

## Neue Fundorte des Prächtigen Dünnfarns (*Trichomanes speciosum* Willd.) im Obermainischen Hügelland und geomorphologische Hinweise auf seinen Reliktstatus

FRIEDRICH W. WIEDENBEIN, MICHAEL-ANDREAS FRITZE & MARTIN FEULNER

**Zusammenfassung:** Der Prächtige Dünnfarn *Trichomanes speciosum* Willd. (Hymenophyllaceae) kommt in Mitteleuropa fast nur als Gametophyt vor, der sich am Wuchsort nur durch Gemmen vermehren kann und sehr ausbreitungsschwach ist. Er gilt daher in Mitteleuropa als Relikt aus Warmzeiten wie dem Atlantikum oder Wärmezeiten des Subatlantikums. In vorliegender Arbeit werden vier neue Fundorte des Dünnfarn-Prothalliums in Oberfranken beschrieben. Es wurde deren geomorphologisches Umfeld bestimmt. Bei zwei Wuchsorten unterschiedlicher Vitalität und Größe wurden über den Zeitraum von acht Monaten (Dezember 2009 bis Juli 2010) jede Stunde Temperatur und Relative Luftfeuchte aufgezeichnet. Die neuen Fundorte liegen in Schluchten des Rhätolias oder dessen Schichtstufe, entweder direkt am Wasserfall, überwiegend aber an Felsen, die bachabwärts in einem 20 bis 50 m weiten Abstand zum Wasserfall liegen. Die relative Luftfeuchte der aufgezeichneten Wuchsorte lag um 99%, die Mitteltemperatur bei 6°C. Die niedrigste gemessene Temperatur betrug -4°C. Die Temperaturverläufe und die Luftfeuchte schwankten bei der vitalen Population wesentlich weniger als bei der weniger vitalen Population. Dies weist darauf hin, dass an Standorten mit konstanterem Mikroklima bessere Wuchsbedingungen herrschen als an kleinklimatisch instabileren Standorten. Die verschiedenen geomorphologischen Situationen der Wuchsorte sprechen für bereits vermutete, unterschiedlich lange zeitliche Überdauerung der Gametophyten. Die distal zum Wasserfall liegenden Vorkommen sprechen wegen rückschreitender Erosion für eine Überdauerung seit dem Atlantikum, während die Vorkommen direkt am Wasserfall eher für eine kürzere Überdauerungsphase sprechen.

**Summary:** *Trichomanes speciosum* Willd. grows in Central Europe mainly as gametophyte independently from the sporophyte which has a subtropical and Atlantic distribution. The gametophyte reproduces only with gemmes and is therefore very restricted to its growth site. There it probably persisted as relict of warmer and more humid periods, such as the Atlanticum or warmer periods of the Subatlanticum. Here, four new locations of the fern prothallium in northern Bavaria are described. Information about the geological situation at the sites is given and the vitality and size of the fern populations are reported. At two localities the relative humidity and temperature was recorded with loggers every hours for eight months between Dezember 2009 and Juli 2010. The locations are situated in shady caverns and crevices of sand stones in gorges of the Rhätolias facies. In two cases the gametophytes grow on rocks in a distance of 20-50 meters downstream from a

**Anschriften der Autoren:** Martin Feulner, Lehrstuhl Pflanzensystematik, Universität Bayreuth, Universitätsstr. 30, 95440 Bayreuth, e-mail: MarFeulner@aol.com; Michael-Andreas Fritze, Dahlienstr. 5, 95488 Eckersdorf; Friedrich W. Wiedenbein, Kosbacher Weg 4, 91056 Erlangen

waterfall, in one case in a cave directly at a waterfall and in another case on the base of a shady and damp sandstone cliff. The relative humidity on both sites was 99%, the average temperature was 6°C, the lowest recorded temperature was -4°C. The relative humidity and temperature fluctuated at one site much stronger than at the other, whereas the vitality and population size were clearly reduced at the site with high fluctuations compared to the site with more constant conditions. The different geomorphological growth-situations indicate different times of persistence of the gametophytes. A long lasting regressive erosion of the waterfall may have led to the placement remarkably distant to the waterfall, which counts for a persistence since the Atlanticum. In contrast, the site directly at the waterfall may be more likely attributed to colonization in a much younger past, e.g. warmer periods of the medieval.

