

Equisetum reginense – ein früher Nachweis von *E. xlofotense* (*E. arvense* × *E. sylvaticum*, Equisetaceae) aus Bayern und zugleich der Erstfund für Mitteleuropa

MARCUS LUBIENSKI & VEIT MARTIN DÖRKEN

Zusammenfassung: Im Zuge der Bearbeitung der Schachtelhalme (Equisetaceae) für die neue Bayernflora wurden die alten Belege von *Equisetum reginense* einer kritischen Begutachtung unterzogen. Dabei stellte sich heraus, dass sie zu der Hybride von *E. arvense* und *E. sylvaticum* (*E. xlofotense*) gehören, wie seinerzeit bereits von den Findern richtig vermutet. Es werden die Bestimmungsmerkmale der Hybride, ihrer Eltern und verwandter Sippen gegenübergestellt. Die Mikromorphologie wird zusätzlich mit rasterelektronenmikroskopischen Abbildungen illustriert. Die Fundgeschichte in Bayern und die allgemeine Verbreitung der Hybride werden diskutiert.

Key Words: *Equisetum reginense*, *E. xlofotense*, characters, micromorphology, distribution

Summary: While working on the horsetails (Equisetaceae) for the upcoming Flora of Bavaria the historic collections of *Equisetum reginense* were critically revised. As it turned out they belong to the hybrid of *E. arvense* and *E. sylvaticum* (*E. xlofotense*), which was correctly assumed by the finders. Characters of the hybrid, its parents, and allied taxa are compared, the micromorphology is additionally illustrated by SEM images. The finding history in Bavaria and the general distribution of the hybrid are discussed.

1 Einleitung

Schachtelhalme (*Equisetum* L., Equisetaceae) sind primitive Gefäßpflanzen mit einer charakteristischen und unverwechselbaren Sprossanatomie und -morphologie. Sie gehören nach neueren Arbeiten in die engere Verwandtschaft der Farne (PRYER et al. 2001, SMITH et al. 2006). Die phylogenetisch alte Gruppe lässt sich erdgeschichtlich zurückverfolgen bis ins späte Paläozoikum (STEWART & ROTHWELL 1993, TAYLOR et al. 2009) und ist heute nur noch mit weltweit 15 Arten verteilt auf zwei Untergattungen (*Equisetum* und *Hippochaete*) vertreten, sofern man der klassischen und kritischen Bearbeitung von HAUKE (1963 & 1978) folgt. Die Angaben zur Anzahl der Arten variieren je nach Methode und Artverständnis nun schon seit zwei Jahrhunderten Schachtelhalmforschung. Die Start- und Endpunkte dieser Diskussion könnten mit MILDE (1865) (25 Arten) und CHRISTENHUSZ et al. (2019) (18 Arten) angegeben werden. Seit Beginn des 21. Jahrhunderts verdichteten sich die Hinweise darauf, dass die Familie in drei Un-

Anschriften der Autoren: Marcus Lubienski, Am Quambusch 25, 58135 Hagen, E-Mail: m.lubienski@gmx.de; PD Dr. Veit Martin Dörken, Universität Konstanz, Fachbereich Biologie M 613, Universitätsstraße 10, 78457 Konstanz

tergattungen zu unterteilen ist, wobei das südamerikanische *E. bogotense* Kunth eine isolierte Stellung in einer eigenen Untergattung *Paramochaete* einnimmt (DES MARAIS et al. 2003, GUIL-LON 2004 & 2007, ELGORRIAGA et al. 2018, CHRISTENHUSZ et al. 2019).

In Deutschland existieren drei Arten aus der Untergattung *Hippochaete* und sechs Arten aus der Untergattung *Equisetum* (JÄGER 2011). Hybriden existieren innerhalb beider Untergattungen (Tab. 1). Zum Teil sind es recht häufige Sippen, sicherlich bedingt durch die stark ausgeprägte Fähigkeit zu vegetativer Vermehrung. Einige Hybriden gehören aber auch zu den absoluten Seltenheiten und sind weltweit nur von sehr wenigen Wuchsorten sicher bekannt. Zusätzlich kommt neophytisch noch das nordamerikanisch-ostasiatische *E. prealtum* Raf. (= *E. hyemale* subsp. *affine* [Engelmann] Calder & Roy L. Taylor) vor, das bereits mit dem einheimischen *E. ramosissimum* hybridisiert hat (LUBIENSKI et al. 2019).

Im Zuge der Bearbeitung der Equisetaceae für die neue Flora von Bayern wurden die alten Angaben von „*Equisetum reginense*“, bei LIPPERT & MEIEROTT (2018) geführt als *E. pratense* × *E. sylvaticum* (*E. xmildeanum* Rothm.), einer kritischen Begutachtung unterzogen. Dabei stellte sich heraus, dass es sich um die Hybride zwischen *E. arvense* und *E. sylvaticum* handelt, die von LUBIENSKI (2010) aus Nordnorwegen als *E. xlofotense* beschrieben worden war. Bemerkenswerterweise wurden die Pflanzen von den Erstsammlern E. Eichhorn und H. Sack bereits in den 1920er Jahren als etwas Besonderes erkannt und die korrekte Diagnose *E. arvense* × *E. sylvaticum* wurde bereits bei SUESSENGUTH (1934) vermutet.

2 Material und Methoden

Als Grundlage der vorliegenden Untersuchungen dienten die Aufsammlungen von E. Eichhorn und H. Sack am Wuchsort Marienthal, die sich heute in den Herbarien Regensburg (REG) und München (M) befinden. Das gesichtete Herbariummaterial ist in Tabelle 2 aufgelistet.

Um die Identität von „*Equisetum reginense*“ zu überprüfen, wurden zum Vergleich Herbarbelege von *E. xlofotense* (*E. arvense* × *E. sylvaticum*) und von zwei weiteren grundsätzlich ähnlichen *E. sylvaticum*-Hybriden, *E. xmildeanum* (*E. pratense* × *E. sylvaticum*) und *E. xbowmanii* (*E. sylvaticum* × *E. telmateia*), untersucht. Zusätzlich wurden auch alle an diesen

Tab. 1: Arten und Hybriden innerhalb der Gattung *Equisetum* in Deutschland. Aus Bayern nachgewiesene Sippen stehen im Fettdruck, neophytische Sippen sind klein gedruckt.

Untergattung <i>Equisetum</i>	1 <i>Equisetum arvense</i> L. 2 <i>Equisetum palustre</i> L. 3 <i>Equisetum fluviatile</i> L. 4 <i>Equisetum telmateia</i> Ehrh. 5 <i>Equisetum sylvaticum</i> L. 6 <i>Equisetum pratense</i> Ehrh.	1 × 3 <i>Equisetum xitorale</i> Kühlew. ex Rupr. 1 × 5 <i>Equisetum xlofotense</i> Lubienski 2 × 3 <i>Equisetum xdycei</i> C.N. Page 2 × 4 <i>Equisetum xfont-queri</i> Rothm. 5 × 6 <i>Equisetum xmildeanum</i> Rothm.
Untergattung <i>Hippochaete</i>	1 <i>Equisetum hyemale</i> L. 2 <i>Equisetum ramosissimum</i> Desf. 3 <i>Equisetum variegatum</i> Schleich. ex Web. & Mohr 4 <i>Equisetum prealtum</i> Raf.	1 × 2 <i>Equisetum xmoorei</i> Newm. 1 × 3 <i>Equisetum xtrachyodon</i> (A. Br.) W.D.J. Koch 2 × 3 <i>Equisetum xmeridionale</i> (Milde) Chiov. (1×3) × 1 <i>Equisetum xalsaticum</i> (H.P. Fuchs & Geissert) G. Philipp (1×2) × 1 <i>Equisetum xascendens</i> Lubienski & Bennert 1 × 2 × 3 <i>Equisetum xgeissertii</i> Lubienski & Bennert 4 × 2 <i>Equisetum prealtum</i> × <i>ramosissimum</i>

Tab. 2: Übersicht über die in Regensburg (REG) und München (M) vorhandenen Belege von *Equisetum xlofotense*.

