

Die Schachtelhalme (*Equisetaceae*, *Pteridophyta*) der Flora Deutschlands – ein aktualisierter Bestimmungsschlüssel

MARCUS LUBIENSKI

Zusammenfassung

Es wird ein völlig neu konzipierter Bestimmungsschlüssel für alle in Deutschland vorkommenden Schachtelhalm-Sippen vorgelegt, der sowohl Erstdnachweise von zwei interspezifischen diploiden Hybriden als auch drei erst in jüngerer Zeit bekannt gewordene triploide Taxa berücksichtigt. Mit enthalten ist auch eine umfangreiche fotografische Dokumentation der Sprossmorphologie aller behandelten Sippen sowie eine bebilderte Kurzdarstellung von makro- und mikromorphologischen Merkmalen, welche für die Bestimmung relevant sind.

Abstract

An updated key to the Horsetails (*Equisetaceae*, *Pteridophyta*) of the Flora of Germany.

A completely new developed identification key for all German horsetail taxa is presented, which includes new additions of two interspecific diploid hybrids as well as three triploid hybrids only recognized recently. It also contains a comprehensive photo documentation of shoot morphology for all taxa treated and an illustrated brief description of macro- and micromorphological characters relevant to determination.

1 Einleitung

Die Schachtelhalme (*Equisetaceae*) gehören mit zu den ältesten Vertretern heute lebender Gefäßpflanzen; die Familie ist jedoch nur noch mit einer rezenten Gattung, *Equisetum*, vertreten. Auf der Basis der umfassenden Monographien beider Untergattungen, *Equisetum* und *Hippochaete*, von HAUKE (1963 & 1978) lassen sich heute weltweit 15 Arten unterscheiden (vgl. LUBIENSKI 2010a), wovon 9 Arten Bestandteil der Flora Deutschlands sind. Innerhalb der zum Teil sehr großen Areale einiger Arten (insbesondere in der Untergattung *Hippochaete*) lassen sich beträchtliche morphologische Spannbreiten beobachten, die mit der derzeitigen Unterscheidung einiger weniger Unterarten (z. B. bei *E. hyemale* L., *E. variegatum* SCHLEICH. ex WEBER & D. MOHR, *E. ramosissimum* DESF., aber auch bei *E. telmateia* EHRH. und *E. arvense* L.) nur unzureichend abgebildet sind.

Die Trennung der Gattung in die zwei Untergattungen *Equisetum* und *Hippochaete* hat sich zwar in der modernen botanischen Systematik durchgesetzt, ist aber zu Recht umstritten. Beide Untergattungen wurden immer wieder auch als eigenständige Gattungen eingestuft (BÖRNER 1912, FARWELL 1916 & 1917, ROTHMALER 1951, HOLUB 1972, FUCHS-ECKERT 1980, HROUDA & KRAHULEC 1982, KRAHULEC & al. 1996). Bereits die Tatsache, dass Hybridisierungsereignisse ausschließlich innerhalb einer Untergattung beobachtet wurden und intersubgenerische Hybriden auch im Experiment nicht erzeugt werden konnten (DUCKETT 1979b), ließe sich als Argument, zwei getrennte Schachtelhalmgattungen zu unterscheiden, verwenden. Es existieren aber auch deutliche genetische (Kern-DNA-Gehalte, vgl. BENNERT & al. 2005), morphologische und phänologische Unterschiede zwischen den Sporophyten beider Untergattungen und sogar in der Gametophyten-Morphologie (vgl. DUCKETT 1973 & 1979a), die eine Trennung auf Gattungsniveau rechtfertigen; ein Teil dieser Merkmalsdifferenzen war bereits MILDE (1865) aufgefallen.

In der Untergattung *Equisetum* wurden in neuerer Zeit zusätzlich zu dem lange bekannten *E. ×litorale* KÜHLEW. ex RUPR. (*E. arvense* × *E. fluviatile* L.) und *E. ×mildeanum* ROTHM. (*E. pratense* EHRH. × *E. sylvaticum* L., ROTHMALER 1951) weitere Hybriden erkannt, die im Gebiet der deutschen Flora vorkommen: *E. ×dycei* C. N. PAGE (*E. fluviatile* × *E. palustre* L., BENNERT & PETERS 1986) und *E. ×font-queri* ROTHM. (*E. palustre* × *E. telmateia*, ZABEL 1863, MILDE 1864, LUBIENSKI & al. 2000 & 2004).

Wie von LUBIENSKI & al. (2004) ausführlich dargelegt, wurden die Vorkommen von *E. ×fontqueri* auf der Insel Rügen bereits von ZABEL (1863) richtig gedeutet, von MILDE (1864), der damals zu Recht als Autorität auf dem Gebiet der Schachtelhalme galt, aber wieder als var. *fallax* zu *E. palustre* gestellt, wodurch sie 150 Jahre in Vergessenheit gerieten.

Die in deutschen Florenwerken gelegentlich zu findende Angabe von *E. ×torgesianum* ROTHM. (gedeutet als *E. arvense* × *E. palustre*) bezieht sich auf ROTHMALER (1951), der diesen Namen auf der Basis von Belegen aus Thüringen begründete. Alle hierzu gehörenden Belege in Jena (JE) sind nach eigenen Untersuchungen *E. palustre*, was auch PAGE (1973) bereits richtig anmerkt. Daher ist der Name *E. ×torgesianum* ein jüngeres Synonym von *E. palustre*, welcher nicht für die Hybride (*E. arvense* × *E. palustre*) verwendet werden kann. PAGE (1973) selbst beschreibt diese Hybride von der Isle of Skye in Schottland als *E. ×rothmaleri* C. N. PAGE, wo sie noch heute existiert. Es handelt sich um eine sehr seltene Hybride, die sich trotz des häufigen gemeinsamen Vorkommens der Elternarten offenbar nur sehr schwer bildet. Sie ist morphologisch nur schwer von den Elternarten zu unterscheiden. Angaben für Deutschland, so z. B. bei FUKAREK & HENKER (2006) für Mecklenburg-Vorpommern, sind daher zweifelhaft (vgl. LUBIENSKI 2010a) und die Hybride für das deutsche Florengebiet vorerst zu streichen.

Die Situation in der Untergattung *Hippochaete* ist insofern bemerkenswert, als hier neben den drei länger bekannten diploiden Hybriden *E. ×trachyodon* (A. BR.) W. D. J. KOCH (*E. hyemale* × *E. variegatum*), *E. ×moorei* NEWMAN (*E. hyemale* × *E. ramosissimum*) und *E. ×meridionale* (MILDE) CHIOV. (*E. ramosissimum* × *E. variegatum*) drei weitere hybridogene Sippen existieren:

- ***Equisetum ×alsaticum* (H. P. FUCHS & GEISSERT) G. PHILIPPI**
(*E. hyemale* × *E. variegatum* × *E. hyemale*)
- ***Equisetum ×ascendens* LUBIENSKI & BENNERT**
(*E. hyemale* × *E. ramosissimum* × *E. hyemale*)
- ***Equisetum ×geissertii* LUBIENSKI & BENNERT**
(*E. hyemale* × *E. ramosissimum* × *E. variegatum*).

BENNERT & al. (2005) konnten nachweisen, dass es sich hierbei um triploide Hybriden handelt. Sie diskutieren ausführlich deren mögliche Entstehungswege (siehe auch LUBIENSKI & BENNERT 2006, LUBIENSKI & al. 2010). Die Deutung der triploiden Pflanzen als Kreuzungen zwischen einer diploiden Primärhybride und einer Elternart bzw. einer nicht verwandten dritten Art erscheint vor dem Hintergrund, dass unreduzierte und offensichtlich keimfähige Diplosporen wiederholt bei *Hippochaete*-Hybriden nachgewiesen (HROUDA & KRAHULEC 1982, PAGE & BARKER 1985, DUBOIS-TYLSKI & GIRERD 1986, KRAHULEC & al. 1996; siehe auch DUVAL-JOUVE 1864) und auch selber beobachtet wurden, als am wahrscheinlichsten.

Die weite Verbreitung einiger *Equisetum*-Hybriden (z. B. *E. ×litorale*, *E. ×moorei*) ist vermutlich vor allem auf die ausgeprägte Fähigkeit der *Equisetaceae* zu vegetativem Wachstum und Vermehrung durch Rhizome zurück zu führen. Dies dürfte auch für das Überdauern an Orten gelten, an denen eine oder beide Elternarten nicht mehr vorkommen oder die weit außerhalb der aktuellen Areale der Eltern liegen (z. B. *E. ×moorei* in Irland [MANTON 1950, PRAEGER 1951, PAGE 1997] und im Baltikum [EKLUND 1929, LAASIMER & al. 1993, ØLLGAARD & TIND 1993, ØLLGAARD 2000, LUBIENSKI eigene Beob.] sowie *E. ×meridionale* in Wales [ANONYMOUS 2003, LUBIENSKI & al. 2010]).

Hybridklone können mit Hilfe ihres unterirdischen Rhizomsystems in einem Gebiet theoretisch sehr lange existieren und sich vom Ort ihrer Entstehung über Fragmentierung

und Transport von Rhizomteilen ausbreiten (HUSBY 2009) und sehr große Bestände bilden. So sind die Vorkommen von *E. ×font-queri* auf der Insel Rügen seit mindestens 150 Jahren bekannt (s. o.), dürften aber deutlich älter sein. Das Alter von Hybrid-Klonen, die sich über sehr große Gebiete erstrecken, wie z. B. von *E. ×font-queri* auf der Isle of Skye in Schottland (nach eigenen Beobachtungen ca. 8 km entlang einer Straße und im angrenzenden Gelände, vgl. PAGE 1973) oder von *E. ×mildeanum* auf den Lofoten in Norwegen (ca. 45.000 m² an einem Berghang, LUBIENSKI 2009) lässt sich zwar nicht genau angeben, dürfte aber im Bereich von Jahrhunderten, wenn nicht gar Jahrtausenden liegen.

