

Closterium cornu Ehrenb. ex Ralfs var. *lundellii* (Lagerh.) Willi Krieg. 1935 (Desmidiaceae) – eine Taxon-Revision

Closterium cornu Ehrenb. ex Ralfs var. *lundellii* (Lagerh.) Willi Krieg. 1935 (Desmidiaceae) – revision of a taxon

Marliese Müller

Universität-Gesamthochschule Siegen, Fachbereich 8, Siegen, Germany

Received February 26, 2001 · Accepted January 15, 2002

Abstract

The uncertain systematic placing of the desmid taxon *Closterium cornu* var. *lundellii* (nomenclature in modern identification books) is discussed by evaluation of the morphological data of a zygospore-forming population in comparison with vegetative cells of two populations of *Cl. cornu* and a zygospore-forming population of *Cl. gracile*. The distinctive features of vegetative cells and zygospores give evidence for independent species status of the discussed taxon, not for that of variety of the species *Cl. cornu* or *Cl. gracile*. Therefore return to classification *Closterium lundellii* LAGERH. 1883 is required. Further, the first detailed description of *Closterium lundellii*, both vegetative cells and zygospores, is given, illustrated and proved by drawings and scanned microphotographs.

Key words: Desmids – *Closterium lundellii* – *Closterium gracile* – species morphology – differential features – zygospores – taxon classification

1. Einleitung

Closterium cornu EHRENB. ex RALFS var. *lundellii* (LAGERH.) WILLI KRIEG. 1935 (RŮŽIČKA 1977; FÖRSTER 1982) stellt ein umstrittenes Desmidiaceen-Taxon dar. Ungenaue Kenntnisse, widersprüchliche Aussagen und unzuverlässige oder fehlende zeichnerische Darstellungen, vor allem betreffs der Merkmale der vegetativen Zellen, führten zu einer vierfach wechselnden systematischen Zuordnung:

- zum Typus *Cl. gracile* BRÉB. ex RALFS 1848,
- als Varietät *lundellii* (LAGERH.) KOSSINSK. 1960 zu *Cl. gracile*,
- als eigenständige Art *Cl. lundellii* LAGERH. 1883

– und als Varietät *lundellii* (LAGERH.) WILLI KRIEG. 1935 zu *Cl. cornu* EHRENB. ex RALFS 1848.

Präzise Beschreibungen/Zeichnungen nach neueren Funden, die zur Klärung der Zugehörigkeit führen könnten, liegen bislang nicht vor. Dies zeigen die Werke zur Systematik und Biologie der Zieralgen von RŮŽIČKA (1977) und FÖRSTER (1982), in denen das Taxon als *Cl. cornu* var. *lundellii* geführt ist. RŮŽIČKA (1977) reproduziert die Darstellungen der Zygosporen von LUNDELL (1871) und HOMFELD (1929). Zu den vegetativen Zellen merkt der Autor an „Die wichtigsten Merkmale vegetativer Zellen sind nicht bekannt“ (S.105) und spricht von einer unklaren und unsicheren Varietät. FÖRSTER (1982, S. 73) gibt die Meinung von KRIEGER (1935) wieder, wenn

*Corresponding author: Prof. Dr. Marliese Müller, Universität Siegen, Fachbereich 8, Adolf-Reichwein-Straße 2, D-57068 Siegen, Germany; Phone: ++49(0)271/740-3118, Fax: ++49(0)271/740-47 30, e-mail: armbrust@uni-siegen.de

er von den Zellen behauptet, dass sie „im vegetativen Zustand schwer von var. *cornu* zu unterscheiden“ seien.

Hier eine Entscheidung zu treffen, ermöglicht der eigene Fund einer Population des Taxons *lundellii* mit Zygosporien. Förderlich wirkt sich dabei aus, dass aus Untersuchungen von Teichen eines dem Fundort nahen Gebietes Daten einer Zygosporien bildenden Population von *Cl. gracile* und zweier Populationen von *Cl. cornu*, bei denen aber bislang keine Zygosporien beobachtet wurden, für eine vergleichende Auswertung zur Verfügung stehen. Der Schwerpunkt liegt auf der Abgrenzung der Species *gracile* und *lundellii*.

2. Biotopbeschreibung

Die Zygosporien bildende Population von *Cl. lundellii* besiedelt einen von acht Teichen, die 1988 in einer Gruppe im Tal der Bustenbach angelegt worden sind. Die Bustenbach ist ein kleiner Nebenbach des Hundsdreller Baches im Einzugsbereich des Oberlaufs der Eder (Deutsche Grundkarte 1:5000, 5015/7). Der Teich bedeckt bei mittlerem Wasserstand eine Fläche von etwa 50 m², ist ca. 1,5 m tief in lehmigen Untergrund gegraben und besitzt eine breite, flache Uferzone. Sein pH-Wert schwankte im Untersuchungszeitraum (28.04. bis 20.11.2000) zwischen 5,4 und 6,6, wobei der Unterschied zwischen einzelnen Bereichen bei zeitgleicher Messung bis zu 0,6 betrug. Für die Leitfähigkeit galten Werte zwischen 59,2 und 98,7 µS·cm⁻¹. Der Teich wird von einem permanent Wasser spendenden Quellhorizont gespeist.

In etwa 2 km Entfernung von den Bustenbach-Teichen befinden sich die Teiche mit den Populationen von *Cl. cornu* und der Zygosporien bildenden Population von *Cl. gracile* sowie mit weiteren Populationen dieser Species. Sie wurden 1985 in einem ehemaligen Niedermoorgebiet am südöstlichen Rande der Ortschaft Lützel angelegt (Deutsche Grundkarte 1:5000, 5015/7). Sie haben eine Oberfläche bis gut 20 m², bei einer Tiefe zwischen 1–1,5 m. Ihr pH-Wert schwankte je nach Wasserstand und Biozönosezyklus zwischen 5,4 und 7,1, die Leitfähigkeit zwischen 67 und 130 µS·cm⁻¹. Wie bei den Bustenbachteichen handelt es sich um Silikatgewässer mit einer sehr geringen Gesamthärte (2–3 °dH). Ihr Charakter ist oligotroph/β-mesotroph (I-II), einige der Lützelteiche tendieren zur β-Mesotrophie (II). Alle Gewässer sind reich an Eisenverbindungen.

Die Teiche befinden sich in fortgeschrittener Verlandung, gekennzeichnet durch weit in die Gewässer vorgegründene Bestände von *Carex*-Arten und (z.T.) *Juncus bulbosus* bzw. *Juncus effusus*. Das Untersuchungsgebiet liegt im unteren Montanbereich des Rothaargebirges, in einer Höhe zwischen 525 und 540 m.

Die Zygosporienfunde datieren vom 13.05.1999 (*Cl. gracile*) bzw. 28.04.2000 (*Cl. lundellii*). Die Funde sind

durch Mikrofotografien belegt; zusätzlich wurde Referenzmaterial in 4%igem Formaldehyd fixiert. Dieses Referenzmaterial ist in das „Herbarium Hamburgense“, Institut für Allgemeine Botanik der Universität Hamburg, übernommen worden.

3. Bisheriger Kenntnisstand

Die Zygosporien sind ein besonders wichtiges Differentialelement für die taxonomische Einordnung. Ein kurzer Abriss der maßgeblichen Aussagen der Literatur, ergänzt durch die Wiedergabe der Originalzeichnungen (siehe Tafel 1: 1–9), dient als Diskussionsgrundlage für die eigenen Beobachtungen. Die Abbildungen sind auf eine vergleichbare Größe gebracht, die Maßangaben sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Angaben von RALFS (1848) zu Zygosporien von *Cl. cornu* sind nicht berücksichtigt, da diese Zygosporien später (RŮŽIČKA 1977) *Cl. tumidum* JOHNS. zugerechnet worden sind. Die Auswertung der Literatur zu den vegetativen Zellen erfolgt zusammen mit der Darstellung der eigenen Ergebnisse (siehe Kapitel 5). An dieser Stelle sind nur Aussagen zur vegetativen Form einbezogen, die in unmittelbarem Zusammenhang mit der Zuordnung der Zygosporien gemacht wurden.

WOLLE (1892, S. 40) nennt BRÉBISSON (1856) als Autor der Originalbeschreibung einer *Cl. gracile* zugerechneten viereckigen Zygosporie mit abgerundeten Ecken, die jede einen kurzen Dorn tragen. Die zitierte Arbeit von BRÉBISSON enthält jedoch keine derartige Aussage. Anhand der Angaben von WOLLE für die Zygosporie ist vielmehr anzunehmen, dass BRÉBISSON, der 1856 die vegetativen Zellen von *Cl. gracile* beschreibt und zeichnerisch darstellt, irrtümlich auch der Zygosporienfund zugerechnet worden ist, der in Wirklichkeit von LUNDELL (1871) stammt. Letzterer skizziert die Zygosporie mit langen gerundeten Fortsätzen (LUNDELL 1871, Taf.V: 15; siehe Tafel 1: 1). Offensichtlich in Unkenntnis der Tatsache, dass ARCHER 1868 für *Cl. gracile* BRÉB. eine runde/breit elliptische Zygosporienform nachwies, ordnet er sie nach den vegetativen Zellen dieser Art zu, aber nur mit Bedenken: „Ad *Cl. gracile* BRÉB. pertinere mihi visa est haec forma, quamvis apicibus non tam subito curvatis paullum diversa“ (S. 82). Bereits ein Jahr später fordert NORDSTEDT (1872, S. 40) anhand eines eigenen Fundes von runden/breit elliptischen Zygosporien und gestützt auf die übereinstimmende Zygosporien-Beschreibung von ARCHER (1868, S. 292; nicht nach NORDSTEDT S. 196), *Cl. gracile* BRÉB. und *Cl. gracile* LUND. als getrennte Taxa zu werten: „Denne senare form (*Cl. gracile* LUND., die Autorin) kan dock ej räknas hit (zu *Cl. gracile* BRÉB., die Autorin), emedan den har fyrkantiga sporer; utan bör den få ett annat namn.“ Er nimmt jedoch keine Neubenennung vor. Erst LAGERHEIM

(1883, S.53) erkennt der Desmidiacee als „*C. LUNDELLII* NOB.“ mit derselben Begründung den Art-Rang zu, dass nämlich nach ARCHER (1868) und NORDSTEDT (1873) die Zygosporie von *Cl. gracile* erwiesenermaßen rund sei und somit viereckige Zygosporien mit Fortsätzen, wie er sie auch selbst fand, nicht dieser Art zugeordnet werden dürften. Der Auffassung von LAGERHEIM schließen sich an: DE-TONI (1889, S. 818/819), ROY & BISSET (1894), die nach zwei eigenen Funden eine runde Zygosporie für *Cl. gracile* bestätigen (S. 244/245) sowie W. & G.S. WEST (1904), ROLL (1915) und SKUJA (1928). W. & G.S. WEST greifen auf die Darstellung von LUNDELL zurück (1904, Pl. XXI, fig. 17) und äußern zu den vegetativen Zellen: „exactly similar to those of *Cl. gracile* BRÉB.“ (1904, S. 169). Für die Zygosporien von *Cl. gracile* geben sie runde und rechteckige Gestalt, letztere mit abgerundeten, nicht verdickten Ecken an (1904, Pl. XXI, fig. 11,12; siehe Tafel 1: 4). Die Zygosporie von *Cl. cornu* unterscheidet sich nach ihnen von dem rechteckigen Zygosporientyp von *Cl. gracile* durch stärker vorgezogene Ecken (1904, Pl. XX, fig. 5; siehe Tafel 1: 7). ROLL (1915, Taf. 2: 23; siehe Tafel 1: 2) zeichnet die von ihm gefundenen Zygosporien von *Cl. lundellii* rechteckig

mit gewölbten Ecken und ungleich langen Fortsätzen. SKUJA (1928, S. 134) bestätigt nach eigenem Material, dass die Zygosporie von *Cl. lundellii* den Abbildungen bei W. & G.S. WEST (1904) und ROLL (1915) entspreche bis auf etwas kürzere Fortsätze als von ersteren gezeichnet; Messwerte für die Zygosporiendimensionen werden nicht angegeben. Der Zygosporien-Nachweis von SKUJA ist der vierte und letzte als gesichert anzusehende, der in der Literatur ermittelt werden konnte.

HOMFELD (1929) hält wegen der eckigen Grundgestalt der Zygosporien eine Verbindung zu *Cl. cornu* für möglich. Er beschreibt dessen Zygosporien „mit abgerundeten Ecken, bald tragen sie an den Ecken mehr oder weniger entwickelte Stacheln“ (S. 18 und Taf. II: 12–17; siehe Tafel 1: 3,8,9). In diesem Zusammenhang äußert er: „Vielleicht gehört *C. Lundellii* LAGERH. hierher“ (S. 18). Für *Cl. gracile* var. *elongatum* ist eine kugelige, glatte Zygosporie erwähnt und in seiner Tafel II:19 dargestellt (siehe Tafel 1: 5); Hinweise auf diejenige des Typus werden nicht gegeben.