## Einleitung

Der Prächtige Dünnpfarn (*Trichomanes speciosum* Willd.) ist einer der wenigen Farnarten, bei dem Sporophyt und Gametophyt auch unabhängig voneinander vorkommen (RUMSEY et al. 1990, BENNERT 1999, JOHNSON et al. 2000, KINGSTON & HAYES 2005). Der Sporophyt ist subtropisch bis atlantisch verbreitet und wächst schwerpunktmäßig auf den Kanaren, den Azoren, Madeira und den Britischen Inseln (RASBACH et al. 1995, MASSARD 1996, BENNERT 1999, JOHNSON et al. 2000). Der Sporophyt des Dünnpfarns ist nur eine Zellreihe dick und daher sehr austrocknungsempfindlich (KINGSTON & HAYES 2005). Ein kleiner Sporophyt wurde 1995 auch in den Vogesen entdeckt (RASBACH et al. 1995, 1999). Demgegenüber hat der Gametophyt ohne Vorkommen des Sporophyten eine wesentlich weitere Verbreitung, die von Irland bis Mitteleuropa reicht (BENNERT 1999, JOHNSON et al. 2000). Der Gametophyt ist sehr selten und wächst als algenartiger dunkelgrüner Überzug an Decken von sehr schattigen humiden Halbhöhlen, zumeist auf Sandstein (RASBACH et al. 1995, BENNERT 1999, JOHNSON et al. 2000). Er vermag unter bemerkenswert lichtarmen Bedingungen zu überdauern (KINGSTON & HAYES 2005) und ist sehr ausbreitungsschwach. Eine Vermehrung erfolgt durch Gemmen, die nicht fernverbreitet werden können (RUMSEY et al. 1990, HORN & ELSNER 1997, BENNERT 1999). Wegen der Ausbreitungsschwäche wird angenommen, dass die Wuchsorte des Gametophyten Relikte aus einer vergangenen Wärmezeit sind, in der der Sporophyt noch in Mitteleuropa vorkam; diskutiert werden nach HORN & ELSNER (1997) das Atlantikum (vor 9000–5000 Jahren, vgl. VOGEL et al. 1993) oder mittelalterliche Warmzeiten und Abschnitte des Subatlantikums wie zwischen 500 v. Chr. bis 700 n. Chr. Aus diesen Zeiten hätte der Farn als Prothallium bis heute mehr oder weniger an den gleichen Stellen, an denen einst die Sporen keimten, überdauert.

In Süddeutschland kommt der Gametophyt auf Sandsteinen des Mittleren Buntsandstein (Untertrias) und der Rhätolias-Übergangsschichten (Obertrias/ Unterjura) vor (vgl. HORN & ELSNER 1997). Die Vorkommen im Rhätolias haben einen Verbreitungsschwerpunkt im Obermainischen Hügelland und im benachbarten Itz-Baunach-Hügelland (Nordbayern). Einen Überblick über die bisher bekannten Vorkommen in den Gebieten geben HORN & ELSNER (1997). Die Autoren konnten bereits drei Vorkommen (bei Oberwaiz, Mistelbach und Kirchlein) im Obermaingebiet nachweisen.

Im Rheinischen Schiefergebirge kommt das Prothallium auch auf paläozoischen Quarzit- und Schieferfelsen vor, im Elbsandsteingebirge auf kretazischen Sandsteinen (vgl. JESSEN 2009).

## Methodik

Anhand von geologischen Karten wurden im Obermainischen Hügelland potentielle Rhätoliashabitats (Sandsteinfelsen, Schluchten und Wasserfälle) des Prothalliums ausgewählt und im Winter 2006/2007 systematisch begangen. Dabei wurden vier neue Vorkommen entdeckt. Die sichere Bestimmung der Prothallien erfolgte mikroskopisch in Anlehnung an HORN & ELSNER (1997). Es wurden die Koordinaten der Wuchsorte ermittelt (Gauß-Krüger, WGS 84), die Wuchssituation protokolliert, Größe und Vitalität nach Dicke und Dichte der fädigen Lager eingeschätzt sowie die Distanz zu benachbarten Wasserfällen und Quellen gemessen.

