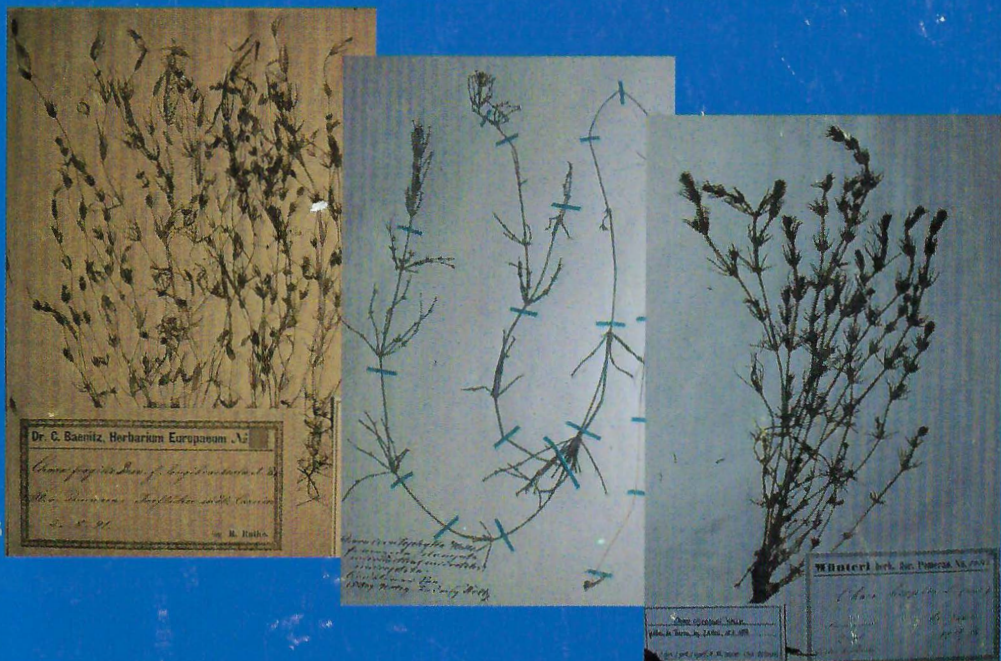


# Rostocker Meeresbiologische Beiträge



Characeen Deutschlands II

Heft 19

Bereichs-  
bibliothek  
Südstadt

F4

quium für

UBR  
WA  
80000

abil. U. Schiewer

-19

# **Rostocker Meeresbiologische Beiträge**

**Characeen Deutschlands II**

**&**

**Mit Beiträgen des Fest-Kolloquiums  
zum 70. Geburtstag von  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Ulrich Schiewer (1936 - 2007)**

**Heft 19**

**Universität Rostock**  
Fachbereich Biowissenschaften  
2008

Egbert KORTE\* & Thomas GREGOR

\* Dr. Egbert Korte, Bürogemeinschaft für fisch- & gewässerökologische Studien, Plattenhof,  
64560 Riedstadt  
korte@bfs-gewaesser.de

## Neue Characeenfunde aus Hessen

### Zusammenfassung

Daten zu Armelechteralgen in Hessen sind bisher sehr lückenhaft (GREGOR 2002, 2003 & 2004). Bei Untersuchungen zum Vorkommen von Gewässermakrophyten im Rahmen der FFH-Richtlinie, im Rahmen der 4. Characeen-Tagung 2007 in Stockstadt und bei einigen zufälligen Erhebungen wurden die als verschollen geltenden *Chara virgata*, *Nitella capillaris*, *N. confervacea* und *N. tenuissima* erneut nachgewiesen. Für *Chara aspera*, *Ch. tenuispina* und *Tolypella intricata* gelangen Neufunde für Hessen. Von besonderer Bedeutung ist der Fund der bundesweit extrem seltenen *Chara tenuispina* in einem Fischteich am Kühkopf in Südhessen.

**Keywords:** Characeen, Hessen, *Chara tenuispina*

### 1 Einleitung

Nach wie vor zeigen Botaniker gegenüber Characeen wenig Aufmerksamkeit. Angaben zu Vertretern dieser an sich auffälligen und mit mäßigem Aufwand bestimmbaren Gruppe finden sich nur selten in Gutachten und ökologischen Bestandserfassungen. Dies dürfte hauptsächlich damit verbunden sein, dass die Kartierung von Gewässern in Bezug auf Gewässermakrophyten mit deutlich mehr Aufwand als bei terrestrischen Lebensräumen verbunden ist. Eine gewisse Wasserscheu der Botaniker scheint das Problem zu verschärfen.

Unter natürlichen Bedingungen kommen Armelechteralgen in temporären und permanenten Auengewässern, potamalen Flussabschnitten, Altarmen und Seen vor. In Hessen findet man sie heute fast ausschließlich in Sekundärbiotopen, wobei hier Abtragungsgewässer und daraus hervorgegangene Angelgewässer der bei weitem wichtigste Lebensraum sind. Von geringerer Bedeutung sind Fischteiche und Entwässerungsgräben.

Eine Auswertung der historischen Literatur sowie der Herbarien und eine daraus abgeleitete erste Abschätzung zum Vorkommen der Armelechteralgen wurden von GREGOR (2002) erstellt. Diese Zusammenstellung vermittelt aber einen unvollständigen Eindruck vom Vorkommen der Armelechteralgen in Hessen. Auch die Rote Liste der Armelechteralgen Hessens (GREGOR 2003) bezieht sich weitgehend auf die historischen Daten und aktuelle „Zufallsfunde“. Eine gezielte

Suche nach Armleuchteralgen fand in der Regel in den letzten Jahren nicht statt. Mit Umsetzung der FFH- und Wasserrahmenrichtlinie kommen Armleuchteralgen aber zunehmend in den Fokus von Untersuchungen. Die Zahl der dabei neu gefundenen Arten und Vorkommen zeigt überdeutlich die bisher völlig unzureichende Erfassung der Characeen in Hessen.

## 2 Methodik

Daten wurden an 12 Gewässern ermittelt. Dabei wurden folgende Methodiken angewandt:

In drei Gewässern wurde mittels Tauchkartierung eine Grunddatenerhebung im Rahmen der FFH-Richtlinie durchgeführt. Hierzu wurden mehrere Tauchgänge an verschiedenen Stellen der Abgrabungsgewässer durchgeführt. Vom Riedsee und Weilerhofer See liegen Daten aus zwei Jahren vor.

Der Wechselsee bei Biebesheim wurde in 2006 und 2007 betaucht.

Bei 9 Gewässern liegen einmalige Begehungen vor. Hier wurden die Arten bei Tauchgängen am Gewässerboden erfasst bzw. mit einem Entnahmegerät (Harke) geborgen.

Bei einem Gewässer (Main, Stauhaltung Mühlheim-Großkrotzenburg) wurde *N. mucronata* zufällig bei der Netzfischerei nachgewiesen.

## 3 Ergebnisse

Die Untersuchungen an 13 permanenten und einem temporären Gewässer in Hessen erbrachten den Nachweis von 17 Armleuchteralgen und einen deutlichen Kenntnissgewinn bezüglich des Vorkommens der Armleuchteralgen in Hessen (siehe Tab. 1).

*Nitella tenuissima*, *Nitella confervacea* und *Nitella capillaris* galten nach der Roten Liste von GREGOR (2003) als ausgestorben oder verschollen und konnten im Rahmen der FFH-Grunddatenerhebung im Riedsee und im Weilerhofer See wieder nachgewiesen werden. Weitere Vorkommen wurden bei Exkursionen im Rahmen der 4. Characeen-Tagung in der Oberrheinebene entdeckt. Von *Chara virgata*, die in einer langsam sich füllenden Braunkohlengrube im ehemaligen Borkener Braunkohlenrevier entdeckt wurde, war bisher kein sicheres Vorkommen aus Hessen bekannt.

Als Arten, die in der Roten Liste Hessens (GREGOR 2003) nicht aufgeführt werden, konnten *Chara aspera*, *Ch. tenuispina* und *Tolypella intricata* nachgewiesen werden. Besonders der Fund von *Chara tenuispina* ist bemerkenswert, da derzeit nur zwei weitere Fundorte für Deutschland bekannt sind.

**Tab. 1** Liste neuerer Nachweise von Characeen in Hessen mit Angabe des Gewässers und ihrer Gefährdung. (0 = verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, R = extrem selten, G = Gefährdung anzunehmen, \* = ungefährdet, D = Daten mangelhaft, F = Art fehlt in der Roten Liste.

	Borkener See 2002	Grube Zimmersrode 2007	Weilerhofer See 2006	Weilerhofer See 2007	Riedsee 2006	Riedsee 2007	Neujahrsloch 2007	Teiche Kälberteicher Hof 2007	Fischteich w Stockstadt 2007	Wechelsee 2006	Wechelsee 2007	Hammerau südlicher Teich 2007	Hammerau nördlicher Teich 2007	Kiesgrube bei Trebur 2006	Graf-Dietrichs-Weiher 2007	Obermooser Teich 2007	Main, Stauhaltung Muhlheim-Großkrotzenburg 2007	RL He
Beobachtung	K	G	K	K	K	K	K	T1	T2	G	T3	T3	T3	K	K	K	K	
<i>Chara aspera</i>										X								-
<i>Chara contraria</i>	X		X		X	X	X		X	X	X	X	X	X				R
<i>Chara globularis</i>	X		X		X	X		X	X	X	X	X	X					*
<i>Chara hispida</i>			X			X								X				3
<i>Chara polyacantha</i>	X																	R
<i>Chara tenuispina</i>									X									-
<i>Chara virgata</i>		X																D
<i>Chara vulgaris</i>	X	X	X		X	X	X	X	X			X	X	X				*
<i>Nitella capillaris</i>			X					X										0
<i>Nitella confervacea</i>			X		X	X		X	X			X	X					0
<i>Nitella flexilis</i>															X	X		*
<i>Nitella mucronata</i>								X	X								X	D
1.1 <i>Nitella opaca</i>	X		X		X	X												G
<i>Nitella syncarpa</i>								X										G
<i>Nitella tenuissima</i>			X	X	X	X							X					0
1.2 <i>Nitellopsis obtusa</i>	X		X		X	X			X	X	X	X	X					D
1.3 <i>Tolypella intricata</i>			X			X		X										-
<b>1.4 Artenzahl</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	

Erfassung: G = Thomas Gregor; K = Egbert Korte; T1 = Thomas Gregor, Heiko Korsch, Lenz Meierott, Uwe Raabe, Joop van Raam u.a., T2 = Heiko Korsch, Lenz Meierott, Uwe Raabe, Joop van Raam u.a., *Nitella confervacea* und *N. mucronata* wurden von U. Raabe bei einer „Nachexkursion festgestellt, T3: Thomas Gregor, Lenz Meierott, Uwe Raabe.

Lage der Gewässer: Braunkohlenabbau Borkener See: 4921/41; Braunkohlenabbau s Zimmersrode: 4921/34; Weilerhofer See: 6117/11 & 13; Riedsee: 6116/14 & 23; Neujahrsloch w Erfelden: 6116/41; Teiche Kälberteicher Hof: 6116/43; Fischteich w Stockstadt: 6116/43, 3460100/5519200; Wechelsee w Biebesheim: 6216/21; Hammerau nw Groß-Rohrheim, südlicher Teich: 6216/41 & 43; Hammerau nw Groß-Rohrheim, nördlicher Teich: 6216/41; Kiesgrube bei Trebur: 6016; Graf-Dietrichs-Weiher: 5621/22; Obermooser-Teich: 5522/13; Main-Stauhaltung Muhlheim-Großkrotzenburg.

## Anmerkungen zu einzelnen Arten

### *Chara aspera*

Die Art wurde 2006 im Wechselsee bei Biebesheim festgestellt. Funde dieser Art fehlten bisher aus Hessen, doch war die Art in der badischen Rheinaue im 19. Jahrhundert nicht selten (MIGULA 1900), auch PÄTZOLD (2003) nennt sie hier eine verbreitete Art von Abgrabungen im Klarwasserstadium. Dieses Klarwasserstadium entsteht in Baggerseen nach Ende der Ausbeutung und vor Beginn einer Eutrophierung.

### *Chara tenuispina*

*Chara tenuispina* ist eine bislang für Hessen unbekannte Characee. Sie war aber im 19. Jahrhundert aber aus der nordbadischen Oberrheinebene (Schwetzingen, Oberhausen) bekannt (MIGULA 1900), so dass der Fund nicht völlig überraschend ist. *Chara tenuispina* galt in Mitteleuropa jahrelang als verschollen (KRAUSE 1997). Bundesweit sind derzeit neben dem aktuellen Nachweis aus Hessen nur ein Vorkommen in Brandenburg und ein weiteres am Bodensee bekannt. *Chara tenuispina* besiedelt nach KRAUSE (1997) elektrolytreiche Flachmoore und Sandgruben.

### *Chara virgata*

Bisher lag für diese Art aus Hessen nur eine nicht belegte Angabe bei Gießen vor. 2007 wurde sie in großer Menge in einem sich füllenden ehemaligen Braunkohlentagebau im ehemaligen Borkener Braunkohlerevier gefunden. Die Gewässer der ehemaligen Braunkohlengruben dürften elektrolytarm sein, was typisch für diese Art ist.

### *Nitella capillaris*

*Nitella capillaris* ist eine kleine Pflanze mit haarfeinen Ästen und einer recht dichten Silhouette. Für Hessen war bisher nur ein Nachweis durch THEOBALD (1854) bekannt. *Nitella capillaris* besiedelt laut KRAUSE (1997) mit Vorliebe Kleingewässer und bildet Einartbestände. Im vorliegenden Fall konnte die ökologische Einnischung nur zum Teil bestätigt werden. Sie wurde 2006 im Weilerhofer See bis zu einer Tiefe von 16 m nachgewiesen, wo sie auch noch im Spätsommer (August) vorkam. Sie hatte zu diesem Zeitpunkt ihre Schleimhülle verloren. Der Fundort Kälberteicher Hof, im Naturschutzgebiet Kühkopf-Knoblochsaue, entspricht der Beschreibung Krauses. Da derzeit weder aus Rheinland-Pfalz noch aus Baden-Württemberg aktuelle Nachweise vom Oberrhein bekannt sind, sind diese Funde äußerst bemerkenswert.

### *Nitella tenuissima*

*Nitella tenuissima* besteht aus dünnen, wenig verzweigten Sprossen, mit kleinen kugelähnlichen Quirlen. Sie bewohnt nach KRAUSE (1997) vorwiegend Flachwasser und ist auch in Torfstichen, Lehmgruben und Gräben anzutreffen. Aus

Hessen gab es bisher nur einen nicht nachprüfbaren Nachweis aus dem 19. Jahrhundert (HEYER nach HEIDT 1936). Die aktuellen Nachweise betreffen Abgrabungsgewässers des Oberrheingebiets. Dieser Befund ist auch aus Baden-Württemberg bekannt. PÄTZOLD (2003) wies die Art mehrfach in Baggerseen der badischen Oberrheinebene nach. Man trifft *N. tenuissima* selten in mehr als 5 m Tiefe an. Flächige Bestände siedeln häufig auf Grundwasseraustritten. Die Polster sind zumeist von Algen bedeckt (KRAUSE 1997).

### *Nitella confervacea*

*Nitella confervacea* bewohnt Seen, Teiche, Kiesgruben und Gräben, gehört zu den kleinsten Vertretern der Armluchteralgen und wird selten höher als 5 cm. In Baggerseen siedelt sie auf sandigem und schlammigem Untergrund oft zusammen mit der ebenfalls kleinwüchsigen *Nitella tenuissima* (KRAUSE 1997). Für diese Art lag bis zu den Funden 2006 nur eine Literaturangabe aus dem 19. Jahrhundert aus der Oberrheinebene bei Astheim vor. Nachweise aus fünf verschiedenen Gewässern der Oberrheinebene – Weilerhofer See, Riedsee, zwei Seen in der Hammeraue, Teich am Kälberteicher Hof – belegen, dass *N. confervacea* am hessischen Oberrhein offenbar nicht allzu selten vorkommt. Sie wurde im Riedsee vom Flachwasser bis hin zu 4 m Tiefe gefunden. Die Bestände sind dort zum Teil über 20 m<sup>2</sup> groß. *N. confervacea* konnte in den letzten Jahren auch vermehrt in Baden-Württemberg bei Tauchkartierungen nachgewiesen werden (PÄTZOLD 2003a, b, 2004). Häufig wurde sie dabei mit *Nitella tenuissima* angetroffen.

### *Tolypella intricata*

*Tolypella intricata* besiedelt neu entstandene Kleingewässer, Gräben, Erdausstiche und periodische Tümpel sowie Bereiche von klaren Baggerseen, die am Grund durch Detritusansammlungen einen Nährstoffpool aufweisen. Die Pflanzen sind in ihrer Größe sehr variabel. Sie bilden grazile Köpfchen aus. Ihr Habitus erinnert an die Silhouette einer Strandkiefer (KRAUSE 1997). NORDSTEDT (1882) führt die Art für Griesheim auf. Da es neben dem Griesheim bei Darmstadt auch einen weiteren Ort dieses Namens in der Oberrheinebene bei Offenburg gibt, wurde die Art in der Roten Liste der Characeen Hessens (GREGOR 2003) nicht berücksichtigt. Gemeint war aber wahrscheinlich das hessische Griesheim in dessen Nähe die Art nun wiedergefunden wurde. Im Rahmen der FFH-Grundlagenerhebung wurde sie am Riedsee und am Weilerhofer See festgestellt. Während der Characeen-Tagung wurde sie auch im Flachwasser von Kleinteichen am Kälberteicher Hof auf dem Kühkopf nachgewiesen. Hier ist anzumerken, dass in diesen Kleinteichen auch einige Exemplare gefunden wurden, die hinsichtlich der Astbreite zunächst *Tolypella prolifera* zugeordnet wurden. Joop van Raam, dem die Proben vorgelegt wurden, kam zu dem Schluss, dass es sich um *T. intricata* handeln müsse, da die Oosporenmembran mit feinen Wärzchen besetzt sei. *T. prolifera* hat eine glatte Oosporenmembran. Dieses bisher wenig genutzte Merkmal sollte zukünftig Beachtung finden.

## 4 Fazit

Untersuchungen zur Umsetzung der FFH-Richtlinie und der EU-Wasserrahmenrichtlinie haben die Armleuchteralgen zunehmend in den Focus von Behörden gebracht, da sie bei der Bewertung der Gewässer und Lebensraumtypen als Wert bestimmende Arten herangezogen werden. Die dabei erhobenen Daten haben die Kenntnis über das Vorkommen dieser Artengruppe in Hessen deutlich erweitert.

Besonders der Nachweis mehrerer verschollener Arten in jeweils mehreren Gewässern macht deutlich, dass die derzeitige Kenntnis über die Verbreitung dieser Gruppe noch sehr lückenhaft ist. Eine aussagekräftige Rote Liste kann daher erst nach einer umfassenden Kartierung erstellt werden. Die Erfassung am Weilerhof zeigt exemplarisch die Schwierigkeit einer derartigen Erfassung. In 2006 gelang hier der Nachweis von 10 Arten, nach Wiederaufnahme der Abbautätigkeit konnte 2007 nur noch eine Art festgestellt werden. Die anderen Arten „schlummerten“ in der Diasporenbank.

### Literatur

- GREGOR, T. (2002). Die Armleuchteralgen (*Characeae*) Hessens – eine erste Fundortliste. — Jahrbuch des Nassauischen Vereins für Naturkunde 122: 95–113; Wiesbaden „2001“.
- GREGOR, T. (2003). Rote Liste der Armleuchteralgen (*Characeae*) Hessens. Erste Fassung. – Botanik und Naturschutz in Hessen 16: 31–37; Frankfurt am Main.
- GREGOR, T. (2004). Characeen-Floristik in Hessen. – Rostocker Meeresbiologische Beiträge 13 [Die Characeen Deutschlands & 25 Jahre Biologische Station Zingst]: 147–152; Rostock.
- HEIDT, K. (1936): Characeen in der Umgebung von Gießen. – Berichte der Oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde, Neue Folge 17: 73–78; Gießen.
- KRAUSE, W. (1997): Süßwasserflora von Mitteleuropa – Charales. – 202 S.; Stuttgart (Gustav Fischer).
- MIGULA, W. (1900): Die Characeen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. Unter Berücksichtigung aller Arten Europas. – In: FISCHER, A., FISCHER, E., HAUCK, F., LIMPRICHT, G., LUERSEN, C., MIGULA, W., REHM, H., RICHTER, P. & WINTER, G.: Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz. – 5, 2. Aufl. – XIII, [1] & 765 S.; Leipzig (E. Kummer).
- NORDSTEDT, O. (1882): Fragmente einer Monographie der Characeen von Hrn. A. Braun. Nach den hinterlassenen Manuscripten A. Braun's. – Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1882: 1–211; Berlin.
- PÄTZOLD, F. (2003): Ökologische Typisierung von Baggerseen am Oberrhein. – Carolina 60: 91-102, 3 Taf.; Karlsruhe.
- THEOBALD, G. (1854): Verzeichnis der Wetterauischen Algen. – Jahresberichte der Wetterauischen Gesellschaft für die Gesamte Naturkunde 1851/53: 141–156; Hanau.

Timm KABUS\* & Lothar TÄUSCHER

\*Timm Kabus, Institut für angewandte Gewässerökologie, Schlunkendorfer Str. 2e, 14554 Seddin  
kabus@gmx.de

## **Der Dreetzsee im Feldberger Seengebiet. Exkursionsbericht der 3. Tagung der „AG Characeen Deutschlands“**

**The lake Dreetzsee in the Baltic Lake District. Excursion report of the 3<sup>rd</sup> meeting of the “AG Characeen Deutschlands”**

### **Abstract**

During the 3<sup>rd</sup> meeting of the “AG Characeen Deutschlands” the lakes Dreetzsee and Käthelkuhle were investigated. 13 Characeae-species were found in lake Dreetzsee and two species in lake Käthelkuhle. Lake Dreetzsee is also populated by soft water species like *Littorella uniflora*. The results are discussed according to limnochemical parameters and compared to older investigations.

**Keywords:** Dreetzsee, Käthelkuhle, *Littorella uniflora*

### **1 Einleitung**

Während der 3. Tagung der „AG Characeen Deutschlands“ (15. bis 17. September 2006 in Thomsdorf) fand am 16.9.2006 u.a. eine Exkursion zum Dreetzsee (Mecklenburg-Vorpommern, Naturpark Feldberger Seenlandschaft) und zur nahe gelegenen Käthelkuhle (Brandenburg, Naturpark Uckermärkische Seen) statt.

Der 64 ha große Dreetzsee mit einer maximalen Wassertiefe von 4,2 m gehört zu den oberen Feldberger Seen (84 m ü. NN) und entwässert über Sickerwasser/ Durchsickerung zum Krüselinsee (74,6 m ü. NN). Die Käthelkuhle ist ein nur durch eine Bodenwelle vom Dreetzsee abgetrenntes Kleingewässer (0,1 ha), das früher sicherlich Teil des Sees war und heute bei hohem Wasserstand über einen Graben in den Dreetzsee entwässert.

## 2 Kartierungsergebnisse

Bei der Exkursion wurden die in Tab. 1 aufgeführten Arten aufgefunden.

**Tab. 1** Makrophyten-Nachweise aus dem Dreetzsee und der Käthelkuhle

	Dreetzsee	Käthelkuhle
<b>Armleuchteralgen (Characee)</b>		
<i>Chara aspera</i> WILLDENOW	X	
<i>Chara contraria</i> A. BRAUN ex KÜTZING	X	
<i>Chara filiformis</i> HERTZSCH	X	
<i>Chara globularis</i> THUILLIER	X	
<i>Chara hispida</i> L.	X	
<i>Chara intermedia</i> A. BRAUN	X	
<i>Chara rudis</i> (A. BRAUN) LEONHARDI	X	
<i>Chara tomentosa</i> L.	X	
<i>Chara virgata</i> KÜTZING	X	X
<i>Nitella flexilis</i> L.	X	
<i>Nitella opaca</i> (BRUZELIUS) C. A. AGARDH	X	
<i>Nitella syncarpa</i> (THUILLIER) CHEVALLIER		X
<i>Nitellopsis obtusa</i> (DESVAUX) J. GROVES	X	
<b>Übrige Pflanzenarten</b>		
<i>Cyperus fuscus</i> L.		X
<i>Drepanocladus aduncus</i> (HEDW.) WARNST.		X
<i>Fontinalis kindbergii</i> REN. & CARD.		X
<i>Littorella uniflora</i> (L.) ASCH.	X	
<i>Myriophyllum alterniflorum</i> DC.	X	
<i>Najas marina</i> ssp. <i>intermedia</i> (WOLFG. ex GORSKI) CASPER	X	
<i>Potamogeton</i> x <i>nitens</i> WEBER		X
<i>Potamogeton</i> x <i>nerviger</i> WOLFG. ( <i>P. alpinus</i> x <i>P. lucens</i> )	X	
<i>Potamogeton</i> x <i>salicifolius</i> WOLFG. ( <i>P. lucens</i> x <i>P. perfoliatus</i> )	X	
<i>Riccia fluitans</i> L.		X
<i>Stratiotes aloides</i> L.		X
<i>Stratiotes aloides</i> f. <i>submersa</i>	X	
<i>Vaucheria</i> spec.	X	

## 3 Diskussion

Bemerkenswert ist der Reichtum an Armleuchteralgen insbesondere im Dreetzsee. Mit *Chara rudis*, *Chara filiformis* und anderen treten auch Zeiger sehr nährstoffarmer Verhältnisse auf. Die untere Makrophytengrenze wurde bei den Untersuchungen zwar nicht explizit bestimmt, es wurden aber noch in 8,0 m Tiefe Armleuchteralgen entnommen. Nach älteren Daten liegt sie bei mindestens 8,7 m (KABUS 2004a, JESCHKE 1959 gibt noch eine Makrophytengrenze von 11 m an). Dem See kann damit über die Makrophytengrenze und das Artenspektrum ein schwach mesotropher Zustand zugewiesen werden, mit Tendenz zum oligotrophen Zustand. Die Flora der Tiefenzone des Dreetzsees lässt die Zuordnung zum FFH-Lebensraumtyp 3140 (kalkreiche, mesotrophe Seen) zu (Indikation nach BLÜMEL & SUCCOW 1998, MAUERSBERGER & MAUERSBERGER 1996, KABUS 2004b, MÜLLER et al. 2004).

In den Flachwasserzonen des Dreetzsees treten jedoch mit *Littorella uniflora* und *Myriophyllum alterniflorum* Indikatorarten der basenarmen nährstoffarmen Seen auf (FFH-Lebensraumtyp 3130, vgl. KABUS et al. 2004).

Die limnochemischen Untersuchungen des Dreetzsees über der tiefsten Stelle (Mitte des Hauptbeckens) weisen den See als mesotrophen, mäßig kalkreichen See ( $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration: 53 mg/l) mit einer mäßigen Alkalinität (1,8 mmol/l) aus (Daten Seenreferat MV, zit. bei KABUS 2004a). Eine Uferprobe vom 26.8.2006 charakterisiert das Wasser der Flachwasserzone am Südostufer als weniger hart (Alkalinität 1,2 mmol/l), was eher den Lebensbedingungen des Strandlings (*Littorella uniflora*) entspricht.

In den vergangenen Jahrzehnten war der Dreetzsee konstant in einem mesotrophen Zustand, mit Vorkommen von Armleuchteralgen-Gesellschaften und Strandlings-Gesellschaften, wie dies der Literatur entnommen werden kann (vgl. besonders JESCHKE 1959, Literatur- und Artenübersicht bei LESKE et al. 2004). Die zusätzlich in anderen Untersuchungen nachgewiesenen Armleuchteralgen sind in Tab. 2 wiedergegeben.

**Tab. 2** Weitere Nachweise von Characeen im Dreetzsee (aufgeführt ist jeweils nur die Quelle für den letzten Fund)

Artname	Letzte Quellenangabe
<i>Chara polyacantha</i> A. BRAUN	JESCHKE 1959
<i>Chara vulgaris</i> L.	PIETSCH 1984
<i>Nitella mucronata</i> (A. BRAUN) MIQUEL	JESCHKE 1959

Daraus ergibt sich eine Gesamtzahl von 15 im Dreetzsee nachgewiesenen Characeen. Anzuführen ist noch, dass das während der Exkursion nicht untersuchte Nordbecken des Dreetzsees etwas nährstoffreicher erscheint, wofür die geringere Wassertiefe und damit die größere Anfälligkeit gegenüber der umliegenden Landnutzung (landwirtschaftliche Nutzflächen) verantwortlich sind. Hier wurden weniger Armleuchteralgen aufgefunden, dafür Arten, die im Südbecken fehlen oder seltener sind. Dies sind u.a. *Ceratophyllum demersum* L., *Potamogeton gramineus* L., *P. natans* L., *P. pectinatus* L., *P. perfoliatus* L. und *Myriophyllum spicatum* L., sowie die „Weichwasserarten“ *Eleocharis acicularis* (L.) ROEM. & SCHULT. und *Juncus bulbosus* L. (KABUS 2004a, JESCHKE 1959, PIETSCH 1984).

Die Käthelkuhle ist ein Kleingewässer mit stärkeren Wasserstandsschwankungen und deshalb sicher auch in Trophie, Säure-Base-Status und Makrophytenbesiedlung wechselnd. Aus Altdaten zur Makrophytenbesiedlung ist insbesondere das von DOLL (1989) erwähnte Vorkommen von *Nitella gracilis* (SMITH) AGARDH zu nennen (Funddatum 1978, vgl. Beitrag von KABUS in diesem Band, dort auch limnochemische Daten zur Käthelkuhle). Daneben werden u.a. *Potamogeton natans*, *Ranunculus peltatus* SCHRANK, *Lemna minor* L., *Lemna trisulca* L. (Doll 1989, KABUS 2006, unpubl.) genannt.

## 4 Zusammenfassung

Während der 3. Tagung der AG Characeen Deutschlands wurden der mesotrophe Dreetzsee und das Kleingewässer Käthelkuhle untersucht. Bemerkenswert waren die Armelechteralgenfunde im Dreetzsee (13 Arten), sowie die dort im Flachwasser auftretenden Weichwasserarten wie *Littorella uniflora*. In der Käthelkuhle wurden zwei Armelechteralgenarten gefunden.

### Danksagung

Wir danken den Exkursionsteilnehmern, besonders Herrn Peter Bolbrinker und Matthias Teppke, für ihre wichtigen Hinweise bei der Erfassung der submersen Makrophyten im Dreetzsee und in der Käthelkuhle, sowie Anja Abdank für die Protokollführung.

### Literatur

- BLÜMEL, C. & M. SUCCOW (1998): Seen. – In: Wegener, U. (ed.): Naturschutz in der Kulturlandschaft. Schutz und Pflege von Lebensräumen. – Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm: 169-185.
- DOLL, R. (1989): Die Pflanzengesellschaften der stehenden Gewässer in Mecklenburg-Vorpommern. Teil 1. Die Gesellschaften des offenen Wassers (Characeen-Gesellschaften). – Feddes Repert. 100: 281-324, Berlin.
- JESCHKE, L. (1959): Pflanzengesellschaften einiger Seen bei Feldberg in Mecklenburg. – Feddes Repertorium, Beih. 138: 161-214.
- KABUS, T. (2004a): Makrophyten-Untersuchung und Phytobenthosprobenahme in Mecklenburg-Vorpommern im Jahr 2004. Endbericht. – Unveröff. Gutachten, Institut für angewandte Gewässerökologie, Seddin, 43 S.
- KABUS, T. (2004b): Bewertung mesotroph-alkalischer Seen in Brandenburg vor dem Hintergrund der FFH-Richtlinie anhand von Characeen. Rostocker Meeresbiologische Beiträge 13: 115-126.
- KABUS, T., HENDRICH, L., MÜLLER, R., PETZOLD, F. & MEISEL, J. (2004): Nährstoffarme, basenarme Seen (FFH-Lebensraumtyp 3130, Subtyp 3131) in Brandenburg und ihre Besiedlung durch Makrophyten, ausgewählte Gruppen des Makrozoobenthos und Libellen. – Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 13 (1): 4-15.
- LESKE, S., BERG, C., KABUS, T. & TÄUSCHER, L. (2005): Bibliographie „Submerse Makrophyten in Seen Mecklenburg-Vorpommerns“. – Botanischer Rundbrief für Mecklenburg-Vorpommern 40: 79-105. Digitale Daten: [http://www.lung.mv-regierung.de/insite/cms/publikation/publikation\\_download.php3](http://www.lung.mv-regierung.de/insite/cms/publikation/publikation_download.php3)
- MAUERSBERGER, H. & R. MAUERSBERGER (1996): Die Seen des Biosphärenreservates „Schorfheide-Chorin“ – eine ökologische Studie. – Diss. Univ. Greifswald. 2 Bde., 421 S. + 316 S. Anhang.
- MÜLLER, R., KABUS, T., HENDRICH, L., PETZOLD, F. & MEISEL, J. (2004): Nährstoffarme kalkhaltige Seen (FFH-Lebensraumtyp 3140) in Brandenburg und ihre Besiedlung durch Makrophyten und ausgewählte Gruppen des Makrozoobenthos – Naturschutz und Landschaftspflege 13 (4): 132-143.
- PIETSCH, W. (1984): Zur Soziologie und Ökologie von *Myriophyllum alterniflorum* D. C. in Mitteleuropa. – Mitt. Arbeitsgem. Geobot. Schleswig-Holstein Hamb.33; 224–245, Kiel.

Timm KABUS

Timm Kabus, Institut für angewandte Gewässerökologie, Schlunkendorfer Str. 2e, 14554 Seddin  
kabus@gmx.de

## **Der Kleine Glasowsee. Über einen Neufund von *Nitella gracilis* in Brandenburg**

**Lake Kleiner Glasowsee. About a new record of *Nitella gracilis* in Brandenburg  
(Germany)**

### **Abstract**

In lake Kleiner Glasowsee (Biosphere Reserve Schorfheide-Chorin, Brandenburg, Germany) *Nitella gracilis* was found, a rare Characeae in northeastern Germany. The flora and the limnology of the lake are discussed and older records of *Nitella gracilis* presented. Flora and limnochemistry of lake Kleiner Glasowsee have changed in the last years. The lake is dominated by *Ceratophyllum demersum* but had always changing Characeae-species in addition. The trophic state of the lake has changed from mesotrophic to eutrophic. The water is soft and the concentration of  $\text{Ca}^{2+}$ -ions low.

**Keywords:** *Nitella gracilis*, Characeae, Brandenburg, Kleiner Glasowsee, softwater lakes

## **1 Einleitung**

Die Zierliche Glanzleuchteralge gilt in Brandenburg als sehr selten. Bei Makrophytenuntersuchungen in einem kleinen Waldsee in der Schorfheide (Kleiner Glasowsee b. Groß Schönebeck) gelang jetzt ein Neufund dieser Art. Bei dem Gewässer handelt es sich um einen See, der bereits seit längerem einem ökologischen Monitoring unterliegt.

## **2 Methoden**

Die Untersuchung erfolgte im Rahmen der Ökosystemaren Umweltbeobachtung (ÖUB) in den Biosphärenreservaten Brandenburgs (Fördermittelgeber: Landesumweltamt Brandenburg, Abt. LAGS, Eberswalde). Das Gesamtprojekt wurde durch die Fachhochschule Eberswalde, Fachbereich Landschaftsnutzung und Naturschutz (Frau Prof. Luthardt) betreut, die Untersuchungen der aquatischen Biotope erfolgten im Projekt durch das Institut für angewandte Gewässerökologie GmbH (Seddin).

Maßgebend war der ÖUB-Methodenkatalog (LUTHARDT et al. 2006), der für die Wasserprobennahme an LAWA (1999) angelehnt ist. Die Makrophyten werden nach KABUS in LUTHARDT et al. (2006) untersucht, dabei wurden drei Transekte in dem See aufgenommen und zusätzlich Zwischenstationen untersucht. Die Gewässerbewertung erfolgt über Indikatorarten (vgl. KABUS et al. 2004, MÜLLER et al. 2004 und PETZOLD et al. 2006) und über die untere Makrophytengrenze (vgl. insgesamt KABUS 2004). Die Untersuchungen fanden 2005 statt. Aus früheren Untersuchungen im Rahmen der ÖUB (1999, 2002) liegen ebenfalls Makrophytendaten vor, die bereits publiziert wurden (SCHMIDT et al. 2004), außerdem existieren im Projekt „Seenkataster Brandenburg“ umfangreiche limnochemische Altdaten.

### 3 Untersuchungsgebiet

Der Kleine Glasowsee liegt nordwestlich des Ortes Groß Schönebeck in der Schorfheide im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin. Der See ist weder Naturschutz- noch FFH-Gebiet. Geologisch gesehen wird die Landschaft von einem Sander gebildet, der sich südlich des Endmoränenzuges von Joachimsthal nach Chorin erstreckt. Die sandigen Böden werden von einem Kiefernwald bestanden, die Vegetation direkt an dem tief in die Umgebung eingesenkten See (Seespiegel bei 51,4 m ü. NN, schon in 70 m Entfernung vom Seeufer werden lokal bis zu 60 m ü. NN erreicht) besteht aus einem Erlensaum (*Alnus glutinosa* (L.) P. GAERTN.). Bei einer Fläche von 11,8 ha besitzt der rundliche See eine maximale Tiefe von 8 m, Zu- und Abfluss sind nicht vorhanden. Der See wird als Angelgewässer und in geringem Umfang wohl auch als Badesee genutzt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Ergebnisse der Wasseranalysen

Der See kann 2005 als eutroph (e1) klassifiziert werden, mit sommerlichen TP-Konzentrationen von 35 µg/l, einer sommerlichen Chlorophyll-a-Konzentration von 12 µg/l und einer sommerlichen Sichttiefe zwischen 3,10 und 1,90 m (Mittel 2,50 m). Im Jahresmittel waren 1,11 mg/l TN vorhanden.

Die Auswertung des Säure-Base-Komplexes ergab, dass es sich um einen weichen See handelt. Die Alkalinität betrug 0,80 mmol/l, die Gesamthärte 4 °dH, auch die Calcium-Konzentrationen sind relativ gering (20 mg/l), wie auch die Leitfähigkeit von 158 µS/cm. Der pH-Wert dieses Sees lag 2005 bei allen Messungen in 0,5 m Tiefe um 8, was dem langjährigen Mittel (8,00) entspricht. In größeren Tiefen (> 5 m) wurde in der Vergangenheit gelegentlich auch ein subneutraler pH-Wert gemessen, was 2005 nicht beobachtet wurde. Der SAK<sub>254</sub> von nur 12/m zeigt geringe allochthone Einträge an, es wurde keine Braunfärbung z. B. durch Huminstoffe festgestellt. Die Chlorid-Konzentrationen von 8 mg/l sind als gering zu bezeichnen, wie es für einen zuflusslosen Waldsee mit geringem Einzugsgebiet zu erwarten war. Im Untersuchungszeitraum erreichte der Kleine Glasowsee keine Sauerstoffübersättigungen. Am 06.07.2005 wurde eine Temperaturschichtung (Metalimnion bei 3,50 m) festgestellt, die von Sauerstoffdefiziten im Hypolimnion

begleitet war. Einige Analysewerte sind – zusammen mit Altdaten – in Tab. 1 dargestellt.

**Tab. 1** Analyseergebnisse von Wasserproben aus dem Kleinen Glasowsee und der Käthelkuhle

	Kleiner Glasowsee	Kleiner Glasowsee	Kleiner Glasowsee	Käthelkuhle	Käthelkuhle
	2005	2002	1999	2006	1999
TP (Sommer)	35 µg/l	26 µg/l	29 µg/l	31 µg/l	27 µg/l
TN (Sommer)	1,02 mg/l	0,92 mg/l	n. n.	81 mg/l	79 mg/l
Chl-a (Sommer)	12 µg/l	6,5 µg/l	5,3 µg/l	7,2 µg/l	0,1 µg/l
Sichttiefe (Sommer)	2,5 m	3,3 m	4,6 m	GS (0,7 m)	GS (1,7 m)
Alkalinität	0,8 mmol/l	0,7 mmol/l	n. n.	1,3 mmol/l	1,4 mmol/l
Gesamthärte	3,6 °dH	n. n.	n. n.	5,4 °dH	6,9 °dH
Calcium	20 mg/l	n. n.	n. n.	26 mg/l	39 mg/l
Leitfähigkeit	158 µS/cm	145 µS/cm	152 µS/cm	228 µS/cm	318 µS/cm
pH (Spanne)	7,68 - 7,94	7,19 - 8,84	7,36 - 8,68	7,53 - 8,56	7,90

n.n. = nicht erfasst; GS = Grundsicht (in Klammern Tiefe an der Probenahmestelle)

## 4.2 Ergebnisse der Makrophytenuntersuchungen

Die Uferzonen des Kleinen Glasowsees werden durch *Typha angustifolia* L. (dominant) und *Phragmites australis* (CAV.) TRIN. EX STEUD. eingenommen. Offene Uferzonen werden durch teilweise dichte Bestände von *Ranunculus flammula* L. bewachsen.

Der Kleine Glasowsee wird fast auf der gesamten Fläche bis in 4,10 m Tiefe durch submerse Makrophyten eingenommen. Dabei ist *Ceratophyllum demersum* L. die häufigste Art, begleitet von *Myriophyllum spicatum* L., außerdem tritt im Westen *Elodea canadensis* MICHX. häufiger auf, im Süden wurden Einzelexemplare von *Ceratophyllum submersum* L. gefunden. Eine seltene Art in den Seen Nordostdeutschlands ist *Potamogeton friesii* RUPR., das in 3,0 m Tiefe mit mehreren Exemplaren gefunden wurde. Daneben finden sich mehrere Makroalgen in dem See. Auch die Armleuchteralge *Chara virgata* KÜTZING trat im Kleinen Glasowsee auf.

Von besonderer Bedeutung ist jedoch der Fund der Glanzleuchteralge *Nitella gracilis* (J. E. SMITH) C. A. AGARDH, die in NO-Deutschland sehr selten ist. Diese kleine Armleuchteralgenart wuchs im Westen des Sees in einer Tiefenzone von 1,0 bis 4,10 m (= untere Makrophytengrenze) Tiefe mit mehreren Einzelexemplaren. Die Vegetation in dieser Zone ist in Tab. 2 dargestellt.

**Tab. 2** Vegetationsaufnahme der Tiefenzone 1,0 bis 4,0 m am Wuchsort von *Nitella gracilis*

Artnamen	Häufigkeit (KÖHLER-Skala)
<i>Ceratophyllum demersum</i>	5
<i>Elodea canadensis</i>	2
<i>Myriophyllum spicatum</i>	3
<i>Nitella gracilis</i>	2

## 4.3 Diskussion

### 4.3.1 Veränderungen der Flora und der Trophie

In der Vergangenheit (1999, 2002) war der See mesotroph und damit nährstoffärmer als 2005. Die Säure-Base-Parameter haben sich in allen Untersuchungsjahren nicht verändert. Im Sommer 1999 und 2002 war die 2005 nur als temporär bezeichnete Schichtung stabiler und über den ganzen Sommer ausgeprägt. Mit der leichten Eutrophierung des Sees unterlag auch die Flora des Sees einem Wandel.

MAUERSBERGER & MAUERSBERGER (1996) fanden noch *Nitella flexilis* C. A. ARGADH und weitere Laichkräuter (*P. berchtoldii* FIEBER, *P. compressus* L., *P. crispus* L.). SCHMIDT et al. (2005) fügen der Artenliste *Ceratophyllum submersum* hinzu, das jedoch von 1999 auf 2002 stark zurückging. Von den Autoren wurden 1999 auch größere Bestände von *Nitella opaca* (BRUZELIUS) C. A. AGARDH und *Chara globularis* THUILLIER gefunden, die jedoch 2002 schon verdrängt waren, so dass nur noch Einzelpflanzen übrig blieben. Ähnlich beschreiben sie die Entwicklung von *Potamogeton berchtoldii* im Kleinen Glasowsee. Hingegen haben die Autoren *Ceratophyllum demersum* bei ihren ersten Untersuchungen 1999 noch nicht als ausgeprägte Gesellschaft gefunden, was überrascht, da auch MAUERSBERGER & MAUERSBERGER (1996) wie wir heute größere Bestände der Art fanden.

Insgesamt ist damit ein größerer Wechsel der Makrophytenvegetation zu verzeichnen, wobei sich das Artenspektrum von meso- bis eutrophen Elementen (größerflächige Characeen-Grundrasen) hin zu mehr eutraphenten Arten (Fehlen größerer Characeen-Grundrasen, Auftreten von *Elodea canadensis*) gewandelt hat. Dieser Wechsel geht mit einer in der Trophie ablesbaren Nährstoffzunahme einher, auch wenn die engen zeitlichen Zusammenhänge überraschen (Makrophytenflora 2002 bereits mit Eutrophierungszeigern, Wasser jedoch noch stabil stark mesotroph = m2). Der Kleine Glasowsee ist daher ein Gewässer, dessen Beobachtung in engen Zeitabständen ein wichtiges Ziel der Ökosystemaren Umweltbeobachtung (ÖÜB) sein muss.

### 4.3.2 Verbreitung von *Nitella gracilis* in Nordbrandenburg und angrenzenden Gebieten

*Nitella gracilis* ist in Nordostdeutschland sehr selten. In NO-Brandenburg wurde die Art durch HOLTZ (1903) bei Herzsprung gefunden (zit. n. MAUERSBERGER 2004). Erst DOLL (1989) gibt neue Fundorte für Brandenburg bzw. das Feldberger Seengebiet für die Art an, nämlich die Käthelkuhle b. Thomsdorf und ein Soll südlich Dolgen-Feldberg (Funddatum 1978/79). Weitere Nachweise scheinen für Brandenburg nicht zu existieren (vgl. auch MAUERSBERGER 2004), so dass der Fund im Kleinen Glasowsee eine Besonderheit darstellt.

Auch in der Käthelkuhle tritt die Art nicht mehr auf (Daten des Verfassers 2006, Exkursion der AG Characeen 2006 [Bericht s. in diesem Heft]). Als Armleuchteralge wurde aber bei beiden genannten Untersuchungen 2006 *Nitella syncarpa* (THULLIER) CHEVALLIER nachgewiesen. Limnochemische Untersuchungsergebnisse der Käthelkuhle sind in Tab. 2 dargestellt. Die trophischen Parameter sind denen im Kleinen Glasowsee ähnlich, das Wasser hat aber einen geringeren Weichwassercharakter, wobei sich stärkere Schwankungen in den Untersuchungsjahren zeigen. Dies hängt auch mit dem stark schwankenden

Wasserstand der Käthelkuhle zusammen, der vermutlich stark von der Witterung abhängig ist.

Aus Mecklenburg-Vorpommern existieren weitere Nachweise, nämlich im Großen Bodensee (DOLL 1992), sowie im Thurower See (JESCHKE 1959; BLÜMEL & TEPPKE 1996, zit. n. BLÜMEL 2004); dieses Vorkommen ist auch heute noch existent, ebenso wie Vorkommen in Gräben des Feldberger Seengebietes (RATAI mdl. Mitt, 2006). Weitere Angaben für Klein(st)gewässer macht DOLL (1992), der eine wassererfüllte Sandgrube bei Granzin (teilweise mit der Gesellschaft *Ranunculetum aquatilis*) und ein Ackersoll bei Wollin nennt (neben einem *Ceratophylletum submersi* wuchs *Nitella gracilis* großflächig zusammen mit einem *Potametum mucronati* in kalk- und nährstoffreichem, aber klarem Wasser).

Die Angaben zeigen, dass Kleinstgewässer wie Sölle oder Gräben zwar einen Verbreitungsschwerpunkt bilden, dass *Nitella gracilis* aber auch in größeren Seen auftreten kann.

## 5 Zusammenfassung

Im Jahr 2005 gelang im Kleinen Glasowsee im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin (Brandenburg) ein Neufund von *Nitella gracilis*. Flora und limnochemischer Zustand des Sees werden diskutiert und weitere Funde der Art aus der Literatur vorgestellt. An einem früheren Wuchsort (Käthelkuhle, Naturpark Uckermärkische Seen) wurde die Art trotz Nachsuche nicht mehr gefunden.

## Danksagung

Für die Mithilfe bei der Feldarbeit danke ich Frau R. Mickel, Greifswald. Die Determination/ Verifikation von *Nitella gracilis* übernahmen dankenswerter Weise P. Bolbrinker, Altkalen und Dr. K. van de Weyer, Nettetal.

## Literatur

- BLÜMEL, C. (2004): Die Characeen in Mecklenburg-Vorpommern. – Rostocker Meeresbiologische Beiträge 13: 55-72; Rostock.
- DOLL, R. (1989): Die Pflanzengesellschaften der stehenden Gewässer im Norden der DDR. Teil I. Die Gesellschaften des offenen Wassers (Characeen-Gesellschaften). – Feddes Repertorium 100 (5-6): 281-324; Berlin.
- DOLL, R. (1992): Die Pflanzengesellschaften der stehenden Gewässer in Mecklenburg-Vorpommern Teil I.4. Littorelletea Br.-Bl. et Tx. 43 - Strandlings-Gesellschaften. – Feddes Repertorium 103 (7-8): 597-619; Berlin.
- JESCHKE, L. (1959): Pflanzengesellschaften einiger Seen bei Feldberg in Mecklenburg. – Feddes Repertorium. Beiheft: 138: 161-214; Berlin.
- KABUS, T. (2004): Bewertung mesotroph-alkalischer Seen in Brandenburg vor dem Hintergrund der FFH-Richtlinie anhand von Characeen. - Rostocker Meeresbiologische Beiträge 13: 115-126; Rostock.
- KABUS, T., HENDRICH, L., MÜLLER, R., PETZOLD, F. & MEISEL, J. (2004): Nährstoffarme, basenarme Seen (FFH-Lebensraumtyp 3130, Subtyp 3131) in Brandenburg und ihre Besiedlung durch Makrophyten, ausgewählte Gruppen des Makrozoobenthos und Libellen. – Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 13 (1): 4-15; Potsdam.

- Luthardt, V., Brauner, O., Dreger, F., Friedrich, S., Garbe, H., Hirsch, A.-K., Kabus, T., Krüger, G., Mauersberger, H., Meisel, J., Schmidt, D., Täuscher, L., Vahrson, W.-G., Witt, B. & Zeidler, M. (2006): Methodenkatalog zum Monitoring-Programm der Ökosystemaren Umweltbeobachtung in den Biosphärenreservaten Brandenburgs. 4., akt. Ausg. – Unveröff. Bericht, FH Eberswalde. 177 + 134 S. + Anh.
- MAUERSBERGER, R. (2004): Zum Vorkommen von Armeleuchtergewächsen (Characeae) im Norden Brandenburgs. – Rostocker Meeresbiol. Beitr. 13: 85-104; Rostock.
- MAUERSBERGER, H. & MAUERSBERGER, R. (1996): Die Seen des Biosphärenreservates „Schorfheide-Chorin“ – eine ökologische Studie. – Diss. Univ. Greifswald. 2 Bde.
- MÜLLER, R., KABUS, T., HENDRICH, L., PETZOLD, F. & MEISEL, J. (2004): Nährstoffarme kalkhaltige Seen (FFH-Lebensraumtyp 3140) in Brandenburg und ihre Besiedlung durch Makrophyten und ausgewählte Gruppen des Makrozoobenthos – Naturschutz und Landschaftspflege 13 (4): 132-143; Potsdam.
- PETZOLD, F., KABUS, T., BRAUNER, O., HENDRICH, L., MÜLLER, R. & J. MEISEL (2006): Natürliche eutrophe Seen (FFH-Lebensraumtyp 3150) in Brandenburg und ihre Besiedlung durch Makrophyten und ausgewählte Gruppen des Makrozoobenthos. – Naturschutz und Landschaftspflege 15 (2): 36-47; Potsdam.
- SCHMIDT, D., G. KRÜGER, L. TÄUSCHER, J. MEISEL & T. KABUS (2005): Seen im BR Schorfheide-Chorin, in: Luthardt, V.: Lebensräume im Wandel. Bericht zur ökosystemaren Umweltbeobachtung (ÖUB) in den Biosphärenreservaten Brandenburgs. – Fachbeiträge des Landesumweltamtes, 94. S. 140-149; Potsdam.

Irmgard BLINDOW

Biologische Station Hiddensee, Ernst Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Biologenweg 15,  
D-18565 Kloster  
blindi@uni-greifswald.de

## Schwedische Artenschutzprogramme für bedrohte Characeen

### Swedish action plans for threatened charophytes

#### Abstract

In Sweden, six action plans for 16 threatened charophytes are in the starting phase. They include species in brackish and marine habitats (*Chara horrida*, *Lamprothamnium papulosum*), species in calcium-rich lakes (*Chara filiformis*, *C. rudis*, *Nitellopsis obtusa*), species in small and temporary water bodies (*Nitella capillaris*, *Tolypella glomerata*, *T. intricata*), *Nitella*-species in lakes and small water bodies (*N. translucens*, *N. mucronata*, *N. gracilis*, *N. syncarpa*, *N. confervacea*), *Chara connivens* / *C. braunii* and *Tolypella canadensis*. Main threat factors are eutrophication, acidification, boating, habitat destruction (especially small water bodies) and river regulations. The actions suggested aim mainly at an improvement of knowledge, especially on the occurrence, ecological demands and determination criteria. Information material including a new determination key for Swedish charophytes has already been distributed among the field investigators. Creation of new small water bodies, vegetation-free areas in small water bodies and lakes, support of lake restoration programs and possibly species transplantations.

**Keywords:** Schweden, Artenschutz, IUCN

## 1 Einleitung

In Schweden sind insgesamt über 60 Artenschutzprogramme („action plans“) für bedrohte Tier- und Pflanzenarten, aber auch für bedrohte Habitate in Vorbereitung bzw. bereits angelaufen, die insgesamt 210 Arten umfassen. Die einzelnen Programme werden durch die schwedische Environmental Protection Agency (Naturvårdsverket) verabschiedet und koordiniert durch die verschiedenen Provinzialverwaltungen (Länsstyrelsen). Die Zielsetzung ist ehrgeizig: Von den in den Artenschutzprogrammen berücksichtigten Arten sollen mindestens 30% nach der auf fünf Jahre befristeten Programmperioden nicht mehr bedroht sein!

Als eines der ersten Länder Europas bereitet Schweden auch Artenschutzprogramme für bedrohte Characeen vor. Von den insgesamt 34 in Schweden nachgewiesenen Characeenarten sind nur 13 als nicht bedroht eingestuft

(Tab. 1), die übrigen 21 Arten sind in der nationalen Roten Liste enthalten, die nach den IUCN-Kriterien erstellt wird (GÄRDENFORS 2005, Tab. 2). Das ist im Vergleich zu höheren Pflanzen ein hoher Anteil, der aber mit anderen Ländern vergleichbar ist: In allen Ländern, in denen Characeen in die Rote Liste aufgenommen wurden, wird die Mehrzahl der Arten als bedroht eingestuft!

**Tab. 1** Häufige Characeen in Schweden. Neben den wissenschaftlichen sind die schwedischen Artnamen angegeben.

<b>Artnamen</b>	<b>Schwedischer Artnamen</b>
<i>Chara aspera</i>	borststräfs
<i>Chara baltica</i>	grönsträfs
<i>Chara canescens</i>	hårsträfs
<i>Chara contraria</i>	gråsträfs
<i>Chara globularis</i>	skörsträfs
<i>Chara hispida</i>	taggsträfs
<i>Chara tomentosa</i>	rödsträfs
<i>Chara virgata</i>	papillsträfs
<i>Chara vulgaris</i>	busksträfs
<i>Nitella flexilis</i>	glansslinke
<i>Nitella opaca</i>	mattslinke
<i>Nitella wahlbergiana</i>	nordslinke
<i>Tolypella nidifica</i>	havsrufse

Geplant sind insgesamt sechs Artenschutzprogramme für insgesamt 16 bedrohte Characeen. Die Einteilung erfolgt nach Habitat bzw. Artengruppe (Tab. 2), die Artenschutzprogramme umfassen alle Arten der Kategorien „vulnerable“, „endangered“ und „critically endangered“, außerdem eine der als „near threatened“ eingestuft Arten und eine Art, die als „data deficient“ in die Rote Liste aufgenommen wurde (Tab. 2). Die Koordination der Artenschutzprogramme erfolgt durch die Provinzialverwaltung von Stockholm.

**Tab. 2** Klassifizierung in der nationalen Roten Liste und Einbeziehung in die Artenschutzprogramme der bedrohten Characeen Schwedens. Neben den wissenschaftlichen sind die schwedischen Artnamen angegeben.

Kategorie	Art	Artenschutzprogramm
NT (near threatened)	<i>Chara horrida</i> <i>Chara intermedia</i> <i>Chara polyacantha</i> <i>Chara strigosa</i> <i>Tolypella canadensis</i>	<i>Tolypella canadensis</i>
VU (vulnerable)	<i>Chara braunii</i> <i>Chara connivens</i>	<i>C. braunii</i> / <i>connivens</i> <i>C. braunii</i> / <i>connivens</i>
EN (endangered)	<i>Chara rudis</i> <i>Lamprothamnium papulosum</i> <i>Nitella gracilis</i> <i>Nitella mucronata</i> <i>Nitellopsis obtusa</i>	Kalkreiche Seen Brackwasser / Meer <i>Nitella</i> <i>Nitella</i> Kalkreiche Seen
CR (critically endangered)	<i>Chara filiformis</i> <i>Nitella syncarpa</i> <i>Nitella translucens</i> <i>Tolypella glomerata</i> <i>Tolypella intricata</i>	Kalkreiche Seen <i>Nitella</i> <i>Nitella</i> Kleingewässer Kleingewässer
RE (regionally extinct)	<i>Chara baueri</i> <i>Nitella tenuissima</i>	
DD (data deficient)	<i>Nitella capillaris</i>	Kleingewässer

## 2 Die einzelnen Programme

### 2.1 Arten im Brackwasser und Meer

Zwei Arten sind in diesem Programm enthalten: *Chara horrida* ist auf die schwedische Ostküste beschränkt. Mit fast 60 „rezenten“ (= Nachweise zwischen 1980 und 2006) Fundorten beherbergt Schweden den Löwenanteil der bekannten Lokale in der Ostsee und vermutlich weltweit. *Lamprothamnium papulosum*, die höhere Salinitäten bevorzugt, kommt in Schweden nur an der Westküste vor. Sechs rezente Fundorte sind bekannt.

