird dabei stetig in einem Kanalsystem durch den Schwamm geleitet. Von den vielen kleinen Einströmöffnungen (Ostien) auf der Oberfläche kommt es zunächst in die Kragengeißelkammern, in denen spezielle Zellen, die Kragengeißelzellen (Choanozyten), ihre Arbeit verrichten. Kennzeichnet sind diese Zellen durch eine am Zellapex entspringende Geißel. Jede Geißel ist etwa zur Hälfte von einem Kragen aus zahlreichen Mikrovilli umgeben, worin sich Nahrungspartikel verfangen, die danach von den Zellen aufgenommen werden; die andere Hälfte ragt frei in die Kammer hinein. Jede dieser Geißeln führt innerhalb und außerhalb des Kragens s-förmige Schlagbewegungen aus, die den Wasserstrom durch den Schwammkörper verursachen. Über abführende Kanäle, die sich in ihrem Verlauf zu größeren vereinigen, wird das Wasser dann durch die Ausströmöffnungen (Oscula) wieder aus dem Schwamm hinausbefördert.

Schwämme besitzen keine Organe, aber es werden zahlreiche Zelltypen unterschieden. Neben den bereits erwähnten Choanozyten sind die Pinacozyten, Archaeozyten und Sklerozyten als einige der wichtigsten zu nennen (SIMPSON 1984, WEISSENFELS 1989). Aus den Archaeozyten differenzieren sich alle anderen Zellen. Pinacozyten und Choanozyten bilden die Epithelien eines Schwammes,

das Pinacoderm und das Choanoderm. Letzteres kleidet die Kammern aus, während Ersteres die restliche Schwammoberfläche ausmacht. Zwischen den Epithelien liegt eine gallertartige Schicht, das Mesohyl, in der die anderen Zelltypen liegen oder sich darin auch frei bewegen.

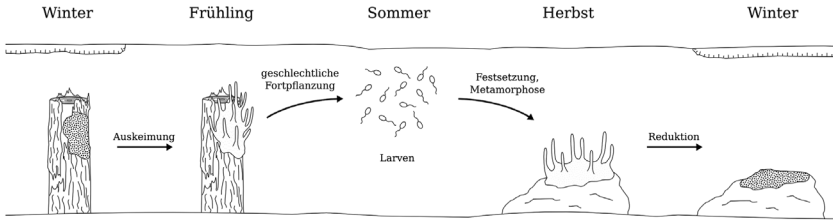
Schwämme besitzen aber auch ein Stützskelett. Es setzt sich aus einer organischen – einer schwammspezifischen Art von Kollagenfibrillen (Spongin) – und einer anorganischen Komponente – den Skelettnadeln (Spicula) – zusammen. Die Sklerozyten sind für die Bildung der Skelettnadeln verantwortlich. Das Spongin verbindet die Nadeln zu Strängen, welche die Konsistenz eines Schwamms mit beeinflussen. Die Spicula werden nach ihrer Größe in Makro- und Mikroskleren eingeteilt. Hierfür gibt es keine feste Größengrenze und die Unterscheidung wird daher nur in Relation zueinander getroffen. Meist sind Mikroskleren jedoch kleiner als 100 µm, Makroskleren größer. Der dritte Nadeltyp sind die Nadeln der Dauerstadien, Gemmoskleren oder auch Belagsnadeln genannt.

Die faszinierenden Formen der Nadeln umfassen eine solche Vielfalt, dass für sie eine eigene Nomenklatur geschaffen wurde (BOURY-ESNAULT & RÜTZLER 1997). Bei den Spongilliden finden sich an beiden Enden zugespitzte Nadeln (Oxe), Nadeln mit abgerundeten Enden (Strongyle) und Garnrollen (Amphidisken). Diese Nadeln werden weiter danach unterschieden, ob sie glatt oder bedornt sind. Die Formenvielfalt wird durch Anomalien der Nadeln mancher Arten erweitert. Ein Beispiel ist *Ephydatia fluviatilis*. Hier können Makroskleren fusionieren, sich gabeln oder Verdickungen aufweisen (GUGEL 1996b).

Alle Arten der Spongillidae sind zur Gemmulaebildung fähig (Gemmulation). Sie dienen der Überdauerung ungünstiger Lebensbedingungen und stellen gleichzeitig eine Form der ungeschlechtlichen Vermehrung dar (WEISSENFELS 1989). Die Gemmulae sind bis zu 0,4 mm große, gelbe Kugeln. Sie können frei im Schwammkörper verteilt sein, als sogenannte Lager – eine eigene Schicht zwischen Gewebe und Substrat – ausgebildet werden oder in Gruppen zusammengefasst sein.

Daneben sind die Spongilliden auch zur geschlechtlichen Vermehrung fähig. Spermien und Eizellen werden vom selben Schwamm gebildet (Hermaphroditismus). Die Spermien werden ins Wasser entlassen bis sie von einem anderen Schwamm eingestrudelt werden (WEISSENFELS 1989). Aus der befruchteten Eizelle entwickelt sich eine Larve, die zunächst pelagisch lebt. Sobald sie sich festgesetzt hat, beginnt sie mit der Metamorphose zum sessilen Tier.

In unseren Breiten lässt sich ein allgemeiner, saisonaler Lebenszyklus beschreiben, in dem sich beide Formen der Vermehrung abwechseln. Die Auskeimung des Schwamms aus den Gemmulae erfolgt im Frühjahr (Abb. 1). Er wächst heran, bis im Sommer die geschlechtliche Vermehrung stattfindet. Nachdem sich aus der Larve wieder ein Schwamm gebildet hat, setzt im frühen Herbst die Gemmulation ein. Zum Winter wird der Schwammkörper dann gänzlich zurückgebildet. Eine Ausnahme macht hierbei *Ephydatia fluviatilis*, welcher auch nur unter einer starken Reduktion des Körpers überwintern kann.



**Abb. 1:** Lebenszyklus eines Schwamms in der gemäßigten Klimazone: Im Frühjahr keimt aus den vom Vorwinter verbliebenen Gemmulae der Schwamm und wächst heran, bis er sich im Sommer geschlechtlich vermehrt. Er bildet pelagische Larven aus, die sich wieder festsetzen und zu einem neuen Schwamm auswachsen. Vom Herbst zum Winter entwickeln sich unter Reduktion des Schwammkörpers Dauerstadien zur Überwinterung.

Süßwasserschwämme sind weltweit verbreitet und haben Steh- und Fließgewässer für sich erobert (PENNY 1968). Von den in Deutschland vorkommenden 31 Arten von Schwämmen (Porifera) (VÖLKL & BICK 2004) werden 8 bis 10 Arten aus dem Süßwasser beschrieben.

In heimischen Gewässern nutzen die Schwämme vor allem Steine, Totholz und Pflanzen als Substrat. Es können aber auch Muschelschalen dazu dienen (PRONZATO 2001). Freies Substrat ist jedoch Mangelware und es entsteht Konkurrenz um den Platz. Im Rhein wurde beobachtet, dass eine Koexistenz der Schwammarten durch unterschiedlich getaktete Lebenszyklen in Bezug auf das Einsetzen der Gemmulation, Larvalstadien und die Abundanz der adulten Schwämme gewährleistet wird (GUGEL 2001).

Größter Platzkonkurrent der Schwämme aus einer anderen Tiergruppe ist der Schlickkrebs (*Corophium curvispinum*), dessen Wohnröhren das potenzielle Substrat belegen. Auch Moostierchen (Bryozoa) besetzen zuweilen den Lebensraum der Schwämme. Obwohl beide auch nebeneinander vorkommen, gibt es Berichte, worin sich Schwämme auch durch Überwachsen der Moostierchen ihnen gegenüber behaupten (GUGEL 1996a).

Auch in ungewöhnlichen Habitaten wie zum Beispiel Rohrwasserdunkelräumen sind es gerade Schwämme (*Ephydatia fluviatilis*) und Moostierchen (meist *Plumatella repens*), die zusammen mit Dreikantmuscheln (*Dreissena polymorpha*), Sumpf- und Schlamm-schnecken sowie Chironomidenlarven die größte Biomasse bilden können (BARTL 1984). Ein derartiges massenhaftes Auftreten von Schwammwachstum kann u. a. zu erheblichen Problemen bei der Wasserversorgung durch Verengen des freien Rohrquerschnittes einschließlich Geruchsbelästigungen führen und Untersuchungen zur Bekämpfung des Schwammvorkommens veranlassen (BARTL 1984). Hierfür wurde im Fall des Massenvorkommens von *Ephydatia fluviatilis* in Rohrleitungen der BASF in Ludwigshafen – Rohre mit

Nennweiten von 2.000 bis 150 mm waren betroffen – eine eigens dafür konzipierte Schwammversuchsanlage aufgebaut (BARTL 1984), um Möglichkeiten der Bekämpfung zu untersuchen. Derartige Massenvorkommen von Süßwasserschwämmen wurden immer wieder beobachtet, so zum Beispiel für *Trochospongia horrida* in den Jahren 1992–1995 (GUGEL 2000).

Die Skelettnadeln bieten offenbar einen guten Fraßschutz, denn Schwämme werden selten gefressen. Jedoch treten einige Insektenlarven als Parasiten auf. So trägt die Gattung *Sisyra* (Neuroptera: Sisyridae) den Trivialnamen Schwammfliegen, da ihre Larven an den Schwämmen saugen und ihn so parasitieren (WESENBERG-LUND 1939, GRABOW 2000, GUGEL 2001). Daneben sind Schwämme auch ein fester Bestandteil des Lebenszyklus einiger Trichoptera- und Diptera-Arten (RESH 1976). Andere Tiere wie Milben (*Unionicola*; GUGEL 1996a), Flohkrebse (*Gammarus/Chetogammarus*; GUGEL 2001) sowie Oligochaeten (KAHL 1981) und Mollusken (VOLKMER-RIBEIRO 1974) können ebenfalls mit Schwämmen assoziiert vorgefunden werden.

