

# ***Equisetum* $\times$ *ascendens* LUBIENSKI & BENNERT (Subg. *Hippochaete*, *Equisetaceae*), eine neue Schachtelhalm-Sippe für die Flora Nordrhein-Westfalens\***

M. LUBIENSKI, W. JÄGER & H. W. BENNERT

## **Kurzfassung**

Die triploide Schachtelhalm-Hybride *E.  $\times$  ascendens* wird als neue Sippe für die Flora Nordrhein-Westfalens vorgestellt. Es werden Aspekte ihrer Biologie und Nomenklatur diskutiert sowie Bestimmungsmerkmale angegeben, welche eine Abgrenzung von *E. hyemale*, *E.  $\times$  moorei* und *E. ramosissimum* erlauben. Die nordrhein-westfälischen Vorkommen der Hybride werden beschrieben, standortökologisch bewertet und in den Kontext der allgemeinen Verbreitung in Mitteleuropa gestellt. Darüber hinaus werden Verbreitung und Ökologie aller in NRW bekannten Sippen der Untergattung *Hippochaete* charakterisiert und verglichen. Für alle Arten und Hybriden werden aktuelle Verbreitungskarten für dieses Bundesland präsentiert.

## **Abstract:**

***Equisetum*  $\times$  *ascendens* LUBIENSKI & BENNERT (subg. *Hippochaete*, *Equisetaceae*), a new horsetail taxon for the flora of North Rhine-Westphalia.**

The triploid horsetail hybrid *E.  $\times$  ascendens* is reported as being a member of the flora of North Rhine-Westphalia (NRW), Germany. Aspects of its biology and nomenclature are discussed, and diagnostic features given allowing for separating it from *E. hyemale*, *E.  $\times$  moorei*, and *E. ramosissimum*. The North Rhine-Westphalian habitats of the hybrid are described and ecologically characterized with reference to its general distribution in Central Europe. Additionally, distributional and ecological patterns of all known members of subgenus *Hippochaete* in NRW are discussed. For all species and hybrids updated distribution maps are presented for this state.

## **1 Einleitung**

Die Schachtelhalme (*Equisetaceae*) repräsentieren eine der phylogenetisch ältesten Gefäßpflanzengruppen. Ihre Wurzeln reichen bis in das Erdaltertum (Paläozoikum) zurück, als die baumförmigen *Calamitaceae* maßgeblich am Aufbau des Karbonwaldes (STEWART & ROTHWELL 1993, TAYLOR & al. 2009) beteiligt waren. Seine Überreste sind in Kohleflözen erhalten geblieben, welche auf eine auf 6 Billionen Tonnen geschätzte Kohlenstofffixierung im Zeitraum zwischen Oberdevon und Perm zurückgehen dürften (HESEMANN 1978). In Nordrhein-Westfalen tritt diese fossile Schachtelhalm-Flora in den Formationen des Oberkarbon (vor 325 bis 280 Mio. Jahren) im Aachener Raum und im Ruhrgebiet in Erscheinung. Die weltweit 15 rezenten Schachtelhalm-Arten der Gattung *Equisetum* (mit den Untergattungen *Equisetum* und *Hippochaete*) stellen im Vergleich dazu nur noch einen kümmerlichen Rest einer einstmals sehr erfolgreichen und diversen Pflanzengruppe dar. Von den neun im Gebiet der Flora Deutschlands indigenen Arten kommen immerhin acht in Nordrhein-Westfalen vor (Tab. 1, vgl. HAEUPLER & al. 2003). Lediglich *E. variegatum* (Subgen. *Hippochaete*) fehlt in der Flora des Landes.

Bei den Hybriden waren bisher sieben Sippen für Deutschland nachgewiesen, davon drei in Nordrhein-Westfalen (Tab. 1). *E.  $\times$  ascendens* (= *E.  $\times$  moorei*  $\times$  *E. hyemale*) wird hier als vierte Hybridsippe für dieses Bundesland vorgestellt. Sie ist eine der drei Hybriden, die erst kürzlich als triploid erkannt worden sind (BENNERT & al. 2005, LUBIENSKI & BENNERT 2006, LUBIENSKI & al. 2010).

Die hohe Zahl an weltweit beschriebenen diploiden Primär-Hybriden innerhalb der beiden Untergattungen (vgl. LUBIENSKI 2010) sowie die Existenz triploider Hybriden unterstreichen die Fähigkeit dieser phylogenetisch alten Gruppe zur evolutionären Sippendifferenzierung. Gleichwohl fehlt offenbar der zu polyploiden Sporophyten führende Schritt der sekundären Artbildung, wie er für viele Gattungen der Bärlappe und Farne typisch ist (HAUFLER 2008).

\* außerdem erschienen im Jahrb. Bochumer Bot. Ver. 3: 7-20 (2012).

Tab. 1: Schachtelhalm-Arten und Hybriden in Deutschland und Nordrhein-Westfalen (in NRW vorkommende Sippen in **Fettdruck**).

Untergattung <i>Equisetum</i>	1 <b><i>Equisetum arvense</i> L.</b> 2 <b><i>Equisetum palustre</i> L.</b> 3 <b><i>Equisetum fluviatile</i> L.</b> 4 <b><i>Equisetum telmateia</i> EHRH.</b> 5 <b><i>Equisetum sylvaticum</i> L.</b> 6 <b><i>Equisetum pratense</i> EHRH.</b>	1 × 3 <b><i>Equisetum xlitore</i> KÜHLEW. ex Rupr.</b> 2 × 3 <b><i>Equisetum xdycei</i> C. N. PAGE</b> 2 × 4 <i>Equisetum xfont-queri</i> ROTHM. 5 × 6 <i>Equisetum xmildeanum</i> ROTHM.
Untergattung <i>Hippochaete</i>	1 <b><i>Equisetum hyemale</i> L.</b> 2 <b><i>Equisetum ramosissimum</i> Desf.</b> 3 <i>Equisetum variegatum</i> SCHLEICH. ex WEB. & MOHR	1 × 2 <b><i>Equisetum xmoorei</i> NEWM.</b> 1 × 3 <i>Equisetum xtrachyodon</i> (A. BRAUN) W.D.J. KOCH 2 × 3 <i>Equisetum xmeridionale</i> (MILDE) CHIOV. (1 × 3) × 1 <i>Equisetum xalsaticum</i> (H. P. FUCHS & GEISSERT) G. PHILIPPI (1 × 2) × 1 <b><i>Equisetum xascendens</i> LUBIENSKI &amp; BENNERT</b> 1 × 2 × 3 <i>Equisetum xgeissertii</i> LUBIENSKI & BENNERT

## 2 Zur Entstehung und Nomenklatur von *E. xascendens*

Das triploide *E. xascendens* vermittelt morphologisch zwischen *E. hyemale* und der diploiden Hybride *E. xmoorei* (*E. hyemale* × *E. ramosissimum*). Daher interpretieren LUBIENSKI & al. (2010) die triploide Hybride auch als Kreuzung zwischen beiden Sippen und geben ihr die Genomformel HHR (wobei H für ein Genom von *E. hyemale* und R für ein Genom von *E. ramosissimum* steht).