Beleg	Sippe	Fundort	Sammler	Datum	Sonstiges
REG-000438	<i>Equisetum reginense</i> var. <i>ramulosum</i>	Marienthal	Eichhorn	15.6.22	
REG-000297	<i>Equisetum pratense</i>	Marienthal	Sack u. Eichhorn	1922	Anm.: Das Artepitheton später durchgestrichen und der Sammler Eichhorn, wahrscheinlich von der selben Person, ergänzt.
REG-035478	<i>Equisetum reginense</i> jung	Marienthal	Eichhorn	19.5.1923	
REG-026901 Flora exsiccata Bavarica, Herausgegeben von der Botanischen Gesellschaft in Regensburg Nr. 1856	<i>Equisetum reginense</i> n. sp.	Marienthal, Regenufer	Eichhorn u. Sack	19.5.1923, 2.7.1923	Bodenunterlage: Urgestein Begleitpflanzen: <i>Equis. arvense</i> , <i>pratense</i> , <i>silvaticum</i>
M-0298730 Flora exsiccata Bavarica, Herausgegeben von der Botanischen Gesellschaft in Regensburg Nr. 1856	<i>Equisetum reginense</i> n. sp.	Marienthal, Regenufer	Eichhorn u. Sack	19.5.1923, 2.7.1923	Bodenunterlage: Urgestein Begleitpflanzen: <i>Equis. arvense</i> , <i>pratense</i> , <i>silvaticum</i>
M-0299155 Flora exsiccata Bavarica, Herausgegeben von der Botanischen Gesellschaft in Regensburg Nr. 1856	<i>Equisetum reginense</i> n. sp.	Marienthal, Regenufer	Eichhorn u. Sack	19.5.1923, 2.7.1923	Bodenunterlage: Urgestein Begleitpflanzen: <i>Equis. arvense</i> , <i>pratense</i> , <i>silvaticum</i>
M-0298731	<i>Equisetum reginense</i> Eichhorn u. Sack	Mariental am Regen, Wiese am linken Regenufer oberhalb der Überfahrt zum Gasthof Mariental	Sack	5. Juni 1933	
M-0298732	<i>Equisetum silvaticum</i> L. <i>E. pratense</i> Ehrh. <i>E. arvense</i> L. <i>E. reginense</i> Eichh. u. Sack	Mariental am Regen. Wiese am linken Regenufer oberhalb der Überfahrt beim Wirtshaus Mariental	Sack	5. Juni 1933	

Hybriden beteiligten Elternarten in die Untersuchung mit einbezogen. LUBIENSKI (2010) und LUBIENSKI & DÖRKEN (2015 & 2017) konnten zeigen, dass für die Unterscheidung dieser Sippen valide Unterschiede in der Mikromorphologie der Sprossoberflächen und Spaltöffnungen existieren, die rasterelektronenmikroskopisch gut sichtbar gemacht werden können. Das für diese Analysen verwendete Material ist in Tabelle 3 aufgelistet.

Den Herbarbelegen wurden jeweils ca. 1-2 cm des Hauptsprosses entnommen. Bei *E. telmateia* wurden für die Stomataanalyse Internodien der Seitenäste untersucht, da diese Art auf dem Hauptspross keine Spaltöffnungen bildet.

Für die REM-Untersuchungen mit einem AURIGA ZEISS TM wurde das Material mit einem BALTEC SputterCoater SCD 030 mit Gold-Palladium (Dicke 5 nm) beschichtet.

3 Ergebnisse

E. xlofotense ist eine Hybride zwischen *E. arvensis* und *E. sylvaticum*, also zwischen zwei Arten, die sich makro- und mikromorphologisch sehr deutlich voneinander unterscheiden. Habituell erinnert die Hybride sehr viel mehr an *E. sylvaticum* als an *E. arvensis*.

Es wird aber deutlich, dass makromorphologisch gute Merkmale zur Unterscheidung zwischen *E. xlofotense* und seinen Eltern existieren. Grundsätzlich teilt die Hybride natürlich Merkmale mit *E. xmildeanum* und *E. xbowmanii*, der Einfluss der jeweils anderen Elternart lässt sich aber in der Regel ebenfalls gut erkennen (LUBIENSKI 2010, LUBIENSKI & DÖRKEN 2017).

Wie die Abbildung des historischen Herbarbogens (Abb. 1) zeigt, handelt es sich bei „*E. reginense*“ um eine Sippe, die bereits habituell nicht in das Raster der bekannten Arten passen will und eindeutig den Einfluss von *E. sylvaticum* zeigt (z.T. verwachsene rotbraune Blattscheidenzähne, rotbraune häutige Ochreolen [Blattscheide des ersten Seitenastinternodiums], Seitenäste zweiter Ordnung), sich aber trotzdem wiederum deutlich von diesem unterscheidet (Blattscheidenzähne im oberen Sprossbereich frei, Blattscheidenzähne nicht deutlich länger als die Blattscheide, Blattscheiden mit gut erkennbaren Kommissuralfurchen [Verwachsungsnaht zwischen zwei Blattscheidenzähnen], Seitenäste zweiter Ordnung unregelmäßig). Merkmale von *E. arvensis* sind kaum zu erkennen, eine Verwechslung mit sekundär verzweigten Sprossen dieser Art (wie sie noch heute am Wuchsort vorkommen) ist mit Sicherheit ebenfalls auszuschließen.

Der Vergleich mit der Makromorphologie von *E. xlofotense* wiederum zeigt sehr große Ähnlichkeiten zwischen beiden Sippen (Abb. 1 & 2). Die Größe der Pflanzen, das relativ lange erste Seitenastinternodium, die abspreizenden Zähne der Seitenäste und die gut zu erkennende Kommissuralfurchen auf den Blattscheiden lassen erkennen, dass es sich wahrscheinlich nicht um die grundsätzlich ähnliche Hybride mit *E. pratense* (*E. xmildeanum*) handelt, sondern vielmehr um die Hybride mit *E. arvensis* (Abb. 3-6). Abbildung 4 stellt zusätzlich die Variabilität in der Blattscheidenmorphologie dar, die entlang eines Sprosses in der Form variiert, dass sie mit zusammenhängenden, rotbraunen Zähnen im unteren Sprossabschnitt *E. sylvaticum* sehr ähnlich ist und sich nach oben zunehmend davon entfernt.

Wie alle Hybriden müsste sich auch „*E. reginense*“ von den Elternarten durch missgebildete Sporen unterscheiden. Leider enthält keine der bekannten Aufsammlungen fertile Sprosse, die eine Kontrolle des Sporenmaterials ermöglichen würden und das Vorliegen einer Hybride zweifelsfrei belegen könnten. Umso wichtiger ist es daher, zusätzlich mikromorphologische Befunde zu erheben.

Tab. 3: Für Analysen verwendetes Herbarmaterial (M = Herbar München, ML = Privatherbar M. Lubienski, MA = Material für makromorphologische Analysen verwendet, MI = Material für mikromorphologische Analysen verwendet).

Beleg	Sippe	Fundort	Sammler	Datum	Analyse
M-0299155	<i>Equisetum reginense</i>	Marienthal, Regenufer Regenstauf, Krs. Regensburg, Bayern, Deutschland	E. Eichhorn H. Sack	19.05.1923, 02.07.1923	MA MI
ML-1003	<i>Equisetum xlofotense</i> (<i>E. arvense</i> × <i>E. sylvaticum</i>)	I.c.: Fiskebøl, Dalselva-Tal, Austvagøya, Lofoten, Prov. Nordland, Norwegen	M. Lubienski	13.07.2009	MI
ML-1236	<i>Equisetum xlofotense</i> (<i>E. arvense</i> × <i>E. sylvaticum</i>)	Gräben zw. Store Hesten und Litlehesten, Mefjorden b. Svarthola, Senja, Prov. Troms, Norwegen	M. Lubienski	24.07.2016	MA
ML-1237	<i>Equisetum xmildeanum</i> (<i>E. pratense</i> × <i>E. sylvaticum</i>)	Litlehesten, südl. Bratthesten- Tunnel, Mefjorden b. Svar- thola, Senja, Prov. Troms, Norwegen	M. Lubienski	25.07.2016	MI
ML-1170	<i>Equisetum xmildeanum</i> (<i>E. pratense</i> × <i>E. sylvaticum</i>)	Wegrand zum Kälaviken, nordöstl. Käl, Skuleskogen, Höga Kusten, Ångermanland, Schweden	M. Lubienski	23.07.2014	MA
ML-7	<i>Equisetum xbowmanii</i> (<i>E. sylvaticum</i> × <i>E. tel- mateia</i>)	I.c.: A 337 bei Brockis Hill, zw. Lyndhurst und Cadnam, New Forest, South Hampshire, Großbritannien	M. Lubienski	13.06.1998	MI
ML-441	<i>Equisetum xbowmanii</i> (<i>E. sylvaticum</i> × <i>E. tel- mateia</i>)	I.c.: A 337 bei Shave Wood, New Forest, South Hamp- shire, Großbritannien	M. Lubienski	12.10.2000	MA
ML-1035	<i>Equisetum arvense</i>	Lough Eske, nordöstl. Don- egal, Co. Donegal, Irland	M. Lubienski	30.07.2010	MI
ML-1301	<i>Equisetum arvense</i>	Knappensee b. Wackersdorf, Krs. Schwandorf, Bayern, Deutschland	M. Lubienski	10.07.2020	MA
ML-540	<i>Equisetum sylvaticum</i>	Tromsa-Tal, südöstl. Brekkom, östl. Fåvang, Gudbrandsda- len, Prov. Oppland, Norwegen	M. Lubienski	31.07.2001	MI
ML-1302	<i>Equisetum sylvaticum</i>	Knappensee b. Wackersdorf, Krs. Schwandorf, Bayern, Deutschland	M. Lubienski	10.07.2020	MA
ML-435	<i>Equisetum pratense</i>	Werder, Jasmund, Rügen, Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland	M. Lubienski	01.06.2000	MI
ML-1245	<i>Equisetum pratense</i>	Ems südl. Elte, unterhalb Bockholter Fähre, Krs. Stein- furt, Nordrhein-Westfalen, Deutschland	M. Lubienski	25.05.2017	MA
ML-739	<i>Equisetum telmateia</i>	D 24 bei Hautteville-Bocage, südl. Valognes, Dépt. Manche, Frankreich	M. Lubienski	16.08.2003	MA MI



Abb. 1: Herbarbeleg von „*Equisetum reginense*“ (M-0298731). Foto: SNSB-BSM.