Außerdem wurde bei zwei sich in Vitalität und Populationsgröße stark unterscheidenden Vorkommen (Kühloch und Aftergraben) mithilfe von Kombiloggern im Zeitraum Dezember 2009 bis Juli 2010 stündlich Temperatur und Luftfeuchte gemessen. Es wurden Logger der Firma CIKSolutions GmbH in Karlsruhe (Internetadresse „<http://www.cik-solutions.com>“) mit einer Genauigkeit von 0,2°C verwendet. Diese wurden an den Wuchsorten mit Hilfe eines Metallhakens angebracht, der in die Erde unterhalb der an der Halbhöhlen-Decke wachsenden *Trichomanes*-Kolonien gesteckt wurde. Die Datenaufnahme erfolgte stündlich. Das Auslesen der Klimadaten erfolgte mit Hilfe eines keytag-interface über den USB-Port eines Computers. Es wurde mit gängiger Computersoftware die durchschnittliche Temperatur sowie Luftfeuchte sowie die monatlichen Durchschnitts-, Minimal- und Maximalwerte berechnet und graphisch dargestellt.

## Ergebnisse

### Geologie

Die vier neuen Fundorte in Nordostbayern liegen in oder an Wasserfällen in Sandstein-Schluchten, bei denen es sich um montan getönte Sonderstandorte mit vielen extrazonal bzw. montan verbreiteten Arten handelt (vgl. FEULNER & KONNERT 2007) oder an steil ausgebildeten Sandstein-Schichtstufen. Der Sandstein ist im Raum Bayreuth der sogenannte Gumbelsche Sandstein. Er gehört nicht mehr zum Rhät, sondern bereits zum Unterjura (Lias alpha 1 + 2 = Hettangium, EMMERT 1977). Er ist also ein zeitgleiches Äquivalent des Luxemburger Sandsteins aus dem Unterjura (Hettangium), der für seine Hautfarne vorkommen besonders bekannt ist (REICHLING 1965).

Innerhalb der Schluchten ist eine steile Felsstufe mit Überhang und Wasserfall ausgebildet. Die Fallhöhe dieser Wasserfälle beträgt ca. 3 bis 5 m. Hinter den Wasserfällen sind zumeist Halbhöhlen mit weiten Überhängen entwickelt, vor der Fallzone kesselartige Vertiefungen (Tosbecken). Durch rückschreitende Erosion (Felsabbrüche) verlagern sich diese Wasserfallstufen nach hinten. Der ganze Wasserfallbereich weist durch das Spritzwasser eine hohe Luftfeuchtigkeit auf bei relativ ausgeglichenen Temperaturen.

An der Oberfläche des Gumbelschen Sandstein fallen weiße Ausblühungen von Mineralsalzen auf. Eine günstige Versorgung mit Mineralsalzen, wie sie der Sandstein gewährleistet, könnten ebenfalls zur Standortgunst des Gumbelschen Sandsteins für den Dünnpfarn beitragen. Nach der Geschmacksprobe (unangenehm bitter, adstringierend) handelt es sich wahrscheinlich um Alaunausblühungen. Der Sandstein selbst ist karbonatfrei, das Wasser der benachbarten Bäche allerdings ist karbonathaltig, da die Bäche im Lias entspringen.

**Tab. 1:** Lage, Geographische Daten, Entfernung zum Wasserfall und Populationszustand der Wuchsorte der Gametophyten von *Trichomanes speciosum*

Lage	Geographische Daten	Wuchsort	Population
Hermannsbach-schlucht	TK 6035 11.50353 Ost, 49.91992 Nord, 400 m NN	Kleines Verwitterungsloch (ca. 10 cm tief und 10 cm breit) mit kleiner Öffnung an senkrechter Felswand, 2 m über dem Felsgrund, ca. 20 m vom Wasserfall entfernt	4 cm <sup>2</sup> , vital
Aftergraben	TK 6034 11.44782 Ost, 49.96332 Nord, 400 m NN	Decke einer größeren 60 cm hohen und 1 m tiefen Halbhöhle in senkrechter Felswand ca. 1 m über dem Boden, ca. 20 m vom Wasserfall entfernt.	5 cm <sup>2</sup> , mäßig vital
Kühloch	TK 6034, 11.47119 Ost, 49.96149 Nord, ca. 400 m NN	Ca. 50 cm breite und hohe sowie 1 m lange Halbhöhle direkt über dem Erdboden an einer hohen Felswand. Die Felswand ist Teil der Schichtstufe.	Ca. 60 cm <sup>2</sup> , groß und sehr vital
Vatsbrunngraben	TK 5834 11.37729 Ost, 50.12614 Nord 380 m NN	Ca. 80 cm breite und hohe und 1,5 m lange waagerechte Halbhöhle auf Höhe der Wasserfall-Kante.	90 cm <sup>2</sup> , sehr vital