Der wichtigste Gefährdungsfaktor für beide Arten ist vermutlich Eutrophierung, von der insbesondere die Westküste und der südliche Teil der Ostküste betroffen sind. Besonders bei warmem Wetter bilden sich dichte Matten von Fadenalgen im Flachwasser und schädigen vermutlich die Characeen durch Beschattung und / oder rein mechanisch. Für *Chara horrida* gibt es einen weiteren Gefährdungsfaktor: Gemeinsam mit anderen Characeen kommt diese Art in flachen, geschützten Buchten der Schärenlandschaft vor. Durch die Landhebung werden diese Buchten immer flacher. Viele Bootseigentümer graben regelmäßig Fahrrinnen, um das freie Wasser erreichen zu können. Das dadurch aufgewirbelte Sediment führt zu starker Trübung und lagert sich zudem direkt auf den Pflanzen ab (WALLSTRÖM et al. 2000, MUNSTERHJELM 2005). Ausbaggern und zunehmender Bootsverkehr hat vermutlich den in den finnischen Schären beobachteten Rückgang von *Chara tomentosa* verursacht (HENRICSON et al. 2006).

## 2.2 Arten in kalkreichen Seen

Die drei in diesem Programm enthaltenen Arten sind auf kalkreiche Seen beschränkt. *Chara rudis* und *Nitellopsis obtusa* sind rezent beide von 11 Seen bekannt. Wesentlich seltener ist *Chara filiformis*, die nur aus dem Levasjön in Südschweden nachgewiesen ist. Auch für diese drei Arten ist Eutrophierung vermutlich der wichtigste Gefährdungsfaktor. Im Levasjön hat man z.B. eine allmähliche Abnahme der Sichttiefe sowie eine Abnahme der Tiefenausbreitung von *C. filiformis* beobachtet.

## 2.3 Arten in Kleingewässern / periodischen Gewässern

Für die drei in diesem Programm enthaltenen Arten ist gemeinsam, dass sie schnell an neu entstandenen Kleingewässern auftauchen können, aber in der Regel schon nach wenigen Jahren wieder verschwinden. Sie haben einen annuellen Lebenszyklus, bilden große Mengen von Oosporen, die Einfrieren und Austrocknen überleben und sind daher gut an periodisch trockenfallende Gewässer angepasst. *Tolypella glomerata* ist rezent von vier Fundorten in Schonen und auf Öland bekannt, *T. intricata* nur von einem einzigen öländischen Fundort. *Nitella capillaris* wurde 1915 zuletzt in Schweden nachgewiesen, man geht aber davon aus, dass die Art übersehen sein kann.

Alle drei Arten sind ausgeprägte Pionierpflanzen. Für ihren Fortbestand im Lande ist vermutlich das Vorhandensein einer aktiven Oosporenbank mehr entscheidend als eine größere Anzahl „grüner“ Pflanzen. Neben Eutrophierung sind diese Arten vor allem durch den Verlust von Kleingewässern durch Drainierung, Auffüllen von Teichen und Begradigungen von Fließgewässern gefährdet.

## 2.4 *Nitella*-Arten in Seen und Kleingewässern

Die in diesem Programm enthaltenen fünf *Nitella*-Arten (*N. translucens*, *N. mucronata*, *N. gracilis*, *N. syncarpa*, *N. confervacea*) bereiten ziemliches Kopfzerbrechen: Alle sind rezent von nur wenigen Fundorten bekannt, haben aber scheinbar ein recht breites Spektrum geeigneter Habitate: Die „Seltenheit“ dieser Arten ist daher schwer nachvollziehbar. Möglicherweise werden sie häufig übersehen, dem widerspricht aber, dass andere *Nitella*-Arten (*N. opaca* und *N. flexilis*) von jeweils weit über 100 Fundorten bekannt sind. Ein oder mehrere bisher unbekannte(r) Gefährdungsfaktor(en) ist eine alternative Erklärung. Die fünf Arten kommen in schlecht gepufferten Gewässern auf Urberg (Gneis, Granit) oder im Grenzbereich zwischen kalkreichem und kalkarmen Berggrund vor. Neben Eutrophierung ist die Seenversauerung ein wahrscheinlicher Gefährdungsfaktor, möglicherweise aber auch die Kalkung von Seen, die in Schweden in großem Umfang als Gegenmaßnahme zur Versauerung durchgeführt wird.

## 2.5 *Chara connivens* und *C. braunii*

Beide Arten sind auf kleinere Gebiete im Brackwasser beschränkt, *C. connivens* auf das Schärengbiet vor Uppsala, *C. braunii* auf den Küstenbereich des nördlichen Bottnischen Meerbusens. Im Gegensatz zu den Arten des „Brackwasserprogrammes“ sind sie aber nicht auf diesen Lebensraum beschränkt. Für *C. braunii* existieren ältere Nachweise aus dem Brunnsjön in Dalarna, also einem

Süßwassersee, *C. connivens* kommt in anderen Ländern im Süßwasser vor. Auch für diese beiden Arten wird Eutrophierung als der wichtigste Gefährdungsfaktor angesehen.

## 2.6 *Tolypella canadensis*

Diese Characee wurde erst Anfang der 1990er Jahre für Europa nachgewiesen (LANGANGEN 1993), entsprechend wenig ist über sie bekannt. Sie hat vermutlich eine zirkumpolare Ausbreitung (LANGANGEN & ZHAKOVA 2002). In Schweden existieren drei bekannte rezente Fundorte im äußersten Norden des Landes, sie kann aber weit häufiger sein. Wahrscheinlicher Gefährdungsfaktor ist die Regulierung der Flusssysteme zur Stromgewinnung, die zu hohen Wasserstandsamplituden führt und das Vorkommen von Submerspflanzen praktisch unmöglich macht. Denkbare Gefährdungsfaktoren sind Eutrophierung und Versauerung, vor allem aber der Klimawandel: Es gibt Hinweise darauf, dass die Art kaltstenotherm sein kann.

## 3 Die vorgeschlagenen Maßnahmen

Weil große Wissenslücken bestehen, aber auch, weil die für die Artenschutzprogramme zur Verfügung stehenden Mittel nicht für umfassende Maßnahmen wie eine landesweite Reduzierung der Nährstoffbelastung eingesetzt werden können, zielen die vorgeschlagenen Maßnahmen vor allem daraufhin ab, den Kenntnisstand zu verbessern. Wissenslücken existieren vor allem zum aktuellen Vorkommen aller „Programmarten“; besonders stark betroffen ist hier *Tolypella canadensis*, weniger die auffällige *Nitellopsis obtusa*, aber auch diese Art kommt möglicherweise an bisher unbekanntem Fundorten vor. Gezielte Suche an aktuellen und früheren Fundorten sowie systematische Inventuren bestimmter Gebiete sind in allen sechs Programmen vorgesehen. Insbesondere für die *Nitella*-Arten, aber auch für *Tolypella canadensis* bestehen zudem erhebliche Wissenslücken der ökologischen Ansprüche. Mehrere Programmarten können nur schwer von anderen Arten abgegrenzt werden, dies gilt v.a. für *Chara horrida*, *C. rudis*, *Nitella mucronata*, *N. gracilis*, *N. confervacea* und *Chara connivens*. Genetische Untersuchungen kombiniert mit einer sorgfältigen Dokumentation morphologischer Merkmale sollen ermöglichen, die für die Bestimmung dieser Arten entscheidenden Kriterien zu identifizieren.

Andere Maßnahmen zielen direkt auf eine Verbesserung der Bedingungen für die Programmarten ab. Für die Arten des Kleingewässerprogrammes, aber auch für *Nitella gracilis* und *N. syncarpa* sollen Klein(st)gewässer und vegetationsfreie Zonen in Gewässern geschaffen werden, die eine Ansiedlung ermöglichen. Ein Informationsfolder soll erstellt werden mit Hinweisen, wie Kleingewässer für diese Arten optimiert werden können, und an Betreiber von Krebs- und Fischteichen, Wildgewässern, Kiesgruben sowie Landwirte und Straßenbauunternehmen verteilt werden. In einzelnen Fällen sollen Restaurierungsprogramme unterstützt werden wie z.B. das Programm zur Restaurierung des Levräsjön. Die Untersuchung der Notwendigkeit und Durchführbarkeit von Transplantationen gefährdeter Arten ist eine Maßnahme, die für mehrere Artenschutzprogramme vorgeschlagen wird.

## 4 Zeitplan und praktische Durchführung

Ein Artenschutzprogramm hat eine Laufzeit von 5 Jahren, darauf erfolgt eine Auswertung und bei Bedarf ein Folgeprogramm. Eine vorläufige Version der sechs Programme wurde vor längerer Zeit an verschiedene Remissinstanzen geschickt, u.a. an alle beteiligten Provinzialverwaltungen, und danach überarbeitet. Zur Zeit liegen die Programme bei der staatlichen Naturschutzbehörde für die endgültige Entscheidung. Ist diese gefallen, werden sie auf der Site der Swedish Environmental Protection Agency ([www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)) veröffentlicht – auf Schwedisch mit englischer Zusammenfassung. Alle oben beschriebenen Maßnahmen und die in den Programmen enthaltenen Kostenkalkulationen sind also bisher Vorschläge!

Gleichzeitig wurde aber ein großer Teil der Maßnahmen bereits durchgeführt: Viele Provinzialverwaltungen haben bereits mit Inventierungen begonnen. Abgeschlossen ist auch die Ausbildung der an diesen Inventierungen beteiligten Personen: Insgesamt 3 Bestimmungsworkshops für Characeen haben zwischen 2005 und 2007 stattgefunden, alle Inventierer haben ausführliches Informationsmaterial erhalten, u.a. einen neu überarbeiteten Bestimmungsschlüssel für schwedische Characeen (BLINDOW et al. 2007). Für alle sechs Programme wurde eine „Referenzperson“ ausgewählt, die die eingesammelten Pflanzen (nach-) bestimmt, Herbarbelege anfertigt und bei Bedarf ein Protokoll der morphologischen Merkmale ausfüllt sowie die Pflanzen zur genetischen Untersuchung weiterleitet. Diese Referenzpersonen werden im September 2008 am Symposium der IRGC (International Research Group on Charophytes) in Rostock teilnehmen. In einem Workshop während dieses Symposiums wollen sich die europäischen „Characeenexperten“ gemeinsam der Bestimmung einiger „kniffliger“ Taxa widmen und hoffentlich zu einer einheitlichen Regelung kommen.

### Literatur

- Arbetsgruppen för Svenska Växtnamn. 1996. Svenska namn på kransalger. *Svensk Botanisk Tidskrift* 90: 300
- Blindow, I., Krause, W., Ljungstrand, E. & Koistinen, M. 2007. Bestämningsnyckel för kransalger i Sverige. *Svensk Botanisk Tidskrift* 101: 165-220.
- Gärdenfors, U. (ed.) 2005. *Rödlistade arter i Sverige 2005*. ArtDatabanken, Uppsala.
- Henricson, C., Sandberg-Kilpi, E. & Munsterhjelm, R. 2006. Experimental studies on the impact of turbulence, turbidity and sedimentation on *Chara tomentosa* L. *Cryptogamie Algologie* 27: 419-434.
- Langangen, A. 1993. *Tolypella canadensis*, a charophyte new to the European flora. *Cryptogamie, Algologie* 14: 221-231.
- Langangen, A. & Zhakova, L. 2002. *Tolypella canadensis* Sawa (Charales), a charophyte new to the flora of Russia, with remarks on its ecology and distribution. *Journal of the National Museum of Natural History Ser.* 171: 131-175.
- Munsterhjelm, R. 2005. Natural succession and human-induced changes in the soft-bottom macrovegetation of shallow brackish bays on the southern coast of Finland. Walter and André de Nottbeck Foundation. Scientific Reports No. 26. Helsinki.
- Wallström, K., Mattila, J. & Sandberg-Kilpi, E. 2000. Miljö tillstånd i grunda havsvikar. Beskrivning av vikar i regionen Uppland- Åland – sydvästra Finland samt utvärdering av inventeringsmetoder. Stencil. Upplandsstiftelsen.

Klaus VAN DE WEYER<sup>\*</sup>, Angela DOEGE, Heiko KORSCH & Uwe RAABE

<sup>\*</sup> Dr. Klaus van de Weyer, lanaplan, Lobbericher Str. 5, D-41334 Nettetal  
klaus.vdweyer@lanaplan.de

## **Zur Anwendbarkeit des Kriteriensystems von LUDWIG et al. (2006) und zu Problemen bei der Erstellung der Roten Liste der Armelechteraalgen (Characeae) Deutschlands**

**The practicability of the criteria by LUDWIG et al. (2006) and problems for the design of the Red Data Book of stoneworts (Characeae) in Germany**

### **Abstract**

The first German Red Data Book of stoneworts (Characeae) was published by SCHMIDT et al. (1996). The authors used expert judgment to assign levels of conservation concern to each taxon. Recently, LUDWIG et al. (2006) proposed new criteria for all Red Data Books in Germany to achieve greater objectivity, requiring a separate estimate for each criterion - abundance, short term and long term population trend and risk factors.

Although only local distribution maps are available for stoneworts in Germany, these can be used to derive an estimate of the national abundance of species (1990-2008). However, the lack of historic data precludes derivation of long-term population trends (1800-1980). There are also problems with estimation of short term trends (1980-2008) because since 1980 many new artificial habitats have been created which were colonised by charophytes. At the same time, many old habitats were destroyed. During the same period, an extensive study on the distribution of stoneworts was initiated and it is not possible to establish whether apparent population increases are due to increased habitat availability or an artefact of increased recording.

There are also specific problems with both, the criteria proposed by LUDWIG et al. (2006) as well as specific characters of charophytes which lead to the conclusion that the criteria by LUDWIG et al. (2006) are actually not practicable for the design of the Red Data Book of stoneworts in Germany. On the other hand, there is now a good base of knowledge regarding charophytes which could be used to produce a new Red Data Book, based not only on expert judgment. Possible criteria for such an exercise would include population trends, overall abundance, biological and ecological features of the species and the habitat characteristics. This approach is described for *Nitella confervacea*. The revised Red Data Book could be part of an action plan for conservation of charophytes in Germany.

**Keywords:** Red Data Book, Charales, Characeae, action plan, *Nitella confervacea*

# 1 Einleitung

Die Characeen sind eine systematisch einheitliche, hochentwickelte Algengruppe. Auch hinsichtlich ihrer ökologischen Ansprüche weisen die Arten eine ganze Reihe von Gemeinsamkeiten auf. Wichtigster Faktor ist ihre Abhängigkeit von relativ nährstoffarmem und klarem Wasser (BLINDOW 1991, KOHLER 1982, KRAUSE 1981, 1997, LUA NRW 2006, MELZER 1994, STELZER 2003). Von den Nährstoffen ist vor allem der Phosphor von Bedeutung. Neben der direkten Vernichtung von Siedlungsgewässern hat deshalb für die Characeen die fast allgegenwärtige schleichende Veränderung ihrer Lebensräume durch Nährstoffeinträge gravierende Auswirkungen. In einer ganzen Reihe von Seen ist in den letzten 100 Jahren der Rückgang der Characeen von früher ausgedehnten Beständen bis hin zum völligen Verschwinden beobachtet worden. Es ist deshalb kein Zufall, dass die Armleuchteralgen von allen Pflanzengruppen den höchsten Anteil an gefährdeten Arten aufweisen (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 1996). Auch die von ihnen geprägten Pflanzengesellschaften sind fast durchweg bedroht (KNAPP et al. 1985, RENNWALD 2000). Es handelt sich somit um eine naturschutzfachlich und als Umweltindikator besonders wichtige Artengruppe.

Die derzeit gültige Rote Liste der Characeen Deutschlands stammt aus dem Jahre 1996 (SCHMIDT et al. 1996). Sie berücksichtigte den sehr unterschiedlichen Kenntnisstand der einzelnen Bundesländer zu dieser Artengruppe. Während einige Rote Listen auf Länderebene publiziert waren (GEISSLER 1991, KRIEG & KIES 1989, SAMIETZ 1993, SCHMIDT 1994, SCHMIDT et al. 1993, VAHLE 1990, VAN DE WEYER 1993), lagen für andere Bundesländer nur wenige bis gar keine aktuellen Kenntnisse über die Artengruppe vor. Diese Situation hat sich seitdem erheblich verbessert. Eine bundesweite Arbeitsgruppe koordiniert die Aktivitäten zu den Characeen in Deutschland (VAN DE WEYER et al. 2006). Für alle Bundesländer sind Bearbeiter vorhanden. Diese leiten die Characeen-Kartierungen in den Bundesländern und verfassen bzw. koordinieren die landesweiten Roten Listen, die bundesweite Leitung haben Klaus van de Weyer und Uwe Raabe übernommen.

Gleichzeitig hat in Deutschland eine intensive Diskussion zu methodischen Grundlagen der Erstellung von Roten Listen stattgefunden. Dabei standen u.a. solche Fragen wie die Anwendbarkeit der IUCN-Gefährdungskategorien und die Nachvollziehbarkeit der Rote-Liste-Einstufungen im Mittelpunkt. Als Ergebnis dieser Diskussionen liegt ein vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) vorgeschlagenes Kriteriensystem für die Gefährdungsanalyse und die Einstufung einzelner Arten vor (LUDWIG et al. 2006). Die durch das BfN vorgeschlagenen methodischen Vorgaben zur Erstellung von Roten Listen erheben dabei den Anspruch auf Allgemeingültigkeit für alle Tier- und Pflanzengruppen sowie die Pilze.

Bei der Erstellung einer aktuellen Roten Liste der Characeen Deutschlands unter Anwendung der vom BfN dafür gemachten Vorgaben (LUDWIG et al. 2006) ergibt sich jedoch eine Reihe von Problemen, die im Folgenden dargelegt werden sollen. Gleichzeitig werden konkrete Vorschläge für das Vorgehen bei der Erarbeitung der Roten Liste der Characeen gemacht.

## 2 Voraussetzungen für die Erstellung der Roten Liste

### 2.1 Bearbeitungsstand der Grundlegendaten

Tab. 1 gibt einen Überblick auf den aktuellen Bearbeitungsstand der Datengrundlagen für die Roten Listen der Characeen in den Bundesländern Deutschlands. Nur für wenige Bundesländer liegen bereits Rasterkarten vor. Das Fehlen von aktuellen Fundortlisten für Baden-Württemberg, Bayern und Sachsen-Anhalt spiegelt dabei nicht den Bearbeitungsgrad wider, auch in diesen Ländern sind Erfassungen durchgeführt worden, allerdings ist die Aufarbeitung der Daten bislang noch nicht erfolgt. Das ist vor allem deswegen unbefriedigend, da es sich um gewässerreiche und für die Characeen daher sehr wichtige Gebiete handelt. Der Bearbeitungsstand der landesweiten Roten Listen ist ebenfalls sehr heterogen. Für Baden-Württemberg existiert keine Rote Liste, die Roten Listen für Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen & Bremen stammen noch aus der Zeit vor der Erstellung der ersten bundesweiten Roten Liste und bedürfen dringend der Aktualisierung. Die Grundlagen für die Einstufungen der vorliegenden Roten Listen der Bundesländer folgen SCHNITTLER et al. (1994), lediglich WOLFF & VAN DE WEYER (2008) und WOLFF (2008) berücksichtigen bereits die Kriterien von LUDWIG et al. (2006).

**Tab. 1** Kartierungs- und Bearbeitungsstand der Datengrundlagen für die Roten Listen der Characeen in den Bundesländern Deutschlands, Stand: 01.02.2008

Bundesland	Verbreitungskarten bzw. umfangreiche Fundortlisten	Rote Liste	Bearbeitungsstand
Baden-Württemberg	-	-	überwiegend unzureichend, nur Teilbereiche recht gut
Bayern	-	FRANKE et al. (2004)	überwiegend unzureichend, nur Teilbereiche recht gut
Brandenburg & Berlin	Nordbrandenburg: MAUERSBERGER (2004)	BB: SCHMIDT et al. (1993) B: KUSBER et al. (2005)	überwiegend recht gut
Hessen	GREGOR (2001a, b)	GREGOR (2003)	recht gut
Mecklenburg-Vorpommern	BLÜMEL (2004)	SCHMIDT (1994)	recht gut
Niedersachsen & Bremen	VAHLE (1990)	VAHLE (1990)	recht gut
Nordrhein-Westfalen	VAN DE WEYER (1994), VAN DE WEYER & RAABE (2004), s.a. <a href="http://www.lanaplan.de/action/verbreitung/index.html">http://www.lanaplan.de/action/verbreitung/index.html</a>	VAN DE WEYER & RAABE (1999)	gut
Rheinland-Pfalz	WOLFF (2007, n. publ.)	WOLFF & VAN DE WEYER (2008)	überwiegend recht gut
Saarland	WOLFF (2007, n. publ.)	WOLFF (2008)	recht gut
Sachsen	DOEGE (2001)	DOEGE (2001)	recht gut
Sachsen-Anhalt	-	TÄUSCHER (2004a, b)	unzureichend
Schleswig-Holstein & Hamburg	SH: HAMANN & GARNIEL (2007, n. publ.) HH: KRIEG & KIES (1989)	SH: HAMANN & GARNIEL (2002) HH: KRIEG & KIES (1989)	recht gut
Thüringen	KORSCH (2006)	KORSCH (2006)	recht gut

Tab.1 zeigt jedoch auch deutlich, dass trotz der Unterschiede im Bearbeitungsstand gegenüber der Roten Liste von 1996 für die überwiegende Zahl der Bundesländer eine Vielzahl von neuen Kenntnissen zu den Characeen publiziert wurde. Ihre Vereinheitlichung und Verbesserung stellt für die nächsten Jahre einen wesentlichen Schwerpunkt der weiteren Bearbeitung der Artengruppe dar.

## 2.2 Notwendige Voraussetzungen nach Anforderungen des BfN

Nach der Handlungsanweisung des BfN zur Erstellung der Roten Listen (LUDWIG et al. 2006) soll zunächst geprüft werden, ob die Voraussetzungen für die Erstellung einer solchen für die betrachtete Gruppe gegeben sind. Dabei werden drei Anforderungen genannt: A) das Vorliegen einer Checkliste für die zu bearbeitende Gruppe im betrachteten Raum, B) ein ausreichender Kenntnisstand zur Gefährdungssituation der einzelnen Arten (weniger als 50% in Kategorie D – Daten unzureichend) und C) ein hoher Anteil an bewertbaren Arten (weniger als 20% in Kategorie „nicht bewertet“).

Für die Armelechteralgen Deutschlands wurde durch BLÜMEL & RAABE (2004) eine vorläufige Checkliste erstellt, die laufend fortgeschrieben wird. Die laut dieser Liste fraglichen Arten *Chara galioides* DC., *Ch. gymnophylla* A. BR. und *Ch. kokeilii* A. BR. wurden gestrichen, weil aus Deutschland keine gesicherten Nachweise bekannt sind. *Lamprothamnium hansenii* (SOND.) CORILL. wird nicht mehr als eigene Sippe betrachtet und damit zu *Lamprothamnium papulosum* (WALLR.) GROV. gestellt. Dagegen müssen *Chara denudata* A. BR. mit aktuellem Vorkommen in Baden-Württemberg (SCHMIEDER 2004) und Bayern (FRANKE et al. 2004), *Lamprothamnium sonderi* A. GARNIEL (GARNIEL 2003) mit aktuellem Vorkommen in Schleswig-Holstein und *Chara muscosa* J. GROVES et BULLOCK-WEBSTER mit aktuellem Vorkommen in Bayern (JORDA & VAN DE WEYER, i. Vorb.) ergänzt werden. Insgesamt sind damit 39 Arten zu betrachten. Gegenüber der Roten Liste von 1996 wurde zudem eine Reihe nomenklatorischer Veränderungen berücksichtigt (s. BLÜMEL & RAABE 2004). Die erste Voraussetzung ist damit erfüllt.

Über die beiden weiteren Voraussetzungen kann erst eine Aussage getroffen werden, nachdem der Versuch einer Gefährdungsanalyse unternommen wurde. In der bundesweiten Roten Liste von 1996 wurden von 40 berücksichtigten Arten lediglich zwei Arten in die Kategorie D eingestuft (es handelt sich dabei um die zu streichenden *Chara galioides* und *Ch. gymnophylla*). Allen anderen Arten wurde eine Gefährdungskategorie zugeordnet. Es sei auch angemerkt, dass schon 1996 keine Art in die Kategorie „G“ – „Gefährdung anzunehmen“ eingestuft wurde, sondern für alle Arten ausreichendes Wissen für eine Einstufung in die Kategorien 0 bis 3, R und \* zur Verfügung stand.

Damit ist für die Characeen die Erstellung einer Roten Liste sowohl aus Sicht des Bearbeitungsstandes der Daten als auch der Erfüllbarkeit der vom BfN geforderten Voraussetzungen realisierbar.

### 3 Die Kriterien nach LUDWIG et al. (2006)

#### 3.1 Häufigkeitsklassen für die aktuelle Bestandssituation

Die methodischen Vorgaben des BfN (LUDWIG et al. 2006) sehen die Gruppierung der Arten nach der aktuellen Bestandssituation in Häufigkeitsklassen vor. Für die Characeen gründet sich die aktuelle Bestandssituation auf ab 1990 erhobene Daten. Die Analyse dieser Daten (vgl. Tab. 1) führt zu der Erkenntnis, dass keine Characeen-Art in die Häufigkeitsklasse „sh“ – „sehr häufig“ eingruppiert werden kann. Ein Vergleich mit den Gefäßpflanzen unterstreicht dies. Hier gibt es Arten wie z.B. die Große Brennnessel (*Urtica dioica*), die tatsächlich flächendeckend verbreitet und damit „sehr häufig“ sind. Bei den Brutvögeln Deutschlands hat eine entsprechend den BfN-Vorgaben vorgenommene Modifizierung dazu geführt, dass die Häufigkeitsklassen „sehr häufig“ und „häufig“ zusammengefasst wurden (SÜDBECK et al. 2005): eine Art gilt hier als „häufig“, wenn von ihr bundesweit mehr als 100000 Brutpaare vorkommen. Unter diesen Voraussetzungen muss im Hinblick auf die Characeen sogar hinterfragt werden, ob die im gegenwärtigen Bearbeitungsstand für *Chara globularis*, *Ch. virgata* und *Ch. vulgaris* vergebene Häufigkeitsklasse „häufig“ gerechtfertigt ist.

Auf der Ebene einzelner Bundesländer wird bezogen auf deren Fläche die Häufigkeitsklasse „häufig“ ebenfalls nur in wenigen Fällen zu vergeben sein. So sind beispielsweise in Sachsen für die beiden verbreitetsten Arten *Chara globularis* und *Nitella flexilis* jeweils ca. 60 aktuelle Fundorte bekannt – mitnichten eine Größenordnung, die beispielsweise im Vergleich mit manchen Gefäßpflanzen als „häufig“ bezeichnet werden kann.

Problematisch ist auch, dass aus einer ganzen Reihe von Bundesländern noch keine Aufarbeitung der vorhandenen Kenntnisse nach dem vorgegebenen Schema erfolgte. Dadurch bestehen formale Lücken in der Datenbasis. Zur Ermittlung der tatsächlichen aktuellen Häufigkeit reichen auch die derzeit im Entstehen begriffenen Verbreitungskarten noch nicht aus, da sie zu große Lücken aufweisen. Sie zeigen aber schon deutliche Unterschiede in der Häufigkeit und der Verbreitung der einzelnen Arten auf. Wenn für jedes Bundesland, z.T. auch auf einer unterschiedlichen Datenbasis Häufigkeitsklassen abgeleitet wurden, so kann man sehr wohl die Bestandssituation auf Bundesebene einschätzen. Das Kriterium Bestandssituation ist demnach ermittelbar.

#### 3.2 Die Trendkriterien (Bestandstrend)

Für die eigentliche Gefährdungsanalyse sollen nach der Ableitung von Häufigkeitsklassen zwei Trendkriterien (lang- und kurzfristiger Bestandstrend) ermittelt werden, aus denen sich in Verbindung mit den Häufigkeitsklassen die Eingruppierung in die Gefährdungskategorien ergibt. Dabei wird vorausgesetzt, dass mindestens eines der Trendkriterien sowie die aktuelle Bestandssituation bekannt bzw. abschätzbar sein müssen, wenn eine Rote Liste erstellt werden soll. Ist dies nicht möglich, kann nach Auffassung des BfN keine Rote Liste für die betrachtete Gruppe erarbeitet werden.

Dafür müssen zunächst die vorhandenen Daten zeitlich eingeordnet werden. Im Ergebnis einer Diskussion auf dem 4. Treffen der Arbeitsgruppe Characeen Deutschlands in Stockstadt am Rhein im Jahr 2007 wurde vereinbart, dass für den langfristigen Bestandstrend der Zeitraum ab etwa 1800 betrachtet werden soll. Für den kurzfristigen Bestandstrend soll der Zeitraum von 1980 bis heute zugrunde gelegt werden. Die aktuelle Bestandssituation gründet sich auf ab 1990 erhobene Daten.

Nach LUDWIG et al. (2006) sollen möglichst beide Trendkriterien abgeschätzt werden, eines der beiden muss jedoch zur Ableitung der Rote Liste Kategorien mindestens vorliegen. Hierbei erfolgt die Zuordnung zu jeweils sechs Kriterienklassen von „sehr starkem Rückgang“ für den langfristigen Trend bzw. „sehr starker Abnahme“ für den kurzfristigen Trend bis „deutliche Zunahme“. Bei unzureichender Datenlage kann ein „?“ vergeben werden. Diese Differenzierung in sechs Klassen, die für jede einzelne Art getroffen werden muss, stellt sich als sehr problematisch dar.

Eine wesentliche Ursache ist die ungenügende Kenntnis der historischen Verbreitung. Zwar kam es Mitte bis Ende des 19. Jhd. zu einer Blüte der Characeenkunde, doch hat selbst diese Blütezeit nicht zu einer flächendeckenden Erfassung der Verbreitung und Häufigkeit dieser Organismengruppe geführt. Danach wurde die Gruppe lange Zeit kaum beachtet. Es liegen oft nur ganz sporadische Beobachtungen vor. Letztlich änderte sich die Situation erst mit Beginn der 1980er Jahre. Die vorhandenen historischen Daten aus Herbarien und der Literatur sind mittlerweile gut erschlossen, so dass auch in Zukunft nur wenige Ergänzungen zu erwarten sind. Die Datenlage wird sich somit nicht mehr entscheidend verbessern lassen. Auf dieser Basis soll nun für jede Art eine Differenzierung beispielsweise zwischen „sehr starkem“ und „starkem“ oder zwischen „starkem“ und „mäßigen“ Rückgang getroffen werden. Das ist für die Characeen in fachlich fundierter Art und Weise nicht möglich. Diese Eingruppierungen wirken sich aber sehr auf die Einstufung in die Rote Liste Kategorien aus. Aus eben diesem Grund haben sich z.B. die Bearbeiter der Roten Liste der Brutvögel entschieden, nur drei Kriterienklassen zu differenzieren: langfristiger Rückgang, langfristig stabil und langfristige Zunahme (SÜDBECK et al. 2005). Dabei handelt es sich hier um eine Artengruppe, die traditionell intensiv erfasst wurde und vielleicht die am besten mit Daten belegte in Deutschland überhaupt darstellt.

Die Probleme der Trendabschätzung verschärfen sich noch durch die gravierenden Veränderungen in der Gewässerlandschaft Deutschlands. Vor allem Auengewässer in den großen Flusstälern Deutschlands und Kleingewässer sind in großer Zahl verloren gegangen. Auf der anderen Seite entstand eine Vielzahl von Abtragungsgewässern, in denen sich Characeen in z.T. stabilen Beständen etablieren konnten. Während also ein großer Teil der historischen Fundorte definitiv erloschen ist (Beseitigung der Gewässer oder erhebliche anthropogene Veränderung), sind gleichzeitig neue Habitate entstanden, deren Gefährdungssituation schwer einschätzbar ist und auch widersprüchlich beurteilt wird. Je ärmer ein Bundesland an natürlichen Characeen-Gewässern ist, desto stärker wirkt sich diese Problematik auf die Einschätzung des Bestandstrends aus. So siedeln z.B. in Thüringen mehrere Characeen-Arten gegenwärtig ausschließlich in anthropogenen Sekundärgewässern. Gab es diese Arten früher hier nicht, oder liegen nur wegen der schlechten Kenntnis der ehemaligen Verbreitung keine historischen Nachweise vor? Haben diese Arten hier nun zugenommen oder nicht?

In etwas abgeschwächter Form besteht das Problem auch beim kurzfristigen Bestandstrend, wobei hier in Zukunft mit einer Verbesserung der Situation durch fortschreitende Erfassung gerechnet werden kann. Hier tritt jedoch ein anderes Problem auf, das sich aus der Überlagerung des kurzfristigen Bestandstrends mit dem Erkenntniszuwachs ergibt. Der für den aktuellen Bestandstrend gewählte Zeitraum überlagert sich größtenteils mit der seit 1980 stark zunehmenden Bearbeitung der Gruppe. Das, was sich anhand der vorliegenden Daten aktuell als „deutliche Zunahme“ zeigt, ist oftmals nur das Spiegelbild eines verbesserten Kenntnisstandes hinsichtlich der Verbreitung der Art. Durch welche objektiven Kriterien hier eine Differenzierung erreicht werden soll, ist noch offen. Nur die langjährige Kenntnis der Standorte und des Erfassungsgrades ermöglicht es hier den Bearbeitern zumindest eine Abschätzung vorzunehmen.

Eine weitere Schwierigkeit liegt in der Lebensweise der Characeen. Als konkurrenzschwache Erstbesiedler können sie schnell auftauchen und ebenso schnell wieder verschwinden. In einem Zeitraum von ca. 25 Jahren, wie er für den aktuellen Bestandstrend verwendet werden soll, ergeben sich z.T. erhebliche Schwankungen in ihrem Vorkommen. Hier muss abgeschätzt werden, ob sich Standortverluste durch Neuansiedlungen ausgleichen oder nicht, ob sich letztlich ein Rückgang ableiten lässt oder nicht.

### **3.3 Risikofaktoren**

Nach LUDWIG et al. (2006) gelten als Risikofaktoren „diejenigen Faktoren, deren Wirkung begründet erwarten lässt, dass sich die Bestandsentwicklung in den nächsten zehn Jahren verschlechtern wird“. Zu Gefährdungsursachen wird ausgeführt: „Gefährdungsursachen, die in jüngerer Vergangenheit wirksam waren und dies voraussichtlich auch in Zukunft in *vergleichbarer* Weise sein werden, werden bereits in den Bestands-Kriterien erfasst und kommen auf diesem Wege in der Einstufung zum Ausdruck“. Für die Armelechteralgen können keine gesicherten Aussagen zu zukünftigen „Risikofaktoren“ *sensu* LUDWIG et al. (2006) getätigt werden. Da zum kurzfristigen Bestandstrend ebenfalls noch keine reproduzierbaren Daten vorliegen (s.o.), werden die „Gefährdungsursachen“ nicht ausreichend berücksichtigt.

## **4 Diskussion**

Tab. 2 zeigt die Datenlage der Armelechteralgen Deutschlands (01.02.2008) in Hinblick auf eine Einstufung in die Rote Liste nach den Kriterien von LUDWIG et al. (2006). Für die langfristigen und kurzfristigen Bestandstrends sind exakte Berechnungen nicht möglich, selbst Schätzungen sind schwierig (siehe auch Tab. 3). Auch die aktuelle Bestandssituation kann nur abgeschätzt werden. Nach der Definition von LUDWIG et al. (2006) treffen Risikofaktoren nicht zu bzw. es lassen sich keine gesicherten Aussagen zu Risikofaktoren treffen. Sollte eine Rasterkartierung vorliegen, wären Berechnungen für die aktuelle Bestandssituation möglich. Problematisch bleiben der lang- und kurzfristige Trend, da hierzu mindestens zwei Kartierungsdurchgänge vorliegen müssten (s. Kap. 3.2). Ob dann Aussagen zu Risikofaktoren möglich sind, bleibt offen.

**Tab. 2** Datenlage der Armluchteralgen Deutschlands (01.02.2008) in Hinblick auf eine Einstufung in die Rote Liste nach den Kriterien von LUDWIG et al. (2006)

	<b>Langfristiger Trend</b>	<b>Kurzfristiger Trend</b>	<b>Aktuelle Bestandssituation</b>	<b>Risikofaktoren</b>
Zeitraum	1800-1980	1980-2008	1990-2008	2008-2018
Aktuelle Datenlage	Berechnung nicht möglich; Schätzung vielfach schwierig	Berechnung nicht möglich; Schätzung vielfach schwierig	Schätzung möglich	treffen nicht zu bzw. nicht abschätzbar
Mögliche Einstufung nach Abschluss der Rasterkartierung	Berechnung nicht sinnvoll; Schätzung vielfach schwierig	Berechnung nicht sinnvoll	Berechnung möglich	ggf. abschätzbar

Die aktuelle Datengrundlage, die in großem Maße Schätzungen erforderlich macht, kann sich stark auf die Einstufung auswirken, wie ein Beispiel von T. Gregor (mdl.) verdeutlichen soll: *Nitellopsis obtusa* wurde in Hessen erstmals im Jahr 2000 nachgewiesen, mittlerweile sind sieben Vorkommen bekannt. Der langfristige Bestandstrend wurde einerseits als „unbekannt“ eingeschätzt, andererseits als „mäßiger Rückgang“, da angenommen wird, dass die Art früher in Auengewässern der Rheinaue häufig vorkam (so wie in den angrenzenden Gebieten von Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg). Teilweise wurde auch für die Annahme eines Risikofaktors plädiert, da die Sekundärstandorte durch Eutrophierung bedroht sind.

**Tab. 3** Mögliche Einstufungen von *Nitellopsis obtusa* in die Rote Liste Hessen auf Grundlage der Kriterien von LUDWIG et al. (2006)

	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>	<b>Variante 3</b>
aktuelle Bestandssituation:	sehr selten	sehr selten	sehr selten
langfristiger Bestandstrend:	unbekannt	mäßiger Rückgang	mäßiger Rückgang
kurzfristiger Bestandstrend:	gleichbleibend	gleichbleibend	gleichbleibend
Risikofaktor:	keiner	keiner	Risikofaktor
Ergebnis:	<b>Ungefährdet</b>	<b>Gefährdet</b>	<b>Stark gefährdet</b>

Neben Problemen mit der vorhandenen Datengrundlage, die eine Erstellung der Roten Listen der Armluchteralgen Deutschlands nach den Kriterien von LUDWIG et al. (2006) erschweren, stellen sich aber auch grundsätzliche methodische Fragen am Kriteriensystem von LUDWIG et al. (2006). Erste regionale Auswertungen zeigen, dass die Einstufung nach LUDWIG et al. (2006) nicht immer zu plausiblen Ergebnissen führt. So können vor allem sehr seltene Arten nicht immer sinnvoll über dieses Schema eingestuft werden: eine sehr seltene Art, deren Bestände derzeit relativ stabil sind und über die wegen Kenntnismangel zum langfristigen Trend keine Aussage möglich ist, kann nicht in die Kategorie „ungefährdet“, wie nach BfN-Schema folgen würde, eingestuft werden. Wegen der in den meisten Fällen vorhandenen Gefährdung der Standorte ist hier mindestens die Kategorie „G – Gefährdung anzunehmen“, eher aber eine Rote-Liste Kategorie 1 oder 2

gerechtfertigt. Für sehr seltene Arten mit unbekanntem langfristigen Trend und einer mäßigen Abnahme im kurzfristigen Trend erscheint die Kategorie G ebenfalls zu wenig aussagekräftig, vor allem wenn die Anzahl der bekannten Vorkommen an der unteren Grenze der Häufigkeitsklasse „sehr selten“ liegt. Auch dies sei an einem Beispiel erläutert: *Nitella translucens* kommt außerhalb ihres geschlossenen nordwesteuropäischen Verbreitungsgebietes in Sachsen nur an Standorten mit kleinklimatisch den atlantischen Bedingungen ähnlichen Verhältnissen vor. Dabei ist ein Teil der sechs bekannten Vorkommen sehr individuenarm. Für die Art gibt es nur eine fragliche Angabe aus der Mitte des 19. Jhd. Sie wurde als „sehr selten“ eingestuft, zum historischen Bestandstrend können keine Aussagen gemacht werden („?“) und aktuell sind die Bestände relativ stabil. Risikofaktoren wie die Eutrophierung der Teiche, in denen sie vorkommt, gelten als im Bewertungsschema bereits berücksichtigt. Sie ist damit ungefährdet, was der Sachlage und vor allem einem Vergleich mit anderen Arten dieses Standorttyps völlig widerspricht. Dieses Beispiel entspricht von der Einordnung in die Vorgaben des BfN her genau der in Tab. 3 für *Nitellopsis obtusa* angegebenen Konstellation in der Variante 1, was die vorhandenen methodischen Probleme unterstreicht.

Ein wesentlicher Kritikpunkt an bisherigen Roten Listen – die subjektive Zuordnung der Rote-Liste-Kategorien – wird im Übrigen durch das BfN-Schema nicht gelöst – die Subjektivität der Einschätzungen wird nun auf die Stufe der Kriterienklassen zurückverlagert, um damit eine scheinbare Nachvollziehbarkeit der Ableitung der Rote-Liste-Kategorie zu erreichen.

Trotz dieser Schwierigkeiten wurde der Versuch unternommen, alle Arten Deutschlands gemäß den Kriterien von LUDWIG et al. (2006) einzustufen. Aufgrund der vorliegenden Daten zum kurz- bzw. langfristigen Bestandstrend führt dies nach den Vorgaben von LUDWIG et al. (2006) für 21 Arten zu einem „G = Gefährdung unbekanntes Ausmaßes“ und für zwei Arten zu einem „D = Daten unzureichend“. Dies unterscheidet sich deutlich von der derzeit gültigen Roten Liste aus dem Jahr 1996 (SCHMIDT et al. 1996). Dieses Bild entspricht in keiner Weise dem für die Characeen vorhandenen Expertenwissen und stellt gegenüber der ebenfalls ausreichend begründeten Roten Liste von 1996 einen gravierenden Rückschritt dar.

Wie bei SCHMIDT et al. (1996) ist auch aktuell eine Erstellung der Roten Liste unter Verwendung der in Tab. 4 dargestellten Kriterien möglich. An dieser Stelle werden die Kriterien Entwicklungstrend, aktuelle Bestandssituation und Gefährdungsursachen favorisiert. Beim Entwicklungstrend kann der Zeitraum vor 1990 in Anlehnung an die Rote Liste der Brutvögel geschätzt werden (SÜDBECK et al. 2005). Für die aktuelle Bestandssituation wird der Zeitraum ab 1990 betrachtet, hier kann bisher nur eine Schätzung, nach Fertigstellung der bundesweiten Rasterkarten auch eine Berechnung erfolgen. Wahrscheinlich ist, dass die Häufigkeitsklassen „sehr häufig“ bundesweit nicht vergeben wird. Die Vergabe der Klasse „häufig“ wird geprüft. Als für die Characeen wichtiges Kriterium wird die Einbeziehung von Gefährdungsursachen vorgeschlagen, da sie für die Gefährdungssituation von großer Bedeutung sind. Hier sollten Biologie und Autökologie der Arten, die Anzahl besiedelter Gewässertypen (vgl. VAN DE WEYER 1993, VAN DE WEYER & RAABE 1999) sowie die Entwicklung, der Zustand und die Prognose der Lebensräume einbezogen werden.

Des Weiteren ist der aktuelle Zustand der bekannten Vorkommen insbesondere bei den selteneren Arten ein wesentliches Kriterium für die Einstufung einer Art, unabhängig von der aktuellen Häufigkeit, dem lang- bzw. kurzfristigen Bestandstrend. Der Zustand der Populationen kann sich dabei sowohl positiv als

auch negativ auf die Einstufung in der Roten Liste auswirken. Eine extrem seltene Art kann aufgrund des sehr guten Zustandes der bekannten Populationen z.B. „stark gefährdet“ statt „vom Aussterben bedroht“ sein.

**Tab. 4** Mögliche Kriterien zur Erstellung der Vorschlag der Rote Listen der Armleuchteralgen (Characeae) Deutschlands auf Grundlage der vorliegenden Daten (Stand: 01.02.2008)

Entwicklungstrend	Aktuelle Bestandssituation	Gefährdungsursachen
vor 1990	1990-2008	
Schätzung in Anlehnung an die Roten Liste der Brutvögel (SÜDBECK et al. 2005)	Schätzung möglich, die Häufigkeitsklasse „sehr häufig“ wird bundesweit nicht vergeben, Vergabe der Klasse „häufig“ wird geprüft	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Biologie der Arten</li> <li>– Autökologie der Arten</li> <li>– Anzahl der unterschiedlichen besiedelten Gewässertypen</li> <li>– Entwicklung, Zustand und Prognose der Lebensräume</li> </ul>

Nachfolgend soll an einem Beispiel die Machbarkeit dieses Vorgehens dargestellt werden. *Nitella confervacea* wurde von SCHMIDT et al. (1996) als „ausgestorben“ eingestuft. Diese Art hat in Deutschland im Wesentlichen zwei Teilareale, Berlin-Brandenburg im Nordosten, hier gilt *Nitella confervacea* weiterhin als ausgestorben, und die Oberrheinische Tiefebene. Gemäß den morphologischen und vegetationskundlichen Leitbildern für den Oberrhein (KOENZEN 2005) war diese Art früher wahrscheinlich in grundwassergeprägten Gewässern der Rheinaue verbreitet und durch den Ausbau des Rheins in Verbindung mit dem Verlust der grundwassergeprägten Gewässer mit Sicherheit stark rückläufig. In oligo- bis mesotrophen Baggerseen, die nicht mit dem Rhein verbunden sind, fand die Art in den letzten Jahrzehnten jedoch einen Ersatzlebensraum, wo sie z.T. große Bestände bildet (Abb. 1 und 2). Die Vorkommen, die in der Mehrzahl durch Tauchuntersuchungen nachgewiesen wurden (PÄTZOLD 2002), erstrecken sich auf Hessen, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg. Es ist davon auszugehen, dass *Nitella confervacea* am Oberrhein in neuerer Zeit in ihrem Bestand zugenommen hat – während sie vor allem in Ostdeutschland trotz gezielter Nachsuche nach wie vor verschollen ist. *Nitella confervacea* ist in Deutschland aktuell „selten“, der kurzfristige Bestandstrend in einem Teilareal positiv, der langfristige Bestandstrend dagegen sicher negativ, das Ausmaß allerdings unbekannt. Daraus ergibt sich nach Ludwig et al. (2006) die Rote-Liste-Einstufung „G“ („Gefährdung unbekanntes Ausmaßes“). Folgt man den vorgeschlagenen Kriterien der Tab. 4, ergibt sich die folgende Einschätzung. Dem langfristig negativen Entwicklungstrend steht eine Erholung der Bestände, jedoch nur in Ersatzlebensräumen und nur in einem Teilareal gegenüber. Obwohl die aktuellen Vorkommen stabil erscheinen, ist die Entwicklung der derzeit oligo- bis mesotrophen Sekundärgewässer in Hinblick auf Nutzung und Trophie schwer abzuschätzen. Verschärft wird dies durch die Biologie der Art: sie ist einjährig, kleinwüchsig und konkurrenzschwach. Somit ist eine konkrete Gefährdung gegeben. Daher scheint eine bundesweite Einstufung als „gefährdet“ gerechtfertigt.

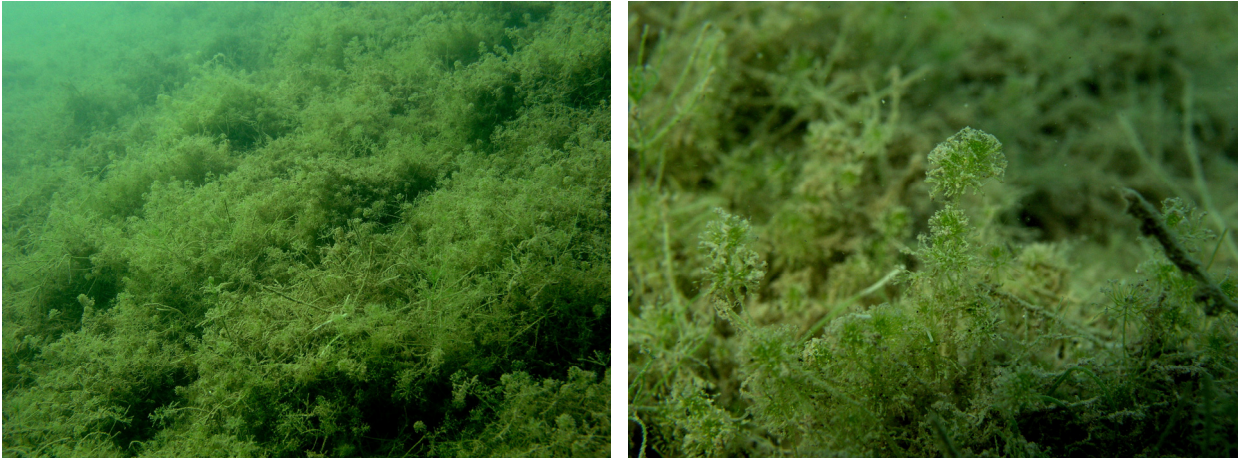


Abb. 1, 2 *Nitella confervacea* im Riedsee (Hessen, Fotos: Klaus van de Weyer)

## 5 Ausblick

Die Roten Listen sind ein wichtiges Instrument des Naturschutzes. Sie haben sich zum Schutz von Gebieten und einzelnen Arten bzw. Artengruppen bewährt und verankern dessen Notwendigkeit in einer breiteren Öffentlichkeit.

Die Einstufung in die Roten Listen sollte nachvollziehbar sein. Dazu sind verlässliche Grundlagen erforderlich. Eine flächendeckende Rasterkartierung der Armleuchteralgen Deutschlands liegt bisher nicht vor, der überwiegende Teil der diesbezüglichen regionalen Aktivitäten wird ehrenamtlich erbracht. Untersuchungen der ökologischen Ansprüche der Arten und Lebensräume erfolgen zunehmend vor allem im Zusammenhang mit den Arbeiten zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und der EG-Wasserrahmen-Richtlinie sowie in Forschungsarbeiten von Universitäten (I. Blindow, A. Melzer, H. Schubert). Insgesamt kann eingeschätzt werden, dass die Voraussetzungen zur Erstellung einer Roten Liste der Armleuchteralgen Deutschlands deutlich besser sind als für die derzeit gültige Liste von 1996. Die Gefährdungseinschätzung kann jedoch nur teilweise nach den Vorgaben des BfN erfolgen. Die Grundlage für eine neue Rote Liste sollten deshalb Experteneinstufungen sein.

Rote Listen allein bewirken noch keinen Artenschutz. Hierzu sind Artenschutzprogramme mit konkreten Handlungsanweisungen (action plans) notwendig. Es wäre wünschenswert, wenn seitens der deutschen Behörden so wie beispielsweise in Schweden oder Großbritannien größere Unterstützung auch für die Armleuchteralgen als eine insgesamt gefährdete Artengruppe zu erkennen wäre. Mögliche nächste Arbeitsschritte in Richtung auf ein Artenschutzprogramm für die Characeen sind in Tab. 5 aufgeführt. Nicht alle Aktivitäten können ausschließlich auf ehrenamtlicher Basis erfolgen. Die Arbeitsgruppe Characeen Deutschlands ist aber zu aktiver Mitarbeit bereit.

**Tab. 5** Arbeitsschritte zu einem möglichen Artenschutzprogramm „Armelechteralgen Deutschland“ mit konkreten Handlungsanweisungen („action plans“)

Schritt	Inhalt	Aktueller Stand
1	Flächendeckende Rasterkartierung	Liegt in Teilen vor
2	Analyse der ökologischen Ansprüche der Arten und Lebensräume	Liegt für viele Arten vor
3	Rote Liste	Aktuelle Experten-Einstufung liegt vor
4	Artenschutzprogramme mit konkreten Handlungsanweisungen („action plans“)	Auf Bundesebene bisher keine Aktivitäten seitens der zuständigen Behörden in Deutschland

## Danksagung

Unser Dank gilt allen Personen, die sich an den Diskussionen zur Roten Liste beteiligt haben. Stellvertretend seien hier Dr. Thomas Gregor, Ulrike Hamann, Dr. Rüdiger Mauersberger, Prof. Dr. Hendrik Schubert und Peter Wolff genannt.

## Literatur

- BLINDOW, I. (1991): Interactions between submerged macrophytes and microalgae in shallow lakes. – Diss. Lund: 107 S.
- BLÜMEL, C. (2004): Die Characeen in Mecklenburg-Vorpommern. – Rostocker Meeresbiologische Beiträge 13: 55-72.
- BLÜMEL, C. & RAABE, U. (2004): Vorläufige Checkliste der Characeen Deutschlands. – Rostocker Meeresbiologische Beiträge 13: 9-26.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (1996): Einführung. – In: LUDWIG, G. & SCHNITTLER, M. (eds.): Rote Liste der gefährdeten Pflanzen Deutschlands. – Schriftenreihe für Vegetationskunde, 28: 547-576.
- DOEGE A. (2001): Die Armelechteralgen Sachsens mit Angaben zu ihrer Gefährdung. – Lauterbornia: 40: 3-27.
- FRANKE, T., SCHNEIDER, S., MELZER, A., MAYER, A. & DÜRHAMMER, O. (2004): Planung und Struktur der Bayernkartierung sowie eine Zusammenstellung aller in Bayern nachgewiesener Characeen-Arten (Checkliste).- Rostocker Meeresbiologische Beiträge 13: 195-202.
- GARNIEL, A. (2003): *Lamprothamnium sonderi* A. Garniel sp. nov. - In: Schubert, H. & Blindow, I. (eds.): Charophytes of the Baltic Sea: 163-167, Gantner, Ruggell.
- GEISSLER U. (1991): Zu Veränderungen in der Algenflora und zur Situation der Roten Listen in Berlin (West). –Landschaftsentwicklung und Umweltforschung 6: 125-128.
- GREGOR, T. (2001a): Die Kenntnis der Armelechteralgen (Characeen) in Hessen. - Natur und Museum 131: 253-262.
- GREGOR, T. (2001b): Die Armelechteralgen (Characeae) Hessens - eine erste Fundortliste. - Jahrb. Nass. Ver. Naturk. 122: 195-113.
- GREGOR, T. (2003): Rote Liste der Armelechteralgen (Characeae) Hessens. Erste Fassung. - Botanik Naturschutz Hessen 16: 31-37.
- HAMANN, U. & GARNIEL, A. (2002): Die Armelechteralgen Schleswig-Holsteins – Rote Liste. – Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (ed.): 50 S., Flintbeck.
- KNAPP, H. D., JESCHKE, L. & SUCCOW, M. (1985): Gefährdete Pflanzengesellschaften auf dem Territorium der DDR. 185 S. Berlin.
- KOENZEN, U. (2005): Fluss- und Stromauen in Deutschland - Typologie und Leitbilder. Ergebnisse des F+E-Vorhabens „Typologie und Leitbildentwicklung für Flussauen in der Bundesrepublik Deutschland“ des Bundesamtes für Naturschutz FKZ 80382100. – Angewandte Landschaftsökologie 65: 327 S. + Karte.
- KOHLER, A. (1982): Wasserpflanzen als Belastungsindikatoren. - Decheniana-Beihefte 26: 31-42.
- KRAUSE, W. (1981): Characeen als Bioindikatoren für den Gewässerzustand. - Limnologica 13: 399-418.

- KRAUSE, W. (1997): Charales (Charophyceae). - In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H., Mollenhauer, D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa 18. G. Fischer, Jena/Stuttgart /Lübeck/Ulm: 202 S.
- KRIEG, H. & KIES, L. (1989): Artenschutzprogramm Armeleuchteralgen (Charophyta) und Süßwasser-Rotalgen (Rhodophyta) im Gebiet der Freien und Hansestadt Hamburg. – Naturschutz Landschaftspfl. Hamburg 30: 1-40.
- KORSCH, H. (2006): Die Armeleuchteralgen (Characeae) Thüringens und ihre Gefährdung (Rote Liste, 3. Fassung, Stand: 03/2006). - Landschaftspfl. Naturschutz Thüringen 43 (3): 93-101
- KUSBER, W.-H., GEISSLER, U. & JAHN, R. (2005): Rote Liste und Gesamtartenliste der Rotalgen (Rhodophyceae), Armeleuchteralgen (Charophyceae) und Braunalgen (Phaeophyceae) von Berlin. – In: Der Landesbeauftragte für Naturschutz und Landschaftspflege/Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (ed.): Rote Listen der gefährdeten Pflanzen und Tiere von Berlin. CD-Rom.
- LUDWIG, G., HAUPT, H. GRUTTKE, H. & BINOT-HAFKE, M. (2006): Methodische Anleitung zur Erstellung Roter Listen gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze. – BfN-Skripten 191: 97 S.
- MAUERSBERGER, R. (2004): Zum Vorkommen von Armeleuchteralgen (Characeae) im Norden Brandenburgs. – Rostocker Meeresbiologische Beiträge 13: 85-104.
- MAUERSBERGER, H. & MAUERSBERGER, R. (1996): Die Seen des Biosphärenreservats „Schorfheide-Chorin“ – eine ökologische Studie. Diss. Ernst-Moritz-Arndt-Univ. Greifswald
- MELZER, A. (1994): Möglichkeiten einer Bioindikation durch submerse Makrophyten – Beispiele aus Bayern. - Beiträge zur angewandten Gewässerökologie Norddeutschlands 1: 92-102.
- PÄTZOLD, F. (2002): Ökologische Typisierung von Baggerseen am Oberrhein. – Carolea 60: 91-102.
- RENNWALD, E. (2000): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands. – Schriftenreihe für Vegetationskunde 35: 800 S.
- SAMIETZ, R. (1993): Rote Liste der gefährdeten Armeleuchteralgen (Charophyta) Thüringens. 1. Fassung, Stand 1992. – Naturschutzreport 5: 165-167.
- SCHMIEDER, K. (2004): Die Characeen des Bodensees. – Rostocker Meeresbiologische Beiträge 13: 179-194.
- SCHMIDT, D. (1994): Rote Liste der Armeleuchteralgen (Charophyten) Mecklenburg-Vorpommerns. 1. Fassung, Stand: November 1993. – In: Der Umweltminister des Landes Mecklenburg-Vorpommern (ed.): Rote Listen der gefährdeten Armeleuchteralgen Mecklenburg-Vorpommerns: 32 S., Schwerin.
- SCHMIDT, D., MAUERSBERGER, R. & MAUERSBERGER, M. (1993): Rote Liste der Armeleuchteralgen (Charophyta) in Brandenburg. – Gleditschia 21(1): 37-45.
- Schmidt, D., Weyer, K. van de, Krause, W., Kies, L., Garniel, U., Geissler, U., Gutowski, A., Samietz, R., Schütz, W., Vahle, H.-Ch., Vöge, M., Wolff, P. & Melzer, A. (1996): Rote Liste der Armeleuchteralgen (Characeae) Deutschlands. – In: Ludwig, G. & Schnittler, M. (eds.): Rote Liste der gefährdeten Pflanzen Deutschlands. – Schriftenreihe für Vegetationskunde 28: 547-576.
- SCHNITTLER, M., LUDWIG, G., PRETSCHER, P. & BOYE, P. (1994): Konzeption der Roten Listen der in Deutschland gefährdeten Tier- und Pflanzenarten - unter Berücksichtigung der neuen internationalen Kategorien. –Natur und Landschaft 69: 451-459.
- STELZER, D. (2003): Makrophyten als Bioindikatoren zur leitbildbezogenen Seenbewertung – Ein Beitrag zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland. - Diss. Techn. Univ. München. 99 S. + Anhang.
- SÜDBECK, P., BAUER, H.-G., BERTHOLD, P., BOSCHERT, M., BOYE, P. & KNIEF, W. (2005): Das Kriteriensystem der nächsten Roten Liste der Brutvögel Deutschlands. – Ber. Vogelschutz 42: 137-140.
- TÄUSCHER, L. (2004a): Neubearbeitung der Armeleuchteralgen (Charales) als Bestandteil der Roten Liste der Algen des Landes Sachsen-Anhalt (Deutschland). – Rostocker Meeresbiologische Beiträge: 13: 139-145.
- TÄUSCHER, L. (2004b): Rote Liste der Algen des Landes Sachsen-Anhalt. – Ber. Landesamtes Umweltschutz Sachsen-Anhalt 39: 34-42.
- VAHLE, H.-C. (1990): Armeleuchteralgen (Characeae) in Niedersachsen und Bremen. Verbreitung, Gefährdung und Schutz. – Informationsdienst Natursch. Niedersachsen 10: 85-130.
- WEYER, K. VAN DE (1993): Vorläufige Rote Liste der Armeleuchteralgen. - LÖLF-Mitt. 4: 23-27.
- WEYER, K. VAN DE (1994): Die Armeleuchteralgen (Characeae) Nordrhein-Westfalens – eine erste Übersicht. – Flor. Rundbriefe 27(2): 120-136.