Abb. 2:
Equisetum xlofotense
 am natürlichen
 Wuchsort (Kvalvika,
 Meffjorden, Senja,
 Prov. Troms, Norwe-
 gen), 25.07.2016.
 Foto: M. LUBIENSKI.



Die vorgenommenen rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen von „*E. reginense*“ unterstützen die oben dargestellte makromorphologische Diagnose. Schon im Zuge der Erstbeschreibung von *E. xlofotense* (LUBIENSKI 2010) fiel auf, dass sich der sehr deutliche Einfluss von *E. sylvaticum* in der Makromorphologie in den mikromorphologischen Befunden zumindest der Sprossoberfläche nicht widerspiegelt (Abb. 7). Hier ähnelt die Hybride der anderen Elternart *E. arvense* sehr viel mehr. Ein Phänomen, das im Übrigen auch für die beiden anderen beschriebenen *E. sylvaticum*-Hybriden, *E. xmildeanum* und *E. xbowmanii*, beobachtet werden konnte (LUBIENSKI & DÖRKEN 2017). Offensichtlich vererbt sich die charakteristische und in der Untergattung einzigartige Sprossmikromorphologie von *E. sylvaticum* (zwei Reihen von zu Dornen verlängerten Silikathöckern auf der Sprossrippe) nicht auf seine Hybriden.

Die Sprossmikromorphologie von „*E. reginense*“ zeigt nicht diese typischen „Silikatdornen“, sondern bleibt eher indifferent und ähnelt sehr der von *E. arvense*. Es kann sich also nicht um untypisch verzweigte und missgebildete Sprosse von *E. sylvaticum* handeln, da diese auch dann die unmissverständliche Mikromorphologie der Art zeigen würden. Auch eine Verwechslung mit *E. xmildeanum*, wie verschiedentlich vermutet, und *E. pratense* kann anhand der Sprossmikromorphologie ausgeschlossen werden.

Anders stellt sich die Situation bei der Mikromorphologie der Stomata dar (Abb. 8). Hier existieren in der Regel intermediäre Verhältnisse und Einflüsse beider Elternarten sind bei allen drei bekannten *E. sylvaticum*-Hybriden gut zu erkennen (SCHMIDT 2005, LUBIENSKI 2010, LUBIENSKI & DÖRKEN 2015 und 2017). Auch bei anderen Hybriden, deren Eltern sich in der Mikromorphologie der Stomata unterscheiden, lässt sich diese intermediäre Merkmalsausprägung beobachten, wie z. B. bei *E. xrothmaleri* (= *E. arvense* × *E. palustre*) (LUBIENSKI & DÖRKEN 2013) oder *E. xrobertsii* (= *E. arvense* × *E. telmateia*) (DINES & BONNER 2002). Da sich die Stomata von *E. arvense* und *E. sylvaticum* jedoch prinzipiell ähneln (zerstreute Kügelchen [Pilulae] auf den Subsidiärzellen und ein äußerer Ring aus miteinander verbundenen Kügelchen [Pilulae] um die Spaltöffnung), lässt sich *E. xlofotense* allein anhand dieses Kriteriums nicht



Abb. 3: Sprossmorphologie von „*Equisetum reginense*“ (Detailaufnahmen aus den Belegen M-0298730, M-0299155 und M-0298731).

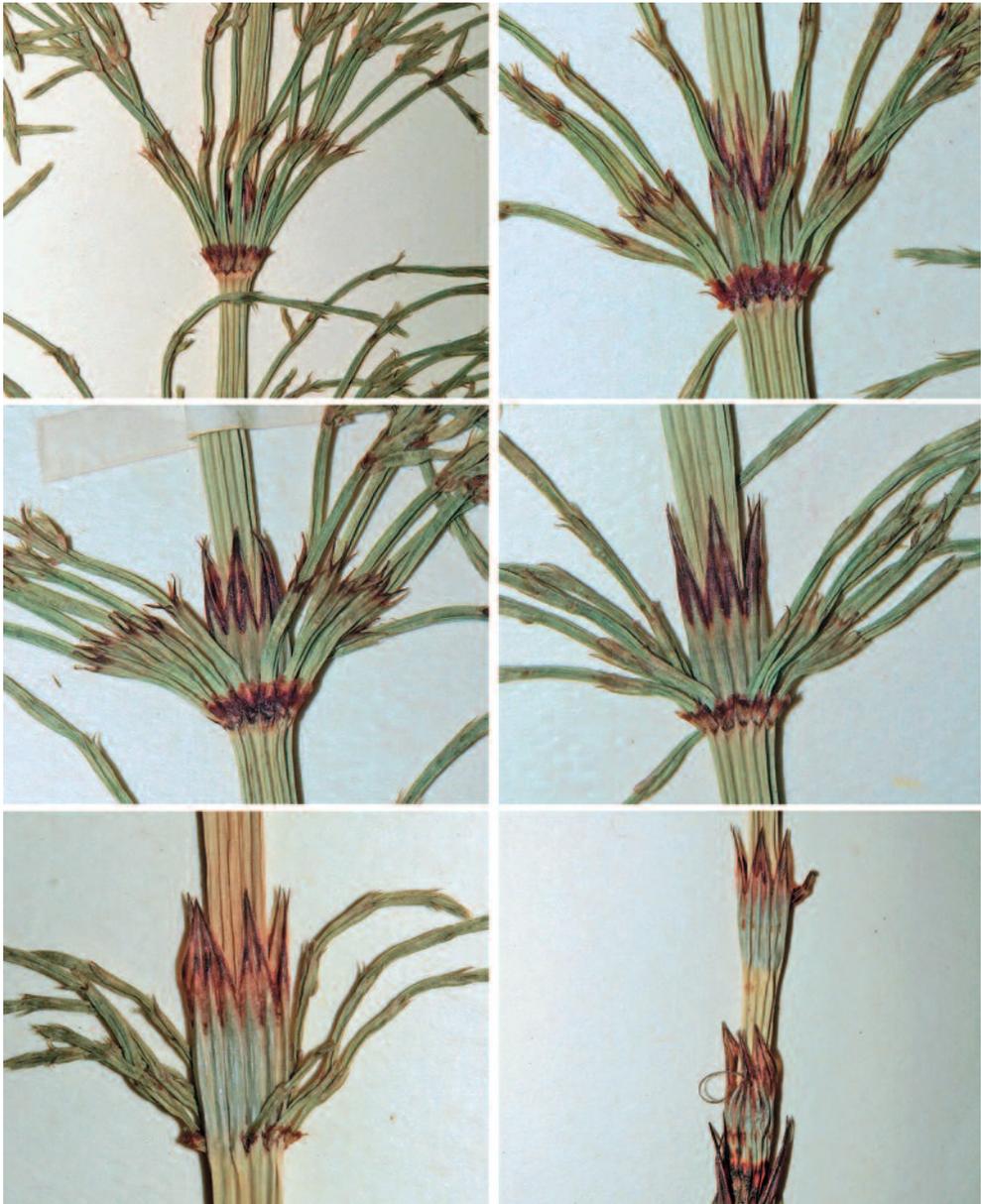


Abb. 4: Blattscheidenmorphologie von „*Equisetum reginense*“ vom unteren Sprossabschnitt (rechts unten) bis zum oberen Sprossabschnitt (links oben) (Detailaufnahmen aus den Belegen M-0298730, M-0299155 und M-0298731).