Die im Januar 2007 neu entdeckten Fundorte sind in Tabelle 1 gelistet. Es werden außerdem die Beschaffenheit des Wuchsortes, z. B. der Halbhöhle und die Entfernung zum Wasserfall sowie der Populationszustand beschrieben.

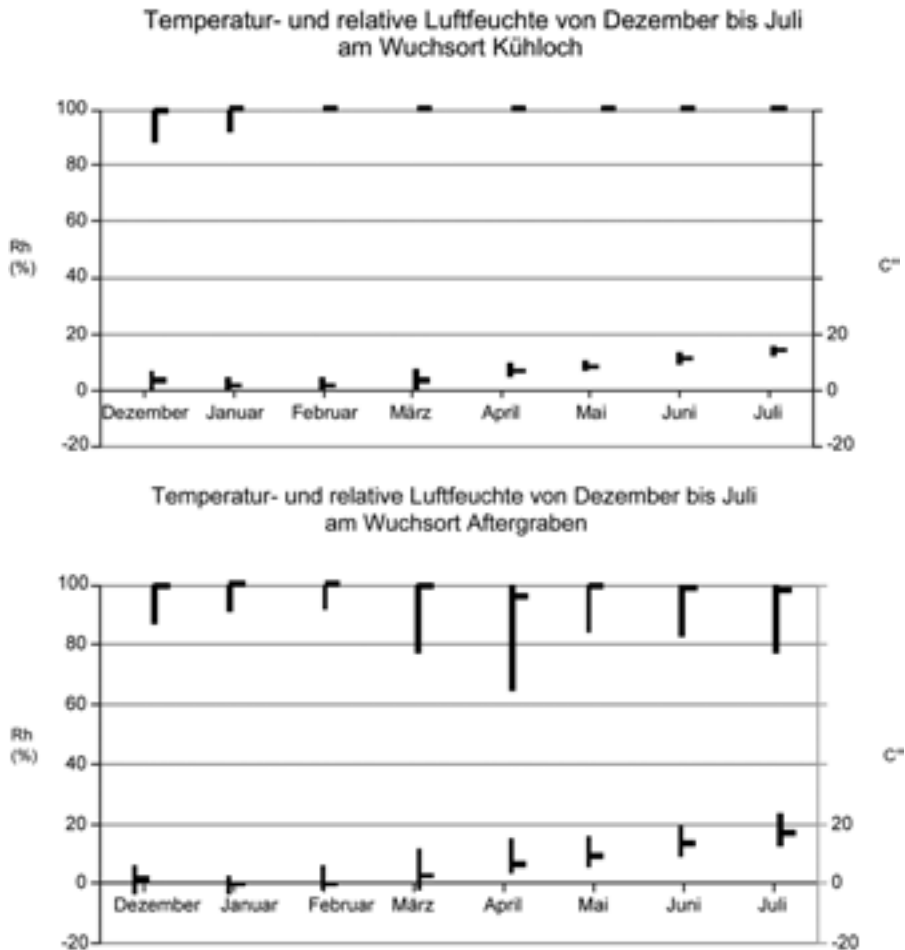
### Temperatur und Feuchteverhältnisse

Die Durchschnittstemperatur mit 6°C wie auch die relative Luftfeuchte mit 99% waren am Wuchsort Kühloch und Aftergraben identisch. Allerdings sanken die Werte am Wuchsort Aftergraben in allen Monaten, insbesondere im März-April wesentlich stärker und häufiger ab als am Wuchsort Kühloch (Abb. 1, Tab. 2).