Eine vegetative Ausbreitung ist sogar über Bruchstücke der oberirdischen Sprosse möglich, da diese in Wasser oder mit Substrat bedeckt leicht Adventivwurzeln bilden (WAGNER & HAMMIT 1970). Die Verbreitung von *E. hemale*, aber wohl auch von *E. ×moorei* (vgl. DE WINTER 2007) in Europa könnte daher durchaus mit der Tatsache zusammenhängen, dass getrocknete Sprosse dieser Sippen vielfältig als Poliermaterial Verwendung fanden (DOSTÁL 1984, MCHAFFIE 1990) und Handelsgut innerhalb des Kontinents waren.

Grundsätzlich wäre eine allopatrische Hybriden-Bildung (ohne Elternarten) auch möglich, wenn Sporen zweier Arten sich (durch Windausbreitung) an einem entlegenen Ort treffen und dann eng benachbart Gametophyten ausbilden. Die sporophytische Generation einer oder sogar beider Elternarten würde dann fehlen. Allerdings ist diese Art der allopatrischen de-novo-Entstehung von Hybriden vermutlich die Ausnahme. Schachtelhalm-Sporen haben bereits bei ihrer Freisetzung einen hohen Wassergehalt und trocknen in der Luft schnell aus, wodurch sie ihre Keimfähigkeit verlieren. Durch ihre Hapteren werden sie nicht einzeln, sondern in Verbänden transportiert, was auf Grund des größeren Gewichtes ihre Flugfähigkeit und Reichweite mindern dürfte.

2 Hinweise zur Bestimmung

Zunächst muss eine Zuordnung zu einer der Untergattungen, *Equisetum* oder *Hippochaete*, erfolgen. Hierfür ist Tab. 1 zu verwenden, welche die wichtigsten Unterschiede zwischen den Untergattungen auflistet.

Tab. 1: Bestimmungstabelle für die Untergattungen der Gattung *Equisetum*.

Merkmal	Subgenus <i>Equisetum</i>	Subgenus <i>Hippochaete</i>
Lebensdauer der oberirdischen Sprosse (in Mitteleuropa)	einjährig	meist mehrjährig
Oberfläche der Sprosse	glatt oder wenig rau	meist sehr rau
Spitze des Sporophyllstandes (Strobilus)	stumpf	zugespitzt
Lage der Stomata auf den Internodien	nicht versenkt (in der Epidermis liegend)	versenkt (unter der Epidermis liegend)

Die Abbildungen 1 a & b zeigen einige für die Verwendung der Bestimmungsschlüssel der Untergattung *Equisetum* wichtige und häufig verwendete Termini.

Für die Bestimmung ist weiter wichtig zu entscheiden, ob eine Art oder Hybride vorliegt. Da alle *Equisetum*-Hybriden durch abortierte Sporen gekennzeichnet sind, lässt sich dieses bei fertilen Sprossen zumeist leicht (mikroskopisch) feststellen. Abortierte Sporen sind im Vergleich zu normal ausgebildeten Sporen unregelmäßig geformt, haben keine oder nur bruchstückartige Hapteren und sind chlorophyllfrei (Abb. 2 a & b). Liegen nur sterile Sprosse vor, ist jeweils Schlüssel C zu verwenden.



Abb. 1a: Morphologische Merkmale des Sprosses am Beispiel von *E. palustre*.

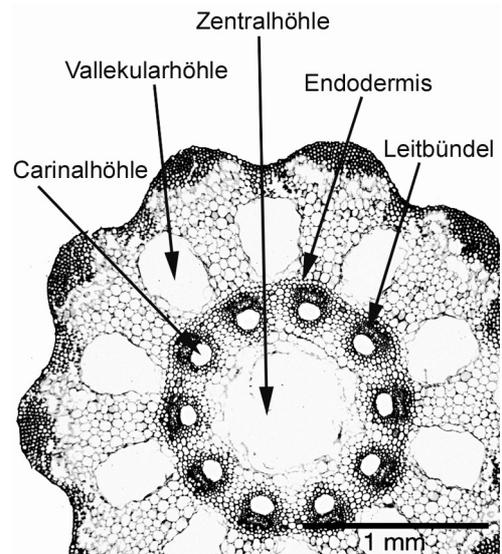


Abb. 1b: Anatomische Merkmale des Sprossquerschnittes am Beispiel von *E. arvense* (modifiziert nach LEVERMANN 1999).

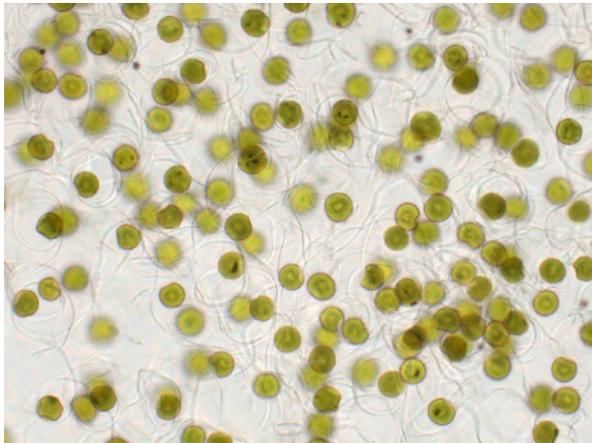


Abb. 2a: Normal ausgebildete Sporen von *E. pratense*.

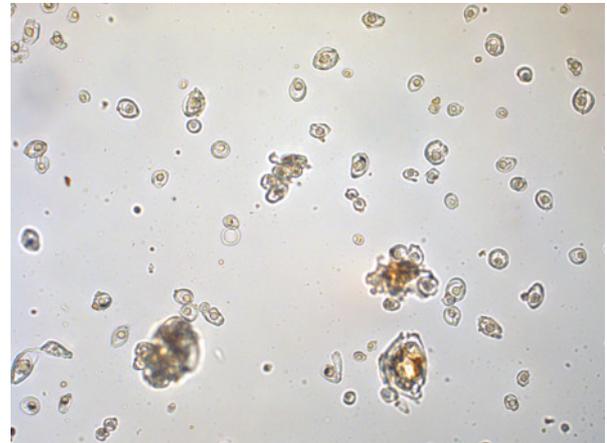


Abb. 2b: Abortierte Sporen von *E. xmeridionale*.

In der Untergattung *Hippochaete* ist die Mikromorphologie, so vor allem das Merkmal der zu Querspangen zusammenfließenden Silikathöcker auf den Rippen der Sprossinternodien bei *E. ramosissimum* und seinen Hybriden von großer diagnostischer Bedeutung (Abb. 3 a & b, vgl. auch REM-Abbildungen bei LUBIENSKI & al. 2010).



Abb. 3a: Sprossrippe von *E. xtrachyodon* mit zwei getrennten Reihen von Silikathöckern.

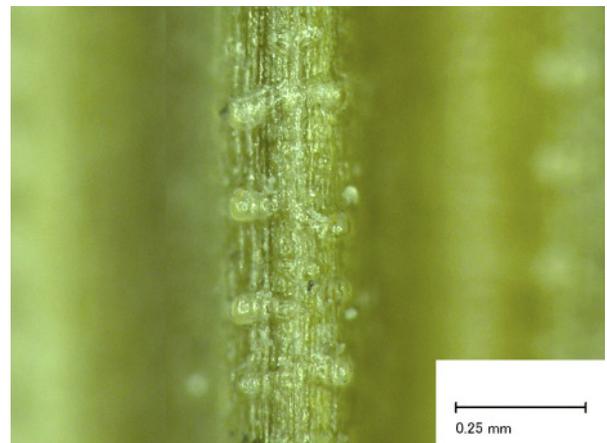


Abb. 3b: Sprossrippe von *E. xgeissertii* mit zu Querspangen zusammenfließenden Silikathöckern.



Abb. 4a: Blattscheide von *E. xtrachyodon*: Dornen- oder hakenförmige Silikatauflagerungen auf dem Rücken der Zähne (Pfeil) lassen diese rau erscheinen.

Abb. 4b: Blattscheide von *E. xgeissertii*: Dornen- oder hakenförmige Silikatauflagerungen auf dem Rücken der Zähne fehlen.

Zur Unterscheidung von *E. xtrachyodon* und *E. xgeissertii* im Gelände mit einer Handlupe ist die Beschaffenheit der Oberfläche der Zähne der Blattscheiden wichtig (Abb. 4 a & b).

Da alle *Equisetum*-Sippen eine charakteristische Blattscheidenmorphologie aufweisen und mit einiger Übung gut anhand dieser unterschieden werden können, werden alle Sippen des deutschen Florengbietes in den Abbildungen 5 bis 23 gegenübergestellt.

Auf Grund der starken morphologischen Plastizität sind unvollständig entwickelte Sprosse nicht bestimmbar. Dies gilt in verstärktem Maße für Pflanzen, die an stark gestörten Standorten (z. B. unter Tritt- oder Mahdbeeinflussung) oder unter ökologischen Extrembedingungen wachsen. Mit der Sprossgröße variieren auch alle absoluten numerischen Angaben (Anzahl der Rippen, Zähne, Seitenäste etc.). In zweifelhaften Fällen hilft nur die Beobachtung über einen längeren Zeitraum hinweg, am besten unter kontrollierten Kulturbedingungen.