Die Wandermuschel *Dreissena polymorpha* ist in Baden-Württemberg durch ihre weite Verbreitung und hohe Abundanz in den meisten Gewässern vertreten und stellt einen weiteren Platzkonkurrenten dar (GUGEL 2001). Es wurde berichtet, dass die Schwämme den Muscheln in dieser Hinsicht überlegen sind, da sie diese einfach überwachsen können (RICCIARDI 1995). Laut einer anderen Studie ist es den Schwämmen möglich, durch ihr Konkurrenzverhalten die Individuenzahl an Wandermuscheln lokal zu kontrollieren (LAUER 2004). Untersuchungen im Bodensee zeigten, dass dort manche Schwammarten die Muschelschale sogar selektiv zu besetzen scheinen und dadurch neue Habitate erschließen (MÜLLER 2014).

### 3. TAXONOMIE DER SÜßWASSERSCHWÄMME

Eine erste, rein äußerliche Betrachtung liefert zunächst Informationen über Form, Größe und Farbe des Schwamms. Süßwasserschwämme zeigen sich als Krusten unterschiedlicher Dicke oder als massive bzw. globulöse Körper. Fingerförmige Auswüchse, die mitunter durchaus auch buschige Ausmaße erreichen, können ebenfalls vorhanden sein.

Symbionten sind meist für die Färbung verantwortlich, aber nicht immer anwesend. Sie können weiß, gelb oder grün (symbiotische Algen oder Zoochlorellen) gefärbt sein. Größe, Form und Farbe sind durch äußere Bedingungen und die lokale Umgebung (Standortfaktoren) stark beeinflusst. Daher sind mehrere Ausprägungen innerhalb einer Art keine Seltenheit. Jedoch bewegen sich die Ausprägungen in gewissen Grenzen, sodass – zusammen mit anderen Merkmalen – wertvolle Aussagen gemacht werden können. Dies gilt vor allem für marine Schwämme. Die wenigen Ausprägungen an Form und Farbe bei den Süßwasserschwämmen helfen nur begrenzt bei der Identifikation. Ein gutes Beispiel ist hier nur *Spongilla lacustris*, der häufig fingerförmige Auswüchse bildet und meist eine Grünfärbung durch symbiotische Algen aufweist. Im Jahr 2002 wurde von

dieser Art ein meterhoher buschartiger Riesen-Schwamm im Staffelsee (Oberbayern) entdeckt. Bei *Eunapius fragilis* und *Ephydatia fluviatilis* hingegen wurde eine derartige Wuchsform nicht beobachtet (PRONZATO 2001).

Aufgrund der wenigen eindeutigen äußeren Merkmale sind die Skelettelemente und deren Anordnung (Skelettstruktur) von großer Bedeutung bei der Identifizierung der Art eines Süßwasserschwamms. In den ersten umfassenden Bestimmungsschlüsseln für einheimische Süßwasserschwämme werden bereits die Spicula zur Artidentifikation genutzt (ARNDT 1928, BARTSCH 1958). Neuere Werke zur Artbestimmung der Spongillidenfauna Europas und Deutschlands ziehen ebenfalls die Skelettnadeln als zentrales Element heran (PRONZATO 2001, EGGERS 2007, SCHAEFER 2009, SCHWAB 2011, STREBLE & KRAUTER 2012, GUGEL & BRÜMMER 2016).

Spicula und Sponginfasern bilden ein charakteristisches Netzwerk aus. Die Betrachtung setzt geeignete Präparationsmethoden voraus. Die Nadeln einer Probe lassen sich zum Beispiel durch Kochen in Salzsäure oder Behandlung mit Natriumhypochlorit von organischem Material befreien oder durch Verwendung von Wintergrünöl (Salicylsäuremethylester) besser darstellen. Ein einfaches Zupfpräparat kann auch schon zum Erfolg führen. Im besten Falle sollte eine Probe vorliegen, die Gewebe und Gemmulae aufweist. Gemmulaebildung erfolgt bei ungünstigen Bedingungen unter Reduktion des Schwammkörpers (WEISSENFELS 1989). Im Winter sind daher fast ausschließlich die Gemmulae der Schwämme zu finden. Ein günstiger Zeitpunkt zur Beprobung ist deshalb der Herbst, da dann meist noch Gewebe vorhanden ist. Zur Untersuchung des Netzwerks sind Gewebeschnitte erforderlich, die durch Behandlung mit Toluol, einer Phenol-Xylol-Mischung oder mit Zellysepuffer gesäubert werden können.

Alle einheimischen Süßwasserschwämme Baden-Württembergs besitzen glatte oder bedornete Oxe als Makrosklere. Sofern Mikrosklere vorhanden sind, treten sie als bedornete Oxe auf (wie bei *Spongilla lacustris*), teilweise auch als bedornete Strongyle. Gemmosklere sind Oxe (wie bei *Eunapius fragilis*), Strongyle (wie bei *Spongilla lacustris*) oder Amphidiskene (wie bei *Ephydatia spec.*) in der Größenordnung der Mikrosklere. Oxe und Strongyle der Gemmulae der einheimischen Arten sind stets bedornet. Die Amphidiskene zeigen sich mit ganzrandigen (wie bei *Trochospongilla horrida*), gezackten oder tief eingeschnittenen Scheiben (wie bei *Ephydatia spec.*). Ihr Schaft ist glatt oder bedornet.

Die vorangehende Beschreibung zeigt, dass die Taxonomie basierend auf morphologischen Merkmalen viel Wissen und noch mehr Erfahrung über die entsprechende Organismengruppe erfordert. Ferner ist generell die Klassifikation von Organismen mit wenigen oder gar ohne nennenswerte morphologische Eigenschaften nach diesem Konzept nicht möglich.

Bereits Anfang der 60er Jahre wurde nach molekularen Eigenschaften, Proteinen und DNA, gesucht, die für die Taxonomie und Phylogenie von Bakterien dienen können (MARMUR 1963, JOHNSON 1973). ZUCKERKANDL und PAULING be-

schrieben 1965 den Zusammenhang der evolutionären Entwicklung in der Basenabfolge und deren Bedeutung für die molekulare Phylogenie (ZUCKERKANDL & PAULING 1965). Phylogenetische Zusammenhänge sollten demnach weniger vom Phänotyp als vom Genotyp abgeleitet werden, weil Evolution in erster Linie auf der Ebene des Genotyps stattfindet. Schließlich wurden 1990 die drei Domänen des Lebens durch CARL WOESE vorgeschlagen (WOESE 1987, WOESE 1990). Im gleichen Zeitraum wurde versucht, den Ansatz der molekularen Phylogenie auf die höheren Organismen zu erweitern (FIELD 1988, EERNISSE 1992). Daraus entwickelte sich die Idee, molekulare Eigenschaften des Genoms zur Identifikation einer Art oder gar eines Individuums einzusetzen (VERSALOVIC 1991, VOS 1995).

Die Techniken der Molekularbiologie haben sich seither enorm entwickelt. Nukleinsäuren in der Größenordnung eines ganzen Genoms, demnach mehrere Megabasenpaare, lassen sich innerhalb weniger Tage sequenzieren (PETTERSON 2009). So ist es heutzutage möglich, auch die Taxonomie höherer Organismen auf die Ebene des Genotyps zu verlagern. Ein Gen kann als einzelnes Merkmal bzw. als so genannter Marker betrachtet werden. Ein solcher ist mit einem Produktstrichcode ("*barcode*") zu vergleichen, anhand dessen das Produkt eindeutig identifiziert werden kann. Deshalb wurde das Konzept als *DNA barcoding* bezeichnet (HEBERT 2003a). In einem ersten Schritt wäre dann die Marker-Sequenz des unidentifizierten Organismus zu bestimmen. Über einen Abgleich mit einer Datenbank, die alle Marker-Sequenzen enthält, würde dann die Artidentifikation erfolgen.

Die Vorteile eines solchen Konzepts liegen auf der Hand: (1) Der Anwender der Methodik braucht keinerlei Erfahrung mit klassischen Bestimmungsmerkmalen oder der Tiergruppe selbst. (2) Für DNA-Isolation und Polymerase-Kettenreaktion (PCR) sind inzwischen standardisierte Verfahren und Protokolle erhältlich, die von Firmen in Form von *Kits* verkauft werden. (3) Sequenzierung wird als Dienstleistung für wenig Geld angeboten. Dies ermöglicht es nahezu jedem Labor, auch ohne spezielle größere Geräteausrüstung, das *DNA barcoding* durchzuführen. (4) Auch juvenile Organismen ohne abgeschlossene morphologische Merkmalausprägung können damit erkannt werden. Zusammengefasst steht damit eine Artidentifikation schnell, kostengünstig und für eine breite Anwenderschaft zur Verfügung, sofern bereits eine eindeutige Zuordnung von Sequenz zu Spezies erfolgt ist ("*integrated taxonomy*"; MORITZ & CICERO 2004).

Die Begründer des Konzepts des *DNA barcodings* schlugen das ungefähr 700 Basenpaare lange 5'-Fragment des Gens der ersten Untereinheit der mitochondrialen Cytochrom-c-Oxidase (COI) als universellen Marker vor (HEBERT 2003a). Es wurde gezeigt, dass bei der COI-Sequenz für die meisten Phyla der Metazoa die Intraspezies-Variabilität signifikant geringer als die Interspezies-Variabilität ist (HEBERT 2003b). Die COI-Sequenz ist aber nicht für alle Tiergruppen gleichermaßen geeignet: Für höhere Pflanzen, marine Schwämme und für Anthozoa ist die

Änderungsrate zu langsam, um eine Identifikation auf Artniveau zu ermöglichen (WÖRHEIDE 2006, ERPENBECK 2007, NEIGEL 2007).