Am Wuchsort Kühloch betrug die Luftfeuchte bis auf Dezember und Januar konstant 100% (Abb. 1). Im Dezember bis Januar fiel das Absinken der relativen Luftfeuchte mit den niederen Temperaturen zusammen (Abb. 1). Ein solcher Zusammenhang bestand beim Wuchsort Aftergraben nicht (Abb. 1). Während am Wuchsort Kühloch im Dezember die niedrigste Temperatur -1°C betrug, war sie am Wuchsort Aftergraben mit -4°C deutlich niedriger. In keinem Fall stiegen die Temperaturen am Wuchsort Kühloch über 15,5°C, am Wuchsort Aftergraben wurden jedoch 23°C als Maximum erreicht (Abb. 1, Tab. 2).

**Tab. 2:** Übersicht über die zwischen Dezember 2009 und Juli 2010 gemessenen Temperatur- und Luftfeuchteverhältnisse am Wuchsort Kühloch und Aftergraben

	Kühloch	Aftergraben
Mittlere Relative Luftfeuchte	99% (max. 100%, min. 88%)	99% (max. 100%, min. 64%)
Mittlere Temperatur	6,08°C (max. 15,5°C, min. -1°C)	5,96°C (max. 23°C, min. -4°C)
Tage unter 0°C	11	74
Tage unter 100% RH	11	110

**Abb. 1:** Durchschnittliche Temperatur- und Luftfeuchtwerte von Dezember 2009 bis Juli 2010 mit Minimum und Maximum für die Wuchsorte Kühloch und Aftergraben

## Diskussion

Es konnte bei beiden untersuchten Wuchsorten typisches Halbhöhlenklima (durchschnittliche Relative Luftfeuchte lag bei 99%) nachgewiesen werden, wobei sich aber die zwei Wuchsorte hinsichtlich der Maximalwerte und der Konstanz der Werte stark unterschieden (Abb. 1). Der Wuchsort Aftergraben ist wesentlich exponierter, weil höher in der Felswand gelegen und auch die Öffnung der Halbhöhle ist weiter als bei dem Wuchsort Kühloch (vgl. Tab. 1). Während als Tiefsttemperatur am Kühloch  $-1^{\circ}\text{C}$  gemessen wurde, wurde im Aftergraben sogar  $-4^{\circ}\text{C}$  gemessen (Abb. 1, Tab. 2). Die Messungen zeigen eine bemerkenswerte Frosttoleranz des Gametophyten. Demgegenüber konnten Johnson et al. (2000) keine Minustemperaturen an irischen und britischen *Trichomanes*-Wuchsorten nachweisen, die niedrigsten Temperaturen lagen dort um  $1^{\circ}\text{C}$ .

Die Populationsgröße am Wuchsort Aftergraben ist wesentlich geringer als am Wuchsort Kühloch (Tab. 1). Es liegt nahe, dass für die geringe Populationsgröße und Vitalität die im Vergleich zum Wuchsort Kühloch viel stärkeren Schwankungen in Temperatur und Luftfeuchte sowie die niedrigeren Tiefsttemperaturen und das z. T. starke Absinken der Luftfeuchte verantwortlich sind. Auch war die Maximaltemperatur am Wuchsort Aftergraben mit  $23^{\circ}\text{C}$  wesentlich höher. Somit zeigen unsere Messwerte in ersten Ansätzen, wie stark inkonstante Temperatur- und Luftfeuchteverhältnisse die Vitalität des Farnprothalliums beeinflussen können.

