

Verrucaria madida in Zentraleuropa

Holger THÜS & Volkmar WIRTH

Zusammenfassung: THÜS, H. & WIRTH, V. 2009. *Verrucaria madida* in Zentraleuropa. – Herzogia 22: 71–77.

Die ökologischen und hydrologischen Verhältnisse des ersten zentraleuropäischen Fundortes der amphibischen Süßwasserflechte *Verrucaria madida* im Fluss Dreisam (Freiburg, Süd-Schwarzwald) werden beschrieben. Schädigungssymptome an Photo- und Mycobionten, die nach dem Trockenfallen des Standortes im Jahre 2003 auftrafen, sowie die Gefährdung der Art werden diskutiert.

Abstract: THÜS, H. & WIRTH, V. 2009. *Verrucaria madida* in Central Europe. – Herzogia 22: 71–77

Ecological and hydrological informations for the first Central European collection of the amphibious freshwater lichen *Verrucaria madida* site in the river Dreisam (Freiburg, Southern Black Forest) are reviewed. Signs of damage for photo- and mycobiont after a drought period in the year 2003 are recorded and the protection status of the species is discussed.

Key words: Freshwater, climate change, lichen, drought tolerance.

Einleitung

Die Flechtenvegetation von längere Zeit untergetauchten Standorten zeichnet sich vor allem in niederen Lagen durch die nahezu vollständige Dominanz hoch spezialisierter Arten aus, die nur in amphibischen Lebensräumen angetroffen werden (GILBERT & GIAVARINI 1997, KELLER & SCHEIDEGGER 1994, KELLER 2000, THÜS 2002, WIRTH 1972). Die Dürreperiode im Sommer 2003 wurde genutzt, um bei Freiburg im Breisgau (Südbaden) im Fluss Dreisam nach normalerweise submers lebenden Flechten zu suchen. In dieser Zeit fiel die Dreisam unterhalb Freiburg zeitweise völlig trocken. Weiter oberhalb zwischen den Stadtteilen Ebnet und Littenweiler wies sie einen Abfluss von nur ca. 0,09 m³/sec auf, gegenüber einem normalen Abfluss von 1,8 m³/sec im langjährigen Mittel (um diese Zeit). Vom Augenschein her war praktisch keine Strömung im Flussbett erkennbar, zwischen den Felsblöcken des Flussbettes stand das Wasser. Auf den weitgehend trockenen Flächen der Felsblöcke wurden die Belege einer *Verrucaria* gesammelt, die sich aufgrund der Viersporigkeit der Asci, relativ großer Perithezien (Durchmesser des Excipulum 127–128 µm, des Involucrellums 265–275 µm) und eines grünlichen Cortexpigments als *Verrucaria madida* Orange erwies, einer Art die aus Mitteleuropa nur von dieser Fundstelle bekannt ist (THÜS & SCHULTZ 2008).

Standortsverhältnisse

Aufgrund der Seltenheit der Art und der besonderen klimatischen Umstände im Jahr der Aufsammlung sind die Standortsverhältnisse an der Fundlokalität von besonderem Interesse.

Das Einzugsgebiet der Dreisam liegt am Westrand des Südschwarzwaldes und nimmt bis zum Austritt aus dem Gebirge eine Fläche von 568 km² ein; es reicht bis zum höchsten Gipfel des Schwarzwaldes in 1493 m Höhe mit einem Jahresniederschlag von rund 2000 mm. Die Mündung in die zum Oberrhein fließende Elz liegt in 178 m Höhe, die Höhendifferenz beträgt somit 1300 m. Im Oberlauf ist das Einzugsgebiet größtenteils bewaldet, im Mittellauf bis Freiburg von Grünland beherrscht. Den Untergrund im gesamten Einzugsgebiet bilden silikatische Gesteine. Die langjährige mittlere Wasserbilanz ist folgende: Niederschlag = 1600 mm, Abfluss = 1000 mm, Verdunstung = 600 mm (KIRWALD 1988).

