

## **Der Erstnachweis der triploiden Schachtelalmhybride *Equisetum* ×*ascendens* Lubienski & Bennert (*Equisetaceae*) für Hessen**

Marcus Lubienski & Ralph Baumgärtel

**Zusammenfassung:** Die triploide Schachtelalmhybride *Equisetum* ×*ascendens* ist nun erstmals für das Bundesland Hessen nachgewiesen. Es handelt sich um zwei Vorkommen innerhalb des Rheinauengebietes „Kühkopf“. Die Vorkommen schließen eine bisherige Verbreitungslücke am nördlichen Oberrhein. Biologie und Bestimmungsmerkmale der Sippe werden kurz vorgestellt.

### **First record of the triploid horsetail hybrid *Equisetum* ×*ascendens* Lubienski & Bennert (*Equisetaceae*) in Hesse**

**Summary:** The triploid horsetail hybrid *Equisetum* ×*ascendens* has been recorded for the first time in Hesse. The two sites situated in the “Kühkopf” area of Rhine alluvial forest close a previous distributional gap within the northern Upper Rhine valley. The biology and determination characteristics of this taxon are briefly presented.

Marcus Lubienski, Am Quambusch 25, 58135 Hagen; m.lubienski@gmx.de  
Ralph Baumgärtel, Forsthaus Knoblochsaue, 64560 Riedstadt;  
Ralph.Baumgaertel@forst.hessen.de

## **1. Einleitung**

Die Familie der Schachtelhalme (*Equisetaceae*) gliedert sich in zwei Untergattungen, *Equisetum* und *Hippochaete*, die sich in einer Anzahl morphologischer, anatomischer und phänologischer Merkmale unterscheiden. Daher könnten beide durchaus auch auf Gattungsniveau getrennt werden. Zur Untergattung *Equisetum* gehören in Deutschland die Arten *E. arvense*, *E. fluviatile*, *E. palustre*, *E. pratense*, *E. sylvaticum* und *E. telmateia*, zur Untergattung *Hippochaete* die Arten *E. hyemale*, *E. ramosissimum* und *E. variegatum*. Alle Arten sind diploid. Innerhalb beider Untergattungen, jedoch nicht zwischen diesen, sind zahlreiche diploide Primärhybriden bekannt. Allen Hybriden ist gemein, dass sie auf Grund gestörter meiotischer Zellteilungen nur abortierte Sporen produzieren und folglich sexuell steril sind. Eine Ausbreitung ist jedoch auf vegetativem Wege möglich.

Nachdem die Existenz von drei unterschiedlichen triploiden Schachtelalmhybriden innerhalb der Untergattung *Hippochaete* nachgewiesen worden war (Bennert & al. 2005), wurden in der Folge Arbeiten zu deren Biologie, Merkmalen, Verbreitung und Nomenklatur veröffentlicht (Lubienski & Bennert 2006, Lubienski & al. 2010, Lubienski & al. 2012, Winter & Lubienski 2012).

Zwei dieser Sippen, *Equisetum ×alsaticum* (H. P. Fuchs & Geissert) G. Philippi und *E. ×geissertii* Lubienski & Bennert, weisen eine auf das Oberrheingebiet beschränkte Verbreitung auf, während die dritte, *E. ×ascendens* Lubienski & Bennert, mit Vorkommen vom südlichen Oberrhein bis in das niederländische Rheindelta weitaus häufiger ist.

*E. ×ascendens* konnte nun erstmals für das Bundesland Hessen nachgewiesen werden, worüber im Folgenden berichtet werden soll.