VOGEL et al. (1993) sowie HORN & ELSNER (1997) diskutieren für den Gametophyten einen Reliktstatus aus Warmzeiten wie etwa dem Atlantikum vor ca. 5000–9000 Jahren oder von wärmeren Perioden im Subatlantikum zwischen 500 v. Chr. bis 700 n. Chr. Aber auch zwischen dem 9. und 13. Jahrhundert n. Chr. war es in Mitteleuropa deutlich wärmer als heute (vgl. MANN 2002). Sowohl eine längere wie eine kürzere Überdauerung werden durch die geologischen Situationen der bereits bekannten sowie der neu entdeckten Wuchsorte gestützt. Bei fünf von sieben Wuchsorten in Nordostbayern kommt der Gametophyt distal zu Wasserfällen vor. Im Falle des publizierten Vorkommens Teufelsloch (HORN & ELSNER 1997) kommt der Farn an Felsen 46 m bachabwärts vom Wasserfall vor, im Falle des Aftergrabens und der Hermannsbachschlucht ca. 20 m. Der Sporophyt des Dünnfarns ist nur eine Zellreihe dick und daher sehr austrocknungsempfindlich (KINGSTON & HAYES 2005). Er wächst nur in ständig nassen Felshöhlungen und Felsspalten, u. a. auch in direktem Kontakt zu Wasserfällen (KINGSTON & HAYES 2005). Daher kann man davon ausgehen, dass der Dünnfarn-Sporophyt auch in Mitteleuropa einst in Warmzeiten direkt an Wasserfällen wuchs. Die heutigen Bestände der Gametophyten können Relikte ehemaliger Sporophytenvorkommen direkt am Wasserfall darstellen. Die rückschreitende Erosion führte in der Folgezeit zur räumlichen Trennung von Wuchsort und Wasserfall. Legt man einen Zeitraum von ca. 5000 Jahren zu Grunde, so lassen sich Erosionsraten von ca. 0,5 bis 1 cm/Jahr für die rückschreitende Erosion berechnen. Diese Erosionsraten passen zu gefundenen Abständen der Wuchsorte bachabwärts zu den Wasserfällen von 20 m bis 50 m. Diese Erosionsraten erscheinen aus geomorphologischer Sicht realistisch, gerade auch, weil es an den Überhängen der Wasserfälle zu Abbrüchen kommt. Damit könnte es sich aus geomorphologischer Sicht bei den drei Vorkommen Hermannsbachschlucht, Teufelsloch (vgl. HORN & ELSNER 1997) und Aftergraben tatsächlich um Relikte aus dem Atlantikum handeln. Dagegen erscheint bei dem Vorkommen Vatsbrunngraben eine Besiedlung im Subatlantikum realistisch, wie sie auch HORN & ELSNER (1997) für möglich hielten. Das Pro-

thallium wächst hier direkt am Wasserfall. Entscheidende Erosionsereignisse haben seit der Ansiedlung noch nicht stattgefunden. Dies könnte auch dafür sprechen, dass der Gametophyt an diesem Wuchsort ein Relikt der letzten Wärmezeit zwischen dem 9. und 13. Jahrhundert sein könnte (vgl. MANN 2002). Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass die Population Vatsbrunngraben auch die größte und vitalste aller Populationen ist. Das könnte damit zusammenhängen, dass sie eine relativ kurze Überdauerungsphase hatte.

Den Wuchsorten im Obermainischen Hügelland, inklusive der bereits bei HORN & ELSNER (1997) publizierten, ist gemeinsam, dass der Gametophyt nur in relativ lichtarmen und feuchten Hohlräumen des Sandsteins vorkommt. Die Vorkommen liegen entweder an den Steilhängen von Sandsteinschluchten oder an Felswänden von Schichtstufen. An den von der Schichtstufe abgestürzten Blöcken und im Blockschutt wurde der Dünnfarn bisher jedoch nicht beobachtet. Auch HORN & ELSNER (1997) nennen nur ein Vorkommen in Blockfeldern aus dem Buntsandstein der Untertrias. Dies deutet in Anbetracht der hohen Luftfeuchteansprüche des Farns darauf hin, dass das Wasserregime nur an Schichtstufen durch ihre Mäsigkeit über einen langen Zeitraum so ausgeglichen und konstant ist, dass der Farn dort überdauern konnte. An isolierten Felsen ohne Schichtstufenanschluss ist diese Ausgeglichenheit der Feuchteverhältnisse vermutlich nicht gegeben. In Trockenperioden etwa wird an Schichtstufen über schwebendes Grundwasser, Interflow und Hangabflusswasser die hydrologische Versorgung der Wuchsorte aufrechterhalten. Eingriffe in das Bodenrelief oberhalb eines Vorkommens (Abgrabungen wie etwa aufgrund eingetiefter Straßenführungen) sind daher eine Bedrohung, da dadurch die Unterbrechung des Oberflächenabflusses, Interflow und schwebenden Grundwassers erfolgt.