Der Fundort von *Verrucaria madida* ist ca. 315 m hoch gelegen. Der kanalisierte, etwa 10 m breite Fluss liegt weitgehend offen. Der Talboden im Dreisambecken zwischen den Hängen des Südschwarzwaldes ist hier über einen Kilometer breit. Der Wuchsort selbst ist nur stellenweise kurzzeitig durch einzelne, weit auseinander stehende Büsche und Bäume (Weiden), die auf den mäßig ansteigenden Dämmen beiderseits des Flussbettes (Doppeltrapezprofil) wachsen, beschattet.

In der Nachbarschaft zur Fundstelle, ca. 900 m flussabwärts, liegt eine Messstation (Pegel Ebnet), die eine nähere hydrologische und hydrobiologische Charakterisierung erlaubt. Dabei ist davon auszugehen, dass die Wasserqualität und das Abflussregime des Pegels Ebnet mit denen der Fundstelle vergleichbar sind, aber die Abflusshöhe geringer ist, da zwischen Fundstelle und Pegel ein Bach (Eschbach) einmündet.

Der Abfluss beträgt im langjährigen Mittel 5,63 m³/sec, im Zeitraum 1980 bis 2003 6,44 m³/sec, der niedrigste Abfluss/Wasserstand im langjährigen Mittel 0,53 m³/sec (1980–2003: 0,44 m³/sec, Wasserstand 23 cm); der Wasserpegel liegt im Mittel bei 45 cm. Im Winterhalbjahr sind sowohl Niederschlag als auch Abfluss hoch (Abb. 3). Infolge des bis in Mittelgebirgshöhen reichenden Einzugsgebietes sind die winterliche Schneedecke und deren Abschmelzen von Bedeutung für den Abfluss, der entsprechend der Schneeschmelze im Frühjahr am höchsten ist. Dennoch erreichte der Hochwasserabfluss im Jahr 2003 durch vorherrschende regenreiche Tiefdrucklagen bereits im Winter (Januar) sein Maximum. Infolge des vor allem im Oberlauf der Zuflüsse sehr starken Gefälles (durchschnittliche Hangneigung vom Feldberg bis zum Pegel Ebnet 21° bzw. 43 % Gefälle) und der orographisch von der Westseite am Schwarzwaldhang bedingten hohen Niederschläge ist das Dreisam-Einzugsgebiet sehr hochwassergefährdet (LORITZ & HAFERKORN 2002). Der 2-jährliche Hochwasserstand/-abfluss beträgt 1,08 m bzw. 44 m³/sec, der 10-jährliche Hochwasserstand 1,57 m bzw. 90 m³/sec.

Die langjährige Wasserbilanz sieht wie folgt aus (Institut für Hydrologie):

Höchster Hochwasserabfluss	233 m ³ /sec (1991)
Mittl. Hochwasserabfluss	64,4 m ³ /sec
Mittlerer Abfluss	5,63 m ³ /sec
Mittl. Niedrigwasserabfluss	0,532 m ³ /sec
Niedrigster Niedrigwasserabfluss	0,017 m ³ /sec (3.12.1964)

An der Dreisam oberhalb Freiburg ist nur wenig Industrie angesiedelt. Unmittelbar oberhalb der Sammelstelle fließt der Fluss durch ein Wasserschutzgebiet, dessen wasserwirtschaftliche Nutzung naturgemäß den Abfluss an der Fundstelle und am Pegel Ebnet beeinflusst. Es ist anzunehmen, dass die Wasserqualität seit vielen Jahrzehnten recht gut ist. Die Gewässergüte bewegt sich seit mindestens 35 Jahren vor Sammeldatum (Beobachtungszeitraum ab 1968) in den Belastungsstufen mäßig belastet (Stufe 2 nach dem früheren baden-württembergischen System = II nach dem Verfahren der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, LAWA) bis gering be-

lastet (ab ca. 1990, Stufe I–II nach LAWA-Verfahren), sowohl was die biologische Indizierung als auch die Sauerstoffversorgung angeht (LUBW 2004). Mäßige Belastung (LAWA II) entspricht dem Saprobienindex 1,8 bis <2,3 und bedeutet eine mäßige Verunreinigung, gute Sauerstoffversorgung, sehr große Artenvielfalt und Individuendichte von Algen, Schnecken, Kleinkrebsen und Insektenlarven.