In der Untergattung *Equisetum* erweisen sich insbesondere der Verzweigungsgrad der Sprosse (von astlos bis regelmäßig zweifach beästet) sowie das Erscheinungsbild der Strobili (Zeitpunkt, Anzahl und tragender Sprossabschnitt) als sehr variabel. Offensichtlich konstant sind die Merkmale der Sprossquerschnitte (Verhältnis von Zentral- zu Vallekkularhöhle, Rippenarchitektur), der Blattscheiden mit dazugehörigen Zähnen, die Querschnitte der Seitenastinternodien sowie die Mikromorphologie der Stomata (PAGE 1972, LEVERMANN 1999, SCHMIDT 2005, BRUNE 2006, LUBIENSKI 2010b).

In der Untergattung *Hippochaete* entsprechen unter gestörten Bedingungen die oberirdisch sichtbaren Sprossabschnitte morphologisch manchmal Seitenästen (bei *E. xascendens* manchmal sogar Seitenästen 2. Ordnung) und zeigen daher ein nicht typisches Merkmalsmuster. Auch erweist sich der Verzweigungsgrad der Sprosse als sehr variabel, verstärkt durch die Tendenz der ausdauernden Sprosse, nach Verletzung oder Absterben der Sprossspitze zusätzliche Seitenäste zu bilden. Stabil scheinen vor allem die mikromorphologischen Merkmale (Muster der Silikatauflagerungen der Sprossoberfläche) zu sein, die mit ein wenig Erfahrung zuverlässig zu interpretieren sind.

3 Bestimmungsschlüssel der Arten und Hybriden der Untergattung *Equisetum*

- I Spross ohne Sporophyllstand (Strobilus) **Schlüssel C**
 I* Spross mit Sporophyllstand (Strobilus) II
 II Sporen normal entwickelt, d. h. grün, rund und mit zwei Hapterenbändern, daher im trockenen Zustand grünliche, watteartige Aggregate bildend **Schlüssel A**
 II* Sporen abortiert, d. h. farblos, unregelmäßig krümelig und oft ohne oder mit verkümmerten Hapteren, daher im trockenen Zustand als weißliches, krümeliges Material erkennbar **Schlüssel B**

Schlüssel A (Arten)

- 1 Sporophyllstandtragende Sprosse bräunlich bis weißlich, astlos oder nach der Sporenreife grüne Seitenäste entwickelnd, Sporenreife März bis April 2
 1* Sporophyllstandtragende Sprosse grün, astlos oder quirlästig mit zahlreichen Seitenästen, Sporenreife Mai bis August 5
 2 Sporophyllstandtragende Sprosse zum Zeitpunkt der Sporenreife im Querschnitt 15–20 mm und 15–40 cm hoch, Sporophyllstand 5–8 cm lang, nach der Sporenreife meist absterbend und nicht ergrünend, Blattscheiden mit bis zu 40 dunkelbraunen, langen, braun-hautrandigen und begranneten Zähnen ***E. telmateia***
Riesen-Schachtelhalm (Abb. 10)
 2* Sporophyllstandtragende Sprosse zum Zeitpunkt der Sporenreife im Querschnitt max. 10 mm und bis ca. 20 cm hoch, Sporophyllstand nur bis 4 cm lang, nach der Sporenreife absterbend oder ergrünend und Seitenäste bildend, Blattscheiden mit maximal 30 Zähnen 3
 3 Zähne der Blattscheiden in wenigen fuchsrot-bräunlichen, häutigen Lappen zusammenhängend, sporophyllstandtragende Sprosse nach der Sporenreife ergrünend, Seitenäste bildend und den gleichzeitig erscheinenden sterilen Sprossen ähnlich werdend, Rippen der Sprosse im Querschnitt abgeflacht und entlang der Kanten mit zwei Reihen länglicher Silikatstacheln (besonders im oberen Teil des Internodiums) ***E. sylvaticum***
Wald-Schachtelhalm (Abb. 9)
 3* Zähne der Blattscheiden einzeln und nicht in Lappen zusammenhängend 4
 4 Blattscheiden der sporophyllstandtragenden Sprosse hell-graugrün mit 15–20 feinen, schmal-länglichen, weiß- bis hellbraun-hautrandigen Zähnen, sporophyllstandtragende Sprosse nach der Sporenreife ergrünend, Seitenäste bildend und den gleichzeitig erscheinenden sterilen Sprossen ähnlich werdend, Rippen der Sprosse im Querschnitt zugespitzt bis rundlich, ohne Kanten und in der Mitte mit einer Reihe kurzer, rundlicher Silikathöcker ***E. pratense***
Wiesen-Schachtelhalm (Abb. 8)
 4* Blattscheiden der sporophyllstandtragenden Sprosse fleischfarben mit 10–12 kräftigen, kurz-stumpfspitzigen, braunen Zähnen, sporophyllstandtragende Sprosse nach der Sporenreife meist absterbend und nicht ergrünend, vor den sterilen Sprossen erscheinend ***E. arvense***
Acker-Schachtelhalm (Abb. 5)

- 5 Sprossoberfläche ungefurcht, Sprossquerschnitt mit sehr großer Zentralhöhle, ohne Vallekularhöhlen, Sprosse quirlästig oder astlos, im Querschnitt bis 10 mm, Zähne der Seitenäste nicht schwarzspitzig, Sporenreife Mai bis Juni..... ***E. fluviatile***
Teich-Schachtelhalm (Abb. 7)
- 5* Sprossoberfläche +/- gefurcht, Sprossquerschnitt mit kleiner Zentralhöhle (1/3 des Querschnittes), Vallekularhöhlen so groß wie die Zentralhöhle, Sprosse quirlästig, astlos nur in Ausnahmefällen, Zähne der Seitenäste schwarzspitzig, Sporenreife Mai bis August..... ***E. palustre***
Sumpf-Schachtelhalm (Abb. 6)

Schlüssel B (Hybriden)

- 1 Sprossquerschnitt mit jeweils einem eigenen Endodermisring um jedes Leitbündel, beim Aufbrechen des Sprosses kein weißlicher Gewebestrang erscheinend.....2
- 1* Sprossquerschnitt mit einer den gesamten Leitbündelkranz umgebenden Endodermis, beim Aufbrechen des Sprosses ein weißlicher Gewebestrang erscheinend3
- 2 Sprosse meist aufrecht und regelmäßig quirlästig, ohne peitschenartig verlängerte Spitze, 1. Seitenastinternodium im Verhältnis zur zugehörigen Blattscheide im unteren Sprossabschnitt +/- gleich lang und nach oben länger werdend (bis 2mal so lang), Ochreole meist hell gefärbt, Sporophyllstände oft fehlend, wenn vorhanden, dann ca. 2 cm lang, gelblich und an der Spitze grün-quirlästiger Sprosse, deren oberste 4–5 Knoten dann aber astlos sind, fertile Sprosse dadurch mit unsymmetrischem, sich nicht gleichmäßig in Richtung Sporophyllstand verjüngendem Erscheinungsbild, sporophyllstandtragende Sprosse auch anfänglich grün und astlos und sehr früh zusammen mit den quirlästigen sterilen Sprossen erscheinend
***E. xlitorale* (*E. arvense* x *E. fluviatile*)**
Ufer-Schachtelhalm (Abb. 11)
- 2* Sprosse meist niederliegend-gebogen und oft unregelmäßig quirlästig, mit peitschenartig verlängerter Spitze, Ochreole meist dunkel gefärbt, Sporophyllstände meist fehlend oder sehr klein (ca. 1 cm lang), dunkelfarbig.....
***E. xdycei* (*E. fluviatile* x *E. palustre*)**
Dyces Schachtelhalm (Abb. 12)
- 3 Pflanze groß, 30–100 cm, Sprosse oft weißlich-grünweißlich, meist regelmäßig quirlästig, Seitenäste nicht verzweigt, Blattscheiden mit langen, schwarzbraunen und immer einzeln stehenden Zähnen mit dünnem weißen Hautrand, Ochreole schwarz-dunkelbraun und nicht häutig erweitert, Sporophyllstände oft vorhanden, von sehr variabler Größe, an der Spitze quirlästiger, unregelmäßig beästeter oder astloser Sprosse..... ***E. xfont-queri* (*E. palustre* x *E. telmateia*)**
Font Quers Schachtelhalm (Abb. 13)
- 3* Pflanze klein, bis 15–35 cm, Sprosse hellgrün, regelmäßig quirlästig, meist mit Seitenästen zweiter Ordnung, Blattscheiden mit kurzen, dunkel- bis fuchsbraunen und z. T. zusammenhängenden Zähnen mit hellbraunem Hautrand, Ochreole schwach grün mit hell- bis fuchsbraunem, häutigem Rand, sporophyllstandtragende Sprosse wie bei den Eltern nach der Sporenreife ergrünend, Seitenäste bildend und den gleichzeitig erscheinenden sterilen Sprossen ähnlich werdend
***E. xmildeanum* (*E. pratense* x *E. sylvaticum*)**
Mildes Schachtelhalm (Abb. 14)

Schlüssel C (Arten und Hybriden)