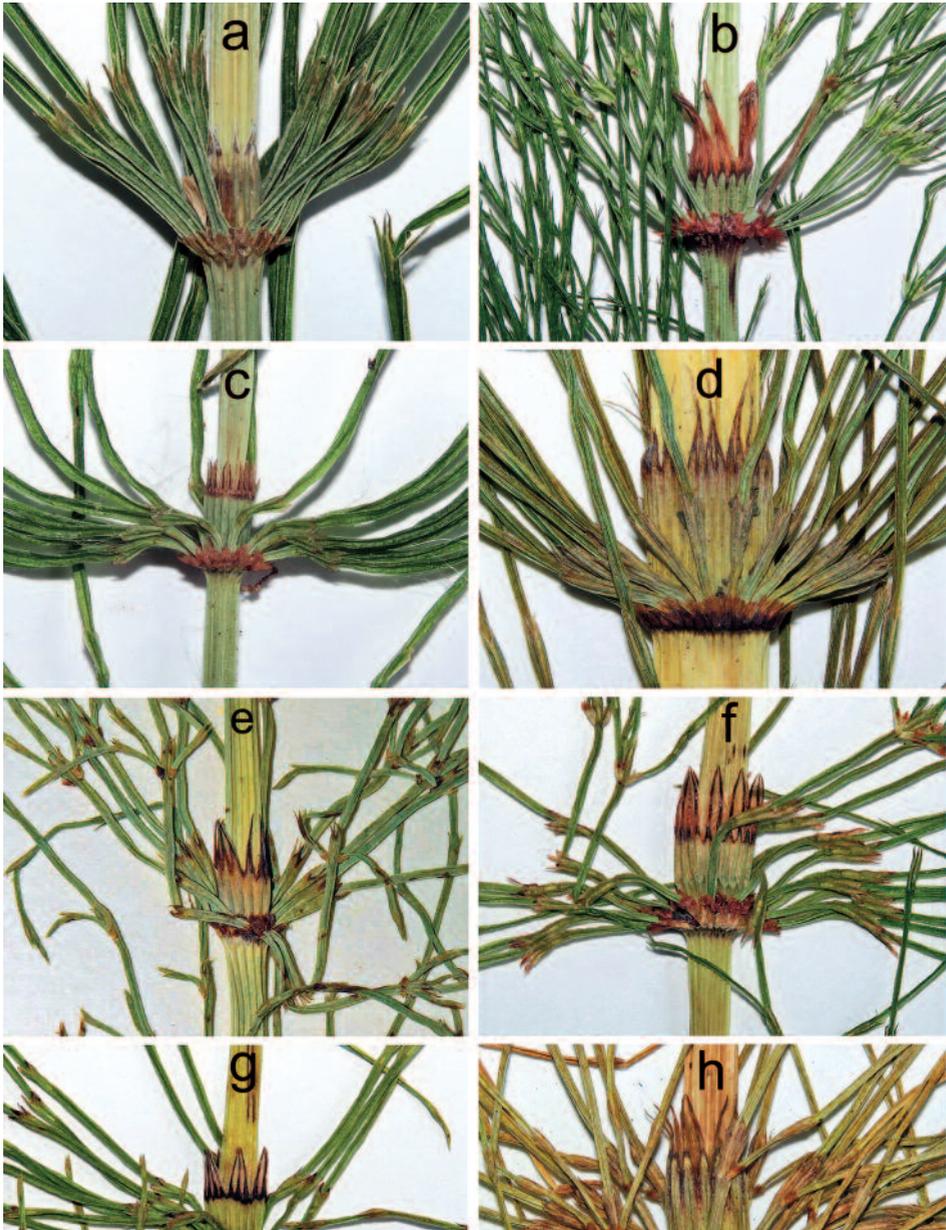


Abb. 5: Blattscheidenmorphologie verschiedener Sprossabschnitte von „*Equisetum reginense*“ (Detailaufnahmen aus den Belegen M-0298730, M-0299155 und M-0298731).



Abb. 6: Blattscheidenmorphologie (Herbarmaterial siehe Tab. 3) von Herbarbelegen von *Equisetum arvense* (a), *sylvaticum* (b), *pratense* (c), *telmateia* (d), „*reginense*“ (e), *xlofotense* (f), *xmildeanum* (g) und *xbowmanii* (h).

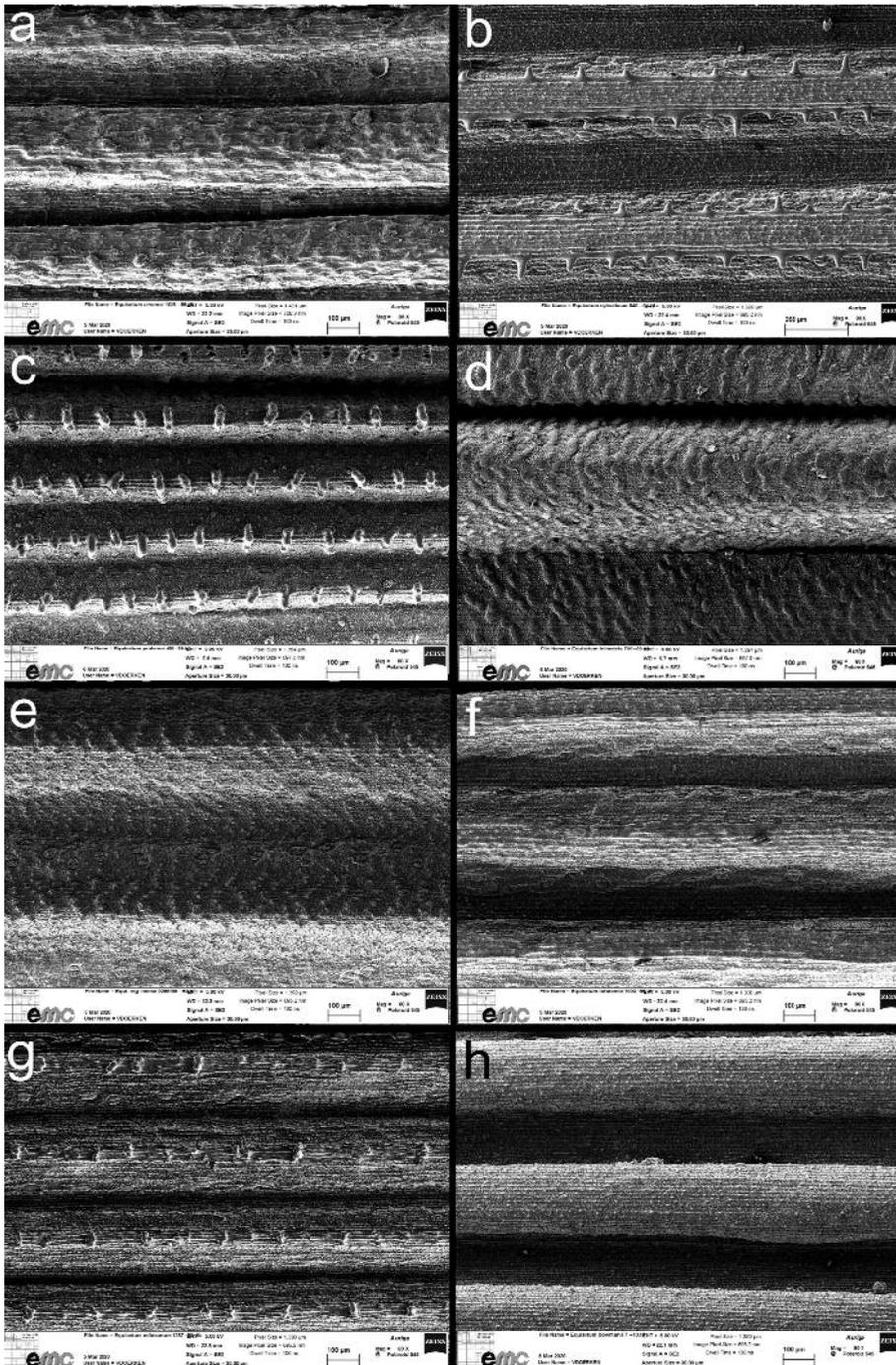


Abb. 7: Mikromorphologie der Sprossinternodien (Herbarmaterial siehe Tab. 3) von *Equisetum arvense* (a), *sylvaticum* (b), *pratense* (c), *telmateia* (d), „*reginense*“ (e), *×lufotense* (f), *×mildeanum* (g) und *×bowmanii* (h).