Nach den Messergebnissen muss für die Aufwuchszeit der Population von *Verrucaria madida* eine geringe Belastung angenommen werden, d. h. nach dem LAWA-Verfahren die Belastungsstufe I–II. Dies bedeutet im Saprobienindex ein oligosaprobies bis β -mesosaprobies Gewässer (Saprobienindex 1,5 bis <1,8), das heißt ein Gewässer mit geringer anorganischer Nährstoffzufuhr und einer organischen Verunreinigung ohne nennenswerte Sauerstoffzehrung und meist große Artenvielfalt in dichter Besiedlung. Der Sauerstoffgehalt liegt im Bereich der Sättigung, leichte Defizite (<20%) sind möglich. Die Nährstoffgehalte sind allenfalls leicht erhöht, Ammonium-Stickstoff ist meist nur in Spuren präsent. Der pH-Wert des Wassers schwankt erheblich und beträgt im Mittel 7,4 (5,49–8,99), die mittlere elektrische Leitfähigkeit 116 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (73–203) (Messperiode 2000–2008). Demnach wäre die Dreisam in diesem Abschnitt als schwach mineralisches Oberflächengewässer zu bezeichnen.

Morphologie

Der Thallus der während der Dürreperiode gesammelten Exemplare von *V. madida* ist dünn (29–44 μm), mit deutlich aus dem übrigen Thallus hervorstehenden und meist nur bis zur Hälfte von einem dünnen grau-grün gefärbten Cortex überzogenen Perithezien. Im trockenen Zustand ist der Thallus dunkel grau, mit einer olivgrün-schwärzlichen Farbkomponente (Abb. 1). Die in Freiburg gesammelten Exemplare unterscheiden sich von den zuvor bekannten Funden aus Frankreich, Wales und Norwegen (ORANGE 2004), deren Lager sich durch eine heller grünliche Färbung und dickere Thalli (40–60 μm) sowie einen bis zur Spitze der Perithezien reichenden Thallusmatel auszeichnen (Messwerte nach ORANGE 2004). Der dunklere Farbton im Vergleich etwa zu dem in THÜS & SCHULTZ (2008) abgebildeten Exemplar aus Frankreich mag dadurch verursacht werden, dass in den Belegen aus dem Jahr 2003 nahezu alle Algenzellen deutlich degeneriert waren. Das Cytoplasma mit den Chlorophyll führenden Chloroplasten war weitgehend auf einen Rest in den Ecken der Zellen geschrumpft (Abb. 2), die Zellen weitgehend ausgebleicht und damit der Grünanteil im Habitus der Flechte im Vergleich zu Exemplaren mit besser entwickelten Photobionten sicher erheblich reduziert. Zudem ist das Cortexpigment bei den Freiburger Exemplaren dunkel olivgrün bis fast schwärzlich ausgebildet.

An dem neu entdeckten Fundort bei Freiburg – dem vierten der Art insgesamt – wurden bei einem zweiten Besuch im Jahr 2008 im oberen Bereich derselben Zone wie zuvor *V. madida* die Wasserflechten *Verrucaria aquatilis* und *Hydropunctaria (Verrucaria) rheithrophila* gefunden. Der dünne und dunkel gefärbte Thallus von *V. madida* erinnert vor allem an *V. aquatilis*, von der sich die Freiburger Exemplare von *V. madida* aber durch die oben genannten Merkmale sowie die etwas größeren (10,4–12,6 μm) und ovalen Ascosporen (Längen-Breiten-Quotient 1,6–2,3) unterscheiden. *Hydropunctaria rheithrophila* hat ähnliche Ascosporen, bildet aber meist kleine schwarze Flecken im Thallus. Der Thallus ist i. d. R. wesentlich dicker als bei *V. madida* und die Perithezien sind weitgehend eingesenkt (ORANGE 2004, THÜS & SCHULTZ 2008). In der Dreisam bei Freiburg wurden von der verbreiteten Form abweichende Exemplare von *H. rheithrophila* gesammelt mit dünnem Thallus und zu mehr als 50% aus dem umgebenden Thallus hervorragenden Perithezien. Die für *H. rheithrophila* kennzeichnende