BENNERT & al. (2005) sowie LUBIENSKI & BENNERT (2006) erörtern ausführlich die Wege, welche zur Entstehung von triploiden Hybridsippen führen können. Voraussetzung ist (im naheliegendsten Fall) eine Teilfertilität der beteiligten diploiden Hybriden. Eine solche ist seit längerem bekannt und auch für *E. xmoorei* nachgewiesen (HROUDA & KRAHULEC 1982, PAGE & BARKER 1985, DUBOIS-TYLSKI & GIRERD 1986; siehe auch DUVAL-JOUVE 1864). Insbesondere in der Untergattung *Hippochaete* bilden die diploiden Hybriden regelmäßig eine geringe Anzahl unreduzierter Diplosporen, die sich im Experiment als keimfähig erwiesen haben und zu Gametophyten heranwachsen (KRAHULEC & al. 1996). Zwischen einem solchen diploiden *E. xmoorei*-Gametophyten (Genomformel HR) und einem normalen haploiden Gametophyten von *E. hyemale* (Genomformel H) könnte es dann zur Befruchtung kommen und ein triploider Sporophyt von *E. xascendens* mit der Genomformel HHR entstehen.

Von BUTTLER & HAND (2011) wurde in Fortschreibung der Liste der Gefäßpflanzen Deutschlands (BUTTLER & HAND 2008) kritisiert, dass der von LUBIENSKI & al. (2010) vorgeschlagene Name *E. xascendens* nicht Artikel H.4.1 des Botanischen Codes (MCNEILL & al. 2006) berücksichtige und daher illegitim sei. Dies erscheint zunächst einleuchtend, da in diesem Artikel ausdrücklich auf Rückkreuzungen ("backcrosses") verwiesen wird.

Als Rückkreuzungen werden Kreuzungen zwischen einer Hybride und einer ihrer Elternarten bezeichnet, wobei sich dabei gewöhnlicher Weise der Ploidiegrad nicht ändert. Solche Fälle von homoploiden Rückkreuzungen sind bei Farnpflanzen selten, aber für einige Baumfarne aus der Familie der *Cyatheaceae* eindeutig belegt (CONANT & COOPER-DRIVER 1980, CONANT 1990). Weitaus häufiger sind hingegen "sekundäre" Rückkreuzungen, die dann zu Stande kommen, wenn eine diploide und eine allotetraploide Art, an deren Entstehung erstere beteiligt war, hybridisieren. In der heimischen Farnflora sind so entstandene triploide Rückkreuzungen vor allem in den Gattungen *Asplenium*, *Dryopteris* und *Polystichum* bekannt. Eine in Deutschland zerstreut vorkommende triploide Rückkreuzung ist *Dryopteris xambroseae* (Genomformel EEI), welche aus der diploiden *D. expansa* (EE) und der allo-

tetraploiden *D. dilatata* (EElI, wobei I für *D. intermedia* steht, eine diploide, nordamerikanisch-makaronesisch verbreitete Sippe) hervorgegangen ist. Solche triploiden Rückkreuzungen werden durchweg als Nothospezies bewertet und entsprechend benannt.

Sollten in der Natur aus *E. ×moorei* entstandene allotetraploide Sporophyten (HHRR) existieren, würden diese Pflanzen als eigenständige Art bewertet und *E. ×ascendens* als Nothospezies akzeptiert. Zwar sind solche tetraploiden Sporophyten bisher nicht gefunden worden, aber ihre Existenz ist keineswegs ausgeschlossen, da sie makromorphologisch von der diploiden Hybride (*E. ×moorei*) nicht zu unterscheiden wären.

Wahrscheinlicher ist jedoch, dass alle drei bisher bekannten triploiden *Equisetum*-Hybriden, wie beschrieben, unter Beteiligung von unreduzierten Sporen (Diplosporen) entstanden sind, aus denen diploide Gametophyten hervorgehen, welche sich mit haploiden Gametophyten einer diploiden Art kreuzen. Da bei den Farnpflanzen die Gametophyten eine eigenständige Generation darstellen (wenn auch meist nur von begrenzter Lebensdauer), kann argumentiert werden, dass zumindest auf gametophytischer Stufe ein "verdoppeltes" *E. ×moorei* bereits existiert! Es wäre durchaus zulässig, ein solches diploides Prothallium in der Natur zu sammeln und als neue Art zu beschreiben. Bei einzelnen Hautfarn- (*Trichomanes*, *Hymenophyllum*) und *Vittaria*-Sippen sind Gametophyten bekannt, welche keine Sporophyten (mehr?) ausbilden und keiner anderen Art (mit sporophytischer Generation) zugeordnet werden können. Sie sind als eigene Arten gültig beschrieben worden (RAINE & al. 1991, FARRAR & MICKEL 1991, FARRAR 1992). Damit erscheint es mehr als fragwürdig, ob die im Code vorgeschriebene Regel auf solche Fälle triploider Rückkreuzungen sinnvoll angewandt werden kann. Ein verwendbarer Name für die von *E. ×moorei* abgeleiteten diploiden Prothallien existiert bisher nicht, und die in der Publikation von LUBIENSKI & al. (2010) angegebene Hybridformel gibt lediglich den mikroevolutionären Verlauf wieder, wobei um die ersten beiden Glieder (*E. hyemale* × *E. ramosissimum*) eine Klammer gesetzt werden könnte.

Die Bemerkungen von BUTTLER & HAND (2011) mögen den formalen Regeln des Codes entsprechen, stellen aber dessen Sinnhaftigkeit (was die Nomenklatur von Hybriden anbelangt) noch mehr in Frage. Im Übrigen bleibt unklar, welches Artkonzept BUTTLER & HAND (2008 & 2011) zu Grunde legen, wenn *E. ×moorei* und einer (eher willkürlich erscheinenden) Auswahl von *Equisetum*-Hybriden durch Weglassen des Bastardzeichens Artrang zugebilligt wird. Dies ist jedenfalls ein bei Farnkundlern völlig unübliches Vorgehen, wenn man von vereinzelt Ausnahmen aus dem 19. Jahrhundert (als die Existenz von Farnhybriden noch umstritten war) absieht. Vermutlich wird dieses Vorgehen damit begründet, dass die Bastarde ja eigenständige Areale ausbilden würden. Die Möglichkeit, dass sie an Stellen überlebt haben könnten, an denen früher auch die Eltern vorkamen und die Hybride sympatrisch und de-novo entstanden ist, wird dabei übersehen.

**Tab. 2:** Merkmalstabelle aller in Nordrhein-Westfalen vorkommenden Schachtelhalm-Sippen der Untergattung *Hippochaete*.

	<i>E. hyemale</i> (Abb. 3)	<i>E. ×ascendens</i> (Abb. 4)	<i>E. ×moorei</i> (Abb. 5)	<i>E. ramosissimum</i> (Abb. 6)
<b>Genomformel</b>	HH	HHR	HR	RR
<b>Größe und Wuchsform</b>	Pflanzen groß, selten 1 m überschreitend; gerade aufrecht	Pflanzen sehr groß, 1,70-2,10 m erreichend; aufrecht, später oft niederliegend	Pflanzen groß, selten 1,20 m überschreitend; aufrecht, später oft niederliegend	Pflanzen gewöhnlich groß, bis zu 1,70 m; aufrecht, später oft niederliegend
<b>Sprossfarbe</b>	dunkel blaugrün, junge Sprosse manchmal rötlich überlaufen	dunkel blaugrün, junge Sprosse manchmal rötlich überlaufen	hell blaugrün, junge Sprosse gelblich grün	hell gelblich grün bis hell graugrün