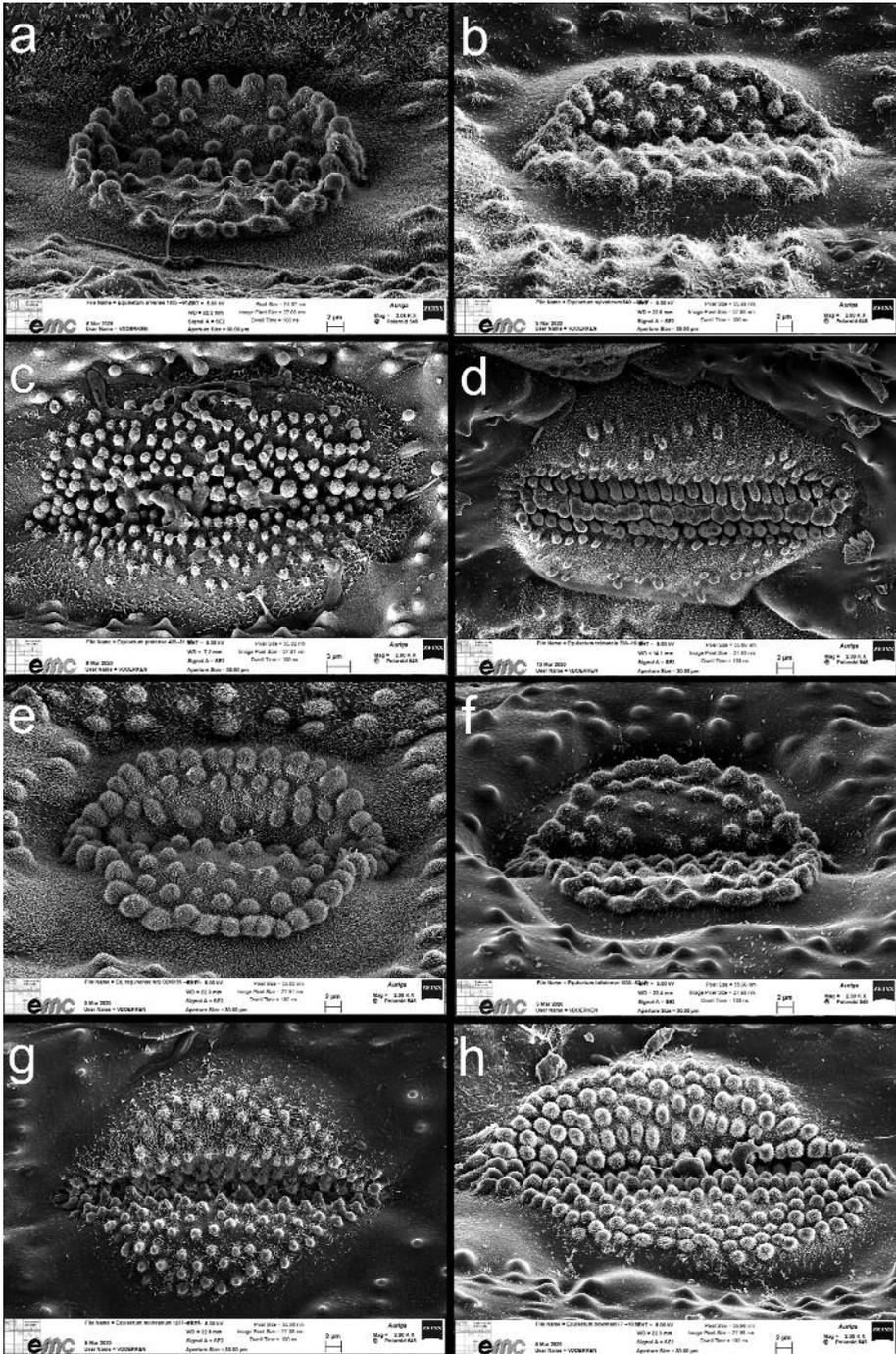


Abb. 8: Mikromorphologie der Stomata (Herbarmaterial siehe Tab. 3) von *Equisetum arvense* (a), *sylvaticum* (b), *pratense* (c), *telmateia* (d), „*reginense*“ (e), *xlofotense* (f), *xmildeanum* (g) und *xbowmanii* (h).

von seinen Elternarten unterscheiden, wohl aber von *E. xmildeanum* (und auch von *E. pratense*). Daher kann auch anhand der Mikromorphologie der Stomata ausgeschlossen werden, dass es sich bei „*E. reginense*“ um *E. xmildeanum* handeln könnte. Da in der weiteren Umgebung des Fundortes auch *E. telmateia* vorkommt, war prinzipiell nicht auszuschließen, dass es sich bei „*E. reginense*“ um dessen Hybride mit *E. sylvaticum*, also um *E. xbowmanii*, handelt. Dieses kann aber anhand der Mikromorphologie insbesondere der Stomata eindeutig ausgeschlossen werden (Abb. 7 & 8).

Die Kombination aus *E. sylvaticum*-ähnlicher Makromorphologie und *E. arvense*-ähnlicher Mikromorphologie macht die Belege von „*E. reginense*“ damit also unverwechselbar.

Tabelle 4 stellt die Merkmale von *E. xlofotense* und des ähnlichen und auch für das deutsche Florengebiet nachgewiesenen *E. xmildeanum* sowie diejenigen der beteiligten Elternarten gegenüber. Nicht mitaufgenommen sind *E. xbowmanii* und *E. telmateia*, da Ersteres bislang nicht für Deutschland nachgewiesen ist.

4 Diskussion

4.1 Zur Geschichte von *Equisetum reginense*

In den 1920er Jahren entdeckten Eugen Eichhorn und Heinrich Sack in der Oberpfalz am Ufer des Regen beim Wirtshaus Marienthal (nördlich Regenstauf) einen Schachtelhalm, der sich keiner der bekannten Arten zuordnen ließ. Dass es sich um etwas Außergewöhnliches handeln musste, schien ihnen klar zu sein, da sie der Pflanze in der Folge einen eigenen Namen gaben und sie als neue Art betrachteten: „*Equisetum reginense* n. sp.“. Wie die genaue Fundhistorie vielleicht abgelaufen sein könnte, lässt sich anhand der in REG und M heute noch vorhandenen Herbarbelege nachvollziehen.

Die ältesten Belege stammen aus dem Jahr 1922 und weisen sowohl Eichhorn als auch Sack getrennt als Sammler aus, was beiden gleiche Anteile an der Erstentdeckung der Pflanzen von Marienthal zuzuweisen scheint.

REG-000438 stellt einen Beleg vom 15.06.1922 dar, von Eichhorn gesammelt und bereits als „*Equisetum reginense* var. *ramulosum*“ bezeichnet. Aus demselben Jahr jedoch ohne genauere Datumsangabe stammt ein Beleg von Sack, der zunächst als *E. pratense* bestimmt worden war (REG-000297). Der Artname wurde dann aber später durchgestrichen und von derselben Handschrift als zweiter Sammler „Eichhorn“ ergänzt. Dieses könnte man so interpretieren, dass Sack den Beleg 1922 sammelte, als *E. pratense* bestimmte, diese Diagnose aber später, nachdem er mit Eichhorn korrespondiert hatte, wieder in Frage stellte (ohne eine Alternative angeben zu können) und Eichhorn als weiteren Sammler ergänzte.

Im Folgejahr 1923 scheint Eichhorn den Wuchsort dann nochmals im Mai aufgesucht zu haben, was ein Beleg aus REG vom 19.05.1923 mit dem Hinweis, dass es sich um Jungpflanzen handelt, belegt (REG-035478). Im Juli desselben Jahres scheint er die Stelle dann zusammen mit Sack besucht zu haben, was mehrere Belege in REG und M belegen, die zusätzlich mit dem Datum 02.07.1923 versehen sind. In jedem Fall zeigen diese Belege aus 1923, dass sich beide sicher waren, bei Marienthal etwas Besonderes und Neues entdeckt zu haben, nämlich eine neue Schachtelhalmart, die sie nach dem Fundort am Ufer des Regen als *Equisetum reginense* bezeichneten.

Umso mehr verwundert dann, dass Sack 1928 in seinem kurzen „Beitrag zur bayerischen Gefäßpflanzen-Flora“ die Entdeckung unerwähnt lässt und stattdessen von Marienthal nur *E.*

Tab. 4: Makro- und mikromorphologische Merkmale von *E. xlofofense*, *E. xmlideanum* und ihren Elternarten.

	<i>E. arvense</i>	<i>E. xlofofense</i>	<i>E. sylvaticum</i>	<i>E. xmlideanum</i>	<i>E. pratense</i>
Größe	(10-) 30 – 50 (-80) cm	(10-) 30 – 50 (-90) cm	(10-) 30 – 50 (-80) cm	(10-) 30 – 40 (-50) cm	(10-) 30 – 40 (-50) cm
Fertile Sprosse – Phänologie	dimorph (ohne Chlorophyll, nach der Sporenenreife absterbend)	hemidimorph (zunächst ohne Chlorophyll, nach der Sporenenreife nicht absterbend, sondern ergrünend)	hemidimorph (zunächst ohne Chlorophyll, nach der Sporenenreife nicht absterbend, sondern ergrünend)	hemidimorph (zunächst ohne Chlorophyll, nach der Sporenenreife nicht absterbend, sondern ergrünend)	hemidimorph (zunächst ohne Chlorophyll, nach der Sporenenreife nicht absterbend, sondern ergrünend)
Sterile Sprosse – Verzweigungsmuster	Seitenäste einfach (manchmal mit Seitenästen 2. Ordnung)	Seitenäste mit Seitenästen 2. Ordnung nur im proximalen Abschnitt, Sprosse daher unregelmäßig erscheinend	Seitenäste mit Seitenästen 2. Ordnung über die gesamte Länge, Sprosse daher sehr regelmäßig erscheinend	Seitenäste mit Seitenästen 2. Ordnung nur im proximalen Abschnitt (manchmal einfach), Sprosse daher unregelmäßig erscheinend	Seitenäste einfach (manchmal mit Seitenästen 2. Ordnung)
Sterile Sprosse – äußere Form	nicht einseitswendig überhängend, variabel	oft deutlich einseitswendig überhängend	oft leicht einseitswendig überhängend, besonders an stark exponierten Wuchsorten	oft deutlich einseitswendig überhängend	oft leicht einseitswendig überhängend
Sterile Sprosse – Zähne der Seitenäste	vom darüberliegenden Internodium absprenzend (nur selten nicht absprenzend)	vom darüberliegenden Internodium absprenzend (nur selten nicht absprenzend)	vom darüberliegenden Internodium immer absprenzend	nicht vom darüberliegenden Internodium absprenzend	nicht vom darüberliegenden Internodium absprenzend
Sterile Sprosse – Seitenäste im mittleren Sprossabschnitt (Längenverhältnis des 1. Seitenastinternodiums zur zugehörigen Blattscheide)	doppelt so lang (oder mehr) wie die zugehörige Blattscheide (selten gleich lang)	doppelt so lang wie die zugehörige Blattscheide (selten gleich lang)	doppelt so lang wie die zugehörige Blattscheide (sehr selten gleich lang)	gleich lang bis doppelt so lang wie die zugehörige Blattscheide (niemals kürzer)	etwas kürzer als bis gleich lang wie die zugehörige Blattscheide
Sterile Sprosse – Seitenäste (Ochrolea = Blattscheide des ersten Seitenastinternodiums)	vollständig grün	grün mit deutlichen hell- bis rotbraunen, häutigen Anhängen	hell- bis rotbraun und vollständig häutig	blassgrün mit deutlichen hellbraunen, häutigen Anhängen	blassgrün mit sehr kurzen hellbraunen, häutigen Anhängen