Abb. 1: Lager von *Verrucaria madida* (gesammelt während der Dürreperiode im Jahr 2003).
Fig. 1: Thallus of *Verrucaria madida* (collected during the drought period in 2003).

feine schwarze Punktierung war nur stellenweise in einem Teil der Thalli entwickelt und die Lager hatten eine grün-olive Färbung. Auch diese Thalli unterscheiden sich jedoch von *V. madida* durch achtsporige Asci sowie die Ausbildung des Cortex, der entweder fehlt, farblos ist oder ein gelbliches bis bräunliches, nie aber grünliches bis schwärzliches Pigment enthält.

Diskussion

Die Wasserflechtenflora des Südschwarzwaldes ist durch wiederholte Bearbeitungen u. a. durch RIED (1960a), WIRTH (1972, 1995) und THÜS (2002) vergleichsweise gut bekannt, die meisten Sammelpunkte dieser Autoren konzentrierten sich jedoch in den mittleren und höheren Lagen. Über ständig submers lebende Flechten in den Flüssen der Niederungen war wegen der schwierigen Erreichbarkeit der Standorte bislang kaum etwas bekannt. Im Sommer 2003 herrschten extreme Verhältnisse, welche die Untersuchung normalerweise kaum erreichbarer Standorte erleichterten. Schon gut 8 Wochen vor dem Sammeldatum sank der Abfluss unter die untere Grenze des Normalbereichs und 9 Wochen unter das langjährige Mittel (INSTITUT FÜR HYDROLOGIE 2003). Diese Dürreperiode ging erst nach dem 1.10. zu Ende. Gelegentliche wenig ergiebige Regenfälle während dieser Zeit führten zu nur geringfügigen Auswirkungen auf den Wasserstand und können den Wasserflechten bestenfalls eine kurzzeitige Durchfeuchtung erlaubt haben. Das Sammeldatum (3.8.) lag in der Woche des niedrigsten Wasserstandes im Jahr 2003 überhaupt. Allerdings kommt es immer wieder zu ähnlichen Trockenperioden. Das Jahr 1965 war vergleichbar trocken, so dass man annehmen kann, dass *Verrucaria madida* – vorausgesetzt sie ist nicht in erst jüngster Zeit eingewandert – zumindest stellenweise ein solches Trockenregime überlebt. Dies kann durch eine entsprechende Trockenresistenz der

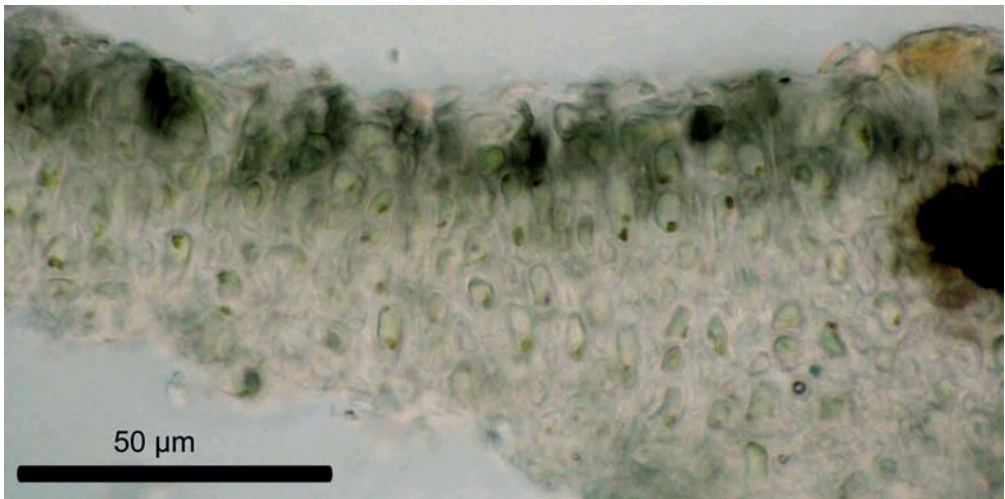


Abb. 2: Lagerschnitt von *Verrucaria madida* (gesammelt während der Dürreperiode im Jahr 2003).