	<i>E. hyemale</i> (Abb. 3)	<i>E. xascendens</i> (Abb. 4)	<i>E. xmoorei</i> (Abb. 5)	<i>E. ramosissimum</i> (Abb. 6)
<b>Phänologie der Pflanzen</b>	vollständig überwinternd	vollständig überwinternd	meist nicht vollständig überwinternd, die obersten Sprossabschnitte absterbend	in Mitteleuropa nicht überwinternd
<b>Verzweigungsmuster der Sprosse</b>	selten mit Seitenästen, nur bei verletzter Sprossspitze	meist ohne Seitenäste im 1. Jahr, unregelmäßig verzweigt im 2. Jahr, manchmal mit Seitenästen 2. Ordnung	bereits im 1. Jahr meistens mit +/- regelmäßig-quirlständigen Seitenästen, manchmal ohne Seitenäste	regelmäßig mit quirlständigen Seitenästen
<b>Blattscheide (Längen-Breiten-Verhältnis)</b>	gleich lang wie breit <u>oder</u> länger als breit	länger als breit	länger als breit	deutlich länger als breit (bis zu 2 mal)
<b>Blattscheide (oberer Rand)</b>	schwarzer Knorpelwulst am oberen Rand der Scheide deutlich	schwarzer Knorpelwulst am oberen Rand der Scheide meistens deutlich	schwarzer Knorpelwulst am oberen Rand der Scheide meistens undeutlich	schwarzer Knorpelwulst am oberen Rand der Scheide fehlend
<b>Blattscheide (Färbung)</b>	schwarzer Saum 1/3 bis 1/2 der Scheide einnehmend <u>oder</u> manchmal die gesamte Scheide schwarz	schwarzer Saum 1/3 bis 1/2 der Scheide einnehmend <u>oder</u> manchmal die gesamte Scheide schwarz	schwarzer Saum 1/4 bis 1/3 der Scheide einnehmend	Scheiden meistens vollständig grün (junge Sprosse) oder vollständig hellgrau (ältere Sprosse) mit einem schmalen schwarzen Saum am Grund
<b>Blattscheide (Zähne)</b>	sich meist während des Längenwachstums ablösend und eine typische pagodenförmige Kappe auf der Sprossspitze bildend / lang, dunkelbraun, ohne weißen Hautrand / mit vereinzelt dornen- oder hakenförmigen Silikatauflagerungen, daher die Oberfläche leicht rau	an den obersten Scheiden junger Sprosse selten vorhanden oder sich während des Längenwachstums ablösend und eine typische pagodenförmige Kappe auf der Sprossspitze bildend / lang, dunkelbraun, ohne weißen Hautrand / mit glatter Oberfläche, selten mit vereinzelt dornen- oder hakenförmigen Silikatauflagerungen	an den obersten Scheiden junger Sprosse immer vorhanden, aber bald abfallend / lang, dunkelbraun, ohne weißen Hautrand / mit glatter Oberfläche	durchgängig bleibend, falls an den untersten Scheiden abgefallen, dann ihre Basis einen dunklen gekerbtgezähnten Rand bildend / variabel; hell, oft als farblose und gewellte Granne auf einer schwarzen, sehr kurzen, dreieckigen Basis, manchmal auch mit einem dünnen schwarzen Zentrum und einem sehr breiten weißen Hautrand / mit glatter Oberfläche
<b>Mikromorphologie der Sprossrippen</b>	ohne zu Querspangen zusammenfließende Silikathöcker	mit deutlichen oder undeutlichen zu Querspangen zusammenfließenden Silikathöckern	regelmäßig mit deutlichen zu Querspangen zusammenfließenden Silikathöckern	regelmäßig mit deutlichen zu Querspangen zusammenfließenden Silikathöckern
<b>Sporen</b>	gut ausgebildet (grün, rund, mit zwei Hapterenbändern), keimfähig	abortiert (farblos, unregelmäßig krümelig, ohne oder mit verkümmerten Hapteren)	abortiert (farblos, unregelmäßig krümelig, ohne oder mit verkümmerten Hapteren), gelegentlich mit großen, grün gefärbten Diplosporen	gut ausgebildet (grün, rund, mit zwei Hapterenbändern), keimfähig

### 3 Zur Identifizierung von *E. ×ascendens*

In Tab. 2 sind die Merkmale aller bisher aus Nordrhein-Westfalen bekannten Sippen der Untergattung *Hippochaete* zusammengestellt. Die nicht unbeträchtliche morphologische Variabilität, die bei allen Schachtelhalmen zu beobachten ist, kann eine sichere Abgrenzung bisweilen erschweren. Viele der genannten Merkmale sind lediglich Tendenzmerkmale, die erst in Kombination mit anderen Merkmalen zuverlässige Ergebnisse liefern.

*E. ×ascendens* erinnert habituell an ein großes *E. hyemale* mit verlängerten Blattscheiden und mehr oder weniger unregelmäßigen Seitenästen, mit welchen es sich oftmals als Spreizklimmer in der umgebenden Vegetation verankert (Abb. 1). Es kann aber auch in dichten Matten niederliegend beobachtet werden (Abb. 2).



Abb. 1: *E. ×ascendens* als Spreizklimmer, Wörth am Rhein, Rheinland-Pfalz (21.02.2009, M. LUBIENSKI).



Abb. 2: Niederliegende Wuchsform von *E. ×ascendens*, Fortmond, IJssel, OverIJssel, Niederlande (13.02.2011, M. LUBIENSKI).

Dieses Wuchsverhalten ist typisch und unterscheidet die Hybride sowohl von dem unverzweigten und steif aufrecht wachsenden *E. hyemale* als auch von dem oft regelmäßiger verzweigten, aber nicht vollständig überwinternden *E. ×moorei*.

Dennoch wurde *E. ×ascendens* in der Vergangenheit meist nicht als eine von *E. hyemale* verschiedene Sippe erkannt. Von diesem lässt es sich jedoch mikromorphologisch gut durch die abortierten Sporen und die zu kurzen Querspangen zusammenfließenden Silikathöcker auf den Sprossrippen unterscheiden. Auch hat *E. hyemale* tendenziell eher quadratische Blattscheiden (Länge der Blattscheide entspricht ungefähr der Breite des Sprosses) und bildet Seitenäste nur selten und unregelmäßig (v. a. nach Verletzung der Sprossspitze) aus (vgl. LUBIENSKI 2011).

Trotz des typischen Wuchsverhaltens von *E. ×ascendens* (siehe oben) ist die Unterscheidung der triploiden Hybride von *E. ×moorei* weitaus problematischer, da dieses ebenfalls abortierte Sporen, Querspangen auf den Sprossrippen, (meist regelmäßige) Seitenäste und längliche Blattscheiden hat. Hier muss auf Tendenzmerkmale wie Wuchshöhe, Sprossfarbe und Winterhärte sowie die graduell stärkere Ausprägung der Querspangen bei *E. ×moorei* zurückgegriffen werden. Damit ist aber auch klar, dass die sichere Ansprache im Gelände unter wechselnden ökologischen Bedingungen oftmals nicht möglich ist. Hier hilft oft nur die Beobachtung über einen längeren Zeitraum, möglichst unter Kulturbedingungen, oder der experimentelle Nachweis des Ploidiegrades.



Auf den Abb. 3 bis 6 sind die vier nordrhein-westfälischen Vertreter der Untergattung *Hippochaete* zusammengestellt. Das morphologische Spektrum lässt deutlich erkennen, dass in dieser Reihenfolge der Einfluss von *E. hyemale* abnimmt (Genomanteil 100% - 67% - 50% - 0%) und parallel dazu der Einfluss von *E. ramosissimum* zunimmt (Genomanteil 0% - 33% - 50% - 100%).



Abb. 3: *E. hyemale* (HH), Peddenöde, Ennepetal, NRW, (28.01.2011, M. LUBIENSKI).



Abb. 4: *E. xascendens* (HHR), Fortmond, IJssel, OverIJssel, Niederlande (13.02.2011, M. LUBIENSKI).



Abb. 5: *E. xmoorei* (HR), Rheinhafen Krefeld, NRW (02.08.2003, M. LUBIENSKI).