- 1 Sprossquerschnitt mit jeweils einem eigenen Endodermisring um jedes Leitbündel, beim Aufbrechen des Sprosses kein weißlicher Gewebestrang erscheinend2
- 1* Sprossquerschnitt mit einer den gesamten Leitbündelkranz umgebenden Endodermis, beim Aufbrechen des Sprosses ein weißlicher Gewebestrang erscheinend 4
- 2 Sprossoberfläche ungefurcht, Sprossquerschnitt mit sehr großer Zentralhöhle ($\geq \frac{3}{4}$ des Gesamtdurchmessers), ohne Vallekularhöhlen, erstes Seitenastinternodium immer kürzer als die dazugehörige Blattscheide ***E. fluviatile***
Teich-Schachtelhalm (Abb. 7)
- 2* Sprossoberfläche +/- gefurcht, Sprossquerschnitt mit kleinerer Zentralhöhle ($< \frac{3}{4}$ des Gesamtdurchmessers), mit Vallekularhöhlen, erstes Seitenastinternodium höchstens an den untersten Knoten ein wenig kürzer, sonst +/- gleich lang wie oder länger als die dazugehörige Blattscheide3
- 3 Sprosse meist aufrecht und regelmäßig quirlästig, ohne peitschenartig verlängerte Spitze, 1. Seitenastinternodium im Verhältnis zur zugehörigen Blattscheide im unteren Sprossabschnitt +/- gleich lang und nach oben länger werdend (bis 2mal so lang), Ochreole meist hell gefärbt, Sporophyllstände oft fehlend, wenn vorhanden, dann ca. 2 cm lang, gelblich und an der Spitze grün-quirlästiger Sprosse, deren oberste 4–5 Knoten dann aber astlos sind, fertile Sprosse dadurch mit unsymmetrischem, sich nicht gleichmäßig in Richtung Sporophyllstand verjüngendem Erscheinungsbild, sporophyllstandtragende Sprosse auch anfänglich grün und astlos und sehr früh zusammen mit den quirlästigen sterilen Sprossen erscheinend..... ***E. xlitore* (*E. arvense* x *E. fluviatile*)**
Ufer-Schachtelhalm (Abb. 11)
- 3* Sprosse meist niederliegend-gebogen und oft unregelmäßig quirlästig, mit peitschenartig verlängerter Spitze, Ochreole meist dunkel gefärbt, Sporophyllstände meist fehlend oder sehr klein (ca. 1 cm lang), dunkelfarbig.....
..... ***E. xdycei* (*E. fluviatile* x *E. palustre*)**
Dyces Schachtelhalm (Abb. 12)
- 4 Sprosse regelmäßig mit Seitenästen zweiter Ordnung, Zähne der Seitenäste abspreizend, Zähne der Blattscheiden in wenigen fuchsrot-bräunlichen, häutigen Lappen zusammenhängend, Rippen der Sprosse im Querschnitt abgeflacht und entlang der Kanten mit zwei Reihen länglicher Silikatstacheln (besonders im oberen Teil des Internodiums)..... ***E. sylvaticum***
Wald-Schachtelhalm (Abb. 9)
- 4* Sprosse ohne Seitenäste zweiter Ordnung oder wenn, dann unregelmäßig, Zähne der Seitenäste abspreizend oder anliegend, Zähne der Blattscheiden nicht in Lappen zusammenhängend, höchstens vereinzelt zusammenhängend, Rippen der Sprosse im Querschnitt nicht abgeflacht und ohne lange Silikatstacheln, höchstens mit unregelmäßig rundlichen Silikathöckern.....5
- 5 Internodien mit abstehenden Kieselzähnen besetzt, Spross sich daher rau anführend, Seitenäste sehr zart, im Querschnitt meist dreikantig6
- 5* Internodien ohne deutliche Kieselzähnen, Spross sich daher nicht oder höchstens schwach rau anführend, Seitenäste kräftig, im Querschnitt vier- oder mehrkantig7

- 6 Zähne der Blattscheiden mit nadeldünnere, dunkler Mitte und breiten, weißen Hauträndern, meist einzeln stehend, Ochreole kurz (ca. 1 mm), hellbraun und häutig, Sprosse nur an gestörten Standorten mit Seitenästen zweiter Ordnung, dann das erste Internodium des Seitenastes 2. Ordnung im Verhältnis zur dazugehörigen Scheide auf dem Seitenast 1. Ordnung kürzer bis +/- gleich lang (bis max. 1¼mal so lang)..... ***E. pratense***
Wiesen-Schachtelhalm (Abb. 8)
- 6* Zähne der Blattscheiden mit breiter, dunkler Mitte und schmalem, fuchsbraunem Hautrand, oft in 2er- oder 3er-Gruppen zusammenhängend, Ochreole deutlich (ca. 2 mm), mit hell- bis fuchsbraunem, häutigem Rand, größere Sprosse regelmäßig mit Seitenästen zweiter Ordnung, erstes Internodium des Seitenastes 2. Ordnung im Verhältnis zur dazugehörigen Scheide auf dem Seitenast 1. Ordnung deutlich länger (1½–2mal so lang) ***E. xmildeanum (E. pratense x E. sylvaticum)***
Mildes Schachtelhalm (Abb. 14)
- 7 Erstes Seitenastinternodium länger als die dazugehörige Blattscheide, Zähne der Seitenäste abspreizend, Spitze der Seitenastzähne meist grün und nicht grannig, Seitenastinternodium im Querschnitt kreuzförmig und nicht mit zweikantigen Rippen ***E. arvense***
Acker-Schachtelhalm (Abb. 5)
- 7* Erstes Seitenastinternodium kürzer als die dazugehörige Blattscheide, Zähne der Seitenäste nicht abspreizend, Spitze der Seitenastzähne schwarz, braun oder hellbraun und / oder lang und grannig zugespitzt, Seitenastinternodium im Querschnitt nicht kreuzförmig und mit schwach bis deutlich zweikantigen Rippen8
- 8 Sprossinternodien immer weiß, Sprossquerschnitt mit sehr großer Zentralhöhle (> ½ des Gesamtdurchmessers), Zähne der Blattscheiden 20–40, dunkelbraun, mit braunem Hautrand, Seitenäste regelmäßig und nie fehlend, horizontal abstehend bis hängend, Rippen der Seitenäste mit Kieselzähnen vorwärts gesägt
E. telmateia
Riesen-Schachtelhalm (Abb. 10)
- 8* Sprossinternodien grün oder nur die untersten grünweißlich, Zentralhöhle im Sprossquerschnitt ≤ ½ Gesamtdurchmessers, Zähne der Blattscheiden 4–15, schwarzbraun bis schwarz, mit weißem Hautrand, Seitenäste z. T. unregelmäßig und fehlend, aufsteigend, Rippen der Seitenäste mit rundlichen Kieselhöckern besetzt9
- 9 Zentralhöhle im Sprossquerschnitt meist größer als die Vallekularhöhlen, ⅓ bis ½ des Gesamtdurchmessers, Zähne der Blattscheiden lang zugespitzt, Zähne der Seitenäste braun, länglich, mit Grannenspitze, Seitenastinternodium im Querschnitt mit zweikantigen Rippen ***E. xfont-queri (E. palustre x E. telmateia)***
Font Quers Schachtelhalm (Abb. 13)
- 9* Zentralhöhle im Sprossquerschnitt von ähnlicher Größe wie die Vallekularhöhlen, ≤ ¼ des Gesamtdurchmessers, Zähne der Blattscheiden kurz zugespitzt, Zähne der Seitenäste schwarz, kurz-dreieckig, ohne Grannenspitze, Seitenastinternodium im Querschnitt nicht mit zweikantigen Rippen.....***E. palustre***
Sumpf-Schachtelhalm (Abb. 6)