Fig. 2: Thallus section of *Verrucaria madida* (collected during the drought period in 2003).

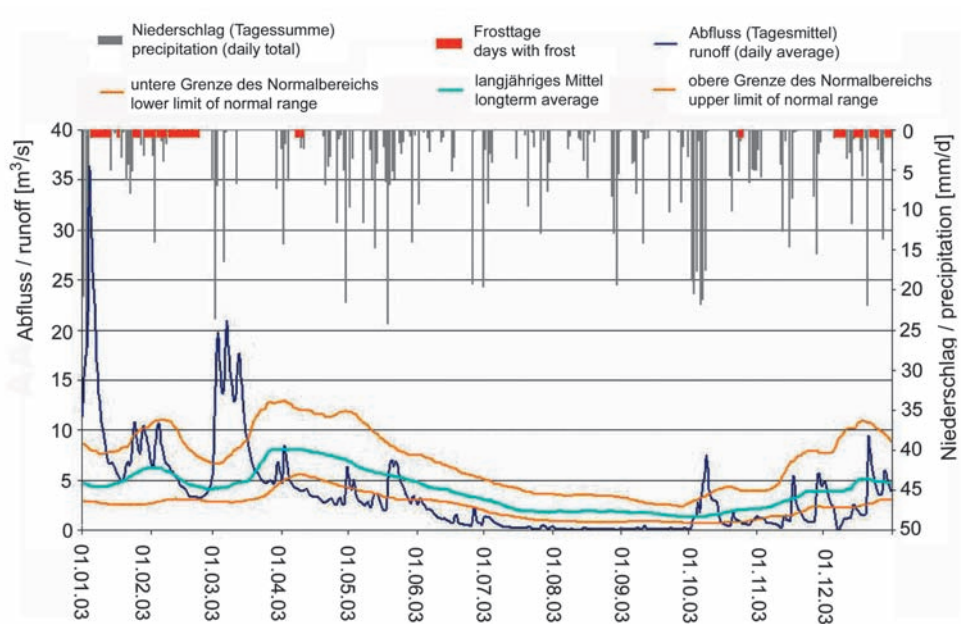


Abb. 3: Jahresgänge hydrologischer und klimatischer Größen im Jahr 2003 am Pegel Ebnet. Klimadaten: Niederschlag und Frosttage; arithmetische Mittelwerte der beiden Klimastationen St. Wilhelm und Zastler im Einzugsgebiet der Dreisam (leicht verändert nach INSTITUT FÜR HYDROLOGIE 2003).

Fig. 3: Seasonal cycles of hydrologic and climatic parameters in the year 2003 at the gauge station Ebnet. Climate data: Precipitation and frost days; arithmetic means of the observatories St. Wilhelm and Zastler in the catchment area of the river Dreisam (slightly modified after INSTITUT FÜR HYDROLOGIE 2003).

Flechte ermöglicht werden oder – wenn eine solche fehlt wie bei *Verrucaria funckii* (vgl. RIED 1960b) – durch Überleben in Nischen, wobei dann im feuchten Zustand vermutlich Wassertemperaturen von bis 25°C toleriert werden müssten (gemessen wurden im weiteren Abschnitt Temperaturen bei Niedrigwasser bis 23,8°C) (LORITZ & HAFERKORN 2002). Während die Beschädigung der Photobionten in den Thalli der 2003 gesammelten Exemplare offensichtlich war, sind die Schädigungen des Mycobionten weniger offensichtlich. Die geringere Dicke der Thalli im Vergleich zu Exemplaren aus NW-Europa und die unvollständige Bedeckung der Perithezien mit einem reduzierten Thallusmantel könnten als Symptome der eintretenden Beschädigung des Mycobionten in Frage kommen.