Abb. 6: *E. ramosissimum* (RR), Volmerswerth, Düsseldorf, NRW (15.07.2010, W. JÄGER).

#### 4 Die Vorkommen von *E. xascendens* in Nordrhein-Westfalen

Von *E. xascendens* sind bislang drei Vorkommen aus Nordrhein-Westfalen bekannt (Tab. 3, Abb. 7-9). Pflanzen von allen drei Vorkommen wurden mittels Flow-Cytometrie als triploid bestätigt.

Tab. 3: Vorkommen von *E. xascendens* in Nordrhein-Westfalen

Fundort	Längenausdehnung des Vorkommens	Höhe über NN	Kreis	MTB
Monre-Berg, südlich Kalkar, ehem. Bahndamm zum Leybach an der B 57	ca. 165 m	ca. 15 m	Kleve	4203/441
Bellinghover Meer, nordöstlich Mehr, Rees, beiderseits auf den bewaldeten Böschungen	ca. 300 m	ca. 15 m	Kleve und Wesel	4204/422 + 4204/424
Lange Renne, östlich Mehr, Rees, bewaldetes, steiles Ostufer	ca. 200 m	ca. 15 m	Wesel	4204/424

Das Bahndamm-Vorkommen am Monre-Berg bei Kalkar (Abb. 7) ist ein Sekundärstandort, wie er für viele Schachtelhalmvorkommen typisch ist. Die Pflanzen besiedeln hier ausschließlich den aufgeschütteten Dammkörper und finden sich nicht mehr im darüberliegenden Wald oder am unterhalb fließenden Leybach.

Solche sekundären Vorkommen an Bahndämmen gehen vermutlich auf Kiesaushub aus der Rheinaue zurück und sind somit gleichsam ein Hinweis auf ehemalige oder aktuelle Primär-vorkommen.



Abb. 7: Wuchsort von *E. xascendens* am Monre-Berg, Kalkar, NRW (16.01.2011, M. LUBIENSKI).



Abb. 8: Wuchsort von *E. xascendens* am Bellinghover Meer, Mehr (Stadt Rees), NRW (26.12.2009, M. LUBIENSKI)

Um ein solches ursprüngliches Vorkommen dürfte es sich bei dem Bestand an den bewaldeten Ufern des Bellinghover Meeres (Abb. 8), einem Altrheinarm, handeln. Während die standörtliche Situation hier noch an den Rest eines urwüchsigen und vormals größeren Auwaldvorkommens erinnert, trifft dies für das nur einen Kilometer südlich davon gelegene große Vorkommen an den bewaldeten Steilufern der Langen Renne (Abb. 9) kaum noch zu.



Abb. 9: Wuchsort von *E. xascendens* an der Langen Renne, Mehr (Stadt Rees), NRW (26.12.2009, M. LUBIENSKI).

Zwar wird auch die Lange Renne zumeist als Altrheinarm gedeutet, doch lassen der gerade, kanalartige Verlauf, der mit hohen Ufern die Mehrer Halbinsel vom Scheitelpunkt der Visseler Schlinge (Bislicher Ley) bis zur Sonsfelder Schlinge (Bellinghover Meer und Hagener Meer) durchschneidet und beide Altrheinarme miteinander verbindet, Zweifel daran aufkommen und eher an eine alte Kanalgrabung denken.

Plausibel erscheinende Theorien, die in der Langen Renne ein altes wassertechnisches Bauwerk aus der Römerzeit als Teil eines größeren römischen Kanalsystems zwischen Rhein und IJssel bzw. Nordsee (sogenannter Erster und Zweiter Drusus-Kanal, vgl. TEUNISSEN 1980, HUISMAN 1995) vermuten (vgl. [www.clades-variana.com/die\\_lange\\_renne.htm](http://www.clades-variana.com/die_lange_renne.htm)), sind jedoch nicht sicher belegt und daher spekulativ. Die Rekonstruktion möglicher wassertechnischer Bauwerke aus der Römerzeit ist aufgrund der dürftigen historischen Quellen sowie der wechselvollen geologischen Geschichte der verschiedenen Flussarme und Flussverläufe im Gebiet von Rhein und IJssel sehr schwierig (TEUNISSEN 1980). In jedem Fall dürfte selbst bei Zutreffen der "Kanaltheorie" für die Lange Renne der Ursprung der Pflanzen in der näheren Umgebung (vielleicht sogar im Bellinghover Meer selbst) zu suchen sein. Eine Ansiedlung durch Erd- oder Kiesaushub von weiter entfernt liegenden Vorkommen erscheint wenig wahrscheinlich.



## 5 Zur Verbreitung und Vergesellschaftung von *E. xascendens*

Wie der Verbreitungskarte bei LUBIENSKI & al. (2010) für Mitteleuropa zu entnehmen ist, zeigt die Verbreitung von *E. xascendens* eine Bindung an das Rheintal. Alle bekannten Vorkommen der Hybride liegen in unmittelbarer Nähe des Rheins oder nur wenige Kilometer vom Fluss entfernt. Lediglich ein Vorkommen liegt in ca. 18 km Luftlinie vom Rhein entfernt im Tal eines westlichen Zuflusses an einem Bahngleiskomplex (Lauter bei Wissembourg, Dépt. Bas-Rhin, Frankreich). In Nord-Süd-Richtung begleiten die Vorkommen von *E. xascendens* den Rhein über ca. 660 Flusskilometer. Verbreitungsschwerpunkt ist das Oberrheintal zwischen Basel und Mannheim. Außerhalb dieses Gebietes ist neben den hier beschriebenen nordrhein-westfälischen noch ein einzelnes Vorkommen bei Mainz bekannt. Die Vorkommen in NRW (Abb. 10) liegen aufgrund dieser Verbreitungslücke im Mittelrheingebiet daher weit außerhalb des Hauptareals.

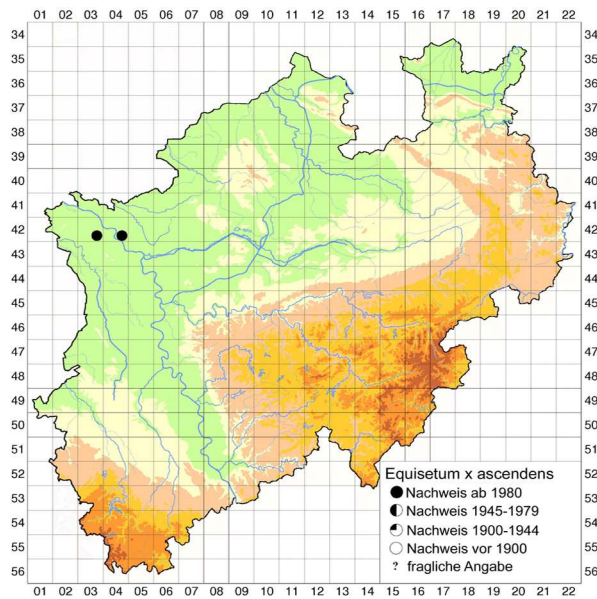


Abb. 10: Verbreitung von *E. xascendens* in NRW (Original erstellt mit FLOREIN/SUBAL 1994).