- WEYER, K. VAN DE & RAABE, U. (1999): Rote Liste der Armleuchteralgen-Gewächse (Charales) in Nordrhein-Westfalen. – Schriftenreihe der LÖBF 17: 295-306.
- WEYER, K. VAN DE & RAABE, U. (2004): Die Erfassung der Armleuchteralgen-Gewächse (Characeae) in Nordrhein-Westfalen. - Rostocker Meeresbiologische Beiträge 13: 153-162.
- WEYER, K. VAN DE, RAABE, U. & SCHNEIDER, S. (2006): Die Arbeitsgruppe Characeen Deutschlands. - In: Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) - Tagungsbericht 2005 (Karlsruhe): 154-156, Werder.
- WOLFF, P. (2008): Rote Liste der Armleuchteralgen des Saarlandes. 2. Fassung. – In: Umweltministerium des Saarlandes, 4. Atlasband, im Druck.
- WOLFF, P. & WEYER, K. VAN DE (2008): Rote Liste der Armleuchteralgen (Charophyceae) von Rheinland-Pfalz (2. Fassung). Manuskript, Stand: Februar 2008.

Ralf BECKER

Ralf Becker, Am Schützenplatz 58, D-26121 Oldenburg  
becker.ra@web.de

## Die Armleuchteralgen (Characeae) des Weser-Ems-Gebietes

The charophytes of the Weser-Ems region

### Abstract

A survey on the historical and recent distribution of stoneworts in northwestern Germany is given. Informations about the area under investigation and the database are presented. In total 21 species of stoneworts have been verified. The abundance and the degrees of endangering of all species are discussed. Informations on the occurrence and distribution of the rare or remarkable species *Nitella hyalina*, *N. opaca*, *N. gracilis*, *N. mucronata*, *N. translucens*, *N. flexilis*, *Chara connivens*, *C. virgata* und *C. canescens* are presented. Prospectively additional investigations about stoneworts in other parts of Lower Saxony and an update of the present Red List are necessary.

**Keywords:** Characeae, distribution maps, Red List, *Chara*, *Nitella*, *Tolypella*, macrophytes, Germany

## 1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit gibt einen Überblick über den Stand der floristischen Erfassung der Armleuchteralgen des Weser-Ems-Gebietes, dem westlichen Teilbereich Niedersachsens. Das Untersuchungsgebiet (UG) wird durch die Nordsee mit den Ostfriesischen Inseln, die Weser, die niederländischen Grenze und die Grenze zu Nordrhein-Westfalen begrenzt. Kennzeichnend sind die vier Naturräumlichen Regionen Watten und Marschen, Oldenburgisch-Ostfriesische Geest, Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung sowie das Osnabrücker Hügelland. Die Gewässerlandschaft der Region wird durch die Flüsse Weser, Ems und Hunte, durch zahlreiche, vorwiegend sandige Geestbäche sowie durch eine Vielzahl von Gräben in den Marschen und Niederungen geprägt. Als charakteristische Stillgewässer prägen vor allem die großen Flachseen Dümmer, Großes Meer und Zwischenahner Meer die Landschaft. Ehemals landschaftsprägende Schlatts und Heideweiher sind heute überwiegend verfüllt oder stark eutrophiert. Dem gegenüber sind vor allem durch Bodenabbau viele Stillgewässer neu entstanden. Große Grünlandgebiete und ehemals ausgedehnte Moore dominieren den nördlichen Teilbereich des UG, während intensiv ackerbaulich

genutzte, waldarme Geestflächen das Zentrum kennzeichnen und kalkreiches Hügelland im Südteil vorherrscht.

Im Gegensatz zu anderen Gebieten war die Characeenflora des Weser-Ems-Gebietes bis vor kurzem nur unvollständig untersucht. Verschiedene Publikationen in der jüngeren Vergangenheit (v.a. VAHLE 1990; TRAPP 1995; WAGNER 1995; BECKER 1997) lieferten neue Erkenntnisse. Um das Wissen über Vorkommen und Verbreitung der Armelechteralgen zu vervollständigen, untersuchte der Verfasser in den vergangenen Jahren zahlreiche Gewässer des Weser-Ems-Gebietes. Die Nomenklatur dieser Publikation folgt hinsichtlich der Armelechteralgen BLÜMEL & RAABE (2004) und in Bezug auf die Gefäßpflanzen WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998).

## **2 Methoden**

Seit 1986 wurden vom Autor zahlreiche Fließ- und Stillgewässer des Weser-Ems-Gebietes floristisch und z.T. vegetationskundlich untersucht (vgl. BECKER et al. 1992, BECKER 1997). Eine gezielte Suche nach potenziellen Siedlungsgewässern von Characeen fand vor allem seit 2004 statt. Eine flächendeckende Erfassung der Armelechteralgen des Weser-Ems-Gebietes konnte bisher aber nur für kleinere Teilräume erfolgen. Die Bearbeitungsintensität der einzelnen Regionen des UG variiert. Die Gewässer wurden überwiegend vom Ufer aus mit einer Teleskopharke beprobt, Tauchuntersuchungen sowie die Analyse von Oosporen erfolgten nur in Einzelfällen.

Die vorliegende Arbeit bezieht über die eigenen Nachweise hinaus Literaturangaben und Fundmitteilungen Dritter mit ein. Zur Verfügung gestellte Herbarbelege oder Frischmaterial wurden vom Verfasser determiniert. Zudem wurden die Daten des Niedersächsischen Pflanzenarten-Erfassungsprogrammes (NLWKN 2003) in bezug auf Characeen ausgewertet. Alle bekannten Fundortangaben zu Armelechteralgen des Weser-Ems-Gebietes sind im Rahmen der vorliegenden Arbeit berücksichtigt worden. Kartierungsstand ist der 31.12.2007.

## **3 Altdaten**

Aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts und der davor liegenden Zeit existieren für das UG lediglich Einzelnachweise von Armelechteralgen (u.a. NÖLDEKE 1872, BRAUN 1882, MIGULA 1897, GRAEBNER & HUECK 1931). Diese wurden ebenso wie die in den Herbarien des Bremer Überseemuseums und der Universität Hannover vorhandenen Belege von Characeen bereits von VAHLE (1990) für eine erste Übersicht über die Armelechteralgen in Niedersachsen ausgewertet. Ferner wurden die niedersächsischen Belege aus dem Nationaal Herbarium Leiden freundlicherweise durch J. van Raam gesichtet. Die Analyse der historischen Daten belegt, dass Characeen im Weser-Ems-Gebiet ehemals weit verbreitet waren (BECKER 1997). Insbesondere in den nährstoffarmen, sandigen und kalkhaltigen Flachseen existierten z.T. bis in die 1970er Jahre noch ausgedehnte Unterwasserwiesen von Armelechteralgen. Tab. 1 gibt einen Überblick über die in den großen Seen des Weser-Ems-Gebietes vor 1950 nachgewiesenen Characeen-

Arten. Die nach 1950 im UG nicht mehr nachgewiesenen Taxa sind in Tab. 1 fett gedruckt.

**Tab. 1** In den großen Seen des Weser-Ems-Gebietes vor 1950 nachgewiesene Characeen-Arten

Art/Gewässer	Großes Meer	Dümmer	Sager Meer	Zwischen-ahner Meer
<i>Chara aspera</i> Willd.	+	+		
<i>Chara globularis</i> Thuill.	+	+		+
<b><i>Chara hispida</i> L.</b>		+		
<i>Chara virgata</i> Kütz.			+	
<i>Chara vulgaris</i> L.		+		
<i>Nitella flexilis</i> (L.) C. Ag.	+		+	+
<i>Nitella gracilis</i> (L.) C. Ag.			+	+
<i>Nitella translucens</i> C. Ag.	+		+	
<b><i>Nitellopsis obtusa</i> J. Gr.</b>	+	+		
<b><i>Tolypella prolifera</i> Leonh.</b>	+			
Summe	6	5	4	3

Quellen: BRAUN (1882), MIGULA (1897), GRAEBNER & HUECK (1931), VAHLE (1990).

Erst in den 1980er Jahren erfolgten im UG umfangreichere Nachweise von Armleuchteralgen v.a. durch die Untersuchungen von HERR et al. (1989) im Rahmen der systematischen Erfassung der Fließgewässervegetation Niedersachsens sowie der Erhebungen von VAHLE (1990). Weitere Veröffentlichungen erfolgten in den 1990er Jahren durch die Arbeiten von TRAPP (1995) für den Bremer Raum, WAGNER (1995) für den Süden des Weser-Ems-Gebietes sowie die angrenzenden Bereiche Nordrhein-Westfalens und BECKER (1997) für das gesamte Untersuchungsgebiet. Einzelne Nachweise lieferten zudem die Arbeiten von ROSSKAMP (1995) und GRABOW & WIMMER (1998).

## 4 Aktueller Kenntnisstand

Innerhalb des Weser-Ems-Gebietes wurden bisher insgesamt 21 Characeen-Arten nachgewiesen, wobei der Nachweis von *Nitella syncarpa* (Thuill.) Chev. an ihrem Fundort im Emstal (POTT 1992) nicht zweifelsfrei belegt ist (vgl. WAGNER 1995). Alle im UG nachgewiesenen Arten sind inklusive ihres Gefährdungsgrades in Niedersachsen nach SCHMIDT et al. (1996) in Tab. 2 dargestellt.

Im Rahmen der eigenen Untersuchungen erfolgten durch den Autor die Erstfunde der für Niedersachsen bisher nicht nachgewiesenen Arten *Nitella hyalina* (BECKER, i. Druck) und *Chara connivens*. Darüber hinaus wurden die bei SCHMIDT et al. (1996) für Niedersachsen als ausgestorben angegebenen Taxa *Nitella opaca* und *N. mucronata* vom Verfasser im Weser-Ems-Gebiet nachgewiesen.

**Tab. 2** Gefährdungsgrade der im Weser-Ems-Gebiet nachgewiesenen Characeen-Arten

Nr.	Art (wissenschaftlicher Name)	Gefährdungsgrad in Niedersachsen
1	<i>Chara aspera</i> Willd. 1809	1
2	<i>Chara canescens</i> Loisel. 1810	1
3	<i>Chara connivens</i> Salzm. ex A. Braun 1835	-
4	<i>Chara contraria</i> A. Braun ex Kütz. 1845	R
5	<i>Chara globularis</i> Thuill. 1799	*
6	<i>Chara hispida</i> L.	2
7	<i>Chara polyacantha</i> A. Braun	2
8	<i>Chara tomentosa</i> L.	0
9	<i>Chara virgata</i> Kütz.	3
10	<i>Chara vulgaris</i> L.	*
11	<i>Nitella capillaris</i> (Krock.) J. Gr. et Bull.-Webst.	R
12	<i>Nitella flexilis</i> (L.) C. Ag.	3
13	<i>Nitella gracilis</i> (L.) C. Ag.	R
14	<i>Nitella hyalina</i> (De Candolle) C. Ag.	-
15	<i>Nitella mucronata</i> (A. Braun) Miq. emend. Wallm.	0
16	<i>Nitella opaca</i> (Bruz.) C. Ag.	0
17	<i>Nitella syncarpa</i> (Thuill.) Chev.	R
18	<i>Nitella translucens</i> (Persoon) C. Ag.	2
19	<i>Nitellopsis obtusa</i> (Desv.) J. Gr.	1
20	<i>Tolypella nidifica</i> (O. Müll.) A. Braun	1
21	<i>Tolypella prolifera</i> (Ziz ex A. Braun) Leonh.	0

Quelle: SCHMIDT et al. (1996). Erläuterungen: 0 = ausgestorben, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, R = extrem selten, \* = nicht gefährdet, - = Art für Niedersachsen nicht angegeben.

Mit Ausnahme der drei Arten *Nitella tenuissima* (Desv.) Kütz., *Tolypella glomerata* (Desv.) Leonh. und *T. intricata* (Trent. ex Roth) Leonh. wurden im Weser-Ems-Gebiet alle bisher in Niedersachsen vorkommenden Taxa nachgewiesen. Dies entspricht 86 % der in Niedersachsen insgesamt vorkommenden Characeen-Arten. Von den 21 im Weser-Ems-Gebiet nachgewiesenen Taxa sind in Anlehnung an SCHMIDT et al. (1996) 90 % als ausgestorben oder in unterschiedlichem Grad als gefährdet zu bewerten. Als derzeit nicht gefährdete Arten gelten im UG lediglich *Chara globularis* und *C. vulgaris* (VAHLE 1990; SCHMIDT et al. 1996). Dies dokumentiert die hochgradige Schutzbedürftigkeit der meisten Characeen und ihrer Lebensräume.

Tab. 3 verdeutlicht die Anzahl der Nachweise der einzelnen Characeen-Arten des Weser-Ems-Gebietes pro Messtischblatt (MTB = TK 25) in verschiedenen Zeiträumen. Für einige Arten existieren nur wenige Funde. Dies gilt v.a. für historische Nachweise, während aktuelle Daten für viele Taxa inzwischen relativ umfangreich vorliegen. In Tab. 3 wurde die bei BRAUN (1882) angegebenen *Chara crinita* zu *C. canescens*, *C. ceratophylla* zu *C. tomentosa*, *C. gymnophylla* ssp. *subhispida* zu *C. vulgaris* und *Nitella capitata* zu *N. capillaris* gestellt; die bei

NÖLDEKE (1872) angeführte *Chara pulchella* Wallr. zu *Chara globularis*. Der bei BRAUN (1882) und MIGULA (1897) angezweifelten Richtigkeit der Bestimmung von *Tolypella nidifica* an zwei historischen Fundorten in Ostfriesland wurde insofern gefolgt, dass beide Fundortangaben in Tab.3 unter *Tolypella prolifera* geführt werden. Erfolgte im gleichen MTB Nachweise einer Art aus verschiedenen Zeiträumen, so wurde in Tab. 3 nur der aktuellste Fund berücksichtigt. Die Anzahl der Fundorte einer Art pro Messtischblatt bleibt unberücksichtigt. Auf eventuell zweifelhafte Angaben wird in der Spalte „Bemerkungen“ hingewiesen.

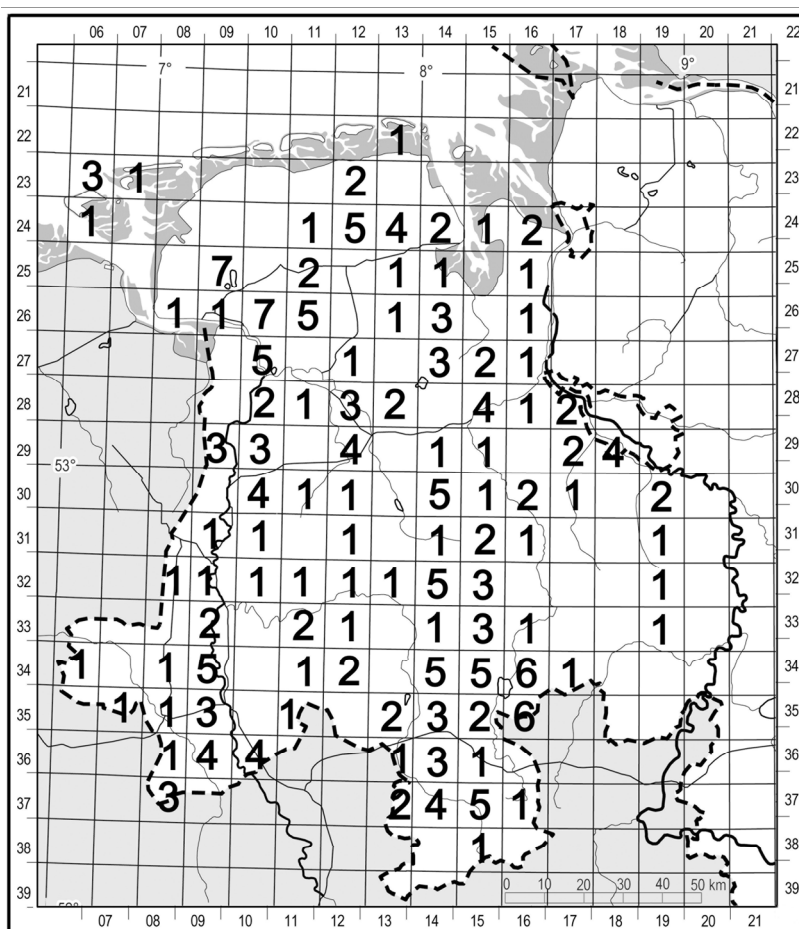
**Tab. 3** Häufigkeit der im Weser-Ems-Gebiet nachgewiesenen Characeen-Arten

Art	vor 1950 (Anzahl MTB)	1950 – 1989 (Anzahl MTB)	ab 1990 (Anzahl MTB)	Gesamt- nachweise (Anzahl MTB)	Bemerkungen
<i>Chara aspera</i>	5	0	1 + 1?	7	1 Angabe ?
<i>Chara canescens</i>	1	0	2	3	
<i>Chara connivens</i>	0	0	1	1	
<i>Chara contraria</i>	1	0	6	7	
<i>Chara globularis</i>	4	4	23	31	
<i>Chara hispida</i>	5	0	0	5	
<i>Chara polyacantha</i>	0	0	3	3	
<i>Chara tomentosa</i>	1	0	0	1	
<i>Chara virgata</i>	2	1	31	34	
<i>Chara vulgaris</i>	6	2	20	28	
<i>Nitella capillaris</i>	2	1	1	4	
<i>Nitella gracilis</i>	2	0	2	4	
<i>Nitella flexilis</i>	5	24	36	65	
<i>Nitella hyalina</i>	0	0	1	1	
<i>Nitella mucronata</i>	0	0	5	5	
<i>Nitella opaca</i>	1	1	1	3	
<i>Nitella syncarpa</i>	0	0	1?	1	1 Angabe ?
<i>Nitella translucens</i>	4	0	11	15	
<i>Nitellopsis obtusa</i>	3	0	0	3	
<i>Tolypella nidifica</i>	1	0	0	1	
<i>Tolypella prolifera</i>	3	0	1?	4	1 Angabe ?
Summe	46	33	144 + 3?	223 +3?	

Erläuterung: MTB = Messtischblatt. Quellen: Braun (1882), Grabow & Wimmer (1998), Migula (1897), NLWKN (2003), Nöldeke (1872), Rosskamp (1995), Trapp (1995), Vahle (1990), Wagner (1995) sowie eigene Erhebungen.

Von den rezent vorkommenden Arten wurde *Nitella flexilis* im Weser-Ems-Gebiet am häufigsten nachgewiesen. Sie kommt in 65 MTB vor. Mit Nachweisen in mindestens 25 MTB sind neben *N. flexilis* lediglich noch *Chara virgata*, *C. globularis* und *C. vulgaris* im UG relativ weit verbreitet. Außer *Nitella translucens* als vierthäufigster Art (Nachweise in 15 MTB) konnten alle übrigen Sippen bisher in jeweils maximal sieben MTB nachgewiesen werden. Die fünf Taxa *Chara connivens*, *C. tomentosa*, *Nitella hyalina*, *N. syncarpa* und *Tolypella nidifica* kommen im UG jeweils nur an einem Fundort vor. Von den vier Arten *Chara hispida*, *C. tomentosa*, *Nitellopsis obtusa* und *Tolypella nidifica* sind im UG ausschließlich historische Funde vor 1950 belegt; aktuelle Nachweise fehlen.

Abb. 1 gibt Auskunft über den derzeitigen Bearbeitungsstand der Characeenforschung im Weser-Ems-Gebiet. Dargestellt sind die Gesamtartenzahlen pro MTB nach den Angaben von NÖLDEKE (1872), MIGULA (1897), VAHLE (1990), ROSSKAMP (1995), TRAPP (1995), WAGNER (1995), GRABOW & WIMMER (1998), NLWKN (2003), den eigenen Daten sowie den Meldungen Dritter. Als Kartengrundlage diente eine veränderte Vorlage des NLÖ (1993). Abb. 1 verdeutlicht, dass in 102 der insgesamt 183 MTB des UG mindestens eine Armeleuchteralgen-Art nachgewiesen wurde. Allerdings kommen auch nur in 21 MTB mehr als drei Sippen vor. Nachweislücken, die z.T. aus Bearbeitungslücken resultieren, existieren v.a. noch im küstennahen Raum sowie im Wesertal.



**Abb. 1**  
Characeen-Gesamtartenzahl /  
Messtischblatt

Aus einigen MTB des Küstenraumes sind bezüglich historischer Nachweise sehr hohe Artenzahlen belegt (vgl. Abb. 1). Dies gilt v.a. für den Bereich des Großen Meeres östlich von Emden (MTB 2509) und den südöstlich angrenzenden Bereich (MTB 2610), wo jeweils 7 Characeen-Arten nachgewiesen wurden, soviel wie sonst nirgendwo im UG. Aktuelle Funde fehlen im Großen Meer selbst jedoch mit Ausnahme von *Chara virgata*. Ähnliches gilt auch für andere Bereiche wie u.a. Dümmer, Zwischenahner Meer und Sager Meer. Die Ursache hierfür liegt v.a. im Erlöschen ehemaliger Bestände infolge der Veränderung der Standortbedingungen (in erster Linie durch Eutrophierung bedingt). Eine gezielte Nachsuche des Autors an einigen Gewässern mit ehemals artenreichen Characeen-Vorkommen, an denen in letzter Zeit Sanierungsmaßnahmen erfolgten, erbrachte bisher keine Wiederfunde von Armleuchteralgen.

Nachfolgend wird die Bestandssituation einiger bemerkenswerter, aktuell im Weser-Ems-Gebiet nachgewiesener Arten, erläutert.

#### **4.1 *Nitella hyalina* (De Candolle in Lamarck & De Candolle 1815) C. A. Agardh 1824 (Vielästige Glanzleuchteralge)**

*Nitella hyalina* gehört zu den global verbreiteten, aber trotz ihrer großen Fruchtbarkeit weltweit seltenen Characeen-Arten (KRAUSE 1997). Aus Niedersachsen existierten bisher keine Nachweise. Die einzigen Vorkommen der Vielästigen Glanzleuchteralge in Deutschland befanden sich nach BLÜMEL & RAABE (2004) in Baden-Württemberg. Die Vorkommen im Bodensee sind erloschen. Die Art ist in Deutschland aktuell als vom Aussterben bedroht zu bewerten. Vier rezente Vorkommen sind aus den benachbarten Niederlanden bekannt (NAT et al. 1994, VAN RAAM & MAIER 1995, VAN RAAM 2002). *Nitella hyalina* wurde vom Autor im Sommer 2005 erstmalig für das UG in einem Abbaugewässer in Ostfriesland mit einem bis heute erhaltenen großen Bestand nachgewiesen (BECKER, i. Druck).

#### **4.2 *Chara connivens* Salzmänn ex A. Braun 1835 (Gebogene Armleuchteralge)**

*Chara connivens* ist nach SCHMIDT et al. (1996) in Deutschland eine halophytische Art, die bisher nur im Küstenbereich der westlichen Ostsee nachgewiesen wurde. Nach KRAUSE (1997) handelte es sich hierbei um adventive Vorkommen auf Abladeplätzen für Schiffsbalast in Ostseehäfen (vgl. auch TORN & MARTIN 2003). Nachweise in Deutschland existieren nach BLÜMEL & RAABE (2004) nur für Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein. Die Art ist hier als ausgestorben bzw. verschollen zu bewerten (vgl. SCHMIDT et al. 1996, HAMANN & GARNIEL 2002). Aus Niedersachsen existierten bisher keine Nachweise. Das vom Autor entdeckte Wuchsgewässer ist der einzige aktuelle Nachweis in Deutschland. *Chara connivens* ist eine stachellose, diözische Art, die im nicht fruchtenden Zustand *Chara globularis* ähnlich sieht. Die Qirläste der männlichen Pflanzen sind meist charakteristisch halbkreisförmig zur Achse gebogen, die großen orangefarbenen Antheridien sind auffallend. Die Gebogene Armleuchteralge konnte vom Verfasser im Sommer 2007 erstmalig für Niedersachsen in einem Abbaugewässer bei Neermoor in Ostfriesland nachgewiesen werden. Sie wächst hier im Flachwasserbereich des

Sees gemeinsam mit u.a. *Chara globularis*, *C. virgata*, *Nitella flexilis* und *N. mucronata*.

#### **4.3 *Nitella opaca* (Bruzelius 1824) C.A. Agardh 1824 (Dunkle Glanzleuchteralge)**

*Nitella opaca* wird bei SCHMIDT et al. (1996) für Niedersachsen als ausgestorben angegeben. Sie wurde im Weser-Ems-Gebiet bisher in drei MTB nachgewiesen. Zwei ehemalige Vorkommen sind inzwischen erloschen. Aktuell wurde die Art vom Autor in einem Heideweiher-artigen Abbaugewässer in Ostfriesland im Übergangsbereich der Geest zur Marsch nachgewiesen. *Nitella opaca* gedeiht dort im Flachwasserbereich gemeinsam mit *Nitella flexilis*, *Potamogeton polygonifolius*, *Pilularia pilulifera*, *Eleocharis multicaulis*, *Scirpus fluitans* und weiteren Arten. Das Gewässer wird extensiv zum Baden und zur Freizeitgestaltung genutzt.

#### **4.4 *Nitella mucronata* (A. Braun 1834) Miquel 1840 (Stachelspitzige Glanzleuchteralge)**

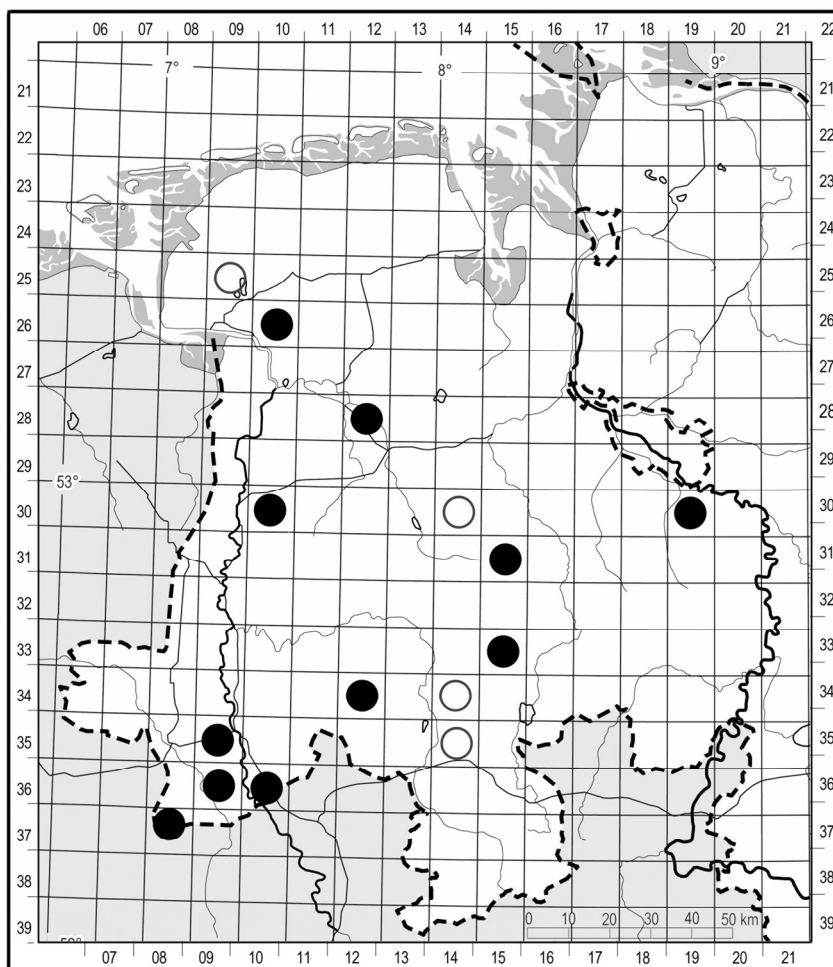
*Nitella mucronata* scheint in Niedersachsen v.a. im Übergangsbereich zwischen kalkreichen und kalkarmen Gebieten vorzukommen. Im Weser-Ems-Gebiet existieren keine historischen Nachweise (VAHLE 1990). *Nitella mucronata* wurde im UG aktuell in fünf MTB nachgewiesen. Ein Fundort befindet sich nördlich des Dümmer in der "Alten Hunte" bei Diepholz. Bemerkenswert ist, dass es sich hierbei um einen Fließgewässer-Wuchsort handelt. Die übrigen Nachweise stammen aus Stillgewässern. *Nitella mucronata* wird in der aktuellen Roten Liste (SCHMIDT et al. 1996) für Niedersachsen noch als ausgestorben geführt.

#### **4.5 *Chara canescens* Loiseleur-Delongchamps 1810 (Brackwasser-Armelechteralge)**

*Chara canescens* ist als Salz- und Brackwasserart nach KRAUSE (1997) in der Nordsee und am Atlantik auf Brackgewässer außerhalb des Gezeitenbereichs beschränkt. Für das UG existiert nur ein historischer Nachweis aus dem Bereich der Nordseeküste bei Carolinensiel (MIGULA 1897). Einen aktuellen Nachweis erbrachten GRABOW & WIMMER (1998) durch den Fund der Brackwasser-Armelechteralge in einem neu angelegten Kompensationsgewässer bei Emden in einem aufgespülten Bereich in unmittelbarer Nähe zum Dollart. Dem Verfasser gelang 2005 ein weiterer Nachweis von *Chara canescens* in zwei anthropogen entstandenen, flachen Kleingewässern im Vosslapper Groden nördlich von Wilhelmshaven. Auch hier handelt es sich um aufgespülte Bereiche mit laufendem Sandabbau direkt hinter dem Deich zum Jadebusen. *Chara canescens* ist nach SCHMIDT et al. (1996) in Niedersachsen vom Aussterben bedroht.

#### 4.6 *Nitella translucens* (Persoon 1807) C.A. Agardh 1824 (Schimmernde Glanzleuchteralge)

*Nitella translucens* kommt v.a. in kalkarmen, schwach sauren Stillgewässern unter mesotrophen Verhältnissen vor. Im UG wurde die Schimmernde Glanzleuchteralge in 15 MTB auf sandigen Substraten im Flachwasserbereich von Stillgewässern (z.T. Artenschutzgewässer) sowie in Gräben angetroffen (vgl. Abb. 2). Vier ehemalige, heute erloschene Wuchsorte im Weser-Ems-Gebiet befanden sich nach VAHLE (1990) u.a. vor 1930 im Großen Meer bei Emden, im Großen Sager Meer sowie an der Hase. Aktuelle Nachweise erfolgten in 11 MTB. *Nitella translucens* kommt im UG häufig gemeinsam mit *Nitella flexilis* vor. Die Art ist in Niedersachsen nach SCHMIDT et al. (1996) stark gefährdet, im Weser-Ems-Gebiet aber etwas häufiger als im Rest des Bundeslandes.



**Abb. 2**  
Nachweise von *Nitella translucens*

- ab 1990
- ◐ 1966 - 1989
- vor 1950

#### 4.7 *Nitella gracilis* (J.E. Smith 1810) C.A. Agardh 1824 (Zierliche Glanzleuchteralge)

*Nitella gracilis* bevorzugt kalkarme, oligo- bis mesotrophe Stillgewässer als Wuchsort (VAHLE 1990). Zwei ehemalige, heute erloschene Vorkommen, sind für das Sager und das Zwischenahner Meer belegt (u.a. VAHLE 1990). Auch an einem der beiden rezenten Wuchsorte wurde die Art aktuell nicht mehr angetroffen. Im einzigen

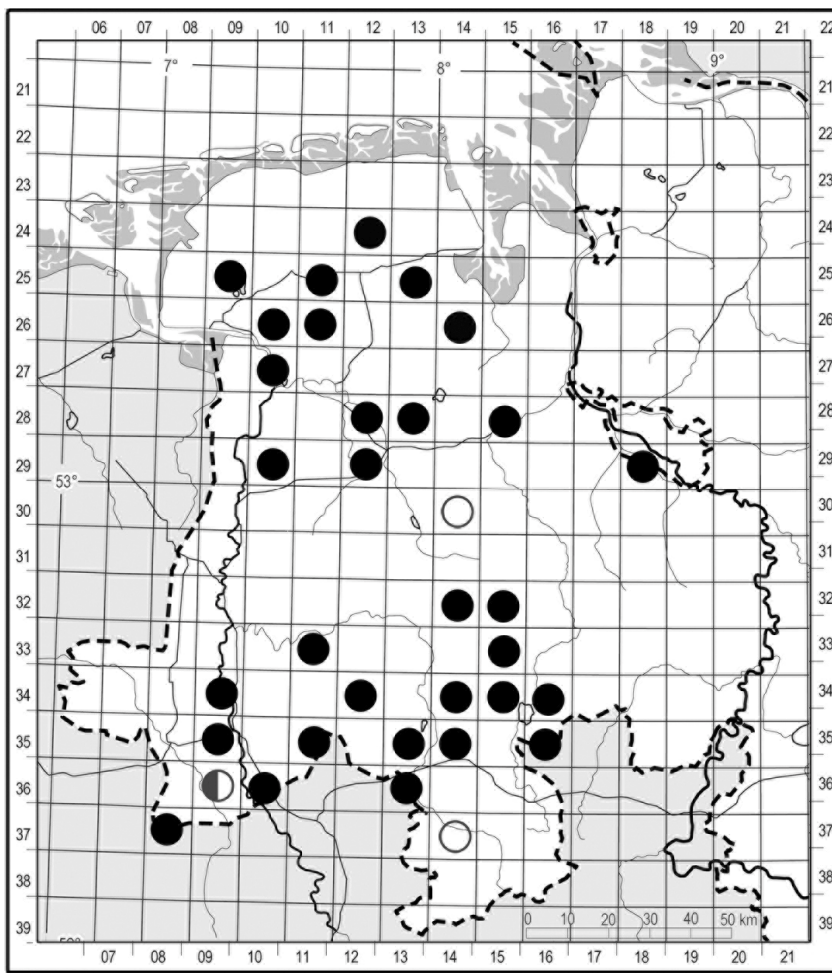
aktuellen Wuchsgewässer im Emsland kommt neben *Nitella gracilis* auch *N. translucens* vor. Mit Nachweisen in nur vier MTB des UG ist *Nitella gracilis* sehr selten. Sie wird von SCHMIDT et al. (1996) für Niedersachsen als extrem selten eingestuft und ist in Deutschland stark gefährdet.

#### **4.8 *Nitella flexilis* (Linnaeus 1753) C.A. Agardh 1824 (Biegsame Glanzleuchteralge)**

*Nitella flexilis* ist in oligo- bis mesotrophen Still- und Fließgewässern weit verbreitet und mit Nachweisen in 65 MTB (davon in 36 MTB mit aktuellen Vorkommen) die häufigste Armleuchteralgen-Art des UG. Sie kommt im Weser-Ems-Gebiet v.a. in den kalkarmen, schnell fließenden Geestbächen stellenweise noch recht häufig vor (u.a. HERR et al. 1989, BECKER et al. 1992), aber auch in Abbaugewässern, Fischteichen und Gräben der Flussniederungen wurde *Nitella flexilis* vom Autor relativ häufig gefunden. In den kalkhaltigen Küsten- und Hügellandbereichen fehlt sie weitgehend. Eine sichere Unterscheidung von *Nitella opaca* ist nur an fruchtenden Exemplaren möglich. Beide Arten können auch gemeinsam in einem Gewässer vorkommen. Entgegen manchen Literaturangaben wurden im UG schon Anfang Mai Gametangien und reife Antheridien beobachtet. *Nitella flexilis* ist nach SCHMIDT et al. (1996) in Niedersachsen als gefährdet eingestuft.

#### **4.9 *Chara virgata* Kützing 1834 (Feine Armleuchteralge)**

*Chara virgata* besiedelt vorwiegend kalkarme, oligo- bis mesotrophe Stillgewässer und gehört zu den häufigsten Arten des UG. Sie besitzt ihren Verbreitungsschwerpunkt in den Geestbereichen des Flachlandes. Nur vier historische Vorkommen im Weser-Ems Raum sind bei VAHLE (1990) belegt, wobei früher eine Unterscheidung von *Chara globularis* nicht immer erfolgte. Einige der rezenten Vorkommen sind inzwischen erloschen. *Chara virgata* wurde im UG in 34 MTB mit vorwiegend aktuellen Funden in meist jüngeren, anthropogen angelegten Stillgewässern angetroffen (vgl. Abb. 3). Die Unterscheidung von *Chara globularis* ist mitunter schwierig, da fließende Übergänge zwischen beiden Taxa bestehen und beide Arten gemeinsam in Gewässern auftreten. Als wesentliche Unterscheidungsmerkmale wurden vom Autor für *Chara virgata* deutlich verlängerte, in der Regel zugespitzte obere Stipularen sowie eine heterostiche Berindung an jungen Internodien herangezogen. *Chara virgata* gilt nach der Roten Liste (SCHMIDT et al. 1996) in Niedersachsen derzeit als gefährdet.



**Abb. 3**  
Nachweise von *Chara virgata*.

- ab 1990
- ◐ 1966 - 1989
- vor 1950

## 5 Ausblick

Entsprechend den für das Weser-Ems-Gebiet vorgestellten Ergebnissen ist eine Überarbeitung der Roten Liste der Armelechteralgen Niedersachsens (VAHLE 1990, SCHMIDT et al. 1996) getrennt nach Naturräumen erforderlich. Die im UG in den letzten Jahren vom Autor durchgeführten Untersuchungen führten zu Erst- oder Wiederfinden von vier bisher als ausgestorben geführten oder für Niedersachsen nicht nachgewiesenen Armelechteralgen-Arten. Sie erlauben nunmehr unter Berücksichtigung weiterer vorhandener Daten eine Einschätzung der Bestands- und Gefährdungssituation der meisten Taxa innerhalb des Weser-Ems-Gebietes. Vor diesem Hintergrund ist eine landesweite systematische Erfassung der Characeen, die auch Tauchuntersuchungen beinhalten sollte, notwendig, um entsprechende Aussagen für ganz Niedersachsen treffen zu können. Dabei sind bekannte Vorkommen gefährdeter Arten auf ihre Aktualität zu überprüfen und bisher kaum untersuchte Bereiche vorrangig zu inventarisieren. Für die landesweit sehr seltenen und stark gefährdeten Arten ist die Erarbeitung eines Schutz- und Monitoringkonzeptes erforderlich. Insbesondere für den Erhalt des einzigen Wuchsortes von *Chara connivens* in Deutschland sowie für den Schutz der vom Aussterben bedrohten Art *Nitella hyalina* besitzt Niedersachsen eine besondere Verantwortung. Darüber hinaus sollten gezielte Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen im Bereich derjenigen Gewässer entwickelt und umgesetzt werden, die früher Lebensraum artenreicher Armelechteralgen-Bestände waren.

## 6 Zusammenfassung

Es wird ein Überblick über die historische, rezente und aktuelle Verbreitung der Armleuchteralgen (*Characeae*) im Weser-Ems-Gebiet (Niedersachsen) gegeben. Nach einer Charakterisierung des Untersuchungsgebietes und der Analyse der vorhandenen Altdaten wird der aktuelle Kenntnisstand zu Vorkommen, Häufigkeit und Gefährdung der im Weser-Ems-Gebiet nachgewiesenen 21 Characeen-Arten beschrieben. Die Verbreitung und Bestandssituation der im Untersuchungsgebiet seltenen Arten oder bemerkenswerten Arten *Nitella hyalina*, *N. opaca*, *N. gracilis*, *N. mucronata*, *N. translucens*, *N. flexilis*, *Chara connivens*, *C. virgata* und *C. canescens* wird erläutert. Abschließend wird auf zukünftig erforderliche Untersuchungen und Konzepte hingewiesen.

### Danksagung

Mein Dank gilt Herrn J. van Raam (Hilversum) für die Überprüfung der Belege von *Nitella hyalina* und *Chara connivens* und für die Mitteilung der im Nationaal Herbarium Leiden vorhandenen niedersächsischen Belege, Herrn M. Dilger (Dresden) für Oosporenanalysen, Frau Dr. A. Schacherer (Hannover) für die Mitteilung von Daten aus dem Niedersächsischen Pflanzenarten-Erfassungsprogramm sowie den Herren J. Fittje (Oldenburg), Dr. T. Gregor (Schlitz), F. Hericks (Saterland), U. Meyer-Spethmann (Nordhorn) und Frau P. Wahrenburg (Rastede) für die Mitteilung von Funden und die Übersendung von Characeenproben.

### Literatur

- BECKER, R. (1997): Zur Verbreitung der Armleuchteralgen (*Characeae*) im Weser-Ems-Gebiet. - Floristische Rundbriefe 31 (1): 69-79.
- BECKER, R., WIEGLEB, G. & ZIESMER, B. (1992): Wasser- und Ufervegetation im Huntegebiet. Abschlußbericht des BMFT-Forschungsvorhabens "Modellhafte Erarbeitung eines ökologisch begründeten Sanierungskonzeptes kleiner Fließgewässer am Beispiel der Hunte". 2 Bände. Oldenburg. Manuskript.
- BLÜMEL, C. & RAABE, U. (2004): Vorläufige Checkliste der Characeen Deutschlands. - Rostocker Meeresbiologische Beiträge 13: 09-26.
- BRAUN, A. (1882): Fragmente einer Monographie der Characeen. Verlag der Königl. Akademie der Wissenschaften. Berlin. 211 S.
- GRAEBNER, P. & HUECK, K. (1931): Die Vegetationsverhältnisse des Dümmergebietes. Abhandlungen Westfälisches Provinzial-Museum für Naturkunde 2: 59-83.
- GRABOW, K. & WIMMER, W. (1998): Die Graue Armleuchteralge *Chara canescens* in Niedersachsen. Braunschweiger Naturkundliche Schriften 5, Heft 3: 759-762.
- HAMANN, U. & GARNIEL, A. (2002): Die Armleuchteralgen Schleswig-Holsteins – Rote Liste. Polykopie. 50 S.
- HERR, W., TODESKINO, D. & WIEGLEB, G. (1989): Übersicht über Flora und Vegetation der niedersächsischen Fließgewässer unter besonderer Berücksichtigung von Naturschutz und Landschaftspflege. Naturschutz Landschaftspflege Niedersachsen 18: 145-283.
- KRAUSE, W. (1997): Charales (*Charophyceae*). - In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 18. G. Fischer Verlag. 202 S.
- MIGULA, W. (1897): Die Characeen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. - In: Rabenhorst's Kryptogamenflora Bd. V., 765 S. Leipzig.

- NAT, E., SIMONS, J., DE LA HAYE, M.A.A. & COOPS, H. (1994): Watersystemverkenningen 1996 - Historisch en actueel verspreidingsbeeld van kranswieren in Nederland in samenhang met waterkwaliteitsfactoren. - RIZA werkdocument 94.148X. 77 S. Lelystad.
- NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (1993): Kartographische Arbeitsgrundlage für faunistische und floristische Erfassungen. Naturschutz Landschaftspflege Niedersachsen. A 5.
- Niedersächsischer Landesbetrieb Für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2003): Das Niedersächsische Pflanzenarten-Erfassungsprogramm. Hannover.
- NÖLDEKE, C. (1872): Flora der Ostfriesischen Inseln mit Einschluss von Wangerooge. Abh. Naturw. Verein Bremen 3: 93-198.
- POTT, R. (1992): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. 427 S. Ulmer. Stuttgart.
- ROSSKAMP, T. (1995): Ein Fund von *Chara fragilis* auf der ostfriesischen Insel Wangerooge. Floristische Rundbriefe 29 (1): 104-105.
- SCHMIDT, D.; GARNIEL, A.; GEISLER, U.; GUTOWSKI, A.; KIES, L.; KRAUSE, W.; MELZER, A.; SAMIETZ, R.; SCHÜTZ, W.; VAN DE WEYER, K.; VAHLE, H.-C.; VÖGE, M. & WOLFF, P. (1996): Rote Liste der Armelechteralgen (*Charophyceae*) Deutschlands. 2. Fassung. – Schriftenreihe für Vegetationskunde. 28: 547-576.
- TORN, K. & MARTIN, G. (2003): *Chara connivens*. In: SCHUBERT, H. & BLINDOW, I. (Hrsg.): Charophytes of the Baltic Sea: 82-88. Gantner Verlag. Ruggell.
- TRAPP, S. (1995): Die Characeen in Bremer Seen. - Floristische Rundbriefe 29 (2): 207-211.
- VAHLE, H.C. (1990): Armelechteralgen (*Characeae*) in Niedersachsen und Bremen - Verbreitung, Gefährdung und Schutz. - Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 10 (5): 85-130.
- VAN RAAM, J.C (2002): Rode lijst 2000 voor de Nederlandse kranswieren. - Nieuwsbrief Kranswieren (6) 11: 7-8.
- VAN RAAM, J.C & MAIER, E.X. (1995): Nederlandse Kranswieren. 5. Klein glanswier [*Nitella hyalina* (DC.) Agardh]. - Gorteria 21: 101-106.
- WAGNER, H.-G. (1995): Erste Übersicht über die Armelechteralgen (*Characeae*) des Raumes Osnabrück. - Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen 20/21: 101-140.
- WISSKIRCHEN, R. & HAEUPLER, H. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. 765 S. Ulmer Verlag, Stuttgart.

Heiko KORSCH<sup>\*</sup>, Uwe RAABE & Klaus VAN DE WEYER

<sup>\*</sup> Dr. Heiko Korsch, Herbarium Haussknecht, Institut für Spezielle Botanik der Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, D-07737 Jena.  
heiko.korsch@t-online.de

## Verbreitungskarten der Characeen Deutschlands

### Distribution maps of the characeae in Germany

#### Abstract

After a short introduction to the history of the study of the stoneworts in Germany a list of contributors is given. Then the current stage of the mapping of the former and recent distribution of the charophytes is explained (with two maps with species-numbers from different times). The most extended part of the article is formed by distribution maps of all 38 from Germany known species of the charophytes. For species where it seems to be useful there is also given a comment.

**Keywords:** Distribution maps, Germany, Charales, Characeae, *Chara*, *Lamprothamnium*, *Lychnothamnus*, *Nitella*, *Nitellopsis*, *Tolypella*

## 1 Einleitung

Nach einer bemerkenswerten Blüte im 19. Jahrhundert trat eine lange Zeit ein, in der man sich in weiten Teilen Deutschlands kaum oder überhaupt nicht mit den Characeen beschäftigte. Erst seit den 1980er Jahren kann wieder eine verstärkte Hinwendung zu den Armelechteralgen festgestellt werden. Dies äußerte sich u.a. in der Veröffentlichung mehrerer Landesbearbeitungen (Übersicht bei VAN DE WEYER et al., im Druck) und in der Erstellung von inzwischen zwei Fassungen der „Roten Liste der Armelechteralgen (Charophyceae) Deutschlands“ (KRAUSE 1984, SCHMIDT et al. 1996). Wenn auch regional etwas unterschiedlich, hat sich dieser Trend bis heute fortgesetzt und wurde durch die FFH-Richtlinie und die Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union in den letzten Jahren sogar noch verstärkt.

Bereits auf dem ersten Treffen der Arbeitsgruppe „Characeen Deutschlands“ 2004 in Rostock (SCHUBERT & KARSTEN 2004) wurde die Erarbeitung von Verbreitungskarten für diese bemerkenswerte Artengruppe als eines der wichtigsten Ziele benannt. Der durch die Gründung der Arbeitsgruppe geförderte Austausch, vor allem auf den seit 2004 jährlich stattfindenden Treffen hat der Characeen-Kunde in Deutschland viele positive Impulse verliehen. Neben taxonomischen Problemen stand auch immer die Kartierung von Armelechteralgen im Mittelpunkt der Zusammenkünfte. So konnte 2006 ein erster konkreter Aufruf zur Zusammenstellung aller bisher vorhandenen Daten zu Vorkommen von Characeen gestartet werden. Die sich daraus ergebenden ersten, noch sehr unvollständigen Karten wurden beim

Treffen im Oktober 2007 im hessischen Riedstadt vorgestellt. Bis zur nächsten Zusammenkunft im Juni 2008 in Seeburg bei Halle konnten weitere Daten zusammengetragen werden, so dass die dort vorgestellten Karten erstmals die Bezeichnung „Verbreitungskarten“ verdienten. Die deutlichen Fortschritte veranlassten dann auch die restlichen Landesbearbeiter für ihre Region Funde zusammenzustellen. Dadurch ist es gelungen alle wesentlichen derzeit vorhandenen Datensammlungen zu Vorkommen von Characeen in Deutschland zusammenzubringen.

Mögen die hier vorgestellten (Arbeits)Karten dazu motivieren die Arbeit fortzusetzen und anregen die noch vorhandenen Lücken weiter zu schließen!

## 2 Mitarbeiter

Die folgende Tab. gibt eine Übersicht über die in den einzelnen Ländern besonders aktiv an der Aufbereitung vorliegender Daten beteiligten Personen und die unterstützenden Fachbehörden.