Tab. 4: Fortsetzung

	<i>E. arvense</i>	<i>E. xlofotense</i>	<i>E. sylvaticum</i>	<i>E. xmildeanum</i>	<i>E. pratense</i>
Sterile Sprosse – Blattscheide (Kommisuralfurche = Verwachsungsnaht zwischen zwei Blattscheidenzähnen)	Kommisuralfurche deutlich, von blassgrüner bis weißlicher Farbe auf den Rippen mit einer deutlichen Furche	Kommisuralfurche deutlich, von blassgrüner bis weißlicher Farbe auf den Rippen meistens mit einer deutlichen Furche	Kommisuralfurche nicht zu erkennen auf den Rippen ohne deutliche Furche	Kommisuralfurche nicht zu erkennen auf den Rippen ohne deutliche Furche	Kommisuralfurche nicht zu erkennen auf den Rippen ohne deutliche Furche
Sterile Sprosse – Blattscheide (Zähne)	kürzer als die Blattscheide kurz, dunkel-braun mit einem sehr schmalen weißen Hautrand nicht zusammenhängend (sehr selten einzelne Zähne zusammenhängend)	wenig kürzer als oder gleich lang wie die Blattscheide lang, mit einem dunkel-braunen bis rot-braunen Zentrum und einem deutlichen weißen Hautrand zusammenhängend nur an den untersten Blattscheiden	wenig länger als oder gleich lang wie die Blattscheide lang, mit einem rot-braunen Zentrum und einem sehr breiten hell-braunen Hautrand durchgehend zusammenhängend	kürzer als oder gleich lang wie die Blattscheide länglich, mit einem braunen bis rot-braunen Zentrum und einem deutlichen hell-braunen Hautrand zusammenhängend nur an den untersten Blattscheiden	kürzer als die Blattscheide kurz, mit einem schmalen dunklen Zentrum und einem breiten, weißen Hautrand nicht zusammenhängend
Sterile Sprosse – Mikromorphologie der Internodien	Rippen abgerundet Silikatwarzen (Mamillae) auf den Rippen undeutlich und zerstreut Furchen breit und abgerundet	Rippen abgerundet bis leicht verbreitert Silikatwarzen (Mamillae) auf den Rippen undeutlich und zerstreut Furchen breit und abgerundet	Rippen verbreitert mit zwei deutlichen Rändern Silikatwarzen (Mamillae) dornartig, zwei Reihen auf den Rändern der Rippe bildend Furchen breit und abgerundet	Rippen zugespitzt bis leicht abgeflacht und verbreitert Silikatwarzen (Mamillae) auf den Rippen 2-4, miteinander verbunden, eine einzelne Reihe bildend, manchmal einzeln nebeneinander Furchen sehr schmal und zugespitzt, leicht verbreitert	Rippen zugespitzt, kaum verbreitert Silikatwarzen (Mamillae) auf den Rippen 1-3, miteinander verbunden, eine einzelne Reihe bildend Furchen sehr schmal und zugespitzt

Tab. 4: Fortsetzung

	<i>E. arvense</i>	<i>E. xifotense</i>	<i>E. sylvaticum</i>	<i>E. xmildeanum</i>	<i>E. pratense</i>
Sterile Sprosse – Mikromorphologie der Stomata (sichtbar als zwei Subsidiärzellen)	bedeckt mit kurzen runden Kugeln (Pilulae) Dichte der Kugeln (Pilulae) nicht zum Rand hin abnehmend Oberfläche und Kugeln (Pilulae) mit Wachskristallen bedeckt oder Wachskristalle fehlend umgrenzt von einem Ring aus verschmolzenen Kugeln (Pilulae) Kugeln (Pilulae) an der Stomataöffnung rundlich (manchmal fast fehlend)	locker bedeckt mit kurzen runden Kugeln (Pilulae) Kugeln (Pilulae) nur zerstreut, oft undeutlich bis fast fehlend Oberfläche und Kugeln (Pilulae) mit Wachskristallen bedeckt umgrenzt von einem Ring aus verschmolzenen Kugeln (Pilulae) Kugeln (Pilulae) an der Stomataöffnung fehlend bis undeutlich rundlich	locker bedeckt mit kurzen runden Kugeln (Pilulae) Kugeln (Pilulae) nur zerstreut, oft undeutlich bis fast fehlend Oberfläche und Kugeln (Pilulae) dicht mit Wachskristallen bedeckt umgrenzt von einem Ring aus verschmolzenen Kugeln (Pilulae) Kugeln (Pilulae) an der Stomataöffnung fehlend bis undeutlich rundlich	dicht bedeckt mit kurzen runden Kugeln (Pilulae) Dichte der Kugeln (Pilulae) nicht zum Rand hin abnehmend Oberfläche und Kugeln (Pilulae) mit Wachskristallen bedeckt Ring aus verschmolzenen Kugeln (Pilulae) fehlend oder undeutlich Kugeln (Pilulae) an der Stomataöffnung rundlich, nicht gestielt	dicht bedeckt mit kurzen runden Kugeln (Pilulae) Dichte der Kugeln (Pilulae) zum Rand hin abnehmend Oberfläche und Kugeln (Pilulae) nicht mit Wachskristallen bedeckt Ring aus verschmolzenen Kugeln (Pilulae) fehlend Kugeln (Pilulae) an der Stomataöffnung gestielt mit Kopf oder rundlich
Sporen	grün, mit Chlorophyll, rundlich, mit Hapteren	weißlich, ohne Chlorophyll, unregelmäßig geformt, ohne Hapteren	grün, mit Chlorophyll, rundlich, mit Hapteren	weißlich, ohne Chlorophyll, unregelmäßig geformt, ohne Hapteren	grün, mit Chlorophyll, rundlich, mit Hapteren

pratense als bemerkenswerten Fund angibt (SACK 1928). Über seine Beweggründe kann natürlich nur spekuliert werden, es scheint aber, dass er seiner eigenen Expertise nicht sicher war bzw. unsicher war, wie diese einzuordnen ist.

Zehn Jahre nach den gemeinsamen Aufsammlungen von Eichhorn und Sack scheint die Pflanze bei Marienthal noch unverändert vorgekommen zu sein, wie zwei Herbarbögen aus M, gesammelt von Sack am 05.06.1933, belegen. Einer dieser Bögen stellt eine Gegenüberstellung aller am Wuchsort vorkommenden Schachtelhalmsippen dar (M-0298732). Neben *E. reginense* waren dies auch *E. arvense*, *E. pratense* und *E. sylvaticum*. Außerdem gibt Sack *E. reginense* nun auch erstmals mit den Autorennamen „Eichhorn u. Sack“ an.

In einem Vortrag bei der Bayerischen Botanischen Gesellschaft im selben Jahr spricht Sack von einer Hybride zwischen *E. pratense* und *E. sylvaticum* bei Marienthal am Regen, womit erstmals der Versuch unternommen wird, die „neue Art“ verwandtschaftstechnisch einzuordnen (BAYERISCHE BOTANISCHE GESELLSCHAFT 1933).