KRIEGER (1935, S. 270) nimmt dann die Zuordnung zu *Cl. cornu* als Varietät *lundellii* vor: „Der Unterschied vom Typus liegt in der Zygote. Diese ist rechteckig mit abge-

Tabelle 1. Dimensionen der Zygosporien nach Literaturangaben.

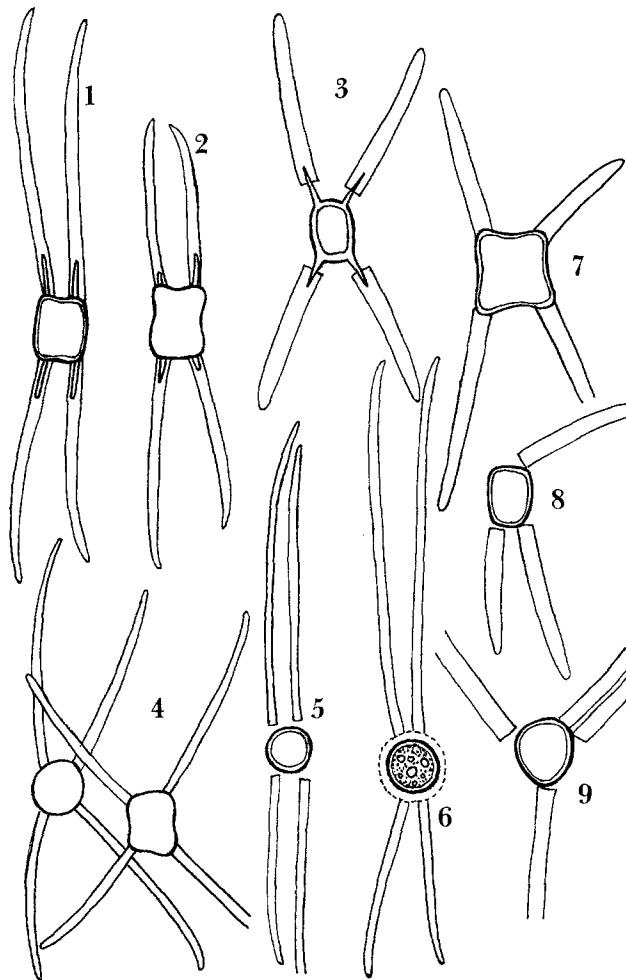
Table 1. Dimensions of zygospores according to literature.

Autor	<i>Cl. lundellii</i>		<i>Cl. gracile</i>	<i>Cl. cornu</i>
NORDSTEDT (1873)			27 × 20 µm	
ROY et al. (1894)			22,5 µm	
LUNDELL (1871)	28–30 × 22 µm o.D.	=	<i>Cl.grac.</i> LUND.	
LAGERHEIM (1883)	21 µm o.F., F. 10 µm			
W. & G.S. WEST (1904)	28–30 × 22 µm o.D. Dornen 16–17,5 µm		20–25,7 µm	23–30 µm
ROLL (1915)	18 × 20 µm o.F., Fortsätze 12 µm			
HOMFELD (1929)			21 µm var. <i>el.</i>	26–30 × 17–23 µm
KRIEGER (1935)	26–30 × 17–23 µm, ohne Dornen Dornen 16–24 µm als var. von <i>cornu</i>		27–30 × 20–22 µm	23–30 × 17–23 µm
KOSSINSKAJA (1960)	20–22 µm L./Br. Fortsätze 10 µm		21 µm var. <i>el.</i>	23–30 × 17–23 µm
FÖRSTER (1982)	dornenför.Forts., sonst wie <i>Cl. cornu</i>		27–30 × 20–22 µm und 20–30 µm	23–30 × 17–23 µm
RŮŽIČKA (1977)	28–30 × 22 µm o.St. 20 × 18 µm 23–30 × 17–22 µm, 26 × 26 µm*, St.-L. 4,5–23 µm*(geschätzt)		etwa 20–30 µm etwa 21 µm var. <i>el.</i>	23–30 × 17–23 µm

* Herkunft der Daten unklar

rundeten Ecken, konkaven Breitseiten und konvexen Längsseiten. In die 4 leeren Halbzellen ragen 16–24 μ lange Dornen hinein“. Die Darstellung der Zygosporen von Typus und Varietät übernimmt er von HOMFELD (1929, Taf. 15:9,14). Die Grundlage für die Beurteilung der vegetativen Zellen bleibt ungeklärt.

Für *Cl. gracile* beschreibt KRIEGER (1935) die Zygosporen übereinstimmend mit W. & G.S. WEST (1904) als „kugelig mit Gallerthülle, zuweilen unregelmäßig in den Umrißlinien, manchmal abgerundet rechteckig mit etwas konkaven Seiten“ (S. 311). Auf seiner Taf. 30: 11



Tafel 1. Zygosporen von *Cl. lundellii* nach 1 – LUNDELL (1871), 2 – ROLL (1915), 3 – HOMFELD (1929); Zygosporen von *Cl. gracile* nach 4 – W. & G.S. WEST (1904), 5 – HOMFELD (1929), 6 – KRIEGER (1935); Zygosporen von *Cl. cornu* nach 7 – W. & G.S. WEST (1904), 8 und 9 – HOMFELD (1929).

Plate 1. Zygospores of *Cl. lundellii* according to 1 – LUNDELL (1871), 2 – ROLL (1915), 3 – HOMFELD (1929); zygospores of *Cl. gracile* according to 4 – W. & G. S. WEST (1904), 5 – HOMFELD (1929), 6 – KRIEGER (1935); zygospores of *Cl. cornu* according to 7 – W. & G.S. WEST (1904), 8 and 9 HOMFELD (1929).

ist eine kugelige Zygospore (von var. *elongatum*) dargestellt (siehe Tafel 1: 6), Maße werden jedoch nur für rechteckige Exemplare angegeben.

KOSSINSKAJA (1960) plädiert auf der Basis von Literaturauswertung für die Zugehörigkeit zu *Cl. gracile* BRÉB. als neue Varietät „var. *Lundellii* (LAGERH.) KOS-SINSK.“ (S. 141). Sie übernimmt die Zygosporendarstellungen von W. & G.S. WEST (Taf. VII: 10) und von ROLL (Taf. XXV: 13). Für *Cl. cornu* werden die Zygosporenzeichnungen von HOMFELD (Taf. XI: 9–13) reproduziert, auch diejenigen, die KRIEGER (1935) der Varietät *lundellii* zurechnet.

4. Untersuchungsergebnisse zu den Zygosporen

4.1. Die Zygosporen von *Cl. lundellii*

In einer von mehreren, mit einem Planktonnetz (Maschenweite 55 μ m) im Uferbereich eines Bustenbach-Teichs genommenen Proben fanden sich insgesamt 16 Zygosporen, die – ohne Berücksichtigung der vegetativen Zellen – nach RŮŽIČKA (1977) *Closterium cornu* var. *lundellii* zuzurechnen waren. Es handelte sich ausnahmslos um junge Zygosporen, deren Skulpturdifferenzierung z.T. noch nicht abgeschlossen war. Ihr Aussehen ist der Tafel 2, Fig. 1–9 (Zeichnungen nach Mikrofotografien) sowie der Tafel 3, Fig. 6–8 (gescannte Originalaufnahmen) zu entnehmen.

• Morphologie der Zygosporen

– **Größenangaben:** Dimension 26,7–34,7 \times 21,3–28 μ m ohne Fortsätze; Länge:Breite 1,06–2,86; die Zygosporengrundform variiert in Frontalansicht bei Projektion in eine Ebene von fast quadratisch (selten) bis (meist) rechteckig; Dicke ca. 19,5–20,3 μ m; n = 15. Länge der Fortsätze (0)–2,7–14,7–(26,7) μ m.

Den Wert von 26,7 μ m erreicht nur jeweils ein Fortsatz bei zwei Zygosporen, ein weiterer 18,4 μ m, ansonsten beträgt die Maximallänge 14,7 μ m. Bei einer Zygospore fehlen die Fortsätze völlig, bei einer anderen sind sie auf etwa 1 μ m messende Eckenerhöhungen reduziert. Die nicht in die Messserie einbezogene Zygospore war zum Fundzeitpunkt mit Sicherheit noch nicht endgültig ausdifferenziert.

Die Dimensionen der Zygosporen entsprechen den von LUNDELL (1871) genannten Werten weitgehend, während die Exemplare von LAGERHEIM (1883) und ROLL (1915) kleiner sind.

– **Ecken der Zygosporen:** Die Ecken der Zygosporen sind abgerundet und deutlich, meist stark, warzenförmig vorgezogen, die Breitseiten konkav eingesenkt, die Längsseiten leicht konkav bis fast gerade. Die Ecken der Zygosporen liegen nicht in einer Ebene, sondern sind

tetraederartig gegeneinander verdreht. Da aus diesem Grund auf Fotografien stets nur Teile der Zygosporen scharf abgebildet sind, wurden für Tafel 2 Rekonstruktionen nach Serienaufnahmen mit unterschiedlichem Tiefenschärfenbereich gezeichnet. Dabei sind die Zygosporen in Tafel 2, Fig. 1, 2 parallel zu den Darstellungen in der älteren Literatur in Frontalansicht in eine Ebene projiziert gedacht, ansonsten ist angestrebt, die räumlichen Lagebeziehungen sichtbar zu machen. Die Umriss der nach oberhalb und unterhalb der Bildebene weisenden Halbzellen sind gestrichelt. Drei der verwendeten Fotos wurden in Tafel 3 (Fig. 6–8) übernommen, um einen Vergleich zu den Zeichnungen zu ermöglichen und die protoplasmatischen Anteile der Zygosporen zu demonstrieren.

– **Lateralansicht:** In Lateralansicht erscheint die Zygospore bei Aufblick auf eine Seite mit zwei in einer Ebene liegenden Fortsätzen oval (= Messwert für die Dicke, siehe Tafel 2: 8), bei Schräglage mehr oder minder abgerundet dreieckig (siehe Tafel 2: 3,7).

– **Fortsätze:** An den Ecken bildet das Exospor hyaline, konische Fortsätze mit abgerundetem Ende. Ihre Länge ist sehr unterschiedlich (siehe oben), auch bei der einzelnen Zygospore. Fehlbildungen in der Form (siehe Tafel 2: 8) kommen vor, auch ist die Zelluloseeinlagerung bei den langen Fortsätzen nicht immer kontinuierlich erfolgt, sondern es sind plasmatische Einschlüsse vorhanden (siehe Tafel 2, Fig. 1,2,6 und Tafel 3, Fig. 6). In den Fällen, in denen der Protoplast ein Stück in den Fortsatz hinein ragt (siehe Tafel 2: 1,2,8), ist die Zelluloseeinlagerung offensichtlich noch nicht abgeschlossen.

– **Wanddicke:** Die Wanddicke beträgt etwa 1,1–1,5 μm .

– **Exospor:** Das Exospor erscheint im lichtmikroskopischen Bereich skulpturlos glatt.

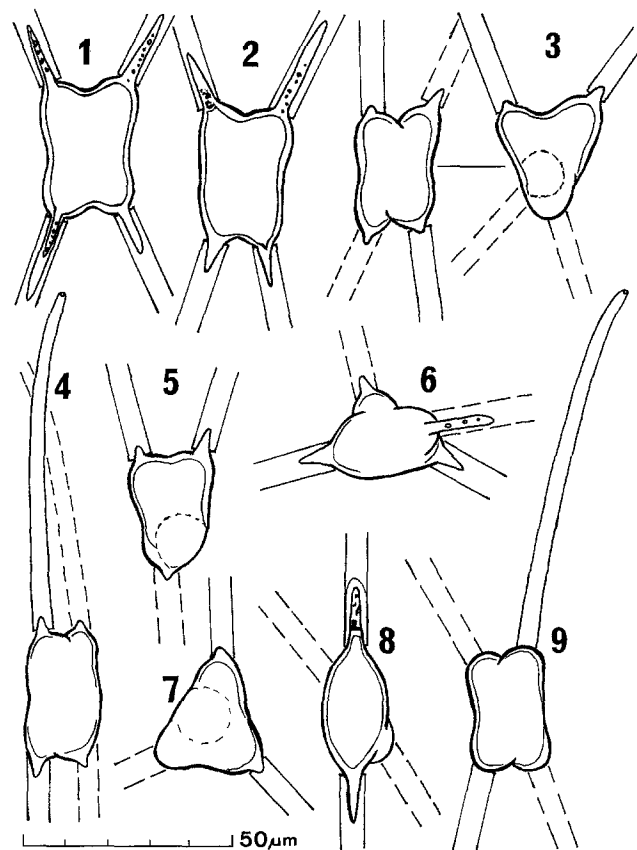
– **Mesospor:** Das Mesospor ist nicht gefärbt. Wahrscheinlich entspricht dies nicht dem Reifestadium, da LAGERHEIM (1883) für die Zygospore von *Cl. lundellii* eine innere, braun gefärbte Membran angibt, bei der es sich nach dem heutigen Wissensstand über Zygosporen anderer Desmidiaceenarten um das Mesospor handeln muss. Nach verschiedenen Autoren nimmt die Reifung einer Zygospore, welche Ausdifferenzierung und Färbung des Mesospors einschließt, deutlich längere Zeit in Anspruch als die Skulpturdifferenzierung des Exospors: KIES (1964,1968; hier auch eine Literaturübersicht, ebenso in BROOK 1981) weist für die Zygosporen von *Cl. acerosum* (SCHRANK) EHRENB. und *Micrasterias papillifera* BRÉB. nach, dass erst drei Tage bzw. zwei Wochen nach der Fixierung der Außenstruktur alle Membrananteile fertig ausgebildet und gefärbt sind (Laborversuche bei 18 °C, also einer Dauertemperatur weit über den für die eigenen Freilandfunde gültigen Werten). Diese Frage kann z.Z. nicht geklärt werden. Probe-

nahmen an den zwei auf den Fund folgenden Tagen sowie zweimal nach jeweils einer Woche an der Fundstelle und in dichten Abständen im weiteren Rand- und Bodenbereich des Teichs erbrachten zwar regelmäßig vegetative Zellen in größerer Anzahl, aber keine weiteren Zygosporen. Dies gilt auch für eine intensive Suche im Frühjahr/Frühsummer 2001.