## 2. Biologie, Merkmale und Identifizierung von *Equisetum ×ascendens*

Der Aufsteigende Schachtelhalm, *E. ×ascendens*, ist eine sterile, triploide Hybride, die morphologisch zwischen dem Winter-Schachtelhalm, *E. hyemale*, und Moores Schachtelhalm, *E. ×moorei*, steht. Letzterer ist die diploide Primärhybride aus *E. hyemale* und *E. ramosissimum*, dem Ästigen Schachtelhalm. Wie *E. ×ascendens* ist auch *E. ×moorei* steril und produziert nur abortiertes Sporenmaterial. Trotzdem ist bei den diploiden Hybriden der Untergattung *Hippochaete* eine gewisse Teilfertilität vorhanden, so dass gelegentlich keimfähige Diplosporen gebildet werden. Dieses gilt als Voraussetzung für die Bildung von triploiden Hybriden. *E. ×ascendens* wird als Kreuzung zwischen *E. hyemale* und *E. ×moorei* interpretiert und enthält folglich zwei Genome von *E. hyemale* und ein Genom von *E. ramosissimum* (vgl. Lubienski & Bennert 2006, Lubienski & al. 2010, Lubienski & al. 2012). Es könnte aber auch aus der Kreuzung von *E. hyemale* mit einem verdoppelten, also allotetraploiden „*E. ×moorei*“ hervorgegangen sein. Derart verdoppelte, allotetraploide Sporophyten wären auf Grund der wiederhergestellten Paarungsmöglichkeit der Chromosomen in der Meiose vollständig fertil und müssten als neue Arten gelten. Obwohl bei vielen einheimischen Farnpflanzen bekannt (zum Beispiel sind *Asplenium adiantum-nigrum*, *Dryopteris filix-mas*, *Polystichum aculeatum*, *Polypodium vulgare* allesamt allotetraploide Arten, vergleiche Kramer 1984), sind allotetraploide Sporophyten bei *Equisetum* bislang nicht gefunden worden. Die Existenz ihrer gametophytischen Vorstufe ist allerdings nachgewiesen (vergleiche Krahulec & al. 1996).

Aus den oben skizzierten Verwandtschaftsverhältnissen ergibt sich, dass *E. ×ascendens* das generelle Erscheinungsbild von *E. hyemale* besitzt. Es ist jedoch häufig größer, hat länglichere Blattscheiden und besitzt in den allermeisten Fällen zumindest einige Seitenäste. Darüber hinaus unterscheidet es sich mikromorphologisch von *E. hyemale* dadurch, dass es auf den Sprossrippen zu Querspangen verschmolzene Silikathöcker hat (*E. hyemale* besitzt hier stattdessen zwei Reihen getrennt liegender Silikathöcker). Dieses Querspangenmerkmal wird von *E. ramosissimum* vererbt und findet sich somit auch bei *E. ×moorei*. Die Sprosse von *E. ×ascendens* überwintern bei ausreichender Wasserversorgung vollständig und überdauern mindestens zwei Vegetationsperioden. Dabei kann es dazu kommen, dass die Seitenäste sich wiederum verzweigen und Äste zweiter Ordnung bilden. Die Pflanzen sind meist nur mit Hilfe der umgebenden Vegetation in der Lage, aufrecht zu stehen, können dann aber, verstärkt durch die Seitenäste, unter günstigen Wuchsbedingungen für die Hybride typische Dickichte bilden (Abb. 1). Dieses sowie das vollständige Überwintern neben einigen jedoch nur tendenziellen morphologischen Unterschieden sind Merkmale, die *E. ×ascendens* vom sonst sehr ähnlichen *E. ×moorei* unterscheiden. Diese Unterscheidung ist jedoch nicht in allen Fällen im

Gelände möglich, sodass Kulturversuche und der cytologische Nachweis des Ploidiegrades oft unerlässlich sind.



Abb. 1: *Equisetum*  $\times$  *ascendens* am Wuchsort „Schlappeswörth“, mit Sprossen und Seitenästen im umgebenden Gebüsch verankert (10. April 2012, M. Lubienski). – *Equisetum*  $\times$  *ascendens* at the „Schlappeswörth“ site, with main shoots and side branches anchored in the surrounding vegetation.