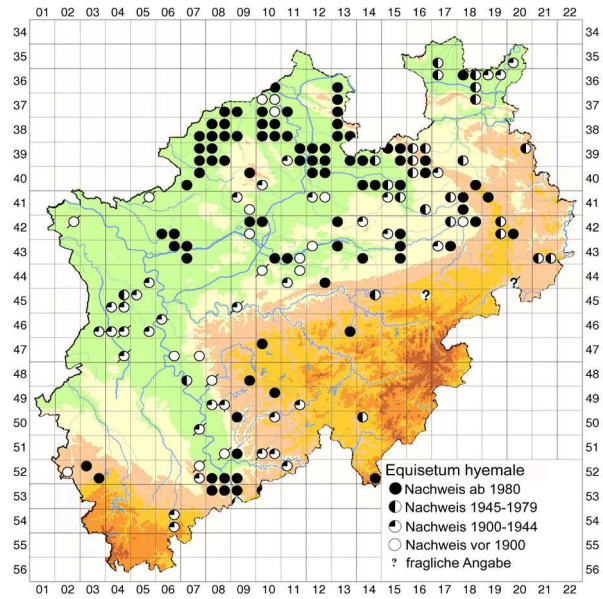


Abb. 11: Verbreitung von *E. hyemale* in NRW (Original erstellt mit FLOREIN/SUBAL 1994, nach HAEUPLER & al. 2003, überarbeitet).

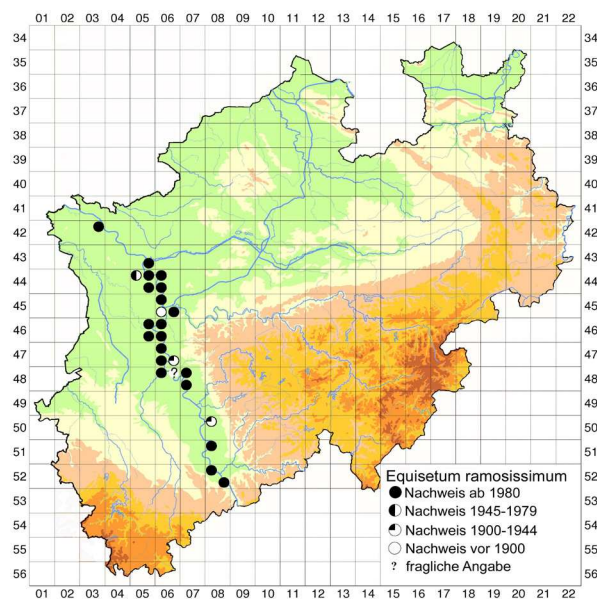


Abb. 12: Verbreitung von *E. ramosissimum* in NRW (Original erstellt mit FLOREIN/SUBAL 1994, nach HAEUPLER & al. 2003, überarbeitet).

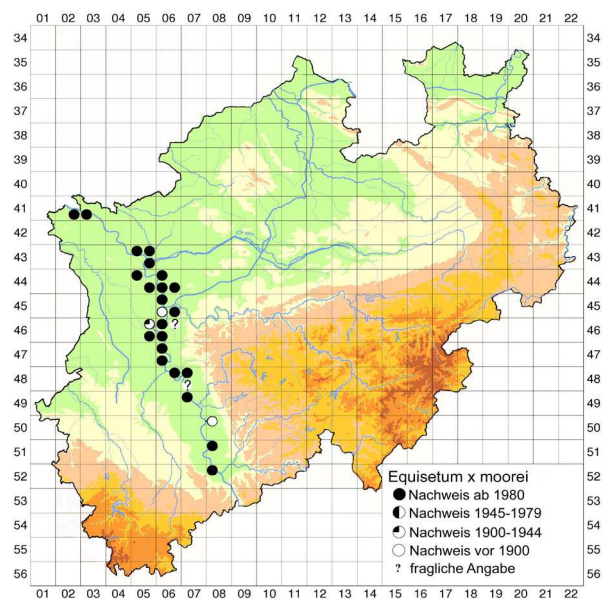


Abb. 13: Verbreitung von *E. xmoorei* in NRW (Original erstellt mit FLOREIN/SUBAL 1994, nach HAEUPLER & al. 2003, überarbeitet).



In jüngster Zeit konnten allerdings zwei Vorkommen in den Niederlanden nachgewiesen werden, die weit außerhalb des eigentlichen Rheintales an der IJssel und an einem Deich am Zwanne Meer im Mündungsgebiet eines IJssel-Abzweiges liegen (LUBIENSKI & DE WINTER in Vorb.). Obwohl die IJssel ursprünglich keine Verbindung zum Rhein hatte und mit der heutigen Oude IJssel und der im westfälischen Tiefland<sup>1</sup> entspringenden Issel ein autonomes Flusssystem darstellte, bildete sich nach neuesten Radiokarbondatierungen im frühen Mittelalter (ca. 950 n. Chr.) mit der Nieuwe oder Gelderse IJssel eine Verbindung mit dem Rhein (MAKASKE & al. 2008).

Heute fließen über diesen Weg ca. 15 % des Rheinwassers nach Norden in die Nordsee ab, weshalb die IJssel auch als Teil des Rheindeltas betrachtet werden muss. Somit liegen diese niederländischen Vorkommen von *E. ×ascendens* eigentlich im Mündungsbereich des Rheins, wodurch sich die Nord-Süd-Ausdehnung des Gesamtareals bis auf ca. 810 Flusskilometer erweitert.

*E. ×ascendens* ist am Oberrhein, ähnlich wie *E. hyemale*, ein charakteristisches Element der flussbegleitenden Wälder und findet sich weit seltener als andere Hybriden (*E. ×moorei*, *E. ×trachyodon*, *E. ×meridionale*, *E. ×geissertii*) an Sekundärstandorten (Ufer, Bahngleise, Kiesgruben). Daraus ließe sich ableiten, dass es sich bei dieser Hybride um eine alte Sippe handelt, deren Entstehung weit zurückliegt, und die schon seit sehr langer Zeit in den Auwäldern des Rheins vorkommt. Für diese Hypothese könnte auch die Häufigkeit der Hybride in diesem Gebiet sprechen. Die Präferenz für Waldstandorte würde auch die Verbreitungslücke im Gebiet des Mittelrheins erklären, da hier das Vorkommen von Auwaldkomplexen aufgrund der geologisch-topographischen Bedingungen (enges Flusstal) auch in der Vergangenheit nur begrenzt möglich gewesen sein dürfte und durch die heutige hohe Siedlungsdichte fast alle Fluss begleitenden Wälder vernichtet wurden. Erst im Gebiet der nordrhein-westfälischen Vorkommen am Niederrhein hat die Verbreitung des Rheintales in Verbindung mit der sich hier ausdünnenden Besiedlung dazu führen können, dass sich größere zusammenhängende Waldkomplexe in Rheinnähe, wenn auch nicht vergleichbar mit der Situation am Oberrhein, erhalten konnten (wie z. B. Diersfordter Wald und Flürener Heide in unmittelbarer Nachbarschaft der Vorkommen bei Mehr). Die heutige Verbreitung von *E. ×ascendens* könnte demnach das Ergebnis einer langen, in erster Linie nicht anthropogenen, vegetativen Ausbreitungsgeschichte entlang eines ausgedehnten Flusssystems sein. Da lange bekannt ist, dass alle Schachtelhalme über eine ausgeprägte Fähigkeit zu vegetativer Vermehrung über Spross- und Rhizombruchstücke verfügen, Vorkommen von Hybriden also nicht zwangsläufig an solche der Elternarten gebunden sind und erstere daher durchaus eigenständige Areale ausbilden können, erscheint eine solche Erklärung plausibel. Andererseits kann eine mehrfache und polytope Entstehung von *E. ×ascendens* innerhalb der heutigen Arealgrenzen durch de-novo-Hybridisierung nicht ausgeschlossen werden (s. o).