– **Orientierungsebenen:** Die Orientierungsebenen der Konjugationspartner sind gegeneinander gedreht, die Zygosporen liegen zwischen den in der Horizontalebene auseinander gewichenen Zellhälften. Die Fortsätze ragen ganz in die leeren Halbzellen hinein. Eine Gallerthülle war nicht zu beobachten.

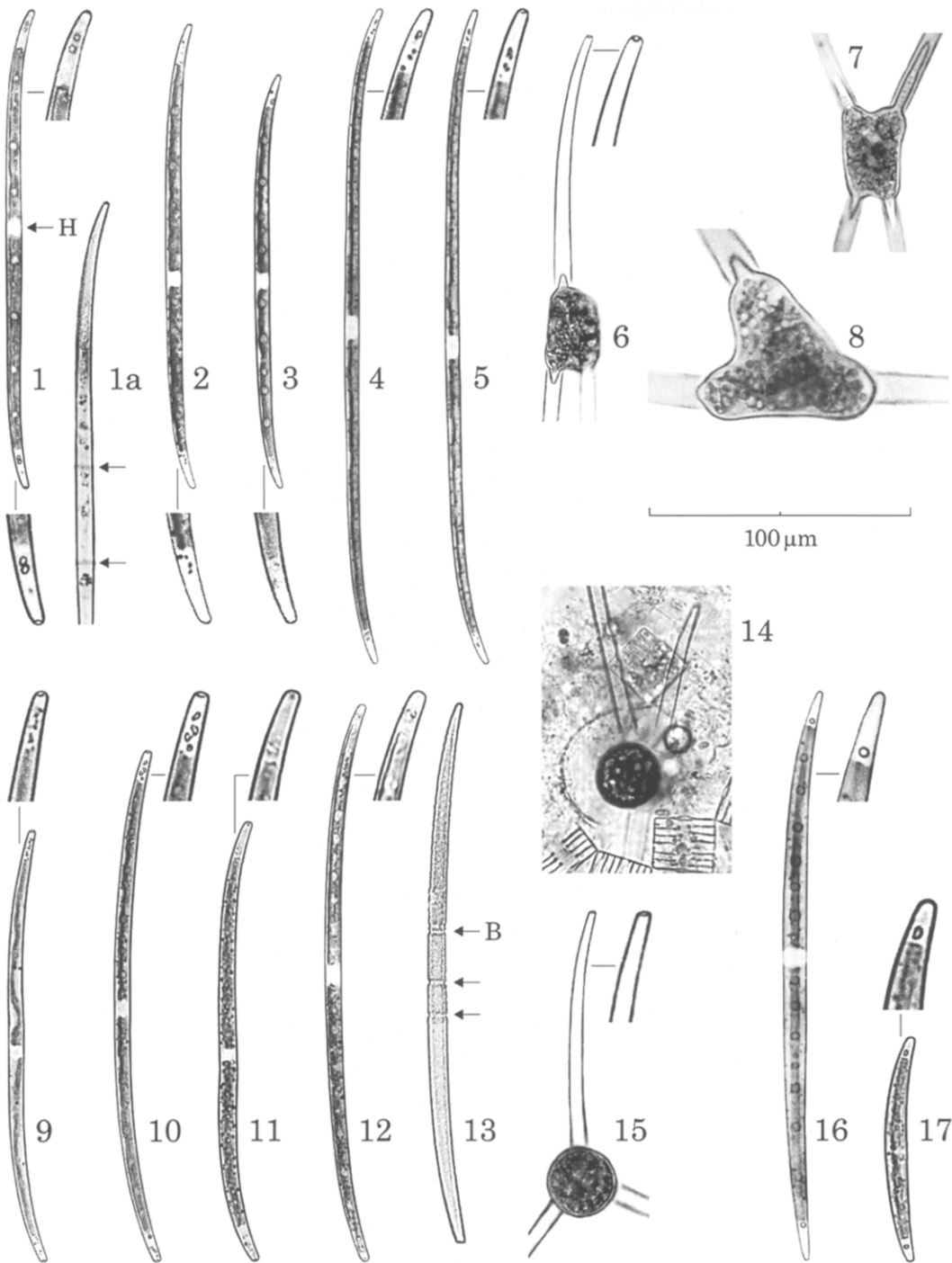
• **Bildung und Differenzierung der Zygosporen**

Im vorliegenden Fall stellt die Zygosporenbildung bei *Cl. lundellii* einen Vorgang dar, an dem nur wenige Indi-



Tafel 2. Zygosporen von *Cl. lundellii*. 1 und 2 – in eine Ebene projizierte Frontalansicht, 3–7 und 9 – räumliche Ansichten, 8 – Lateralansicht. (Zu Fig. 2–4 siehe auch Tafel 3: Fig. 6–8). Originale, Zeichnungen nach Mikrofotografien.

Plate 2. Zygospores of *Cl. lundellii*. 1 and 2 – front view projected plane-like, 3–7 and 9 – three-dimensional views, 8 – lateral view. (For Figs. 2–4 see also Plate 3: Figs. 6–8). Original drawings, copies of microphotographies.



Tafel 3. Morphae vegetativer Zellen: **1–5** – *Cl. lundellii*; **9–12** – *Cl. gracile*; **16** und **17** – *Cl. cornu*. Pseudogürtelbänder (Grenzen durch Pfeile markiert) und Querband (B): **1a** *Cl. lundellii*; **13** *Cl. gracile*. Zygosporen: **6–8** – *Cl. lundellii*; **14** und **15** – *Cl. gracile*. (Zu Fig. 6–8 siehe auch Tafel 2: Fig. 2–4). (← H) = Horizontalebene. Originale, gescannte Mikrofotografien. Die Apex-Regionen sind gegenüber dem eingezeichneten Maßstab auf das Doppelte vergrößert, ebenso Fig. 8.

Plate 3. Morphae of vegetative cells: **1–5** – *Cl. lundellii*; **9–12** – *Cl. gracile*; **16** and **17** – *Cl. cornu*. Pseudogirdle bands (boundaries indicated by arrows), and transverse band (B): **1a** – *Cl. lundellii*; **13** – *Cl. gracile*. Zygospores: **6–8** – *Cl. lundellii*; **14** and **15** – *Cl. gracile*. (For Figs. 6–8 see also Plate 2: Figs. 2–4). (← H) = horizontal plane. Scanned original microphotographies. Magnification of apices and Fig. 8 double the scale line.

viduen auf eng begrenztem Raum des Gewässers beteiligt waren. Mit der Einschränkung, dass sich die Aussagen nur auf einen Fund begründen, äußert sich hierin möglicherweise eine geringe Tendenz zur Zygosporienbildung, wie sie nach FRITSCH (1930) mit systematischer Höherentwicklung bei den Desmidiaceen gegeben sein soll. Zum anderen bestätigt das räumlich eng begrenzte Zygosporien-Vorkommen die Erfahrungen dieses Autors sowie die Angaben von HOMFELD (1929) und COESEL (1974), welche Zygosporien stets in Nestern vorgefunden haben. Die Angabe von ROLL (1915, S. 203), dass er die Zygosporien von *Cl. lundellii* „in einer großen Menge in einem Torfmoor“ (Übersetzung) gefunden habe, muss dazu keinen Widerspruch darstellen: Auf Grund fehlender Daten ist keine Relativierung möglich, weder bezüglich der Abundanz noch der Dispersion der Zygosporien im Verhältnis zu den vegetativen Zellen. Auch führt ROLL den Zygosporienfund nur für einen von drei Vorkommensorten der Art an.

Während bei den in der selben Probe enthaltenen Zygosporien von *Cl. kuetzingii* BRÉB. var. *kuetzingii* keinerlei Unregelmäßigkeiten festzustellen waren, ist die unterschiedliche, teils gestört wirkende Ausprägung der Fortsätze der *Cl. lundellii*-Zygosporien auffällig. Eine derartige Beobachtung beschreibt auch LUNDELL: „Zygosporae subquadratae, angulis rotundatis, in aculeum magis minusve elongatum plerumque protractis“ (1871, S. 80). Es bleibt zu klären, ob die Zygosporie von *Cl. lundellii* während des Differenzierungsprozesses besonders empfindlich auf Änderungen im osmotischen Wert des Milieus reagiert, wie sie z.B. lokal durch fallenden Wasserstand (zum Untersuchungszeitpunkt auf das Fundhabitat zutreffend) bedingt sein können. Grundlegende Experimente hierzu stammen von KIERMAYER & JAROSCH (1962) und KIES (1968). Nach diesen Autoren ist für die Ausbildung von Fortsätzen sowohl bei vegetativen Zellen als auch bei Zygosporien ein endogen bedingtes Anlagemuster zusammen mit dem Turgordruck bestimmend. Eine Erhöhung des osmotischen Wertes des Milieus, z.B. in den Randpartien von Gewässern durch Austrocknung, hemmt bei den von KIES untersuchten Zygosporien von *Micrasterias papillifera* BRÉB. in unterschiedlichem Grad die Ausdifferenzierung der Fortsätze. Mit einer solchen modifikatorischen Interpretation stimmt auch die Mutmaßung von RŮŽIČKA (1977, S. 104) überein, es sei „nicht ausgeschlossen, daß die Stacheln an den Ecken von Zygosporien (des Taxons *lundellii*, die Autorin) nur ein unbeständiges, nur unter gewissen Bedingungen sich entwickelndes Merkmal sind.“

4.2. Die Zygosporien von *Cl. gracile* var. *gracile*

Die Zygosporien stammen von einer Population, die nach den Differentialmerkmalen der vegetativen Zellen

(siehe Kapitel 5.2.) zweifelsfrei als *Cl. gracile* BRÉB. ex RALFS var. *gracile* einzuordnen ist. Am 13.05.1999 waren in dieser Population sehr viele Individuen in Zygosporienbildung begriffen. Wie bei *Cl. lundellii* war die Zygosporienbildung auf einen räumlich begrenzten Bereich des Gewässers beschränkt, allerdings ebenso das der vegetativen Zellen.

Die Anzahl der ausgewerteten Zygosporien beträgt 108.

• Morphologie der Zygosporien

– **Größenangaben:** Dimensionen 22,7–26,7 × 21,3–24 µm; Länge:Breite 1,06–1,23 (davon bei 16 Individuen 1,06–1,13); n = 18.

Durchmesser 20,8–25,3 µm; n = 87.

Demnach sind 83% der Zygosporien kugelig (siehe Tafel 3: 14,15), die übrigen 17% ellipsoidisch. Bei der Mehrzahl der letzteren läßt sich der Umriss nur nach dem Messergebnis als oval charakterisieren (Länge: Breite). Die Maße umfassen die für runde/ovale Zygosporien in der Literatur genannten Werte.

Nicht in die Messungen einbezogen sind drei noch nicht ausdifferenzierte Zygosporien mit etwas eckig ellipsoidischer Gestalt. Abgerundet rechteckige Zygosporien mit konkaven Seiten, wie in W. & G.S. WEST (1904, Pl. XXI, fig. 12; siehe Tafel 1: 4, rechtes Exemplar) und COESEL (1983, Pl.2 : 6) dargestellt, wurden nicht beobachtet.

– **Wanddicke:** Die Wanddicke beträgt ca. 1,1–1,3 µm.

– **Exospor:** Das Exospor erscheint im lichtmikroskopischen Bereich glatt.

– **Mesospor:** Das Mesospor ist ungefärbt. Zwar zeigen manche älteren Zygosporien bei durchsichtiger Hülle peripher einen rötlich-braunen Farbton, doch ist dieser nicht durch ein gefärbtes Mesospor, sondern durch Insideration des Exospors bedingt.