**Tab. 1** Besonders aktiv an der Aufbereitung vorliegender Daten beteiligte Personen und unterstützende Fachbehörden

Bundesland	Aufbereitung größerer Datenmengen	Unterstützung durch Landesbehörde
Baden-Württemberg	A. Radkowitzsch	
Bayern	T. Franke, C. Jorda, L. Meierott	
Brandenburg & Berlin	J. Pätzolt, W.-H. Kusber	Landesumweltamt Brandenburg
Hessen	T. Gregor	
Mecklenburg-Vorpommern	C. Blümel, M. Teppke, H. Schubert	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
Niedersachsen & Bremen	R. Becker, A. Schacherer	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Nordrhein-Westfalen	U. Raabe, K. van de Weyer	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Rheinland-Pfalz	P. Wolff	
Saarland	P. Wolff	
Sachsen	A. Doege	Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft Sachsen
Sachsen-Anhalt	H. Korsch	Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt Halle
Schleswig-Holstein & Hamburg	U. Hamann	Landesamt für Natur und Umwelt Flintbeck
Thüringen	H. Korsch	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie Jena

## 2.1 Liste der Mitarbeiter/innen der Characeen-Kartierung

Kartierer/innen, die eine große Anzahl von Vorkommen erfasst haben:

Abts, U., Krefeld	Kabus, T., Seddin	Stark, H., Ratingen
Beck, M., Karlsruhe	Korsch, H., Jena	Stelzer, D., Riemerling
Becker, R., Oldenburg	Krause, W. †, Aulendorf	Stuhr, J., Kiel
Blümel, C. †, Rostock	Kroy, J., Templin	Teppke, M., Rethwisch
Bolbrinker, P., Mölln	Lakmann, G., Delbrück	Tigges, P., Weilerswist
Doege, A., Triebischtal	Lang, W., Erpolzheim	Vahle, H.-C., Witten
Doll, R., Greifswald	Mauersberger, R., Templin	van de Weyer, K., Nettetal
Franke, T., Hemhofen-Zeckern	Mescheder, C., Berlin	Vanberg, C., Bad Breisig
Garniel, A., Kiel	Raabe, U., Marl	Wagner, H.-G., Cottbus
Hamann, U., Schinkel	Radkowsch, A., Pforzheim	Wolff, P., Saarbrücken
Humberg, B., Winsen/Luhe	Rätzel, S., Frankfurt/Oder	Zahlheimer, W., Landshut

Kartierer/innen, die einzelne Vorkommen erfasst, oder Herbarbelege gesammelt und zur Bestimmung weitergegeben haben:

Adolphy, K., Erkrath	Brick, H., Kitzingen	Ellermann, S., Halle/Saale
Albrecht, J., Bielfeld	Brockhaus, T., Chemnitz	Engelbach, G., Battenberg
Alexander, P., Kassel	Bruinsma, J., Breugel (NL)	Erzberger, P., Berlin
Altrock, M., Schinkel	Bruns, E., Hildesheim	Eßer, Mönchengladbach
Arendt, K., Gerswalde	Bruux, H., Oldenburg	Ettrich, L., Mettmann
Arendt, W., Rees	Buchholz, A., Rottenburg	Fabricius, K., Schinkel
Arenhövel, C., Weimar	Bülow, B. v., Haltern	Farenholtz, K., Porta Westfalica
Auerswald, J., Dreba	Büscher, D., Dortmund	Fechtler, T., Göttingen
Baade, H., Altenburg	Büscher-Wenst, E., Königslutter	Feder, J., Bremen
Bals	Bukowsky, N., Templin	Feldhaus, D., Halle
Balters, H., Westhausen	Caspari, S., St. Wendel	Fels, J.-G., Bösel
Bardehle, A., Essen	Christiansen, U., Worms	Ferber, D., St. Augustin
Barth, U., Tann	Christmann, K.-H., Düsseldorf	Fischer, C., Dannenberg
Baum, S., Hinte	Ciongwa, P., Northeim	Fittje, J., Oldenburg
Behlert, R., Haltern	Cordes, U., Anröchte	Foerster, E., Kleve
Behn, E.-G.	Čturtlikova, M., (CZ)	Frank, D., Halle/Saale
Bekel, L., Frechen	Dahlke, S., Greifswald	Freese, E., Oldenburg
Belz, A., Erndtebrück	De Bruyn, U., Oldenburg	Frenzel, B., Apenrade (DK)
Benkert, D., Potsdam	Dethlefs, M. †, Hermannsburg	Freund, H.-J., Bocholt
Berg, C., Rostock	Deutsch, A., Bielefeld	Freymann, F., Halle/Saale
Beutler, D., Beeskow	Deventer, M., Viersen	Friedrich, G., Krefeld
Biewald, I., Jena	Dickoré, W. B., Göttingen	Friese, M., Oberförstchen
Bintzer, W., Clausthal-Zellerfeld	Didion, A., Homburg/Saar	Fritsch, R., Idar-Oberstein
Blindow, I., Kloster	Diekjobst, H., Oberhambach	Fritz, R., Hohenheim
Blischke	Dienemann, H., Leipzig	Fuchs, R., Bochum
Blüml, V., Osnabrück	Dienst, M., Konstanz	Fürhaupter, K., Schönkirchen
Bockhacker, K., Jena	Dietze, H., Uenglingen	Funcke, J., Hannover
Böger, K., Darmstadt	Dilger, M., Dresden	Gaertner, M., Görlitz
Böhme, B., Annaburg	Doege, D., Triebischtal	Galm, M., Bad Tölz
Bohmers	Donath, F., Oldenburg	Garve, E., Sarstedt
Böhnert, W., Kurort Hartha	Dormels, A., Nettetal	Gausmann, P., Herne
Bolander, E., Isny	Dorn	Gebauer, P., Klitten/Dürrbach
Bollig	Drews, H., Kronshagen	Geerlings, J., Düsseldorf
Bönsel, D., Eberstadt	Duchek, M., Creusen	Geiger, A., Recklinghausen
Borkowsky, O., Braunschweig	Düll, R., Bad Münstereifel	Gerken, R., Celle
Brand, J., Wildeshausen	Dullies, F., Zwickau	Gerlach, A., Clausthal-Zellerfeld
Braun, W., Karlsruhe	Dunger, I. †, Görlitz	Geyer, H.-J., Arnsberg
Bräutigam, S., Görlitz	Eckartz-Nolden, G., Bonn	Glatfeld, M., Bielefeld
Breitfeld, M., Markneukirchen	Eckert	Göckeritz, J., Gera
Bremer, G., Münster	Eckstein, J., Nordhausen	Goertzen

Golde, A., Freiberg  
 Görner, M., Jena  
 Grabow  
 Grasselt, A., Dresden  
 Grätz, C., Drieschnitz  
 Grebe, T., Oer-Erkenschwick  
 Gregor, T., Schlitz  
 Grein, G., Hildesheim  
 Greven  
 Grote, S., Braunschweig  
 Grünberg, H., Goßwitz  
 Grüttner, A., Halle/Saale  
 Grundmann, H., Chemnitz  
 Grunert, H., Braunschweig  
 Grunewald  
 Guderitz, T., † Dresden  
 Günther, K.-F., Jena  
 Gutte, P., Leipzig  
 Haacks, M., Hamburg  
 Hadersen  
 Haese, U., Aachen  
 Hager, A., Heuchelheim  
 Hahn, S., Demitz-Thumitz  
 Hänel, K., Neuwürschnitz  
 Hanspach, D., Ortrand  
 Hardtke, H.-J., Possendorf  
 Hauswirth, L., Lippstadt  
 Heckmanns, G., Krefeld  
 Heinrich, W., Jena  
 Heinrichs, J., Göttingen  
 Heintzmann  
 Heinzl, K., Schönkirchen  
 Helling  
 Helmecke, K., Wittersroda  
 Helming, W., Münster  
 Henker, H., Neukloster  
 Henning  
 Hentschel, J., Jena  
 Hericks, F., Saterland  
 Herkommer, U., Neu-Ulm  
 Herms, U.  
 Herwanger, H., Bad Waldsee  
 Hesse, J., Recklinghausen  
 Hirsch, G., Jena  
 Hoesch, A.  
 Holfeld, H., Burghaun  
 Höllgärtner, M., Jockgrim  
 Homm, T., Oldenburg  
 Hommer  
 Hübner, T., Haltern  
 Hübschen, J., Coesfeld-Lette  
 Hull, H. van't, Husum  
 Husner, A., Düsseldorf  
 Illig, H., Luckau  
 Irmscher, B., Chemnitz  
 Itjeshorst, W., Wesel  
 Jage, H., Kemberg  
 Jagel, A., Bochum  
 Jedzig, A., Friedersdorf OL  
 Jenemann, K., Dresden  
 John, H., Halle/Saale  
 Jorda, C., Schwäbisch Gmünd  
 Jütte, M., Marsberg-Padberg  
 Kähler  
 Kaiser, B., Perl  
 Kaiser, T., Beedenbostel  
 Kambergs, P., Düsseldorf  
 Kämpfe, S., Weimar  
 Kaplan, K., Bad Bentheim  
 Kasparz, S., Lübben  
 Keil, P., Oberhausen  
 Kempe  
 Kiechle, J., Konstanz  
 Kieckbusch, J. J., Felm  
 Kifl, Kiel  
 Kirch, C., Hannover  
 Kirchner-Hessler, R., Freiburg  
 Kirste, A., Königsbrück  
 Kläge, C., Luckau  
 Klemm, G., Berlin  
 Klenke, F., Bobritzsch  
 Klug, W., Gotha  
 Knappe, J., Marburg  
 Koch, E., Gottmadingen  
 Köhler, H., Leipzig  
 Köhler, U., Rositz  
 Kohler, U., Landsberg  
 Kohlhaas  
 Kölbel, A., Kiel  
 Koltzenburg, M., Tübingen  
 König, A., Frankfurt/Main  
 König, H., Menden-Bremke  
 König, O., Essen  
 Kordges, T., Essen  
 Korek  
 Korte, E., Riedstadt  
 Koslowski, I., Gladbeck  
 Krautkrämer, V., Lippstadt  
 Krewel, E., Bonn  
 Krisch, H., Greifswald  
 Kroning, P., Düsseldorf  
 Krüger  
 Krüner, U., Mönchengladbach  
 Kruspe, R., Ottendorf-Okrilla  
 Kubosch, R., Siegen  
 Kühn, I., Halle/Saale  
 Küster, A., Markkleeberg  
 Kulbrock, P., Bielefeld  
 Kummer, V., Potsdam  
 Kunzendorff, E. †, Osterode  
 Kurtze  
 Kurz, A., Schleusingen  
 Landmann, M., Oldenburg  
 Langbehn, H., Celle  
 Langner, N., Königswartha  
 Leischner, Erfurt  
 Lenski, I., Marburg  
 Lenzen, S., Mönchengladbach  
 Leupold, P., Hemhofen-Zeckern  
 Lienenbecker, H., Steinhagen  
 Lieneweg, H., Halle/Saale  
 Lindemann  
 Linke, C., Kargow  
 Löbnitz, G., Erfurt  
 Löbnitz, M., Erfurt  
 Loos, G.-H., Kamen  
 Luckwaldt, G. v., Hameln  
 Lueg, H., Freiberg  
 Lünterbusch, C., Ahaus  
 Luwe, M., Kempen  
 Madsack, G., Hannover  
 Markgraf-Maué, K., Kranenburg  
 Martensen, S.  
 Martin, C., Schinkel  
 Martins, L., Jena  
 Martit, F.  
 Mau, R.  
 Mauersberger, H., Brandenburg  
 Mause  
 Mayer, G., Albstadt  
 Mayer, A., Eichenau  
 Mayr, B., Donauwörth  
 Meier, G., Gera  
 Meierott, L., Gerbrunn  
 Meineke, T., Ebergötzen  
 Melzer, A., Iffeldorf  
 Meyer, T., Kiel  
 Meyer-Spethmann, U.,  
 Nordhorn  
 Michels, C., Recklinghausen  
 Miers, S., Hannover  
 Mohl, R., Jülich  
 Mohr  
 Möllenkamp, I., Bramsche  
 Mrotzek, A., Greifswald  
 Müller  
 Müller, F., Dresden  
 Neikes, N., Nettetal  
 Neumann, J., Ottendorf-Okrilla  
 Niederbichler, C., Utting  
 Nienhaus, I., Bonn  
 Ochse, M., Kleve  
 Ochsmann, J., Göttingen  
 Olberding, P., Holdorf  
 Oppel, T., Gotha  
 Otto, A., Hannover  
 Otto, H.-W., Bischofswerda  
 Otto, R., Gundelsheim  
 Papajewski, W., Bochum  
 Paproth, R., Havelberg  
 Pardey, A., Essen  
 Pasch, D., Nettersheim  
 Pätzold, F., Hügelsheim  
 Paul, M., Radebeul  
 Petersen, J., Hildesheim  
 Peterson, J., Halle/Saale  
 Petrick, W.  
 Petzold, S.  
 Peukert, M., Frankfurt/Main  
 Pietsch, W., Dresden  
 Preisser  
 Pudwill, R., Gifhorn  
 Pukacz, A., Slubize (PL)  
 Quirini, C., Bielefeld  
 Raape, C., Bottrop  
 Rabe, H., Moschwitz

Ratai, L., Feldberg  
 Ratsch, A., Berlin  
 Rau, H., Münster-Roxel  
 Reimann, M., Heilbronn  
 Reuter, D., Hermsdorf  
 Richter  
 Ristow, M., Berlin  
 Ritter, B., Arnsberg  
 Rödel, D., Osnabrück  
 Rohner, M.-S., Berlin  
 Rosenbauer, S., Korntal-  
 Münchingen  
 Rößler, M., Leipzig  
 Roth, K., Maibach  
 Rothe, J., Jena  
 Roths Schuh, L., Krefeld  
 Roy  
 Rudat, C., Greifswald  
 Rüter-Lülfsmann, P., Bielefeld  
 Runge, F. †, Münster-  
 Kinderhaus  
 Rydl, V., Köln  
 Sackwitz, P., Dettingen  
 Samu, S.  
 Sänger, H., Chrimitschau  
 Schaarschmidt, J., Plauen  
 Schacherer, A., Langenhagen  
 Schaible, R., Rostock  
 Schäpers, J., Recklinghausen  
 Scharbert, A., Winnekendonk  
 Schätzle, F., Weida  
 Schlesinger, S., Teningen  
 Schlüter, U., Schwerin  
 Schlüter, R., Recklinghausen  
 Schmid, M. †, Benningen  
 Schmidt, D., Potsdam  
 Schmidt, C., Münster  
 Schmidt, O.  
 Schmieder, K., Hohenheim  
 Schmitz, U., Düsseldorf  
 Schnabel, A., Soest  
 Schnabel, H., Wittichenau  
 Scholze  
 Schön, M., Weiden  
 Schöpe, D., Dresden  
 Schorer, A.  
 Schossig, A., Görlitz  
 Schraetz, E., Krefeld  
 Schubert, H., Rostock  
 Schubert, K., Sömmerda  
 Schürer, I., Schlettau/Dörfel  
 Schütz, P., Essen  
 Schütze, P., Großpostwitz  
 Schulte-Bocholt, A.,  
 Gelsenkirchen  
 Schumacher, W., Mechernich  
 Schwamb, H.  
 Schwarz, R., Forst  
 Schwarzer, A., Löhnberg  
 Schwieger, F., Braunschweig  
 Seitz, B., Berlin  
 Sennert, G., Greifswald  
 Seuffert, A., Greifswald  
 Sinning, F., Edewecht  
 Slobboda, S., Dresden  
 Sluschny, H., Schwerin  
 Soller  
 Sonneborn, I., Bielefeld  
 Sonneborn, W., Bielefeld  
 Sonnenburg, F., Solingen  
 Spiess, R., Serrahn  
 Spranger, E., Bayreuth  
 Sprick, P., Hannover  
 Sprunkel, E., Köln  
 Stephan, B.  
 Strumpf, K., Altenburg  
 Süß, R., Tannroda  
 Sumser, H., Köln  
 Tara, K., Bochum  
 Targan, H., Nürnberg  
 Täuber, T., Northeim  
 Täuscher, L., Berlin  
 Taux, K., Oldenburg  
 Thiel, H., Rosdorf  
 Thomas, W., Münster  
 Timmermann, T., Berlin  
 Tippmann, H., Herbertingen  
 Töppich, D., Ullersdorf  
 Trapp, S., Wörthsee  
 Uhlig, H., Weixdorf  
 Uhlmann, D., Dresden  
 Vöge, H., Hamburg  
 Vöge, M., Hamburg  
 Vogel, A., Lippstadt  
 Vogel, B., Leipzig  
 Vogel, J., Görlitz  
 Vogel, P., Karlsruhe  
 Voggesberger, M., Stuttgart  
 Vohlmeister, V., Bad Tölz  
 Völkl, W., Seybothenreuth  
 Vollmer, I., Altenkirchen  
 Voß, K., Kiel  
 Waber  
 Wahrenburg, P., Rastede  
 Walkowski, U., Osnabrück  
 Walter, E., Bayreuth  
 Walter, B., Borgholzhausen  
 Walter, J., Kiel  
 Wauer, H. †, Kürten  
 Weber, I., Marburg  
 Weber, G., Bochum  
 Weber, D. †, Bad Berka  
 Weddeling, K., Bonn  
 Wegener, K.-A., Greifswald  
 Weingart, C., Landau  
 Weiss, J., Lüdinghausen  
 Weiss, G., Rangsdorf  
 Weiß, J., Leipzig  
 Wember  
 Wengler  
 Wenst  
 Westermann, K., Rheinhausen  
 Westermann, S., Rheinhausen  
 Westhus, W., Jena  
 Wiehler, K., Minden  
 Wimmer, W., Salzgitter  
 Wittjen, K., Münster  
 Wittmann  
 Wittwer, S., Radebeul  
 Wohlfahrt, U., Vechta  
 Woike, S., Haan  
 Wolgarten, H., Herzogenrath  
 Wollert, H., Teterow  
 Wortmann, D.,  
 Rommerskirchen  
 Wosch, C., Dippoldiswalde  
 Woschëe, R., Neunburg  
 Wucherpennig, D., Crailsheim  
 Xylander, H., Görlitz  
 Yousef, M., Rostock  
 Zander, B., Oldenburg  
 Zeigerer, A., Erfurt  
 Zimmermann, K., Leverkusen  
 Zündorf, H.-J., Bürgel

### 3 Stand der Erfassung

In den Anfangsjahren der Floristik wurden die Armleuchteralgen in der Regel zusammen mit den Höheren Pflanzen bearbeitet und daher in vielen Floren abgehandelt. Vor allem in der Zeit zwischen 1820 und 1900 kam es zu einer ersten Blüte der Beschäftigung mit Characeen. Zu den Personen, die sich um die Erforschung der Characeen besonders verdient gemacht haben und deren Namen zumeist auch über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannt geworden sind gehören z.B. Gustav Heinrich Bauer (1794-1888), Alexander Carl Heinrich Braun (1805-1877), Johann Friedrich Ludwig Holtz (1824-1907), Friedrich Traugott Kützing (1807-1893), Walter Migula (1863-1938), Paul Sydow (1871-1925) und Friedrich Wilhelm Wallroth (1792-1857). Besonders wichtige Veröffentlichungen dieser Zeit sind z.B. WALLROTH (1815), RABENHORST (1863), BRAUN & NORDSTEDT (1882), SONDER (1890), MIGULA (1897) und HOLTZ (1892, 1903). Auch wenn es noch keine flächendeckenden Erhebungen waren (siehe Abb. 1), geben diese Aktivitäten doch einen Einblick in die damalige Verbreitung der Armleuchteralgen in verschiedenen Bereichen Deutschlands. Außerdem liegt gerade aus dieser Zeit - trotz großer Verluste im 2. Weltkrieg - eine ganze Reihe von Belegen in den Herbarien, auch von Funden, die nie veröffentlicht wurden. Für die Verbreitungskarten konnte bereits ein erheblicher Teil der historischen Informationen aufgearbeitet werden.

Nach dieser Hochphase der Characeen-Kunde kam es lange Zeit zu einer Stagnation mit nur noch sehr wenigen neuen Erfassungen. Erst ab etwa 1980 begann wieder eine stärkere Hinwendung zu dieser Artengruppe. Seitdem starteten in einer ganzen Reihe von Bundesländern gezielte Kartierungen oder es wurde zumindest eine Zusammenfassung der verstreuten Einzelkenntnisse durchgeführt (VAHLE 1990, VAN DE WEYER 1994, BECKER 1997, DOEGE 2001, GREGOR 2001b, HAMANN & GARNIEL 2002, GEISSLER & KIES 2003, BLÜMEL 2004, MAUERSBERGER 2004, KORSCH 2006, RADKOWITSCH in Vorb.). Bis jetzt gibt es aber nur in Nordrhein-Westfalen, im Saarland und in Thüringen eine nahezu flächendeckende Kartierung. Besonders große Lücken bestehen noch in Bayern (nur das Voralpengebiet und einige Bereiche im Norden sind recht gut erfasst), in Baden-Württemberg (nur das Oberrheintal ist relativ gut kartiert), im Nordosten von Niedersachsen und in Sachsen-Anhalt. Die Karte mit den aktuellen Artenzahlen (siehe Abb. 2) zeigt deutlich Schwerpunkte des Vorkommens von Characeen, aber auch die Lücken der Erfassung auf.

Die Biologie und Ökologie der Armleuchteralgen haben großen Einfluss auf die Methodik und den Aufwand bei ihrer Kartierung. Als Wasserpflanzen können sie oft nicht einfach „nebenbei“ erfasst werden. Eine weitgehend vollständige Erhebung der Vorkommen ist bei größeren Gewässern nur durch Tauchuntersuchungen möglich (VAN DE WEYER 2007). Wegen des sehr wechselhaften Auftretens und sich häufig ändernder Dominanzverhältnisse ist es sogar am besten diese Untersuchungen über mehrere Jahre und zu unterschiedlichen Jahreszeiten durchzuführen. Neben den natürlichen Seen vor allem in Norddeutschland und im Alpenvorland und den Gewässern der größeren Flussauen haben auch durch den Menschen geschaffene Sekundärgewässer eine sehr große Bedeutung. Hier sind zunächst die wassergefüllten Restlöcher des Braunkohle-, Kies-, Sand- und Tonabbaus zu nennen. In weiten Gebieten sind dies heute die wichtigsten Characeen-Gewässer. Alte Fischteiche, wie sie vor allem in Teilen Bayerns, in Sachsen und im südlichen Brandenburg charakteristisch sind, verdienen ebenfalls eine besondere Beachtung. Aber auch die vielen Kleingewässer der Kulturlandschaft sind bedeutsam für

Armleuchteralgen. Einige Arten sind in ihrem Vorkommen sogar auf solche Gewässer beschränkt oder haben hier ihren Verbreitungsschwerpunkt.

#### 4 Anmerkungen zu einzelnen Arten

Die Nomenklatur folgt BLÜMEL & RAABE (2004).

*Chara baueri*: Die Art wurde erst 2006 nach weit über 100 Jahren in Deutschland wieder aufgefunden (RAABE in Vorb.). Aktuell ist sie nur in Brandenburg nachgewiesen, früher kam sie auch in Berlin (vielfach belegt) und Mecklenburg-Vorpommern (ein belegtes Vorkommen) vor.

*Chara braunii*: Brauns Armleuchteralge siedelt vor allem in Fischteichen. In neuerer Zeit ist sie möglicherweise etwas in Ausbreitung.

*Chara canescens* (= *C. crinita* Wallr.): An salzhaltige Gewässer gebundene Art, die vor allem an den Küsten, sehr selten aber auch an entsprechenden Standorten im Binnenland vorkommt. Aus der Gegend von Halle/Saale (ehemaliger Salziger See) ist sie schon seit WALLROTH (1815) bekannt.

*Chara contraria*: Die Gegensätzliche Armleuchteralge ist vor allem in Seen und Abtragungsgewässern zu finden. Anders als *C. vulgaris* besiedelt sie viel seltener Kleingewässer. In Abtragungsgewässern ist *C. contraria* derzeit anscheinend in Ausbreitung. Die Art ist sicher noch deutlich weiter verbreitet als aus der Karte ersichtlich. Es heben sich die Gebiete ab, in denen intensiver auf Characeen geachtet wurde.

*Chara filiformis* (= *C. jubata* A. Braun ex Kütz.): Die Vorkommen der Art sind auf Seen des Mecklenburger Landrückens und des angrenzenden Nordost-Brandenburg beschränkt. Früher wurde sie außerdem bei Stralsund gefunden.

*Chara globularis* (= *C. fragilis* Desv.): Bei der Zerbrechlichen Armleuchteralge handelt es sich um eine der häufigsten Characeen Deutschlands, die in Seen ebenso anzutreffen ist wie in Kleingewässern. Ihre Verbreitung ist derzeit nur unvollständig erfasst. Schwierigkeiten bereitet gelegentlich die Abgrenzung zu *C. virgata*, da in Bezug auf die Länge der Stipularen immer wieder Übergangsformen vorhanden sind. Außerdem werden bei jungen oder unter ungünstigen Bedingungen gewachsenen Exemplaren von *C. virgata* die Stipularen anscheinend öfters kaum ausgebildet.

*Chara hispida*: Vor allem in Nordostdeutschland und im Alpenvorland sind viele Angaben nicht gesichert, da hier auch die z.T. schwierig abzugrenzende und nicht immer unterschiedene *C. rudis* vorkommt.

*Chara intermedia* (= *C. aculeolata* Kütz.): Für beide Namen liegen die Typuslokalitäten in Mitteldeutschland und die Art ist dort noch immer vorhanden.

*Chara polyacantha* (= *C. pedunculata* Kütz.): Gelegentlich gibt es Schwierigkeiten bei der Abtrennung langstachliger *C. hispida*-Formen.

*Chara rudis*: Siehe bei *C. hispida*. Die Art ist wohl weitgehend auf Gebiete beschränkt, die während der Eiszeit vergletschert waren.

*Chara tomentosa*: Die Hornblättrige Armleuchteralge besiedelt im Gegensatz zu vielen anderen Arten, z.B. *Nitellopsis obtusa*, kaum Sekundärbiotope.

*Chara virgata* (= *C. delicatula* C. A. Agardh): Siehe bei *C. globularis*.

*Chara vulgaris*: Die Gewöhnliche Armlauchteralge ist die häufigste Armlauchteralge Deutschlands. Sie besiedelt bevorzugt basenreiche, kleine, oft nur temporäre Gewässer, ist aber auch im Randbereich größerer Seen und Abtragungsgewässer zu finden. In den Mittelgebirgslandschaften mit Silikatgestein tritt sie allerdings deutlich zurück. Ihre Verbreitung ist in weiten Bereichen nur unvollständig erfasst.

*Lamprothamnium papulosum*: *L. hansenii* (Sonder) Corill. wird hier in *L. papulosum* eingeschlossen (vergl. VAN DE WEYER ET AL. im Druck).

*Lamprothamnium sonderi*: Ob die Abtrennung von *L. sonderi* auf Artebene berechtigt ist, oder ob es sich doch nur um eine abweichende Form von *L. papulosum* handelt bedarf noch weiterer Untersuchungen.

*Lychnothamnus barbatus*: In Deutschland ist die Art seit langem verschollen und trotz Nachsuche bisher nicht wieder aufgefunden worden. Im angrenzenden Polen ist *L. barbatus* aber auch aktuell noch vorhanden, so dass er vor allem in Seen Brandenburgs durchaus noch vorkommen könnte.

*Nitella capillaris*: Oft zierlich bleibende, unscheinbare, sich überwiegend im Frühjahr entwickelnde Glanzleuchteralge, die nur selten mehrmals an der gleichen Stelle gefunden wird. Sie wurde wohl teilweise übersehen, ist aber sicher keine „häufige“ Art.

*Nitella confervacea* (= *N. batrachosperma* Thuill. acc. Rchb.): Trotz gezielter Suche konnte die Art in Ostdeutschland seit langer Zeit nicht wieder aufgefunden werden. Vor allem in Brandenburg besteht aber die Chance, dass die kleinste Glanzleuchteralge aktuell noch vorhanden ist.

*Nitella flexilis*: Die Biegsame Glanzleuchteralge ist in den Gebieten mit silikatischem Untergrund oft die häufigste Characee. Das gilt sowohl für das Tiefland als auch für das Mittelgebirge. Sie verhält sich nahezu komplementär zu *Chara vulgaris*. Steril ist die Art meist nicht von *N. opaca* zu unterscheiden.

*Nitella gracilis*: Die Art besiedelt bevorzugt kleine, oft temporäre Gewässer und ist deshalb kaum bei der Kartierung eigentlicher Wasserpflanzen-Gewässer zu erfassen. Sie wurde deshalb wohl öfters übersehen, ist aber sicher eine heute nur noch sehr zerstreut vorkommende Art.

*Nitella hyalina*: Am Bodensee wurde die Vielästige Glanzleuchteralge trotz Nachsuche seit längerem nicht mehr bestätigt. Die Art könnte hier aber auch aktuell noch vorkommen.

*Nitella mucronata*: Die Art kommt sowohl in Seen und Abtragungsgewässern wie in Kleingewässern vor. Sie wurde sicher nur unvollständig erfasst.

*Nitella opaca*: Siehe bei *N. flexilis*. Die Dunkle Glanzleuchteralge ist vor allem in basenhaltigen Gewässern zu finden. Sie besitzt aber standörtlich einen gewissen Überschneidungsbereich mit *N. flexilis*. Beide Arten kommen gelegentlich sogar im selben Gewässer vor. Optimal entwickelt findet man *N. opaca* vor allem im Frühjahr/Frühsummer. Sie ist sicher noch unvollständig erfasst, insgesamt aber deutlich seltener als *N. flexilis*.

*Nitella syncarpa*: Die Art ist sicher noch etwas weiter verbreitet als aus der Karte ersichtlich. Historische Angaben können sich auch auf *N. capillaris* oder *N. opaca* beziehen, so dass hier die Überprüfung von Herbarbelegen sehr wichtig ist.

*Nitella translucens*: Die Schimmernde Glanzleuchteralge ist eine im Wesentlichen atlantisch verbreitete Art. Bei alten Angaben zum Vorkommen von „*Chara translucens*“ ist meist *Nitellopsis obtusa* gemeint.

*Nitellopsis obtusa*: Die Stern-Glanzleuchteralge hat ihren Schwerpunkt in basenhaltigen Gewässern. Neben natürlichen Seen besiedelt sie häufig auch größere Sekundärgewässer. Anscheinend ist sie dort derzeit etwas in Ausbreitung begriffen.

*Tolypella glomerata*: Aufgrund ihres ephemeren Auftretens im Frühjahr ist die Art derzeit sicher nur sehr unvollständig erfasst. In Deutschland handelt es sich aktuell wohl um die häufigste Art der Gattung.

*Tolypella intricata*: Da die Art nicht immer leicht von *T. prolifera* zu unterscheiden ist, sind nicht alle Angaben gesichert.

*Tolypella nidifica*: In einzelnen Fällen wurde sie vielleicht mit der sehr ähnlichen *T. glomerata* verwechselt.

# 5 Verbreitungskarten

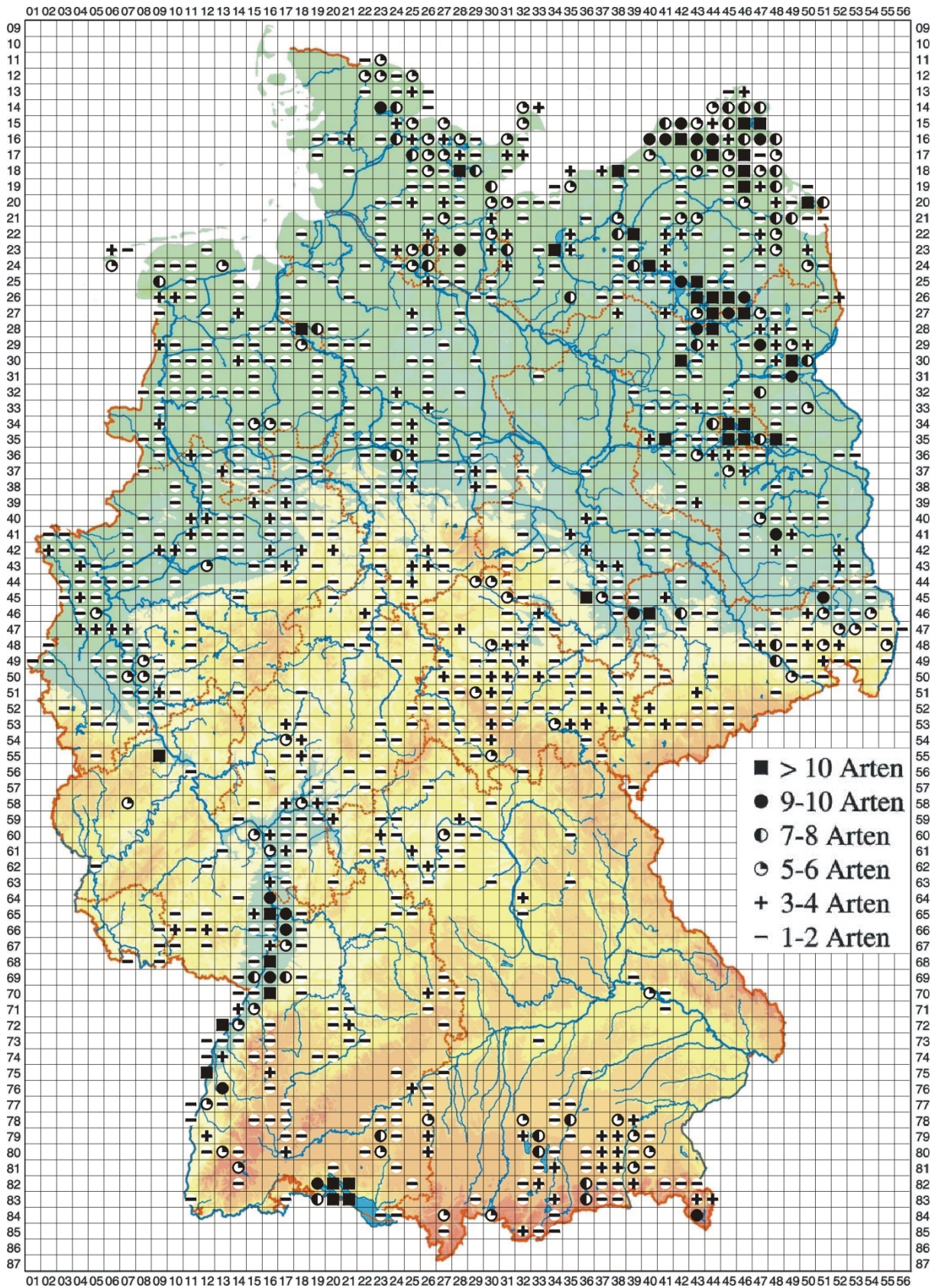
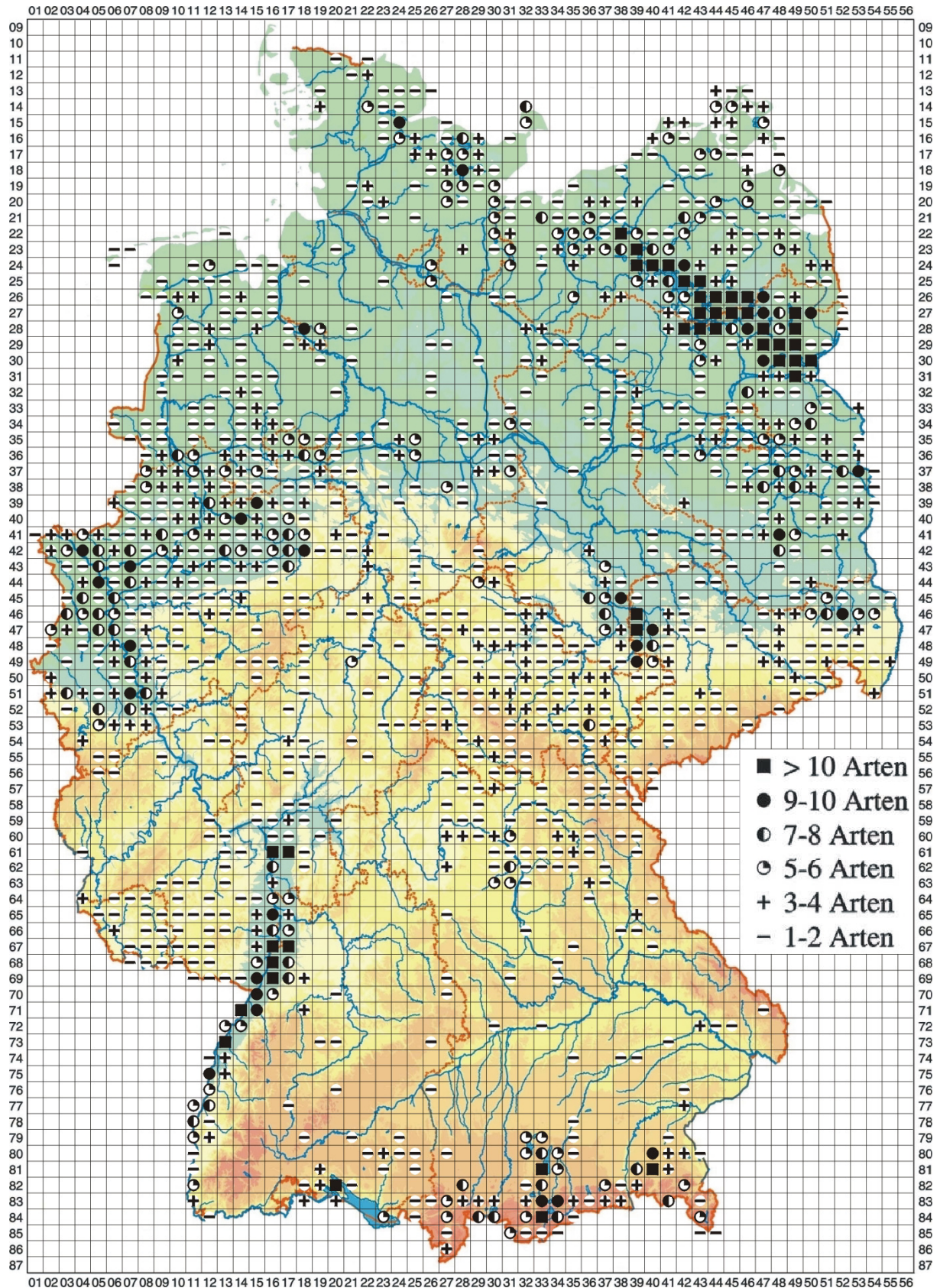
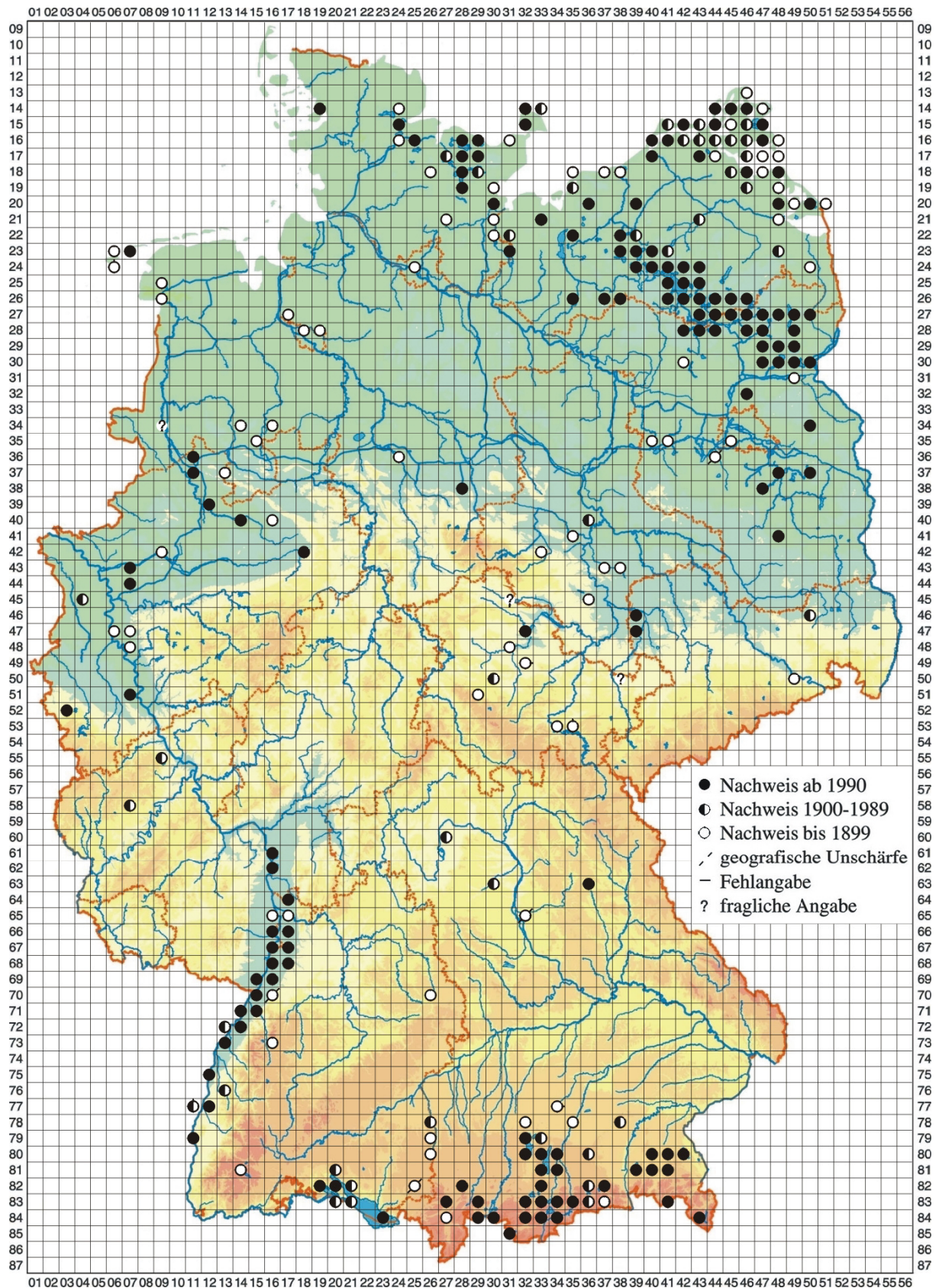


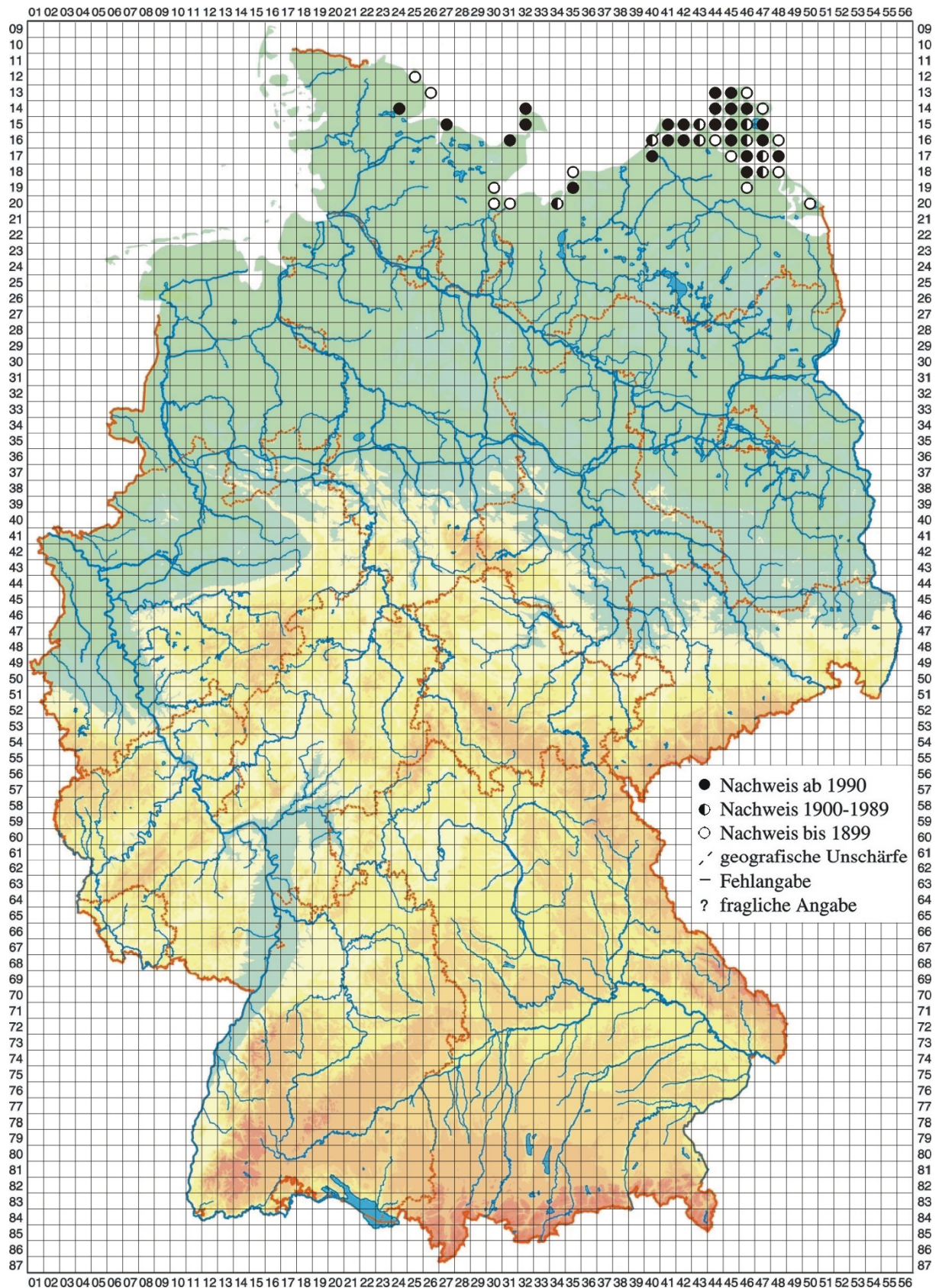
Abb. 1 Zahl der Arten pro Messtischblatt (nur Nachweise bis 1989)



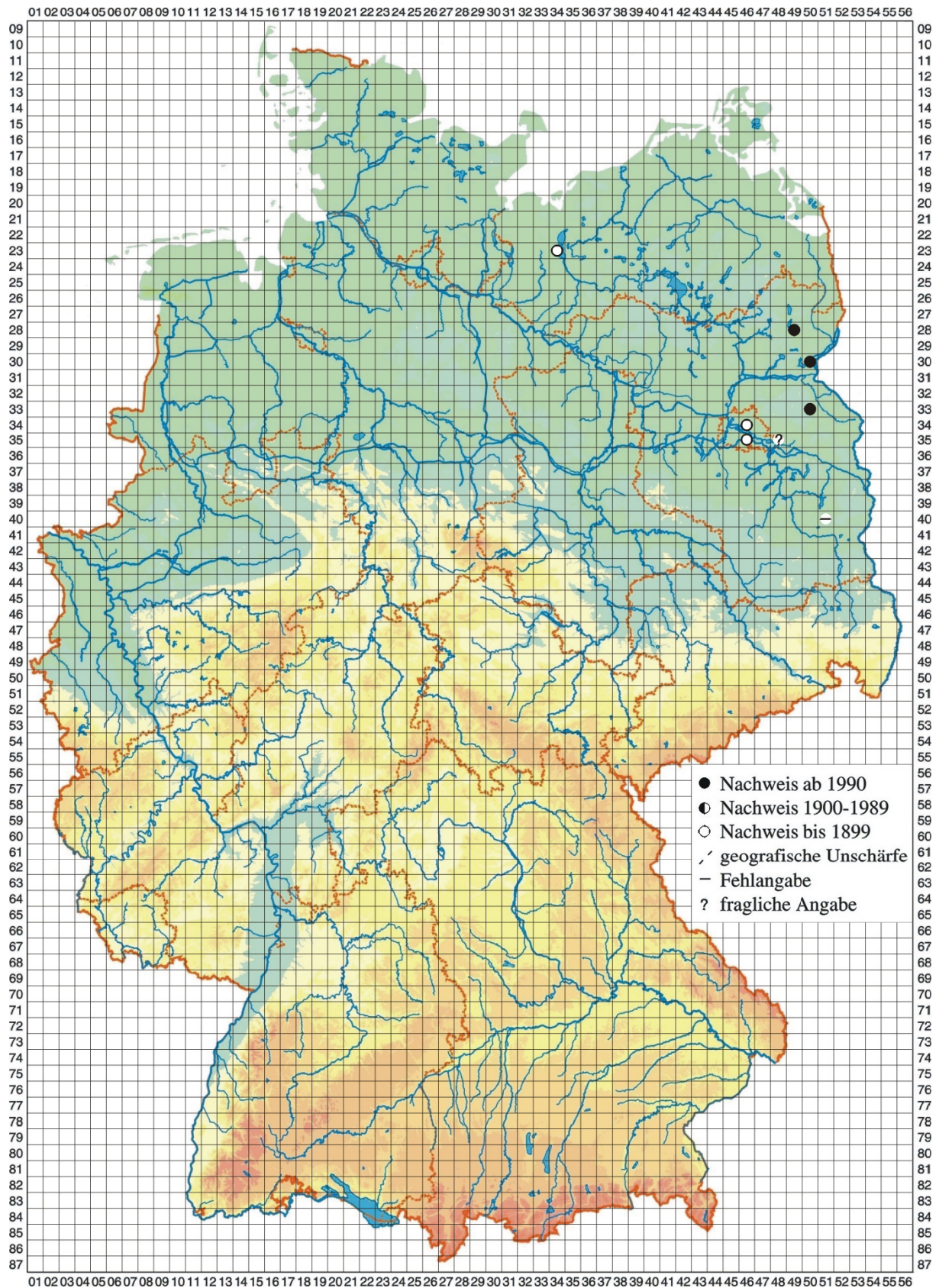
**Abb. 2** Zahl der Arten pro Messtischblatt (nur Nachweise ab 1990)



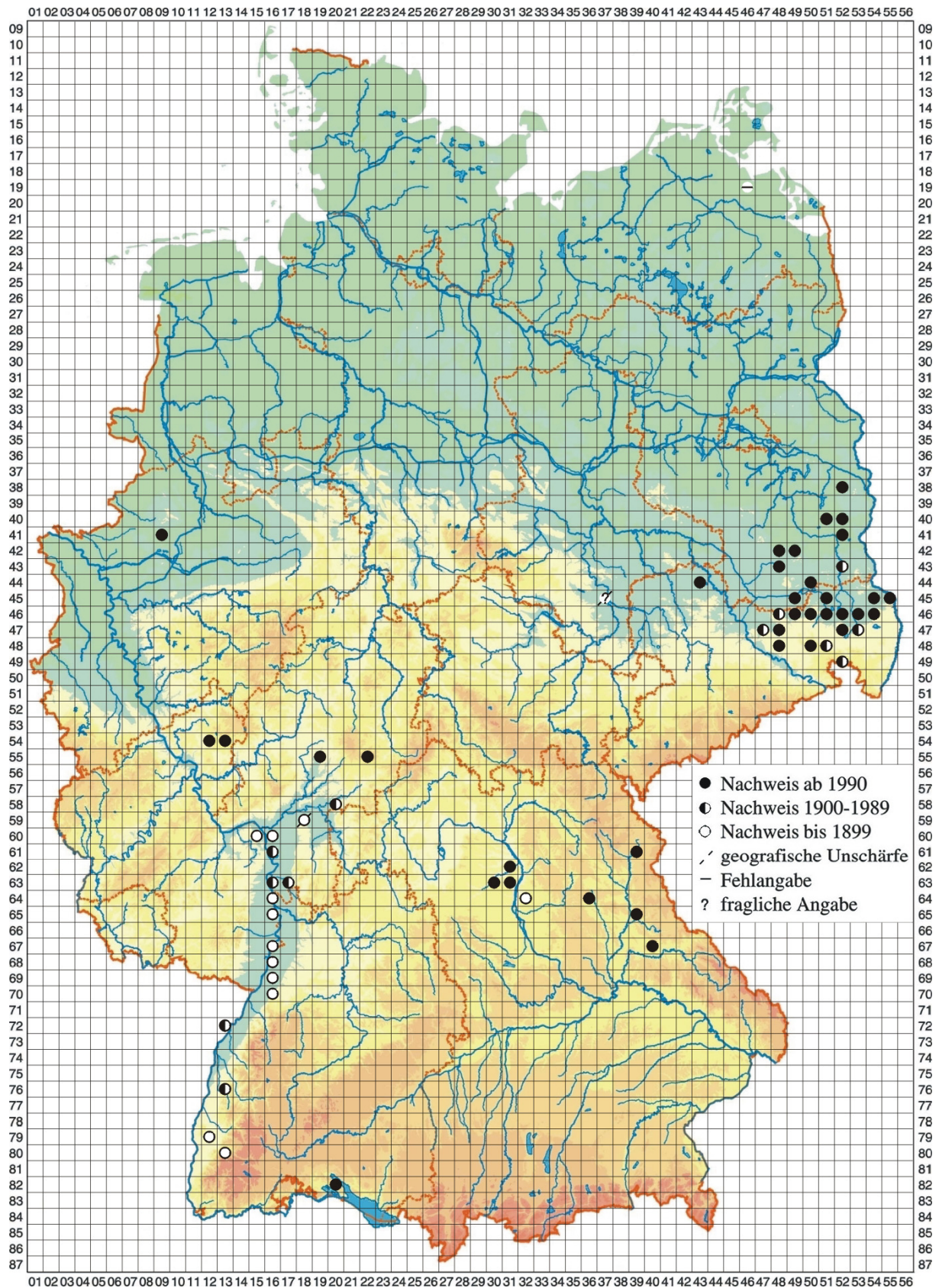
**Abb. 3** *Chara aspera* Dethard. ex Willd., Raue Armleuchteralge



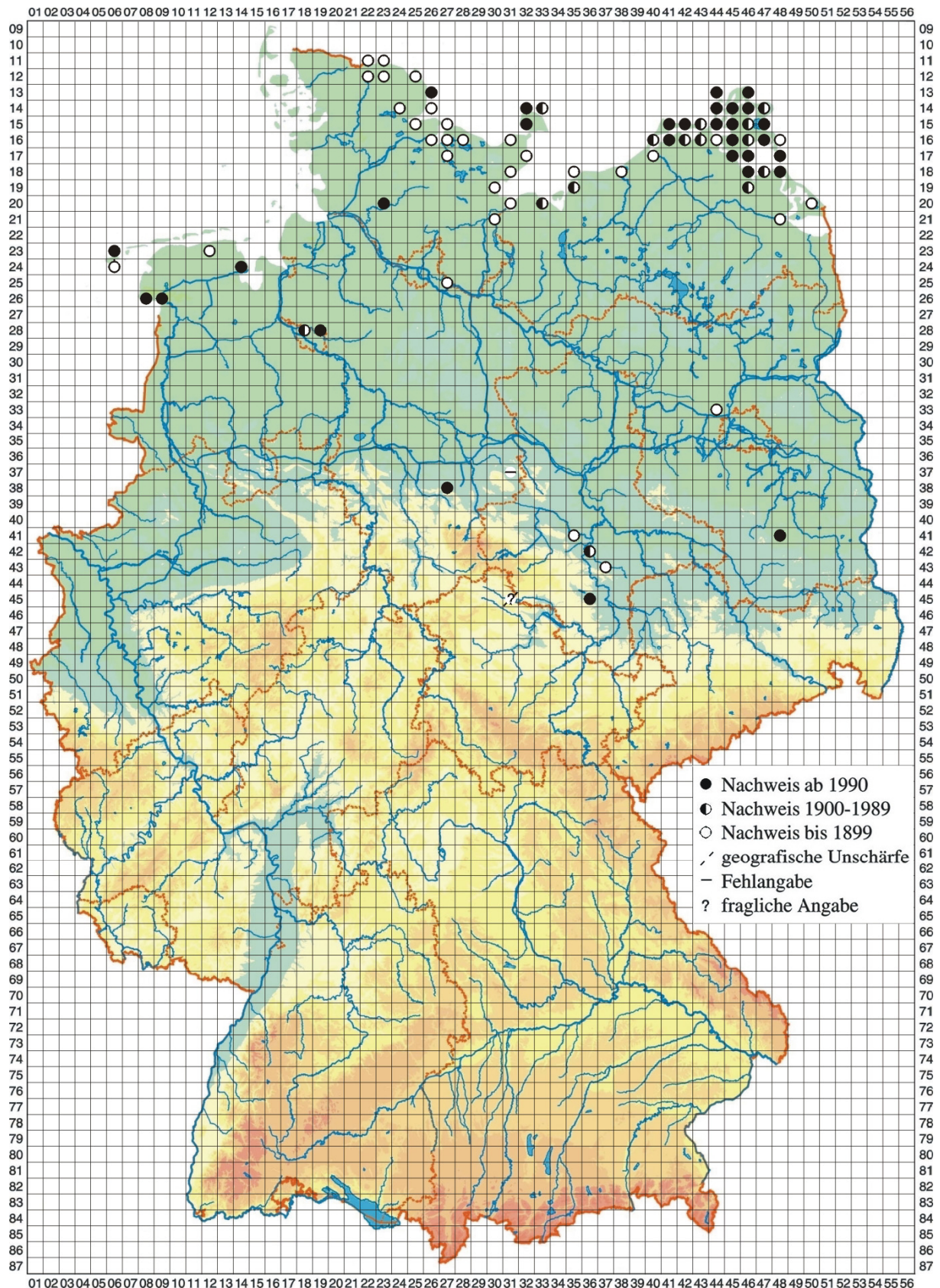
**Abb. 4** *Chara baltica* Bruzelius, Baltische Armleuchteralge



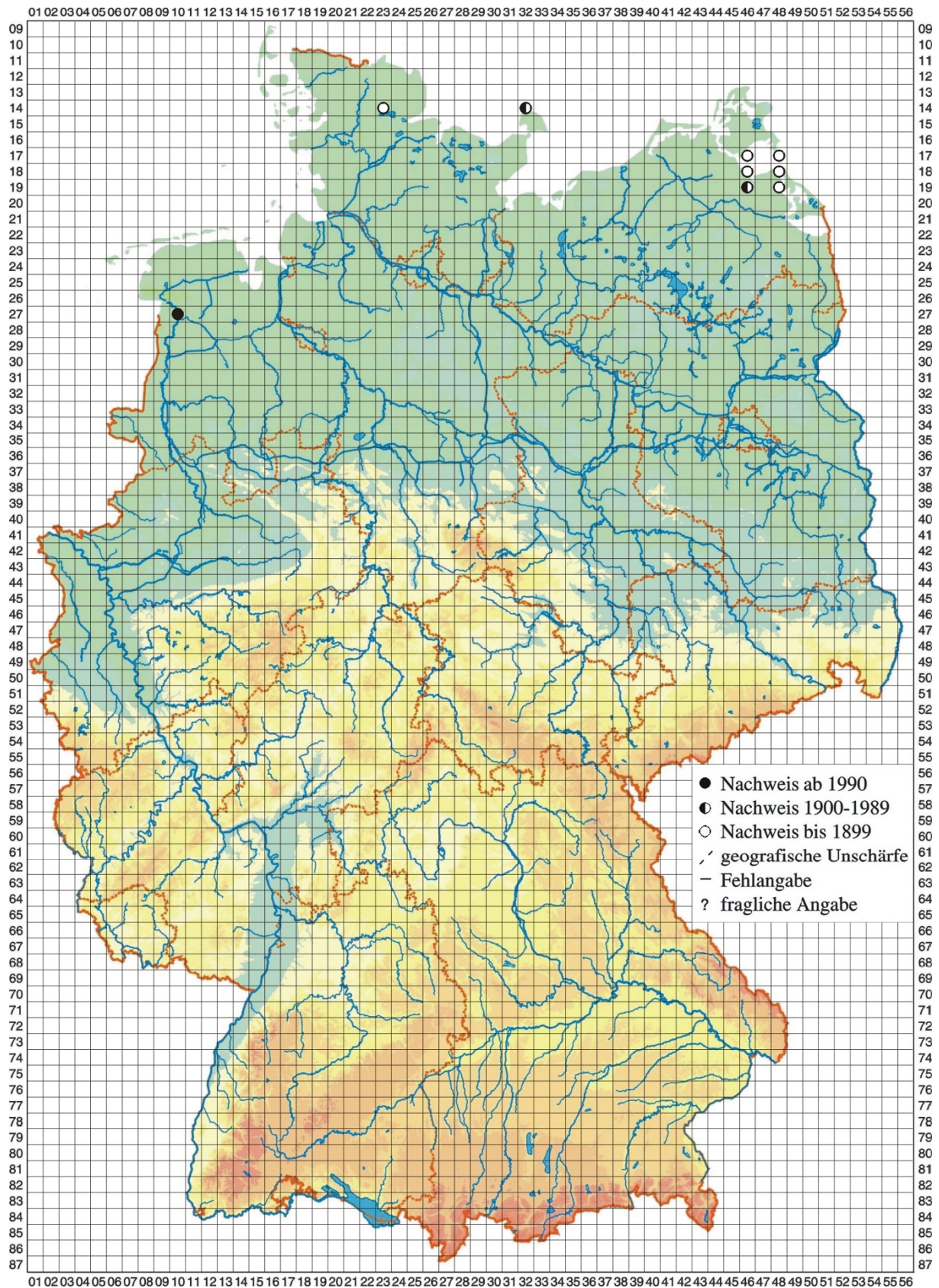
**Abb. 5** *Chara baueri* A. Braun, Bauers Armleuchteralge



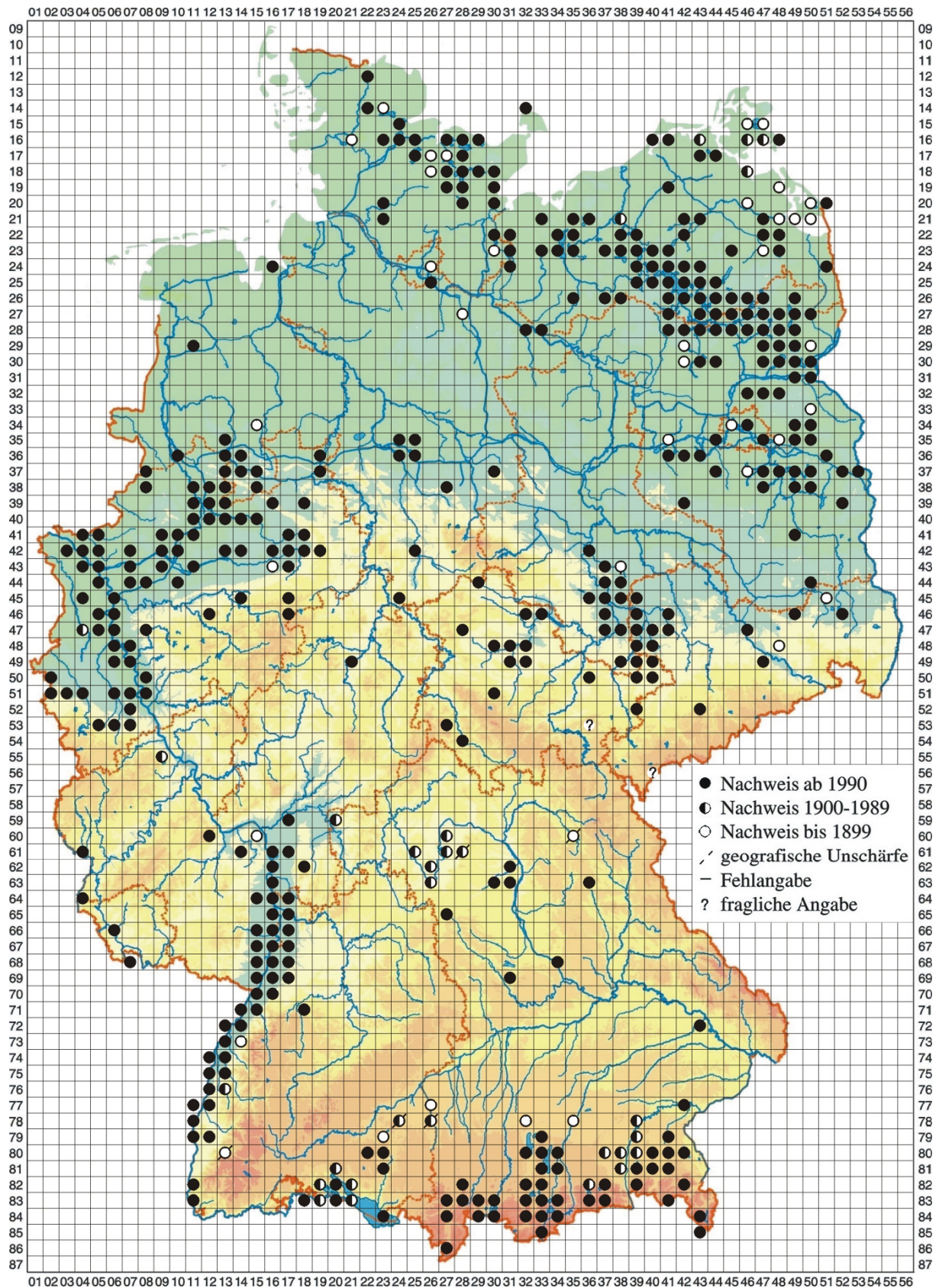
**Abb. 6** *Chara braunii* Gmel., Brauns Armleuchteralge