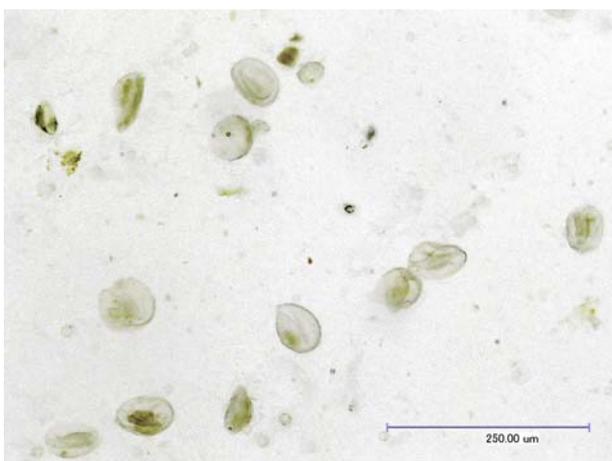


Abb. 2: Abortierte, nicht keimungsfähige Sporen von *E. x ascendens*. – Aborted, non-germinable spores of *E. x ascendens*.

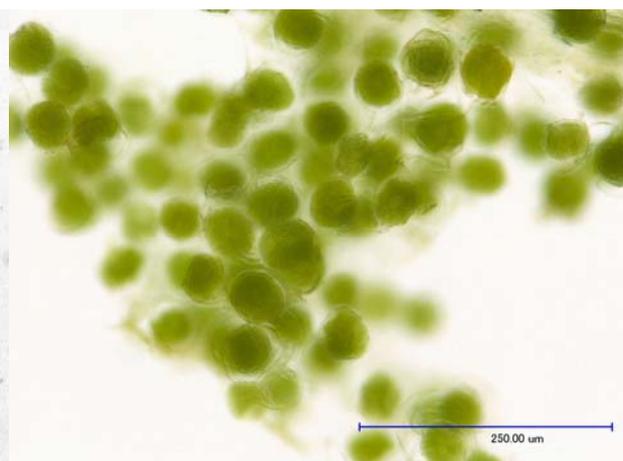


Abb. 3: Normal ausgebildete, keimungsfähige Sporen von *E. hyemale*. – Well-formed, germinable spores of *E. hyemale*.

*E. x ascendens* findet sich überwiegend in Wäldern, wo die Pflanzen auf Grund der Beschattung in der Regel keine Strobili ausbilden. An exponierten Wuchsorten, zum Bei-

spiel an Waldrändern und Rheinufern, werden diese aber regelmäßig gebildet. Die Sporangien enthalten vollständig abortiertes, das heißt weißlich-krümeliges und überwiegend hapterenloses Material (Abb. 2), im Unterschied zu *E. hyemale*, dessen Sporangien gleichmäßig runde, grüne und mit Hapterenbändern besetzte Sporen enthalten (Abb. 3). Dieses ist bereits mit einer Handlupe zu unterscheiden. Die Hybride ist daher, wie *E. ×moorei*, nicht in der Lage, sich sexuell über Sporen zu verbreiten, verfügt aber, wie alle Arten und Hybriden der Untergattung *Hippochaete*, über eine ausgeprägte Fähigkeit zu vegetativer Verbreitung mittels Verfrachtung von Rhizomstücken oder Sproßstücken. Diese bewurzeln sich unter ausreichend feuchten Bedingungen leicht. Eine umfassende Merkmalstabelle, detaillierte Abbildungen und ein Bestimmungsschlüssel finden sich bei Lubienski (2011), Lubienski & al. (2010) und Lubienski & al. (2012).

### 3. Die Vorkommen von *E. ×ascendens* in Hessen

Die beiden hessischen Vorkommen von *E. ×ascendens* befinden sich in dem rechtsrheinischen Rheinauenschutzgebiet „Kühkopf-Knoblochsau“, circa 16 km flussaufwärts von Mainz (Topographische Karte Oppenheim 6116/41 und 42) auf der Rheininsel Kühkopf. Pflanzen beider Herkünfte wurden mittels Flow-Cytometrie als triploid bestätigt.