Ein Jahr später listet K. Suessenguth in seinen neuen „Beobachtungen über die Phanerogamen- und Gefäßkryptogamenflora von Bayern“ den Fund dann jedoch als „*E. arvense* L. × *sylvaticum* L. (?) = *E. reginense* Eichh. et Sack“ auf (SUESSENGUTH 1934). Als weitere Angabe findet sich: „Wiesen am linken Regenufer b. Mariental (Sack)“. Das lässt vermuten, dass die Diagnose auf Sack zurückging. Interessanterweise wird nun aber die Elternschaft mit *E. arvense* × *E. sylvaticum* anders angegeben, was die offensichtliche Unsicherheit diesbezüglich nur unterstreicht, gleichzeitig aber dokumentiert, dass Sack mit dieser taxonomischen Einordnung des Fundes von Marienthal bereits ca. 80 Jahre vor der gültigen Erstbeschreibung einer solchen Hybride als *E. ×lofotense* durch LUBIENSKI (2010) richtig lag. Leider wurde jedoch eine nach heutigen Nomenklaturregeln gültige Beschreibung nie publiziert, sodass der Name *E. reginense* ein „nomen nudum“ geblieben ist und die gültige Bezeichnung für Hybriden zwischen *E. arvense* und *E. sylvaticum* weiterhin *E. ×lofotense* lauten muss. Prinzipiell wäre auch eine valide Benennung über die Exsiccatenreihe „Flora exsiccata Bavarica“ nach heutigen Regeln gültig gewesen, sofern sich auf dem Etikett der Exsiccaten-Nummer eine Diagnose befunden hätte (schriftl. Mitteilung A. Fleischmann, München). Dieses ist aber nicht der Fall.

In den 1940er Jahren scheint sich die Spur von *E. reginense* zu verlieren, zumindest findet sich in den Fund-Karteiangaben von E. Hepp & R. Blum der Eintrag: „1947 vergeblich danach gesucht“ (schriftl. Mitteilung L. Meierott, Gerbrunn). Damit ist es auch wahrscheinlich, dass sich die Angabe bei HEPP (1954) nicht mehr auf ein aktuell existierendes Vorkommen bezieht, sondern nur die alte Angabe von Sack (im Sinne einer synoptischen Zusammenstellung der Daten der Kriegs- und Nachkriegsjahre) nochmals mitaufgenommen wurde. Allerdings interpretiert HEPP (1954) die Pflanze nun wieder als eine Hybride zwischen *E. pratense* und *E. sylvaticum*. Auf welcher Grundlage das geschieht, bleibt unklar, als Gewährsmann wird Sack angegeben.

Bemerkenswert ist, dass Eichhorn die eigene Entdeckung in seiner 1958 abgeschlossenen Flora von Regensburg (EICHORN 1961), die, ähnlich HEPP (1954), viele z. T. nur noch ehemalige Vorkommen auflistet, nicht nennt. Offensichtlich existierte das Vorkommen zu diesem Zeitpunkt nicht mehr oder war zumindest, wohl nicht zuletzt aufgrund der unklaren Identität, bereits in Vergessenheit geraten.

4.2 Zum Wuchsort in Marienthal

Welches die Ursachen für das Verschwinden von *E. xlofotense* am Regen bei Marienthal sind, muss unklar bleiben. Es könnte im Zusammenhang mit einer grundlegenden Änderung der ökologischen Bedingungen am Wuchsort stehen oder auf konkrete bauliche Maßnahmen zurückzuführen sein. Schachtelhalm-Klone sind prinzipiell sehr langlebig und können aufgrund ihres ausgedehnten Rhizomwachstums riesige z. T. kilometerlange und hektargroße Bestände bilden. Voraussetzung hierfür scheint aber für die meisten Arten unter anderem eine konstante Anbindung an die Wasserversorgung (z. B. über den Grundwasserspiegel) zu sein. Den Angaben auf den alten Herbarbelegen folgend handelte es sich um ein Vorkommen von *E. arvense*, *E. pratense*, *E. sylvaticum* und *E. xlofotense* direkt am Ufer des Regen. Welche Ausdehnung das Vorkommen hatte, ist aber unklar, sodass nicht ausgeschlossen werden kann, dass es sich auch um ein eher kleines Vorkommen gehandelt haben könnte. Die Ufer des Flusses sind noch heute unbegradigt und weisen eine weitestgehend natürliche Ufervegetation auf, was ein Hinweis darauf sein könnte, dass sich die ökologischen Bedingungen am Ort in dieser Hinsicht in den vergangenen 98 Jahren nicht sehr verändert haben. Allerdings ist das noch heute existierende Wirtshaus Marienthal zusammen mit der Fähre und dem sich direkt anschließenden Wiesengelände vermutlich ein seit langer Zeit und bis heute zu Freizeitwecken intensiv genutztes Gebiet. Heute befindet sich am ehemaligen Wuchsort („Wiese am linken Regenufer oberhalb der Überfahrt beim Wirtshaus Marienthal“) ein Campinggelände mit sehr kurz gemähten, rasenähnlichen Wiesenflächen. Bis auf *E. arvense*, das spärlich am Rande dieser Wiesenfläche, am Ufer in der Nähe sowie im Straßengraben und an der Straßenböschung oberhalb wächst, lassen sich dort keine der genannten Schachtelhalmsippen mehr finden. In der näheren Umgebung, am östlichen und westlichen Ortsrand von Marienthal, existieren noch größere Bestände von *E. arvense* (auch in Wiesen) sowie ein kleines Vorkommen von *E. sylvaticum* zusammen mit *E. arvense* und *E. xlitorale* (*E. arvense* × *E. fluviatile*) an einem feuchten Hang zur Straße. In flussbegleitenden Wiesen wächst zusätzlich *E. palustre*. Die direkte Ufervegetation in der näheren Umgebung ist weitestgehend dominiert durch dichte Großseggenbestände (*Carex buekii* Wimm.), die keine geeigneten Wuchsbedingungen für Arten wie *E. sylvaticum*, *E. pratense* oder deren Hybriden bieten. Dahinter schließen sich aber noch heute vielfach extensiv genutzte Wiesenflächen an, die durchaus der seinerzeit beschriebenen Situation einer offenen Feuchtwiese entsprechen. Eine intensivere Nutzung scheint lediglich exakt für die Fläche zu bestehen, die das damalige Vorkommen beherbergt haben dürfte.

Die vermutlich jahrzehntelange intensive Mahd der Wiesenfläche zum Zwecke ihrer Nutzung, zusammen mit einer nach den 1930er-Jahren sicher erfolgten Verbreiterung der heute zweispurigen Straße müssen zu einer vollständigen Zerstörung des Wuchsortes geführt haben. Einzig *E. arvense* scheint diesem Druck bis heute widerstanden zu haben, was angesichts der weiten ökologischen Amplitude und dem hohen Grad an Anpassungsfähigkeit der Art nicht verwundert. Dabei ist es wahrscheinlich, dass der Verlust aller übrigen dort vorkommenden Schachtelhalmsippen schon früh, also bereits in den 1940er- oder 1950er-Jahren, stattgefunden haben muss.

Zumindest verliert sich auch die Spur von *E. pratense* in Marienthal in diesem Zeitfenster. Belege existieren bis 1933 und das Vorkommen wird in HEPP (1954) noch genannt, allerdings ist auch hier wahrscheinlich, dass es sich nicht um die Nennung eines aktuellen Vorkommens handelt (siehe oben). Ähnlich einzuschätzen ist die Angabe in Eichhorns Flora von Regensburg

(EICHORN 1961), zu der MERGENTHALER (1971) anmerkt, dass Eichhorn für seine Flora in erster Linie ältere Literatur- und Herbarangaben ausgewertet hat. Eichhorn hatte die Arbeiten an seiner Flora 1958 abgeschlossen, aber bereits ein Jahr zuvor konnte *E. pratense* in Marienthal schon nicht mehr nachgewiesen werden. So findet sich in der Fund-Kartei von E. Hepp & R. Blum der Eintrag: „Bz. Regenstauf: Marienthal, 1957 vergeblich gesucht“ (schriftl. Mitteilung L. Meierott, Gerbrunn). Folglich wird *E. pratense* von dort in späteren Florenwerken nur noch als erloschenes Vorkommen geführt (MERGENTHALER 1982). Die vormalige Existenz von *E. pratense* bei Marienthal muss als altes Reliktvorkommen betrachtet werden. Die Art war im ganzen Gebiet nur von dieser Stelle bekannt, einzig etwas flussaufwärts bei Laichstätt existiert eine weitere Angabe für die Art aus den 1960er Jahren, ebenfalls am Ufer des Regen. Daher wiegt der Verlust vom Standpunkt des Naturschutzes aus betrachtet schwerer als der von *E. xlofotense*, da Hybriden als sehr seltene Experimente der Natur betrachtet werden müssen, die prinzipiell jederzeit wiederholt werden könnten (beide Elternarten sind noch heute im Gebiet in größeren Beständen vorhanden). Der Wiesen-Schachtelhalm (*E. pratense*) hingegen dürfte bei Marienthal mit großer Sicherheit für alle Zeiten verschwunden sein.