Es gab Versuche, die Phylogenie der Süßwasserschwämme basierend auf der 18S rRNA und/oder COI-Sequenz zu analysieren (ADDIS 2005, MEIXNER 2007). Beide eigneten sich gut zur Ermittlung der Relationen auf Familienebene, aber boten nur eine geringe Auflösung auf Artniveau. Daher mussten andere Marker herangezogen werden. Die *internal transcribed spacer* Regionen der ribosomalen RNA (ITS1 und ITS2) erwiesen sich in der Gruppe der Süßwasserschwämme als geeignet (ADDIS 2005, ITSKOVICH 2008). Durch diese Vorarbeiten sind bereits Sequenzen der COI-, ITS1- und ITS2-Regionen vieler Süßwasserschwammarten verfügbar. Jedoch gibt es derzeit keine Einträge für die ebenfalls in Deutschland nachgewiesenen Arten *Heteromeyenia baileyi*, *Heteromeyenia stepanowii* und *Racekiela ryderii*. Soll die Art einer Süßwasserschwammprobe aus Deutschland bestimmt werden, wäre zur Zeit die Ermittlung der COI- und ITS2-Sequenz sinnvoll.

Neben der Wahl des Markers kann die Isolierung möglichst reiner Schwamm-DNA ein Hindernis darstellen. Das Schwammgewebe enthält mitunter andere Organismen, wie Algen oder Bakterien, die bis zu 40 % des Gewebsvolumens ausmachen können (BERGQUIST 1979). Vor allem bei marinen Schwämmen wird oft eine Unmenge an unerwünschter DNA isoliert, die eine deutlich aufwendigere Methode zur Gewinnung der Schwamm-Sequenz nötig macht. Bei Süßwasserschwämmen lässt sich dieser Umstand elegant durch die Verwendung der Gemmulae als Ausgangsmaterial umgehen (MÜLLER 2014). Dadurch wird gewährleistet, dass der Hauptanteil der isolierten DNA auch die des Schwammes ist.

#### 4. ARTEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG

„Der süddeutsche Raum ist bisher unberücksichtigt geblieben“, so berichtet SIMON (1953) in der Einleitung zu seiner „Spongillidenfauna des Bodensees (Obersee)“. Erhebt man den Anspruch einer detaillierten Beschreibung der Schwammfauna mit Artbezeichnungen und dazugehörigem Fundort, so hat sich nach Kenntnis der Autoren daran bis heute nicht allzu viel geändert. Zwar existiert gerade durch das Trendbiomonitoring für die Fließgewässer von Baden-Württemberg eine gute Übersicht, in der fünf Schwammarten aufgeführt werden (LUBW 2011), doch gerade für die zahlreichen Stehgewässer sind es eher Einzelberichte und Zufallsbefunde. Bereits 1940/41 lieferte ROECKL eine Zusammenstellung der damaligen Fundorte (ROECKL 1940/41), doch fehlt bis heute eine eingehende Bearbeitung dieser Tiergruppe für Baden-Württemberg.

Einzig der Bodensee stellt hier vielleicht eine Ausnahme dar: In der wohl ersten Bestandsaufnahme durch SIMON (1953) werden fünf Schwammarten und ihre Fundorte im Obersee beschrieben. Erstmals kommt hier auch die Anwendung des Forschungstauchens zum Einsatz, um „einen genauen Überblick über die Schwammbesiedlung in quantitativer wie ökologischer Hinsicht zu bekommen“ (SIMON 1953).

Ganz in diesem Sinne sind auch heute die wissenschaftlichen Taucherinnen und Taucher der Wissenschaftlichen Tauchgruppe der Universität Stuttgart



(WiTUS) unterwegs und nutzen die Tauchmethodik zur gezielten und direkten *in situ* Beprobung und Dokumentation, zum Beispiel der Süßwasserschwämme. Auch die meisten Proben der vorliegenden Arbeit wurden tauchend unter Verwendung von Pressluft gewonnen.

Eine erste kritische Beurteilung der Tauchmethode verdanken wir dem Wiener Zoologen und Meeresforscher RUPERT RIEDL (RIEDL 1967). Seit dieser Zeit hat sich das wissenschaftliche Tauchen kontinuierlich weiterentwickelt (HEINE 2011) und stellt heute eine wertvolle Methode zur Erforschung sowohl küstennaher Lebensräume, wie zum Beispiel von Benthongemeinschaften (GAMBI & DAPPIANO 2004), als auch von Süßwasserlebensgemeinschaften dar.

Insgesamt ergibt dieser Überblick folgende Vorkommen von fünf Arten von Süßwasserschwämmen für Baden-Württemberg:

*Spongilla lacustris* (LINNAEUS, 1759)

*Ephydatia fluviatilis* (LINNAEUS, 1759)

*Ephydatia muelleri* (LIEBERKUEHN, 1855)

*Eunapius fragilis* (LEIDY, 1851)

*Trochospongilla horrida* (WELTNER, 1893)

##### 5. AUSGEWÄHLTE FUNDSTELLEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Auch diese Arbeit will und kann keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben und führt einige Fundorte auf, die exemplarisch für die durchaus weite Verbreitung von Süßwasserschwämmen in Baden-Württemberg stehen sollen. So zählt *Ephydatia fluviatilis* mit einer Häufigkeit von 67% an den 30 Dauerbeobachtungsstellen zu den am häufigsten zu beobachtenden Tierarten beim Trendbio-monitoring von Baden-Württemberg (LUBW 2011).

##### Fließgewässer:

Aus dem Katzenbachsee, der in einem Teil des Esslinger Stadtwalds (Katzenbachwald; korrekte Bezeichnung: Stadtwald Esslingen am Neckar, Stiftswald Katzenbacher Hof) liegt, kommend durchfließt der **KATZENBACH** als unscheinbares Bächlein das Büsnauer Wiesental an dessen nördlichem Rand, um wenig später am Rande des Stuttgarter Rotwildparks in die Glens zu münden. Das Büsnauer Wiesental im Südwesten der Landeshauptstadt Stuttgart, zwischen dem Universitätsbereich Vaihingen, den Max-Planck-Instituten und dem Stadtteil Büsnau gelegen, ist der Rest einer reich strukturierten Wiesenlandschaft, welche im Jahre 1989 unter Schutz gestellt wurde. Es bietet durch seine Kleinräumigkeit vielfältige Rückzugsmöglichkeiten für Pflanzen und Tiere, die auf offene, extensiv genutzte Landschaften angewiesen sind und z. B. kühle, feuchte Lebensräume bevorzugen. Eigentlich fällt der Verlauf des Katzenbaches nur durch die großen Bäume entlang seiner Ufer auf. Erfreulich ist es, dort immer wieder und regelmäßig Süßwasserschwämme der Art *Ephydatia fluviatilis* beobachten zu können.

Die **JAGST**, einer der Nebenflüsse des Neckars, entspringt bei Walxheim auf der Ostalb und mündet nach ca. 196 km in Jagstfeld in den Neckar. Ihr Flusstal ist ein Naturparadies und hat sich seine Ursprünglichkeit und Naturnähe bis heute bewahrt (LOTT 2000). In Baden-Württemberg weist das Arteninventar der Jagst den höchsten Anteil an Rote Liste-Arten auf (LUBW 2011).

Auch in der Jagst lassen sich Süßwasserschwämme unschwer beobachten. So zum Beispiel *Ephydatia fluviatilis* unterhalb der Wehre in Westernhausen und Berlichingen.

Der **NECKAR** entspringt im Schwenninger Moos als kleiner Bach und verwandelt sich auf seinem 371 Kilometer langen Weg in einen breiten, aber sehr träge dahinfließenden Strom, der schließlich in Mannheim in den Rhein mündet.

Auffallend ist, dass der Neckar auf fast seinem gesamten Verlauf sehr stark durch den Einfluss des Menschen geprägt ist, insbesondere ab dem Beginn der Bundeswasserstraße in Plochingen. Nutzung der Wasserkraft, Aufstau durch Wehre, Uferbefestigungen, Begradigung und Stauregulierung machen aus dem Fluss auf weiten Strecken mehr ein technisches Bauwerk denn ein natürliches Fließgewässer. Durch den Aufstau in insgesamt 24 Stufen ist der Neckar seiner Natürlichkeit in Bezug auf Abfluss und seines natürlichen Flussbetts beraubt worden (KOBUS & BÜRCKLE 1996).

Davon auszunehmen sind die Altarme des Neckars, ehemalige Flussabschnitte, die parallel zum neuen Flussbett bzw. zum Schifffahrtskanal erhalten geblieben sind und häufig als Naturschutzgebiete ausgewiesen wurden. Diese Schutzgebiete, welche selbige von Überbauung und Zerstörung verschont geblieben sind, sind wertvolle Rückzugsräume für zahlreiche Tiere und Pflanzen und gewähren dem Neckar zumindest auf diesen kurzen Streckenabschnitten eine vergleichsweise naturnahe Entwicklung.

So bietet der Altneckar bei Pleidelsheim (unterhalb Ludwigsburg zwischen Freiberg und Pleidelsheim) auch für Süßwasserschwämme der Art *Ephydatia fluviatilis* einen geeigneten Lebensraum. Hier sind es vor allem die unterseitigen Bereiche des Makro- und Megalithals.