Der Fluss weist in diesem Abschnitt ein Gefälle von circa 7 cm/km auf, was überwiegend die Ablagerung feinkörniger Sedimente bedingt. Als Bodentypen finden sich überwiegend allochthone Vega und Auengley, im Bereich der Uferwälle auch Auenpararendzina. Beide Vorkommen liegen wasserseits des Dammsystems und waren auch in historischer Zeit niemals von der Abflussdynamik des Rheins entkoppelt.

#### Wuchsort „Schlappeswörth“, 6116/41, 3460530/5522036

Der Wuchsort (Abb. 4) befindet sich im Uferwallbereich eines Seitenarms des historischen Rheins und umfasst eine Fläche von circa 900 m<sup>2</sup>. *E. ×ascendens* findet sich hier in einer typischen Stromtalwiese. Das Vorkommen erstreckt sich entlang eines Höhen- und damit Überflutungsgradienten vom trockenen Flügel der Glatthaferwiesen (*Arrhenatheretum salvietosum*) mit *Salvia pratensis*, *Bromus erectus* und *Briza media* bis hin zur Kantenlauch-Fuchsschwanz-Wiese aus dem Verband des Cnidion. Der Grünlandbestand unterliegt einem regelmäßigen Mahdregime mit meist einfacher Mahd nach dem 10. Juni. Die Hybride findet sich zusätzlich im angrenzenden Gebüschaum unter *Crataegus spec.*, *Prunus spinosa* und anderen Gehölzen.

Es handelt sich um einen Mischbestand mit *E. ×moorei*, schwerpunktmäßig findet sich aber *E. ×ascendens*. Beide Sippen sind im Bestand morphologisch nahezu ununterscheidbar, da *E. ×moorei* hier ebenfalls mit Seitenästen im Gebüsch klimmend wächst, was sonst eher typisch für *E. ×ascendens* ist. Im Rahmen eines Ploidiescreenings des Gesamtbestandes erwiesen sich lediglich zwei Proben (aus dem Inneren des Gebüschaumes) von insgesamt 18 Proben als diploid (und damit zu *E. ×moorei* gehörend).



Abb. 4: *E. x ascendens* am Wuchsort „Schlappeswörth“ (10. April 2012, M. Lubienski). – *E. x ascendens* at the “Schlappeswörth” site.

#### **Wuchsort „Spielplatz“, 6116/42, 3461732/5521685**

Das circa 1000 m<sup>2</sup> umfassende Vorkommen liegt unmittelbar im Randbereich eines ausgebauten Spazierweges auf dem Gelände eines Anfang der 1980er Jahre befestigten und mittlerweile zugewachsenen Parkplatzes (Abb. 5). Es handelt sich ursprünglich um einen alten Rheinuferwall aus der Zeit vor der Rheinbegradigung durch Tulla, der im Gelände noch gut zu erkennen ist. Bis 1829 lag der Fundort in unmittelbarer Nähe des Rheinufers, danach ist das Flussbett entsprechend verlandet, sodass sich heute eine Entfernung von circa 300 m zum Altrheinufer ergibt. Die Hybride wächst hier auf dem Niveau des Quercu-Ulmetum minoris unter *Fraxinus excelsior*, *Prunus spinosa*, *Acer campestre*, *Cornus sanguinea* und anderen Straucharten, erstreckt sich aber bis in von *Rubus caesius* und *Carex acutiformis* dominierte Bestände. In unmittelbarer Wegnähe findet sich *E. x ascendens* auch in der Saumvegetation mit *Cucubalus baccifer* und *Calamagrostis epigejos*.



Abb. 5: *E. xascendens* am Wuchsort „Spielplatz“ (10. April 2012, M. Lubienski). – *E. xascendens* at the “Spielplatz” site.