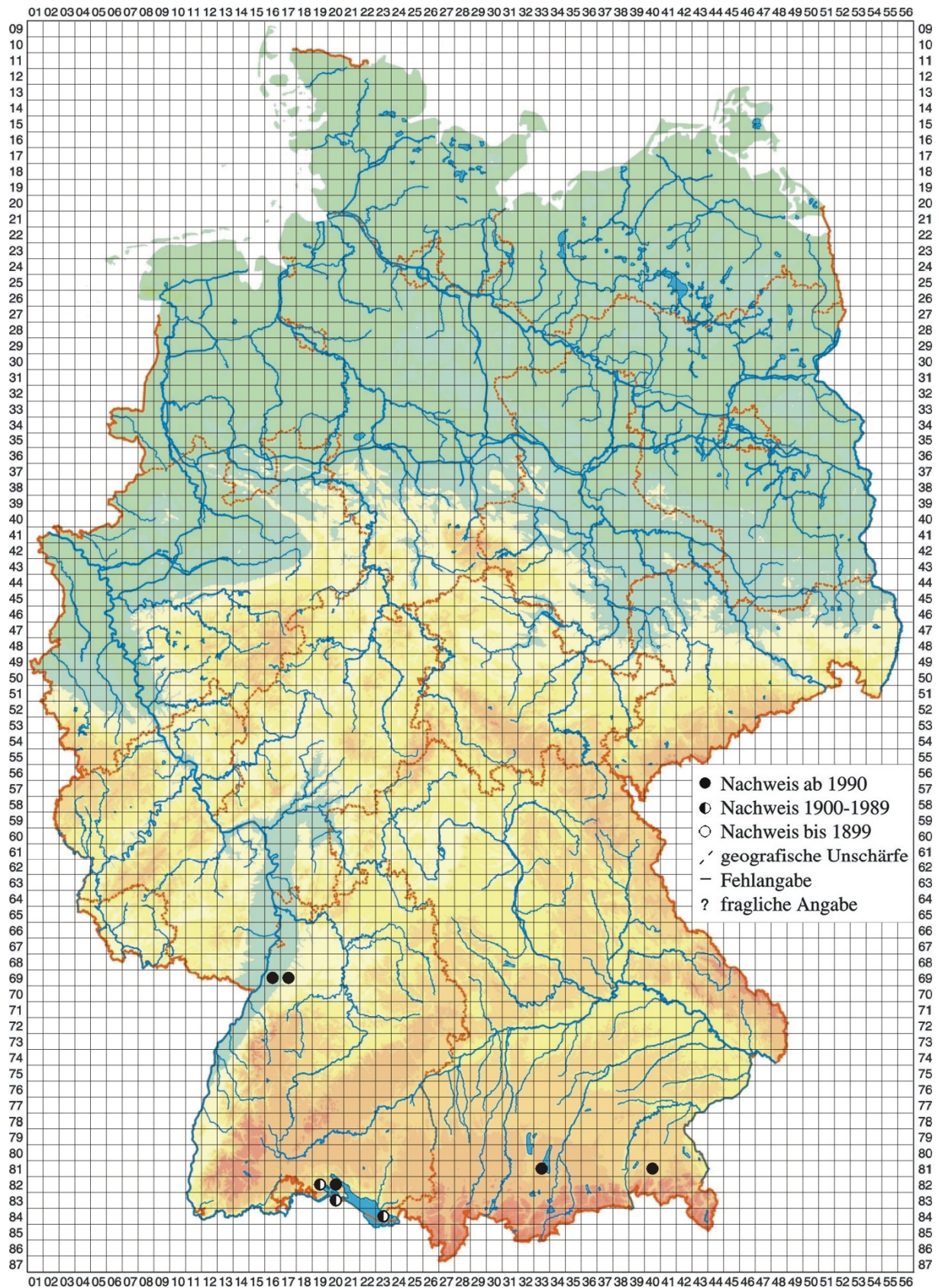
**Abb. 7** *Chara canescens* Des. & Loisl. Brackwasser-Armelechteralge, *Chara connivens* Salzmann ex A. Braun Gebogene Armelechteralge



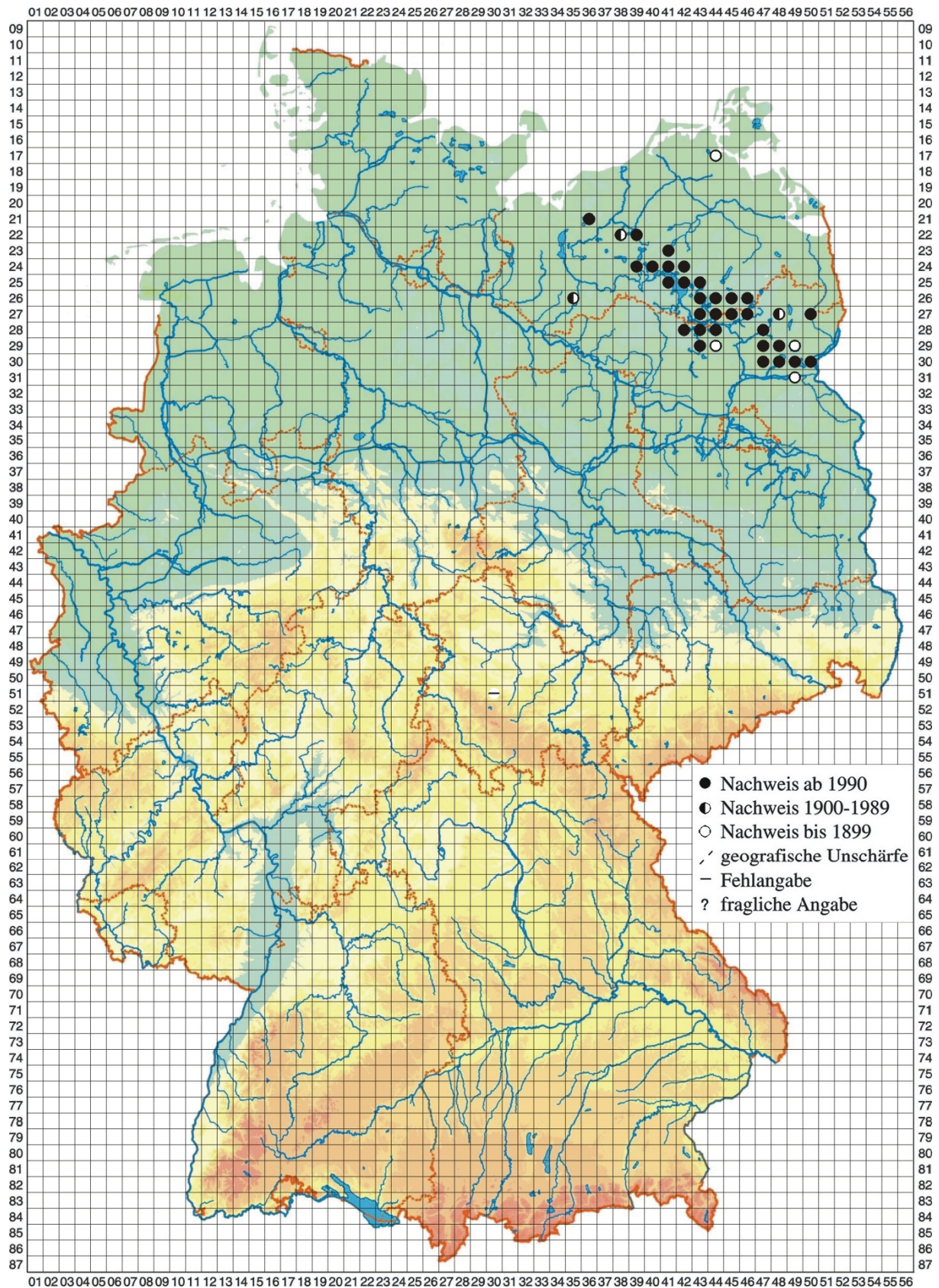
**Abb. 8** *Chara connivens*



**Abb. 9** *Chara contraria* A. Braun ex Kütz., Gegensätzliche Armluchteralge



**Abb. 10** *Chara denudata* A. Braun, Nackte Armeleuchteralge



**Abb. 11** *Chara filiformis* Hertsch, Faden-Armeleuchteralge

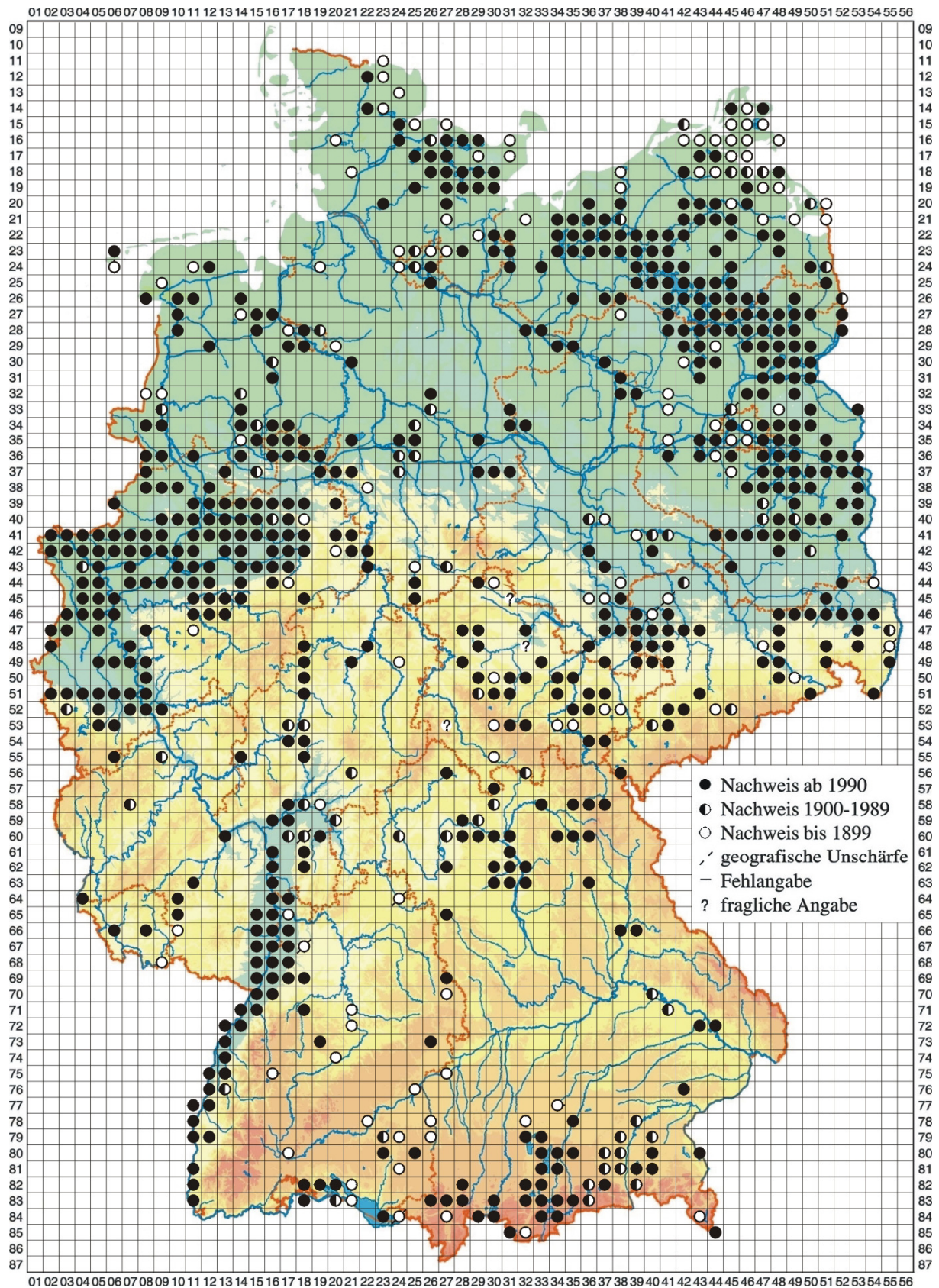
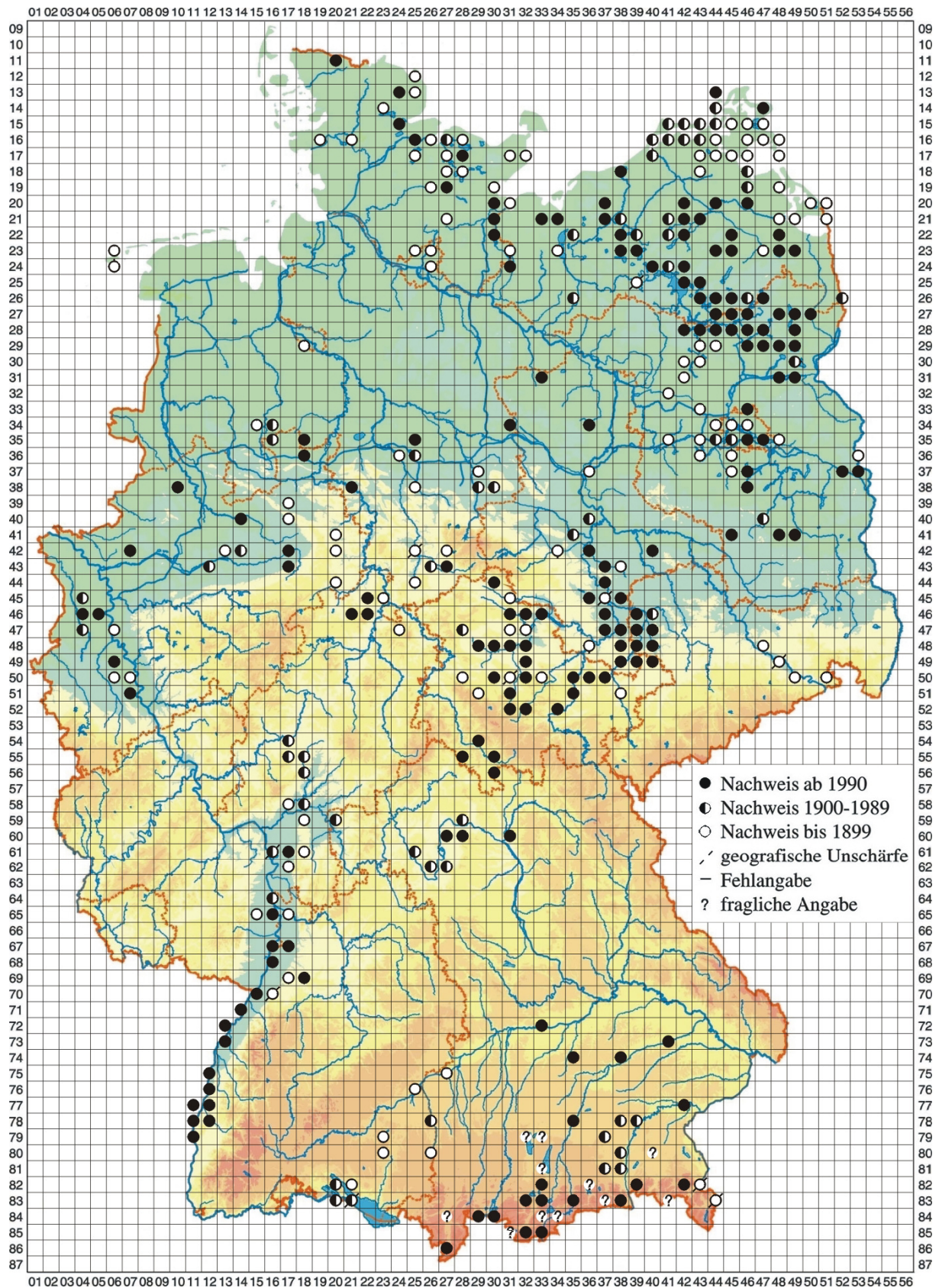
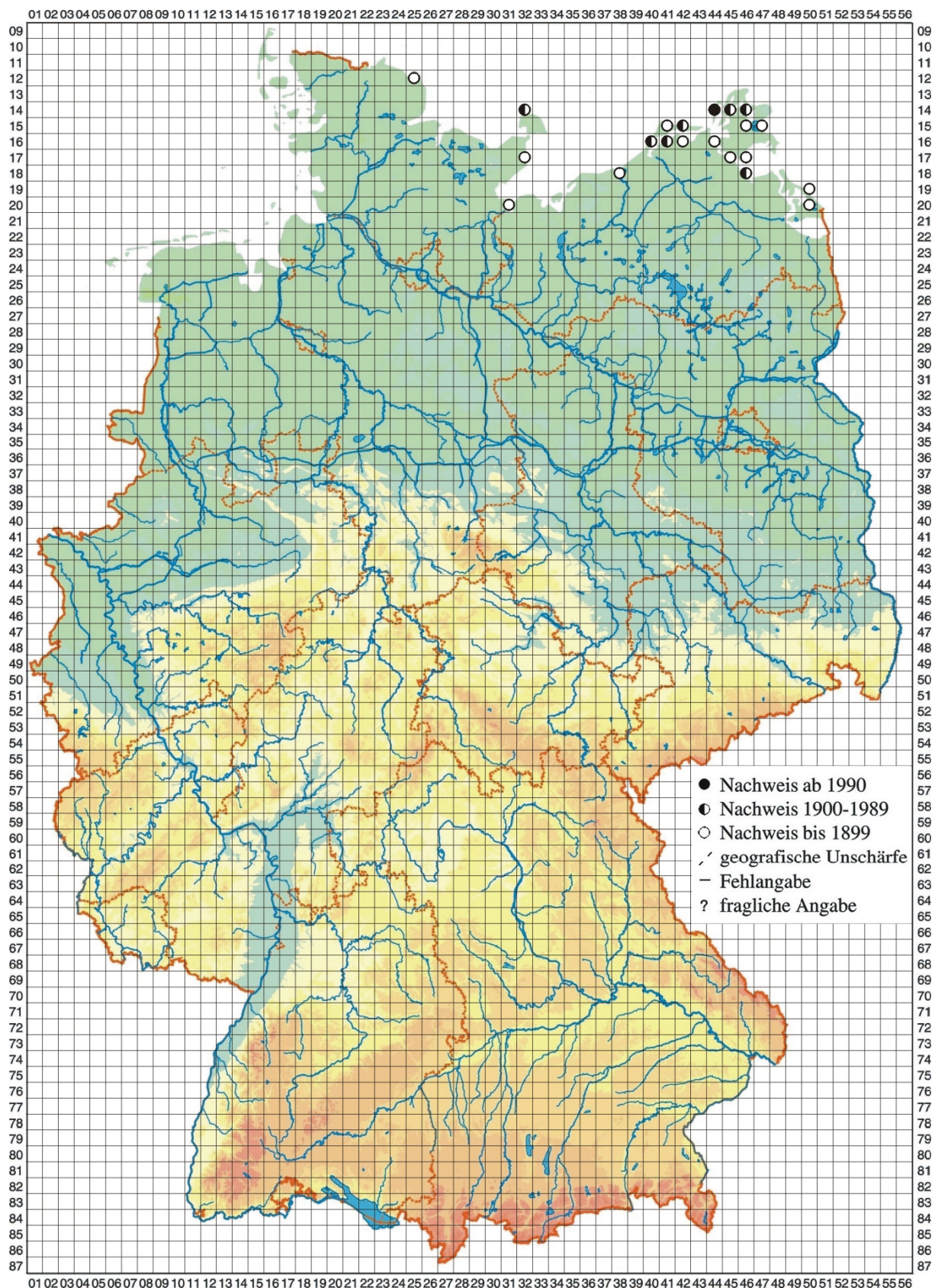


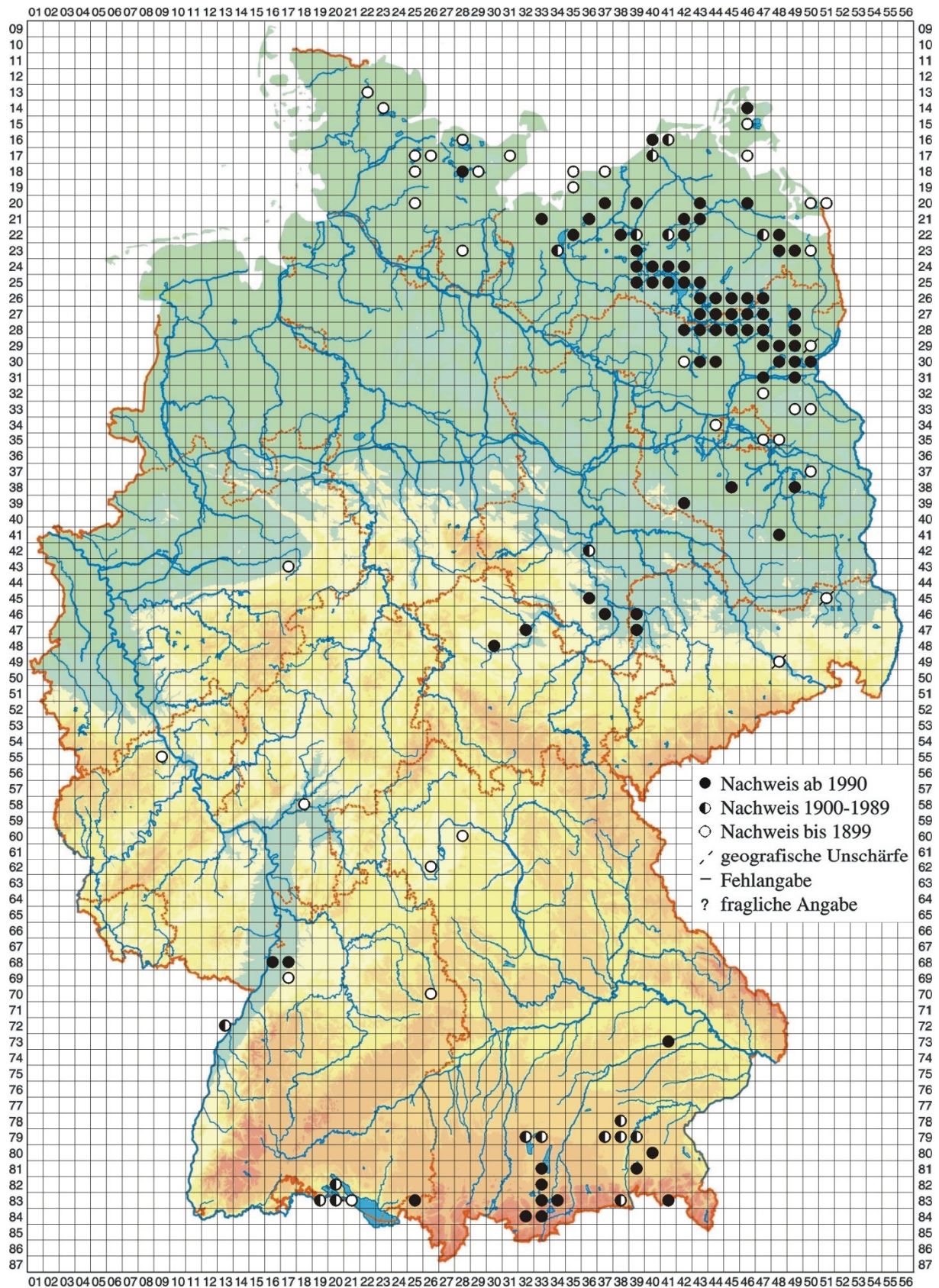
Abb. 12 *Chara globularis* Thuill., Zerbrechliche Armlauchteralge



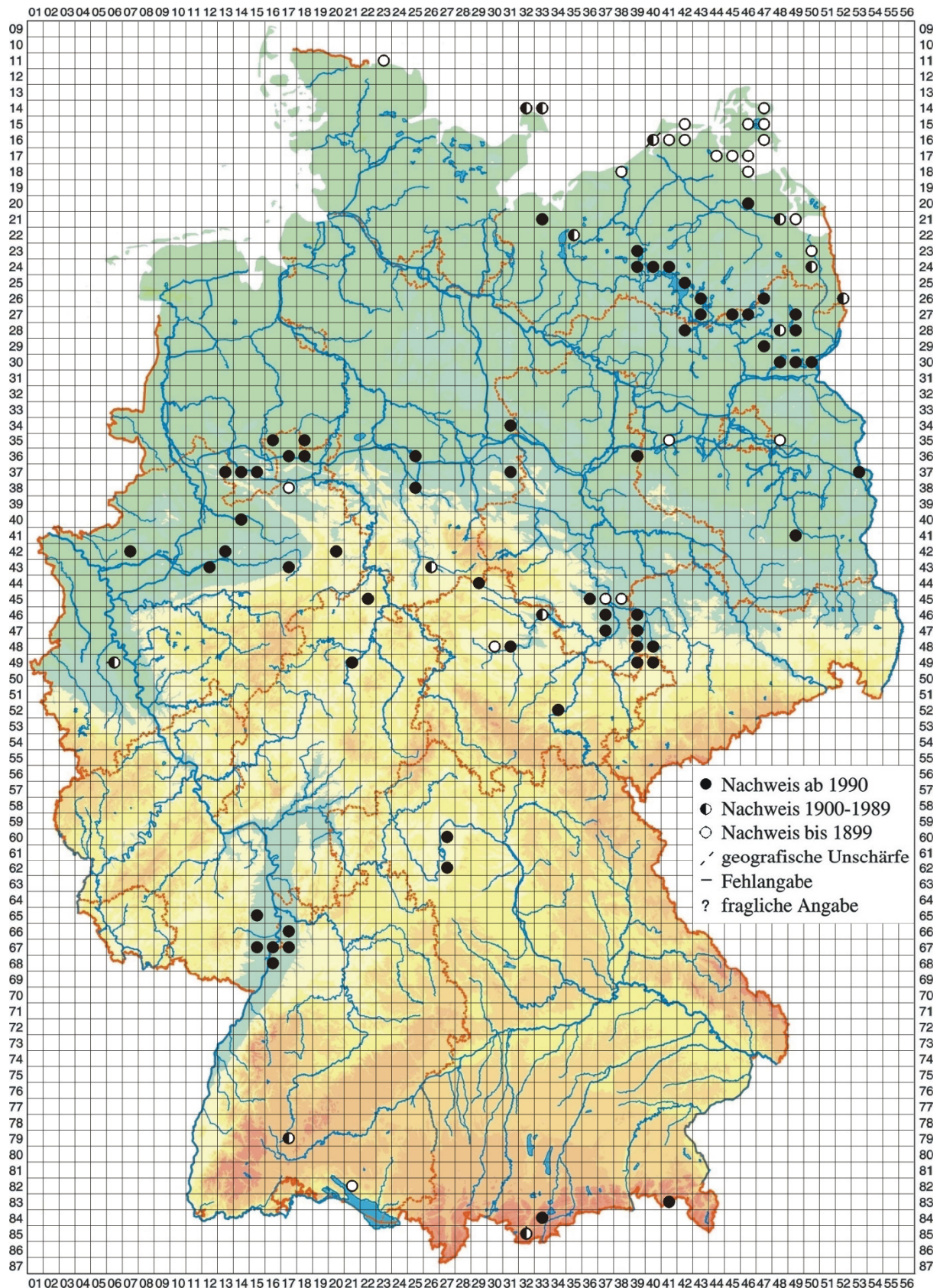
**Abb. 13** *Chara hispida* L. , Steißborstige Armleuchteralge



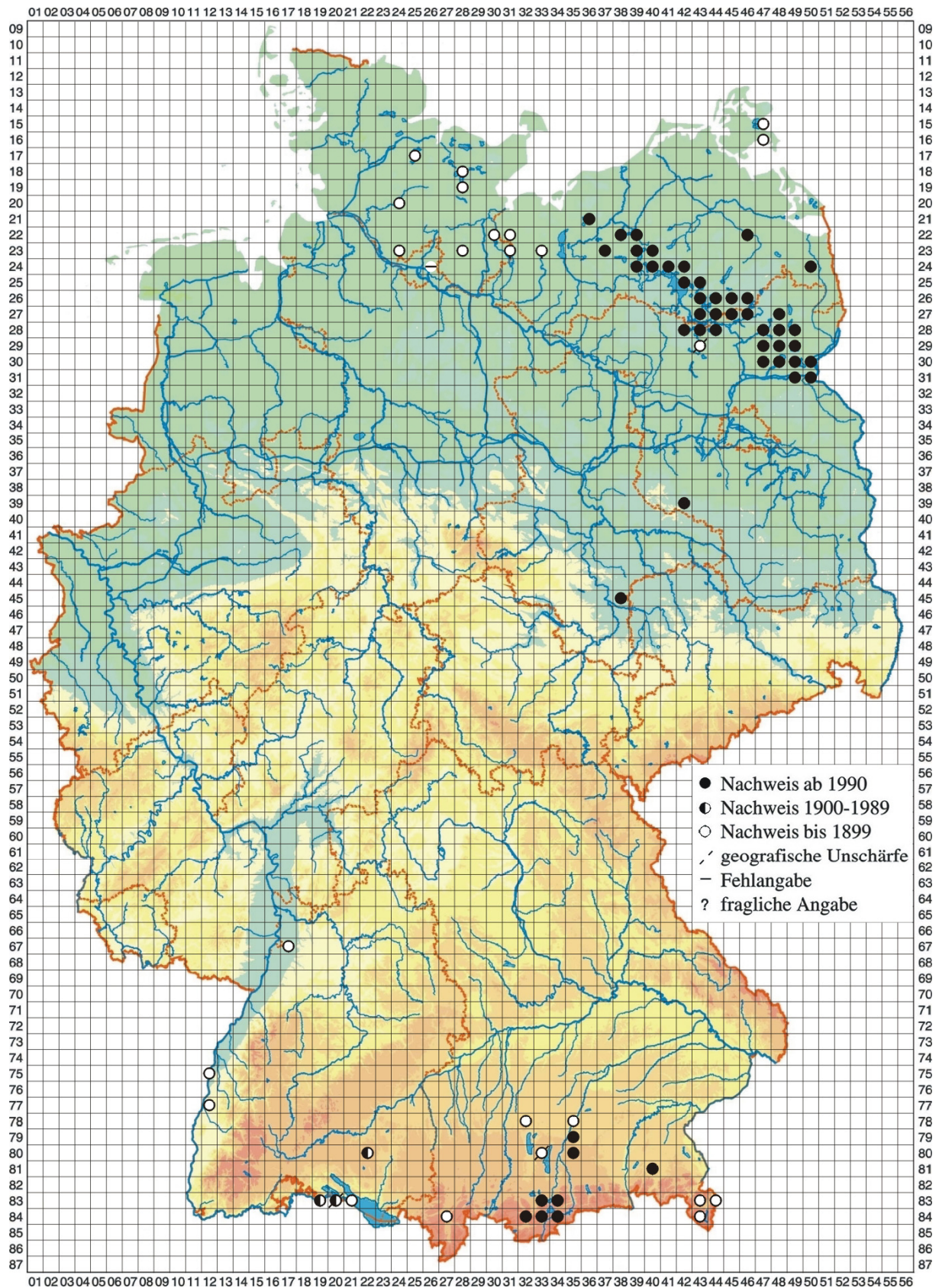
**Abb. 14** *Chara horrida* Wahlst, Struppige Armleuchteralge



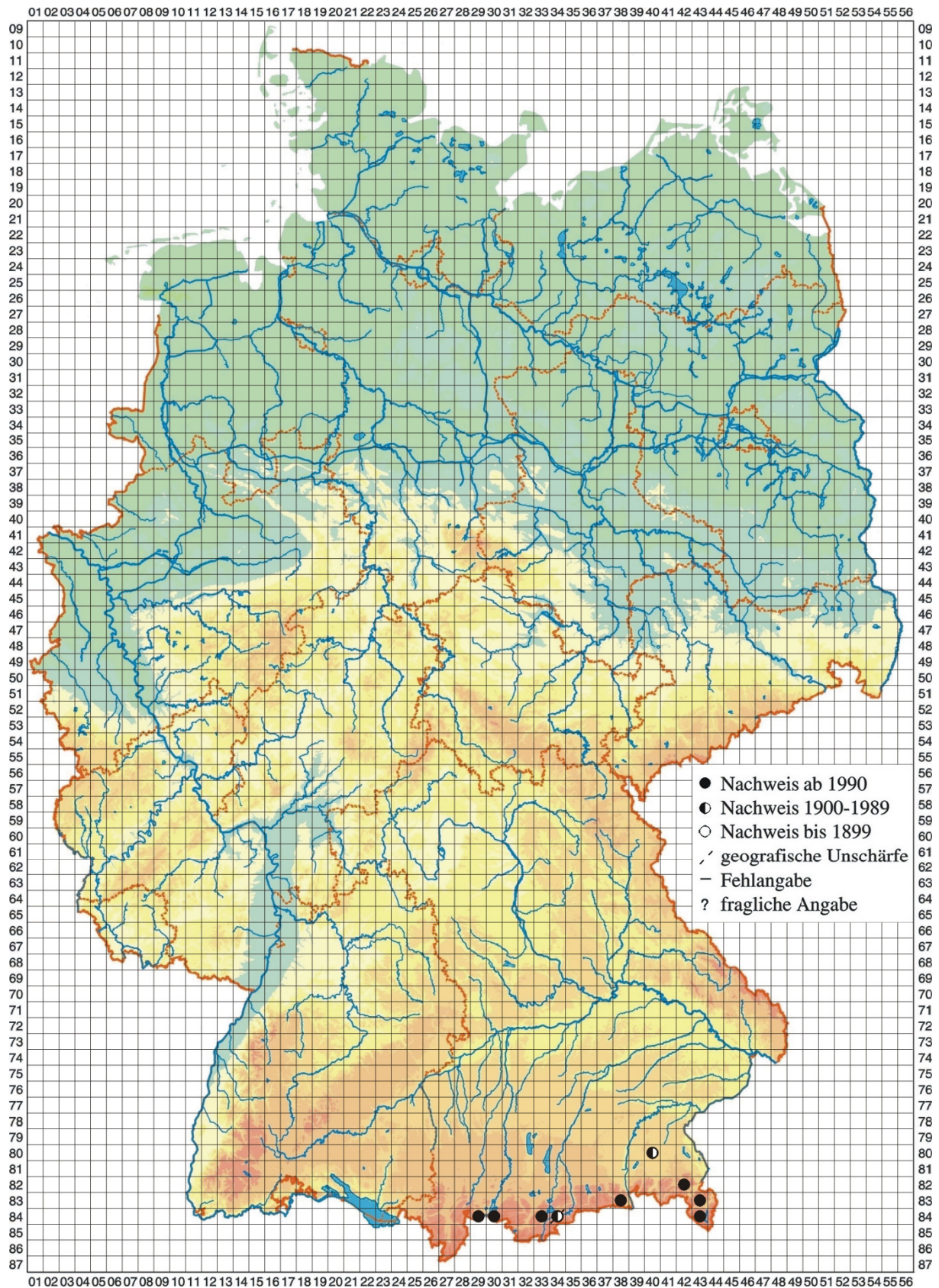
**Abb. 15** *Chara intermedia* A. Braun, Kurzstachelige Armleuchteralge



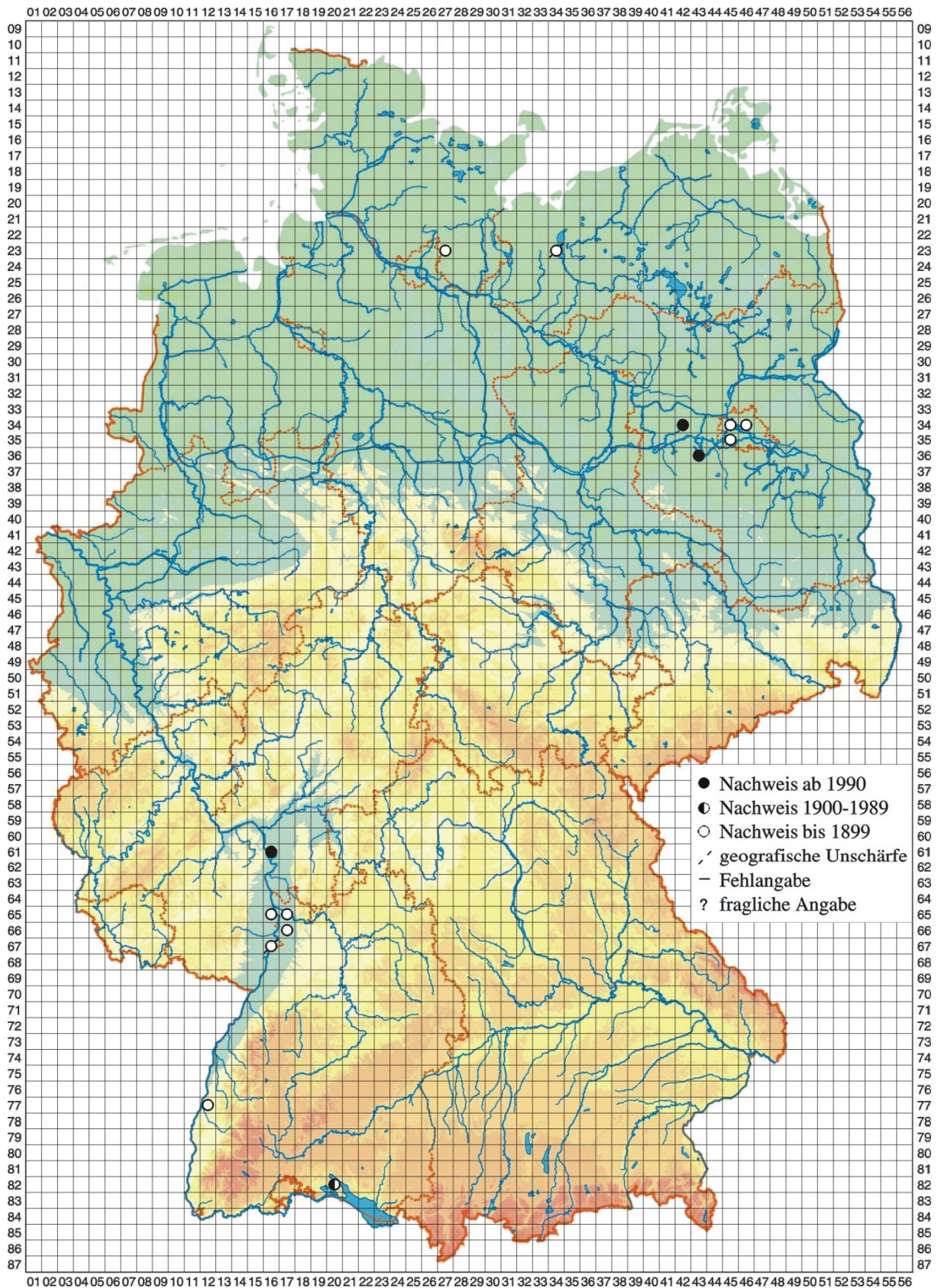
**Abb. 16** *Chara polyacantha* A. Braun, Vielstachelige Armluchteralge



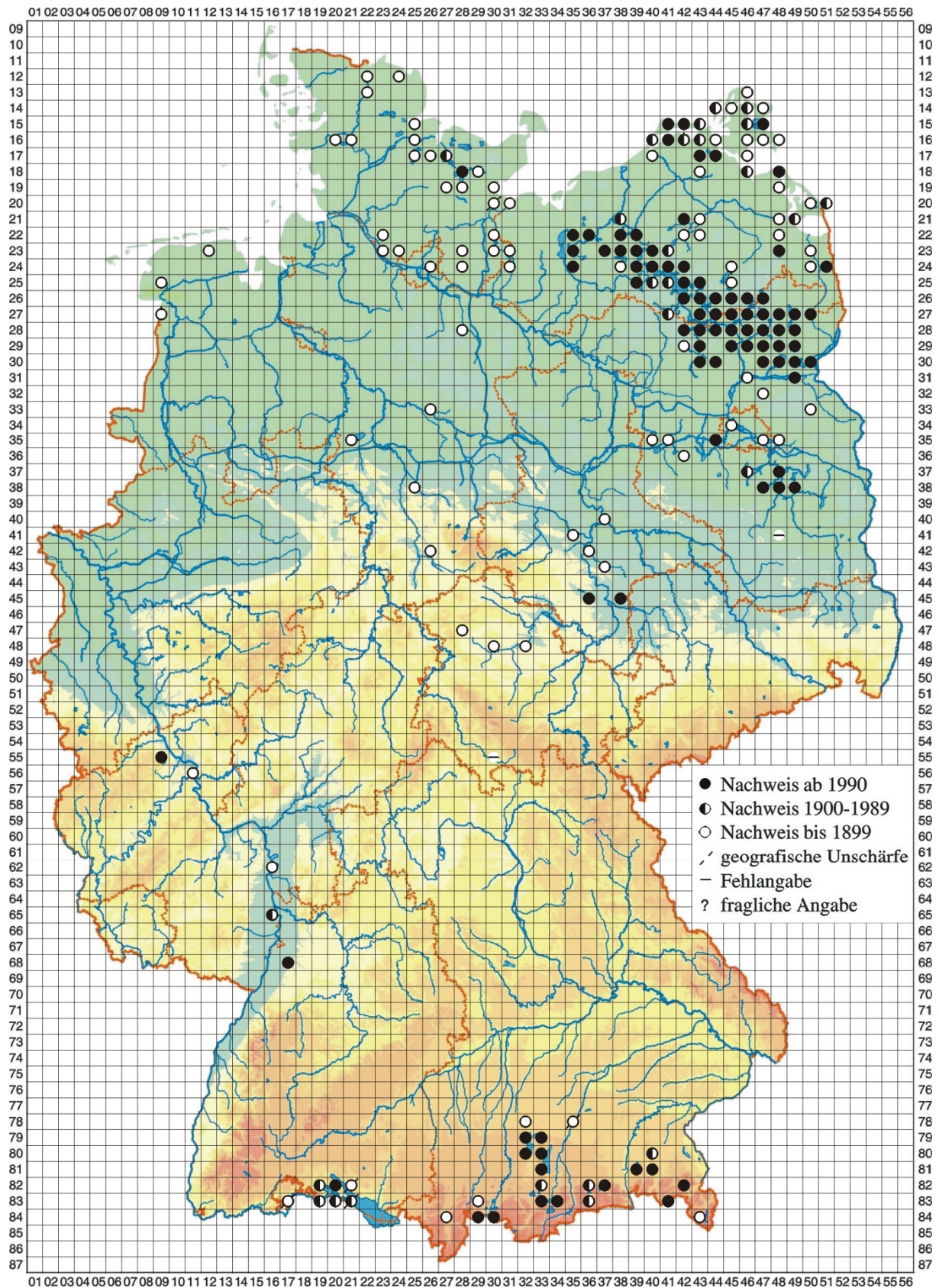
**Abb. 17** *Chara rudis* A. Braun ex v. Leonh., Furchenstachelige Armleuchteralge



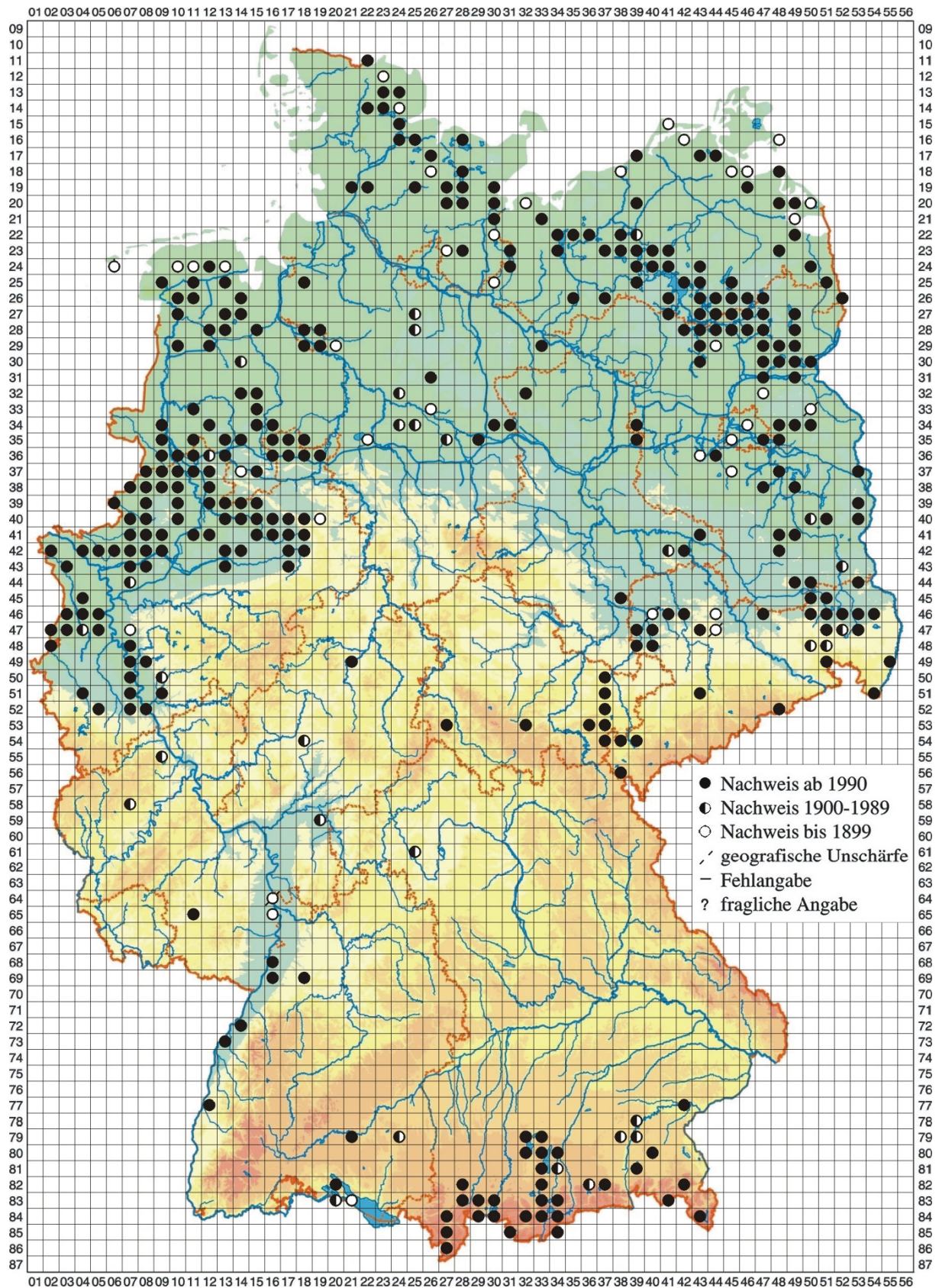
**Abb. 18** *Chara strigosa* A. Braun, Striemen-Armleuchteralge



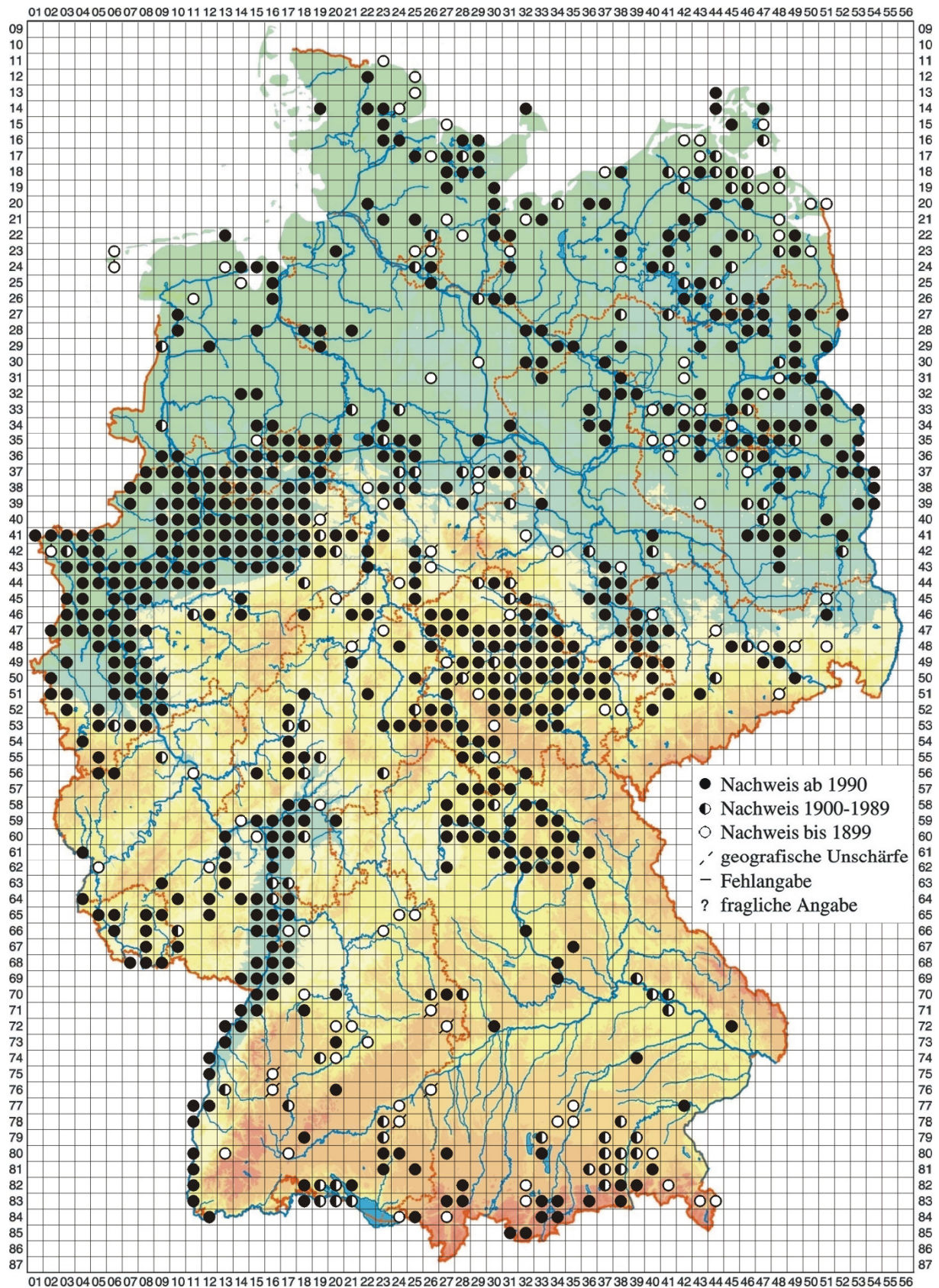
**Abb. 19** *Chara tenuispina* A. Braun, Dünnstachelige Armleuchteralge



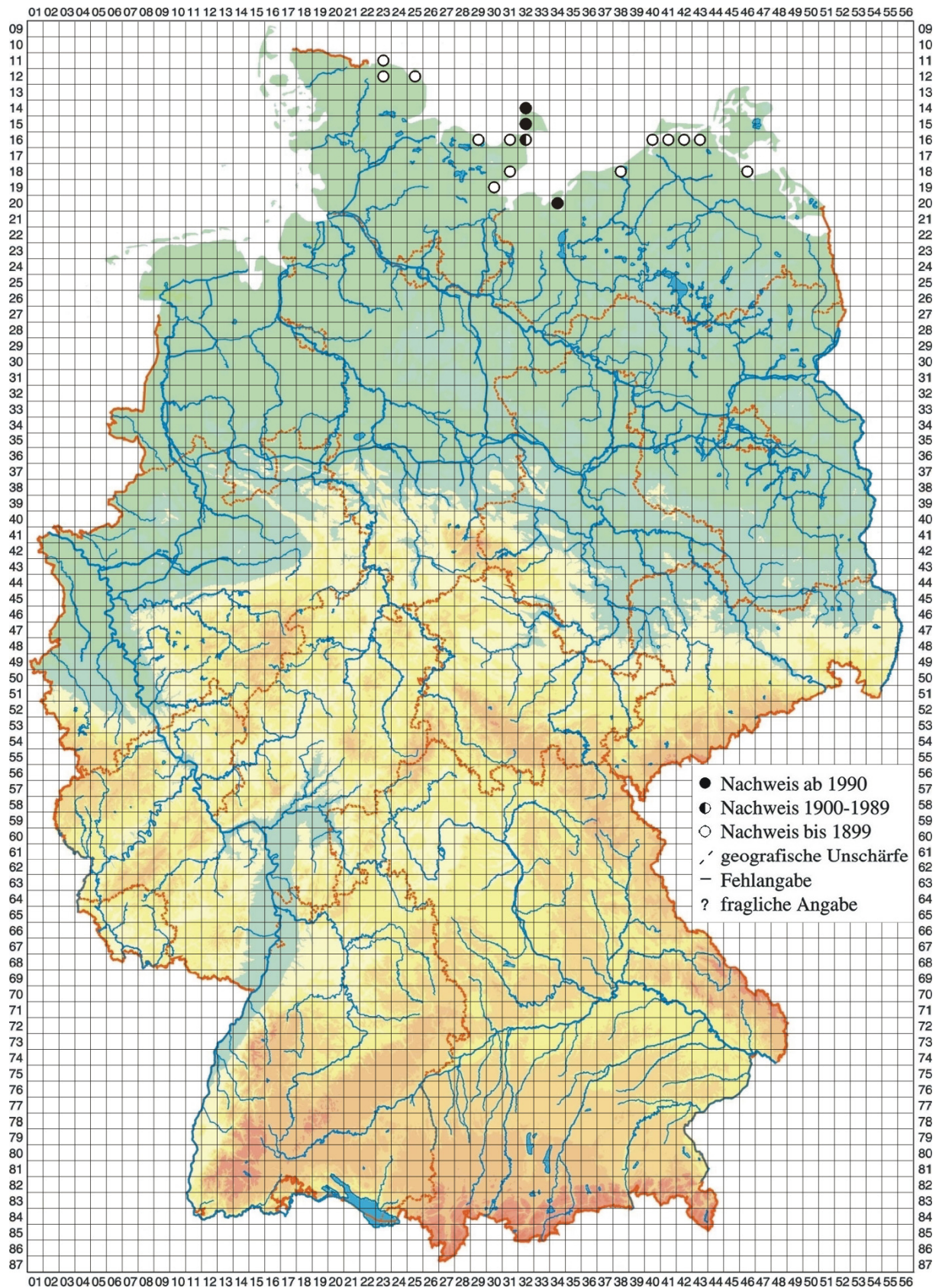
**Abb. 20** *Chara tomentosa* L., Hornblättrige Armeleuchteralge



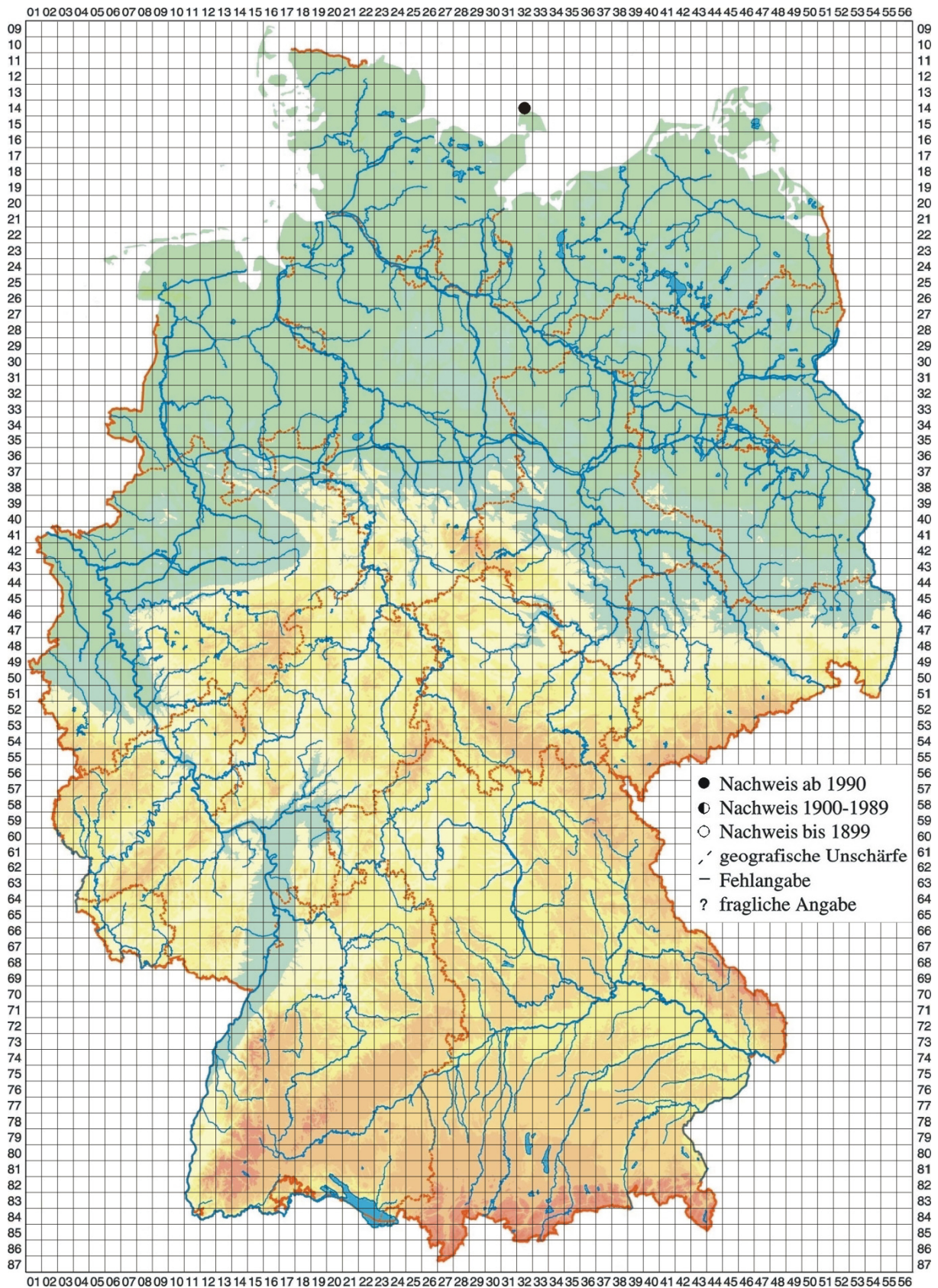
**Abb. 21** *Chara virgata* Kütz., Feine Armeleuchteralge