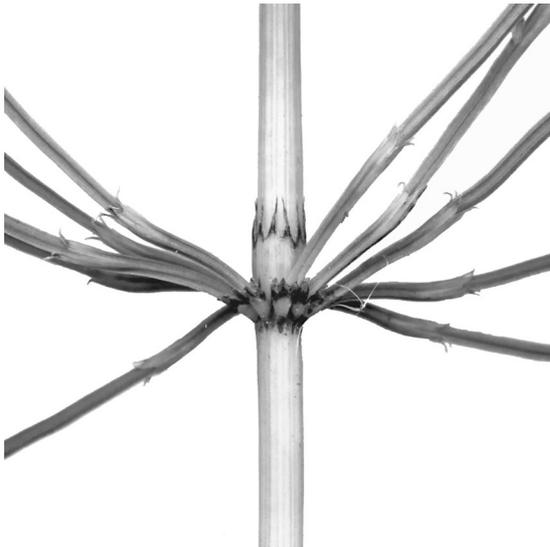


Abb. 5: *Equisetum arvense* – Acker-Schachtelhalm



Abb. 6: *Equisetum palustre* – Sumpf-Schachtelhalm

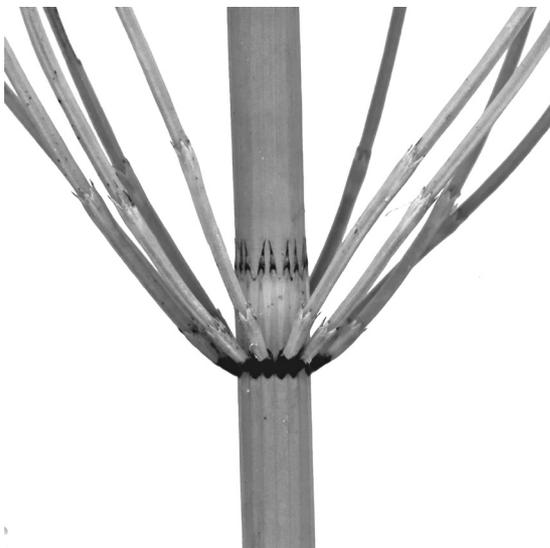


Abb. 7: *Equisetum fluviatile* – Teich-Schachtelhalm

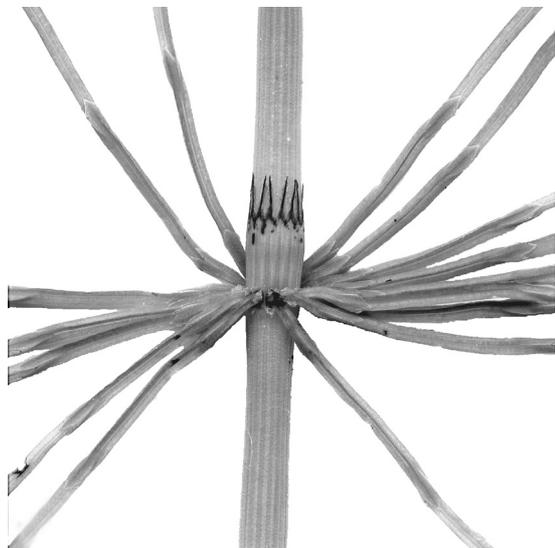


Abb. 8: *Equisetum pratense* – Wiesen-Schachtelhalm

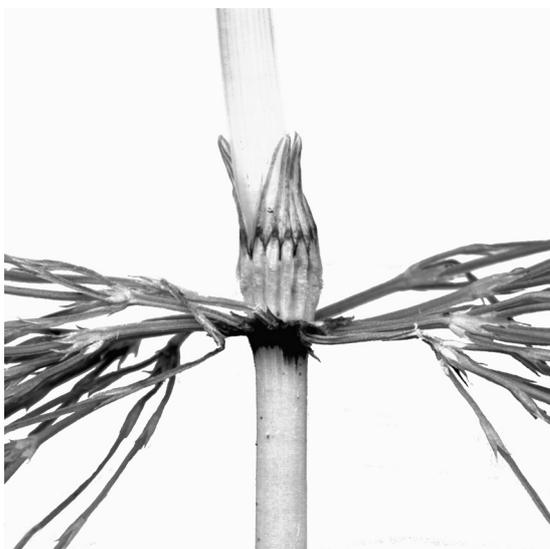


Abb. 9: *Equisetum sylvaticum* – Wald-Schachtelhalm

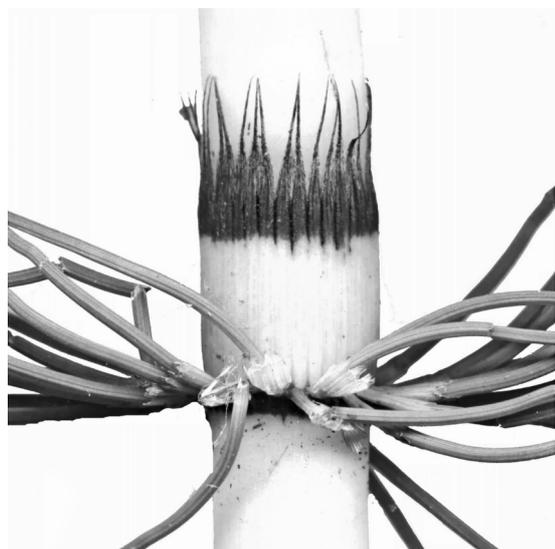


Abb. 10: *Equisetum telmateia* – Riesen-Schachtelhalm

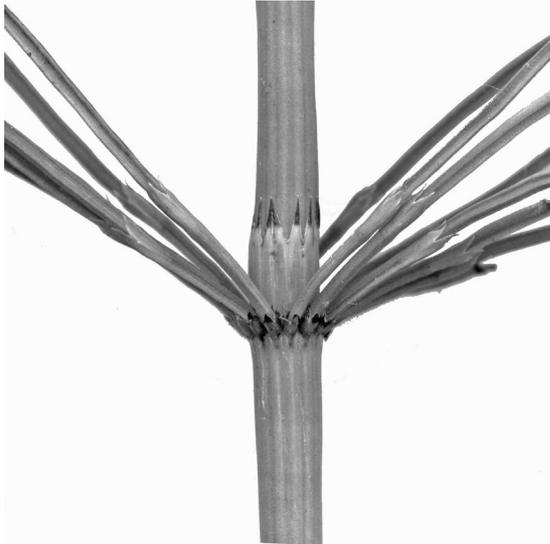


Abb. 11: *Equisetum* \times *litorale* (*E. arvense* \times *E. fluviatile*)
Ufer-Schachtelhalm

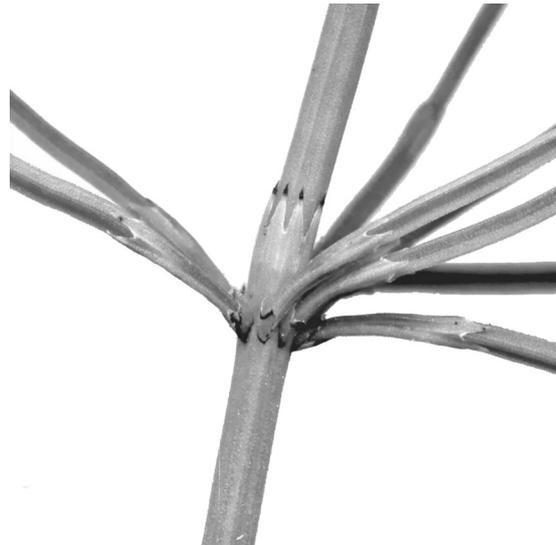


Abb. 12: *Equisetum* \times *dycei* (*E. fluviatile* \times *E. palustre*)
Dyces Schachtelhalm

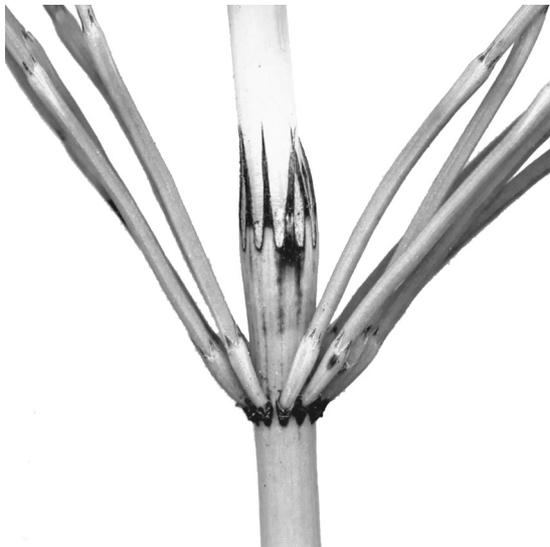


Abb. 13: *Equisetum* \times *font-queri*
(*E. palustre* \times *E. telmateia*)
Font Quers Schachtelhalm



Abb. 14: *Equisetum* \times *mildeanum*
(*E. pratense* \times *E. sylvaticum*)
Mildes Schachtelhalm

4 Bestimmungsschlüssel der Arten und Hybriden der Untergattung *Hippochaete*

- I Spross ohne Sporophyllstand (Strobilus) **Schlüssel C**
 I* Spross mit Sporophyllstand (Strobilus) II
 II Sporen normal entwickelt, d. h. grün, rund und mit zwei Hapterenbändern, daher im trockenen Zustand grünliche, watteartige Aggregate bildend **Schlüssel A**
 II* Sporen abortiert, d. h. farblos, unregelmäßig krümelig und oft ohne oder mit verkümmerten Hapteren, daher im trockenen Zustand als weißliches, krümeliges Material erkennbar **Schlüssel B**

Schlüssel A (Arten)

- 1 Längsrippen der Sprosse mit zu deutlichen Querspangen verschmolzenen Silikatauflagerungen, ausgewachsene und typische Pflanzen regelmäßig quirlästig, oberirdische Sprosse in Mitteleuropa im Winter vollständig absterbend
E. ramosissimum
Ästiger Schachtelhalm (Abb. 16)
 1* Längsrippen der Sprosse mit zwei Reihen deutlich getrennt liegender Silikathöcker, Pflanzen typischerweise nicht quirlästig, nur bei verletzter Sprossspitze gelegentlich Seitenäste bildend, oberirdische Sprosse vollständig wintergrün 2
 2 Pflanzen groß (40–120 cm), Sprosse im Durchmesser 5–10 mm, Blattscheiden durchgehend ohne Zähne oder diese an den obersten Scheiden nur als kümmerliche, früh abfallende Reste bzw. im Neuaustrieb abbrechend und an der Sprossspitze als pagodenähnliches Hütchen verbleibend ***E. hyemale***
Winter-Schachtelhalm (Abb. 15)
 2* Pflanzen 10–30 cm, Sprosse fadendünn, 1–3 mm im Durchmesser, Blattscheiden durchgehend bezahnt ***E. variegatum***
Bunter Schachtelhalm (Abb. 17)

Schlüssel B (Hybriden)

- 1 Längsrippen der Sprosse mit zwei Reihen undeutlich getrennter oder zusammenfließender Silikathöcker oder mit zu deutlichen Querspangen verschmolzenen Silikatauflagerungen besonders im unteren Sprossdrittel 2
 1* Längsrippen der Sprosse mit zwei Reihen deutlich getrennt liegender Silikathöcker... 5
 2 Pflanze klein, 20–50 cm, Sprosse dünn, im Durchmesser ca. 3 mm, meist unregelmäßig quirlästig (bei unversehrter Sprossspitze) oder astlos, Blattscheiden durchgehend bezahnt ***E. xmeridionale* (*E. ramosissimum* × *E. variegatum*)**
Südlicher Schachtelhalm (Abb. 20)
 2* Pflanze groß, 50–170 cm, Sprosse dick, im Durchmesser ≥ 3 mm, quirlästig oder astlos, Blattscheiden im unteren Sprossdrittel auch ohne Zähne 3
 3 Pflanze nur selten und dann sehr unregelmäßig quirlästig, Sprosse 50–120 cm, Blattscheiden durchgehend bezahnt, Zähne lang, schwarz und mit weißem Hautrand, Blattscheiden +/- so lang wie breit
***E. xgeissertii* (*E. hyemale* × *E. ramosissimum* × *E. variegatum*)**
Geisserts Schachtelhalm (Abb. 23)
 3* Pflanze meist +/- regelmäßig quirlästig oder astlos, Sprosse 50–170 cm, nur die obersten Blattscheiden mit Zähnen und diese früh abfallend, Zähne ohne weißen Hautrand, Blattscheiden länger als breit 4