## 6 Diskussion

Mit *E. hyemale*, *E. ramosissimum*, *E. ×moorei* und *E. ×ascendens* sind nun vier Schachtelhalmsippen der Untergattung *Hippochaete* aus Nordrhein-Westfalen bekannt. Während *E. hyemale* und *E. ramosissimum* schon lange bekannt waren und unterschieden wurden, blieben Abstammung und Identität von *E. ×moorei* lange Zeit unklar. Pflanzen, die der Hybride zwischen *E. hyemale* und *E. ramosissimum* entsprechen, waren den Botanikern bereits im 19. und frühen 20. Jahrhundert unter verschiedensten Bezeichnungen geläufig (*E. intermedium*, *E. occidentale*, *E. samuelssonii*; vgl. KÜMMERLE 1931, SCHAFFNER 1931, HAUKE 1963), anders als *E. ×trachyodon*, das schon früh als eine eigenständige Sippe betrachtet wurde, blieb *E. ×moorei* jedoch weitgehend unbekannt und wurde lediglich als

<sup>1</sup> Es muss heißen: "im Niederrheinischen Tiefland entspringenden" (nachträgliche Korrektur vom 15.11.2011).

Varietät von *E. hyemale* geführt (*E. hyemale* var. *schleicheri* MILDE) und in den Florenwerken nicht verschlüsselt. Dass es sich bei *E. ×moorei* um eine diploide Hybride handelt, wurde erst von MANTON (1950) schlüssig bewiesen. Die Möglichkeit einer sicheren Unterscheidung der Hybride von ihren Elternarten anhand mikromorphologischer Merkmale wurde für den deutschen Raum erstmals überzeugend von BENNERT & BÖCKER (1991) dargelegt.

Mit der Florenkartierung seit Beginn der 1990er Jahre und dem Erscheinen des Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen (HAEUPLER & al. 2003) ist die Verbreitung der Schachtelhalme der Untergattung *Hippochaete* in Nordrhein-Westfalen grundsätzlich geklärt. Eigene Geländearbeiten und Herbarrevisionen (BONN, MSTR, ESS, jetzt MSTR, Herbarium des Fuhlrott-Museum Wuppertal, jetzt MSTR, KR, Privatherbarium E. FOERSTER, Kleve) in den letzten 20 Jahren ergaben zwar vereinzelt Neufunde und Hinweise auf Fehlbestimmungen (JÄGER & al. 1997, vgl. auch LESCHUS 1999) oder falsche Rasterfeldzuordnungen, bestätigten aber im Wesentlichen das bei HAEUPLER & al. (2003) publizierte Verbreitungsbild. Die hier abgebildeten Verbreitungskarten von *E. hyemale*, *E. ramosissimum* und *E. ×moorei* (Abb. 11-13) basieren auf dem im Rahmen der NRW-Kartierung kritisch bewerteten Datenmaterial, sind aber um eigene Daten ergänzt und überarbeitet worden.

Anscheinend fehlt *E. hyemale* dem Rheintal heute fast vollständig (Abb. 11). Den Autoren selbst sind keine aktuellen Vorkommen innerhalb der Rheinaue in NRW bekannt, und die Einschätzung von HAEUPLER & al. (2003), dass es sich bei den allermeisten Angaben der Art für dieses Gebiet (z. B. bei DÜLL & KUTZELNIGG 1987, QUITZOW & SCHRAETZ 1990) um Verwechslungen mit *E. ×moorei* handelt, wird durch eigene Herbarrevisionen sowie Untersuchungen an den Wuchsorten bestätigt. Bereits HOEPPNER (1910) vermutet, dass einige Angaben aus dem Rheintal auf Verwechslungen mit *E. ×moorei* oder sogar *E. ramosissimum* beruhen. Auch für den angrenzenden niederländischen Teil des Rheintales finden sich keine aktuellen Angaben von *E. hyemale*, und für ältere Angaben wurden Verwechslungen mit *E. ×moorei* nachgewiesen (TE LINDE & VAN DEN BERG 2003, DIRKSE & al. 2007). Diese Situation unterscheidet sich grundlegend von derjenigen am Oberrhein, wo die Art auch heute noch ein charakteristisches Florenelement der den Rhein begleitenden Wälder ist (vgl. PHILIPPI 1993). Es ist anzunehmen, dass *E. hyemale* auch am Niederrhein einstmals mit vergleichbarer Häufigkeit entlang des Flusses zu finden war und dass das heutige Fehlen mit der im Neolithikum (vor ca. 6500 Jahren) einsetzenden Vernichtung der Auwälder in Verbindung zu bringen ist. Am Niederrhein bestanden diese im Wesentlichen aus Eichen-Ulmenwald (*Quercus-Ulmetum minoris*) und Silberweidenwald (*Salicetum triandro-viminalis*, *Salicetum albo-fragilis*) bzw. Eichen-Hainbuchenwald (*Stellario holosteeae-Carpinetum betuli*) (VERBÜCHELN & VAN DE WEYER 2004, POTT 1992). *E. hyemale* besiedelt typischerweise schattige, frische, meist kalkreiche, basisch bis schwach saure Lehmböden am Rande von Auenwäldern und findet sich gerne an wasserzügigen Böschungen, aber auch auf angeschwemmten Sandböden an Bach- und Flussufern (vgl. PHILIPPI 1993, DOSTAL 1984). In Nordrhein-Westfalen liegen die Verbreitungsschwerpunkte heute im Westfälischen Tiefland und im Siebengebirge (HAEUPLER & al. 2003). Die den Vorkommen von *E. ×ascendens* nächstgelegenen aktuellen Wuchsorte von *E. hyemale* finden sich entlang der unteren Lippe und am Oberlauf der Issel, nicht weit oberhalb der Mündung in den Rhein bei Wesel. In diesem Mündungsgebiet an der Budericher Insel kommen heute zudem *E. ramosissimum* und *E. ×moorei* vor.

Die beiden letztgenannten Sippen zeigen ein nahezu deckungsgleiches Areal, das sich kontinuierlich dem Rhein folgend von Bonn bis Kleve erstreckt (Abb. 12 & 13) und sich in den Niederlanden fortsetzt (TE LINDE & VAN DEN BERG 2003, DIRKSE & al. 2007). Beide sind in den Naturräumen Niederrheinisches Tiefland und Niederrheinische Bucht mit annähernd gleicher Häufigkeit vertreten und kommen nicht selten miteinander vergesellschaftet vor. Sie besie-

deln dabei Rheinufer und Grünland in Flussnähe (Abb. 14), Rheinuferbefestigungen, Damm- und Deichanlagen, Hafen- und sich anschließendes Industriegelände sowie Gleisanlagen (vgl. QUITZOW & SCHRAETZ 1990) (Abb. 15). Vereinzelt dringen beide Sippen über Hafen- und Gleisanlagen bis in den innerstädtischen Siedlungsbereich vor (wie z. B. in Duisburg, Abb. 16 & 17).



Abb. 14: Rheinuferböschung mit *E. ramosissimum* und *E. xmoorei*, Lörick, Düsseldorf, NRW (15.07.2010, W. JÄGER).



Abb. 15: Bahngleise/Industriegelände mit *E. ramosissimum* und *E. xmoorei*, Rheinhafen Krefeld, NRW (15.07.2010, W. JÄGER).



Abb. 16: Innerstädtischer Wuchsort von *E. xmoorei* an der Kreuzung L 396 (Walsumer Straße) und B 8 (Weseler Straße), Marxloh/Fahrn, Duisburg, NRW (04.03.2011, M. LUBIENSKI).



Abb. 17: Innerstädtischer Wuchsort von *E. ramosissimum* an einem ehemaligen Hafenbecken im Innenhafen Duisburg, NRW (04.03.2011, M. LUBIENSKI).