– **Lage der Zygosporien:** Die Zygosporien liegen zwischen den in der Horizontalebene auseinander gewichenen Zellhälften der Konjugationspartner.

– **Hülle:** Sie sind von einer nicht beständigen Gallerthülle mit einer Dicke bis etwa 20 µm umgeben (siehe Tafel 3: 14; die Grenze der Hülle ist links und oben durch anhaftende Partikel markiert).

Die Form der Zygosporien, die Skulpturlosigkeit des Exospors, seine Einfärbung in manchen Fällen sowie die Lage der Zygosporie zu den Konjugantenhälften bestätigen die Beschreibungen von ARCHER (1868, S. 292), NORDSTEDT (1873, S.40) und ROY et al. (1894, S. 244/245). Das Aussehen der Zygosporien entspricht den Darstellungen in HOMFELD (1929, Taf. II: 19) und KRIEGER (1935, Taf. 30: 11) für *Cl. gracile* var. *elongatum*, eine Varietät, deren Berechtigung MIX (1970) und FÖRSTER (1982) bezweifeln. Auch RŮŽIČKA (1977) hält eine Überprüfung des taxonomischen Wertes für angebracht.

5. Untersuchungsergebnisse zu den vegetativen Zellen

Von den drei Species, denen das Taxon *lundellii* zugeordnet wurde, liegen für *Cl. gracile* und *Cl. cornu*, im Gegensatz zu *Cl. lundellii*, detaillierte Beschreibungen und Zeichnungen der vegetativen Zellen vor. Um eine eventuelle Zugehörigkeit des Taxons *lundellii* zu *Cl. cornu* zu beurteilen, ist ein kurzer Überblick über die in der Literatur diagnostizierten und bei den eigenen Populationen bestätigt gefundenen Differentialmerkmale der letzteren Art ausreichend. Die Charakteristika von *Cl. gracile* werden wegen dessen Ähnlichkeit mit *Cl. lundellii* ausführlich dargestellt. Auf *Cl. limneticum* LEMM., von W. & G.S. WEST (1900, 1904) zu *Cl. gracile* gerechnet, als weitere Art einzugehen, erübrigt sich: RŮŽIČKA (1962, S. 185) hielt zwar eine Identität mit *Cl. lundellii* für nicht ausgeschlossen wenn auch nicht für wahrscheinlich; der Nachweis einer kugeligen Zygospore für *Cl. limneticum* var. *fallax* RŮŽIČKA durch COESEL & TEIXEIRA (1974, S.607) klärte aber diese Frage mit dem Ergebnis, „that *Cl. limneticum* LEMM. is not identical with *Cl. lundellii* LAGERH.“.

Die morphologischen Merkmale der Populationen sind den gescannten Mikrofotos auf Tafel 3 zu entnehmen. Die Scanner-Technik wurde gewählt, um die Konturen der Zellen exakter als durch Handzeichnungen und kontrastreicher als durch Originalfotos darstellen zu können. Die Typisierung der Apex- bzw. Zellendenform erfolgt nach RŮŽIČKA (1977, S. 81, Textfig. 17: 5, 6, 7, 10).

5.1. Vegetative Zellen von *Cl. cornu* EHRENB. ex RALFS var. *cornu*

Basionym, Originalbeschreibung und Originalabbildung: *Closterium cornu* EHRENB. ex RALFS 1848, S. 176, Taf. 30: 6f, g.

Die Autoren einer Vielzahl von Angaben zu *Cl. cornu* einschließlich anerkannter und nicht anerkannter oder zweifelhafter Varietäten sowie die Synonyme bis zum Jahre 1934 sind einer ausführlichen Übersicht in KRIEGER (1935, S. 269) zu entnehmen. Als Basis für die Beurteilung der eigenen Ergebnisse dienen die Angaben von RŮŽIČKA (1977) und FÖRSTER (1982).

• Morphologie der vegetativen Zellen

Daten vom 30.04.1990; n = 30

Dimension 72–124 × 8–10 µm; L.:Br. 9–12,9; Apex 3–3,3 µm.

Die Mess-Serie stammt aus einer vor Jahren begonnenen Langzeituntersuchung und beinhaltet Werte von zwei Populationen aus relativ kurzen, gedrungenen Individuen (siehe Tafel 3: 17). Lange schmale Ökomorphae wurden dagegen in einem sehr großen Teich der Region am 30.6.2000 gefunden. Die Abbildung eines solchen Exemplars ist zum Vergleich beigelegt (siehe Tafel 3: 16); Dimension 210,7 × 8,5 µm; L.: Br. 24,8; Apex ca. 2,7 µm.

Die Differentialmerkmale beider Ökomorphae stimmen mit den Beschreibungen und Zeichnungen in RŮŽIČKA (1977, S. 103 und 105, Taf. 8: 1–5) und FÖRSTER (1982, S. 72/73, Taf. 4: 18) überein. In Bezug zu den beiden anderen Arten ist das Taxon *cornu* wie folgt zu charakterisieren:

Die Zellen sind kürzer und breiter als die von *Cl. gracile* und *Cl. lundellii*, ihre Dorsalseite verläuft leicht konvex gekrümmt, der Ventralrand im mittleren Bereich gerade. Die zu den Polen hin deutlich verschmälerten Zellen enden mit abgerundeten bis abgerundet abgeflachten Apices ohne erkennbaren Endporus. Pseudogürtelbänder sind nicht nachzuweisen. Die Chloroplasten sind stelloid. Die Endvakuole enthält einen großen Einzelkristall.

5.2. Die Zygosporen bildende Population von *Cl. gracile* var. *gracile*

Basionym und Originalbeschreibung: *Closterium gracile* BRÉB. ex RALFS 1848, S. 221; Originalabbildung: BRÉBISSON 1856, Taf. 2: 45; Autoren- und Synonym-Übersicht bis 1932 in KRIEGER (1935, S. 310/311).

• Morphologie der vegetativen Zellen

– **Größenangaben:** Dimension 138,6–272–(357) × 4,8–6,7 µm; L.:Br. 26–63,8; Apex 2,7–3,7 µm; Br. Zelle:Br. Apex = 1,4–2,1.

Die Werte verteilen sich auf zwei Messungen wie folgt:

Daten vom 13.05.1999 (n = 50):

Dimension 138,6–238,5 × 4,8–6,7 µm; L.:Br. 26–46; Apex 2,7–3,5 µm.

Daten vom 09.09.2000 (n = 50):

Dimension 141,4–272–(357) × 5,1–5,9 µm; L.:Br. 26,5–63,8; Apex 2,7–3,7 µm. Die Längswerte oberhalb von 272 µm sind hier durch 3 Exemplare von 293, 309 und 357 µm bedingt.

Die Messwerte der Population liegen in der Spanne der in der Literatur angegebenen Dimensionsgrenzen (WOLLE 1892; KRIEGER 1935; RŮŽIČKA 1977; FÖRSTER 1982).

Die Relation Breite Zelle : Breite Apex, die BUELL (1968) als signifikantes Merkmal wertet, ist geringer und weniger variabel als es die Daten dieser Autorin ausweisen. Sie gibt für 90% der von ihr untersuchten Individuen ein Verhältnis von 1,7–2,3 (insgesamt 1,5–2,7) an und errechnet aus den Daten von KRIEGER (1935) ein Verhältnis von 1,6–2,3. Es stellt sich die Frage, ob die deutlich oberhalb 2 liegenden Werte von Semizellen stammen, die nach einer Teilung zwar in der Form ausdifferenziert waren, aber noch nicht die endgültige Wanddicke besaßen. Dann kommen, wie die eigenen Beobachtungen zeigen, öfter höhere Wertrelationen zustande. Da diese Phase aber nicht dem endgültigen Zustand entspricht, wurde bei den eigenen Messungen darauf geachtet, nur die Apices fertig differenzierter Semi-

zellen zu vermessen. Die Daten in MIX (1970) lassen auf größere Apexbreiten als die Hälfte der Zellbreite in der Horizontalebene schließen.

– **Form der Zellen:** Die Zellen sind schmal und langgestreckt, dabei im mittleren, meist geraden Teil zylindrisch, d.h. Innen- und Außenrand verlaufen parallelseitig; etwa ab der Hälfte der Halbzellen erfolgt bis zu den Apices hin eine leichte, kontinuierliche, ventralwärts gerichtete Krümmung (siehe Tafel 3: 12). Es treten jedoch auch in größerer Anzahl Morphae auf, die in der Zellmitte etwas einwärts gebogen sind (siehe Tafel 3: 9,11) oder bei denen schon kurz oberhalb der Horizontalebene die Ventralkrümmung beginnt (siehe Tafel 3: 10). Derartige Morphae sind auch in den Zeichnungen von BUELL (1968) und MIX (1970) wiedergegeben.

Im Gesamtumriss variiert die Art, wie das Verhältnis Länge:Breite zeigt, stark: Es bestätigt sich sowohl die Darstellung schlanker Zellen von BRÉBISSON (1856, Taf. 2: 45) als auch die Aussage von BUELL (1968, S. 451), die das Taxon als „to be a stouter plant than we may suppose BRÉBISSON's to have been“ beurteilt.

Nahe den Enden verschmälert sich die Zelle gleichmäßig und relativ geringfügig (siehe weiter vorn). Die Apices sind abgeflacht bis abgerundet abgeflacht (siehe Tafel 3: 9–12,15) mit großem, meist deutlich sichtbarem Endporus. Dieser liegt etwas exzentrisch dorsalwärts (siehe Tafel 3: 9) und nimmt bis zu Dreiviertel der Apexbreite ein (siehe Tafel 3: 10,15), ist also größer, als bei RŮŽIČKA (1977, Taf. 21: 1,2,8) und FÖRSTER (1982, Taf. 5: 1,3) gezeichnet. Kopfförmig verbreiterte Apices wie in den Darstellungen von BRÉBISSON (1856, Taf. 2: 45) und WOLLE (1892, Pl. VII: 4,5) traten nicht auf.

Sigmoide Exemplare waren in jeder Probe vorhanden, auch Teilungsanomalien wurden beobachtet. Wachstumsanomalien häuften sich bei hohen und sehr niedrigen Temperaturen und starker Reduktion der Wasserführung des Teiches.

– **Zellwand:** Als förderlich für die Untersuchung der Zellwand erwies es sich, dass *Cl. gracile* zu den Desmidiaceenarten gehört, die in größerem Maße Eisenverbindungen einlagern. Entsprechend war in dem eisenhaltigen Teich die Wandung älterer Exemplare/älterer Zellhälften deutlich bräunlich angefärbt. Derartige Individuen, vor allem leere Hüllen abgestorbener Zellen, und solche, deren Chloroplasten als Fixierungsfolge stark kontrahiert waren, dienten bevorzugt als Studienobjekte.

Zellwandskulpturen konnten lichtmikroskopisch nicht nachgewiesen werden: Bis einschließlich der Ölimmersionsvergrößerung erscheint die Wandung glatt.

Nach KRIEGER (1935, S. 312 und Taf. 30, Fig. 13) existiert eine Varietät „var. *striolatum* nov. var.“ mit einer braunen, zart gestreiften Membran als einzigem Unterschied zur var. *gracile*. Eine solche Skulptur konnte weder bei der Zygosporen bildenden Population noch

bei den übrigen im Gebiet vorhandenen Populationen beobachtet werden. Zwar erscheinen insbesondere die Zellenden bei starker Vergrößerung oft gestreift, doch handelt es sich hierbei stets um Beugungseffekte. Weitere mögliche Interpretationen sind in MIX (1969, 1970) enthalten.

– **Gürtelbänder:** RŮŽIČKA (1977, S. 169) charakterisiert *Cl. gracile* als Art „ohne echte Gürtelbänder, doch ziemlich oft mit 1 bis einigen Pseudogürtelbändern“. Für ein Untersuchungsgebiet gibt er Pseudogürtelbänder sogar bei etwa 60% der Individuen an (1973, S. 200). FÖRSTER (1982, S. 80) äußert: „häufig mit Pseudogürtelbändern“. Diese Differenzierungen beim Taxon *gracile*, auf die ROSA (1951, S. 198 und Taf. V: 4a-d) aufmerksam macht und die RŮŽIČKA (1962, S. 178) beiläufig erwähnt, hebt BUELL (1968) für USA-Material als neues, bislang übersehenes Merkmal der Art hervor und stellt sie zeichnerisch dar (S. 450, Figs. 2–8). Ihre Beobachtungen bestätigt MIX (1970) für zwei Populationen aus Finnland und Schweden. Die Zeichnungen von BUELL und von MIX (1970, Abb. von *Closterium gracile*, Fig. 1–10, S. 94) ebenso wie die Aussage letzterer Autorin „Die Länge der einzelnen Zellen (...) ist sehr verschieden, desgleichen die Länge und Anzahl der Gürtelbänder“ (S. 95) belegen, dass es sich nicht um echte Gürtelbänder, sondern um Pseudogürtelbänder nach der Definition von RŮŽIČKA (1962, S. 178) handelt.