Der **RHEIN** hat eine Gesamtlänge von ungefähr 1.325 km und durchfließt das nördliche Alpenvorland, den Oberrheingraben, die Mittelgebirgsschwelle und das Niederrheinische Tiefland. Sein Lauf wird in verschiedene Abschnitte gegliedert, wovon für Baden-Württemberg der Bodensee, der Hochrhein und der Oberrhein von Bedeutung sind.

Der Rhein ist aber auch eines der anthropogen am meisten beeinflussten Ökosysteme Europas. Dies spiegelt sich auch in der stark veränderten Fauna und Flora wieder. Innerhalb einer faunistischen Betrachtungsweise fallen die starken Veränderungen der Wirbellosen auf, die durch Wasserverschmutzung teilweise dramatische Rückgänge zu verzeichnen hatten sowie die massenhaften Vorkommen neuer nicht-heimischer Arten (Neozoa). Von der Biomasse her dominieren

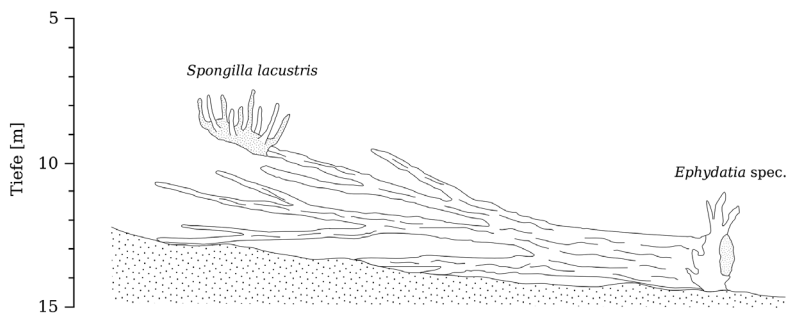
die über 20 Arten heute die Fauna des tierischen Makrobenthos im Rhein. Insgesamt wurden bisher im gesamten Rhein 584 verschiedene Arten des Makrozoobenthos aufgefunden (LfU 2004). Darunter finden sich in den baden-württembergischen Rheinabschnitten die fünf Arten der Süßwasserschwämme *Spongilla lacustris*, *Ephydatia fluviatilis*, *Ephydatia muelleri*, *Eunapius fragilis*, *Trochospongilla horrida*.

#### Seen:

In der Rheinebene bei Rastatt-Plittersdorf, etwa 20 km südlich von Karlsruhe, liegt der **DEGLERSEE** (Rastatter Freizeitparadies). Primär wird er von den Gästen des angrenzenden Campingplatzes und von Tagesbesuchern als Badesee genutzt, aber auch unter Sporttauchern ist der See ein beliebtes Ziel. Durch den regen Tauchbetrieb ist die Unterwasserlandschaft gut bekannt. Vom Ufer aus verläuft der Grund mehr oder weniger sanft in die Tiefe bis zum tiefsten Punkt bei ungefähr 25 m.

In Ufernähe ist eine reiche Makrophytenflora vorhanden, die unter anderem Laichkräuter und Tausendblatt beherbergt. Die submersen Gefäßpflanzen treten jedoch gegenüber dem ausgedehnten und mit 11 nachgewiesenen Arten überaus artenreichen Characeenbestand in den Hintergrund (LUBW 2006). Vom Uferbereich bis in ca. 15 m Wassertiefe überzieht ein dichter Teppich aus Armeleuchteralgen den Seegrund und bildet flächendeckende Characeenwiesen aus.

Ein bekanntes Ziel der Taucher ist der so genannte „Schwammbaum“ (Abb. 2). Der umgestürzte Baum liegt mit der Krone zum Ufer gewandt, während der Wurzelstock in die Tiefe ragt. Das Totholz bildet seit vielen Jahren das Substrat für einen grünen Schwamm mit fingerförmigen Auswüchsen, der es sich auf



**Abb. 2:** Schematische Darstellung des „Schwammbaums“ im Deglersee (Rastatt-Plittersdorf): In der Baumkrone wächst die Art *Spongilla lacustris* mit typischer fingerförmiger Morphologie und grünlicher Färbung. Am Wurzelstock siedelt *Ephydatia spec.* als krustenförmiger Aufwuchs mit blaugelber Farbe.

einem der Äste in ca. 9 m Tiefe gemütlich gemacht hat. Am Wurzelstock in etwa 13 m Tiefe sitzt ein weiterer Schwamm mit blassgelber Farbe. Taucherberichten zufolge wurden beide Schwammformen auch an anderen Stellen im See, sogar auf Armleuchteralgen, beobachtet. Im September 2013 wurden die Schwämme des Schwammbaums beprobt und als *Spongilla lacustris* (Ast, 9 m) und *Ephydatia* spec. (Wurzelstock, 13 m) identifiziert (MÜLLER 2014).

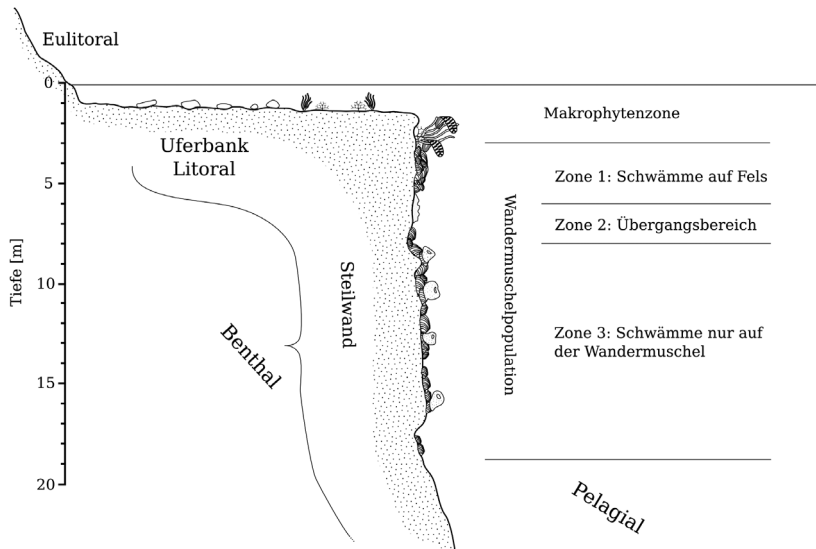
Informationen zur Artenzahl der Süßwasserschwämme im **BODENSEE** gibt es nur wenige. Bereits ARNDT (1928) schreibt von insgesamt vier Arten: *Eunapius fragilis* LEIDY 1851, *Ephydatia fluviatilis* LINNAEUS 1758, *Ephydatia muelleri* LIEBERKÜHN 1855 und *Spongilla lacustris* LINNAEUS 1758. Bei SIMON (1953) und bei KIEFER (1955) kommt noch eine weitere, fünfte Art (*Trochospongilla horrida*) dazu. Neueste Untersuchungen bestätigen bisher die von ARNDT genannten Arten (MÜLLER 2014).

In Überlingen-Goldbach, an einer Steilwandformation, wurde eine auffällige Assoziation der Art *Ephydatia fluviatilis* mit der Wandermuschel *Dreissena polymorpha* PALLAS 1771 beobachtet und untersucht (MÜLLER 2014). Der Schwamm sitzt als Epibiont auf der Muschelschale auf und bildet einen kugelförmigen Körper mit einem zentralen Osculum aus. Diese Art wurde dort ausschließlich auf der Wandermuschel beobachtet.

Die Art *Eunapius fragilis* wuchs ebenfalls auf der Wandermuschel, aber in Form einer zarten Kruste. Schwämme der Arten *Spongilla lacustris* und *Ephydatia muelleri* wurden hingegen nur auf der Felswand mit einer krustenförmigen Morphologie gefunden.

Über das Ökosystem ‚Steilwand im Bodensee‘ gibt es bisher keine weiteren Arbeiten. Der Uferbereich des Bodensees wird allgemein durch eine flach abfallende Uferbank (Flachwasserzone, „Wysse“) und eine steiler abfallende Halde ab etwa 10 m Tiefe beschrieben (MÜRLE 2004, ZINTZ 2009). Der Uferbereich nördlich von Überlingen ist jedoch durch eine Steilwand geprägt. Vom Ufer aus erstreckt sich zunächst eine 10 m bis 20 m breite Ebene, die je nach Wasserstand etwa 1 m bis 3 m unter Wasser liegt. Danach fällt der Grund etwa 20 m bis 30 m senkrecht in die Tiefe ab (Abb. 3).

Die Arbeit von MÜLLER (2014) hat eine Zonierung der Biozönose in Bezug auf Süßwasserschwämme und Wandermuschel gezeigt. Die Steilwand ist von einer üppigen Population der Wandermuschel besetzt, die eine nahezu geschlossene Schicht auf der Wand bildet. Ihre größte Dichte erreicht sie im Bereich von 6 m Tiefe, nimmt aber mit größerer Tiefe ab. Es können vier Zonen unterschieden werden (Abb. 3): (1) 0 m bis 3 m: Vereinzelte Gruppen der Wandermuschel finden sich, aber keine Schwämme. (2) 3 m bis 6 m: Es kommen ausschließlich die Schwämme *Spongilla lacustris* und *Ephydatia muelleri* vor, die nur den Felsen als Substrat nutzen. (3) 6 m bis 8 m: Neben *Spongilla lacustris* und *Ephydatia muelleri* finden sich nun *Eunapius fragilis* und *Ephydatia fluviatilis*. Letzterer nutzt allerdings nur die Wandermuschel als Substrat. (4) 8 m bis 20 m: Allein *Ephydatia fluviatilis* auf der Wandermuschel dringt in diese Tiefen vor.