Primäre Standorte von *E. ramosissimum* sind neben den sandig-kiesigen Ufern (LAVEN & THYSSEN 1959, vgl. auch HACHTEL & al. 1999) auch Halbtrockenrasen (BENNERT 1999, vgl. auch HOEPPNER 1910), womit die Art die größte Trockenresistenz unter den europäischen Schachtelhalmen besitzt. Aufgrund ihrer Vorliebe für sandige Böden (vgl. Abb. 18) wird sie sogar als obligater Psammophyt bezeichnet (DOSTAL 1984). Interessant ist in diesem Zusammenhang das mittlerweile wohl erloschene Vorkommen der Art in den Wisseler Dünen (Beleg vom 01.07.1964, Privatherbar E. FOERSTER, Kleve; siehe auch VAN DE WEYER 1996), dem größten noch erhaltenen Binnendünenkomplex in der unteren Rheinniederung.

Die Fähigkeit, trockenere Standorte zu besiedeln, hat offensichtlich auch die Hybride *E. xmoorei* geerbt, die ebenfalls eine gewisse Vorliebe für sandige Substrate entwickelt hat (Abb. 19) und sich z. B. im Ostseeraum nicht selten in Kiefernwäldern und auf Dünen findet (BENNERT & BÖCKER 1991).





Abb. 18: Vorkommen von *E. ramosissimum* auf abgeschobenem Sandboden, alter Rheinuferwall bei Eversael, NRW (04.09.2010, M. LUBIENSKI).



Abb. 19: Vorkommen von *E. xmoorei* in einer Sandabgrabung, bei Kartuzy, Kaszubskie, Pomorskie, Polen (17.07.1998, M. LUBIENSKI).

Im Unterschied zu anderen Regionen im Einflussbereich des Rheins, wie z. B. dem Ober- rheingebiet, fehlen in der Flora Nordrhein-Westfalens *E. variegatum* und sämtliche Hybriden unter Beteiligung dieser Art (*E. xtrachyodon*, *E. xmeridionale*, *E. xgeissertii* und *E. xalsaticum*). Allerdings kommen, wenn auch nicht in unmittelbarer Rheinnähe, *E. variegatum* (bei Doetinchem, Prov. Gelderland) und auch *E. xtrachyodon* (Asperen bei Leerdam, Prov. Utrecht) in den angrenzenden Niederlanden vor (TE LINDE & VAN DEN BERG 2003, DIRKSE & al. 2007, DE WINTER unveröffentlichte Daten).

Theoretisch könnten sieben unterschiedliche triploide *Hippochaete*-Hybriden in der Natur vorkommen (BENNERT & al. 2005). *E. xascendens*, als Kreuzung zwischen *E. hyemale* und *E. xmoorei*, ist eine von drei bisher nachgewiesenen Sippen (LUBIENSKI & BENNERT 2006, LUBIENSKI & al. 2010). Da in Nordrhein-Westfalen auch *E. ramosissimum* vorkommt, lohnt es sich, in diesem Gebiet nach der bislang unbekanntem triploiden Kreuzung zwischen dieser Art und *E. xmoorei* zu suchen. Eine solche Pflanze hätte die Genomformel HRR und entspräche einem *E. xmoorei* mit stärkerem Einfluss von *E. ramosissimum*. Sie wäre das im morphologischen Spektrum fehlende Bindeglied zwischen Abb. 5 & 6. Trotz mehrfacher Suche, ist es bisher nicht gelungen, diese Hybride in der Natur nachzuweisen (vgl. LUBIENSKI & al. 2010). Sie dürfte wegen der großen morphologischen Variabilität des diploiden *E. xmoorei* und der Existenz wintergrüner *E. ramosissimum*-Bestände, insbesondere im mediterranen Raum, nicht einfach zu erkennen sein.

## Literatur

- BENNERT, H. W. 1999: Die seltenen und gefährdeten Farnpflanzen Deutschlands. – Münster.
- BENNERT, H. W. & BÖCKER, R. 1991: Zur Verbreitung von *Equisetum* subgen. *Hippochaete* (*Equisetaceae*, *Pteridophyta*) in Berlin. – Verhandl. Botan. Ver. Berlin Brandenburg 124: 13-29.
- BENNERT, H. W., LUBIENSKI, M., KÖRNER, S. & STEINBERG, M. 2005: Triploidy in *Equisetum* subgenus *Hippochaete* (*Equisetaceae*, *Pteridophyta*). – Ann. Bot. 95: 807-815.
- BUTTLER, K. P. & HAND, R. 2008: Liste der Gefäßpflanzen Deutschlands. – Kochia, Beiheft 1: 1-107.
- BUTTLER, K. P. & HAND, R. 2011: Beiträge zur Fortschreibung der Florenliste Deutschlands (*Pteridophyta*, *Spermatophyta*). Vierte Folge. – Kochia 5: 83-91.
- CONANT, D. S. 1990: Observations on the reproductive biology of *Alsophila* species and hybrids (*Cyatheaceae*). – Ann. Missouri Bot. Gard. 77: 290-296.