- 4 Pflanze dunkel-graugrün, sehr groß, 50–170(-200) cm, oft als Spreizklimmer in der umgebenden Vegetation aufsteigend, Seitenäste oft erst im 2. Jahr erscheinend, Blattscheiden vollständig schwarz oder hellbraun mit breiter, schwarzer Binde am Grund (ca. 1/3 bis 1/2 der Scheide) und kräftig ausgebildetem schwarzem Knorpelwulst oben ***E. xascendens* (*E. hyemale* × *E. ramosissimum* × *E. hyemale*)**
Aufsteigender Schachtelhalm (Abb. 21)
- 4* Pflanze hell-graugrün, groß (50–150 cm), oft bereits im 1. Jahr +/- regelmäßig quirl-
ästig, Blattscheiden hellbraun mit schmaler, schwarzer Binde am Grund (ca. 1/4 bis 1/3
der Scheide) und schwach ausgebildetem Knorpelwulst oben
***E. xmoorei* (*E. hyemale* × *E. ramosissimum*)**
Moore's Schachtelhalm (Abb. 18)
- 5 Pflanze klein, 50(-100) cm, Blattscheiden mit schwach ausgeprägtem Knorpelwulst
am oberen Rand, durchgehend mit weiß-hautrandigen schwarzen Zähnen und oft
einfarbig schwarz ***E. xtrachyodon* (*E. hyemale* × *E. variegatum*)**
Rauzähniger Schachtelhalm (Abb. 19)
- 5* Pflanze groß, 50–120 cm, Blattscheiden mit kräftig ausgebildetem schwarzem
Knorpelwulst am oberen Rand, nur die obersten mit schwach weiß-hautrandigen
Zähnen und immer mehrfarbig mit helleren Anteilen
***E. xalsaticum* (*E. hyemale* × *E. variegatum* × *E. hyemale*)**
Elsässer Schachtelhalm (Abb. 22)

Schlüssel C (Arten und Hybriden)

- 1 Längsrippen der Sprosse mit zwei Reihen undeutlich getrennter oder
zusammenfließender Silikathöcker oder mit zu deutlichen Querspangen
verschmolzenen Silikatauflagerungen besonders im unteren Sprossdrittel2
- 1* Längsrippen der Sprosse mit zwei Reihen deutlich getrennt liegender Silikathöcker...7
- 2 Pflanze klein, 20–50 cm, Sprosse dünn, im Durchmesser 2–3 mm, meist
unregelmäßig quirlästig (bei unversehrter Sprossspitze), nur kleinste Pflanzen auch
astlos, Blattscheiden durchgehend bezahnt3
- 2* Pflanze groß, 50–170 cm Sprosse dicker, meist astlos, Blattscheiden zumindest im
unteren Sprossdrittel ohne Zähne oder durchgehend bezahnt4
- 3 Zähne der oberen Blattscheiden länglich-schwarz mit weißem Hautrand, Blatt-
scheiden einfarbig schwarz oder mit schmaler weiß-grauer Binde
***E. xmeridionale* (*E. ramosissimum* × *E. variegatum*)**
Südlicher Schachtelhalm (Abb. 20)
- 3* Zähne der oberen Blattscheiden oft nur als farblose und gewellte Granne auf sehr
kurzer schwarz-dreieckiger Basis (auch lang, schwarz und mit breitem weißen
Hautrand), Blattscheiden meist einfarbig grün (frische Sprosse) oder einfarbig
hellbraun (alte Sprosse) mit schmaler schwarzer Binde am Grund
E. ramosissimum
Ästiger Schachtelhalm (Abb. 16)
- 4 Pflanze nur selten und dann sehr unregelmäßig quirlästig, Sprosse 50–120 cm,
Blattscheiden durchgehend bezahnt, Zähne lang, schwarz und mit weißem Hautrand,
Blattscheiden +/- so lang wie breit
***E. xgeissertii* (*E. hyemale* × *E. ramosissimum* × *E. variegatum*)**
Geisserts Schachtelhalm (Abb. 23)
- 4* Pflanze meist +/- regelmäßig quirlästig oder astlos, Sprosse 50–170 cm, durch-
gehend bezahnt oder Zähne nur an den obersten Blattscheiden oder vollständig
zahnlos, Zähne der Blattscheiden meist ohne weißen Hautrand, Blattscheiden länger
als breit5

- 5 Pflanze lebhaft hellgrün, oberirdische Sprosse in Mitteleuropa im Winter vollständig absterbend, meist regelmäßig quirlästig, Blattscheiden meist einfarbig grün (frische Sprosse) oder einfarbig hellbraun (alte Sprosse) mit schwarzer Binde am Grund, Zähne der Blattscheiden hell, oft nur als farblose und gewellte Granne auf sehr kurzer schwarz-dreieckiger Basis, wenn Zähne an den unteren Blattscheiden abgefallen, dann die bleibenden Zahnbasen einen dunklen, gezackten Abbruchrand bildend.....
E. ramosissimum
Ästiger Schachtelhalm (Abb. 16)
- 5* Pflanze dunkler grün, oberirdische Sprosse in Mitteleuropa im Winter nicht oder nur bis zur Hälfte absterbend, unregelmäßig quirlästig oder astlos, Blattscheiden nur im Neuaustrieb an den obersten Scheiden grün, sonst hellbraun mit schwarzer Binde am Grund oder durchgehend schwarz, Zähne der Blattscheiden lang, dunkel und früh abfallend, dann einen +/- graden Abbruchrand bildend, der als schwarzer Knorpelwulst sichtbar wird6
- 6 Pflanze dunkel-graugrün, sehr groß, 50–170(-200) cm, oft als Spreizklimmer in der umgebenden Vegetation aufsteigend, Seitenäste oft erst im 2. Jahr erscheinend, Blattscheiden vollständig schwarz oder hellbraun mit breiter, schwarzer Binde am Grund (ca. $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der Scheide) und kräftig ausgebildetem schwarzem Knorpelwulst oben.....***E. xascendens* (*E. hyemale* × *E. ramosissimum* × *E. hyemale*)**
Aufsteigender Schachtelhalm (Abb. 21)
- 6* Pflanze hell-graugrün, 50–150 cm, oft bereits im 1. Jahr +/- regelmäßig quirlästig, Blattscheiden hellbraun mit schmaler, schwarzer Binde am Grund (ca. $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ der Scheide) und schwach ausgebildetem Knorpelwulst oben.....
***E. xmoorei* (*E. hyemale* × *E. ramosissimum*)**
Moores Schachtelhalm (Abb. 18)
- 7 Pflanze klein, 10–50(-100) cm, Sprosse dünn, im Durchmesser ca. 3 mm, Blattscheiden durchgehend bezahnt, ohne deutlichen Knorpelwulst am oberen Rand 8
- 7* Pflanze groß, 40–120 cm, Sprosse im Durchmesser 4–10 mm, Blattscheiden vollständig unbezahnt oder Zähne nur im oberen Sprossdrittel bleibend.....9
- 8 Pflanzen 50(-100) cm, Blattscheiden oft durchgehend einfarbig schwarz, bei großen Exemplaren auch teilweise gräulich, Zähne der Blattscheiden lang schwarz mit breitem weißen Hautrand und meist vollständig bleibend, durch dunkle, haken-ähnliche Erhebungen auf dem Rücken rau erscheinend
***E. xtrachyodon* (*E. hyemale* × *E. variegatum*)**
Rauzähniger Schachtelhalm (Abb. 19)
- 8* Pflanzen 10–30 cm, Sprosse fadendünn, 1–3 mm im Durchmesser, unterste Blattscheiden meist vollständig schwarz und nach oben zu mit größer werdendem grünen Anteil und einem immer schmalen schwarzen Band am oberen Scheidenrand, Zähne der Blattscheiden kurz mit sehr breitem weißen Hautrand, die hellbraun-weißliche Grannenspitze früh abbrechend ***E. variegatum***
Bunter Schachtelhalm (Abb. 17)
- 9 Blattscheiden meist durchgehend ohne Zähne, wenn diese doch vorhanden, dann ohne weißen Hautrand..... ***E. hyemale***
Winter-Schachtelhalm (Abb. 15)
- 9* Oberste Blattscheiden immer mit einigen bleibenden, leicht weiß-hautrandigen Zähnen ***E. xalsaticum* (*E. hyemale* × *E. variegatum* × *E. hyemale*)**
Elsässer Schachtelhalm (Abb. 22)