**Abb. 3:** Schematische Darstellung des Ökosystems Steilwand im Bodensee (Überlingen-Goldbach) und dessen Zonierung hinsichtlich der Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*) und den Schwammarten *Ephydatia muelleri* und *Ephydatia fluviatilis*. Eine detaillierte Beschreibung findet sich im Text.

Der Bewuchs der Wandermuschel durch Schwämme wurde auch andernorts beobachtet, so in der nordamerikanischen Seenplatte (Great Lakes Basin; RICCIARDI 1995, LAUER 2000), in einem zentralitalienischen See (LANCIONI 2005) und im Rhein (GUGEL 2001). Sofern die Art des Schwammes bestimmt wurde, handelte es sich um *Ephydatia fluviatilis* (LANCIONI 2005, RICCIARDI 1995), *Ephydatia muelleri* (RICCIARDI 1995), *Eunapius fragilis* (RICCIARDI 1995) oder *Trochospongilla horrida* (GUGEL 2001). PRONZATO und MANCONI (2001) schreiben, dass *Eunapius fragilis* des Öfteren auf der Wandermuschel gefunden werden kann. Teilweise wird von einer Konkurrenz um Substrat zwischen Schwamm und Muschel ausgegangen (LAUER 2004, LANCIONI 2005).

Die Untersuchung an der Steilwand im Bodensee lässt dies nicht erkennen: (1) Bewachsene und unbewachsene Muscheln unterscheiden sich dort nicht in ihrem Speicherstoffgehalt (Glykogen). Es gibt zwar Hinweise auf eine Beeinträchtigung der Nahrungsaufnahme durch den Schwammbewuchs. Bei hoher Nahrungsverfügbarkeit würde sich dies aber nicht auswirken. (2) Zahlreiche Proben von Schwamm-Muschel-Konsortien haben gezeigt, dass *Ephydatia fluviatilis* nicht invasiv auf der Muschelschale wächst, wie er es in anderen Fällen tat (LANCIONI 2005). (3) Der auffällige kugelige Schwammkörper mit zentralem Osculum wurde in keiner der anderen Arbeiten erwähnt oder die epibiontischen Schwämme wurden mit einer krustenförmigen Wuchsform beschrieben. (4) An der Steilwand lichtet sich die Schicht an Wandermuscheln mit größerer Tiefe,

**Tabelle 1:** Übersicht über Schwammfundorte in Baden-Württemberg und die jeweils beobachteten Arten. Zu den in Fett geschriebenen Fundorten finden sich nähere Hinweise im Text.

Fluss / See	Fundort	Art	Bemerkung / Literatur
Jagst	unterhalb Wehr Schöntal- Western- hausen	<i>E. fluviatilis</i>	regelmäßig als flache Überzüge auf der Unterseite des Makro- und Megalithals
	unterhalb Wehr Jagst- hausen	<i>E. fluviatilis</i>	regelmäßig als flache Überzüge auf der Unterseite des Makro- und Megalithals
Katzenbach	unterhalb Max- Planck-Institut im Büsnauer Wiesental	<i>E. fluviatilis</i>	Regelmäßig, aber sehr kleine dünne Überzüge auf der Unterseite des Makrolithals
Kocher	unterhalb Sindringen	<i>E. fluviatilis</i>	regelmäßig als flache Überzüge auf der Unterseite des Makro- und Megalithals
Neckar	Altneckar bei Freiberg	<i>E. fluviatilis</i>	regelmäßig als flache Überzüge auf der Unterseite des Makro- und Megalithals
Rhein	Bodensee, Hoch- und Oberrhein	<i>E. fluviatilis</i>	s. u. Bodensee und auch Arbeiten von GUGEL
	Bodensee, Hoch- und Oberrhein	<i>E. muelleri</i>	s. u. Bodensee und auch Arbeiten von GUGEL
	Bodensee, Hoch- und Oberrhein	<i>Eunapius fragilis</i>	s. u. Bodensee und auch Arbeiten von GUGEL
	Bodensee, Hoch- und Oberrhein	<i>S. lacustris</i>	s. u. Bodensee und auch Arbeiten von GUGEL
	Hoch- und Oberrhein	<i>T. horrida</i>	s. hierzu Arbeiten von GUGEL
Rheinhafen	Karlsruhe	<i>S. lacustris</i>	auf <i>Dreissena polymorpha</i>
Bodensee	Steilwand Überlin- gen-West	<i>E. fluviatilis</i>	Biozönose mit <i>D. polymorpha</i> ; auffällig kugelige Wuchsform
		<i>E. muelleri</i>	krustenförmig auf Felswand
		<i>E. fragilis</i>	als zarte Kruste auf <i>D. polymorpha</i>
		<i>S. lacustris</i>	krustenförmig auf Felswand
	Halde und Steilwand Parkhaus Überlingen	<i>E. muelleri</i>	krustenförmig auf Steinen der Halde und an der Felswand
	Meersburg	<i>E. muelleri</i>	krustenförmig auf Felswand
	Dingelsdorf	<i>E. muelleri</i>	krustenförmig auf Steinen der Halde

Fluss / See	Fundort	Art	Bemerkung / Literatur
	auf Fischreispfählen vor Schloss Friedrichshafen und Schloss Montfort	<i>S. lacustris</i>	verzweigt
Deglersee, Freizeitpark Rastatt	am „Schwammbaum“ (Ast); ca. 8 m Wassertiefe	<i>S. lacustris</i>	grün, verästelt mit fingerförmigen Verzweigungen
	am „Schwammbaum“ (Wurzelstock); ca. 11–13 m Wassertiefe	<i>E. spec.</i>	weißliche, aber auch grüne dickliche Krusten
Anglersee Sinnigen	im Nordost-Teil	<i>E. spec.</i>	weißliche Überzüge
Streitköpfe Baggersee, Linkenheim-Hochstetten	am Ostufer der Tauchzone	<i>S. lacustris</i>	grüne Überzüge, zart verästelt mit fingerförmigen Verzweigungen auf Baumwurzel

und es steht viel Felswand als Substrat zur Verfügung. Dennoch ist *Ephydatia fluviatilis* weiterhin nur als Epibiont auf der Wandermuschel zu finden. Die genannten Argumente deuten darauf hin, dass es sich bei der Assoziation von *Ephydatia fluviatilis* und Wandermuschel im Bodensee um ein ganz anderes Phänomen handelt als in den bisher beschriebenen Fällen. Da andere Schwammarten in größerer Tiefe nicht gefunden wurden, wäre es denkbar, dass es *Ephydatia fluviatilis* nur durch die Assoziation mit der Wandermuschel gelingt, in diese Tiefen vorzudringen. Weitere Untersuchungen hierzu stehen noch aus.

## 6. FAZIT

Die bisher in Baden-Württemberg beobachteten fünf Arten der Süßwasserschwämme (Porifera: Spongillidae) sind im Gebiet weit verbreitet. Noch fehlt aber eine zusammenfassende Übersicht hierüber. Dies trifft vor allem auf die zahlreichen Stehgewässer in Baden-Württemberg zu. Diese Arbeit versucht, mit neuen Methoden wie der DNA-Taxonomie und der Beprobung durch wissenschaftliche Taucher einen ersten bescheidenen Schritt zur Erfassung der Poriferen in Baden-Württemberg zu leisten und erhebt keineswegs den Anspruch auf Vollständigkeit.

## 7. WIDMUNG & DANKSAGUNG

Wir widmen diese Arbeit unserem schwer erkrankten Kollegen DR. JOCHEN GUGEL in Anerkennung seiner exzellenten Beiträge zur Ökologie und Biologie der Süßwasserschwämme in Deutschland.

Wir bedanken uns bei unseren Tauchkameraden WERNER VETTER (Langenargen) und VALENTIN GUTEKUNST (Stuttgart) für die stets zuverlässige Tauch-

gangsbegleitung, die tatkräftige Unterstützung bei den Probenahmen und für die Fotos, sowie bei HERBERT FREI (Pforzheim) für den Hinweis zum Rheinhafen.