4.3 Zur Verbreitung von *Equisetum xlofotense*

E. xlofotense ist bislang nur von drei Stellen aus dem Norden Norwegens bekannt (LUBIENSKI 2010, LUBIENSKI & DÖRKEN 2017) und scheint, obwohl beide Elternarten im mittleren und nördlichen Europa sowie in den entsprechenden Breiten Asiens und Nordamerikas häufig sind und nicht selten zusammen vorkommen, eine sehr seltene Hybride zu sein. Sie darf nicht verwechselt werden mit den regelmäßig vorkommenden sekundär verzweigten Sprossen von *E. arvense*. Solche kommen z. B. an gestörten Stellen vor, so auch am ehemaligen Wuchsort in Marienthal, was mit der intensiven Mahd zusammenhängen könnte. Angaben von *E. xlofotense* für die Schweiz (mehrfach adventiv auf Bahngelände, DRUART 2016) sind nicht bestätigt und lassen den Verdacht einer solchen Verwechslung aufkommen. Die Hybride wird auch von mehreren Stellen für Russland angegeben (FEOKTISTOV et al. 2016). Die in dieser Arbeit präsentierten rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen der Mikromorphologie von Sprossen und Stomata zeigen jedoch eindeutig *E. sylvaticum* und belegen die ebenfalls mögliche Verwechslung mit untypischen Exemplaren dieser Art. Solche schwach sekundär verzweigten Sprosse mit zusätzlich z. T. nicht miteinander verwachsenen Zähnen an den Blattscheiden kommen gelegentlich an gestörten Stellen oder im Hochgebirge vor.

Damit ist das hier vorgestellte Vorkommen bei Marienthal das einzige bestätigte außerhalb Norwegens und für Mitteleuropa bislang einzigartig. Der Fund von E. Eichhorn und H. Sack hätte es verdient gehabt, Grundlage für die wissenschaftliche Beschreibung dieser eindrucksvollen Hybride zu werden. Es bleibt zu bedauern, dass seinerzeit offensichtlich nicht die Möglichkeiten bestanden, die Pflanzen einem breiteren wissenschaftlichen Publikum bekannt zu machen und die Aufmerksamkeit von Spezialisten zu wecken. Bedauerlich ist auch, dass die Pflanzen es nicht vermochten, am Wuchsort zu überleben.

5 Dank

Wir danken Herrn Lenz Meierott (Gerbrunn) für Literatur, zahlreiche wichtige Hinweise und Hilfen, Herrn Andreas Fleischmann (München) ebenfalls für viele wichtige Informationen sowie die Ausleihe von Herbarmaterial und die Erlaubnis, Proben für rasterelektronenmikro-

skopische Analysen entnehmen zu dürfen. Außerdem fertigte er die fotografische Aufnahme des Herbarbogens für uns an. Herr Jürgen Klotz (Regensburg) half ebenfalls mit Literatur und ermöglichte die Analyse der Herbarbelege in REG. Ihm danken wir auch für die Bestimmung von *Carex buekii*. Herr Bernd Tenbergen (Münster) ermöglichte freundlicherweise die Arbeit im Herbarium des LWL-Museums für Naturkunde in Münster.

Zudem danken wir Michael Laumann und Paavo Bergmann (Elektronenmikroskopisches Zentrum Universität Konstanz) für die technische Unterstützung bei den rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen.

6 Literatur

- BAYERISCHE BOTANISCHE GESELLSCHAFT 1933: Vereinsnachrichten. – Mitteilungen der Bayerischen Botanischen Gesellschaft **IV** (14): 237–243.
- CHRISTENHUSZ, M.J.M., BANGIOLO, L., CHASE, M.W., FAY, M.F., HUSBY, C., WITKUS, M. & VIRUEL, J. 2019: Phylogenetics, classification and typification of extant horsetails (*Equisetum*, Equisetaceae). – Botanical Journal of the Linnean Society **189**: 311–352.
- DES MARAIS, D.L., SMITH, A.R., BRITTON, D.M. & PRYER, K.M. 2003: Phylogenetic relationships and evolution of extant horsetails, *Equisetum*, based on chloroplast DNA sequence data (*rbcL* and *trnL-F*). – International Journal of Plant Sciences **164**: 737–751.
- DRUART, P. 2016: Notes de floristique neuchâteloise XIII: matériaux pour l’atlas de la flore du canton de Neuchâtel. – Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel. **136**: 79–124.
- EICHHORN, E. 1961: Flora von Regensburg. – Hoppea **24** (Sonderheft): 1–111.
- ELGORRIAGA, A., ESCAPA, I.H., ROTHWELL, G.W., TOMESCU, A.M.F. & CÚNEO, N.R. 2018: Origin of *Equisetum*: Evolution of horsetails (Equisetales) within the major euphyllophyte clade Sphenopsida. – American Journal of Botany **105**: 1–18.
- FEOKTISTOV, D.S., GUREYEVA I.I. & MOCHALOV, A.S. 2016: New for the flora of Russia records of horsetail hybrid *Equisetum* × *lofotense* Lubienski (in Russisch). – Systematic notes on the materials of P. N. Krylov Herbarium of Tomsk State University **113**: 41–50.
- GUILLON, J.-M. 2004: Phylogeny of horsetails (*Equisetum*) based on the chloroplast *rps4* gene and adjacent noncoding sequences. – Systematic Botany **29**: 251–259.
- GUILLON, J.-M. 2007: Molecular phylogeny of horsetails (*Equisetum*) including chloroplast *atpB* sequences. – Journal of Plant Research **120**: 569–574.
- HAUKE, R.L. 1963: A taxonomic monograph of the genus *Equisetum* subgenus *Hippochaete*. Beihefte Nova Hedwigia **8**: 1–123.
- HAUKE, R.L. 1978: A taxonomic monograph of *Equisetum* subgenus *Equisetum*. – Nova Hedwigia **30**: 385–455.
- HEPP, E. 1954: Neue Beobachtungen über die Phanerogamen- und Gefäßkryptogamenflora von Bayern VIII/1. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft **30**: 37–64.
- JÄGER, E.J. (Hrsg.) 2011: Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband, 20. Aufl. – Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- LIPPERT, W. & MEIEROTT, L. 2018: Kommentierte Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen Bayerns. Vorarbeiten zu einer neuen Flora von Bayern. 2. Auflage. – Bayerische Botanische Gesellschaft, München.
- LUBIENSKI, M. 2010: A new hybrid horsetail *Equisetum* × *lofotense* (*E. arvense* × *E. sylvaticum*, Equisetaceae) from Norway. – Nordic Journal of Botany **28**: 530–540.
- LUBIENSKI, M. & DÖRKEN, V.M. 2015: Ängsfräken × skogsfräken funnen i Sverige – samt en översikt över de nordiska fräkenhybriderna. [*Equisetum* × *mildeanum* Rothm. found in Sweden.] – Svensk Botanisk Tidskrift **109**: 228–239.
- LUBIENSKI, M. & DÖRKEN, V.M. 2017: Two hybrids of *Equisetum sylvaticum* (Equisetaceae) on the island of Senja, Troms, Norway. – Fern Gazette **20**: 181–196.

- LUBIENSKI, M., GERBERSMANN, C. & WOLBECK, D. 2019: Erstnachweis von *Equisetum xmeridionale* (*E. ramosissimum* × *E. variegatum*, *Equisetaceae*) für Nordrhein-Westfalen und weitere bemerkenswerte Vorkommen von Schachtelhalmen in einem stillgelegten Steinbruch bei Hagen. – Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins **10**: 62–81.
- MERGENTHALER, O. 1971: Kritische Bemerkungen zur „Flora von Regensburg“ von Eugen Eichhorn. – *Hoppea* **28** (4): 1–2.
- MERGENTHALER, O. 1982: Verbreitungsatlas zur Flora von Regensburg. – *Hoppea* **40**: 1–297.
- MILDE, J. 1865: Monographia Equisetorum. – Verhandlungen der Kaiserlichen Leopoldino-Carolinischen deutschen Akademie der Naturforscher **32**(1): 1–605.
- PRYER, K.M., SCHNEIDER, H., SMITH, A.R., CRANFILL, R., WOLF, P.G., HUNT, J.S. & SIPES, S.D. 2001: Horsetails and ferns are a monophyletic group and the closest living relatives to seed plants. – *Nature* **409**: 618–621.
- SACK, H. 1928: Kurzer Beitrag zur bayerischen Gefäßpflanzen-Flora. – *Hoppea* **17**: 79–82.
- SMITH, A.R., PRYER, K.M., SCHUETTELPELZ, E., KORALL, P., SCHNEIDER, H. & WOLF, P.G. 2006: A classification for extant ferns. – *Taxon* **55**: 705–731.
- STEWART, W.N. & ROTHWELL, G.W. 1993: Paleobotany and the evolution of plants. 2. Aufl. – Cambridge University Press, Cambridge.
- SUESSENGUTH, K. 1934: Neue Beobachtungen über die Phanerogamen- und Gefäßkryptogamenflora von Bayern. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft **21**: 1–60.
- TAYLOR, T.N., TAYLOR, E.L. & KRINGS, M. 2009: Paleobotany. The biology and evolution of fossil plants. 2. Aufl. – Academic Press Elsevier, Amsterdam u.a.