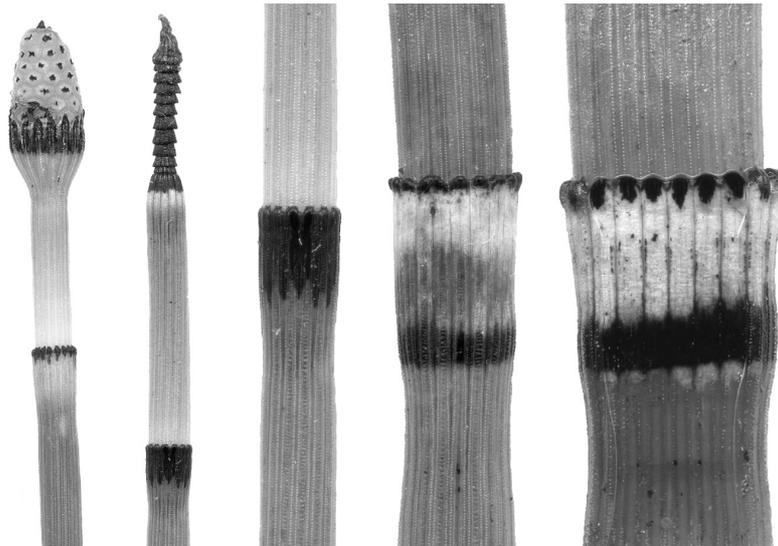


Abb. 15: *Equisetum hyemale* – Winter-Schachtelhalm

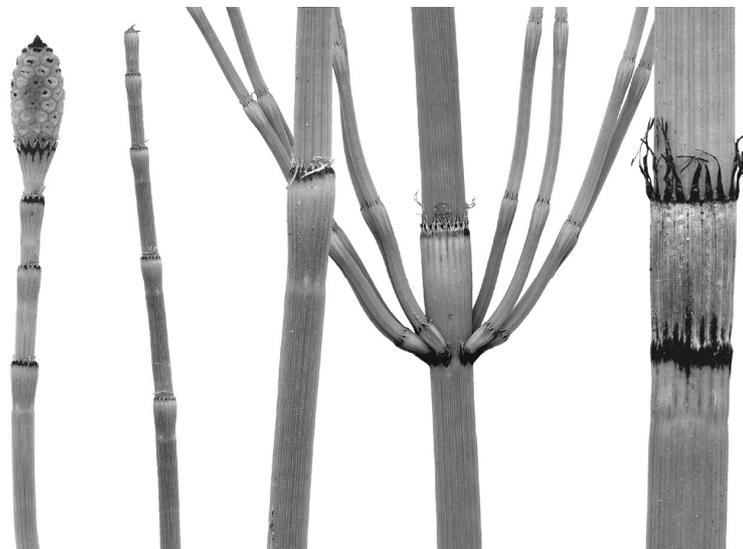


Abb. 16: *Equisetum ramosissimum* – Ästiger Schachtelhalm

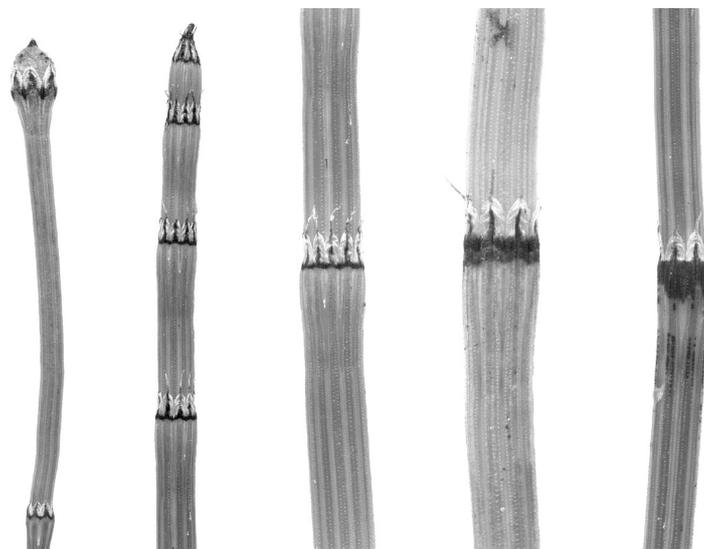


Abb. 17: *Equisetum variegatum* – Bunter Schachtelhalm

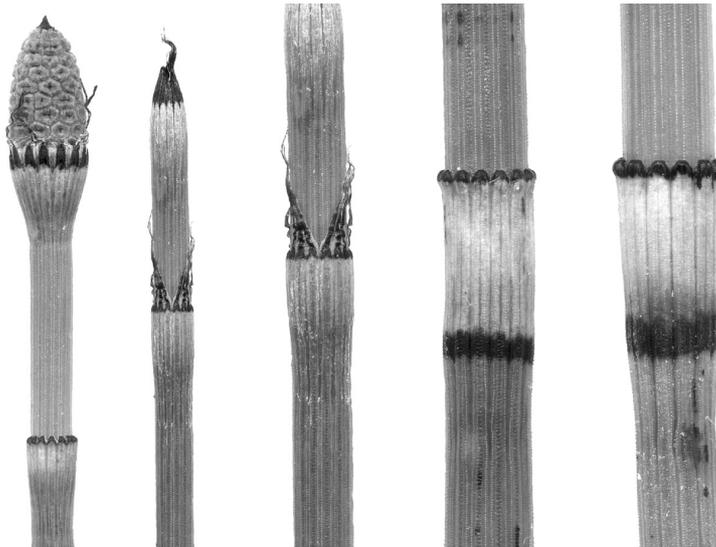


Abb. 18: *Equisetum* × *moorei* (*E. hyemale* × *E. ramosissimum*)
Moore's Schachtelhalm

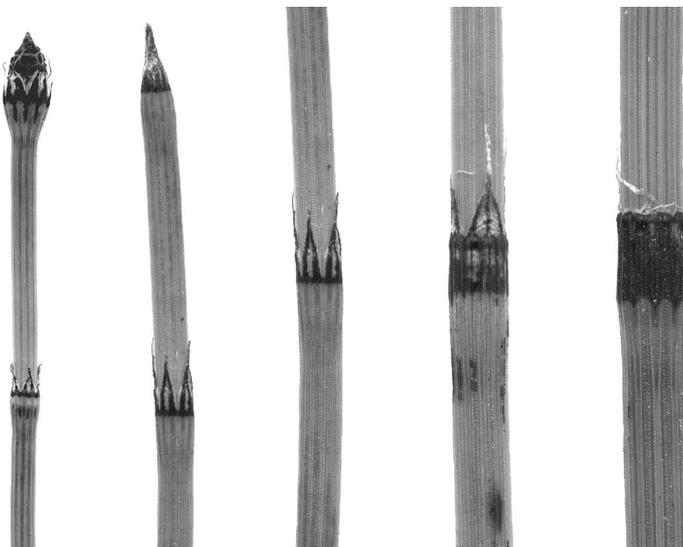


Abb. 19: *Equisetum* × *trachyodon* (*E. hyemale* × *E. variegatum*)
Rauzähniger Schachtelhalm



Abb. 20: *Equisetum* × *meridionale* (*E. ramosissimum* × *E. variegatum*)
Südlicher Schachtelhalm

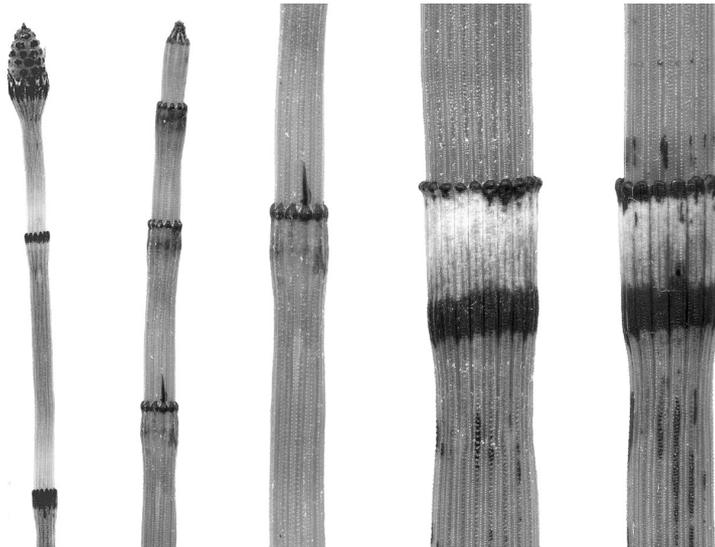


Abb. 21: *Equisetum* \times *ascendens*
(*E. hyemale* \times *E. ramosissimum* \times *E. hyemale*)
Aufsteigender Schachtelhalm

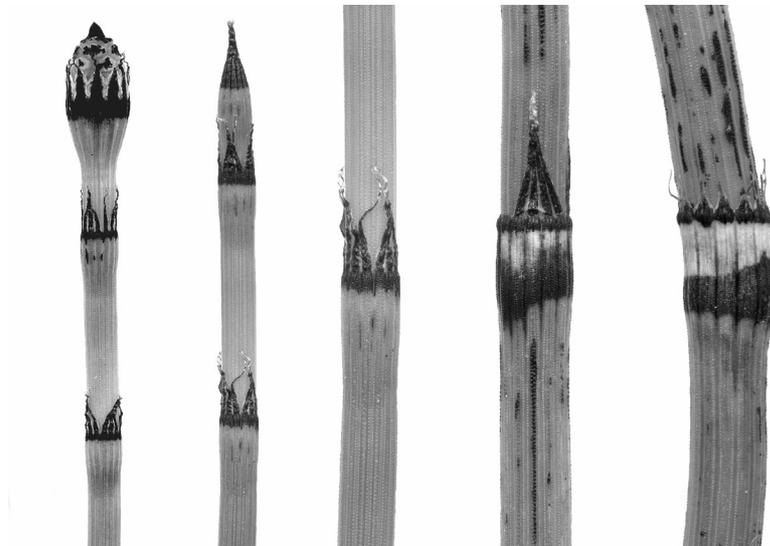


Abb. 22: *Equisetum* \times *alsaticum*
(*E. hyemale* \times *E. variegatum* \times *E. hyemale*)
Elsässer Schachtelhalm



Abb. 23: *Equisetum* \times *geissertii*
(*E. hyemale* \times *E. ramosissimum* \times *E. variegatum*)
Geisserts Schachtelhalm