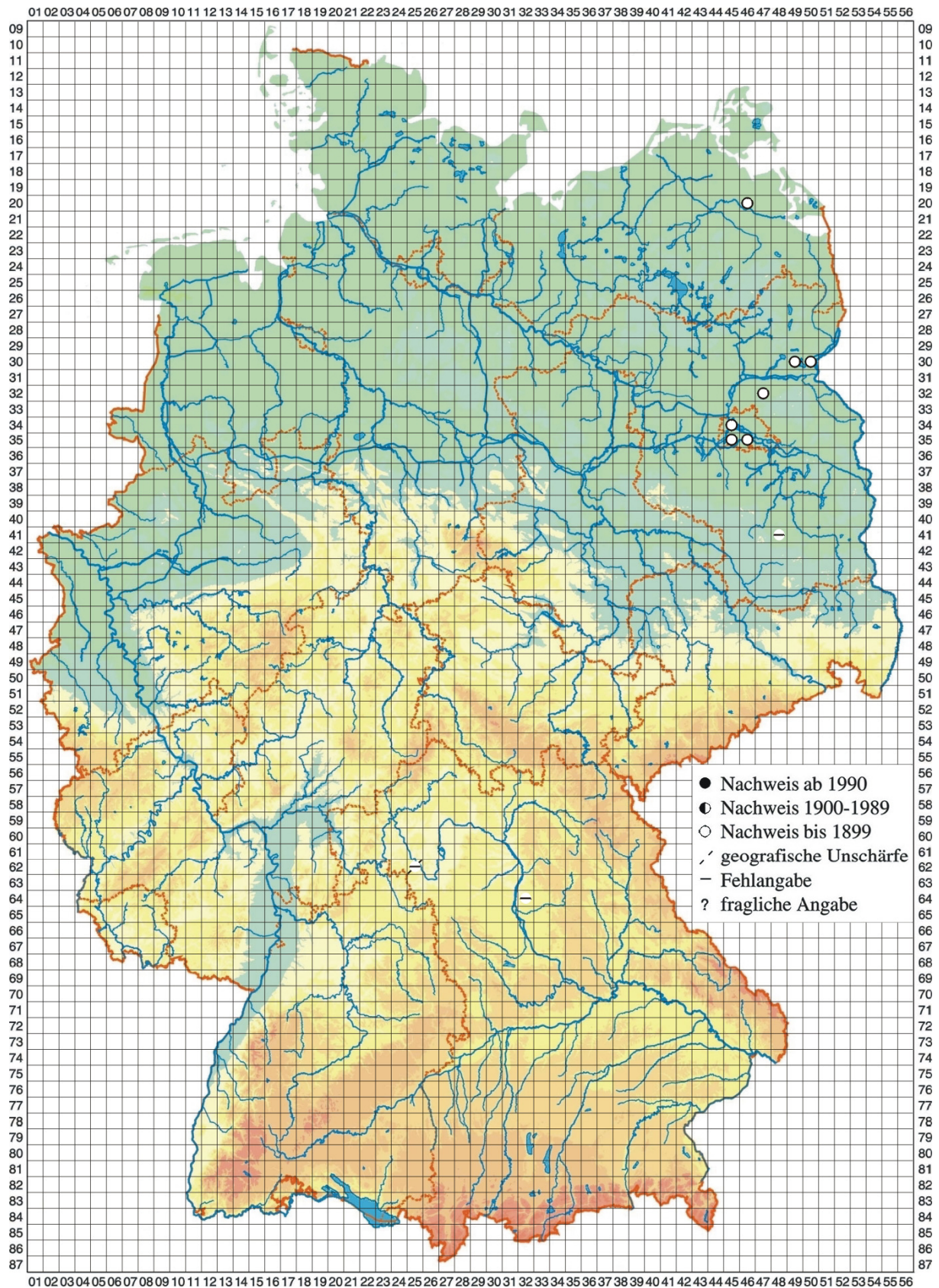
**Abb. 22** *Chara vulgaris* L., Gewöhnliche Armelechteralge



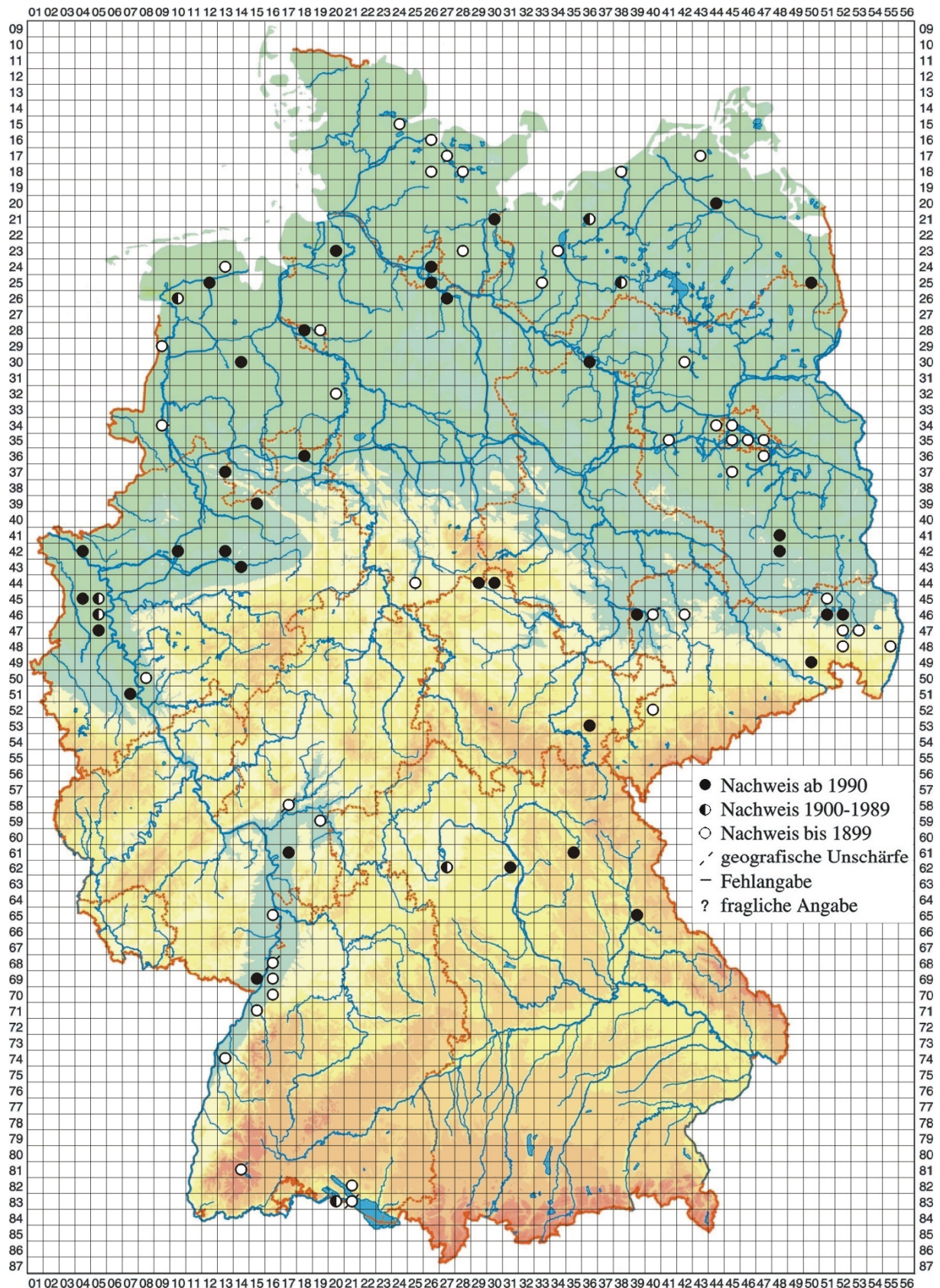
**Abb. 23** *Lamprothamnium papulosum* (Wallr.) Groves, Gewöhnliche Fuchsschwanzleuchteralge



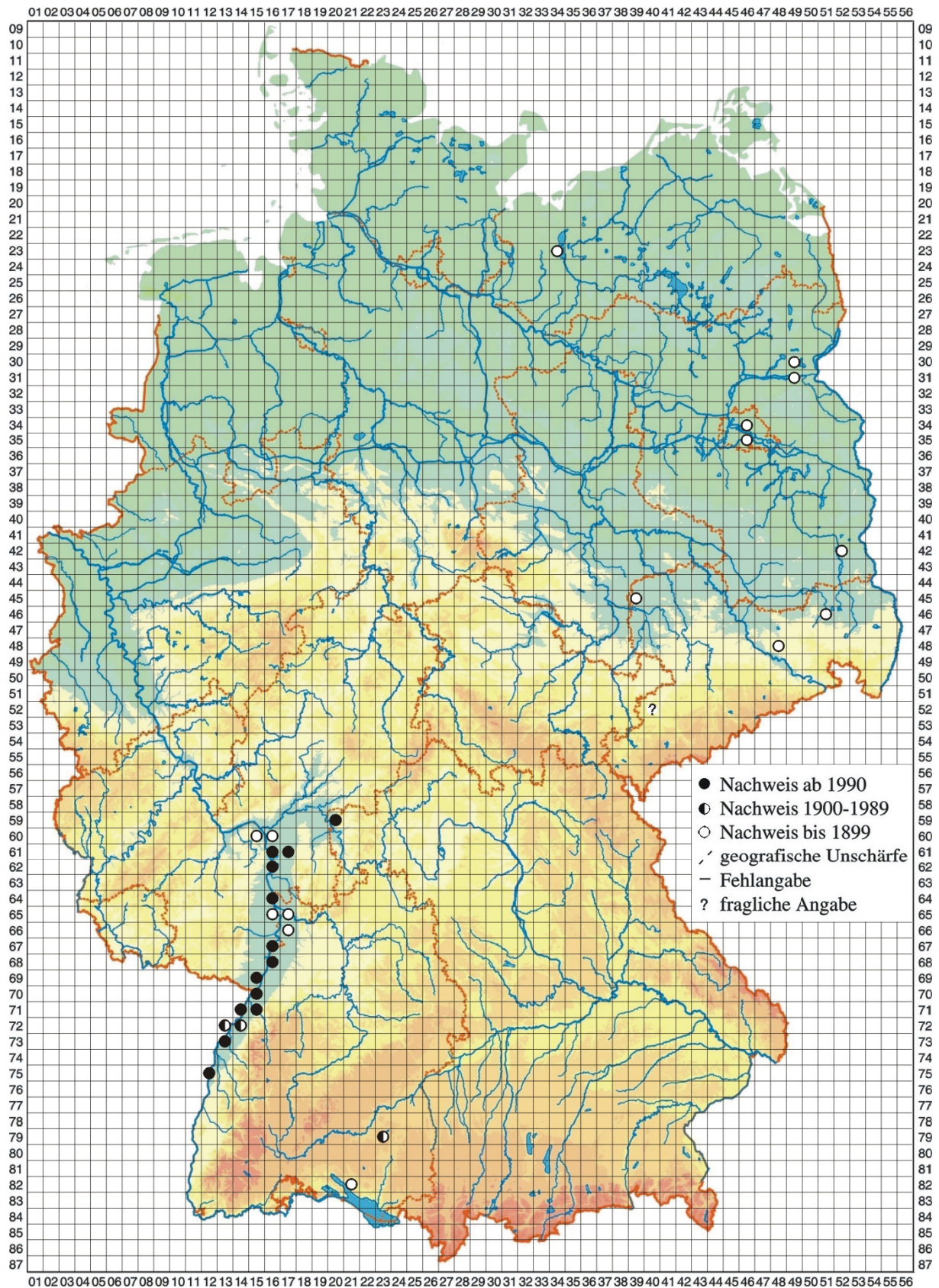
**Abb. 24** *Lamprothamnium sonderi* Garniel, Sonders Fuchsschwanzleuchteralge



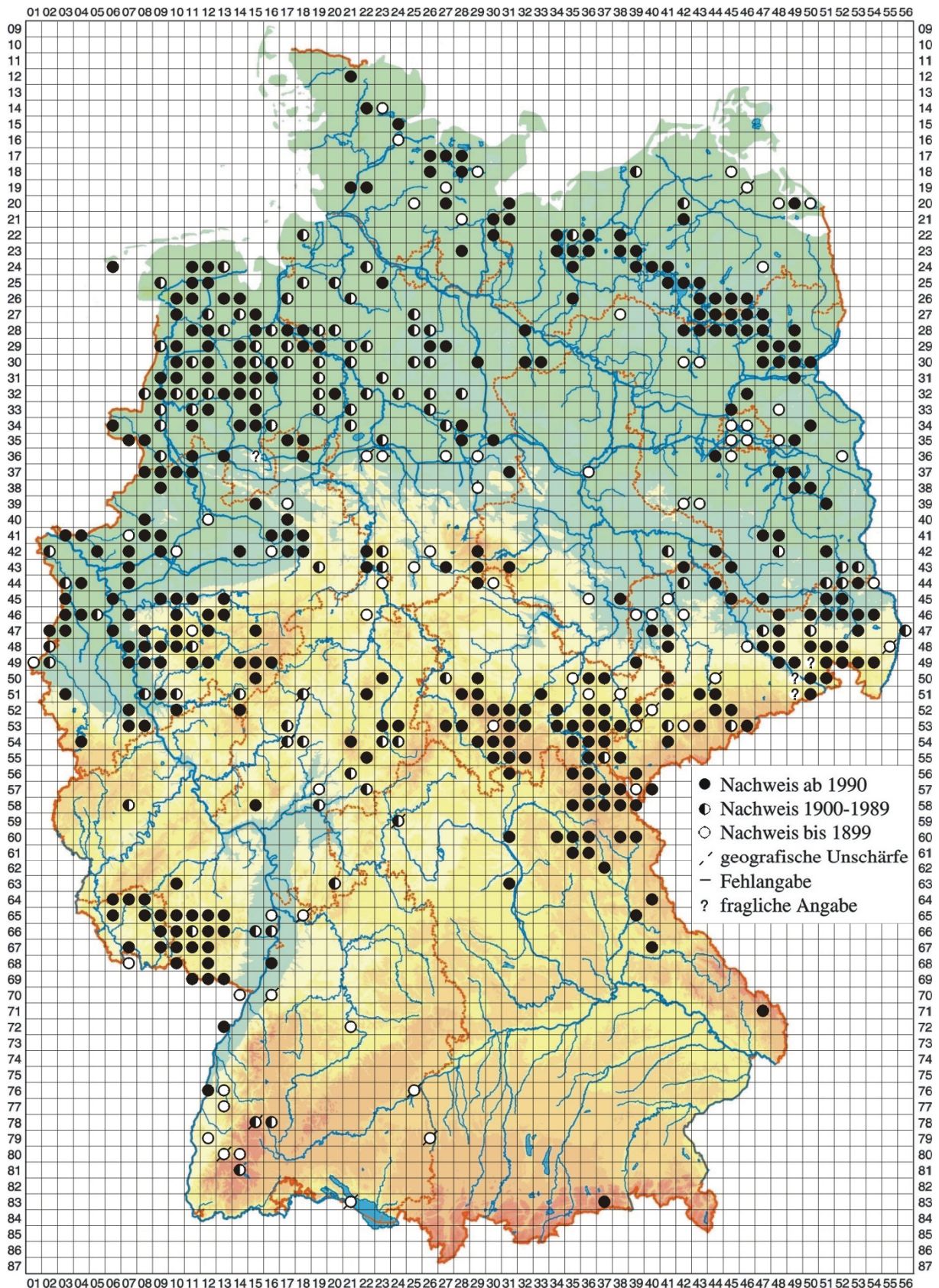
**Abb. 25** *Lychnothamnus barbatus* (Meyen) v. Leonh., Bart-Glanzleuchteralge



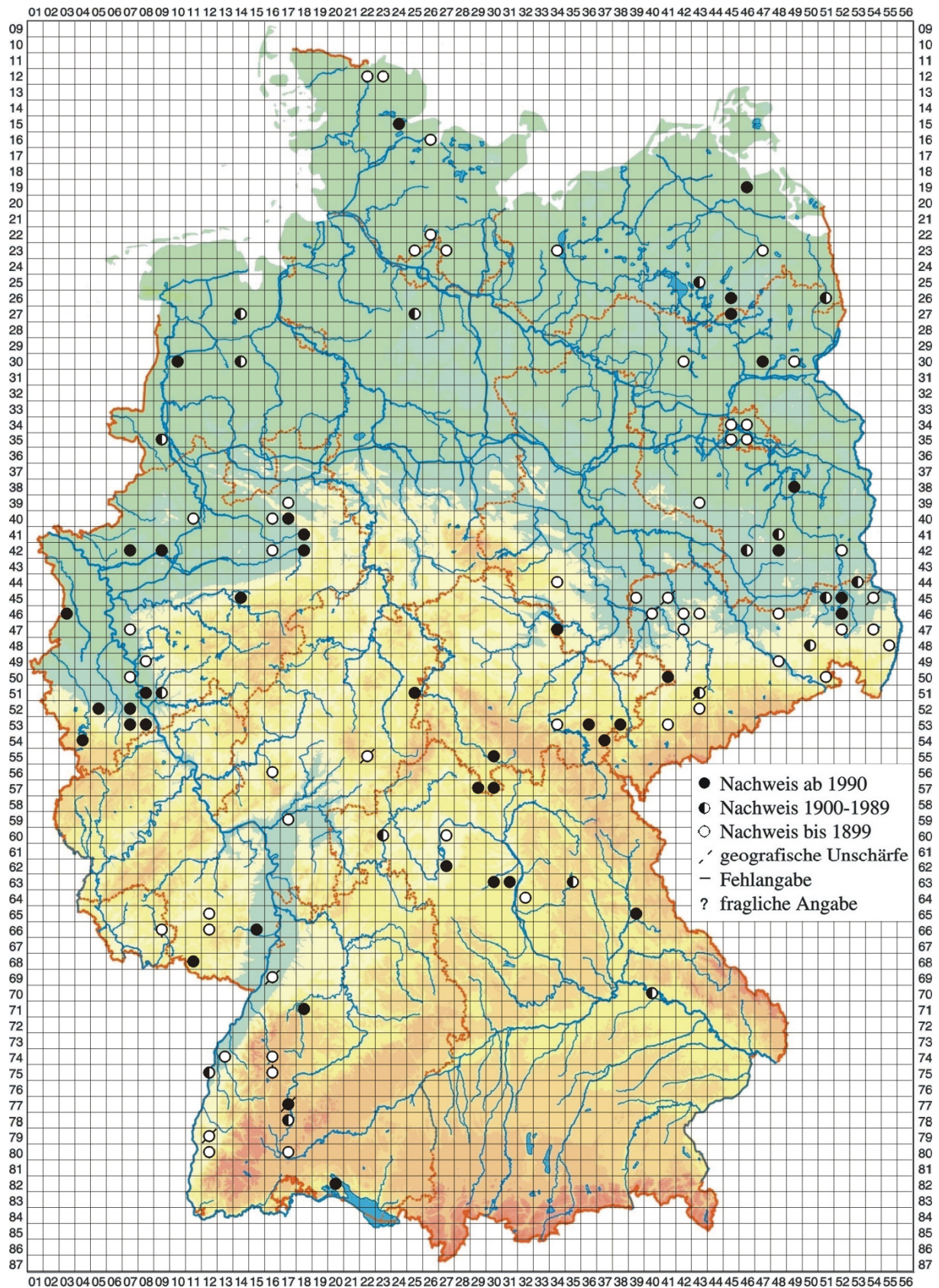
**Abb. 26** *Nitella capillaris* (Krocker) Groves & Bullock-Webster, Haarfeine Glanzleuchteralge



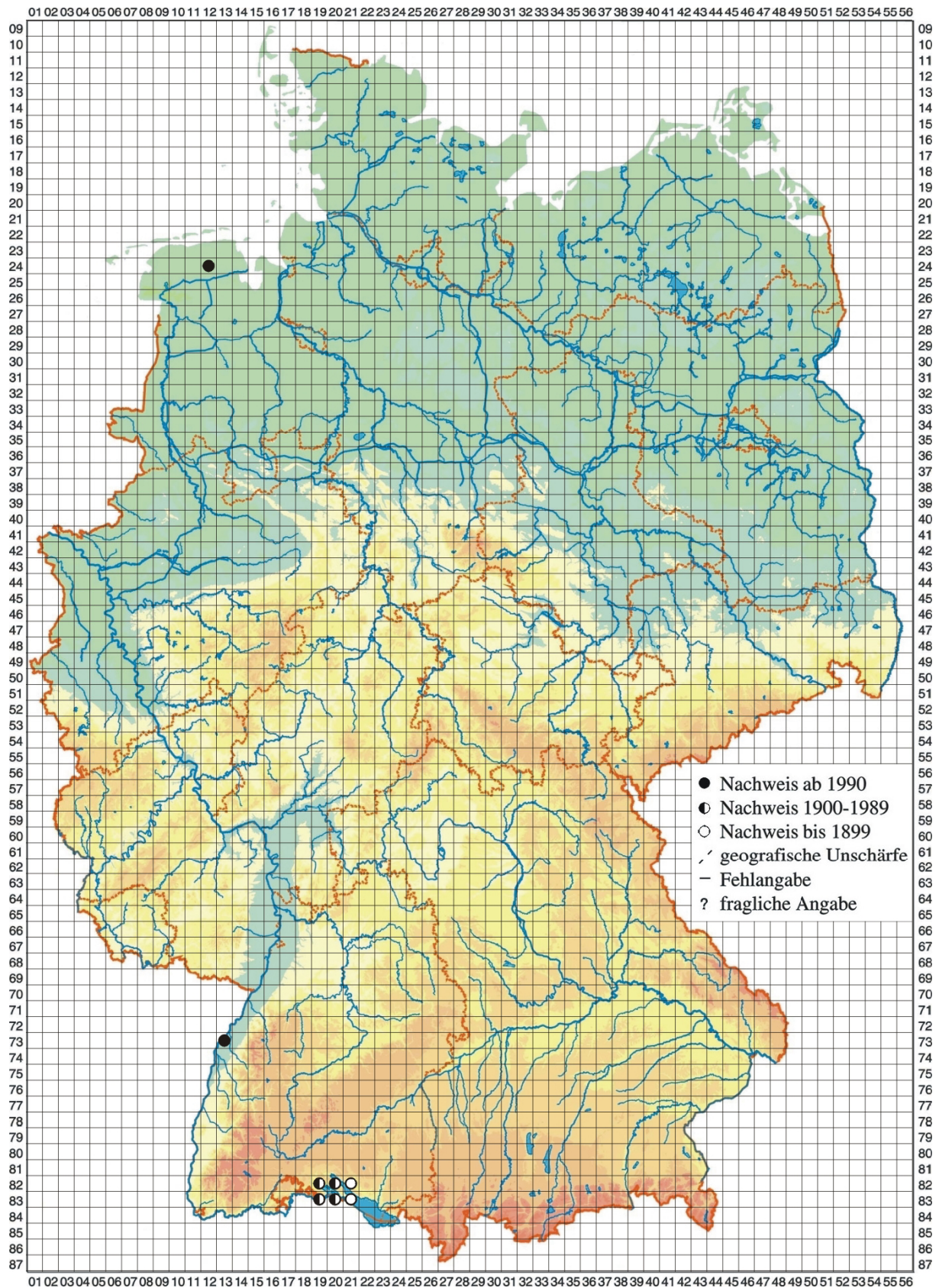
**Abb. 27** *Nitella confervacea* (Breb.) A. Braun ex v. Leonh., Kleinste Glanzleuchteralge



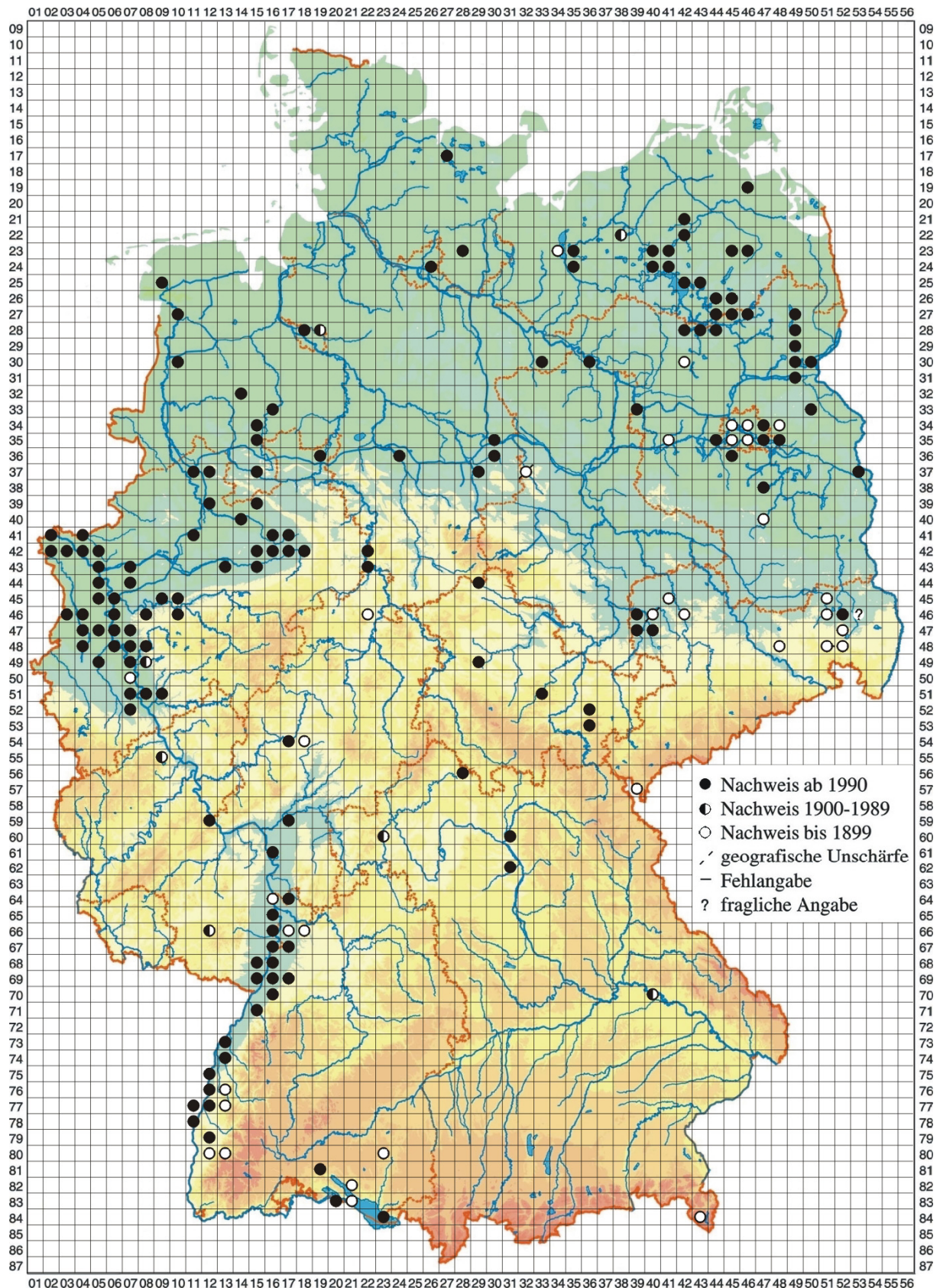
**Abb. 28** *Nitella flexilis* (L.) Agardh, Biegsame Glanzleuchteralge



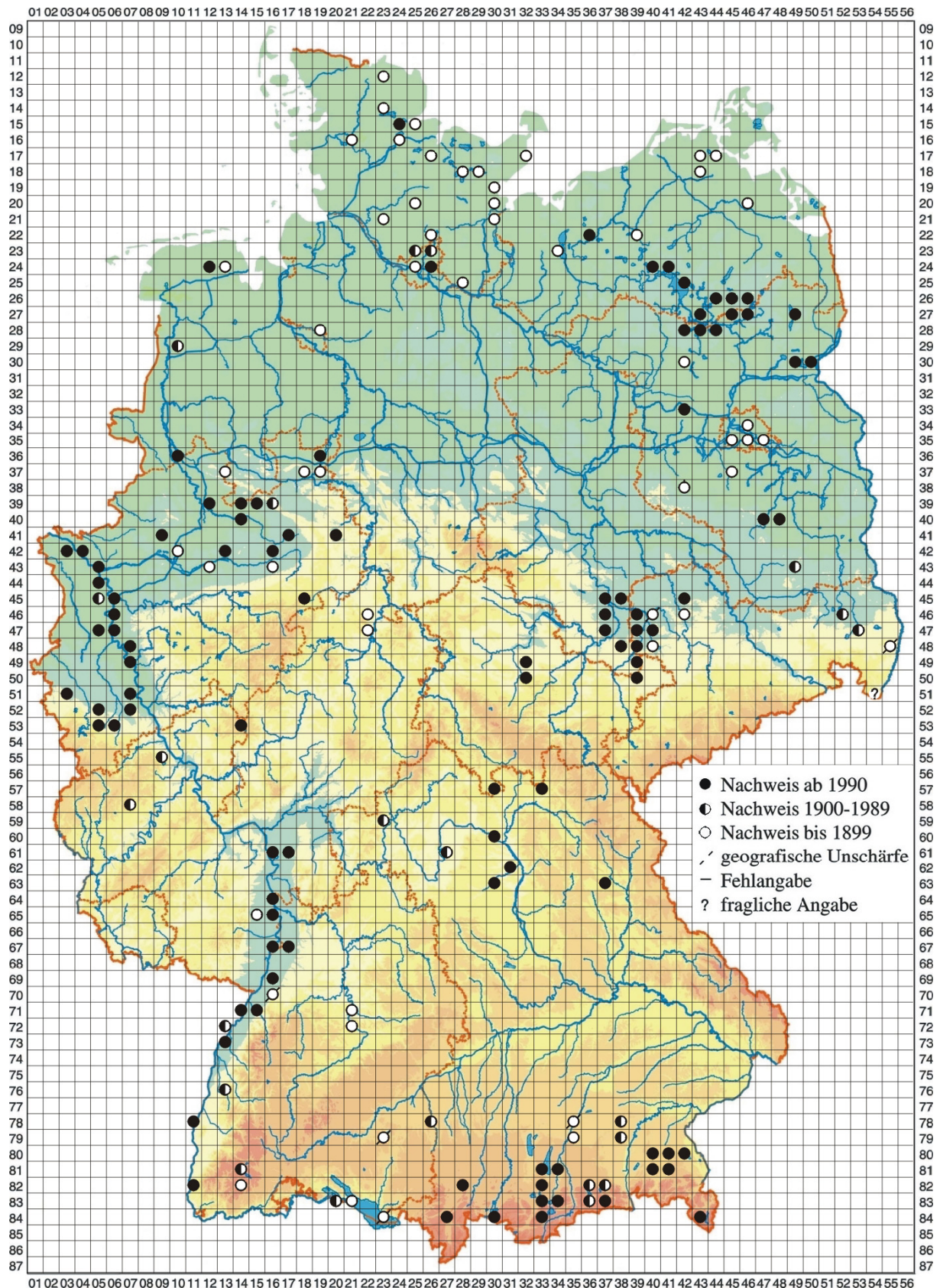
**Abb. 29** *Nitella gracilis* (Sm.) Agardh, Zierliche Glanzleuchteralge



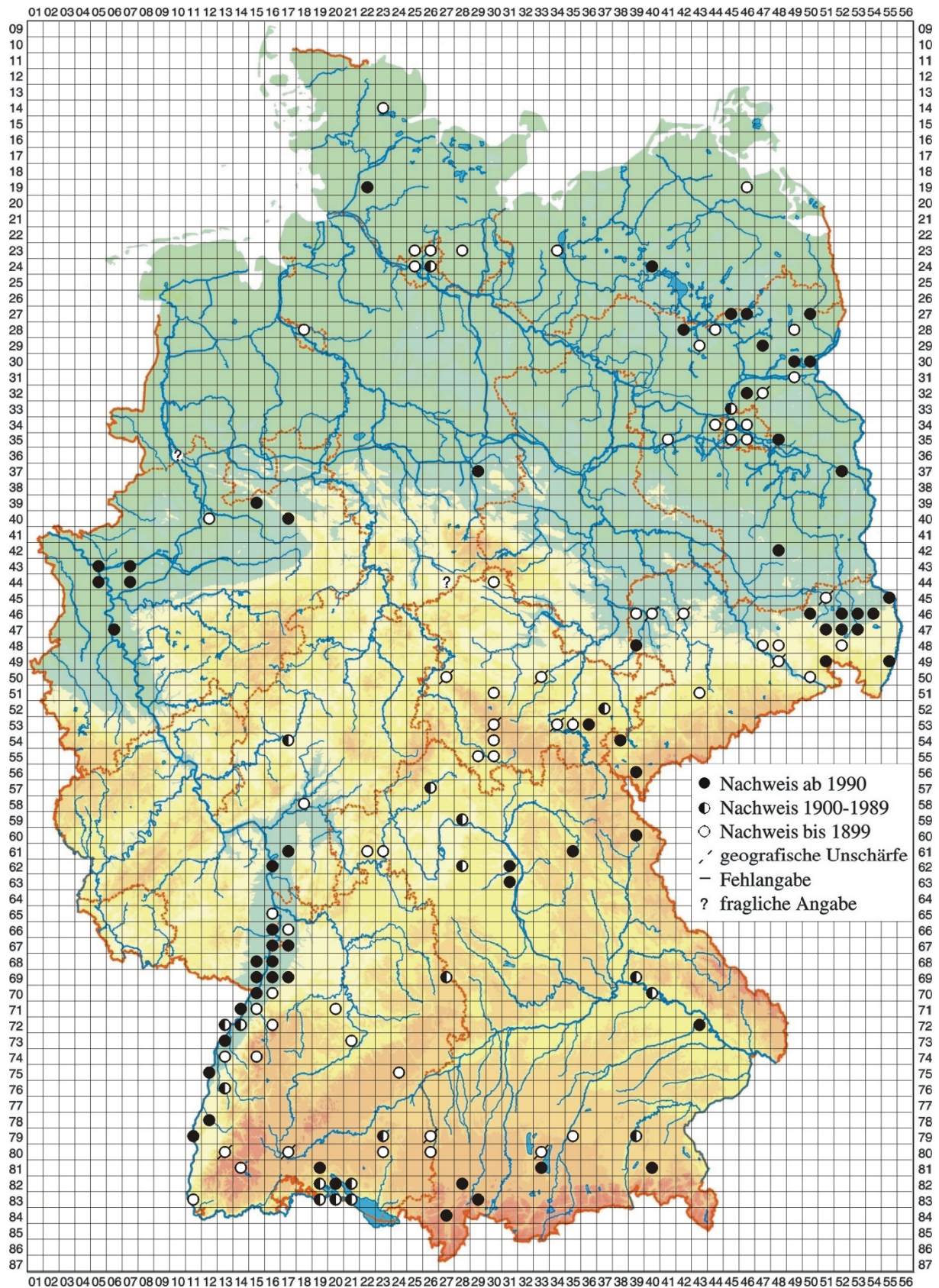
**Abb. 30** *Nitella hyalina* (DC.) Agardh, Vielästige Glanzleuchteralge



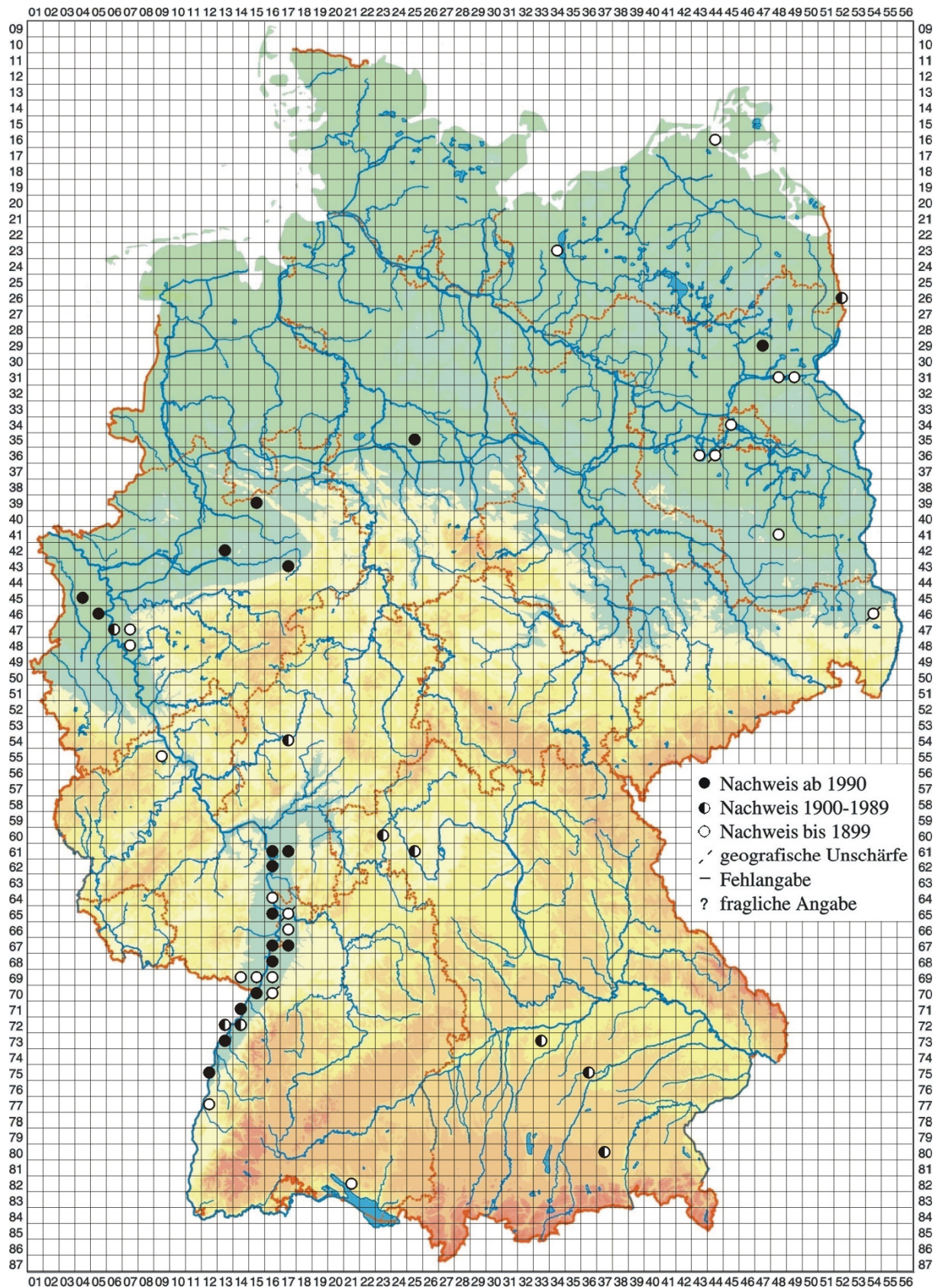
**Abb. 31** *Nitella mucronata* (A. Braun) Miquel, Stachelspitzige Glanzleuchteralge



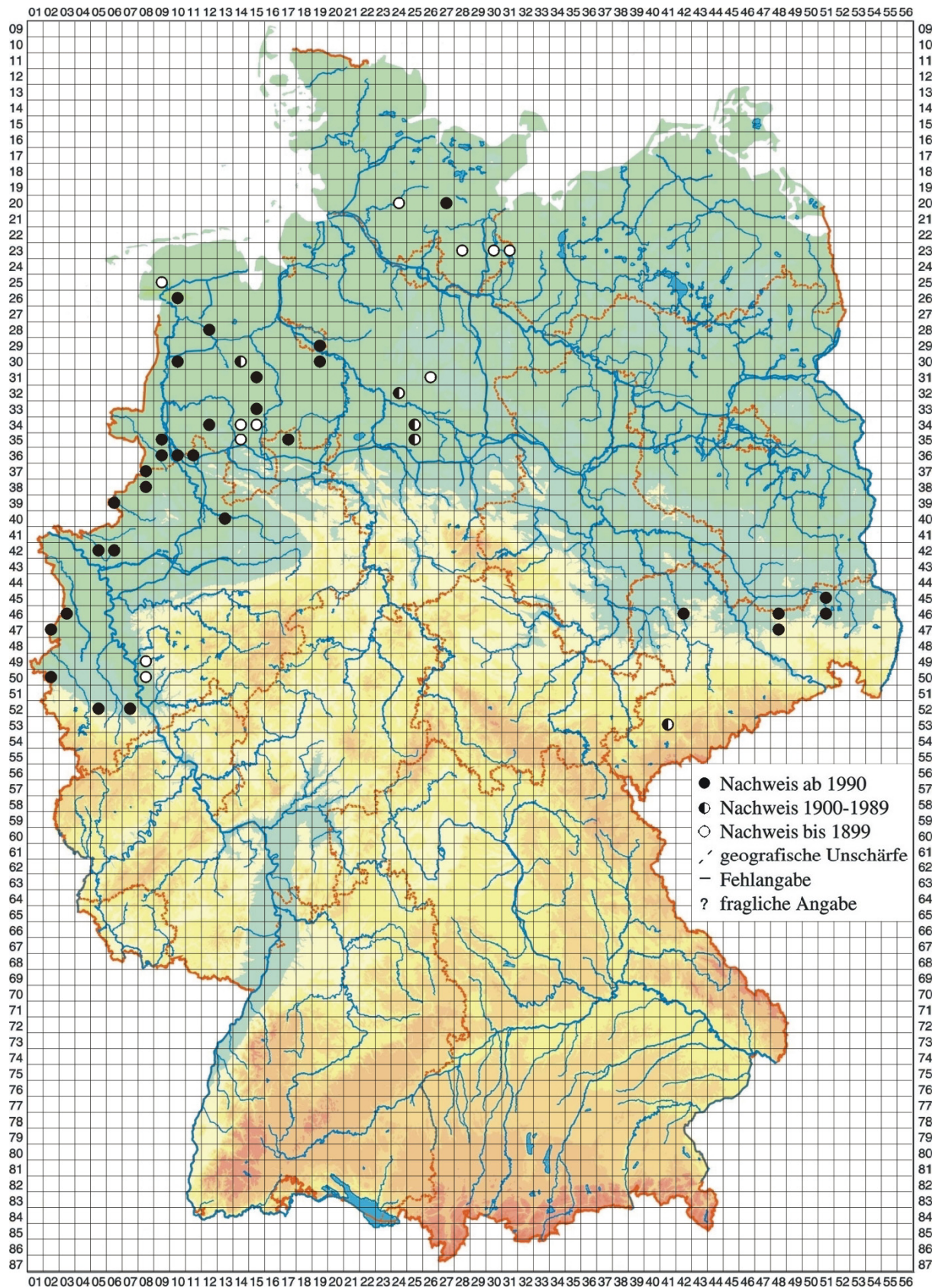
**Abb. 32** *Nitella opaca* (Bruzelius) Agardh, Dunkle Glanzleuchteralge



**Abb. 33** *Nitella syncarpa* (Thuill.) Chevall., Verwachsenfrüchtige Glanzleuchteralge



**Abb. 34** *Nitella tenuissima* (Desv.) Kütz., Schirmförmige Glanzleuchteralge



**Abb. 35** *Nitella translucens* (Pers.) Agardh, Schimmernde Glanzleuchteralge

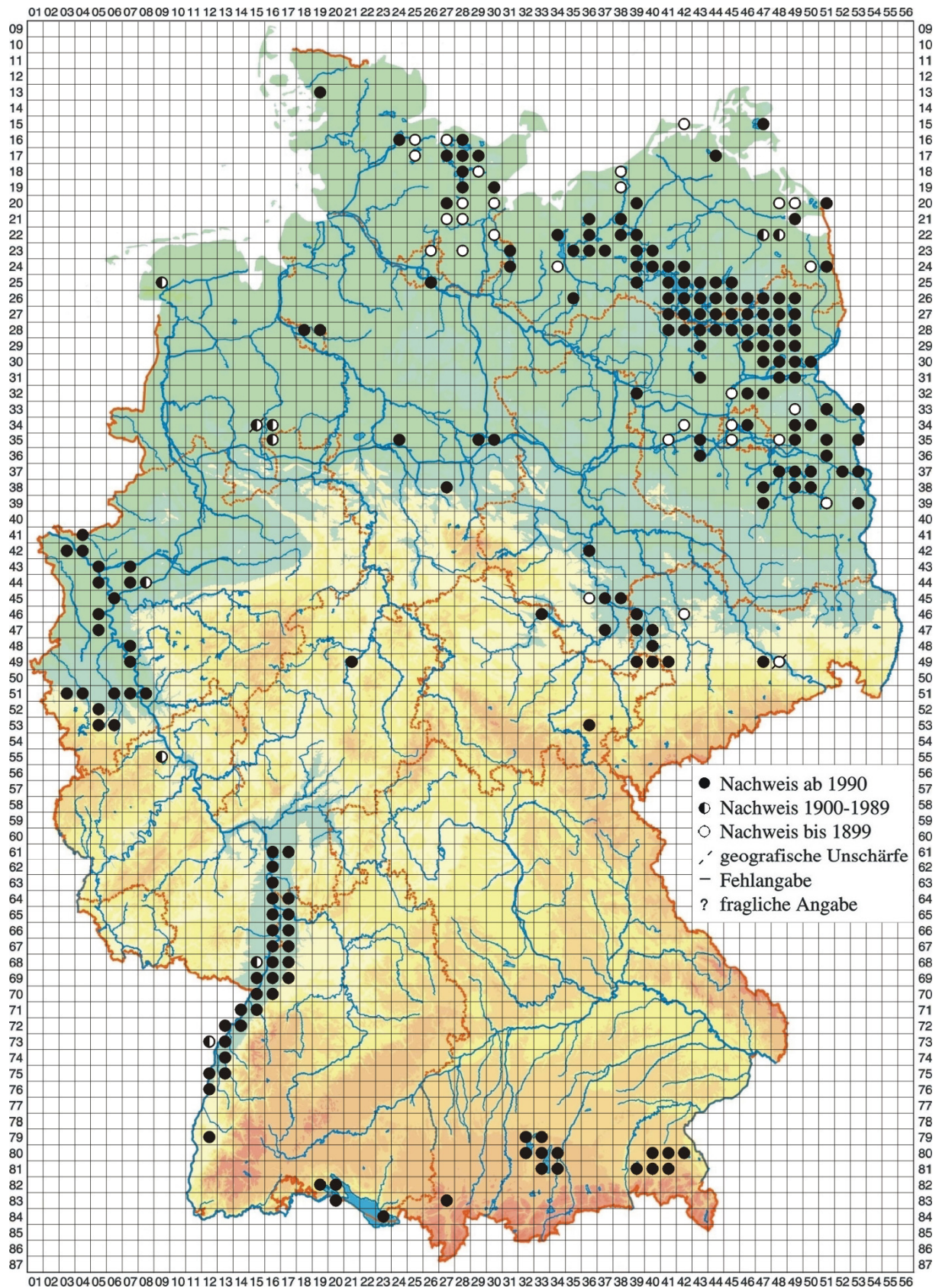
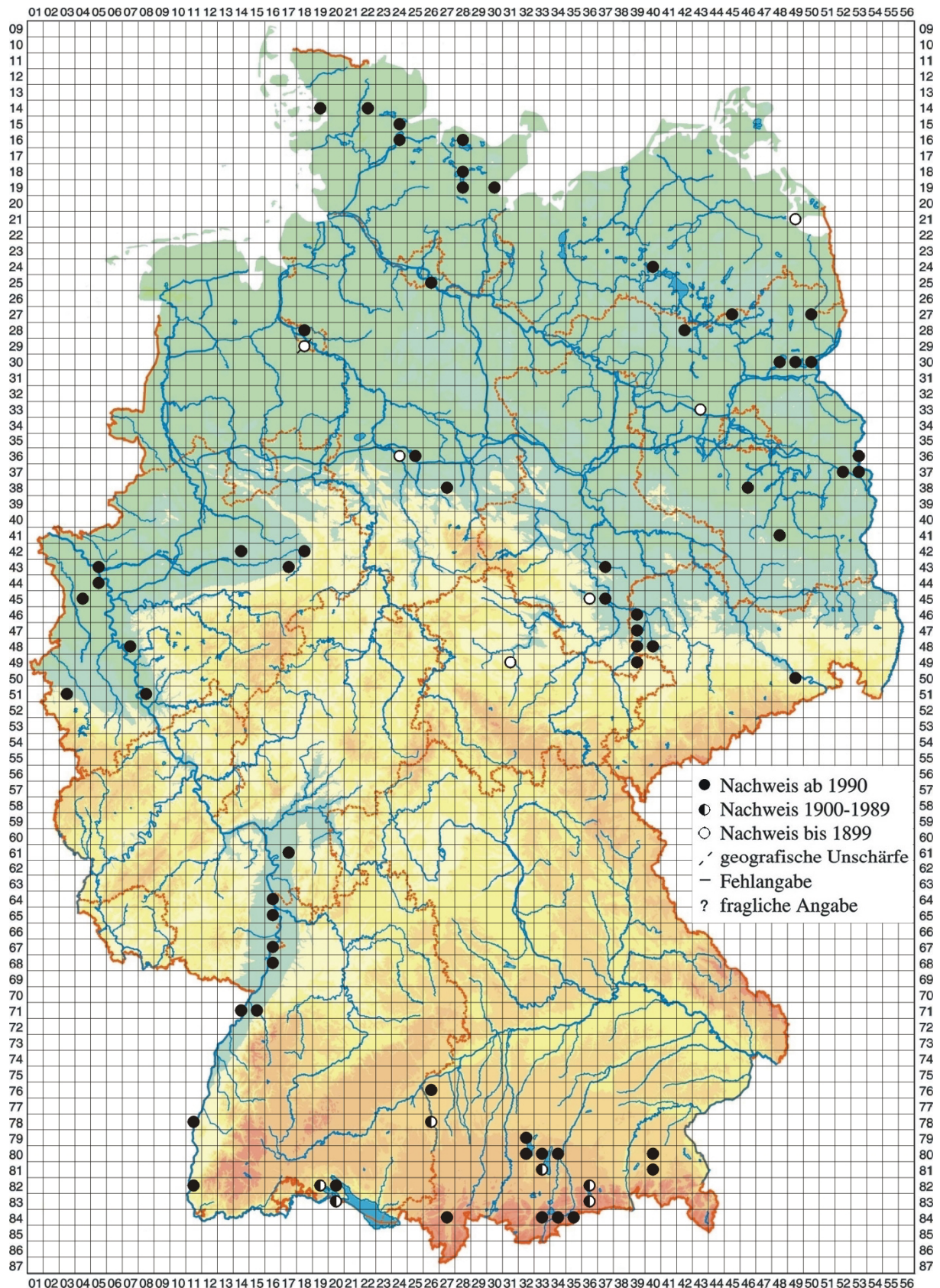
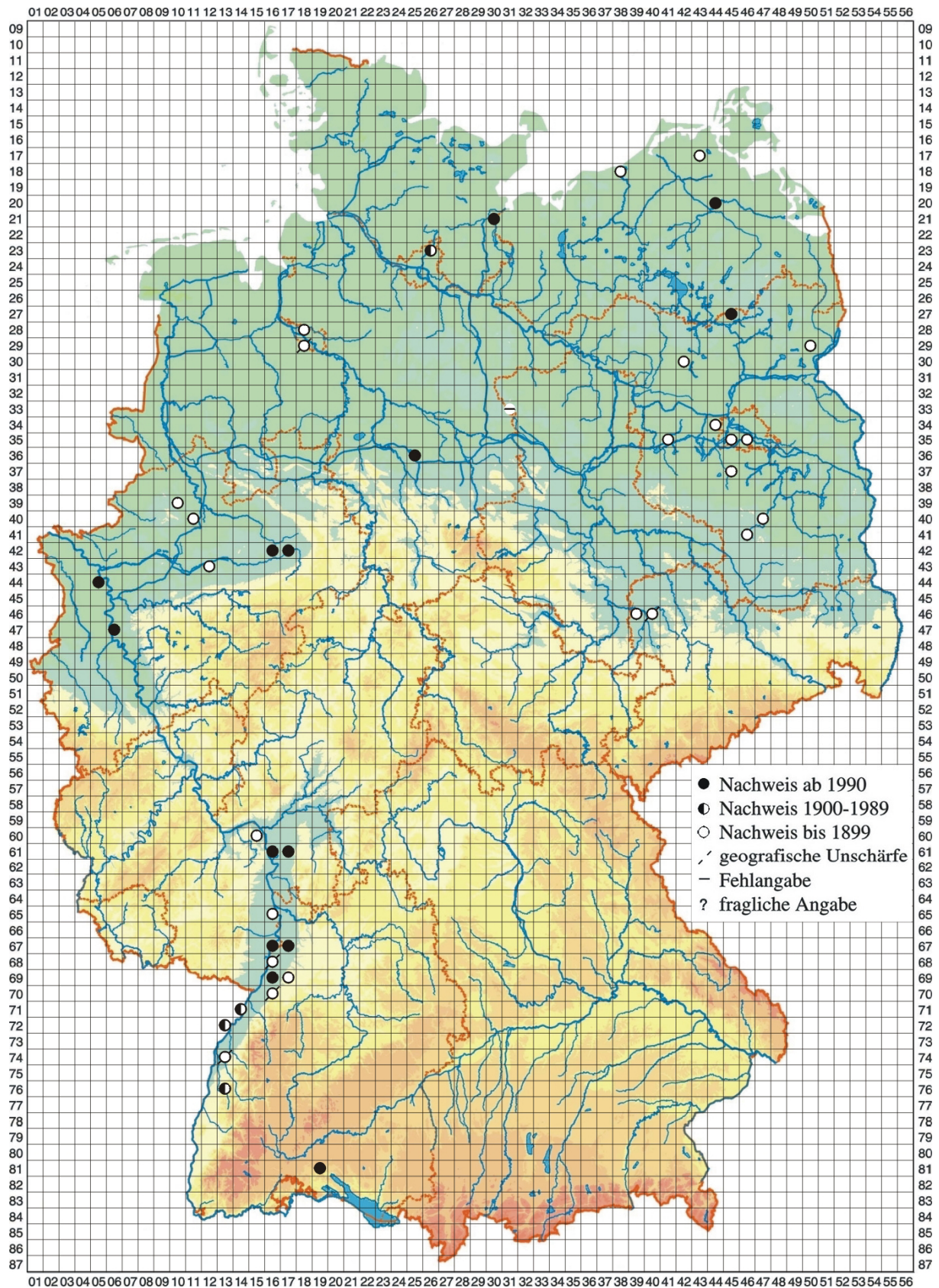


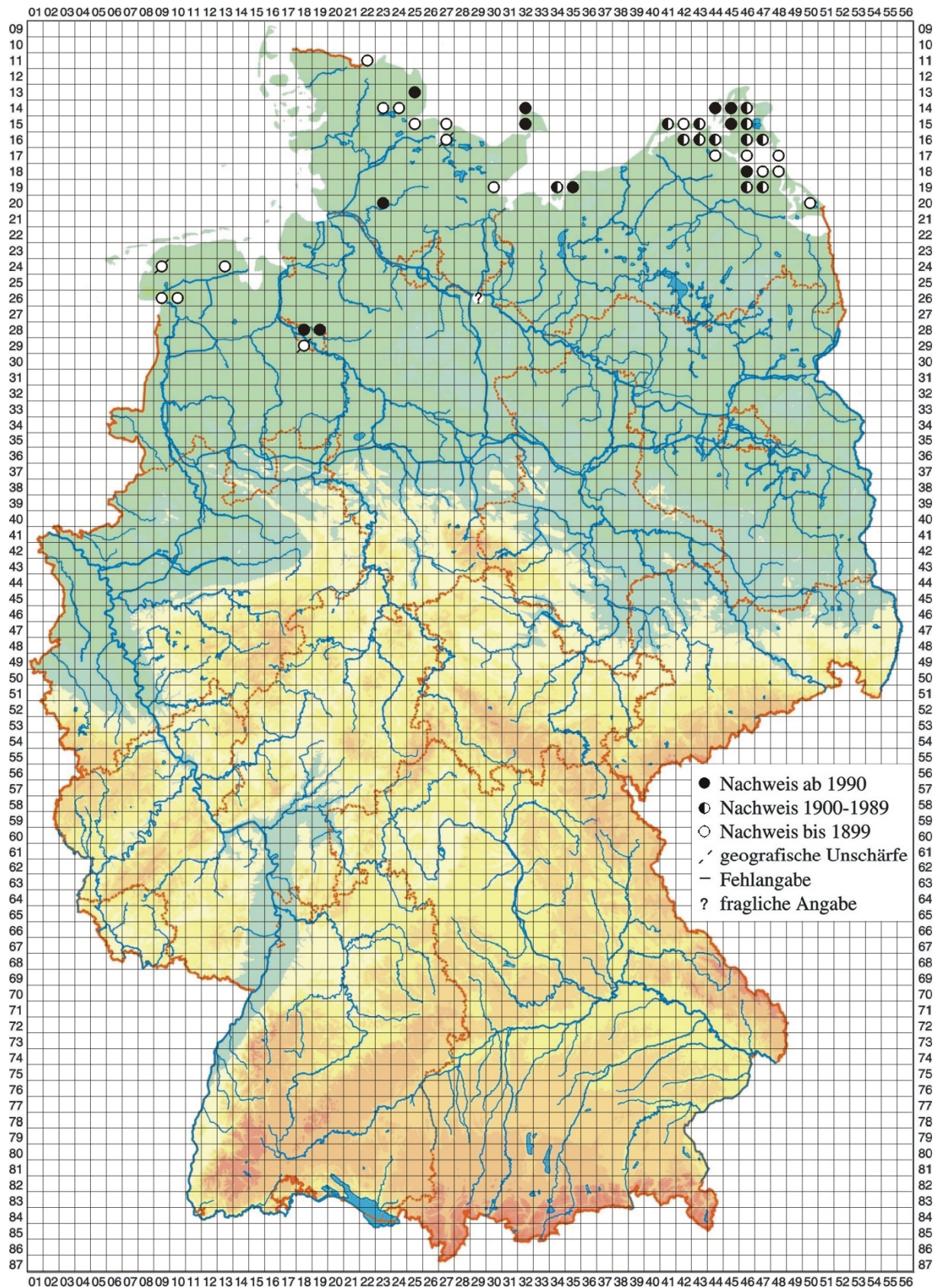
Abb. 36 *Nitellopsis obtusa* (Desv.) Groves, Stern-Glanzleuchteralge



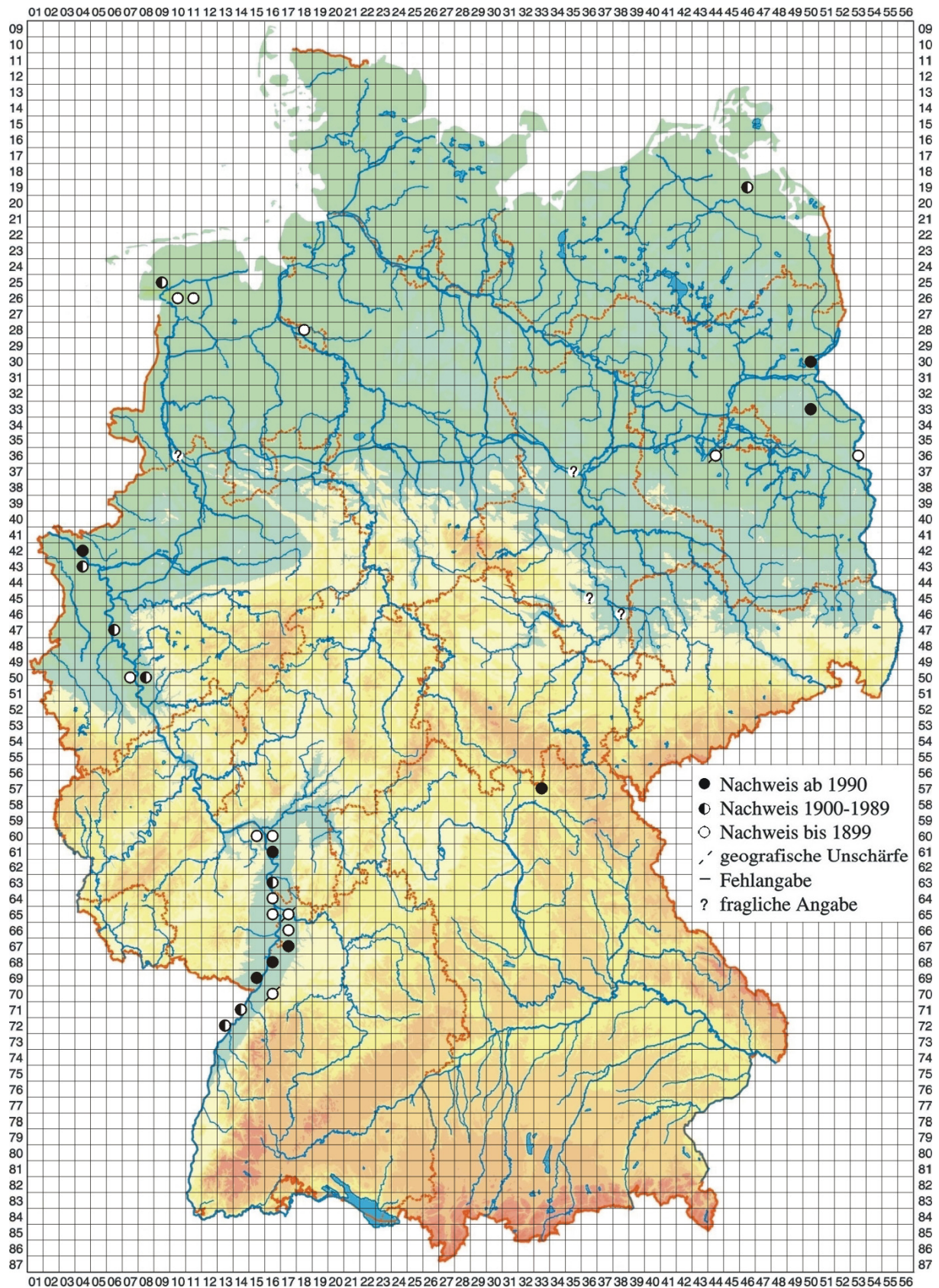
**Abb. 37** *Tolypella glomerata* (Desv. in Loisl.) v. Leonh., Kleine Baumleuchteralge



**Abb. 38** *Tolypella intricata* (Trent. ex Roth) v. Leonh., Verworrene Baumelechteralge



**Abb. 39** *Tolypella nidifica* (O. Müll.) A. Braun, Ostsee-Baumleuchteralge



**Abb. 40** *Tolypella prolifera* (Ziz ex A. Braun) v. Leonh., Sprossende Baumleuchteralge

## Danksagung

Allen die durch die Erfassung oder Sammlung von Armleuchteralgen oder Übermittlung von Characeen-Vorkommen einen Beitrag zur Erstellung der Verbreitungskarten geleistet haben, sei hiermit ganz herzlich gedankt. Ohne die umfangreiche, meist ehrenamtliche Arbeit der vielen Kartierer wäre ein solches Projekt nicht möglich gewesen. Unser Dank gilt außerdem den Kustoden der Herbarien, deren Unterstützung bei der Auswertung der Belege unverzichtbar war.