## 8. LITERATUR

- ADDIS, J.S. & K.J. PETERSON (2005): Phylogenetic relationships of freshwater sponges (Porifera, Spongillina) inferred from analyses of 18S rDNA, COI mtDNA, and ITS2 rDNA sequences. – *Zoologica Scripta*, **34**: 549–557.
- ARNDT, W. (1928): Porifera, Schwämme, Spongien. – In: DAHL, F. (Hrsg.): Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und ihrer Lebensweise; S. 2–94. – Jena (Gustav Fischer Verlag).
- ARNDT, W. (1931): Die ältesten bildlichen Darstellungen von Schwämmen. – Sitzungsberichte der Gesellschaft naturforschender Freunde; S. 126–154.
- BARTL, J. (1984): Schwammwachstum in Rohrleitungen – Biologische, chemische und physikalisch-technische Aspekte der Bekämpfung von *Ephydatia fluviatilis* (L.) in Industriewasseranlagen. – Inaugural-Dissertation; Giessen (Justus-Liebig-Universität).
- BARTSCH, A. (1958): Das Bestimmen einheimischer Süßwasserschwämme: Eine Anregung zum Eindringen in schwierige Bestimmungsarbeit. – *Mikrokosmos*, **47(9)**: 195–202.
- BERGQUIST, P.R. (1979): Sponges. – Berkeley (University of California Press).
- BOURY-ESNAULT, N. & K. RÜTZLER (1997): Thesaurus of sponge morphology. Smithsonian Contributions to Zoology Number 596; 55 S. – Washington (Smithsonian Institution Press).
- BUCKLIN, A., STEINKE, D. & L. BLANCO-BERCIAL (2011): DNA barcoding of marine metazoa. – *Annu. Rev. Mar. Sci.*, **3**: 471–508.
- EFREMOVA, S. (2002): Laike Baikal: A unique place to study evolution of sponges and their stress response in an environment nearly unimpaired by anthropogenic perturbation. – *Cellular and Molecular Biology*, **48(4)**: 359–371.
- EGGERS, T.O. & B. EISELER (2007): Bestimmungsschlüssel der Süßwasser-Spongillidae (Porifera) Mittel- und Nordeuropas. – *Lauterbornia*, **60**: 1–53.
- EERNISSE, D.J., ALBERT, J.S. & F.E. ANDERSON (1992): Annelida and arthropoda are not sister taxa: A phylogenetic analysis of spiralian metazoan morphology. – *Systematic Biology*, **41(3)**: 305–330.
- ERPENBECK, D., DURAN, S., RÜTZLER, K., PAUL, V., HOOPER, J.N.A. & G. WÖRHEIDE (2007): Towards a DNA taxonomy of Caribbean demosponges: a gene tree reconstructed from partial mitochondrial COI gene sequences supports previous rDNA phylogenies and provides a new perspective on the systematics of Demospongiae. – *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **87**: 1563–1570.
- FIELD, K., OLSEN, G.J., LANE, D.J., GIOVANNONI, S.J., GHISELIN, M.T., RAFF, E.C., PACE, N.R. & R.A. RAFF (1988): Molecular phylogeny of the animal kingdom. – *Science*, **239**: 748–752.
- GAMBI, M.C. & M. DAPPIANO (2004): Mediterranean marine benthos: a manual of methods for its sampling and study. – *Biologia Marina Mediterranea*, **11** (Suppl. 1): 1–604.
- GAZAVE, E., LAPÉBIE, P., ERESKOVSKY, A.V., VACELET, J., RENARD, E., CÁRDENAS, P. & C. BORCHIPELLINI (2012): No longer Demospongiae: Homoscleromorpha formal nomination as a fourth class of Porifera. – *Hydrobiologia*, **687(1)**: 3–10.



- GRABOW, K. (2000): Farbatlas Süßwasserfauna Wirbellose; 288 S. – Stuttgart (Eugen Ulmer).
- GUGEL, J. (1996a): Das Moostierchen *Plumatella casmiana* Oka 1907 (Bryozoa: Phylactoplaemata: Plumatellidae) bei Mehlingen (Kreis Kaiserslautern, Rheinland-Pfalz). – Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz, **8**: 540–547.
- GUGEL, J. (1996b): Nadelanomalien bei *Ephydatia fluviatilis* (Porifera, Spongillidae) in der Elbe (Deutschland). – Limnologica, **26**(4): 427–436.
- GUGEL, J. (2000): High abundance of *Trochochospongilla horrida* (Porifera, Spongillidae) in the Rhine (Germany) 1992–1995. – Hydrobiologia, **421**: 199–207.
- GUGEL, J. (2001): Life cycles and ecological interactions of freshwater sponges (Porifera: Spongillidae) in the River Rhine in Germany. – Limnologica, **31**: 185–198.
- GUGEL, J. & F. BRÜMMER (2016): Porifera - Schwämme. – In: STRESEMANN, E. (Hrsg.): Exkursionsfauna von Deutschland, Band 1. – Heidelberg (Spektrum Akademischer Verlag); in Druck.
- HEBERT, P.D.N., CYWINSKA, A., BALL, S.L. & J.R. DEWAARD (2003a): Biological identifications through DNA barcodes. – Proc. R. Soc. Lond. B, **270**: 313–321.
- HEBERT, P.D.N., RATNASINGHAM, S. & J.R. DEWAARD (2003b): Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. – Proc. R. Soc. Lond. B, **270**: S96–S99.
- HEBERT, P.D.N., DEWAARD, J.R. & J.F. LANDRY (2010): DNA barcodes for 1/1000 of the animal kingdom. – Biology Letters, **6**: 359–362.
- HEINE, J.N. (2011): Scientific Diving Techniques; 2nd ed.; 232 S. – Palm Beach Gardens (Best Publishing Company).
- HOOPER, J. & R.W.M. VAN SOEST (2002): Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges. – Heidelberg (Springer Verlag).
- HOOPER, J. (2003): Sponguide: Guide to Sponge Collection and Identification. – South Brisbane, Australia (Queensland Museum).
- ITSKOVICH, V., GONTCHAROV, A., MASUDA, Y., NOHNO, T., BELIKOV, S., EFREMOVA, S., MEIXNER, M. & D. JANUSSEN (2008): Ribosomal ITS sequences allow resolution of freshwater sponge phylogeny with alignments guided by secondary structure prediction. – Journal of Molecular Evolution, **67**: 608–620.
- JOHNSON, J.L. (1973): Use of nucleic-acid homologies in the taxonomy of anaerobic bacteria. – International Journal of Systematic Bacteriology, **23**(4): 308–315.
- KAHL, K. & A. KONOPACKA (1981): Oligochaeta inhabiting the colonies of the sponge *Spongilla lacustris* (L.) in the River Gac. – Acta Hydrobiologica, **23**: 243–249.
- KIEFER, F. (1955): Naturkunde des Bodensees; 169 S. – Lindau, Konstanz (Jan Thorbecke).
- KUBUS, H. & F. BÜRKLE (1996): Konkurrierende Ansprüche an ein Fließgewässer – das Beispiel Neckar. – In: LEHN, H., STEINER, M. & H. MOHR (Hrsg.): Wasser – die elementare Ressource (Materialienband), Arbeitsbericht Nr. 52 der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart.
- LANCIONI, T. & E. GAINO (2005): Competition between the freshwater sponge *Ephydatia fluviatilis* and the zebra mussel *Dreissena polymorpha* in Lake Trasimeno (central Italy). – Italian Journal of Zoology, **72**: 27–32.
- LAUER, T.E. & A. SPACIE (2000): The effects of sponge (Porifera) biofouling on zebra mussel

- (*Dreissena polymorpha*) fitness: Reduction of glycogen, tissue loss, and mortality. – *Journal of Freshwater Ecology*, **15**: 83–92.
- LAUER, T.E. & A. SPACIE (2004): Space as a limiting resource in freshwater systems: competition between zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) and freshwater sponges (Porifera). – *Hydrobiologia*, **517**: 137–145.
- LOTT, B.H. (2000): Die Jagst von der Quelle bis zur Mündung; 256 S. – Künzelsau (Swiridoff Verlag).
- LfU (2004): Biologische Veränderungen im Rhein – Ergebnisse des Trendbiomonitoring 1995–2002. Bericht Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.
- LUBW (2006): Der Makrophytenbestand in ausgewählten Baggerseen der Oberrheinenebene; 348 S. – *Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 102*: Karlsruhe (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg).
- LUBW (2011): Trendbiomonitoring – Biozönotisches Langzeit-Monitoring in Fließgewässern Baden-Württembergs; 95 S. – Karlsruhe (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg).
- MARMUR, J., FALKOW, S. & M. MANDEL (1963): New approaches to bacterial taxonomy. – *Annual Review of Microbiology*, **17**: 329–372.
- MEIXNER, M.J., LUETER, C., ECKERT, C., ITSKOVICH, V., JANUSSEN, D., VON RINTELEN, T., BOHNE, A.V., MEIXNER, J.M. & W.R. HESS (2007): Phylogenetic analysis of freshwater sponges provide evidence for endemism and radiation in ancient lakes. – *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **45**: 875–886.
- MORITZ, C. & C. CICERO (2004): DNA barcoding: Promise and pitfalls. – *PLoS Biology*, **2**: 1529–1531.
- MÜLLER, A.U. (2014): Untersuchungen zur Biozönose von Süßwasserschwämmen (Porifera: Spongillidae) und *Dreissena polymorpha* PALLAS 1771 (Bivalvia: Dreissenidae) im Bodensee, Überlingen, Baden-Württemberg. – Universität Stuttgart, Studienarbeit.
- MÜRLE, U., ORTLEPP, J. & P. REY (2004): Der Bodensee: Zustand - Fakten - Perspektiven. – Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB).
- NEIGEL, J., DOMINGO, A. & J. STAKE (2007): DNA barcoding as a tool for coral reef conservation. – *Coral Reefs*, **26**(3): 487–499.
- NICKEL, M. (2006): Like a „rolling stone“: quantitative analysis of the body movement and skeletal dynamics of the sponge *Tethya wilhelma*. – *J. Experimental Biology*, **209**: 2839–2846.
- PENNEY, J.T. & A.A. RACEK (1968): Comprehensive revision of a worldwide collection of freshwater sponges (Porifera: Spongillidae). – Washington D.C. (Smithsonian Institution Press).
- PETTERSSON, E., LUNDEBERG, J. & A. AHMADIAN (2009): Generations of sequencing technologies. – *Genomics*, **93**(2): 105–111.
- PRONZATO, R. & R. MANCONI (2001): Atlas of European freshwater sponges. – *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Ferrara* **4**: 3–64.
- RESH, V.H. (1976): Life cycles of invertebrate predators of freshwater sponges. – In: HARRISON, E.W. & R.R. COWDEN (Hrsg.): *Aspects of sponge biology*; S. 299–314. – New York, San Francisco, London (Academic Press).
- RICCIARDI, A., SNYDER, F.L., KELCH, D.O. & H.M. REISWIG (1995): Lethal and sublethal effects