Literatur

- ANONYMOUS 2003: Plant records. – *Watsonia* 24: 539-579.
- BENNERT, H. W. & PETERS, U. 1986: First record of *Equisetum* × *dycei* in continental Europe. – *Fern Gaz.* 13: 122.
- BENNERT, H. W., LUBIENSKI, M., KÖRNER, S. & STEINBERG, M. 2005: Triploidy in *Equisetum* subgenus *Hippochaete* (*Equisetaceae*, *Pteridophyta*). – *Ann. Bot.* 95: 807-815.
- BÖRNER, C. 1912: Eine Flora für das deutsche Volk. – Leipzig.
- BRUNE, T. 2006: Morphologische, mikromorphologische und molekulargenetische Untersuchungen zur Differenzierung von Schachtelhalm-Spezies und -Hybriden. – Diss., Universität Hohenheim, Stuttgart.
- DOSTÁL, J. 1984: *Equisetaceae*. – In: HEGI, G., *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Band I. Teil 1. *Pteridophyta*. 3. Aufl., pp. 54-79. Berlin, Hamburg.
- DUBOIS-TYLSKI, T. & GIRERD, B. 1986: Étude comparative de quelques *Equisetum* du sous-genre *Hippochaete*. – *Bull. Soc. Bot. France* 133: 125-135.
- DUCKETT, J. G. 1973: Comparative morphology of the gametophytes of the genus *Equisetum*, subgenus *Equisetum*. – *Bot. J. Linn. Soc.* 66: 1-22.
- DUCKETT, J. G. 1979a: Comparative morphology of the gametophytes of *Equisetum* subgenus *Hippochaete* and the sexual behavior of *E. ramosissimum* subsp. *debile* (ROXB.) HAUKE, *E. hyemale* var. *affine* (ENGELM.) A. A., and *E. laevigatum* A. BR. – *Bot. J. Linn. Soc.* 79: 179-203.
- DUCKETT, J. G. 1979b: An experimental study of the reproductive biology and hybridization in the European and North American species of *Equisetum*. – *Bot. J. Linn. Soc.* 79: 205-229.
- DUVAL-JOUVE, J. 1864: *Histoire naturelle des Equisetum de France*. – Paris.
- EKLUND, O. 1929: Beiträge zur Flora der Insel Wormsö in Estland. – *Act. Soc. F. Fl. Fenn.* 55: 1-136.
- FARWELL, O. A. 1916: The genus *Hippochaete* in North America, north of Mexico. – *Mem. New York Bot. Gard.* 6: 461-472.
- FARWELL, O. A. 1917: Notes on *Hippochaete*. – *Amer. Fern. J.* 7: 73-76.
- FUCHS-ECKERT, H. P. 1980: *Hippochaete alsatica* H. P. FUCHS & FR. GEISSERT, species nova. – *Bauhinia* 7: 7-12.
- FUKAREK, F. & HENKER, H. 2006: *Flora von Mecklenburg-Vorpommern. Farn- und Blütenpflanzen*. – Jena.
- HAUKE, R. L. 1963: A taxonomic monograph of the genus *Equisetum* subgenus *Hippochaete*. – *Beih. Nova Hedwigia* 8: 1-123.
- HAUKE, R. L. 1978: A taxonomic monograph of *Equisetum* subgenus *Equisetum*. – *Nova Hedwigia* 30: 385-455.
- HOLUB, J. 1972: Poznámky k československým taxónům celedi *Equisetaceae*. Bemerkungen zu den tschechoslowakischen Taxa der Familie *Equisetaceae*. – *Preslia* 44: 112-130.
- 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.
- HUSBY, C. E. 2009: Ecophysiology and biomechanics of *Equisetum giganteum* in South America. – Diss., Florida International University, Miami.
- KRAHULEC, F., HROUDA, L. & KOVÁŘOVÁ, M. 1996: Production of gametophytes by *Hippochaete* (*Equisetaceae*) hybrids. – *Preslia* 67: 213-218.
- LAASIMER, L., KUUSK, V., TABAKA, L. & LEKAVIČIUS, A. (eds.) 1993: *Flora of the Baltic Countries. Compendium of Vascular Plants. I. Estonian Academy of Sciences, Institute of Zoology and Botany* – Tartu.
- LEVERMANN, G. 1999: Biosystematische Untersuchungen an einheimischen *Equisetum*-Arten und -Hybriden. – *Dipl.-Arb.*, Ruhr-Universität Bochum, Bochum.
- LUBIENSKI, M. 2009: Nye funn av *Equisetum* × *mildeanum* (*E. pratense* × *E. sylvaticum*) i Norge. – *Blyttia* 67: 270-275.
- LUBIENSKI, M. 2010a: Hybridisierung innerhalb der Gattung *Equisetum* in Europa – eine Übersicht. – *Ber. Inst. Landschafts- Pflanzenökologie Univ. Hohenheim Beiheft* 22 (im Druck).
- LUBIENSKI, M. 2010b: A new hybrid horsetail *Equisetum* × *lofotense* (*E. arvense* × *E. sylvaticum*, *Equisetaceae*) from Norway. – *Nord. J. Bot.* 28: 530-540.
- LUBIENSKI, M. & BENNERT, H. W. 2006: *Equisetum* × *alsaticum* (*Equisetaceae*, *Pteridophyta*) in Mitteleuropa. – *Carolinea* 64: 107-118.
- LUBIENSKI, M., BENNERT, H. W. & JESSEN, S. 2004: *Equisetum* × *font-queri* ROTHM. (= *E. palustre* L. × *E. telmateia* EHRH., *Equisetaceae*, *Pteridophyta*) seit mehr als 150 Jahren auf Rügen. – *Tuexenia* 24: 329-337.
- 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 *Fuchsi*“ (*Equisetaceae*, *Pteridophyta*). – *Nova Hedwigia* 90: 321-341.
- LUBIENSKI, M., JESSEN, S., LEVERMANN, G. & BENNERT, H. W. 2000: *Equisetum* × *font-queri* ROTHM. (= *E. palustre* L. × *E. telmateia* EHRH., *Equisetaceae*, *Pteridophyta*) auf Rügen, ein Erstfund für Deutschland und Mitteleuropa. – *Gleditschia* 28: 65-79.

- MANTON, I. 1950: Problems of cytology and evolution in the *Pteridophyta*. – Cambridge.
- MCHAFFIE, H. 1990: Did the danes sharpen their swords at Embo? – *Pteridologist* 2: 30-31.
- MILDE, J. 1864: Eine bisher unbekannte Varietät von *Equisetum palustre* L. – *Verhandl. Bot. Ver. Prov. Brandenburg* 6: 191-192.
- MILDE, J. 1865: Repräsentiren die Equiseten der gegenwärtigen Schöpfungsperiode ein oder zwei Genera? – *Bot. Zeitung* 23: 297-299.
- ØLLGAARD, B. 2000: *Equisetum* L. (*Equisetaceae*). – In: JONSELL, B. (ed.), *Flora Nordica*. Volume 1. *Lycopodiaceae* to *Polygonaceae*, pp. 17-27. Stockholm.
- ØLLGAARD, B. & TIND, K. 1993: Scandinavian Ferns. A natural history of the ferns, clubmosses, quillworts, and horsetails of Denmark, Norway, and Sweden. – Copenhagen.
- PAGE, C. N. 1972: An assessment of inter-specific relationships in *Equisetum* subgenus *Equisetum*. – *New Phytol.* 71: 355-369.
- PAGE, C. N. 1973: Two hybrids in *Equisetum* new to the British flora. – *Watsonia* 9: 229-237.
- PAGE, C. N. 1997: The ferns of Britain and Ireland. 2nd ed. – Cambridge.
- PAGE, C. N. & BARKER, M. 1985: Ecology and geography of hybridization in British and Irish horsetails. – *Proc. Roy. Soc. Edinb.* 86b: 265-272.
- PRAEGER, R. L. 1951: Two puzzling horsetails. – *Ir. Nat. J.* 10: 119-122.
- ROTHMALER, W. 1951: Pteridophyten-Studien I. – *Feddes Repert.* 54: 55-82.
- SCHMIDT, D. 2005: Biosystematische Untersuchungen an mitteleuropäischen Schachtelhalmen (*Equisetum* subgenus *Equisetum*). – *Dipl.-Arb.*, Ruhr-Universität Bochum, Bochum.
- WAGNER, W. H. JR. & HAMMITT, W. E. 1970: Natural proliferation of floating stems of Scouring-rush, *Equisetum hyemale*. – *The Michigan Botanist* 9: 166-174.
- WINTER, W. DE 2007: What's Dutch about Dutch Rush? – *Pteridologist* 4: 195-197.
- ZABEL, H. 1863: Bemerkungen und Nachträge zur Flora von Neu-Vorpommern und Rügen. – *Archiv Ver. Freunde Naturgesch. Mecklenburg* 17: 257-268.

Danksagungen

Für Hilfe und Unterstützung bei fotografischen (Mikroskop, Stereolupe) und bildbearbeitenden Arbeiten bedanke ich mich bei den Herren Prof. Dr. H. W. BENNERT (Bochum), Dr. V. DÖRKEN (Konstanz) und H. STÖFFLER (Recherswil, CH). Das Sporenfoto von *E. ×meridionale* fertigte Frau Dipl.-Biol. S. KÖRNER (Bochum) an. Herrn Prof. Dr. E. J. JÄGER (Halle) bin ich für die kritische Begutachtung des Manuskriptes und zahlreiche Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge in Bezug auf die Bestimmungsschlüssel sehr zu Dank verpflichtet.

Adresse des Autors

Marcus Lubienski
 Am Quambusch 25
 58135 Hagen
 E-Mail: m.lubienski@gmx.de