Die ökologische Charakterisierung der Flechte an ihrem einzigen bekannten Wuchsort in Mitteleuropa deckt sich weitgehend mit den Angaben von ORANGE (2004) zu Fundorten in Süd-Wales (Brecon Beacons), dem französischen Cantal (Auvergne) und Hordaland in Südwest-Norwegen. Diese Fundorte liegen in deutlich ozeanisch geprägten Regionen und meist ist die Art vergesellschaftet mit der normalerweise permanent untergetaucht lebenden *Hydropunctaria (Verrucaria) rheithrophila*. Die Funde stammen aus abgelegenen Gegenden mit geringer Besiedlungsdichte und extensiver Landwirtschaft, von leicht beschatteten Abschnitten von Bächen oder, wie im Falle der Dreisam, aus kleinen Flüssen. Über Kalkgestein verlaufende Bäche werden zwar besiedelt, die Flechte bleibt aber hier an silikatische Gesteine im Bachbett als Substrat gebunden.

Vor dem Hintergrund der Beschreibung aller Fundstellen der Art und der Messwerte aus der Dreisam kann *Verrucaria madida* in der von WIRTH (1995) verwendeten Terminologie wie folgt charakterisiert werden: (sub-)ozeanisch, hydrophytisch, ziemlich photophytisch, neutrophytisch, schwach bis mäßig nitrophytisch.

Zur Klärung der Frage, ob die Population die Dürre überlebt hat – die Monate Juli, August und September 2003 waren die abflussärmsten seit 1941 – wurde im Oktober 2008 erneut nach der Flechte gesucht. Trotz intensiver Nachsuche und ihres stellenweise individuenreichen Auftretens im Jahr 2003 wurden fünf Jahre nach dem Trockenfallen keine Thalli der Flechte mehr gefunden. In der untergetauchten Zone kamen lediglich die verbreiteten Arten *Verrucaria aquatilis* und *Hydropunctaria rheithrophila* vor, die in den nur gelegentlich untergetauchten amphibischen Zonen von *Verrucaria praetermissa* (dominant), *Verrucaria hydra* und *Lecania cf. inundata* abgelöst wurden. Da das Sammeln bei der Nachsuche erschwert war und wegen der Wasserführung nur in Ufernähe gesucht werden konnte, kann nicht ohne weiteres auf ein Verschwinden geschlossen werden. Allerdings kann es sich auch um eine unstat auf tretende oder auch im Rückgang begriffene Art handeln, denn bemerkenswerterweise konnten in Süd-Wales bereits wenige Jahre nach den ersten Funden trotz intensiver Nachsuche keine weiteren Thalli der Art mehr an der ehemaligen Sammelstelle gefunden werden (ORANGE 2004). Zahlreiche amphibische Flechten werden in Deutschland aufgrund von Gewässerverunreinigungen, übermäßiger Wasserentnahme und Umgestaltungen der Gewässerufer als gefährdet eingestuft (WIRTH et al. 1996). Da die Standorte von *Verrucaria madida* in der Dreisam und das Einzugsgebiet des Flusses nur extensiv genutzt werden, kommen als Ursache für einen möglichen Rückgang hier aber in erster Linie klimatische Schwankungen bzw. damit einhergehende Veränderungen in der Wasserführung ihrer Standorte in Frage. Diese Vermutung wird durch die beobachteten deutlichen Schäden der Photobionten nach dem Trockenfallen der Freiburger Thalli im Jahr 2003 erhärtet. Mit der prognostizierten Zunahme von extremen Wetterlagen im Zuge des Klimawandels in Mitteleuropa, mit Wechseln von lang andauernden Dürren und Starkregenereignissen ist *Verrucaria madida*

angesichts ihrer Bindung an ozeanisch geprägte Lagen, saubere Bäche und ihre Sensibilität gegenüber Austrocknungsphasen in Deutschland möglicherweise noch stärker als andere amphibische Flechten mit breiterer klimatischer Amplitude oder höherer Austrocknungstoleranz in ihrem Bestand langfristig bedroht. Aufgrund der extremen Seltenheit der Flechte wird für *Verrucaria madida* eine Einstufung in die Kategorie „R“ der Roten Listen der gefährdeten Flechtenarten von Baden-Württemberg und Deutschland vorgeschlagen.