- of sponge overgrowth on introduced dreissenid mussels in the Great Lakes - St. Lawrence River system. – Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, **52**: 2695–2703.
- RIEDL, R. (1967): Die Tauchmethode, ihre Aufgaben und Leistungen bei der Erforschung des Litorals; eine kritische Untersuchung. – Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, **15**: 294–352.
- ROECKL, K.W. (1940/41): Fundorte von Süßwasserschwämmen. – Mikrokosmos, **34**: 117–122.
- SCHAEFFER, M. (2009): Brohmer – Fauna von Deutschland: Ein Bestimmungsbuch unserer heimischen Tierwelt; 23. durchgesehene Auflage. – Wiebelsheim (Quelle & Meyer).
- SARÀ, M., SARÀ, A., NICKEL, M. & F. BRÜMMER (2001): Three new species of *Tethya* (Porifera: Demospongiae) from German Aquaria. – Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde Serie A (Biologie), **631**: 1–15.
- SCHMIEDEL, C.C. (1754): Conradi Gesneri Opera Botanica. – Nürnberg (J.M. Seligmann).
- SCHWAB, H. (2011): Süßwassertiere: Ein ökologisches Bestimmungsbuch. – Stuttgart (Klett Verlag).
- SIMON, L. (1953): Die Spongillidenfauna des Bodensees (Obersee). – Zoologischer Anzeiger, **149**: 79–82.
- SIMPSON, T.L. (1984): The cell biology of sponges. – Heidelberg (Springer Verlag).
- STREBLE, H. & D. KRAUTER (2010): Das Leben im Wassertropfen. Kosmos Naturführer, 12. Auflage; 429 S. – Stuttgart (Franckh-Kosmos Verlags-GmbH).
- VERSALOVIC, J., KOEUTH, T. & R. LUPSKI (1991): Distribution of repetitive DNA sequences in eubacteria and application to fingerprinting of bacterial genomes. – Nucleic Acids Research, **19**(24): 6823–6831.
- VÖLKL, W. & T. BICK (2004): Artenvielfalt Fauna von Deutschland - Die quantitative Erfassung der rezenten Fauna von Deutschland. Eine Dokumentation auf der Basis der Auswertung von publizierten Artenlisten und Faunen im Jahr 2004. Erstellt im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz, Bonn.
- VOLKMER-RIBEIRO, C. & R. DE ROSA-BARBOSA (1974): A freshwater sponge-mollusk association in Amazonian waters. – Amazoniana, **5**: 285–291.
- VOS, P., HOGERS, R., BLEEKER, M., REIJANS, M., VAN DE LEE, T., HORNES, M., FRITERS, A., POT, J., PALEMAN, J., KUIPER, M. & M. ZABEAU (1995): AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. – Nucleic Acids Research, **23**(21): 4407–4414.
- WARD, R.D., ZEMLAK, T.S., INNES, B.H., LAST, P.R. & P.D.N. HEBERT (2005): DNA barcoding Australia's fish species. – Phil. Trans. R. Soc. B, **360**: 1847–1857.
- WEBER, B. (1992): Der Baikal: Geographische und biologische Aspekte eines außergewöhnlichen Süßwassersees. – Natur und Museum, **122**(4): 101–125.
- WEISSENFELS, N. (1989): Biologie und mikroskopische Anatomie der Süßwasserschwämme (Spongillidae). – Jena (Gustav Fischer Verlag).
- WESENBERG-LUND, C. (1939): Biologie der Süßwassertiere: Wirbellose Tiere. (Deutsche Ausgabe besorgt von O. STORCH), S. 817ff. – Wien (Verlag von Julius Springer; Reprint 1982 Verlag J. Cramer Braunschweig, Verlag Otto Koeltz, Koenigstein).
- WÖRHEIDE, G. (2006): Low variation in partial cytochrome oxidase subunit I (COI) mitochondrial sequences in the coralline demosponge *Astrosclera willeyana* across the Indo-Pacific. – Marine Biology, **148**: 907–912.
- WOESE, C.R. (1987): Bacterial evolution. – Microbiol Rev., **51**(2): 221–271.

- WOESE, C.R., KANDLER, O. & M.L. WHEELIS (1990): Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. – PNAS, **87**: 4576–4579.
- ZINTZ, K., LÖFFLER, H. & H.G. SCHRÖDER (2009): Der Bodensee. – Stuttgart (Thorbecke).
- ZUCKERKANDL, E. & L. PAULING (1965): Molecules as documents of evolutionary history. – Journal of Theoretical Biology, **8**: 357–366.

Anschriften der Autoren:

FRANZ BRÜMMER, ANDREAS MÜLLER  
 Institut für Biomaterialien und biomolekulare Systeme  
 (vormals Biologisches Institut)  
 Abteilung Zoologie  
 Universität Stuttgart  
 Pfaffenwaldring 57  
 70569 Stuttgart

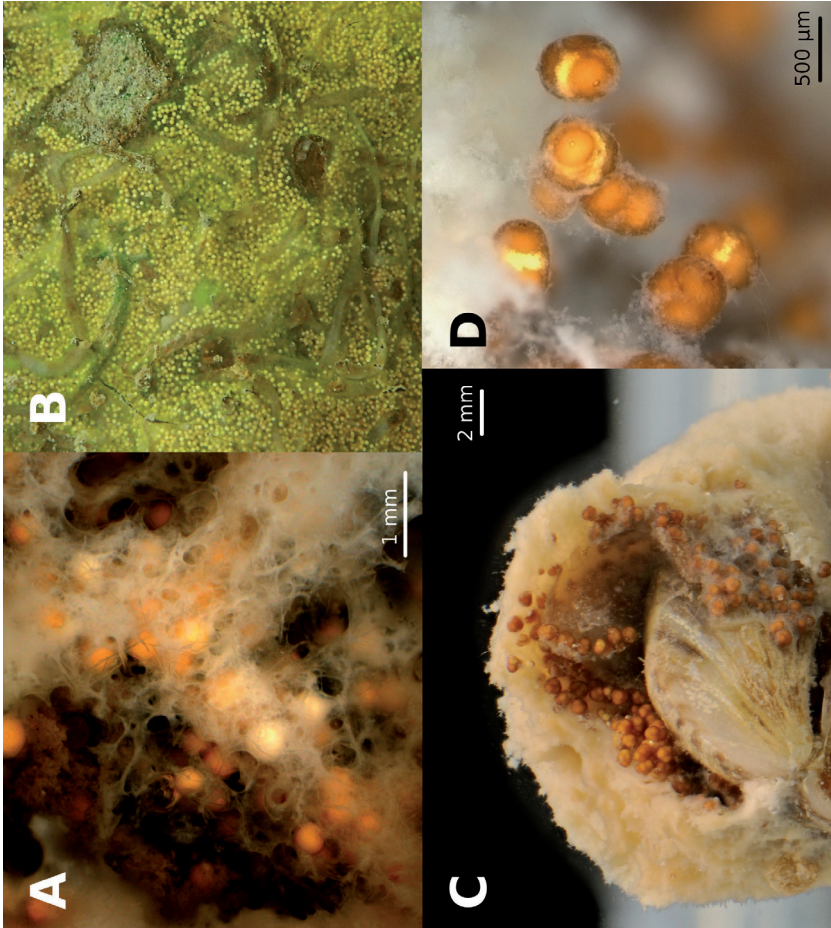
Email: franz.bruemmer@bio.uni-stuttgart.de

**Tafel 1:** Fotografische Darstellungen der Gemmulae verschiedener Süßwasserschwammarten: **A** *Ephydatia fluviatilis* – frei im Schwammkörper. **B** *Ephydatia muelleri* – nach Reduktion auf Fels als Schicht zurückgeblieben (*in situ*). **C** *Eunapius fragilis* – als Schicht zwischen Schwamm und Substrat. **D** *Eunapius fragilis* – Gemmulae in Gruppen zusammengefasst.