Die Vorkommen des Dünnfarns im Obermainischen Hügelland sind Reliktvorkommen einer vergangenen Klimaepoche. Gleichwohl sind die meisten Populationen vital und haben Jahrtausende überdauert. Jeder Verlust wäre unersetzlich, da Neuansiedlung und Ausbreitung auszuschließen sind. Ziel aller Bemühungen sollte es sein, alle Vorkommen im Obermainischen Hügelland zu schützen und zu bewahren. Die Voraussetzung dafür bietet die Umsetzung der FFH-Richtlinie.

## Danksagung

Für Bemerkungen und Korrekturen zum Manuskript danken wir Dr. A. Liefländer und S. Kessler. Frau Prof. Sigrid Liede-Schumann sei für die Korrektur der englischen Zusammenfassung gedankt.

## Literatur

- BENNERT, H. W. 1999: Die seltenen und gefährdeten Farnpflanzen Deutschlands. Biologie, Verbreitung, Schutz. Bonn 382 S.
- EMMERT, U. 1977: Geologische Karte von Bayern 1 : 25000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 6035 Bayreuth. München.
- FEULNER, M. & KONNERT, M. 2007: Autochthone Weißtannenvorkommen in den Schluchten Fränkischer Keupergebiete. Diskussionsbeitrag zu deren genetischer Struktur, Artenausstattung, waldbaulicher Behandlung und Kartierung in *Natura 2000*. – *Waldoekologie online* 4: 91-110.
- HORN, K. & ELSNER, O. 1997: Neufunde von Gametophyten des Hautfarns *Trichomanes speciosum* Willd. (Hymenophyllaceae) in Unter- und Oberfranken. – *Berichte der Naturforschenden Gesellschaft Bamberg* 71: 53-68.

- JESSEN, S. 2009: Seltene und kritische Farne (Polypodiopsida) im Böhmisches-Sächsischen Elbsandsteingebirge: aktuelle Verbreitung und notwendige Artenschutzmaßnahmen. – Berichte der Arbeitsgemeinschaft Sächsischer Botaniker **20**: 61-147.
- JOHNSON, G. N., RUMSEY, F. J., HEADLEY, A. D. & SHEFFIELD, E. 2000: Adaptations to extreme low light in the fern *Trichomanes speciosum*. – New Phytologist **148**: 423-431.
- KINGSTON, N. & HAYES, C. 2005: The ecology and conservation of the gametophyte generation of the Killarney Fern (*Trichomanes speciosum*) in Ireland. – Biology and Environment **105**: 71-79.
- MANN, M. E. 2002: Medieval Climatic Optimum, in MUNN T. (ed.): Encyclopedia of Global Environmental Change Vol. 1, The Earth system: physical and chemical dimensions of global environmental change. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, pp. 514–516.
- MASSARD, J. A. 1996: Ein sensationeller Farnfund in der «Kleinen Luxemburger Schweiz». – Annuaire de la Ville d'Echternach 1995: 218-221.
- RASBACH, H., RASBACH, K. & JÉRÔME, C. 1995: Weitere Beobachtungen über das Vorkommen des Hautfarns *Trichomanes speciosum* Willd. in den Vogesen und dem benachbarten Deutschland. – Carolinea **53**: 21-32.
- RASBACH, H., RASBACH, K. & JÉRÔME, C. & SCHROPP, G. 1999: Die Verbreitung von *Trichomanes speciosum* Willd. (Pteridophyta) in Südwestdeutschland und in den Vogesen. – Carolinea **57**: 27-42.
- REICHLING, L. 1965: Die luxemburgischen Standorte des Hautfarns, *Hymenophyllum tunbrigense* (L.) – Berichte der Arbeitsgemeinschaft Sächsischer Botaniker, Bd. **5/6**: 141-154.
- RUMSEY F. J., FARRAR D.R. & SCHWEFFIELD, M. 1990: British filmy fern gametophytes. – Pteridologist **2**: 40-42.
- VOGEL J. C., JESSEN, M., GIBBY, A., JERMY, C. & ELLIS, L. 1993: Gametophytes of *Trichomanes speciosum* (Hymenophyllaceae: Pteridophyta) in Central Europe. – Fern Gazette **14**: 227-232.