Die eigenen Ergebnisse stimmen hiermit überein: Echte Gürtelbänder ließen sich bei der Zygosporen bildenden Population nicht, Pseudogürtelbänder (einfach, zweifach und dreifach) in jeder Probe nachweisen (siehe Tafel 3: 13). Eine Auszählung an 268 Zellen aus der Probe vom 13.05.1999 ergab 251 Individuen ohne und 17 Individuen (= 6,3%) mit Pseudogürtelbändern, bei einer Länge der Bänder zwischen 10,7 und 58,7 µm.

Damit sind die Aussagen von RŮŽIČKA (1977, S. 78/79) bestätigt, wonach für Pseudogürtelbänder u.a. gilt, dass sie meist bei weniger als 50% der Individuen auftreten, dass ihre Anzahl selten mehr als drei beträgt, dass ihre Länge beträchtlich schwankt und dass das Vorkommen von Pseudogürtelbändern beim Taxon *gracile* üblich ist.

An abgestorbenem Material ohne Zellinhalt sind die Grenzringe der Gürtelbänder schon bei einer Vergrößerung 16,3 (Objektiv) × 10 (Okular) deutlich zu erkennen, bei mit Inhalt fixierten Individuen mit 25 × 10 (Objektive: Fluotar®-Apochromate). Bei lebenden Zellen verdeckt öfter der unterlagernde Chloroplast die Grenzringe, sodass in diesem Fall vorwiegend oder nur die seitlichen Wandverdickungen auszumachen sind. Auf die manchmal gehäuft auftretenden und dann recht auffälligen Querbinden (siehe Tafel 3: 13) wies bereits NORDSTEDT (1872, S. 40) hin, der bis zu fünf hintereinander fand.

In am 11.06. und 08.07. 1999 gezogenen Proben traten häufiger Pseudogürtelbänder auf. Diese Beobachtung ist in Hinsicht auf die Hypothese von RŮŽIČKA (1977) zu überprüfen. Zur Bildung dieser Differenzierungen schreibt RŮŽIČKA, dass „die Anregung dazu von außen kommt“ (S. 79) bzw. „auch durch äußere Bedingungen stark beeinflusst“ wird (S. 82).

– **Chloroplasten:** Die bandförmigen, glattrandigen Chloroplasten füllen bei flacher Lage die gesamte Breite der Zelle (Frontalansicht) aus, sind aber öfter gewellt (siehe Tafel 3: 9) oder einseitig vom Rand abgehoben wie es BUELL (1968) beschrieben und abgebildet hat. Zwei Extreme sind zu beobachten: Liegt der Chloroplast komplett in Kantenstellung gedreht vor, erscheint er als nahezu fadenförmiges oder, wenn gut ausgebildete Pyrenoide vorhanden sind, als kettenförmiges Gebilde (BUELL 1968, Figs. 2,3,5, jeweils eine Semizelle). Im anderen Extrem ist der gesamte Chloroplast abschnittsweise rechts- und linksseitig über kurze Strecken aufgewölbt, sodass ein Bild entsteht, wie es BRÉBISSON (1856, Pl. II: 45) gezeichnet und als einzige Chloroplastenversion mit „Les lames de l'endochrome sont ondulées de manière à simuler une disposition en spirale“ beschrieben hat. Absterbende Zellen zeigen oft eine solche Chloroplastenanordnung. Ansonsten pflegen jedoch nur Abschnitte des Chloroplasten betroffen zu sein, wodurch das wellige Aussehen begründet ist.

Die Chloroplasten enthalten mehrere kleine, axial angeordnete Pyrenoide (gezählt bis zu 9 pro Halbzelle) und enden in deutlichem Abstand zur Apexspitze.

– **Endvakuolen:** Die Endvakuolen sind, wie an der Bewegung der Kristalle durch den gesamten Raum bis zur Apexspitze hin zu erkennen ist, langgestreckt und stellen nicht wie bei RŮŽIČKA (1977) und FÖRSTER (1982, für var. *elongatum*) gezeichnet, kleine rundliche, abgegrenzte Gebilde an der Grenze zum Chloroplasten dar. Die Kristalle sind stets in einer höheren Anzahl vorhanden (siehe Tafel 3: 9, 10; nur diejenigen sind sichtbar, die sich annähernd in der Schärfenebene befinden); gezählt wurden überwiegend 8–11, im Minimum 6, im Maximum 13 pro Vakuole. Sie besitzen geringe Abmessungen und weisen innerhalb der selben Vakuole regelmäßig deutliche Unterschiede in der Größenrelation auf, wie bereits BUELL (1968) erwähnt. Diese können zwischen den kleinsten und größten Kristallen bis etwa das 5-fache des Volumens betragen.

Ein Einzelkristall (RŮŽIČKA 1977; FÖRSTER 1982) wurde bei den eigenen Populationen nicht beobachtet. Da beide Autoren die Beschreibung von W. & G.S. WEST (1904) übernehmen, handelt es sich vielleicht um eine für *Cl. limneticum* geltende Angabe, das von W. & G.S. WEST (1900) in das Taxon *gracile* eingegliedert, von RŮŽIČKA (1962) aber als selbstständige Species bestätigt wurde. Hier könnte versäumt worden sein, die diesbezügliche Angabe zu streichen. Allerdings geben auch

SKUJA (1948, S. 155) und ROSA (1951, S. 198) jeweils für eine Population von *Cl. gracile* Endvakuolen mit 1–3 Kristallen an. Zur Variabilitätsspanne dieses quantitativen Merkmals sind somit weitere Daten zu ermitteln.

Insgesamt entsprechen die Zellen bis auf die zuvor genannten Punkte den Darstellungen in RŮŽIČKA (1977, Taf. 21: 1, 2) und FÖRSTER (1982, Taf. 5: 1) sowie, in Hinblick auf die Pseudogürtelbänder, den Abbildungen in MIX (1970, 1–10) und RŮŽIČKA (1977, Taf. 21: 1).

Cl. gracile, nach RŮŽIČKA (1977) eine ausgesprochen azidophile Art, ist im Untersuchungsgebiet Lützel stark vertreten. Sie erreicht in 34 von 52 Teichen, alle mit einem Milieu zwischen schwach sauer bis neutral, z.T. Populationsdichten von häufig bis zahlreich (= 4–5 nach dem 6-stelligen System von SCHARF 1979). In den 8 Teichen des Bustenbachtals kommt sie nicht vor.

5.3. Die Zygosporen bildende Population von *Cl. lundellii*

Basionym: *Closterium lundellii* LAGERH. 1883
Originalbeschreibung: LUNDELL 1871, S. 82 (pro parte)

Die Originalbeschreibung umfasst nur Angaben zur Dimension „Diam. cellulae (...) 5,8–6 μ ; Longitudo 25–30-es major“, zur Krümmung der Zellenden im Vergleich zu *Cl. gracile* und zur Beschaffenheit der Zellwand. LUNDELL (1871) ordnet dem Text keine Abbildung einer vollständigen vegetativen Zelle mit Einzelheiten zu; es sind lediglich die einer Zygospore anhaftenden Konjugantenhälften (Taf. V, fig. 15; siehe Tafel 1: 1) wiedergegeben. Auch LAGERHEIM (1883) nimmt trotz der Neueinstufung keine Typusbeschreibung vor und stellt die vegetativen Zellen nicht im Bild dar. Er merkt für sie nur den abweichenden Wert von 4 μ m für den Zelldurchmesser an.

DE-TONI (1889, S. 818/819) kombiniert als Diagnose die Aussagen von LUNDELL und die Maßangabe von LAGERHEIM. KUNTZE (1891, S. 882) listet das Taxon unter Berufung auf DE-TONI (1889) ohne Angaben zur Artmorphologie als einen Vertreter des Genus „*Arthrodia* RAF. (1813)“ auf, eine nicht anerkannte Benennung für das Genus *Closterium* NITZSCH ex RALFS 1848.

ROLL (1915) veröffentlicht zwar wie LUNDELL (1871) eine Zeichnung der Zygospore mit Konjugantenhälften (Taf. 2: 23; siehe Tafel 1: 2), weitet aber ebenfalls die Merkmalsliste für die vegetative Zelle nicht aus, sondern nimmt die Abgrenzung gegen *Cl. gracile* sowohl im Bestimmungsschlüssel (S. 179–183) als auch im Text (S. 203) ausschließlich über die Zygosporenform vor. Als Maße für die vegetativen Zellen gelten bei ihm damit pro parte diejenigen für das Taxon *gracile* (S. 202): Breite 4–8,5 μ m; Länge 120–205 μ m. SKUJA (1928) führt keine Messergebnisse an, die von KRIEGER (1935) sind nicht zu berücksichtigen (s. Kapitel 6). KOSINSKAJA (1960) übernimmt die Daten von ROLL (1915).

Insgesamt fehlt somit neben der Abbildung einer vollständigen Zelle auch eine präzise Beschreibung. Sie soll im Folgenden vorgenommen werden, soweit sich mit lichtmikroskopischen Methoden die morphologischen Merkmale erarbeiten lassen. Hierfür sind mehr als 800 Individuen überprüft worden.

- Morphologie der vegetativen Zellen

– **Größenangaben:** Die bei insgesamt 200 Messungen zu vier verschiedenen Terminen ermittelten Werte für die Dimension, das Verhältnis Länge:Breite und für die Apexbreite ergaben:

Dimension 136–317,4 × 5,3–7,2 µm; L.:Br. 20,4–56,7; Apex 1,9–2,9 µm; Br. Zelle : Br. Apex = 2–2,9.

Die Werte verteilen sich auf die einzelnen Messungen wie folgt:

- Daten vom 25.04.2000 (n = 50): Dimension 136–226,7 × 5,3–6,7 µm; L.:Br. 20,4–42,5; Apex 2,1–2,9 µm.
- Daten vom 09.09.2000 (n = 50): Dimension 176–296 × 5,3–6,7 µm; L.:Br. 31–55; Apex 1,9–2,7 µm.
- Daten vom 21.10.2000 (n = 50): Dimension 181,4–317,4 × 5,3–6,7 µm; L.:Br. 28,8–56,7; Apex 2,1–2,7 µm.
- Daten vom 20.11.2000 (n = 50): Dimension 145,4–312 × 5,3–7,2 µm; L.:Br. 24,8–53,2; Apex 2,1–2,7 µm.

Aus den Angaben von LUNDELL (1871, S. 82) lassen sich als ungefähre Minimal- und Maximalwerte für die Dimensionen 145–180 µm, für das Verhältnis Länge:Breite 24,2–31 berechnen. Einschließlich der Breite von 5,8–6 µm liegen diese Werte im unteren Größenbereich der eigenen Ergebnisse, annähernd auch die pro parte geltenden Maße bei ROLL (1915). Der von LAGERHEIM (1883, S. 53) angegebene Einheitswert für die Zellbreite stammt offensichtlich von einer sehr kleinwüchsigen Population, wie auch der Wert für die Zygosporien zeigt, und wird deshalb als Extremwert interpretiert. Somit ergeben sich nach den bisher vorliegenden Daten folgende Zelldimensionen:

Dimension 136–317,4 × (4)–5,3–7,2 µm; L.:Br. 20,4–56,7; Apex 1,9–2,9 µm.

Verglichen mit *Cl. gracile* treten keine signifikanten Längen- und Breitenunterschiede auf, jedoch ist die Apexbreite geringer und damit der Quotient Zellbreite: Apexbreite deutlich höher.

– **Form der Zellen:** Die Zellen (siehe Tafel 3: 1–5) sind schmal, langgestreckt und im mittleren Abschnitt gerade. Ihre größte Breite weisen sie in Höhe der Horizontalebene auf. Nach zunächst ganz geringer Verschmälerung krümmen sich die Enden der Halbzellen ab ca. dem letzten Viertel ventralwärts und verjüngen sich zum Apex hin gleichmäßig und rasch auf weniger als die Hälfte bis etwa auf die Hälfte der Zellbreite im Bereich der Horizontalebene. Die Apices zeigen eine abgerundete bis leicht abgeflacht abgerundete Form. Der meist etwas dorsalwärts verschobene Endporus nimmt bis gut die Hälfte der Apexbreite ein und ist im optischen Längs-

schnitt oder in schräger Aufsicht deutlich zu erkennen (siehe Tafel 3: 1, 5, 6).

Die Zellform ist wenig variabel; anders als bei *Cl. gracile* liegen in der untersuchten Population keine unterschiedlichen Morphae vor. Wachstumsanomalien sind selten: Neben sigmoiden Exemplaren, die in allen Proben vorkamen, fand sich erst in der nach mehreren Nachtfrösten (20.11.2000) gezogenen letzten Probe etwa ein Drittel der Zellen (35,9%) mit deutlich verkürzter, aber ansonsten in der Kontur typisch ausgebildeter Zellhälfte:

- Präparat I (Deckglasgröße 20 × 20 mm); n = 163: 96 Zellen = 58,9% mit (fast) gleichen Hälften; 67 Zellen = 41,1% mit verkürzter Hälfte.
- Präparat II (Deckglasgröße 20 × 20 mm); n = 144: 100 Zellen = 69,4% mit (fast) gleichen Hälften; 44 Zellen = 30,6% mit verkürzter Hälfte.