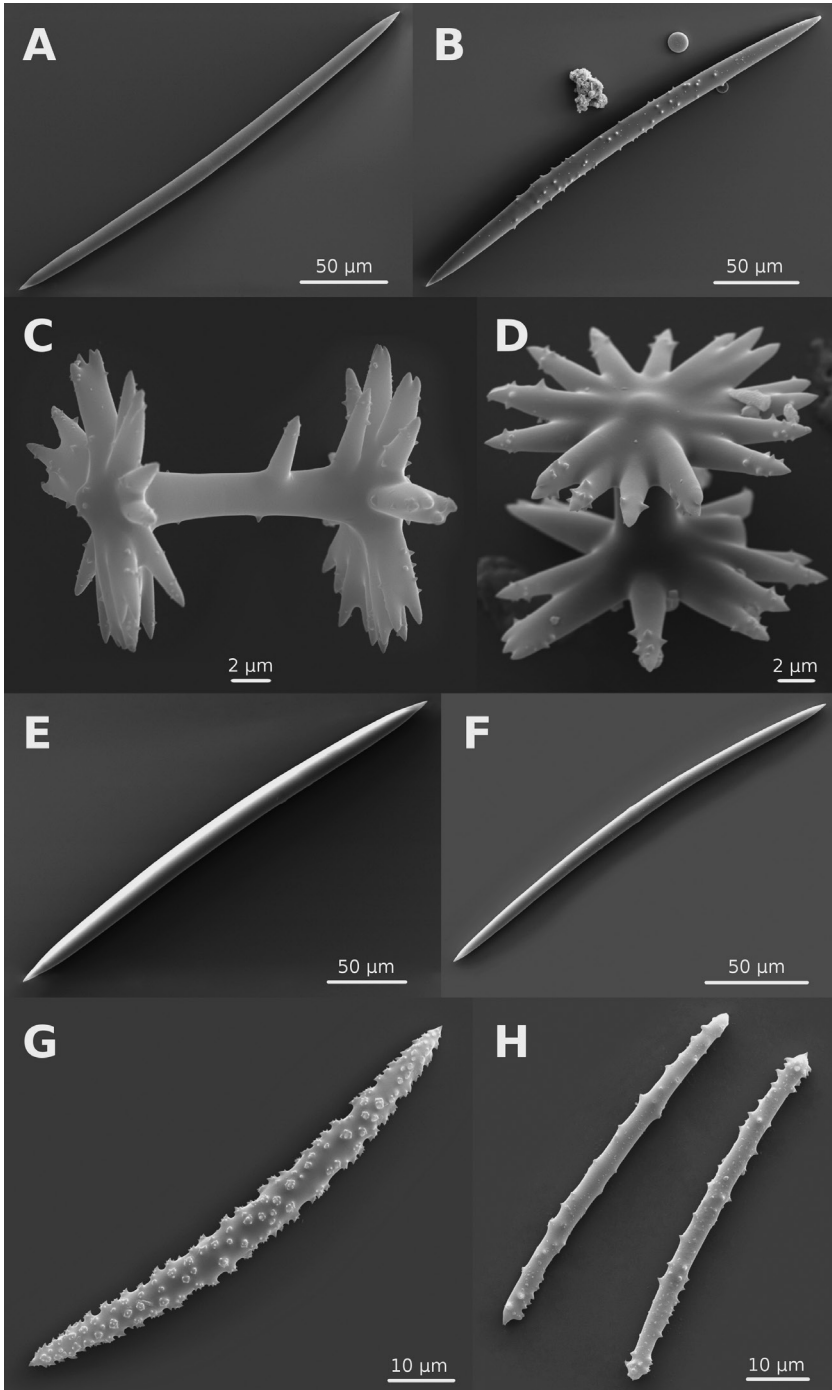
**Tafel 2:** Elektronenmikroskopische Aufnahmen der Skelettnadeln (Spicula) jeweils des Schwammkörpers (Makrosklere) und der zugehörigen Gemmulae (Gemmosklere): *Ephydatia fluviatilis* (**A** – glatte Makrosklere, **C** – bedornter Amphidisk mit Anomalie), *Ephydatia muelleri* (**B** – bedornte Makrosklere, **D** – bedornter Amphidisk), *Spongilla lacustris* (**E** – glatte Makrosklere, **G** – bedornte Mikrosklere) und *Eunapius fragilis* (**F** – Makrosklere, **H** – bedornte, stumpfe/ gekeulte Mikrosklere).

**Tafel 3:** Fotografische Abbildungen der Schwämme in Bodensee (Überlingen-Goldbach; **A** bis **E**) und Deglersee (Rastatt-Plittersdorf; **F**): **A**, **B** *Ephydatia fluviatilis* mit auffälliger kugelige Morphologie auf den Wandermuscheln. **C**, **D**, **E** *Ephydatia muelleri* als flache Kruste auf Felsen, auch unter Überhängen. **F** *Spongilla lacustris* auf Totholz mit typischen fingerförmigen Auswüchsen.

**Tafel 4:** Fotografische Abbildungen der Schwammarten: **A** *Spongilla lacustris* auf Ast. **B** *Ephydatia* spec. auf Wurzelstock. **C** *Ephydatia* spec. auf Kies im Deglersee. **D** *Ephydatia* spec. auf Stein aus dem Neckar.

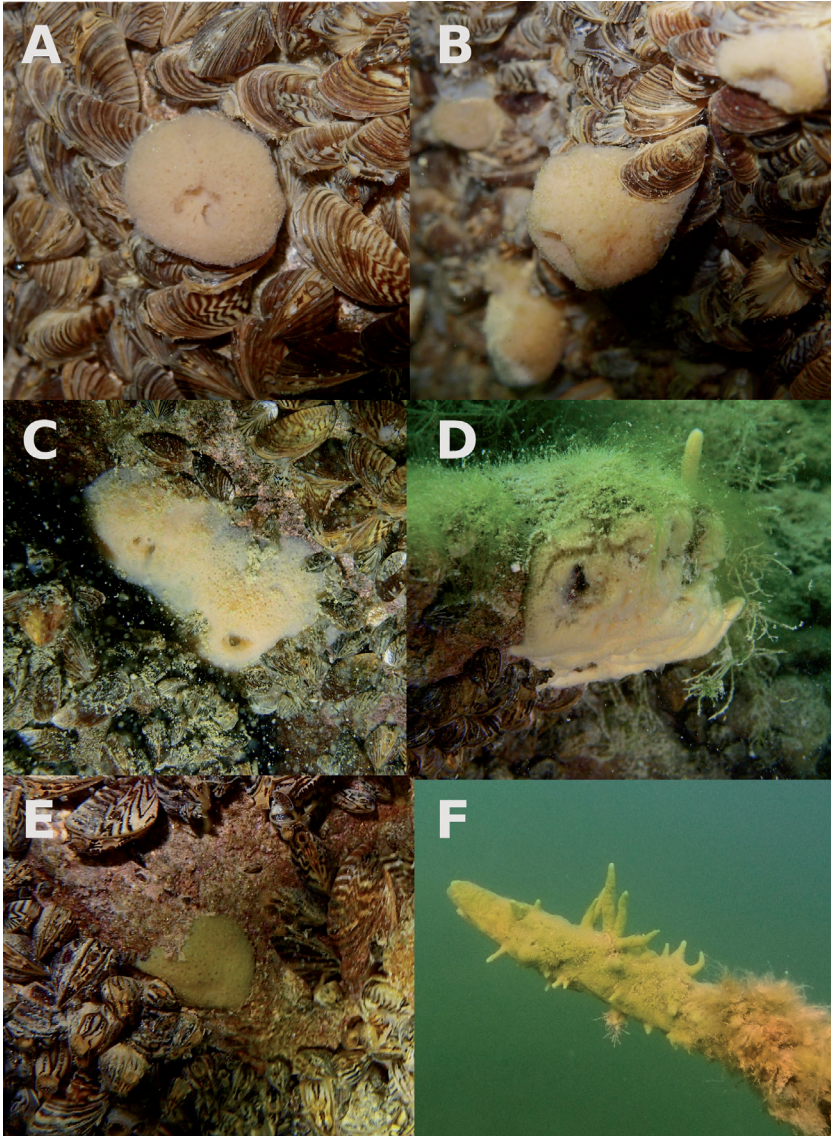


Tafel 1

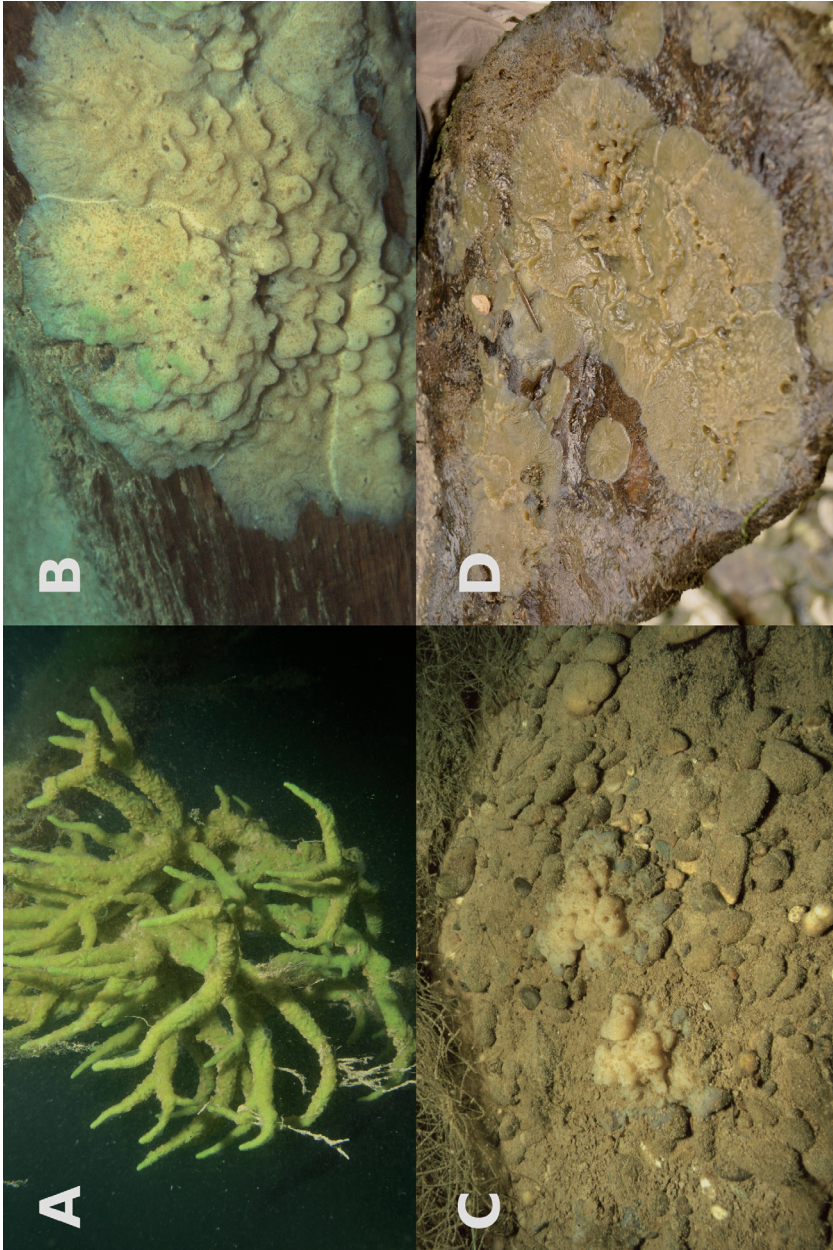


Tafel 2





Tafel 3



Tafel 4