#### 4. Die Verbreitung von *E. xascendens*

*E. xascendens* wurde zuerst aus dem Gebiet des Oberrheins zwischen Lörrach und Ludwigshafen (Frankreich: Haute Rhin, Bas Rhin, Deutschland: Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz) beschrieben (Lubienski & al. 2010), wo die Hybride als ein charakteristisches Element der rheinbegleitenden Wälder gelten kann. In diesem Gebiet finden sich daher auch die meisten Vorkommen, die bis auf eines in Rheinnähe liegen. Im nördlichen Oberrheingebiet war bislang nur ein Vorkommen bei Mainz bekannt sowie drei Vorkommen bei Kalkar und Rees am Niederrhein in Nordrhein-Westfalen (Lubienski & al. 2012). Hinzugekommen sind seitdem zwei Vorkommen in den Niederlanden im Mündungsdelta des Rheins im Einflussbereich der IJssel bei Fortmond und am Zwartee Meer (Winter & Lubienski 2012). Die Karte (Abb. 6) stellt die Verbreitung der Hybride am Oberrhein (Frankreich und Deutschland) dar; nicht abgebildet sind die nieder-rheinischen und niederländischen Vorkommen.

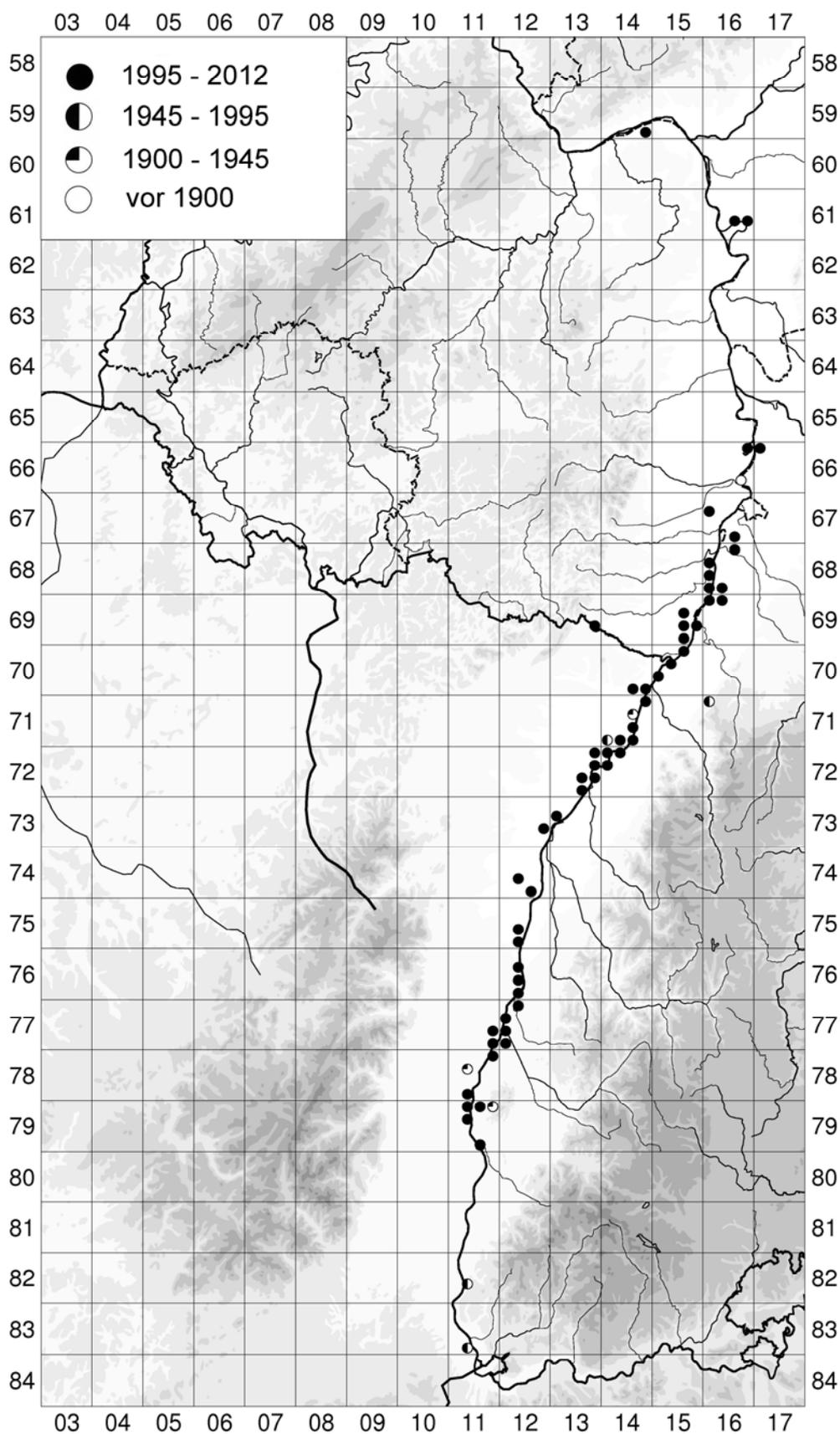


Abb. 6: Verbreitung von *E. xascendens* am Oberrhein. – Distribution of *E. xascendens* in the Upper Rhine valley.

## 5. Diskussion

Für die Flora Hessens waren aus der Untergattung *Hippochaete* bislang *E. hyemale*, *E. ramosissimum* und *E. variegatum* sowie die diploiden Hybriden *E. ×moorei* und *E. ×trachyodon* bekannt, wobei *E. variegatum* und *E. ×trachyodon* (*E. hyemale* × *E. variegatum*) als ausgestorben oder verschollen gelten (vergleiche Hemm & al. 2008). Mit dem Nachweis des triploiden *E. ×ascendens* beherbergt das Bundesland nun sechs Sippen dieser Untergattung.

Berücksichtigt man die Verbreitung von *E. ×ascendens* (Abb. 6) und die Tatsache, mit welcher Häufigkeit die Hybride in den Wäldern entlang des Oberrheins auftritt, so erscheint der Nachweis der Sippe für Hessen nicht überraschend. Die Kühkopf-Vorkommen am nördlichen Oberrhein fügen sich nahtlos in das Gesamtverbreitungsbild ein, welches zu einem großen Anteil, jedoch wohl nicht ausschließlich, das Ergebnis einer langen vegetativen Ausbreitungsgeschichte sein dürfte.