Weiterhin enthielten diese beiden Präparate zusammen 7 sigmoide Exemplare und 5 Individuen mit starker Wachstumsanomalie, deren neuer Zellteil gerade, verkürzt und verdickt war und keinen typisch ausgeprägten Apex besaß. Das kleinste von ihnen maß 106,7 × 5,3 µm. Für die Mess-Serie vom 20.11.2000 wurden nur Exemplare mit (fast) gleichen Hälften verwendet.

Verglichen mit *Cl. gracile* sind die Zellen von *Cl. lundellii* in der Endregion stärker gekrümmt und signifikant schmaler, der Apex ist mehr gerundet, der Endporus kleiner und die Form der Zellen einheitlicher (siehe Tafel 3: 1–5, 9–12). Ob die geringere Neigung zur Morphenbildung verallgemeinert und damit als Differentialmerkmal gegenüber *Cl. gracile* gewertet werden kann, ist an weiteren Populationen zu überprüfen. Insgesamt gleicht *Cl. lundellii* im Umriss mehr *Cl. juncidum* RALFS in der Wiedergabe von W. & G.S. WEST (1904, Pl. XIV, fig. 10–14) und RŮŽIČKA (1977, Taf. 33:1–5) als *Cl. gracile*. Mit ersterer Species ist es aber auf Grund schwerwiegender Unterschiede in den Differentialmerkmalen nicht in einen taxonomischen Zusammenhang zu bringen.

– **Zellwand:** Wie *Cl. gracile* lagert *Cl. lundellii* Eisenverbindungen in seine ursprünglich farblose Zellwand ein. Infolge der dünnen Zellwand ist jedoch bei der untersuchten Population eine bräunliche Färbung nur an (fast) leeren Hüllen deutlich sichtbar. Die Wand erscheint auch bei stärkster lichtmikroskopischer Vergrößerung glatt, also ohne Skulptur; wie bei *Cl. gracile* können aber Beugungseffekte je nach Beleuchtungs- und Schärfeneinstellung eine Streifung vortäuschen. Dass die Zellwand keine Streifen aufweist, betont bereits LUNDELL (1871, S. 82) als Differentialmerkmal gegenüber *Cl. juncidum* mit den Worten „striisque prorsus est destituta“ in der Diskussion zur taxonomischen Einordnung seines Fundes.

– **Gürtelbänder:** Echte Gürtelbänder konnten nicht beobachtet werden; ihre Existenz kann bei *Cl. lundellii*

ausgeschlossen werden. Dieses Taxon gehört demnach zu den gürtelbandlosen *Closterium*-Arten.

Die Suche nach Pseudogürtelbändern erwies sich anders als bei *Cl. gracile* als ausgesprochen schwierig. Beim Aufarbeiten des lebenden Materials fielen zunächst keine derartigen Bildungen auf. Erst an fixiertem Material gelang auf Grund gezielter Suche mit dem 40er Objektiv der Nachweis. Die Pseudogürtelbänder waren im allgemeinen nur als Unregelmäßigkeiten der seitlichen Zellwandpartien auszumachen (siehe Tafel 3: 1a). Eine Ringfurche oder Querringe – bei *Cl. gracile* oft deutlich – waren ausschließlich an leeren Hüllen sichtbar, und auch dort nur schwach. Eine Auszählung von 287 fixierten Exemplaren (Probedatum 28.04.2000) ergab 15 Individuen mit Einfachbändern und eines mit Zweifachbändern; die Länge der Bänder variierte von 24–64 µm. Mit 5,6% kommt der Anteil der Individuen mit Pseudogürtelband dem bei *Cl. gracile* ermittelten Wert nahe. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass es sich in dem einen oder anderen Fall um einen Artefakt durch fixiertes Protoplastenmaterial handelt hat oder um winzige Partikel, die der manchmal unregelmäßig dicken Zellwand ansitzen. Andererseits ist es auch möglich, dass einmal ein Pseudogürtelband übersehen worden ist.

Die Schwierigkeit, die Pseudogürtelbänder wahrzunehmen, also ihr scheinbares Fehlen bei nicht gezielter, intensiver Suche, stellt einen Unterschied zu den Verhältnissen bei *Cl. gracile* dar, der die Abgrenzung der beiden Arten gegen einander erleichtert.

– **Chloroplasten:** Jede Halbzelle enthält einen bandförmigen Chloroplasten mit glattem Rand, der die gesamte Breite der Zelle in Frontalansicht ausfüllen, aber auch stellenweise gewellt, aufgewölbt oder vom Zellrand abgesetzt sein kann (siehe Tafel 3: 2–5). Es handelt sich um die selben Phänome wie bei *Cl. gracile*.

In der Längsachse der Chloroplasten sind in mehr oder minder regelmäßigen Abständen kleine, runde Pyrenoide aufgereiht (siehe Tafel 3: 1,3). Sie treten manchmal wenig oder gar nicht in Erscheinung. Anzahl der Pyrenoide pro Hälfte bei 50 Zellen vom 25.04.2000 (n = 72): 3 × 2, 21 × 3, 26 × 4, 19 × 5, 3 × 6.

Bei den restlichen 14 Individuen waren keine Pyrenoide zu erkennen, bei den drei späteren Proben nur in so wenigen Fällen, dass keine quantitative Auswertung vorgenommen wurde.

Die Chloroplasten enden in größerem Abstand vor der Apexspitze.

– **Endvakuolen:** Die langgestreckten Endvakuolen (bei Exemplaren in gutem Zustand meist zwischen 16 und 21 µm lang, bei degenerierenden in Folge von Chloroplastenschrumpfung länger) enthalten mehrere, überwiegend zwischen 4 und 6, kleine Kristalle unterschiedli-

Tabelle 2. Begleit-Desmidialesarten von *Cl. lundellii*.

Table 2. Accessory desmid species of *Cl. lundellii*.

<i>Cylindrocystis brebissonii</i> (MENEH. ex RALFS) DE BARY
<i>Netrium digitus</i> (BRÉB.) ITZIGS. & ROTHE var. <i>digitus</i>
<i>Gonatozygon kinahanii</i> (W. ARCHER) RABENH. var. <i>kinahanii</i>
<i>Closterium acutum</i> BRÉB. var. <i>acutum</i>
<i>Cl. costatum</i> CORDA ex RALFS var. <i>costatum</i>
<i>Cl. diana</i> EHRENB. ex RALFS var. <i>minus</i> HIERON.
<i>Cl. ehrenbergii</i> MENEH. ex RALFS var. <i>ehrenbergii</i>
<i>Cl. idiosporum</i> W. & G.S. WEST var. <i>idiosporum</i>
<i>Cl. kuetzingii</i> BRÉB. var. <i>kuetzingii</i> (mit Zygosporen am 28.04.)
<i>Cl. lunula</i> (O. MÜLL.) NITZSCH ex RALFS var. <i>lunula</i>
<i>Cl. moniliferum</i> (BORY) EHR. ex RALFS var. <i>moniliferum</i>
<i>Cl. striolatum</i> EHRENB. ex RALFS var. <i>striolatum</i>
<i>Pleurotaenium ehrenbergii</i> (BRÉB.) DE BARY var. <i>ehrenbergii</i>
<i>Pl. maximum</i> (REINSCH) LUND. var. <i>maximum</i>
<i>Euastrum ansatum</i> RALFS var. <i>pyxidatum</i> DELPONTE
<i>Eu. oblongum</i> (GREV.) RALFS ex RALFS var. <i>oblongum</i>
<i>Cosmarium margaritifera</i> MENEH. ex RALFS var. <i>margaritifera</i>
<i>Cosmoastrum teliferum</i> (RALFS) PAL.-MORDV. var. <i>ordinatum</i> (BØRGESEN) LENZENW.
<i>Staurastrum tetracerum</i> RALFS var. <i>tetracerum</i>
<i>Staurastrum senarium</i> (EHRENB.) RALFS var. <i>senarium</i>
<i>Hyalotheca dissiliens</i> (SMITH) BRÉB.

cher Abmessung (siehe Tafel 3: 1–5). Die Kristalle befinden sich bei der intakten Zelle in lebhafter Bewegung. Kristalle pro Zellhälfte bei 50 Zellen vom 25.04.2000 (n = 100): 1 × 1, 1 × 2, 14 × 3, 37 × 4, 22 × 5, 22 × 6, 2 × 7, 1 × 8.

Die Anzahl der Kristalle in den beiden Vakuolen eines Individuums wich durchweg nur geringfügig von einander ab.

Verglichen mit *Cl. gracile* ist bei dem vorliegenden Material die Anzahl der Kristalle pro Vakuole deutlich geringer ebenso die Größenabweichung zwischen ihnen. Eine Wertung, ob diese quantitativen Unterschiede als beständig angesehen und damit als Differentialmerkmal herangezogen werden können, ist mangels Vergleichsdaten verfrüht (siehe Kapitel 5.2.). Die wenigen Literaturdaten zu *Cl. gracile* lassen aber eher variable Verhältnisse erwarten.

Cl. lundellii war zur Zeit des Zygosporenfundes nur in einem Teich des Bustenbachtals vertreten. Die Abundanz der vegetativen Zellen belief sich auf mäßig bis häufig vertreten (= 3–4/5). Die geringste Dichte war bei der Spätsommerpopulation gegeben, die höchste (etwa gleiche Werte) am 21.10. und 20.11.2000.

Tabelle 2 enthält die Begleit-Desmidialesarten.

• **Vorkommen und Verbreitung**

Im beschriebenen Biotop existiert die Population von *Cl. lundellii* erst seit wenigen Jahren: Die Art war bis Ende 1994 in den Proben einer Voruntersuchung noch nicht vertreten, bei Wiederaufnahme der Beprobung im

Februar 2000 aber bereits in größerer Abundanz. Es bleibt abzuwarten, ob bzw. in welchem Maße *Cl. lundellii* in andere Teiche der Region vordringt. Es könnte z.B. durch die im Bustenbachtal brütenden Stockenten (*Anas platyrhynchos*) oder andere Wasservögel eingeschleppt worden sein und weiter verbreitet werden. Erste Exemplare waren in Proben vom September 2001 in zwei nahe gelegenen Teichen enthalten. Ebenso ist zu verfolgen, ob sich die Art auch gemeinsam mit *Cl. gracile* ansiedelt, wie es ROLL (1915) für seine drei Funde angibt.

Die Population ist am Fundort, der dem unteren Montanbereich des Rothaargebirges angehört, einem kalten Regionalklima ausgesetzt. Laut Klima-Atlas (MURL 1989) beträgt das mittlere Tagesmittel der Lufttemperatur um 6–6,5 °C, die Vegetationsperiode beläuft sich auf weniger als 150 Tage/Jahr. Gemessen an den Ergebnissen von RŮŽIČKA (1971), der für eine Reihe von Chlorophytenarten, darunter Desmidiaceen, einen modifikatorischen Einfluss von Temperatur- und Einstrahlungsänderungen nachgewiesen hat, deuten die Abundanz- und Längenzunahme der Zellen bei den späten Proben darauf hin, dass es sich um eine Art handelt, die klimatisch kühlere Gebiete einschließlich solcher in höheren Lagen bevorzugt. Auch die Tatsache, dass sich in den eigenen Proben bis zum 21.10.2000 nur sigmoide Exemplare von *Cl. lundellii* fanden, aber keine durch Reduktion oder Missbildungen gekennzeichneten Wachstumsanomalien, wie sie z. B. bei *Pleurotaenium ehrenbergii* (BRÉB.) DE BARY und *Cl. ehrenbergii* MENEGH. ex RALFS schon in der Probe vom 21.10.2000 zahlreich vorkamen, kann hierin begründet sein.

Die in der Literatur aufgeführten, gesicherten Fundorte legen ebenfalls eine derartige Habitatpräferenz nahe, da sie sich alle in Nord- und Osteuropa befinden: LUNDELL (1871) wies das Taxon in fünf Habitaten in Schweden nach – die Zygosporen bildende Population nahe Uppsala, LAGERHEIM (1883) führt ein Habitat bei Stockholm als sechstes schwedisches Vorkommen an, ROLL (1915) nennt Moorbiotope in der Umgebung der drei Städte Charkow, Tombow und Twer (Ukraine) und SKUJA (1928) fand das Taxon nahe Riga (Lettland).