- CONANT, D. S. & COOPER-DRIVER, G. 1980: Autogamous allohomoploidy in *Alsophila* and *Nephelea* (*Cyatheaceae*): A new hypothesis for speciation in homoploid homosporous ferns. – *Amer. J. Bot.* 67: 1269-1288.
- DIRKSE, G. M., HOCHSTENBACH, S. M. H. & REIJERSE, A. I. 2007: Flora van Nijmegen en Kleef 1800-2006. Flora von Nimwegen und Kleve 1800-2006. – Het Zevendal.
- DOSTÁL, J. 1984: *Equisetaceae*. In: HEGI, G. (Hrsg.), *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Band I. Teil 1. *Pteridophyta*. 3. Aufl. – Berlin, Hamburg: 54-79.
- DUBOIS-TYLSKI, T. & GIRERD, B. 1986: Étude comparative de quelques *Equisetum* du sous-genre *Hippochaete*. – *Bull. Soc. Bot. Fr.* 133: 125-135.
- DÜLL, R. & KUTZELNIGG, H. 1987: Punktkartenflora von Duisburg und Umgebung. 2. Aufl. – Rheurdt.
- DUVAL-JOUE, J. 1864: Histoire naturelle des *Equisetum* de France. – Paris.
- FARRAR, D. R. 1992: *Trichomanes intricatum*: The independent *Trichomanes* gametophyte in the eastern United States. – *Amer. Fern J.* 82: 68-74.
- FARRAR, D. R. & MICKEL, J. T. 1991: *Vittaria appalachiana*: A name for the "Appalachian gametophyte". – *Amer. Fern J.* 81: 69-75.
- HACHTEL, M., WEDDELING, K. & MÖSELER, B. M. 1999: Flora und Vegetation der Rheinufer bei Bonn. – *Decheniana* 152: 65-81.
- HAEUPLER, H., JAGEL, A. & SCHUMACHER, W. 2003: Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen in Nordrhein-Westfalen. Hrsg.: Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten NRW. – Recklinghausen.
- HAUFLER, C. H. 2008: Species and speciation. In: RANKER, T. A. & HAUFLER, C. H. (Hrsg.): *Biology and evolution of ferns and lycophytes*. – Cambridge: 303-331
- HAUKE, R. L. 1963: A taxonomic monograph of the genus *Equisetum* subgenus *Hippochaete*. *Beih. Nova Hedwigia* 8: 1-123.
- HESEMANN, J. 1978: *Geologie*. – Paderborn, München, Wien, Zürich.
- HÖPPNER, H. 1910: Zur Flora des Rheintales bei Düsseldorf. – *Sitzungsber. Naturhist. Vereins Preuss. Rheinl.* 1910: 10-22.
- HROUDA, L. & KRAHULEC, F. 1982: Taxonomická a ekologická analýza společného výskytu druhu rodu *Hippochaete* (*Equisetaceae*) a jejich křížencu. [Taxonomic and ecological analysis of the occurrence of *Hippochaete* species and hybrids (*Equisetaceae*).] – *Preslia* 54: 19-43.
- HUISMAN, K. 1995: De Drususgrachten: een nieuwe hypothese. – *Westerheem* 44: 188–194.
- JÄGER, W., LEONHARDS, W. & WOIKE, S. 1997: Neue Angaben zur Pteridophyten-Flora des Bergischen Landes und angrenzender Gebiete. – *Jahresber. Naturwiss. Ver. Wuppertal* 50: 32-40.
- KRAHULEC, F., HROUDA, L. & KOVÁŘOVÁ, M. 1996: Production of gametophytes by *Hippochaete* (*Equisetaceae*) hybrids. – *Preslia* 67: 213-218.
- KÜMMERLE, J. B. 1931: Equiseten-Bastarde als verkannte Artformen. – *Mag. Bot. Lap.* 30: 146-160.
- LAVEN, L. & THYSSEN, P. 1959: Flora des Köln-Bonner Wandergebietetes (Gefäßkryptogamen und Phanerogamen). – *Decheniana* 112: 1-179.
- LESCHUS, H. 1999: Die Gefäßsporenpflanzen (*Pteridophyta*) im nördlichen Bergischen Land. – *Jber. naturwiss. Ver. Wuppertal* 52: 12-82.
- LUBIENSKI, M. 2010: A new hybrid horsetail *Equisetum ×lofotense* (*E. arvense* × *E. sylvaticum*, *Equisetaceae*) from Norway. – *Nord. J. Bot.* 28: 530-540.
- LUBIENSKI, M. 2011: Die Schachtelhalme (*Equisetaceae*, *Pteridophyta*) der Flora Deutschlands - ein aktualisierter Bestimmungsschlüssel. – *Jahrb. Bochumer Bot. Ver.* 2: 68-86.
- LUBIENSKI, M. & BENNERT, H. W. 2006: *Equisetum ×alsaticum* (*Equisetaceae*, *Pteridophyta*) in Mitteleuropa. – *Carolinea* 64: 107-118.
- LUBIENSKI, M., BENNERT H. W. & KÖRNER, S. 2010: Two new triploid hybrids in *Equisetum* subgenus *Hippochaete* for Central Europe and notes on the taxonomic value of "*Equisetum trachyodon* forma *Fuchsii*" (*Equisetaceae*, *Pteridophyta*) – *Nova Hedwigia* 90: 321-341.
- MAKASKE, B., MAAS, G. J. & SMEERDIJK D. G. 2008: The age and origin of the Gelderse IJssel. – *Netherlands Journal of Geosciences – Geologie en Mijnbouw* 87: 323-337.
- MANTON, I. 1950: *Problems of cytology and evolution in the Pteridophyta*. – Cambridge.
- MCNEILL, J., BARRIE, F. R., BURDET, H. M., DEMOULIN, V., HAWKSWORTH, D. L., MARHOLD, K., NICOLSON, D. H., PRADO, J., SILVA, P. C., SKOG, J. E., WIERSEMA J. H. & TURLAND, N. J. 2006: *International Code of Botanical Nomenclature (Vienna Code)*. – *Regnum Veg.* 146: 1-568.
- PAGE, C. N. & BARKER, M. 1985: Ecology and geography of hybridization in British and Irish horsetails. – *Proc. Roy. Soc. Edinb.* 86b: 265-272.
- PHILIPPI, G. 1993: *Equisetaceae*. In: SEBALD, O., SEYBOLD, S. & PHILIPPI, G. (Hrsg): *Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs*. Band 1, 2. Aufl. – Stuttgart: Ulmer: 79-98.
- POTT, R. 1992: *Die Pflanzengesellschaften Deutschlands*. – Stuttgart.

- QUITZOW, H. W. & SCHRAETZ, E. 1990: Die Pflanzenwelt einer Industriebrache am Krefelder Rheinhafen. – Natur am Niederrhein (N. F.) 5: 3-14.
- RAINE, C. A., FARRAR, D. R. & SHEFFIELD, E. 1991: A new *Hymenophyllum* species in the Appalachians represented by independent gametophyte colonies. – Amer. Fern J. 81: 109-118.
- SCHAFFNER, J. H. 1931: Studies of *Equiseta* in European herbaria. – Amer. Fern J. 21: 90-102.
- STEWART, W. N. & ROTHWELL, G. W. 1993: Paleobotany and the evolution of plants. 2. ed. – Cambridge.
- SUBAL, W. 1994: FLOREIN, ein PC-Programm für floristische Kartierungen. – Florist. Rundbr. 28(2): 95-105.
- TAYLOR, T. N., TAYLOR, E. L. & KRINGS, M. 2009: Paleobotany. The biology and evolution of fossil plants. 2. ed. – Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo.
- TE LINDE, B. & VAN DEN BERG, L.-J. 2003: Atlas van de Flora van Oost-Gelderland. – Ruurlo.
- TEUNISSEN, D. 1980: Enkele gebeurtenissen uit het leven van de Romeinse veldheer Drusus in het licht van enige nieuwe geologische gegevens uit oostelijk Gelderland. – Westerheem 29: 321-334.
- VAN DE WEYER, K. 1996: Die Vegetation des Naturschutzgebietes Wisseler Dünen (Niederrhein, Nordrhein-Westfalen). – Decheniana 149: 5-20.
- VERBÜCHELN, G. & VAN DE WEYER, K. 2004: Faszination Niederrhein. Mit allen Sinnen Natur erleben. Landschaften, Pflanzen und Tiere, Wanderungen, Kochen mit Kräutern. 2. Aufl. – Duisburg.

## Danksagung

Für Fundangaben danken wir W. BÄHR (Meerbusch), H. J. BESER (Meerbusch), C. BUCH (Mülheim), A. DAMSCHEN (Wesel), N. GRIMBACH (Dormagen), M. HACHTEL (Bonn), W. ITJESHORST (Wesel), P. KEIL (Oberhausen), D. KORNECK (Wachtberg), S. KRAUSE (Bonn), H. KUTZELNIGG (Essen), W. LEONHARDS †(Haan), A. SARAZIN (Essen), U. SCHMITZ (Düsseldorf), K. VAN DE WEYER (Nettetal), S. WOIKE (Haan).

W. DE WINTER (Wageningen, NL) half mit Literatur und Angaben zur Verbreitung der *Hippochaete*-Sippen in den Niederlanden, A. JAGEL (Bochum) mit der Bereitstellung der publizierten Verbreitungsdaten aus der NRW-Kartierung, mit Unterstützung bei der Erstellung der Verbreitungskarten sowie mit zahlreichen kritischen und hilfreichen Anmerkungen zum Manuskript. E. FOERSTER (Kleve) beschrieb uns neben anderen Fundorten auch das Vorkommen von *E. xascendens* in Kalkar und stellte uns sein Privatherbarium zur Verfügung. Allen Dreien sei hierfür herzlichst gedankt.

Die Kustodinnen und Kustoden der Herbarien BONN, ESS, Fuhlrott-Museum Wuppertal, MSTR und KR ermöglichten uns dankenswerterweise die Revision zahlreicher Herbarbelege.

## Anschrift der Autoren

MARCUS LUBIENSKI, Am Quambusch 25, 58135 Hagen, m.lubienski@gmx.de

WOLFGANG JÄGER, Finkenweg 45, 42489 Wülfrath, wr.jaeger@t-online.de

H. WILFRIED BENNERT, Plessenweg 28, 58256 Ennepetal, wilfried.bennert@ruhr-uni-bochum.de