Der Wuchsort „Schlappeswörth“ liegt auf einer der Kleinen Kühkopffinsel vorgelagerten ehemaligen Rheininsel, die bereits Anfang des 19. Jahrhunderts weitgehend an die Kleine Kühkopffinsel angebunden war. Der Wuchsort könnte ein Primärstandort sein, da es sich hier um eine alte Flussinsel handelt und die Hybride hier im ehemaligen Uferwald an der alten Uferböschung wächst. Ein anthropogener Einfluss kann allerdings nicht ganz ausgeschlossen werden, zumal sich in unmittelbarer Nähe um die vorletzte Jahrhundertwende eine Lehmabgrabungsstelle und eine kleine Ziegelei befand. Auch ein rechtwinklig zur Böschung verlaufender Wall im Gründlandbereich deutet auf eine anthropogene Beeinflussung hin.

Gleichwohl dürften solche Stellen inmitten der alten dynamischen Flusslandschaft Ausgangspunkt und Ergebnis der vegetativen Verbreitung der Hybride entlang des Flusssystemes gewesen sein. Ein Großteil der Vorkommen innerhalb des Verbreitungsgebietes geht daher wahrscheinlich auch auf derartige vegetative Ausbreitungsereignisse zurück. Ob jedoch alle Vorkommen solchen Ursprungs sind, die Hybride folglich auch nur auf ein einziges, lange zurück liegendes Hybridisierungsereignis zurückgeht, muss offen bleiben und erscheint eher unwahrscheinlich. *E. ×ascendens* könnte auch an Wuchsorten unabhängig voneinander entstanden sein und in der Folge überdauert haben, an denen die Ausgangssippen, *E. hyemale* und *E. ×moorei*, früher vorkamen und auf Grund veränderter Wuchsbedingungen heute nicht mehr vorkommen. Eine solche Entstehung wäre zumindest am Wuchsort „Schlappeswörth“ nicht unwahrscheinlich, da es sich hier um einen Mischbestand mit *E. ×moorei* handelt und *E. hyemale* in circa 100 m Entfernung wächst, des Weiteren noch in der Nähe im Gebiet „Krappenschlag“. Somit befinden sich beide Ausgangssippen in unmittelbarer Nachbarschaft. Eine weitere Art, *E. ramosissimum*, wächst in einer Rheinuferbemauerung bei Rhein-km 472.