Hinweise auf *Cl. lundellii* in Mitteleuropa existieren, sind aber umstritten. Die von ROY & BISSET (1894, S. 246) angegebenen vier Vorkommen in Schottland betrachten W. & G.S. WEST (1904) als zweifelhaft, da keine Zygosporenfunde erwähnt sind, die vegetativen Zellen aber nicht von denen von *Cl. gracile* zu unterscheiden seien. Jedoch führen ROY & BISSET auch *Cl. gracile* für eine Reihe von Fundorten an, in zwei Fällen mit Zygosporen (S. 244). Den Autoren hat also Material zur Verfügung gestanden, für eine Art durch Zygosporen determiniert, anhand dessen sie offensichtlich die zwei diskutierten Arten gegen einander abgrenzen konnten. Hier liegt ein vergleichbarer Fall wie bei ROLL (1915) vor, der nur bei einer Population von *Cl. lundellii* Zygosporen

fand, aber drei gemeinsame Biotope für die beiden Arten angibt und drei weitere nur für *Cl. gracile*, ohne auf die für seine Determination entscheidenden Unterschiede bei den vegetativen Zellen einzugehen. Von daher ist nach Meinung der Autorin die Begründung von W. & G.S. WEST nicht stichhaltig, sondern die Nachweise von ROY & BISSET (1894) in Schottland sind anzuerkennen.

Die übrigen Meldungen sind nicht gesichert oder ihre Angabe ist irrtümlich erfolgt: WILDEMAN (1897, S. 55/56) ordnet ein in einigen Exemplaren bei Genck (Provinz Limbourg, Belgien) gefundenes Taxon hier ein. Er charakterisiert es als (noch) schmalere als den von LUNDELL und LAGERHEIM beschriebenen Typ (3,75–4 µm Breite, 153–171 µm Länge) und betont, dass es ebenso wie *Cl. lundellii* starke Ähnlichkeit mit *Cl. gracile* habe. Aus diesen Sachverhalten ist jedoch keine zuverlässige Zuordnung zu *Cl. lundellii* abzuleiten, zumal der Autor ausdrücklich darauf hinweist, keine Zygosporen gefunden zu haben. Auch fehlt eine Abbildung.

NORDSTEDT (1908, S. 63) zitiert in der Aufstellung zu *Cl. lundellii* als Autor COMÉRE (1901), der zwar in seiner Liste der Desmidiaceen Frankreichs nur *Cl. gracile* nenne, aber als dessen Zygosporie diejenige von *Cl. lundellii* beschreibe. Hierin sieht NORDSTEDT einen Nachweis für *Cl. lundellii*. Diese Interpretation trifft nicht zu: Die Zygosporenbeschreibung ist bei COMÉRE (1901, S.66) Teil der allgemeinen Artdiagnose, welche aus einer Kombination der Merkmale von *Cl. gracile* BRÉB. und *Cl. gracile* LUND. besteht. Als Quellen für die Nachweise beruft sich COMÉRE auf BRÉBISSON (1839) und auf LEMAIRE, der 1883 (S. 23) und 1890 (S. 36) zwei Vorkommen von *Cl. gracile* BRÉB. in den Vogesen meldet, ohne Zygosporenfunde zu erwähnen (die Seitenangaben in COMÉRE sind nicht korrekt).

Ansonsten existieren in der Literatur Zeichnungen, die unter dem Namen *Cl. gracile* die Form von *Cl. lundellii* aufweisen, doch sind sie nicht durch auswertbare Begleitdaten und Angaben präzisiert. Dies gilt einmal für W. & G.S. WEST (1904, Pl. XXI). Hier ist unter Nr. 8 und 9 bis auf sogar zu schmale Apices der typische Umriss von *Cl. lundellii* wiedergegeben. Nur Nr. 10 entspricht dem Typus von *Cl. gracile*. Als zweites Beispiel ist COESEL (1983, S. 15) zu nennen, der für *Cl. gracile* als Determinationskriterium nur angibt: „Zygosporen agerond rechthoekig“. Die Belegzeichnungen zu dem 1980 gemachten Fund bei Brunssum in den Niederlanden lassen sich mit dem eigenen *Cl. lundellii*-Material vergleichen: die Zygosporie Tafel 2: 6 mit der Zygosporie mit reduzierten Fortsätzen (siehe Tafel 2: 9), die Konturen der vegetativen Zelle Tafel 2: 5 mit denen der untersuchten Population (siehe Tafel 3: 1–5).

Während möglicherweise in den oben genannten Fällen *Cl. lundellii* zu Grunde gelegen hat, gilt dies mit Sicherheit nicht für SMITH (1924, S. 10), der das im British Museum of Natural History aufbewahrte Originalmate-

rial von BRÉBISSON ergebnislos überprüfte: Abweichend von den zwei Exemplaren mit breiten, verdickt wirkenden Apices, deren Zeichnung von BRÉBISSON selbst (1856, Taf. II: 45) stammt, bildet er eine Zelle ab, die mit ihren stark verschmälerten Apices und deren Krümmungsgrad der Kontur von *Cl. lundellii* entspricht. Die Unterschiede sind nicht diskutiert, Aussagen über eventuelle Morphae fehlen und als Maßangabe übernimmt SMITH die Daten von W. & G.S. WEST für *Cl. gracile*.

Nach den bisherigen Kenntnissen ist demnach *Cl. lundellii* nur für verstreute Fundorte im nördlichen und östlichen Bereich Europas sicher nachgewiesen. Das neu ermittelte Vorkommen in Deutschland stellt das südwestlichste dar.

Mit dem Vorbehalt, dass es sich bei dem eigenen Fund um eine einzelne Population handelt und in der Literatur keine Angaben zu den chemischen Parametern der Fundgewässer gemacht sind bis auf die indirekten Hinweise „Moorgewässer“ bzw. „Sphagnummoore“ bei ROLL (1915), wird *Cl. lundellii* als acidophile, in saurem bis schwach saurem Milieu (pH 5,4–6,6) vorkommende Art eingestuft. Die schwerpunktmäßige Ansiedlung der Individuen im Bereich der Unterwasservegetation der Uferbereiche weist *Cl. lundellii* darüber hinaus als Periphyton-Art aus.

6. Diskussion

Der Vergleich der vegetativen Zellen ergibt, dass *Cl. lundellii* und *Cl. cornu* in Zellkontur, Apexgestalt, Chloroplastenaufbau sowie im Besitz von Endporus und Pseudogürtelbändern als wichtigen Differentialmerkmalen keine Übereinstimmung aufweisen. Die eigenen Befunde bestätigen damit die Meinung von KOSSINSKAJA (1960, S. 163), die eine Identität mit *Cl. cornu* verneint, und stehen in Widerspruch zu den Angaben von KRIEGER (1935) sowie den von ihm übernommenen Zuordnungen von RŮŽIČKA (1977) und FÖRSTER (1982). Auch die Form der Zygosporen, mit der KRIEGER seine Varietäten-Einordnung „*Closterium cornu* EHRBG. var. *Lundellii* (LAGERHEIM) HOMFELD (1929)“ (1935, S. 270) begründet, ist angesichts der fehlenden artspezifischen Gemeinsamkeiten der vegetativen Zellen nicht stichhaltig: Die quadratische bis rechteckige Gestalt stellt eine Grundform dar, die bei einer Reihe von *Closterium*-Arten mehr oder minder abgewandelt und mit oder ohne abgerundete bzw. spitze Fortsätze realisiert ist. Darüber hinaus ist grundsätzlich Zweifel – den schon KOSSINSKAJA (1960, S. 163) äußert – angebracht, ob HOMFELD tatsächlich das Taxon *lundellii* vorliegen hatte, denn seine Zygosporen- und Konjugantenzeichnungen lassen die charakteristischen Merkmale vermissen: gewölbte Zygosporenecken und zum Apex hin deutlich verschmälerte Zellhälften. Auf keinen Fall liefert die Arbeit

von HOMFELD (1929) eine tragfähige Begründung für die von KRIEGER (1935) vorgenommene taxonomische Zuordnung.

Die sterische Orientierung der Zygospore von *Cl. lundellii* ist trotz der geringen Zahl der überprüften Individuen als artspezifisches Merkmal anzusehen. RŮŽIČKA (1977, S. 32) macht zwar als Beispiel für Anomalien die Aussage: „Bei einigen *Closterium*-Arten bilden sich schraubenförmig verdrehte Zygosporen (...), falls die beiden konjugierenden Zellen nicht parallel, sondern senkrecht zueinander liegen.“ Im vorliegenden Fall ist aber eine Anomalie kein einsichtiges Erklärungsprinzip, da alle Zygosporen betroffen sind. Auch ist die nicht in einer Ebene orientierte Lage der Konjuganten zueinander keine Ausnahme bei Desmidiaceen. Die Absicherung dieser Interpretation bleibt weiteren Funden oder Laborexperimenten vorbehalten.

Darauf, dass die erheblichen Unterschiede zwischen den Zygosporen von *Cl. lundellii* und *Cl. gracile* eine Zuordnung zu derselben Art verbieten, muss nicht eingegangen werden.

Gegen die vegetativen Zellen von *Cl. gracile* sind die von *Cl. lundellii* ebenfalls durch Differentialmerkmale abgegrenzt. Eines davon, die unterschiedliche Krümmung der Zellenden, hat LUNDELL (1871) als erster hervorgehoben und im Bild der an der Zygospore ansitzenden Halbzellen festgehalten, ebenso wie die im Text nicht erwähnte stärkere Verschmälung von *Cl. lundellii* zum Apex hin, die sich bei den beiden Arten im sehr unterschiedlichen Verhältnis Breite Zelle : Breite Apex zahlenmäßig erfassen läßt. Die Unterschiede in Apexgestalt und Endporusgröße sowie im Schwierigkeitsgrad, Pseudogürtelbänder nachzuweisen, eventuell auch die Neigung zur Morphenbildung sind weitere Kriterien.

Über die Stichhaltigkeit des letztgenannten Merkmals kann allerdings erst entschieden werden, wenn vergleichende Untersuchungen einer größeren Anzahl von Populationen und ihrer Variabilität in der Jahresrhythmik bzw. unter wechselnden Umweltbedingungen vorliegen.

Dass das Taxon *lundellii* gegen *Cl. gracile* abgegrenzt werden muss, bestätigt die Anmerkung von RŮŽIČKA (1962, S. 183), „daß *Cl. gracile* auch nach der Abtrennung von *Cl. limneticum* noch den Eindruck einer „Sammelart“ hervorruft.“

Trotz klarer Differentialmerkmale ist die Ähnlichkeit von *Cl. gracile* und *Cl. lundellii* aber so groß, dass die Unterschiede leicht zu übersehen sind, vor allem wenn kein Vergleichsmaterial vorliegt. Verwechslungen der beiden Species dürften für Feststellungen verantwortlich sein, die RŮŽIČKA (1977, S. 169) für *Cl. gracile* trifft: „Auch heute noch (...) ist die Art ein wenig unklar. Es gibt vor allem ziemlich große Unterschiede in der Apexform innerhalb verschiedener Populationen“. Es ist weiterhin zu überprüfen, ob sich hier eine Erklärung für die

oft widersprüchlichen Aussagen zur Zygosporienform von *Cl. gracile* ergibt, wie sie bis hin zu neuerer Literatur aufzuzeigen sind.

Die Form der Zygosporien – zusammen mit der Ähnlichkeit der vegetativen Zellen mit denen von *Cl. gracile* – lassen den Schluss zu, dass es sich bei dem eigenen Material um das selbe Taxon handelt wie bei LUNDELL (1871), LAGERHEIM (1883), ROLL (1915), SKUJA (1928) und KOSSINSKAJA (1960).

Somit bestätigen die Befunde zu den Merkmalen der Zygosporien und der vegetativen Zellen die Auffassung von LAGERHEIM (1883, S. 53): „Den af LUNDELL l.c. beskrifna formen (...) kann derfor ej räknas till denna art (= *Cl. gracile*, die Autorin), utan måste erhålla ett eget namn.“

Die taxonomisch korrekte Einordnung ist daher die von LAGERHEIM - als eigenständige Art *Closterium lundellii* LAGERH. 1883. Eine Zuordnung als Varietät zu *Cl. cornu* oder *Cl. gracile* ist nicht vertretbar.

Da die knappen, für eine Bestimmung der Art nach den vegetativen Zellen unzureichenden Angaben der Literatur nicht durch eine genaue Zeichnung bzw. Abbildung ergänzt sind, existiert im Sinne des Internationalen Code der botanischen Nomenklatur kein nomenklatorischer Typus für die Art (RŮŽIČKA 1977, S. 6/7). Deshalb werden die Charakteristika des Art-Typus abschließend nach den eigenen Befunden in einer ergänzenden Diagnose zur Teilbeschreibung von LUNDELL (1871, S. 82) zusammengefasst und als Abbildung durch die in Tafel 3, Fig. 1 dargestellte Zelle repräsentiert. Diese besitzt die charakteristische Umrissform der Zellen von *Cl. lundellii* und entspricht mit den Dimensionen $181,4 \times 5,6 \mu\text{m}$, dem Verhältnis Länge:Breite von 32,4 sowie den Apexbreiten $2,6 \mu\text{m}$ (oben) und $2,3 \mu\text{m}$ (unten) dem Populations-Durchschnitt zur Zeit der Zygosporienbildung. Die bandförmigen Chloroplasten der Halbzellen enthalten gut sichtbare Pyrenoide in typischer Lage. Von dem der Horizontalebene nahen Ende bis oberhalb des ersten Pyrenoids lässt der flach liegende Chloroplast bei der oberen Zellhälfte eine leichte Wellung erkennen. Die Apices zeigen die beiden typischen Erscheinungsbilder bei mikroskopischer Betrachtung: der Apex im Bild unten ist leicht abgeflacht gerundet mit deutlich erkennbarem Porus im Tiefenschärfenbereich, der obere Apex ist bei gleichem Umriss ohne Porus, da dieser außerhalb des Schärfenbereichs liegt. Lediglich die Kristallzahl der Endvakuolen ist nicht vollständig wiedergegeben: Es sind nur die zum Aufnahmezeitpunkt in der Schärfenebene befindlichen Exemplare erfasst. Ergänzend ist als Fig. 1a (siehe Tafel 3) die gescannte Fotografie eines protoplastenfreien Zellhüllenabschnittes mit einem Pseudogürtelband hinzu gefügt, dessen Grenzen an der dünnen Zellwand als leichte Seitenverdickungen bzw. schattenhafte Grenzringe erkennbar sind.