## Wichtige Literatur

- BECKER, R. (1997): Zur Verbreitung der Armleuchteralgen (Characeae) im Weser-Ems-Gebiet. – Florist. Rundbriefe 31 (1): 69-79.
- BECKER, R. (im Druck): Erstfund der Vielästigen Glanzleuchteralge *Nitella hyalina* (DC.) AGARDH in Niedersachsen. – Ber. Bot. Arbeitsgem. Südwestdeutschland.
- BECKER, R., G. WIEGLEB & B. ZIESMER (1992): Wasser- und Ufervegetation im Huntegebiet. Abschlußbericht des BMFT-Forschungsvorhabens "Modellhafte Erarbeitung eines ökologisch begründeten Sanierungskonzeptes kleiner Fließgewässer am Beispiel der Hunte". Mskr. Oldenburg.
- BEHRE, K. (1939): Die Algenbesiedlung der Truper Blänken bei Bremen. – Abh. Naturwiss. Ver. Bremen 31: 20-83.
- BEHRE, K. (1955): Die Algenbesiedlung einiger Seen um Bremen und Bremerhaven. – Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven 3: 221-383.
- BLÜMEL, C. & U. RAABE (2004): Vorläufige Checkliste der Characeen Deutschlands. – Rostocker Meeresbiolog. Beitr. 13: 9-26.
- BLÜMEL, C. (2004): Die Characeen in Mecklenburg-Vorpommern. – Rostocker Meeresbiolog. Beitr. 13: 55-72.
- BOLL, E. (1860): Flora von Meklenburg in geographischer, geschichtlicher, systematischer, statistischer u.s.w. Hinsicht. – Arch. Freunde Naturgesch. Mecklenburg 14.
- BRAUN, A., L. RABENHORST & E. STITZENBERGER (1857): Die Characeen Europas in getrockneten Exemplaren. Dresden.
- BRAUN, A. & O. Nordstedt (1882): Fragmente einer Monographie der Characeen. Berlin.
- DOEGE, A. (2001): Die Armleuchteralgen Sachsens mit Angaben zu ihrer Gefährdung. – Lauterbornia 40: 3-27.
- DOEGE, A. (2004): Neue Kenntnisse über die Armleuchteralgen (Charophyceae) Sachsens. – Rostocker Meeresbiolog. Beitr. 13: 163-172, Rostock.
- DOEGE, A. & S. HAHN (1999): Bemerkenswerte Charophyceae-Funde aus Sachsen. – Lauterbornia 36: 13-19.
- DOEGE, A., J. WEIß, B. VOGEL, M. DILGER, H. SÄNGER & A. KÜSTER (2006): Die Charales des Kulkwitzer Sees bei Leipzig (Sachsen). – Lauterbornia 58: 109-122.
- FRANKE, T., S. SCHNEIDER, A. MELZER, A. MAYER & O. DÜRHAMMER (2004): Planung und Struktur der Bayernkartierung sowie eine Zusammenstellung aller in Bayern nachgewiesener Characeen-Arten (Checkliste). – Rostocker Meeresbiolog. Beitr. 13: 195-202.
- GARNIEL, A. (2003): *Lamprothamnium sonderi* A. Garniel sp. nov. – In: SCHUBERT, H. & I. BLINDOW (eds.): Charophytes of the Baltic Sea: 163-167, Gantner, Ruggell.
- GEISSLER U. (1991): Zu Veränderungen in der Algenflora und zur Situation der Roten Listen in Berlin (West). – Landschaftsentwicklung Umweltf. 6: 125-128.
- GEISSLER U. & KIES, L. (2003): Artendiversität und Veränderungen in der Algenflora zweier städtischer Ballungsgebiete Deutschlands: Berlin und Hamburg. – Nowa Hedwigia, Beih. 126.
- GRABOW, K. & W. WIMMER (1998): Die Graue Armleuchteralge *Chara canescens* in Niedersachsen. – Braunschweiger Naturk. Schr. 5 (3): 759-762.
- GRAEBNER, P. & K. HUECK (1931): Die Vegetationsverhältnisse des Dümmergebietes. – Abh. Westfälisches Provinzial-Mus. Naturk. 2: 59-83.
- GREGOR, T. (2001a): Die Kenntnis der Armleuchteralgen (Characeen) in Hessen. – Natur und Museum 131: 253-262.

- GREGOR, T. (2001b): Die Armleuchteralgen (Characeae) Hessens - eine erste Fundortliste. – *Jahrb. Nass. Ver. Naturk.* 122: 195-213.
- HAMANN, U. & A. GARNIEL (2002): Die Armleuchteralgen Schleswig-Holsteins – Rote Liste. – Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (ed.). Flintbeck.
- HERR, W., D. TODESKINO & G. WIEGLEB (1989): Übersicht über Flora und Vegetation der niedersächsischen Fließgewässer unter besonderer Berücksichtigung von Naturschutz und Landschaftspflege. – *Naturschutz Landschaftspflege Niedersachsen* 18: 145-283.
- HOLTZ, L. (1892): Die Characeen Neu-Vorpommerns mit der Insel Rügen und der Insel Usedom. – *Mitt. Naturwiss. Ver. Neuvorpommern Rügen* 23: 99-156.
- HOLTZ, L. (1903): Characeen. In: *Kryptogamenflora der Mark Brandenburg*. 4.
- JÜNGST, L. V. (1837): Flora von Bielefeld, zugleich die Standorte der selteneren Pflanzen im übrigen Westfalen enthaltend. Bielefeld, Herford.
- KORSCH, H. (2004): Neue Kenntnisse zur Characeen-Flora Thüringens. – *Rostocker Meeresbiolog. Beitr.* 13: 173-178.
- KORSCH, H. (2006): Die Armleuchteralgen (Characeae) Thüringens und ihre Gefährdung (Rote Liste, 3. Fassung, Stand: 03/2006). – *Landschaftspflege Naturschutz Thüringen* 43 (3): 93-101
- KRAUSE, W. (1984): Rote Liste der Armleuchteralgen (Charophyta). – In: BLAB, J., NOWAK, E., TRAUTMANN, W. & SUKOPP, H. (eds.): *Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland*. ed. 4. – *Naturschutz Aktuell* 1: 184-187.
- KRAUSE, W. (1997): Charales (Charophyceae). – In: Ettl, H., G. GÄRTNER, H. HEYNIG, D. MOLLENHAUER (eds.): *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 18. Jena/Stuttgart /Lübeck/Ulm.
- KRIEG, H. & L. KIES (1989): Artenschutzprogramm Armleuchteralgen (Charophyta) und Süßwasser-Rotalgen (Rhodophyta) im Gebiet der Freien und Hansestadt Hamburg. – *Naturschutz Landschaftspflege Hamburg* 30: 1-40.
- KÜTZING, F. (1878): Die Algen-Flora von Nordhausen und Umgegend. – *Progr. Realschule Nordhausen*. 1-16
- KUSBER, W.-H., U. GEISSLER & R. JAHN (2005): Rote Liste und Gesamtartenliste der Rotalgen (Rhodophyceae), Armleuchteralgen (Charophyceae) und Braunalgen (Phaeophyceae) von Berlin. – In: *Der Landesbeauftragte für Naturschutz und Landschaftspflege / Senatsverwaltung für Stadtentwicklung* (ed.): *Rote Listen der gefährdeten Pflanzen und Tiere von Berlin*. CD-Rom.
- KUSBER, W.-H., U. RAABE, C. BLÜMEL, U. GEISSLER & R. JAHN (2004): Mittel- und langfristige Trends der Characeen-Vorkommen in Berlin. – *Rostocker Meeresbiolog. Beitr.* 13: 127-138.
- MAUERSBERGER, H. & R. MAUERSBERGER (1996): Die Seen des Biosphärenreservats „Schorfheide-Chorin“ – eine ökologische Studie. Diss. Ernst-Moritz-Arndt-Univ. Greifswald.
- MAUERSBERGER, R. (2004): Zum Vorkommen von Armleuchteralgengewächsen (Characeae) im Norden Brandenburgs. – *Rostocker Meeresbiolog. Beitr.* 13: 85-104.
- MEIEROTT, L. & U. RAABE (2008): Characeae S. F. Gray Armleuchteralgen. – In: MEIEROTT, L.: *Flora der Haßberge und des Grabfelds*. Eching, 1338-1342.
- MELZER, A. (1994): Möglichkeiten einer Bioindikation durch submerse Makrophyten – Beispiele aus Bayern. – *Beitr. Angewandten Gewässerökologie Norddeutschlands* 1: 92-102.
- MIGULA, W. (1897): Die Characeen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. – In: Dr. L. Rabenhorst's *Kryptogamen-Flora*. 5.
- NÖLDEKE, C. (1872): Flora der Ostfriesischen Inseln mit Einschluss von Wangerooge. – *Abh. Naturwiss. Ver. Bremen* 3: 93-198.
- PÄTZOLD, F. (2002): Ökologische Typisierung von Baggerseen am Oberrhein. – *Carolina* 60: 91-102.
- QUELLE, F. (1908): Algenflora von Nordhausen. – *Mitth. Thüring. Bot. Ver.* 23: 33-61
- RABENHORST, L. (1840): *Flora Lusatica*. 2. Kryptogamen: Algen. Leipzig, 165-185.
- RABENHORST, L. (1847): *Deutschlands Kryptogamenflora*. 2. Leipzig
- RABENHORST, L. (1863): *Kryptogamen-Flora von Sachsen, der Ober-Lausitz, Thüringen und Nordböhmen*. Leipzig.
- RADKOWITSCH, A. (in Vorbereitung): Die Armleuchteralgen (Characeae) Baden-Württembergs – aktueller Stand der Characeen-Kartierung.
- SAMIETZ, R. (1983): Armleuchteralgen (Charophyten) in Thüringen. – *Landschaftspflege Naturschutz Thüringen* 20: 89-97.

- SAMIETZ, R. (1986): Zur Situation der Armelechteralgen (Characeae) in Thüringen. – Veröff. Naturhist. Mus. Schleusingen, Sonderh. 33-37.
- SCHMIDT, D., K. van de Weyer, W. Krause, L. Kies, U. Garniel, U. Geissler, A. Gutowski, R. Samietz, W. Schütz, H.-C. Vahle, M. Vöge, P. Wolff & A. Melzer (1996): Rote Liste der Armelechteralgen (Characeae) Deutschlands. – In: Ludwig, G. & M. Schnittler (eds.): Rote Liste der gefährdeten Pflanzen Deutschlands. – Schriftenr. Vegetationsk. 28: 547-576.
- SCHMIEDER, K. (2004): Die Characeen des Bodensees. – Rostocker Meeresbiolog. Beitr. 13: 179-194.
- SCHUBERT, H. & U. KARSTEN (2004): Vorwort. – Rostocker Meeresbiolog. Beitr. 13: 7.
- SCHUBERT, H., S. SCHNEIDER, M. BÖGLE & R. SCHAIBLE (2005): Characeen Wiederfunde im Bereich Teutschenthal-Röblingen – ein Nachtrag zur Roten Liste der Algen des Landes Sachsen-Anhalt. – Mitt. Florist. Kartierung Sachsen-Anhalt 10: 42-48.
- SONDER, C. (1890): Die Characeen der Provinz Schleswig-Holstein und Lauenburgs nebst eingeschlossenen fremden Gebietstheilen. Diss. Univ. Rostock.
- STELZER, D. (2003): Makrophyten als Bioindikatoren zur leitbildbezogenen Seenbewertung – Ein Beitrag zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland. Diss. Techn. Univ. München.
- TÄUSCHER, L. (2004a): Neubearbeitung der Armelechteralgen (Charales) als Bestandteil der Roten Liste der Algen des Landes Sachsen-Anhalt (Deutschland). – Rostocker Meeresbiolog. Beitr.: 13: 139-145.
- TÄUSCHER, L. (2004b): Rote Liste der Algen des Landes Sachsen-Anhalt. – Ber. Landesamtes Umweltschutz Sachsen-Anhalt 39: 34-42.
- TRAPP, S. (1995): Die Characeen in Bremer Seen. – Florist. Rundbriefe 29 (2): 207-211.
- VAHLE, H.-C. (1990): Armelechteralgen (Characeae) in Niedersachsen und Bremen. Verbreitung, Gefährdung und Schutz. – Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 10: 85-130.
- VAN DE WEYER, K. (1994): Die Armelechteralgen (Characeae) Nordrhein-Westfalens – eine erste Übersicht. – Flor. Rundbriefe 27 (2): 120-136.
- VAN DE WEYER, K. (2007): Die Bedeutung von Tauchuntersuchungen bei der Erfassung von Makrophyten in Seen und Fließgewässern. – Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) - Tagungsbericht 2006 (Dresden): 708-713, Werder.
- VAN DE WEYER, K., DOEGE, A., KORSCH, H. & RAABE, U. (im Druck): Zur Anwendbarkeit des Kriteriensystems von LUDWIG et al. (2006) und zu Problemen bei der Erstellung der Roten Liste der Armelechteralgen (Characeae) Deutschlands. – Rostocker Meeresbiolog. Beitr.
- VAN DE WEYER, K. & U. RAABE (1999): Rote Liste der Armelechteralgen-Gewächse (Charales) in Nordrhein-Westfalen. – Schriftenr. LÖBF 17: 295-306.
- VAN DE WEYER, K. & U. RAABE (2004): Die Erfassung der Armelechteralgen-Gewächse (Characeae) in Nordrhein-Westfalen. – Rostocker Meeresbiolog. Beitr. 13: 153-162.
- VÖGE, M. (1983): Tauchbeobachtungen an Characeen in Seen Hamburgs und Umgebung. – Ber. Bot. Ver. Hamburg 5: 6-9.
- WAGNER, H.-G. (1995): Erste Übersicht über die Armelechteralgen (Characeae) des Raumes Osnabrück. – Osnabrücker Naturwiss. Mitt. 20/21: 101-140.
- WALLROTH, F. W. (1815): Annus botanicus, sive supplementum tertium ad Curtii Sprengelii floram Halensem. Halae.
- WINTER, U., H. KUHBIER & G. O. KIRST (1987): Characeen-Gesellschaften im oligohalinen Kuhgrabensee und benachbarten Gewässern. – Abh. Naturwiss. Ver. Bremen 40 (4): 381-394.

Heiko KORSCH

Dr. Heiko Korsch; Am Werragrund 1; 98660 Themar

## **Stand der Erfassung und bemerkenswerte Characeen-Funde in Thüringen**

### **1 Einleitung**

Als Ausgangsbasis dient der Stand der Erfassung Anfang des Jahres 2004, über den auf dem 1. Treffen der Arbeitsgruppe Characeen in Rostock berichtet wurde (KORSCH 2004). Seitdem wurde die Kartierung der Armelechteralgen fortgesetzt und es gelangen zahlreiche neue Funde darunter auch Erstnachweise für Thüringen. Sehr hilfreich waren die vielen Anregungen, die von den bisherigen Treffen, vor allem auch von der Exkursion in die Rheinaue im Jahr 2005 mitgenommen werden konnten. Als Ergebnisse wurden u.a. eine neue Rote Liste der Armelechteralgen Thüringens erarbeitet und der derzeitige Kenntnisstand einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht (KORSCH 2006).

Mein Dank gilt allen, die mich bei meinen Arbeiten zur Erfassung der Armelechteralgen Thüringens unterstützt haben. Vor allem sind hier Prof. Dr. K. Helmecke (Wittersroda), die Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie sowie die Kartierer, die mir Meldungen zu Vorkommen zukommen ließen zu nennen.

### **2 Aktueller Stand der Erfassung**

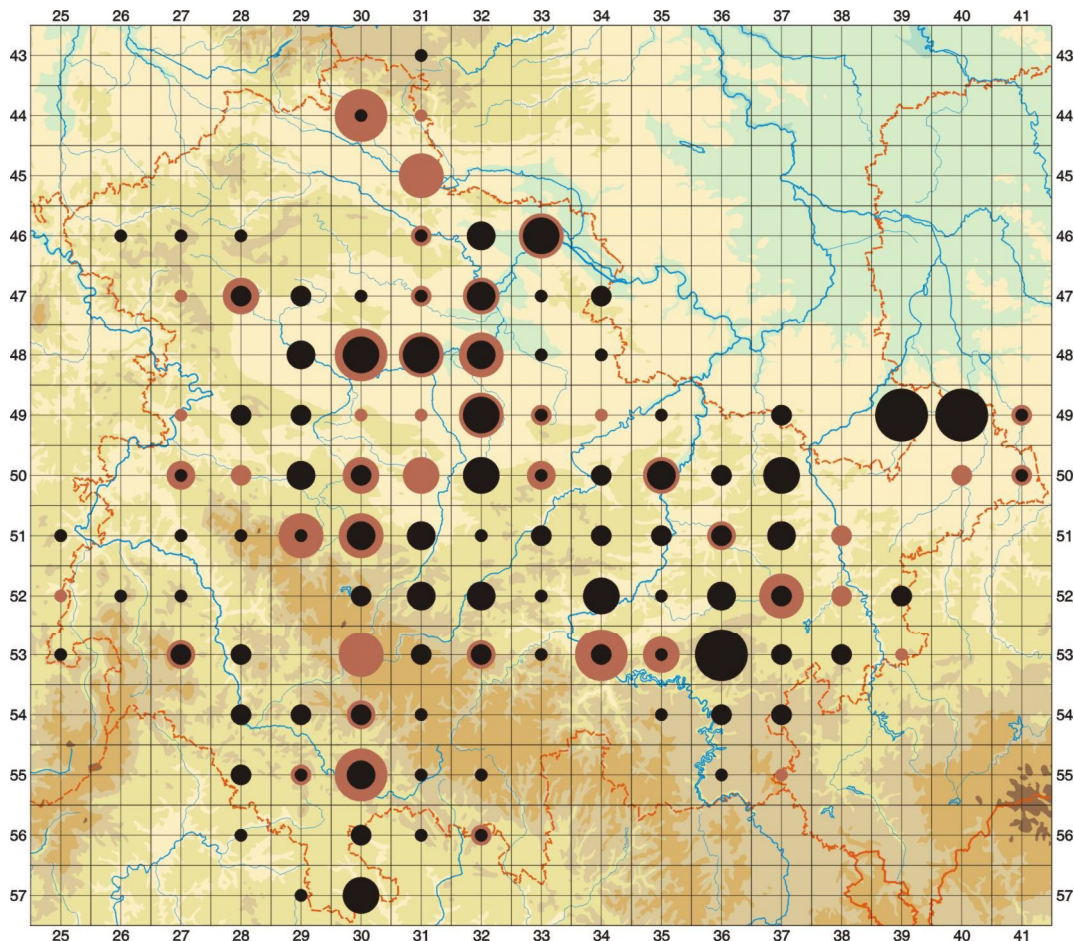
Anfang des Jahres 2004 enthielt die Datenbank der Armelechteralgen Thüringens ca. 260 Angaben (davon nur etwa 60 aktuelle). Inzwischen konnten ca. 540 weitere Meldungen aufgenommen werden. Bei den meisten handelt es sich um neue Geländenachweise. Die Checkliste der Armelechteralgen Thüringen umfasst jetzt 17 Arten. Die folgende Tab. gibt einen Überblick.

**Tab. 1** Aktuelle Checkliste der Armleuchteralgen Thüringens

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Gefährdung
<i>Chara aspera</i> (DETHARD.) WILLD.	Raue Armleuchteralge	1
<i>Chara contraria</i> A. BR.	Entgegengesetzte Armleuchteralge	3
<i>Chara globularis</i> THUILL.	Zerbrechliche Armleuchteralge	2
<i>Chara hispida</i> L.	Steifborstige Armleuchteralge	3
<i>Chara intermedia</i> A. BR..	Kurzstachelige Armleuchteralge	2
<i>Chara polyacantha</i> A. BR.	Vielstachelige Armleuchteralge	2
<i>Chara tomentosa</i> L.	Hornblättrige Armleuchteralge	0
<i>Chara virgata</i> KÜTZ.	Rutenförmige Armleuchteralge	2
<i>Chara vulgaris</i> L.	Gewöhnliche Armleuchteralge	3
<i>Nitella capillaris</i> (KROCKER) J. GROVES & BULLOCK-WEBSTER	Haarfeine Glanzleuchteralge	1
<i>Nitella flexilis</i> (L.) AGARDH	Biegsame Glanzleuchteralge	2
<i>Nitella gracilis</i> (SM.) AGARDH	Zierliche Glanzleuchteralge	1
<i>Nitella mucronata</i> (A. BR.) MIQUEL	Stachelspitzige Glanzleuchteralge	2
<i>Nitella opaca</i> (BRUZELIUS) AGARDH	Dunkle Glanzleuchteralge	2
<i>Nitella syncarpa</i> (THUILL.) CHEVALL	Verwachsenfrüchtige Glanzleuchteralge	1
<i>Nitellopsis obtusa</i> (DESV.) J. GROVES Stern	Glanzleuchteralge	2
<i>Tolypella glomerata</i> (DESV. in LOISL.) v. LEONH	Kleine Baumleuchteralge	1

Zweifelhaft ist ob *Chara canescens* je in Thüringen vorkam. Im Herbarium Haussknecht Jena liegt ein von WALLROTH gesammelter Beleg aus dem Herbarium GERHARD (Leipzig) der mit „Heringen, 3.9.1820“ beschriftet ist. In der Literatur wird ein Vorkommen dieser an salzhaltige Gewässer gebundenen Art bei Heringen nirgendwo erwähnt, obwohl die Tatsache sehr bemerkenswert wäre. Außerdem hat WALLROTH seine Belege fast nie mit Funddaten versehen. Zudem wohnte er zu jener Zeit in Heringen. Es ist deshalb sehr wahrscheinlich, dass GERHARD die Beschriftung des Etiketts selbst vorgenommen hat und damit ausdrückt, den Beleg von dem in Heringen lebenden WALLROTH am genannten Tag erhalten zu haben.

Die Verteilung der bisherigen Nachweise über Thüringen verdeutlicht die folgende Karte. Sichtbar wird vor allem, dass es kaum Regionen ohne Characeen-Vorkommen gibt. Außerdem heben sich die Gebiete, in denen früher Algenkundler tätig waren, durch eine große Zahl historischer Nachweise ab. Viele davon konnten nicht wieder bestätigt werden. Die aktuell artenreichsten Regionen sind die mit zahlreichen neu entstandenen Gewässern. Vor allem sind hier die Tagebaurestlöcher im Altenburger Land in Ost- und die Kiesgruben in der Geraue in Mittelthüringen zu nennen. Die derzeit höchste Artenzahl in einem Messtischblatt liegt bei 10.



**Abb. 1** Anzahl der Armleuchteralgen-Arten der Messtischblätter in Thüringen. kleinster Kreis = 1 Art; größter Kreis = > 5 Arten; rot = alle Nachweise; schwarz = Nachweise ab 2000.

Einen Eindruck über den Stand der Erfassung sollen drei Verbreitungskarten etwas verbreiteterer Arten geben. Die mit Abstand häufigste Characeae Thüringens ist *Chara vulgaris*. Sie kommt vor allem in den Kalkgebieten und im Thüringer Becken vor. *C. contraria* hat ähnliche Ansprüche an den Lebensraum, ist aber deutlich seltener. Sie wurden mehrfach gemeinsam angetroffen. Die dritte Art (*Nitella flexilis*) besiedelt vorzugsweise saure, nährstoffarme Gewässer in den Gebirgen und den Buntsandsteinvorländern.

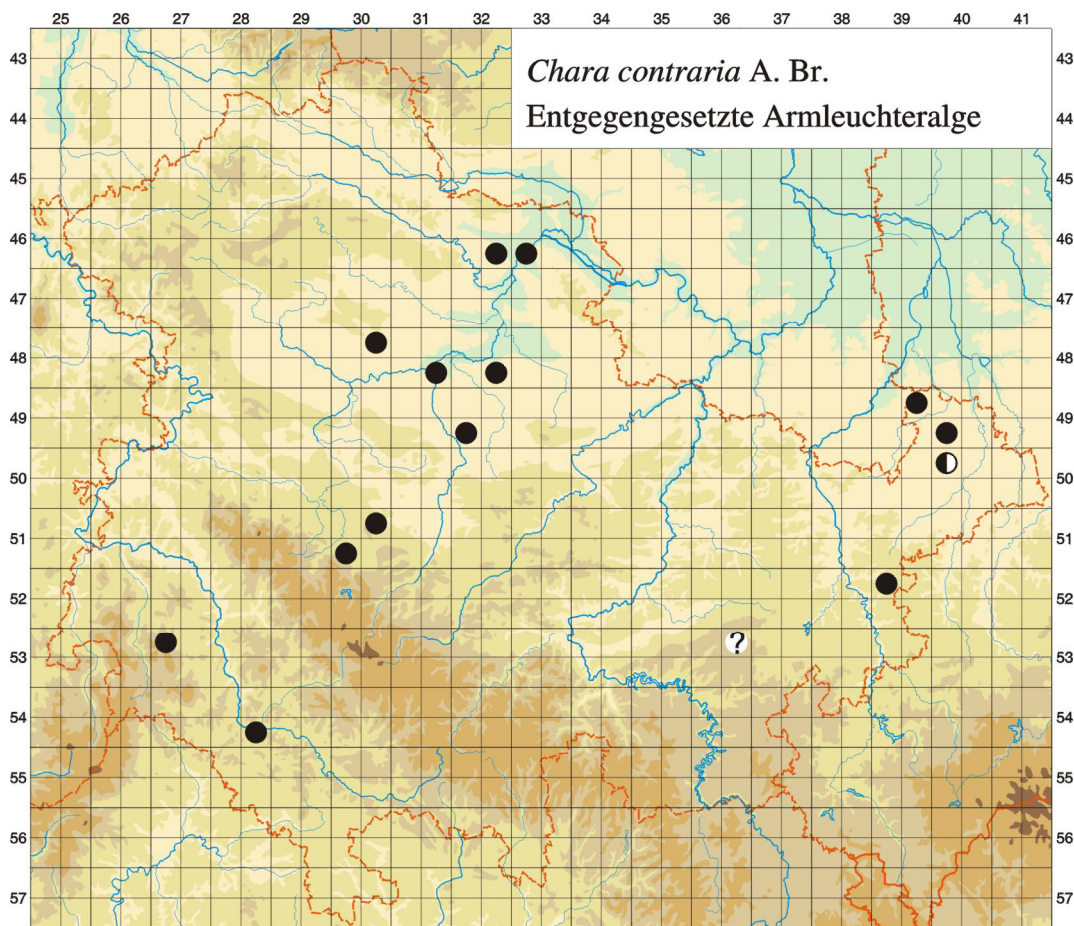


Abb. 2a

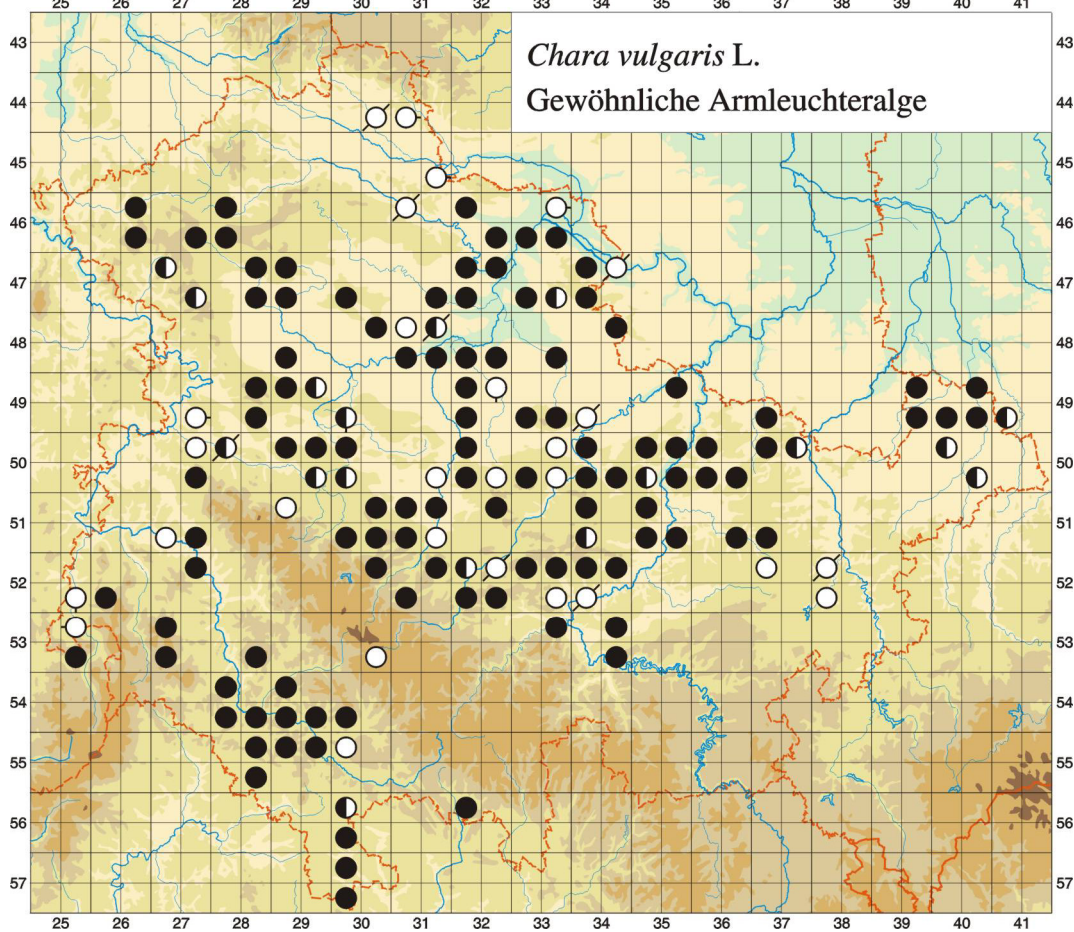


Abb. 2b

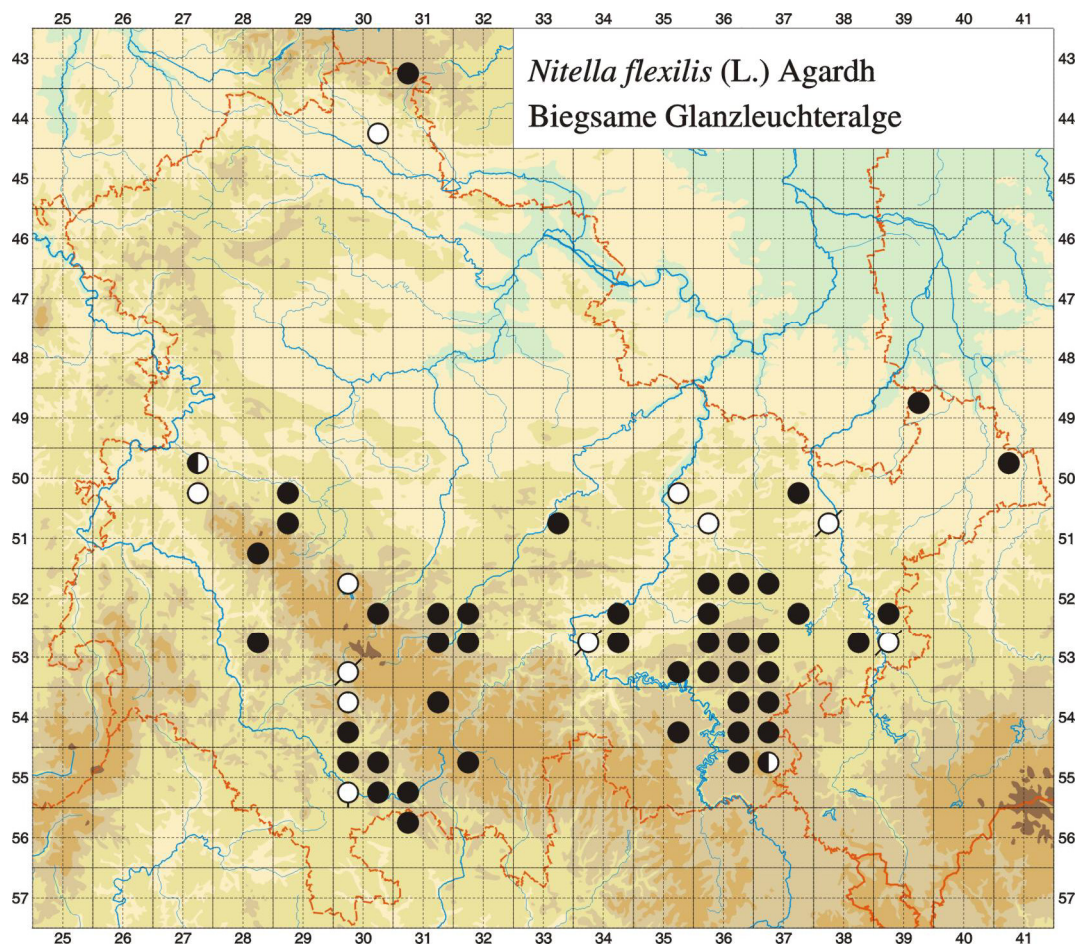


Abb. 2c

● Nachweis ab 2000    ◐ Nachweis 1950-1999    ○ Nachweis bis 1949

Abb. 2 Verbreitung einiger Characeen-Arten in Thüringen. a) *Chara contraria*, b) *Chara vulgaris* L., c) *Nitella flexilis* L.

### 3 Bemerkenswerte neue Nachweise von Armleuchteralgen in Thüringen

Alle Vorkommen wurden von mir selbst gefunden oder vor Ort bzw. am Beleg überprüft.

*Chara aspera*: Sömmerda, Gründelloch bei Kindelbrück (2005 KORSCH).

*Chara polyacantha*: Gotha, Kalksandgrube Herbsleben (2003 KORSCH); Altenburg, Tagebaurestloch O Prößdorf (2005 KORSCH); Rudolstadt, Graben um das Schloss Großkochberg (2006 DULLIES).

*Nitella capillaris*: Nordhausen, Waldbad Ellrich (2004 KORSCH).

*Nitella gracilis*: Sömmerda, kleine Sandgrube auf dem ehemaligen Truppenübungsplatz auf der Schrecke bei Burgwenden (2005 KORSCH & ZÜNDORF); Schleiz, Teich S des Poppenberges bei Lössau (2004 KORSCH); Hildburghausen, Pfütze auf Waldweg 1,5 km N Ebenhards (2006 KORSCH); Hildburghausen, mehrfach ca. 1,5 km S und SW Schweikershausen; Hildburghausen, mehrfach ca. 2 km SW Käßlitz; jeweils Fahrspuren auf Waldwegen (2007 KORSCH).

*Nitella mucronata*: Weimar, Waldteich S des Kohlgrundes NW Schwarza (2006 HELMECKE); Schleiz, Teich im Mückengrund bei Neustadt/Orla (2004 KORSCH); Schleiz, Teich N der Straße von Pahnstangen nach Pörmitz (2006 KORSCH & HELMECKE); Meiningen, zwei Teiche am Hammelbad SO Behrungen (2007 KORSCH).

*Nitella opaca*: Altenburg, Tagebaurestloch O Prößdorf; Erfurt, Nordstrandbad (beide 2005 KORSCH); Hildburghausen, ehemaliger Fahrzeugsperrgraben an der Grenze S Hellingen (2006 KORSCH).

*Nitella syncarpa*: Schleiz, Teich N der Straße von Pahnstangen nach Pörmitz (2006 KORSCH & HELMECKE); Schleiz, Teich W der Autobahn 1,2 km NO Pahnstangen; Schleiz, Teich O der Autobahn 0,8 km WNW Pörmitz (beide 2006 HELMECKE).

*Nitellopsis obtusa*: Artern, Kiesgrube S Esperstedt; Altenburg, Tagebaurestloch O Prößdorf (beide 2005 KORSCH); Altenburg, Tagebaurestloch Pahnna (2006 KORSCH & HELMECKE); Schleiz, Graben 1,3 km SO Dreba (2003 KORSCH).

*Tolypella glomerata*: Erfurt, bei Walschleben (1895 REINECKE, Beleg in JE); Altenburg, Tagebau O Prößdorf (2005 KORSCH).

#### **Literatur**

KORSCH, H. (2004): Neue Kenntnisse zur Characeen-Flora Thüringens. Rostock. Meeresbiolog. Beitr. 13: 173-178.

KORSCH, H. (2006): Die Armleuchteralgen (Characeae) Thüringens und ihre Gefährdung (Rote Liste, 3. Fassung, Stand: 03/2006). Landschaftspfl. Naturschutz Thüringen 43 (3): 93-101.

Reinhard HEERKLOSS

PD Dr. Reinhard Heerkloss; Institut für Biowissenschaften/ Aquatische Ökologie; Universität Rostock  
Albert-Einstein-Str. 3; 18051 Rostock  
reinhard.heerkloss@uni-rostock.de

## Die Entwicklung der Experimentellen Ökologie an der Universität Rostock

In memoriam Prof. em. Dr. habil. Ulrich Schiewer

Am 23. Mai 2007 ist unser hochgeschätzter Kollege Prof. em. Dr. sc. nat. Ulrich Schiewer im Alter von 70 Jahren verstorben. Wir gedenken in ihm eines Hochschullehrers, dessen Wirken in Lehre, Forschung und Wissenschaftsorganisation die Entwicklung der Ökologie an der Universität seit mehr als drei Jahrzehnten mitbestimmt hat. Aus der Pflanzenphysiologie kommend, interessierte er sich schon frühzeitig für Fragen der Aquatischen Ökologie. Durch Untersuchungen an künstlich isolierten Lebensgemeinschaften aus Boddengewässern führte er zielstrebig und sehr erfolgreich einen neuartigen Ansatz in die Ökosystemforschung ein. Mit profundem Wissen, Kreativität und menschlicher Ausstrahlung gelang es ihm, Spezialisten verschiedener Disziplinen für seine experimentell-ökologischen Forschungen zu gewinnen.



Ulrich Werner August Schiewer wurde am 2. Juni 1936 in Zietzen, Kreis Stolp, im Gebiet des heutigen Polen geboren. Seine Schulzeit begann vor Kriegsende im Geburtsort, wurde nach einer Unterbrechung 1947 – 1950 in Berthelsdorf (Kreis Löbau) in Sachsen fortgesetzt und 1954 mit dem Abitur an der Großen Stadtschule I in Rostock beendet. Danach fing mit dem Biologiestudium eine geradlinige wissenschaftliche Laufbahn an der Universität Rostock an. Während der Zeit als Doktorand am Botanischen Institut heiratete er 1960 die Ärztin Waltraud Brumm. Ein Jahr später wurde ihr gemeinsamer Sohn Norbert geboren. 1965 promovierte er mit Forschungen zum Auxinstoffwechsel mehrzelliger Ostseealgen. Prägend für seine Entwicklung als Spezialist für Ökophysiologie der Pflanzen waren Forschungsaufenthalte am Biologischen Institut der Leningrader Universität und am Timirjasew-Institut für Pflanzenphysiologie der Moskauer Universität. Die dort bearbeiteten Stämme von *Microcystis firma* und *Synechocystis aquatilis* siedelte er in Rostock an und sicherte damit das Überleben der Pflanzenphysiologie an der

Universität Rostock, das 1968 nach der III. Hochschulreform der DDR von einer meeresbiologischen Ausrichtung abhängig gemacht worden war. Mit diesen Organismen initiierte er die Aufklärung der Salzanpassung von Cyanobakterien, über die damals kaum etwas bekannt war. Die Erfolge der ersten Jahre sind untrennbar mit seinem Namen verbunden und bildeten 1979 die Grundlage seiner Habilitationsschrift. Im gleichen Jahr wurde er zum Dozenten für Ökophysiologie der Pflanzen berufen. Als Hochschullehrer verwirklichte er beispielhaft die universitäre Einheit von Forschung und Lehre. Die von ihm federführend gestaltete Serie von Komplexexperimenten zur Aufklärung von Stoffkreisläufen und Nahrungsbeziehungen hocheutropher Brackgewässer wurde für viele Studenten und Doktoranden zu einer prägenden Phase ihrer wissenschaftlichen Entwicklung. In der Vorbereitungsphase und während der Messkampagnen verstand er es, Begeisterung für die Sache zu wecken und Fertigkeiten und Ideen der einzelnen Teilnehmer in kreative Bahnen zu lenken. Die unter seiner Leitung durchgeführten Mesokosmos-Experimente sind in Tab. 1 zusammengefasst.

**Tab. 1** Mesokosmos-Experimente in der Übersicht. PEKOM = Pelagial-Kompartiment, FLAK = Flachwasser-Kompartiment, KOLA = Komplexes Laborexperiment, IMAGE = Experiment zur Einführung der Image-Analyse bei der Bakterienzählung, PLÖN = Experiment in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Limnologie in Plön, ROKI = Rostock/Kiel, Experiment mit Beteiligung von Mitarbeitern des Institutes für Meereskunde der Universität Kiel, AGVER = Aggregations-Versuch, HYPER = Hypertrophierungs-Experiment, CIROT = Ciliaten/Rotatorien-Experiment, CLORO = Experiment mit Zusatz von Chlorophyteen, LAGG = Aggregate im Präsediment. Kompartiment-Typen: P = 1-m<sup>3</sup>-Plastiksäcke im Freiland, Abb. 1) F = eingezäunte Flachwasserbereiche im Freiland (Abb. 2), T = 100-Liter-Tonnen im Labor (Abb. 3).

Name	Datum	Typ des Kompartiments	Fragestellung
PEKOM 81	02.06.81 – 16.07.81	P	Limitationsfaktoren im Plankton
PEKOM 82	22.06.82 – 15.07.82	P	Limitationsfaktoren im Plankton
PEKOM 83	31.05.83 – 24.05.83	P	Limitationsfaktoren im Plankton
FLAK 85	04.06.85 – 23.07.85	F	Benthisch-pelagische Kopplung
FLAK 86	05.06.86 – 24.07.86	F	Benthisch-pelagische Kopplung
FLAK 87	02.06.87 – 23.07.87	F	Benthisch-pelagische Kopplung
KOLA 88	10.11.88 – 20.12.88	T	Temperatureinfluss auf Plankton
KOLA 89/1	29.03.89 – 18.05.89	T	Temperatureinfluss auf Plankton
KOLA 89/2	26.10.89 – 15.12.89	T	Temperatureinfluss auf Plankton
PLÖN 90	04.12.90 – 14.12.90	T	Einfluss von Bakterien aus Kulturen
ROKI 90	06.06.90 – 06.07.90	P	Mikrobielle Nahrungsgefüge
IMAGE 91	08.01.91 – 23.01.91	P	Mikrobielle Nahrungsgefüge
PLÖN 91	22.02.91 – 08.03.91	T	Einfluss von Bakterien aus Kulturen
ROKI 91	17.06.91 – 04.07.91	P	Mikrobielle Nahrungsgefüge
HYPER 91	13.11.91 – 18.12.91	P	Hypertrophierung
HYPER 92	27.03.92 – 24.04.92	P	Hypertrophierung
AGVER 92	19.06.92 – 02.07.92	P	Aggregatbildung
CHLORO 93	23.04.93 – 21.05.93	P	Einfluss von Algen aus Kulturen
CIROT 93	10.06.93 – 01.07.93	P	Bedeutung von Ciliaten und Rotatorien
LAGG 95	13.06.94 – 01.07.94	P	Aggregatbildung

Zunächst wurden im Freiland Planktongemeinschaften in Foliensäcken untersucht (PEKOM 1981 – 83). Daran schloss sich eine Serie von Versuchen mit eingezäunten Bereichen des Flachwassers der Kirr-Bucht an (FLAK 1984 – 87). Mit diesen beiden Versuchsansätzen gelang es, wesentliche Aspekte des Regulationsverhaltens und der Belastbarkeit von Boddengewässern aufzuklären. Für die Entdeckung der  $\text{NH}_4$ -Rhythmik im Rahmen der PEKOM-Serie wurde er mit dem Forschungspreis der Universität Rostock ausgezeichnet.

Um Temperatureinflüsse untersuchen zu können, verlagerte er die nächsten Experimente ins Labor und verwendete 100-L-Tonnen, die neben Biotopwasser auch eine Sedimentschicht vom natürlichen Standort des Zingster Stromes enthielten (KOLA 1988 – 89). Aus einer Tonne dieser Serie ging später ein Langzeitexperiment hervor, mit dessen Hilfe es erstmalig gelang, Voraussagen der Chaostheorie für ein komplettes Ökosystem experimentell zu bestätigen. (Abb 3).



**Abb. 1** Aufstellung der Kompartimente für das Experiment PEKOM 81



**Abb. 2** Probenentnahme beim Experiment FLAK 85.

**Abb. 3** 100-L Gefäße dienten als Labor-Mesokosmen. Ein Ansatz des Experimentes KOLA 89/1 wurde von 1990 bis 2007 bei konstanten Temperaturen kultiviert und 2x wöchentlich beprobt. Die aus dieser Langzeitserie hervorgegangenen Daten dienen später einem internationalen Team als experimenteller Beweis für die Möglichkeit chaotischer Dynamik in einem kompletten Ökosystem (Nature 451, 822 – 825, 1998).



1988 wurde Ulrich Schiewer zum Außerordentlichen Professor für Experimentelle Ökologie berufen, und 1989 übernahm er als Ordentlicher Professor in der Nachfolge von Prof. Werner Schnese den Lehrstuhl für Ökologie. Gleichzeitig übernahm er zentrale Funktionen in der universitären Selbstverwaltung der Biologie, 1988 – 89 als stellvertretender Sektionsdirektor und 1989 – 92 als Sektionsdirektor bzw. gewählter Fachbereichssprecher. Diese Funktionen waren nicht nur mit einem immensen Arbeitsaufwand verbunden, sondern stellten auch eine besondere Herausforderung dar, denn in die zweite Amtsperiode fiel das Ende der DDR. Am erfolgreichen Umbau und an der Neugestaltung der Biologie an der Universität Rostock hat Ulrich Schiewer hervorragenden Anteil. Er verstand es, die in der Wendezeit auftretenden Probleme und Konflikte zu einer für alle Seiten akzeptablen Lösung zu führen. Aber er ließ es sich auch nicht nehmen, nach wie vor im Labor tätig zu sein, die Durchführung weiterer Experimente mit Mesokosmen zu leiten und praktisch umzusetzen (Tab. 1).

Durch sein ausgleichendes und verständnisvolles Wesen, aber auch durch Zielstrebigkeit und visionären Blick legte er den Grundstein für den Ruf Rostocks als Zentrum der Brachwasserökologie. Wesentlich für diesen Erfolg waren dabei vielfältige Kontakte zu Einrichtungen im In- und Ausland. 1993 – 2002 wirkte er als

Kuratoriums-Vorsitzender des Forschungszentrums „Terramare“, eines überregionalen Vereins zur Förderung der Flachmeer-, Küsten- und Meeresforschung. Forschungsaufenthalte führten ihn in den Irak, nach Dänemark, Norwegen, Frankreich, die Niederlande, Großbritannien, Indien und die USA. Durch eine Kooperation mit führenden Ökologie-Instituten der Vereinigten Staaten entwickelte sich das Projekt einer gemeinsamen Konferenz über die nachhaltige Bewirtschaftung von Gewässern der amerikanischen Ostküste und der Ostsee. Seine Kompetenz als Organisator wissenschaftlicher Kooperation zeigte sich auch in der Ostseeforschung. So war er langjährig im Komitee der Organisation „Baltic Marine Biologists“ tätig und wurde deren Ehrenmitglied. Als Resultat einer von ihm aufgebauten Kooperationsbeziehung mit dem Institut für Zoologie der Russischen Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg entstanden drei Bände eines Zooplanktonführers der Ostsee

Ulrich Schiewer nahm seine Verantwortung als Hochschullehrer gegenüber der jüngeren Generation sehr ernst. Er erfüllte ein überdurchschnittliches Lehrpensum, hielt Vorlesungen an mehreren Fakultäten und vermittelte in den Lehrveranstaltungen mit Enthusiasmus den Wert ökologischen Wissens. Besondere Betonung legte er auf die Aus- und Weiterbildung von Biologie-Lehrern. Gern gesehen war er als Gast bei geselligen und sportlichen Zusammenkünften der Studenten. Durch umfangreichen Lehrexport engagierte er sich für den Aufbau und Erhalt aller umweltwissenschaftlichen Studienrichtungen an der Universität. Auch die Tatsache, dass sich die Fernstudiengänge Umweltschutz und Umweltbildung etablieren konnten, ist zu einem nicht unerheblichen Teil seiner Initiative zu verdanken. Als Ökologe suchte er auch den Gedankenaustausch mit Vertretern sozialwissenschaftlicher Disziplinen. Schon in den 1980er organisierte er eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe Ökologie/Ökonomie. Später begründete er gemeinsam mit Juristen, Agrarwissenschaftlern und Ökonomen den Wissenschaftsverbund Umwelt an der Universität Rostock und war von 1991 – 95 dessen Vorsitzender.

Bei aller Belastung wirkte er gegenüber Kollegen und Unterstellten ruhig und freundlich. Am Lehrstuhl sorgte er für Harmonie und ein optimistisches Klima, interessierte sich für persönliche Belange seiner Mitarbeiter und versuchte, die speziellen Talente der Einzelnen zu fördern. Nach der Emeritierung im Jahre 2001 war er weiterhin wissenschaftlich und gesellschaftlich tätig. Botanische Exkursionen für Senioren fanden regelmäßig unter seiner Leitung statt. Häufig sah man ihn als Gast bei wissenschaftlichen Kolloquien. Sein hauptsächliches Interesse galt jedoch der Herausgabe eines Sammelbandes über die Küstengewässer der Ostsee. Bis kurz vor seinem Tode arbeitete er an der Fertigstellung dieser Schrift. Leider war es ihm nicht mehr vergönnt, das Buch in gedruckter Form in den Händen zu halten. Für die Nachwelt hinterließ er mit fast 200 wissenschaftlichen Artikeln und Buchpublikationen deutliche Spuren in der Forschungslandschaft. Auch in der Erinnerung derer, die ihn persönlich kannten, wird er lebendig bleiben als ein geselliger Mensch mit vielseitigen Interessen, positiver Ausstrahlung und Humor.

## Schriftenverzeichnis

### Qualifizierungsarbeiten

- SCHIEWER, U. (1959): Pollenvierlinge, Untersuchungen über ihre Keimfähigkeit und Brauchbarkeit für die Befruchtung. - Diplomarbeit, Universität Rostock.
- SCHIEWER, U. (1965): Untersuchungen zum Vitamingehalt, Auxingehalt und Auxinstoffwechsel mehrzelliger Ostseealgen. - Dissertation A, Universität Rostock.
- SCHIEWER, U. (1978): Zur Salzresistenz limnischer Blaualgen. - Dissertation B (Dr. sc. nat./Dr. rer. nat. habil.), Universität Rostock.

### Bücher und herausgegebene Sammelwerke

- KAUSSMANN, B. & SCHIEWER, U. (1989): Funktionelle Anatomie und Morphologie der Pflanzen.- Jena (VEB Gustav Fischer Verl.), 456 S.
- SCHIEWER, U.; ARNDT, E. A. & SCHLUNGBAUM, G., eds. (1989): Proceedings of the Estuary Symposium, Kühlungsborn, German Democratic Republic, November 16-21, 1987. - Limnologica (Berl.) 20, Heft 1.
- SCHIEWER, U. (1994): Struktur und Funktion von Ökosystemen.- Weiterbildendes Fernstudium Umweltschutz, Universität Rostock, 170 S.
- SCHIEWER, U.; SCHLUNGBAUM, G. & ARNDT, E. A., Hrg. (1994): Boddenmonografie. Rostocker Meeresbiologische Beiträge Heft 2, 240 S.
- KÖHN, J. & SCHIEWER, U. eds. (1995): The future of the Baltic Sea - Ecology, Economics, Administration, and Teaching.- Ökologie und Wirtschaftsforschung, Bd. 10. Marburg, (Metropolis Verl.), 302 pp.
- SCHIEWER, U. & PEARL, H. W., eds. (1999): Proc. WU-Symposium Rostock/Germany, April 15-20, 1996: Sustainable development in coastal regions - a comparison between North Atlantic Coast and Baltic Sea.- Limnologica 29, 203-376.
- SCHIEWER, U. (1996): Gewässerökosysteme. Ökologie aquatischer Systeme.- Weiterbildendes Fernstudium Umweltschutz, Universität Rostock, 159 S.
- SCHIEWER, U. (1998): Struktur und Funktion von Ökosystemen. Überarb. und erweiterte Aufl.- Weiterbildendes Fernstudium Umwelt und Bildung, Universität Rostock 202 S.
- SCHERNEWSKI, G. & SCHIEWER, U., eds. (2002): Baltic coastal ecosystems. Structure, function and coastal zone management.- Berlin, Heidelberg, New York (Springer Verl.), 397 pp..
- SCHIEWER, U., ed. (2008): Ecology of Baltic coastal waters - Ecological Studies 197. (Springer-Verl.) Berlin, Heidelberg, New York, 428 pp.

### Wissenschaftliche Artikel

- SCHIEWER, U. & LIBBERT, E. (1965). Indolacetamid - ein Intermediat der Indolessigsäurebildung aus Indolacetonitril bei der Alge *Furcellaria*. - Planta (Berl.) 66, 377-380.
- LIBBERT, E.; BALLIN, G.; CONRAD, K.; KRELLE, E.; LEIKE, H.; RICHTER, R.; SCHIEWER, U.; STEYER, B.; URBAN, I. & WICHNER, S. (1965): Pflanzenphysiologische Untersuchungen über den "Erdölwuchsstoff" NRW. - Wiss. Z. Univ. Rostock, Math.-nat. R. 14, 459-467.
- LIBBERT, E.; WICHNER, S.; SCHIEWER, U.; RISCH, H. & KAISER, W. (1966): The influence of epiphytic bacteria on auxin metabolism. - Planta (Berl.) 68, 327-334.
- SCHIEWER, U. (1967): Über den Indol-3-essigsäure-Gehalt und den Tryptophanumsatz bei mehrzelligen Ostseealgen. - Wiss. Z. Univ. Rostock, Math.-nat. R. 16, 451-453.
- SCHIEWER, U. (1967): Auxinvorkommen und Auxinstoffwechsel bei mehrzelligen Ostseealgen. I. Zum Vorkommen von Indol-3-essigsäure. - Planta (Berl.) 74, 313-323.
- SCHIEWER, U. (1967): Auxinvorkommen und Auxinstoffwechsel bei mehrzelligen Ostseealgen. II. Zur Entstehung von Indol-3-essigsäure aus Tryptophan unter Berücksichtigung des Einflusses der marinen Bakterienflora. - Planta (Berl.) 75, 152-160.
- SCHIEWER, U.; KRIENKE, H. & LIBBERT, E. (1967): Auxinvorkommen und Auxinstoffwechsel bei mehrzelligen Ostseealgen. III. Die Umsetzung von Indol-3-essigsäure. - Planta (Berl.) 76, 52-64.
- SCHIEWER, U. (1969): Schwankungen im Vitamingehalt mehrzelliger Ostseealgen. - Limnologica (Berl.) 7, 325-328.