Am Wuchsort „Spielplatz“ ist *E. ×ascendens* hingegen der einzige Vertreter der Untergattung *Hippochaete* und könnte hier sekundär durch Erdaushub im Zuge des Wege- und Parkplatzbaus eingeschleppt worden sein. Trotzdem kann nicht ausgeschlossen werden, dass es sich um ein Reliktvorkommen des alten Rheinuferwalls handelt.

Die hessischen Vorkommen füllen eine Verbreitungslücke im nördlichen Oberrheingebiet. Weitere Vorkommen sind nicht ausgeschlossen, scheinen jedoch an das Vorhandensein größerer flussbegleitender Wälder gebunden zu sein. Insbesondere das Naturschutzgebiet Biedensand bei Lampertheim erscheint daher zur Suche erfolgversprechend.

## Danksagung

Wir danken Ronald Viane (Gent, Belgien) für die flow-cytometrischen Untersuchungen und Veit Dörken (Konstanz) für die lichtmikroskopischen Aufnahmen.

## 6. Literatur

- Bennert H. W., M. Lubienski, S. Körner & M. Steinberg 2005: Triploidy in *Equisetum* subgenus *Hippochaete* (*Equisetaceae*, *Pteridophyta*). – *Ann. Bot.* **95**, 807–815, Oxford.
- Hemm K., U. Barth, K. P. Buttler, A. Frede, R. Kubosch, T. Gregor, R. Hand, R. Cezanne, S. Hodvina, D. Mahn, S. Nawrath, S. Huck & M. Uebeler 2008: Rote Liste der Farn- und Samenpflanzen Hessens, 4. Fassung. – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Wiesbaden. 187 Seiten.
- Krahulec F., L. Hrouda, & M. Kovářová 1996: Production of gametophytes by *Hippochaete* (*Equisetaceae*) hybrids. – *Preslia* **67**, 213–218, Praha.
- Kramer K. U. (Hrsg.) 1984: Gustav Hegi. Illustrierte Flora von Mitteleuropa **1(1)**. *Pteridophyta*, *Spermatophyta*. Dritte, vollständig neubearbeitete Aufl. – Paul Parey, Berlin & Hamburg. 309 Seiten.
- Lubienski M. & H. W. Bennert 2006: *Equisetum*  $\times$  *alsaticum* (*Equisetaceae*, *Pteridophyta*) in Mitteleuropa. – *Carolinaea* **64**, 107–118, Karlsruhe.
- Lubienski M. 2011: Die Schachtelhalme (*Equisetaceae*, *Pteridophyta*) der Flora Deutschlands - ein aktualisierter Bestimmungsschlüssel. – *Jahrb. Bochumer Botan. Ver.* **2**, 68–86, Bochum.
- Lubienski M., H. W. Bennert & S. Körner 2010: Two new triploid hybrids in *Equisetum* subgenus *Hippochaete* for Central Europe and notes on the taxonomic value of „*Equisetum trachyodon* forma *Fuchsi*“ (*Equisetaceae*, *Pteridophyta*). – *Nova Hedwigia* **90**, 321–341, Stuttgart.
- Lubienski M., W. Jäger & H. W. Bennert 2012: *Equisetum*  $\times$  *ascendens* Lubienski & Bennert (Subg. *Hippochaete*, *Equisetaceae*), eine neue Schachtelhalm-Sippe für die Flora Nordrhein-Westfalens. – *Jahrb. Bochumer Botan. Ver.* **3**, 7–20, Bochum.
- Winter W. de & M. Lubienski 2012: *Equisetum*  $\times$  *ascendens* Lubienski & Bennert: de eerste triploïde paardestaartbastaard in Nederland. – *Gorteria* **36**, Leiden, im Druck.