Diese Abbildung wird in Übereinstimmung mit den vorher zitierten Ausführungen von RŮŽIČKA einem fixierten Typus-Exemplar vorgezogen, da bei letzterem nach der bisherigen Erfahrung der Autorin die Zellform zwar gut erhalten bleibt, die Morphologie des Protoplasten sich aber stark verändert.

7. *Closterium lundellii* LAGERH. 1883 emend. M. MÜLLER

Ergänzende Diagnose

Zellen langgestreckt, ca. 20–57 mal länger als breit, schmal, im mittleren Teil gerade, in Höhe der Horizontalebene am breitesten. Halbzellen sich zunächst sehr allmählich und geringfügig verschmälernd, ab ca. dem letzten Viertel gleichmäßig und rasch auf weniger als die Hälfte bis maximal die Hälfte der Zellbreite im Bereich der Horizontalebene verjüngt und ventralwärts gekrümmt. Apices abgerundet bis etwas abgeflacht abgerundet, mit gut erkennbarem, leicht dorsalwärts gelegenen Endporus. Zellwand ohne echte Gürtelbänder, aber bei einem Teil der Zellen mit schwer erkennbaren Pseudogürtelbändern, farblos bzw. bei Eiseneinlagerung gelblich bis bräunlich, skulpturlos (Lichtmikroskop). Chloroplasten bandförmig, glattrandig, oft gewellt, nicht bis in die Zellenden reichend. Endvakuolen auffällig, langgestreckt, nicht scharf abgegrenzt, mit mehreren beweglichen Kristallen unterschiedlicher, aber stets geringer Größe. Pyrenoide klein, kugelig, zu mehreren annähernd regelmäßig axial im Chloroplasten aufgereiht, manchmal kaum oder nicht sichtbar.

Zygospore in sich gedreht, in Frontalansicht quadratisch (selten) bis rechteckig mit mehr oder minder konkaven Seiten, in Lateralansicht – eine obere und untere Ecke liegen in einer Ebene – oval. Ecken abgerundet, vorgewölbt und tetraedrisch angeordnet. Exospor glatt, an den Zygosporiencken in unterschiedlich lange, hyaline, konische, stumpf endende Fortsätze ausgezogen, die in den leeren Halbzellen der Konjuganten verankert bleiben. Bildung der Zygospore zwischen den in der Horizontalebene aus einander gewichenen Zellsegmenten der Konjuganten.

Complementary diagnosis

Cells elongate, 20–57 times longer than broad, slender, middle portion straight, within the midregion suture broadest. Semicells first very gradually and gently attenuated, from about the last quarter steady and markedly tapered to less than resp. at most half the breadth of the cell within the midregion suture and ventrally incurved. Apices rounded to slightly obtuse rounded with a well perceptible, a bit dorsal pore. Cellwall without real girdle bands, but at a number of cells with difficult

detectable pseudogirdle bands, colourless resp. by impregnation with iron compounds yellowish to brownish, smooth (optical microscope). Chloroplasts taeniate, entire, often wavy, not reaching the poles. Terminal vacuoles conspicuous, elongate, without sharp demarcation, with a variable number of vibrating crystals of varying, small size. Several small, spherical pyrenoids spaced down the length of vertical axis of chloroplasts, sometimes barely or not visible.

Zygospor twisted, in frontal view quadratic (rarely) to rectangular with more or less concave sides, in lateral view – one upper and under angle lying plane-like – ovate. Angles rounded, bulged out and arranged tetrahedral. Exospor smooth, within the angles continued in hyaline, coniform, obtuse processes of varying length, staying anchored in the empty semicells of the conjugants. Formation of zygospor between the in the midregion suture separating segments of the conjugants.

Danksagung

Für ihre Unterstützung danke ich Frau Monika Armbrust (Computer und Photolabor), Herrn Stefan Armbrust (Scanner), Herrn Georg Blana-Müller (Probenahmen und Parame-termessungen vor Ort), Frau Julia Prieb (Übersetzung der russischen Literatur) sowie Herrn Dr. Tassilo Feuerer (Übernahme des Referenzmaterials) und Frau Dr. Monika Engels (diesbezügliche Vermittlung).

Literatur

- ARCHER, W. (1868): Proceedings of societies, 21st May 1868. Quart. Jour. Microsc. Sci. **8**: 289–296.
- BRÉBISSEON, A. DE (1839): Sur les préparations nécessaires à l'étude des Algues inférieures & Catalogue des espèces connues des Desmidiées, et des Diatomées ou Bacillariées. In: CH. CHEVALIER (ed.), Des microscopes et de leur usage, Lettre pp. 263–276, Paris.
- (1856): Liste des Desmidiées observées en Basse-Normandie. Mémoires de la Soc. Impériale des Sciences Naturelles de Cherbourg **4**: 113–162, 301–304 + 2 Tafeln.
- BROOK, A.J. (1981): The biology of Desmids. Oxford.
- BUELL, H.F. (1968): *Closterium gracile* BRÉB. (Desmidiaceae) – a new interpretation. Bull. Torr. Bot. Club **95**(5): 449–454.
- COESEL, P.F.M. (1974): Notes on sexual reproduction in desmids. I. Zygospor formation in nature (with special reference to some unusual records of zygotes). Acta Bot. Neerl. **23**(4): 361–368.
- (1983): De Desmidiaceen von Nederland, Deel 2, Fam. Closteriaceae. Wetensch. Meded. Kon. Ned. Natuurhist. Ver. **157**: 1–49.
- & TEIXEIRA, R.M.V. (1974): Notes on sexual reproduction in Desmids. II. Experiences with conjugation experiments in uni-algal cultures. Acta Bot. Neerl. **23**(5)-(6): 603–611.
- COMÈRE, J. (1901): Les Desmidiées de France. Toulouse.
- DE-TONI, G. B. (1889): Sylloge Algarum omnium hucusque cognitarum. Vol. I. Patavii.
- FÖRSTER, K. (1982): Conjugatophyceae Zygnematales und Desmidiales (excl. Zygnemataceae). In: ELSTER, H.-J. & OHLE, W. (Hrsg.), Die Binnengewässer, Band **XVI**: Das Phytoplankton des Süßwassers. Von G. HUBER-PESTALOZZI. 8. Teil, 1. Hälfte. Stuttgart.
- FRITSCH, F.E. (1930): Über Entwicklungstendenzen bei Desmidiaceen. Z. Bot. **23**: 402–418.
- HOMFELD, H. (1929): Beitrag zur Kenntnis der Desmidiaceen Nordwestdeutschlands besonders ihrer Zygoten. Jena.
- KJERMAYER, O. & JAROSCH, R. (1962): Die Formbildung von *Micrasterias rotata* RALFS und ihre experimentelle Beeinflussung. Protoplasma **LIV**: 382–420.
- KIES, L. (1964): Über die experimentelle Auslösung von Fortpflanzungsvorgängen und die Zygotenkeimung bei *Closterium acerosum* (SCHRANK) EHRENBG. Arch. Protistenkd. **107**: 331–350.
- (1968): Über die Zygotenbildung bei *Micrasterias papillifera* BRÉB. Flora, Abt. B, **157**: 301–313.
- KOSSINSKAJA, E.K. (1960): Desmidievye vodorosli. Vyp. I. Desmidiales. Fasc. 1. Flora Spor. Rast. SSSR **5**(2), Moskva-Leningrad.
- KRIEGER, W. (1935): Die Desmidiaceen Europas mit Berücksichtigung der außereuropäischen Arten. In: Dr. L. RABENHORST's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Band **13**(1), 1. Teil, Lief. 2. Leipzig.
- KUNTZE, O. (1891): Revisio generum plantarum vascularium omnium atque cellularium multarum secundum leges nomenclaturae internationales cum enumeratione plantarum exoticarum in itinere mundi collectarum **II**. Leipzig.
- LAGERHEIM, G. (1883): Bidrag till Sveriges algflora. Öfvers. Förh. Kongl. Svenska Vetensk.-Akad. **2**: 37–78 + 1 Tafel.
- LEMAIRE, AD. (1883): Liste des Desmidiées observées dans les Vosges jusqu'en 1882, précédée d'une introduction contenant des indications sur la récolte et la préparation de ces Algues. Bull. Soc. Sci. de Nancy, Ser. II, **6**: XVI 1–25.
- (1890): Liste des Desmidiées observées dans quelques lacs des Vosges et aux environs d'Étival. Bull. Soc. Sci. de Nancy: 27–37.
- LUNDELL, P.M. (1871): De desmidiaceis, quae in Suecia inventae sunt, observationes criticae. Nova Acta Regiae Soc. Sci. Upsal. Serie **3**, Vol. **VIII**: 1–100 + 5 Tafeln.
- Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (MURL) NRW, Hrsg. (1989): Klimaatlas von Nordrhein-Westfalen. Offenbach.
- MIX, M. (1969): Zur Feinstruktur der Zellwände in der Gattung *Closterium* (Desmidiaceae) unter besonderer Berücksichtigung des Porensystems. Arch. Mikrobiol. **68**: 306–325.
- (1970): Gürtelbänder bei *Closterium gracile* BRÉB. (Desmidiaceae). Mitt. Staatsinst. Allg. Bot. Hamburg **13**: 93–96.
- NORDSTEDT, O. (1873): Bidrag till kannedomen om sydligare Norges Desmidiéer. Acta Univ. Lund. **IX** (1872): X, 1–51.
- (1896): Index Desmidiacearum citationibus locupletissimus atque bibliographia. Berolini.
- (1908): Index Desmidiacearum citationibus locupletissimus atque bibliographia. Supplementum. Berolini.
- RALFS, J. (1848): The British Desmidieae. London.

- ROLL, J.W.(1915): Materialy k flore vodoroslej Rossii. Rod *Closterium* NITZSCH. Tr. Obšč. Ispyt. Prir. Charkovsk. Univ. **25**: 171–246.
- ROSA, K. (1951): Algenflora von Südböhmen. Stud. Bot. Cechosl., Praha, **XII**: 173–232.
- ROY, J. & BISSET, J.P. (1894): On Scottish Desmidiaceae. Ann. Scott. Nat. Hist.: 241–256.
- RŮŽIČKA, J. (1962): *Closterium limneticum* LEMM. 1899. Preslia, (Praha) **34**: 176–189.
- (1971): Morphologische Variabilität der Algen, hervorgerufen durch Kultivierungsbedingungen. Arch.Hydrobiol./Suppl. **39**, Algol. Stud. **4**: 146–177.
- (1973): Die Zieralgen des Naturschutzgebietes „Režabinec“ (Südböhmen). Preslia (Praha) **45**: 193–241.
- (1977): Die Desmidiaceen Mitteleuropas. Band **1**, 1. Lief. Stuttgart.
- SCHARF, W. (1979): Zieralgen (Desmidiales, Mesotaeniaceae) aus Eifelmaaren. Decheniana (Bonn) **132**: 29–42.
- SKUJA, H.(1928): Vorarbeiten zu einer Algenflora von Lettland IV. Acta Horti Bot. Univ. **III**: 103–214 + 2 Tafeln.
- (1948): Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Schweden. Symbolae Botanicae Upsaliensis **IX** (3): 1–399 + 38 Tafeln.
- SMITH, G.B. (1924): Phytoplankton of the Inland Lakes of Wisconsin, Part II Desmidiaceae. Wisconsin Geological and Natural History Survey, Bull. **57**, Madison.
- WEST, W. & WEST, G.S. (1900): Notes on Freshwater Algae II. J. Bot. **36**: 289–299.
- (1904): A monograph of the British Desmidiaceae. Vol.I. Ray Society London.
- WILDEMAN, É. DE (1897): Les algues du Limbourg. Ann. Soc. Belg. Micr. **21**: 42–68.
- WOLLE, F. (1892): Desmids of the United States and List of American Pediastrums. New and enlarged edition. Moravian Publication Office, Bethlehem, PA.