Dank

Wir danken Herrn Dr. Leistert vom Hydrologischen Institut der Universität Freiburg für Auskünfte zur Qualität des Wassers am Pegel Ebnet.

Literatur

- GILBERT, O. L. & GIAVARINI, V. J. 1997. The lichen vegetation of acid watercourses in England. – *Lichenologist* **29**: 347–367.
- INSTITUT FÜR HYDROLOGIE 2003. Abflussgang der Dreisam am Pegel Ebnet. Abflussentwicklung. Dürreperiode 2003. – www.hydrology.uni-freiburg.de
- KELLER, C. 2000. Die Wasserflechten der Teigtisch zwischen der Langmannsperre und dem Kraftwerk Arnstein (Steiermark, Österreich). – *Herzogia* **14**: 49–58.
- KELLER, C. & SCHEIDEGGER, C. 1994. Zur Verbreitung von Wasserflechten in Abhängigkeit zur jährlichen Überflutungsdauer im Flüelatal (Schweiz, Kanton Graubünden). – *Herzogia* **10**: 99–114.
- KIRWALD, E. 1988. Wasser und Gewässer. – In: Breisgau-Hochschwarzwald, 2. Aufl., S. 70–82. – Freiburg: Schillinger.
- LORITZ, J. & HAFERKORN, J. 2002. Gewässerentwicklungsplan Dreisam. – Freiburg: aquaplan.
- LUBW 2004. Gewässergütekarte Baden-Württemberg. – Karlsruhe: LUBW.
- ORANGE, A. 2004. A remarkable new freshwater *Verrucaria* from Europe. – *Lichenologist* **36**: 349–354.
- RIED, A. 1960a. Stoffwechsel und Verbreitungsgrenzen von Flechten. I. Flechtazonierung an Bachufnern und ihre Beziehungen zur jährlichen Überflutungsdauer und zum Mikroklima. – *Flora* **148**: 612–638.
- RIED, A. 1960b. Stoffwechsel und Verbreitungsgrenzen von Flechten. II. Wasser- und Assimilationshaushalt, Entquellungs- und Submersionsresistenz von Krustenflechten benachbarter Standorte. – *Flora* **149**: 345–385.
- THÜS, H. 2002. Taxonomie, Verbreitung und Ökologie silicoler Süßwasserflechten im außeralpinen Mitteleuropa. – *Bibliotheca Lichenologica* **83**: 1–214.
- THÜS, H. & SCHULTZ, M. 2008. Freshwater Flora of Central Europe, **21/1**: Lichens. – Heidelberg: Spektrum.
- WIRTH, V. 1972. Die Silikatflechten-Gemeinschaften im außeralpinen Zentraleuropa. – *Dissertationes Botanicae* **17**: 1–306.
- WIRTH, V. 1995. Die Flechten Baden-Württembergs. 2. Aufl. – Stuttgart: Ulmer.
- WIRTH, V., SCHÖLLER, H., SCHOLZ, P., ERNST, G., FEUERER, T., GNÜCHTEL, A., HAUCK, M., JACOBSEN, P., JOHN, V. & LITTERSKI, B. 1996. Rote Liste der Flechten (Lichenes) der Bundesrepublik Deutschland. – Schriftenreihe für Vegetationskunde **28**: 307–368.

Manuskript angenommen / manuscript accepted: 13. März 2009.

Anschriften der Verfasser/ addresses of the authors

Holger Thüs, Botany Department, Natural History Museum, Cromwell Road, London SW7 5BD, United Kingdom. E-mail: h.thues@nhm.ac.uk

Volkmar Wirth, Staatl. Museum für Naturkunde, Erbprinzenstr. 13, D-76122 Karlsruhe, Deutschland. E-mail: volkmar.wirth@online.de