- SCHIEWER, U. (1969): Untersuchungen zu Sterilisation von mehrzelligen Brackwasseralgen mit Hilfe von Antibiotika, Sulfonamiden und Fungiziden. - Intern. Rev. ges. Hydrobiol. 54, 609-617.
- ERDMANN, N.; LIBBERT, E. & SCHIEWER, U. (1969): Auxinaktivität und Metabolismus von Indol-3-glycerinsäure und 3-(N-Acetyl-indolyl-3)glycerinsäuremethylester. - Flora, Abt. A, 160, 350-360.
- ERDMANN, N.; SCHIEWER, U. & LIBBERT, E. (1969): Untersuchungen zur Indol-3-essigsäure-Bildung aus Indol, Indol-3-glycerin und Indol-3-glycerinphosphat. - Flora, Abt. A. 160, 500-511.
- SCHIEWER, U. & ERDMANN, N. (1970): Biogenesis of tryptophan from indole and indole-3-glycerol-1-phosphate in higher plants. - Zeszyty Nauk. Univ. M. Kopernik w Toruniu 23, Biol. XIII, 187-190.
- SCHIEWER, U. & ERDMANN, N. (1970): Bakterielle Auxinbildung in unsterilen Sproßhomogenaten nach Fraktionierung an Sephadex. - Biochem. Physiol. Pflanzen (BPP) 161, 593-597.
- SCHIEWER, U. (1979): Über den Vitamingehalt mehrzelliger Ostseealgen.- Botanica marina (Hamb.) 13, 28-37.
- SCHIEWER, U. & ERDMANN, N. & LIBBERT, E. (1970): Conversion of indolylglycerol phosphate into tryptophan by extracts of *Pisum*. - Physiol. Plant. 23, 473-479.
- LIBBERT, E.; ERDMANN, N. & SCHIEWER, U. (1970): Auxinbiosynthese.- Biol. Rundsch. 8, 369-390.
- ERDMANN, N. & SCHIEWER, U. (1971): Tryptophan-dependent indoleacetic acid biosynthesis from indole, demonstrated by double-labelling experiments. - Planta (Berl.) 97, 135-141.
- SCHIEWER, U. (1974): Salztoleranz und der Einfluss steigender NaCl-Konzentrationen auf den Stickstoff-, Kohlenhydrat-, Pigmentgehalt und die Kohlenhydratausscheidung bei einigen limnischen Blaualgen. - Arch. Hydrobiol./Suppl. 46, Algol. Studies 11, 171-184.
- SCHIEWER, U. (1975): Salztoleranz limnischer Blaualgen. Der Einfluss steigender NaCl-Konzentrationen auf den Stickstoff-, Kohlenhydrat-, Pigmentgehalt und die Kohlenhydratausscheidung. - Dokl. X. Koordin. Sowetsch. po Theme 1.18.4. Nautschno-Techn. Sotrudn. SEW, Trebon, 85-97.
- SCHIEWER, U. & JONAS, L. (1975): Effects of different NaCl concentrations on the morphology and ultrastructure of *Microcystis firma*. - Abstract XII. Int. Boten. Congr. II, 475.
- SCHIEWER, U. (1976): Aschengehalt und ATPase-Aktivität limnischer Blaualgen unter NaCl-Belastung. - Wiss. Z. W.-Pieck-Univ. Rostock, Math.-nat. R. 25, 287-294.
- SCHIEWER, U. & JONAS, L. (1977): Die Wirkung unterschiedlicher NaCl-Konzentrationen auf die Ultrastruktur von Blaualgen. I. *Microcystis firma*. - Arch. Protistenkd. 119, 127-145.
- SCHIEWER, U. & JONAS, L. (1977): Die Wirkung unterschiedlicher NaCl-Konzentrationen auf die Ultrastruktur von Blaualgen. II. *Synechocystis aquatilis*. - Arch. Protistenkd. 119, 146 - 162.
- SCHIEWER, U. (1977): Veränderungen im Protein- und Isoenzymmuster bei limnischen Blaualgen unter Salzbelastung. - Wiss. Z. W.-Pieck-Univ. Rostock, Ges.-Sprachwiss. R. 26, 199-205.
- ERDMANN, N. & SCHIEWER, U. (1977): Turbidostatkultur von Blaualgen. I. Vergleich zweier Turbidostat-Typen. - Arch. Hydrobiol./Suppl. 51, Algol. Studien 19, 195 - 210.
- SCHIEWER, U. & BRUCHMANN, M. (1977): Atmungsintensität von *Microcystis firma* unter NaCl-Belastung. - Wiss. Z. W.-Pieck-Univ. Rostock, Math.nat. R. 26, 193-200.
- SCHIEWER, U.; ERDMANN, N. & KUHNKE, K.-H. (1978): Die Wirkung unterschiedlicher NaCl-Konzentrationen auf die Photosyntheseintensität der Blaualgen *Microcystis firma* und *Synechocystis aquatilis*. - Biochem. Physiol. Pflanzen (BPP) 172, 351-368.
- SCHIEWER, U. (1978): NaCl-Einfluß auf den Stickstoffbedarf und -umsatz bei der Blaualge *Microcystis firma*. - Wiss. Z. W.-Pieck-Univ. Rostock, Math.-nat. R. 27, 27-36.
- ERDMANN, N. & SCHIEWER, U. (1978): Turbidostat culture of blue-green algae. II. Control system independent of pigmentation and organism adherence. - Arch. Hydrobiol./Suppl. 51, Algol. Studies 21, 305-317.
- SCHIEWER, U. (1979): Physiologie der Cyanophyta - Einheit und Mannigfaltigkeit im Evolutionsprozeß. - Biol. Rundsch. 17, 165-172.
- Erdmann, N. und U. Schiewer (1979): Aufbau eines für Algen geeigneten Langzeit-Turbidostaten. - Wiss. Hefte Päd. Hochsch. "W. Ratke" Köthen 6, 198.
- ERDMANN, N. & SCHIEWER, U. (1979): Langzeittests: Der Salzadaptationsprozess bei Blaualgen. - Wiss. Hefte Päd. Hochsch. "W. Ratke" Köthen 6, 199.
- SCHIEWER, U. (1979): Zur Salzresistenz limnischer Blaualgen. - Biol. Rundsch. 17, 389-390.

- SCHIEWER, U. (1982): Zur Salzresistenz limnischer Blaualgen. - In: Umweltstress, 363 - 366, Hrsg. K.: Unger und J. Schuh. Tagungsbericht der III. Arbeitstagung Umweltbiophysik, Templin, März 1981. M.-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Wiss. Beitr. 1982/35 (P 17).
- Schiewer, U. & Baader, G. (1982): Pelagic NH<sub>4</sub> rhythm independent of the sediment in eutrophic shallow waters. - Intern. Rev. ges. Hydrobiol. 67, 845-850.
- SCHIEWER, U.; Al-Saadi, H. A. & Hameed, H. A. (1982): On the diel rhythm of phytoplankton productivity in Shatt al-Arab at Basrah, Iraq. - Arch. Hydrobiol. 93, 158-172.
- SCHIEWER, U. (1982): Zur potentiellen Produktivität der Phytoplanktonpopulationen des Zingster Stromes und der Kirr-Bucht. - Wiss. Z. E.-M.Arndt-Univ. Greifswald, Math.-nat. R. 31, 57-58.
- SCHIEWER, U. & ERDMANN, N. (1982): Algenkultur. - In: Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung. Bd. 2, Jena (G. Fischer Verl.), 2. Aufl. S. 339-370.
- SCHIEWER, U.; JOST, G. & HEERKLOSS, R. (1983): Vergleich des C-Umsatzes in regelmäßig und unregelmäßig durchmischten Bereichen der Darß-Zingster Boddenkette. - Wiss. Z. W.-Pieck-Univ. Rostock, Naturwiss. R. 32, 35-38.
- SCHIEWER, U. (1984): The ecophysiology of salt adaption in freshwater blue-green algae. - Limnologia (Berl.) 15, 555-558.
- ERDMANN, N. & SCHIEWER, U. (1984): Cell size changes as indicator of salt resistance of blue-green algae. - Arch. Hydrobiol. /Suppl. 67, Algol. Studies 37, 431-439.
- HAELKE, A.; SCHIEWER, U. et al-Saadi, H. A. (1984): The adaptability of *Synechocystis aquatilis* in turbidostat cultures - photosynthesis. - Wiss. Z. W.-Pieck-Univ. Rostock, Naturwiss. R. 33, 33-38.
- SCHIEWER, U., R., BÖRNER, R., EVERT, F.-K. & KRÜGER, B. (1984): Energiekonvertierung im kompartimentierten Pelagial eines brackigen Flachgewässers. - Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin, Math.-nat. R. 33, 392-393.
- SCHIEWER, U. (1984): In vitro primary productivity (assimilation number) of phytoplankton from the Darss-Zingst estuary. - Limnologia (Berl.) 15, 575-579.
- SCHIEWER, U. (1984): Photosynthetische Leistung und Biomasseproduktion bei Meeresalgen und in marinen Ökosystemen. - Colloquia Pflanzenphysiol. Humboldt-Univ. Berlin, Nr. 7, 197-207.
- SCHIEWER, U.; BÖRNER, R.; EVERT, F.-K. & KRÜGER, B. (1984): Estuarine phytoplankton response to nutrient changes in controlled ecosystem enclosures. - Ophelia, Suppl. 3, 201-212.
- HÜBENER, TH.; G. GASE; G.; GENCIOVA; A.; KRÄMER; A.; MEHLKOPF; T.; PAULICKOVA, Z.; KELL, V. & SCHIEWER, U. (1984): Biomasse, Primärproduktion und Sukzessionsfolge des Phytoplanktons in der Unterwarnow. - Wiss. Z. W.-Pieck-Univ. Rostock, Naturwiss. R. 33, 43-52.
- ERDMANN, N. & SCHIEWER, U. (1985): <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> fixation pattern of cyanobacteria. - Biochem. Physiol. Pflanzen (BPP) 108, 515-532.
- Schiewer, U.; Arndt, H.; Baader, G.; Ballin, G.; Börner, R.; Evert, F.-K.; Georgi, F.; Heerkloss, R.; Jost, J.; Kell, V.; Krüger B. & Walter, Th. (1986): The bounds and potential effects of NH<sub>4</sub> (loading) on the pelagic systems in the Zingster Strom. - Limnologia (Berl.) 17, 7-28.
- SCHIEWER, U. (1986): Experimentelle Analyse der Biomasseproduktion in brackigen Flachwasserbereichen. - Colloquia Pflanzenphysiol. Humboldt-Univ. Berlin, 10, 137-140.
- SCHIEWER, U. & JOST, J. (1986): Ecosystem research during the 1981/85 period in the Darss-Zingst estuary. - Wiss. Z. WPU Rostock, Naturwiss. R. 35, 28-36.
- YAP, H. T.; OERTZEN, J.-A. VON & SCHIEWER, U. (1987): Effects of turbidity caused by nutrient loading on benthic dynamics. - Continental Shelf Res. 7, 1439-1444.
- KRÜGER, B.; SCHIEWER, U. & LIBBERT, E. (1988): Wachstum von Cyanobakterien und Chlorophyceen bei Einzel- und Mischkultivierung im Turbidostaten. I. Modellierung des Wachstums der einzelnen Komponenten unter kombinierter Licht-Temperatur-Einwirkung. - Biochem. Physiol. Pflanzen (BPP) 183, 307-316.
- SCHUBERT, H. & SCHIEWER, U. (1988): Fluoreszenzverhalten der Cyanobakterien. - Colloquia Pflanzenphysiol. Humboldt-Univ. Berlin 12, 157-162.
- SCHUBERT, H.; SCHIEWER, U. & WALTER, TH. (1988): Entwicklung und Erprobung eines einfachen Fluoreszenzmessgerätes für Gewässeruntersuchungen. - Wiss. Z. WPU Rostock, Naturwiss. R. 37, 85-88.
- SCHIEWER, U.; BÖRNER, R. & WASMUND, N. (1988): Deterministic and stochastic influence of nutrients on phytoplankton function and structure in coastal waters. - Kieler Meeresforsch., Sonderh. 6, 173-183.

- GRANELI, E.; SCHULZ, S.; SCHIEWER, U.; GEDZIOROWSKA, D.; KAISER, W AND PLINSKI, M. (1988): Is the same nutrient limiting potential phytoplankton biomass formation in different coastal areas of the Southern Baltic? - Kieler Meeresforsch., Sonderh. 6, 191-202.
- SCHIEWER, U. (1988): Experimentelle Ökosystemanalyse - Ergebnisse und Probleme. - Wiss. Z. WPU Rostock, Naturwiss. R. 37, 13-17.
- ABARZUA, S.; SCHIEWER, U.; SCHÜLER, H. & KLEINHEMPEL, C. (1988): Ammonia rhythm in batch cultures of the cyanobacterium *Microcystis firma* : evocation in dependence of external conditions. - J. Plant. Physiol. 133, 585-591.
- SCHUBERT, H.; SCHIEWER, U. & TSCHIRNER, E. (1989): Fluorescence characteristics of cyanobacteria. - J. Plankton Res. 11, 353-359.
- AL-SAAFI, H. A.; HADI, R. A. M.; SCHIEWER, U. ET AL-MOUSEWI, A. H. (1989): On the influence of sewage drainage from Basrah city on the phytoplankton and related nutrients in the Shatt al-Arab estuary, Iraq. - Arch. Hydrobiol. 114, 443-452.
- SCHIEWER, U. (1989): Nutrient changed dynamics of the pelagic carbon flow and community structure in a Baltic estuary. - Proc. 21st. Europ. Marine Biol Symp., Gdansk, 14 - 19 Sept., 1986, Poland, 447-453.
- SCHIEWER, U. (1989): Effects on cyanobacteria of gut passage in the Silver and Big Head Carp. - Wiss. Z. Univ. Rostock 38, 44-46.
- HAGEMANN, M.; ERDMANN, N. and SCHIEWER, U. (1989): Salt adaptation of the cyanobacteria *Microcystis firma* and *Synechocystis aquatilis* in turbidostat culture. I. Steady state values. - Arch. Hydrobiol. Suppl. 82, Algological Studies 57, 425-435.
- SCHIEWER, U.; ARNDT, H.; JOST, G.; HEERKLOSS, R. & WASMUND, N. (1990): Carbon flux dynamics in a shallow eutrophic estuary. - Limnologica (Berlin) 20, 95-100.
- ARNDT, H.; SCHIEWER, U.; JOST, G.; WASMUND, N.; WALTER, TH.; HEERKLOSS, R.; ARLT, G. & ARNDT, E-A. (1990): The importance of pelagial and benthic microfauna in a shallow-water community of the Darss-Zingst estuary, Southern Baltic, during mesocosm experiments. - Limnologica (Berlin) 20, 101-106.
- SCHIEWER, U. & ARNDT, E-A. (1990): Round table discussion on "Perspectives in estuary research and management". - Limnologica (Berlin) 20, 199-200.
- ABARZUA, S. & SCHIEWER, U. (1990): NH<sub>4</sub> rhythm of cyanobacteria in eutrophic shallow waters in laboratory cultures. - Limnologica (Berlin) 20, 113-117.
- SCHIEWER, U. (1990): Werner Schnese and the development of coastal waters ecology in Rostock, GDR. - Int. Revue ges. Hydrobiol. 75, 1-13.
- SCHIEWER, U. & RICHTER, A. (1990): Wasserressourcen. In: Wirtschaftsraum Mecklenburg-Vorpommern. Analyse und Entwicklungsmöglichkeiten. Bericht Nr. 4, 34-41.
- SCHIEWER, U. (1991): Bottom-up regulation of food webs in shallow Baltic estuaries. - Verh. Internat. Verein. Limnol. 24, 2609-2611.
- SCHIEWER, U. & JOST, G. (1991): Microbial food web in eutrophic shallow brackish estuaries of the Baltic Sea. - Int. Revue ges. Hydrobiol. 76, 339-350.
- KLINKENBERG, G. & SCHIEWER, U. (1991): Influence of nutrients on bacterial production in enclosure experiments. - Kieler Meeresforsch., Sonderh. 8, 20-28.
- SCHIEWER, U.; SCHUMANN, R.; JOST, G. & SIEVERT, C. (1991): Microbial food web dynamics in tideless eutrophic estuaries of the Baltic Sea. Kieler Meeresforsch., Sonderh. 8, 20-28.
- SCHIEWER, U. (1992): Ökosystemare Forschungsansätze des Wissenschaftsbereiches Experimentelle Ökologie – Übersicht und Anforderungen.- In: Btr. Z. Workshop „Modellierung und Simulation im Umweltbereich 33-39.
- SCHUMANN, R.; SIEVERT, C. & Schiewer, U. (1992): Structural compositions of pelagic communities in the river Warnow and their changes. - Int. Revue ges. Hydrobiol. 77, 173-185.
- SCHIEWER, U. & MADSEN, L. (1993): Fluorometry - a method for ecotoxicological purposes. - Rostocker Meeresbiologische Beiträge 1, 61-75.
- SCHIEWER, U. (1993): Stabilitätsverhalten mikrobieller Nahrungsgefüge in Brackwasserökosystemen. - In: Klimaänderung und Küste - Einblick ins Treibhaus. H.-J. Schellenhuber u. H. Sterr (Hrsg.). - Berlin (Springer Verl.), S. 233-243.
- HEERKLOSS, R.; SCHIEWER, U.; WASMUND, N. & KÜHNER, E. (1993): A long-term study of zooplankton succession in enclosures with special reference to *Eurytemora affinis* (POPPE); Calanoida, Copepoda. - Rostocker Meeresbiologische Beiträge 1, 25-35.

- ABARZUA, S.; ALTENBURGER, R.; CALLIES, R.; GRIMME, L.-H.; MAYER, A.; LEIBFRITZ, D. & SCHIEWER, U. (1993): Ammonium rhythm in cultures of the cyanobacterium *Microcystis firma*.- *Physiol. Plant.* 89, 659-663.
- SCHIEWER, U. (1993): Eutrophication processes in the Darss-Zingst estuary - a long term study. - Proc. Conf. "The ecology of Baltic terrestrial, coastal and offshore areas - protection and management". Part 1 - Marine Environment. Sopot, 10 - 12th Dec. 1992, pp. 61-71.
- SCHIEWER U.; HEERKLOSS, R.; GOCKE, K.; JOST, G.; SPITTLER, H.-P. & SCHUMANN, R. (1993): Experimental bottom-up influences on microbial food webs in eutrophic shallow waters of the Baltic Sea. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25, 991-994.
- SCHIEWER, U.; JOST, G.; HEERKLOSS, R.; KLINCKENBERG, G.; SCHUMANN, R.; SPITTLER, H.P.; SCHUBERT, H. & NAUSCH, G. (1993): Massiver Bakterieneintrag in das Pelagialsystem eines Ästuars.- DGL, Erweiterte Zusammenfassung Jahrestagung 1992 Konstanz, Bd. 1, 84-89.
- ZHUANG, S.; SCHUBERT, H. & SCHIEWER, U. (1993): Influence of irradiance and temperature on the cyanobacterium *Aphanothece stagnina* SPRENGEL isolated from the Darss-Zingst estuary (Southern Baltic) under continuous turbidostat culture.- *Arch. Hydrobiol., Algol. Studies* 70, 51-63.
- SCHIEWER, U. (1994a): Vorkommen und Bedeutung der Protozoen in der Darß-Zingster Boddenkette.- *Rostocker Meeresbiol. Beiträge* 2, 77-83.
- SCHIEWER, U. (1994b): Stoffkreisläufe in der Darß-Zingster Boddenkette: Kohlenstoffkreislauf.- *Rostocker Meeresbiol. Beiträge* 2, 121-137.
- SCHIEWER, U. (1994c): Regulationsmechanismen und Wechselwirkungen zwischen Pelagial und Benthos.- *Rostocker Meeresbiologische Beiträge* 2, 179-189.
- SCHIEWER, U.; SCHLUNGBAUM, G. & HEERKLOSS, R. (1994): Nährstoffkreisläufe in den Darß-Zingster Boddengewässern.- *Rostocker Meeresbiologische Beiträge* 2, 139-148.
- SCHIEWER, U.; SCHUMANN, R.; HEERKLOSS, R. & KLINCKENBERG, G. (1994): Hypertrophierung der Darß-Zingster Boddenkette - Struktur- und Funktionsveränderungen im Plankton.- *Rostocker Meeresbiol. Beiträge* 2, 149-177.
- SCHLUNGBAUM, G.; SCHIEWER, U. & ARNDT, E. A. (1994a): Beschaffenheitsentwicklung und Klassifizierung der Darß-Zingster Boddengewässer mit ausgewählten Vergleichen zu anderen Bodden und Haffen.- *Rostocker Meeresbiologische Beiträge* 2, 191-202.
- SCHLUNGBAUM, G.; SCHIEWER, U. & ARNDT, E. A. (1994b): Sanierung und Bewirtschaftung der Darß-Zingster Boddengewässer als Teil der Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns.- *Rostocker Meeresbiologische Beiträge* 2, S. 203-213.
- SCHUMANN, R. & SCHIEWER, U. (1994): Influence of abiotic induced phytoplankton changes on protozoan communities from the Darss-Zingst Bodden chain (Germany). - *Mar. Microb. Food Webs* 8, 265-282.
- WASMUND, N. & SCHIEWER, U. (1994): Überblick zur Ökologie und Produktionsbiologie des Phytoplanktons der Darß-Zingster Boddenkette (südliche Ostsee). - *Rostocker Meeresbiologische Beiträge* 2, 41-60.
- KARBE, L. & SCHIEWER, U. (1994): Bioindikation in küstennahen Gewässern.- In: *Grundlagen der Bioindikation in aquatischen Systemen*; G. Gunkel (Hrsg.), Jena, Stuttgart, (Fischer Verl.), S. 262-322.
- SCHIEWER, U. (1995): Inner coastal waters of the Baltic Sea - ecological status and links between ecology and economic uses. - In: *The future of the Baltic Sea - ecology, economics, Administration, and Teaching*. Eds. Köhn, J, and U. Schiewer. *Ökologie und Wirtschaftsforschung* Bd. 10. Marburg (Metropolis Verl.), pp. 63-74.
- SCHUBERT, H.; MATTHIJS, H. C. P.; MUR, L. R. & SCHIEWER, U. (1995): Blooming of cyanobacteria in turbulent water with steep light gradients: The effect of intermittent light and dark periods on the oxygen evolution capacity of *Synechocystis* sp. PCC 6803. - *FEMS Microbiology Ecology* 18, 237-245.
- SCHIEWER, U. & GOCKE, K. (1995): Ökologie der Bodden und Förden.- In: *Meereskunde der Ostsee*. Hrsg. G. Rheinheimer und D. Nehring. 2.Aufl., Berlin (Springer Verl.), S. 216-221.
- MOHAPATRA, P. K.; SCHUBERT, H. & SCHIEWER, U. (1996): Short-term toxicity effect of dimethoate on transthylakoid pH gradient of intact *Synechocystis* sp. PCC 6803 cells. - *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 57, 722-728.

- MOHAPATRA, P. K. & SCHIEWER, U. (1996): Influence of dimethoate on the structure and function of the natural phytoplankton assemblage of the Darss-Zingst bodden chain reared in a laboratory. - Polish J. of Environm. Stud. 5, No. 2. 31-36.
- SCHIEWER, U. & WÜNSCH, J.-U. (1996): Heterotrophic nanoflagellates: Spring development in two different estuarine biotopes. - In: Estuarine Ecosystems and Species - Proc. 2nd Internat. Estuary Symposium, Gdansk, October 18 - 22, 1993, E. Styczynska-Jurewicz (ed.) - CRANGON - Issues of the Marine Biology Centre in Gdynia, No. 1 Gdynia, 169-179.
- MOHAPATRA, P. K.; SCHUBERT, H. & SCHIEWER, U. (1997): Effect of dimethoate on photosynthesis and pigment fluorescence.- Ecotoxicol. Environ. Safety 36,231-237.
- MOHAPATRA, P. K.; SCHUBERT, H. & SCHIEWER, U. (1997): Effect of dimethoate on glucose and  $\alpha$ -aminoisobutyric acid uptake by intact *Synechocystis* sp. PCC 6803 cells. - Indian J. Exp. Biol. 35, 1093-1097.
- SCHIEWER, U.; JOST, G.; GOCKE, K.; SCHUMANN, R.; SPITTLER, P. & HEERKLOSS, R. (1997): Daily pattern of microbial communities in mesocosms. - In: Proc. 14th Baltic Marine Biologists Symposium, Pärnu/Estonia, 5-8 August 1995, ed.: E. Ojaveer, pp. 248-259.
- SCHIEWER, U.; ARNDT, H.; HEERKLOSS, R.; JOST, G.; WALTER, TH. & WASMUND, N. (1997): Experiments with controlled carbon flux variations in shallow brackish waters. - Rostocker Meeresbiol. Beitr. 4, 57-65.
- SCHLUNGBAUM, G. & SCHIEWER, (1997): Prof. Dr. rer. nat. habil. Ernst Albert Arndt zum 70. Geburtstag.- Rostocker Meeresbiologische Beiträge 5, 5-8.
- MOHAPATRA, P. K. & SCHIEWER, U. (1998): Effect of dimethoate and chlorfenvinphos on plasma membrane integrity of *Synechocystis* sp. PCC 6803. - Ecotox. Environm. Safety 41, 269-274.
- SCHIEWER, U. (1997): Design, experiences and selected results of meso- and microcosm experiments in shallow coastal waters 1981/95. - Rostocker Meeresbiologische Beiträge 5, 37-51.
- SCHIEWER, U. (1998a): 30 years eutrophication in shallow brackish waters - lessons to be learned. - Hydrobiologia 363, 73-79.
- SCHIEWER, U. (1998): Hypertrophy of a Baltic estuary - changes in structure and function of the planktonic community. - Verh. Internat. Verein. Limnol. 26, 1503-1507.
- SCHIEWER, U. (1998b): Cyanobacteria in brackish coastal waters - eutrophication, succession, changes in dominance and biotechnological implications. - In: Cyanobacterial Biotechnology – Proc. Internat. Symp., Sept. 18-21, 1996. New Delhi, Calcutta, Tiruchirapalli (India). Eds. G. Subramania, B. D. Kaushik and G.S. Venkataraman. Oxford (IBH Publ. Co.), pp. 347-360.
- SCHIEWER, U. (1999): Die Darss-Zingster Boddenkette - Experimentierfeld mit Zukunft? - 6. Wiss. Workshop Ökosystem Boddengewässer - Lebensraum zwischen Land und Meer. Hiddensee 17-18. September 1998.- Bodden 7, 123-135.
- SCHIEWER, U. (1999): Remesotrophierung der Boddengewässer – Bioindikation mittels Makrophyten.- Landes Technologie Anzeiger 1999, 5.
- SCHIEWER, U.; DYBERN, B. I. & PAERL, H. W. (1999): Sustainable development in coastal regions - a comparison between North Atlantic Coast and Baltic Sea. Synopsis. – Limnologica (Berlin) 29, 205-211.
- SCHIEWER, U.; PLINSKI, M. & ANDRUSHAITIS, G. (1999): Discharge areas - a comparison between three regions of the southern Baltic. - Limnologica (Berlin) 29, 274-281.
- SCHUMANN, R.; RENTSCH, D.; GÖRS, S. & SCHIEWER, U. (1999): Charakterisierung und Klassifizierung von Aggregaten. In: Abschlußbericht Verbundprojekt „Ökosystem Boddengewässer – Organismen und Stoffhaushalt (ÖKOBOD)“. - Bodden 8, 5-11.
- SPITTLER, P. & SCHIEWER, U. (1999): On the feeding ecology of ciliates: what size particles do they prefer? - Rostocker Meeresbiologische Beiträge 7, 65-78.
- SCHIEWER, U.; RENTSCH, D. & SCHUMANN, R. (2000): Composition and size fractions of particulate material in the polytrophic Darss-Zingst lagoon a coastal area of the southern Baltic Sea. - Verh. Internat. Verein. Limnol. 27, 2848-2852.
- MOHAPATRA, P. K. & SCHIEWER, U. (2000): Dimethoate and quinalphos toxicity: Pattern of photosynthetic pigment degradation and recovery in *Synechocystis* sp. PCC 6803. - Algological Studies 99, 79-94.
- Schiewer, U. (2001): Salzhaff, Greifswalder Bodden, Darß-Zingster Boddenkette: Gewässereutrophierung und Pufferkapazität – ein Vergleich. - Rostocker Meeresbiologische Beiträge 9, 5-19.

- SCHIEWER, U. (2001): Phytoplankton, Produktivität und Nahrungsnetze .- Meer und Museum 16, 39-45.
- SCHUMANN, R.; RENTSCH, D.; GÖRS, S. & SCHIEWER, U. (2001): Seston particles along a eutrophication gradient in coastal waters of the Southern Baltic Sea: significance of detritus and transparent mucoid material. – Mar. Ecol. Progr. Ser. 218, 17-31.
- BLÜMEL, CH.; DOMIN, A.; KRAUSE, J. C.; SCHUBERT, M.; SCHIEWER, U. & SCHUBERT, H. (2002): Der historische Makrophytenbewuchs der inneren Gewässer der deutschen Ostseeküste. - Rostocker Meeresbiologische Beiträge 10, 5-111.
- DOMIN, A.; SCHUBERT, H. & SCHIEWER, U. (2002): Berechnung der Besiedlungspotenziale ausgesuchter Makrophytenarten anhand historischer Belege und ökophysiologischer Literaturdaten.- Bodden 12, 49-69.
- SCHERNEWSKI, G. & SCHIEWER, U. (2002): Status, problems and integrated management of Baltic coastal ecosystems. - In: Schernewski, G. and U. Schiewer (eds.), Baltic coastal ecosystems. Structure, function and coastal zone management. Berlin, Heidelberg, New York (Springer Verl.), 1-16.
- SCHIEWER, U. (2002): Recent changes in northern German lagoons with special reference to eutrophication.- In: Schernewski, G., and U. Schiewer (eds.) Baltic coastal ecosystems. Berlin, Heidelberg, New York (Springer Verl.), 19-30.
- SCHIEWER, U.; RENTSCH, D.; GÖRS, S. & SCHUMANN, R. (2002): Aggregates and bacterial populations in fluffy sediment layers from shallow brackish waters. - Verh. Internat. Verein. Limnol. 28, 1551-1557.
- SCHIEWER, U. & SCHERNEWSKI, G. (2002): Baltic coastal ecosystem dynamics and integrated coastal zone management. - Proc. ECSA- Symposium "littoral 2002", Porto (Portugal) 2002. Eurocoast-Portugal Ass. 1, 115-123.
- SCHIEWER, U. (2002): In memoriam Prof. em. Dr. habil. Bernhard Kaussmann. - Arch. Freunde Naturg. Mecklb. XLI, 7-10.
- Schumann, R.; Rieling, T.; Görs, S.; Hammer, A.; Selig, U. & Schiewer, U. (2003): Viability of bacteria from different aquatic habitats. I. Environmental conditions and productivity. - Aquat Microb Ecol 32, 121-135.
- Schumann, R.; Schiewer, U.; Karsten, U. & Rieling, T. (2003): Viability of bacteria from different habitats. II. Cellular fluorescent markers for membrane integrity and metabolic activity. - Aquat Microb Ecol 32, 137-150.
- Schernewski, G. & Schiewer, U. (2003/04): Küstenzonenmanagement im Ostseeraum: Quo vadis? - ZAU 15/16, 118-121.
- Domin, A.; Schubert, H.; Krause, J. C. & Schiewer, U. (2004): Modelling of pristine depth limits for macrophyte growth in the southern Baltic Sea. - Hydrobiologia 514, 29-39.
- Feuerpfeil, P.; Rieling, T.; Estrum-Yousef, S.; Dehmlow, J.; Papenfuß, T.; Schoor, A.; Schiewer U. & Schubert, H. (2004): Carbon budget and pelagic community compositions at two coastal areas that differ in their degree of eutrophication, in the Southern Baltic Sea. - Estuarine, Coastal and Shelf Science 61, 89-100.
- Schiewer U. (2004): Zur Historie der Eutrophierung der Darß-Zingster Boddenkette. - Rostocker Meeresbiologische Beiträge 13, 215-222.
- Schiewer, U. & Schernewski, G. (2004): Self-purification capacity and management in Baltic coastal ecosystems. - J. Coast. Conserv. 10, 25-32.
- Schiewer U.; Rieling, T.; Feuerpfeil, P.; Estrum-Yousef, S.; Dehmlow, J.; Papenfuß, T.; Schoor, A.; & Schubert, H. (2005): Coastal zones of the southern Baltic Sea – Sinks or sources of organic carbon for the Arkona Basin? - Verh. Internat. Verein. Limnol. 29, 517-520.
- Schiewer U. (2006): Die Darß-Zingster Boddenkette im Vergleich mit anderen Küstengewässern der Ostsee. - Rostocker Meeresbiologische Beiträge 16, 75 – 92.
- Schiewer, U. (2008a): Introduction – In: Ecology of Baltic coastal waters. U. Schiewer. (Ed.), Berlin, Heidelberg, New York (Springer Verl.) pp. 1-22.
- Schiewer, U. (2008b): The Baltic coastal zones – In: Ecology of Baltic coastal waters. U. Schiewer. (Ed.), Berlin, Heidelberg, New York (Springer Verl.) pp. 23-33.
- Schiewer, U. (2008c): Greifswalder Bodden, Wismar-Bucht and Salzhaff – In: Ecology of Baltic coastal waters. U. Schiewer. (Ed.), Berlin, Heidelberg, New York (Springer Verl.) pp. 35-85.

- Schiewer, U. (2008d): Darß-Zingst Boddens, Northern Rügener Boddens and Schlei – In: Ecology of Baltic coastal waters. U. Schiewer. (Ed.), Berlin, Heidelberg, New York (Springer Verl.). pp. 87-113.
- Schiewer, U. (2008e): Near-shore zones: Koserow and Tromper Wieck – In: Ecology of Baltic coastal waters. U. Schiewer. (Ed.), Berlin, Heidelberg, New York (Springer Verl.) pp. 131-137.
- Schiewer, U. (2008f): Synthesis – In: Ecology of Baltic coastal waters. U. Schiewer. (Ed.), Berlin, Heidelberg, New York (Springer Verl.) pp. 395-417.
- Schumann, R. & Schiewer, U. † (2008): Potentielle Nährstofflimitation des Pico- und Nanophytoplanktons im Zingster Strom der Darß-Zingster Boddenkette – Minikosmen - Rostocker Meeresbiologische Beiträge 19, 149-167.

Gerald SCHERNEWSKI

Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde, Seestraße 15, D-18119 Rostock, Germany.  
gerald.schernewski@io-warnemuende.de

## **First steps towards an implementation of coastal management: From theory to regional practise**

### **Abstract**

The European Integrated Project “Science and Policy Integration for Coastal Systems Assessment” (SPICOSA) started in 2007 with the aim to develop a self-evolving, holistic research approach for integrated assessment of Coastal Systems. Aim is to support the implementation of Integrated Coastal Zone Management (ICZM) policies. The result is a series of manuals containing guidelines. Our objective was to apply these guidelines in the Oder/Odra estuary region and to critically reflect the outcome and our regional experiences. The approach is problem “Policy Issue” oriented and provides guidance how to approach a coastal problem. The application in the Oder/Odra estuary region was useful, clarified the joint understanding of specific coastal problems and the way how to come to a solution. The guidelines helped us to structure the existing ideas, motivated discussions and lead to useful visualizations. In detail, the approach still has several short-comings. However, the SPICOSA methodology can serve as a background for German guidelines, but has to be modified.

**Keywords:** Stettiner Haff, Szczecin lagoon, Odra river basin, IKZM-Oder, Baltic Sea, Water Framework Directive

### **1 Introduction**

During the last decade Integrated Coastal Zone Management (ICZM) became a major issue of European policy. In the Recommendation of the European Parliament and of the Council concerning the implementation of Integrated Coastal Zone Management in Europe of 30 May 2002 (2002/413/EC) it is stated that coastal zones are of strategic importance to the European Union because they are home to a large percentage of European citizens, a major source of food and raw materials, a vital link for transport and trade, the location of some of our most valuable habitats, and the favoured destination for leisure time. However, the attractiveness of coastal zones is under increasing pressure: coastal resources are depleted beyond their carrying capacity, scarcity of space leads to conflicts between uses, there are large seasonal variations in population and employment, and the natural ecosystems that support the coastal zones suffer degradation. The coastal areas are particularly exposed to risks, aggravated by the possible impacts of climate change”

(2002/413/EC). Against this background, the EU ICZM Recommendation calls for a strategic approach to coastal zone planning and management in order to achieve sustainable development.

The European Recommendations for ICZM initiated many national ICZM reports and strategies. These national strategies are an important step forward and serve as a framework to promote a spatially and temporal integrated, interdisciplinary coastal management across the administrative borders and across hierarchic levels. However, in a report to the European Parliament, the Commission evaluated the national strategies for ICZM in Europe (COM/2007/0308) and outlined several short-comings. One of the most important critique is that the national ICZM reports provide only limited indications of effective ICZM implementation mechanisms. This is true for Germany, as well. The German report and national strategy (BMU 2006) is not legally binding, does not create adapted administrative structures, and clear responsibilities for ICZM are lacking. Further, it does not provide guidelines how to establish, to support and to maintain regional ICZM Initiatives.

We can summarize that a framework for ICZM exists, but it has no practical consequences for regional ICZM initiatives. In Germany, spatial planning already covers many ICZM aspects. Regional bottom-up initiatives, involving a large number of stakeholders actively, are not common. However, in some cases ICZM initiatives might be useful. Therefore, the question is how to establish a regional ICZM initiative. Of course, initiatives can utilize the vast amount of available literature, handbooks and guidelines (etc. CIGAN-SAIN 1998; OLSEN & TOBEY 1998; OLSEN 2002; PERNETTA & ELDER 1993; POST & LUNDIN 1996). They can build upon the traditional 4-5 step systems: Initiation, planning, authorization, implementation and monitoring, but usually this literature and the approaches have short-comings, especially with respect to a practical implementation. Often they do not contain directly applicable methods or are not transferable to a specific national setting and the regional situation.

Against this background, the European Integrated Project “Science and Policy Integration for Coastal Systems Assessment” (SPICOSA) was initiated. 54 partner institutes and 18 regional coastal case studies try to “develop a self-evolving, holistic research approach for integrated assessment of Coastal Systems so that the best available scientific knowledge can be mobilized to support deliberative and decision-making processes aimed at improving the sustainability of Coastal Systems by implementing Integrated Coastal Zone Management (ICZM) policies.” The result is a series of manuals and guidelines explaining how to establish an ICZM initiative in Europe.

The objective of this article is to apply the SPICOSA guidelines, especially the “Design Step” manual, coordinated by P. Tett (SPICOSA WP3, 2007), in the Oder estuary region and to critically reflect the outcome and the regional experiences. We further evaluate, if this concept can serve as a basis for the development of implementation guidelines, supporting the national German ICZM strategy.

## 2 The SPICOSA methodological framework

The first steps in the initiation and planning process can be sub-divided into “Issue resolution” and “System Definition”. According to the SPICOSA methodology (SPICOSA WP3, 2007) these steps cover the following activities:

---

### Issue Resolution

- a. Reach agreement on Policy Issue(s) and associated scenarios, indicators, descriptions and criteria.
  - Identify the basis on which to chose stakeholder groups
  - Identify the stakeholder groups and describe the process by which they will be consulted about the issue
  - Carry out the consultation process
  - Agree a Policy Issue
  - Identify the subset of stakeholder partners for this Issue
  - List the ecological indicators agreed for this Issue
  - List the management and global scenarios agreed for this Issue
- b. Identify what dysfunction (impacts) in the natural system is implied by this Policy Issue and prioritize them in the case of multiple impacts.
  - List the main Laws and Regulations, and the public governance processes, that apply to this issue
  - List, in order of priority, the impacts agreed as the subject for management in relation to this Issue
  - List the management objectives agreed as a consequence of this
- c. Identify social concerns and public perceptions relative to the Policy Issue(s).
  - List the main concerns identified by stakeholders in relation to the Issue
- d. Identify economic activities directly impacted and those potential economic effects including non-market impacts.
  - Identify the main economic activities related to the issue
  - Give an approximate economic value for each activity within the Study Site, as defined in relation to the Issue
  - Identify the main externalities associated with the Issue
  - Identify the main ecosystem Goods and Services that are relevant to the Issue
  - Describe the method(s) that will be used to give an economic value to these Goods and Services
  - Identify the methods of economic analysis (CBA, CEA or MCA) to be used with the outputs of numerical model simulations

---

### System Definition

- a. Define the Coastal Zone (CZ) System to be studied by ascertaining that all primary functionality is within its boundaries, i.e. leaving within the system all of its major interactions.
  - Draw a geographic map showing the main features of the CZ to be included in the ‘virtual’ System; include the ‘real’ boundaries if known, and the ‘virtual’ System boundaries.
  - Identify vertical structure that should be described in the ‘virtual’ system because it is important to the ecosystem’s functioning.
  - List the main ecosystem components, and their main internal transformations, to be included in the ‘virtual’ System.
- b. Specify the necessary boundary conditions, i.e. identifying information/data needed for prescribing the external boundary conditions, anthropogenic drivers. Specify the relevant internal inputs, controls, constraints, and social and economic demands relative to the proposed Policy Issue(s).
  - List or map the main trans-boundary exchanges that should be included in the ‘virtual’ System.
  - List or map the main (natural & anthropogenic) inputs or withdrawals of matter & energy to be included in the ‘virtual’ System.
  - List the steps in the DPSIR chain, and the corresponding SPICOSA CZSFL, relating to the ecosystem dysfunction that provides the ‘problem’.
  - Identify the stakeholder groups linked to the Policy Issue, categorize them as C, A or O in

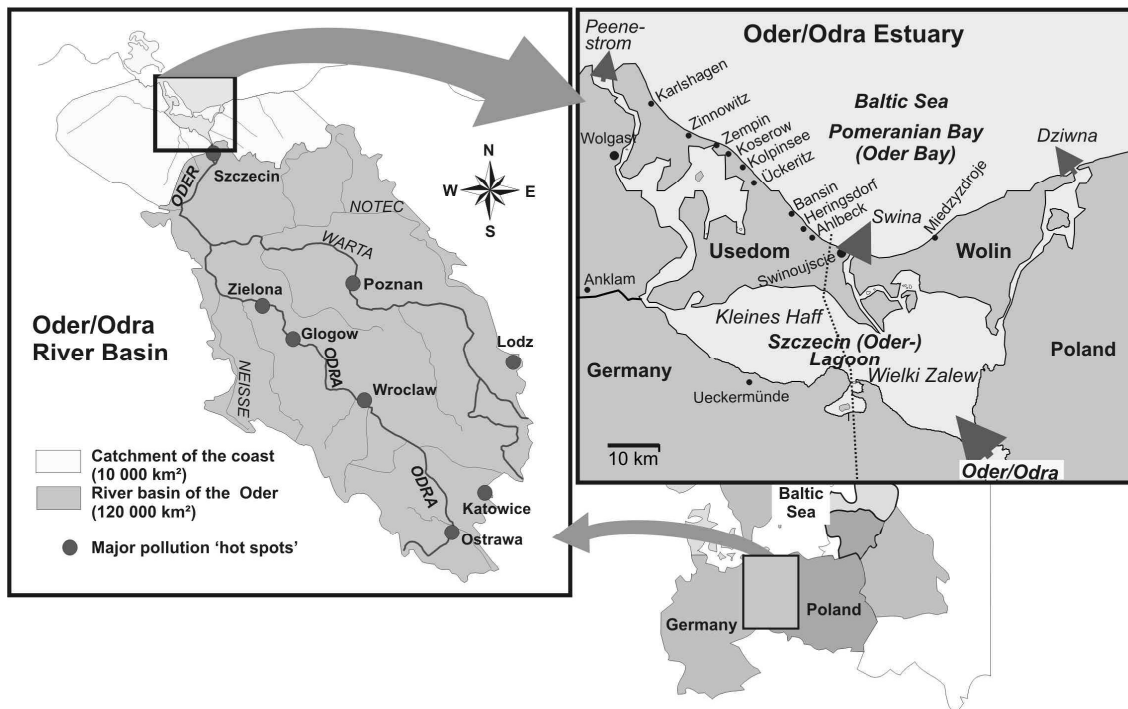
- relation to at least one set of T, W and E; thus, list the typifying features of each group's behaviour in relation to the Issue
- Identify the main property rights and governance structure relating to the Issue, and draw an Institutional Map.
  - List the present and potential economic demands likely to be made in the 'real' system in relation to the Policy Issue, and which should be included in the 'virtual' system.
- c. Anticipate characteristics of potential risks (e.g. geological, ecological, social, economic) that should be evaluated and estimate the resources required.
- List the main 'shock events' that pose a risk to the 'real' system, and estimate the work required to evaluate the level of hazard and the probability of its occurrence
- d. Synthesize the state of the impacted ecosystem relative to its function, knowledge gaps, and major component interactions.
- Include the above information in a narrative that defines the 'virtual' ecosystem in relation to the Policy Issue, and add a preliminary assessment of the impact of relevant HAs.
  - Discuss this narrative with other scientists and the stakeholders in order to identify knowledge gaps.
- 

After a short introduction of the study site, chapters 4 and 5 apply the SPICOSA methodologies. The chapters follow the guidelines and carry out and document the results of the action points.

### **3 Background: The Oder Estuary study site**

The Oder (Polish:Odra) (854 km length) is one of the most important transboundary rivers in the Baltic region. Its basin (118,000 km<sup>2</sup>) is shared between Poland (89 %), the Czech Republic (6 %) and Germany (5 %). The Oder is a lowland river with an average discharge of 530 m<sup>3</sup>/s. Floods are a rare phenomenon. The last extreme flood with a discharge up to 2,800 m<sup>3</sup>/s took place during late summer 1997 and caused severe damage.

The Oder estuary region is a complex pattern of lagoons and islands and shared between Germany and Poland. With about 840,000 inhabitants (414.000 in the city of Szczecin) the region is only sparsely populated. Neglecting Szczecin and Świnoujście, the population density is about 50 inhabitants per km<sup>2</sup>. The Oder river flows through Szczecin and drains into the large, shallow Oder Lagoon. The river and its loads are responsible for the poor water quality in the lagoon and its highly eutrophic state. Through the lagoon runs the waterway, which links the Baltic Sea with the city of Szczecin, its large harbour and important ship-building industry.



**Abb. 1** The Oder/Odra estuary and river basin

The landscape around the lagoon is flat and dominated by agricultural land and forests. In some areas sand, gravel, oil and gas are exploited. Broad reed belts and artificial sandy beaches near the few small towns characterize the coastline. Due to its outstanding ecological value and beauty, most of the coastal area is under nature protection. An overview about the lagoon's ecology is given in RADZIEJEWSKA & SCHERNEWSKI (2008).

The lagoon water is discharged into the Oder Bay via three outlets. The bay is part of the Baltic Sea and its shoreline is characterized by seaside resorts, coastal forests, cliffs and long sandy beaches. Details about the river basin and the coast are given in LÖSER & SEKŚCIŃSKA (2005) and BEHRENDT & DANNOWSKI (2005).

## 4 Application: Issue Resolution

### 4.1 The Policy Issue

Large rivers have a strong influence on their adjacent estuary and the surrounding coastal area. During the last decade it became more and more obvious that coastal zones in the vicinity of large rivers cannot be management independently from the rivers and their catchments. The idea of an integrated coastal area - river basin management (ICARM) is reflected in the UNEP-ICARM approach, in the European Water Framework Directive and partly in LOICZ (Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone). The development of an integrated river basin – coast is an important challenge for the Oder, as well. It became the guiding principle for the choice of a policy issue and the background for our initiative, which started in 2003.

The process - building upon existing knowledge: A large amount of regional development plans and strategies, expert's reports, official documents and community and district level as well as scientific reports existed for the Oder case. A systematic analysis and evaluation of these documents provided a detailed overview about the major concerns, issues and challenges in the region. For the coastal zone the following general issues were regarded as most important:

- Economic and infrastructural development of the city of Szczecin and the countryside, preservation of cultural heritage and a sustainable strategy to deal with a shrinking population
- Improved cross-border cooperation in planning and administration, strengthening the identification with as well as the integration and advertisement of the region
- Reduced and sustainable resource consumption as well as improved waste and sewage treatment
- Sustainable tourism and agriculture against the background of fast changing social and economic framework conditions
- Flood management, coastal protection and shipping
- Environmental quality (air, radiation, noise) with focus on water quality
- Preservation of biodiversity and nature, strengthening of cooperation in environmental protection as well as harmonisation of multiple uses with nature protection
- Environmental education, improvement of educational systems and access to information.

The German-Polish cross border integration and cooperation receives much more attention than a river basin-coast co-operation and management. This is true for the coast and even more pronounced in the river basin. Only the issues "flood management, coastal protection and shipping", "Environmental quality with focus on water quality" and, to a certain degree, "preservation of biodiversity and nature..." possess a clear river basin - coast dimension.

The general regional issues were picked up, subdivided into more detailed issues and analysed according to their river basin – coastal area relevance. In a second step these issues were linked to future threats and challenges, to ensure that they have not only relevance in the present situation but are of growing concern. The resulting issues are: a) Flooding, shipping and technical measures in river and estuary, b) eutrophication and water quality and c) species migration and alien species.

Finally, water quality and eutrophication became our policy issue. The availability of a political commitment with pre-defined focus issues (German-Polish Regional Agenda 21), discussions with Federal State (Land Mecklenburg-Vorpommern) ministries and authorities (what would they support) as well as the competence of the (project) consortium were finally responsible for the choice. This choice does not reflect the priority setting in the region itself but political reasons, a lack of competence, a lack of a critical financial mass etc. did not allow to tackle other issues.

Later it turned out that our policy issue was too ambitious and general and we focussed on the question: Which measures would support a water quality improvement and how efficient will they be? However, even this required the definition of a set of sub-issues or in our case, a set of questions.

- How do different stakeholders perceive water quality?
- What are their demands with respect to water quality?

- Would a “good” water quality (according to the Water Framework Directive) satisfy all stakeholders?
- Can a “good” water quality be reached in the entire estuary? If not, what are the alternatives?
- Which measures in the river basin are necessary?
- Which nutrient sources have to be tackled preferably?
- On which nutrient (nitrogen or phosphorus) should the focus be?
- What are the costs for reaching a good water quality status?
- How would a cost-efficient approach look like?
- Which measures in the estuary would support a water quality improvement and how efficient will they be?
- How long would it take to reach a good status?

**Stakeholders:** An existing stakeholder-group of the project ICZM-Oder was involved in this initiative from the beginning. The stakeholders are mainly representing authorities, administrations and non-governmental organizations. Additionally, scientists from several universities and from different disciplines are involved. Meetings take place once or twice a year. The stakeholder meetings are documented under <http://www.ikzm-oder.de>.

**Indicators:** Ecological indicators to evaluate the present state and the success of measures are given in the European Water Framework Directive (WFD): composition, abundance and biomass of phytoplankton, benthic invertebrate fauna, fish fauna and other aquatic flora. However, we became aware that we needed a more comprehensive approach including social, economic and governance indicators. We followed two strategies: the development and test of own, “bottom-up” indicators, in co-operation with the stakeholders (Hoffmann 2007) and the application of the UNECSO-IOC programme “Integrated Coastal Area Management” (ICAM) indicators. ICAM already included and linked ecological, socio-economic and governance indicators (UNESCO-IOC 2006). The detailed objectives of our regional indicator applications were (SCHERNEWSKI et al. 2006):

- To evaluate the benefit and suitability of the ecological ICAM-indicators for measuring the ecological state of aquatic ecosystems.
- To evaluate to what extent the ecological indicators are really suitable for an application within the Water Framework Directive.
- To compare indicator applications based on different years and to evaluate to what extent temporal changes in the ecosystems are reflected in the indicator results. Questions were, how to deal with temporal variability or seasonal effects in data, and how to measure the progress towards ecological sustainability.
- To evaluate the meaning of spatial variability in data for the indicator applications. How can we ensure that the indicator is representative for the entire ecosystem or region?
- To elaborate the problem of defining a good ecological status. What are the thresholds for a very good, good and poor status? How to determine the reference conditions (very good status) as a basis for an ecosystem quality classification system?
- To elaborate on the problem how to aggregate and compare very different types of indicators (different scales etc.) into one indicator set, reflecting ecosystem quality.
- To evaluate, if the socio-economic drivers and pressures in general allow a good ecological state of the coastal waters.
- To elaborate on the problem of linking socio-economic and ecological indicators,
- To discuss, if socio-economic indicators are beneficial for the Water Framework Directive.

The results of the indicator application and suggestions towards an improvement are reported in SCHERNEWSKI et al. (2006).

## 4.2 Impacts, dysfunctions and management objectives

**Impacts and dysfunctions:** Already for centuries, the river basin is under strong human influence. Agricultural land covers 70% of the upper river basin and 58 % of the middle basin. However the contribution of agriculture to the gross product is only 3.9 %. Several larger cities and many industries are located in the river basin (total population 15.4 millions). Nitrogen (N) and phosphorus (P) loads in the early 1960's were already high (N: 50,000 t/a; P: 6,000 t/a), increased further and reached its maximum during the 1980's (N: 116,000 t/a; P: 16,000 t/a). Due to economic changes, warm and dry years as well as improved sewage treatment, a significant decrease of nutrient loads took place until the late 1990's (N: 94,000 t/a; P: 8,500 t/a). The Oder river flows through Szczecin and enters the large, shallow Szczecin (Oder) Lagoon. The river and its loads are responsible for the poor water quality in the lagoon and its highly eutrophic state. Temporary anoxia, fish kills, algae bloom and poor water transparency reflect this state.

**Laws and regulations:** During recent years, European environmental policy became a major driver for coastal management and the European Parliament passed important directives and recommendations, like the Marine Strategy, the Recommendations on Integrated Coastal Zone Management (ICZM), the Habitat Directive (Natura 2000) and the Water Framework Directive (WFD). The WFD is a cross-border, river basin and coastal approach (up to a distance of 1 nm) that requires, for example the preparation of an integrated river basin – coastal water management plan until 2008. Aim is to reach a good ecological status in European rivers, lakes and coastal waters as well as in groundwater. Natura 2000 will create a large network of protected areas in the Oder region, which call for an effective management. The Marine Strategy has the aim to promote sustainable use of the seas and conserve marine ecosystems. The aims shall be reached through the existing directives.

**Management objectives:** The support of the WFD aims are the main objective. Based on scenario-analysis with reduced riverine nutrient loads we explore the possibilities to reach a good water quality status in the Oder estuary. In general, several options exist. Basic measures should take place in the river basin. Alternative or additional options are measures in the lagoon, like enlarged mussel beds, extended macrophyte stands and additional pile rows to reduce resuspension.

## 4.3 Social concerns and public perception

The public perception of water quality is an important topic. Different stakeholders define water quality in a very different manner and have very different perceptions what a good water is. Beside the hygienic (Bathing Water Directive) and ecological water quality (Water Framework Directive) especially the tourism sector and tourists perceive water in a different way. To get an impression about water quality perception a survey has been carried out during two weeks in August 2001 and altogether 449 tourists were interviewed. The survey showed that tourists primarily evaluate water quality on the basis of their visual impression, like water transparency, the lack of jellyfish, sea-grass and macro-algae. They implicitly take into account infrastructural aspects like clean beaches etc., as well (DOLCH & SCHERNEWSKI 2002). A consequence of different water quality perceptions is that a potentially good water quality according to the WFD might not satisfy all

stakeholders. A more comprehensive approach to define water quality against the demand of different stakeholders is needed.

The coast mainly suffers from activities in the river basin, but at the same time, the coastal area is small compared to the large catchment. Experiences concerning the implementation of the WFD in other river basins revealed that a small coastal community usually faces many representatives from the river basin. Therefore, the coastal community is afraid not to be able to attract attention for their issues and problems.

#### **4.4 Economic activities**

With about 50 inhabitants per km<sup>2</sup>, the countryside is sparsely populated. The whole region is suffering from economic problems. The high unemployment rate above 20 % is a major problem and causes an ongoing decline of the population. Especially young people leave the region. Further, strong social and economic gradients between Germany and Poland as well as between coast and hinterland exist.

Tourism is the exclusive economic factor along the coastline, and altogether more than 10 million tourists visit the estuary region per year. Tourism shows a strong seasonality. Tourists visit the region mainly during summer and public holidays in spring and autumn. Major activities are bathing, sailing and angling. The short tourism season creates problems to maintain the tourist infrastructure and offers only seasonal income. There are plans to reduce the pressure on the coastline and to develop a tourist infrastructure in the hinterland, as well. Holidays on farms, bike and ride tourism as well as trips through nature parks are new offers.

Shipping is an important economic activity in the coastal zone. The large Polish harbours Świnoujście, Szczecin and Police have a joint annual turnover of more than 22 million tons (2002). The German harbours are of minor importance, eight harbours have a turnover of only 400,000 t/a each. More than one million ship passengers arrive annually.

Agriculture is a traditional economic sector, but lost its dominating position. Especially cattle-breeding still plays an important role. Fishing is another traditional economic sector, but is nowadays only of minor importance and in decline. At present, 40 professional fishermen on the German territory and about 260 on the Polish territory exploit the fish resources (using mainly stationary gear) of the lagoon. The landings are about 3,000 t per year. Pikeperch, perch, roach and whitefish as well as eel migrating between lagoon and Baltic Sea are of most commercial importance.

Several economic sectors are directly affected by eutrophication and changes in goods and services provided by coastal waters. Most important are tourism (swimming, sports fishing, boating, sailing) and commercial fisheries. Other important services are the retention and transformation capacity for nutrients and pollutants.

## 5 Application: System Design

### 5.1 Definition of the coastal system

Our physical system covers the coastal zone (Oder estuary) but has to take into account the river basin, as the source of pollution, as well (Abb.2). The islands of Usedom and Wolin and the immediate surrounding of the lagoon can be regarded as the economic system. The administrative system is divided between Poland and Germany. It has to take into account the existing administrative units, the Voivodeship in Poland and the district (Landkreis) in Germany. The physical, administrative and economic systems have different sizes and locations. This situation makes an important problem obvious: administrative, economic, and natural scientific analyses cannot be directly compared and evaluated together because of a different spatial reference. In other words, the natural scientific problem (eutrophication) cannot be managed within the existing coastal administrative system. Further, the consequences of eutrophication will not easily be reflected in the economic system and in economic evaluations.

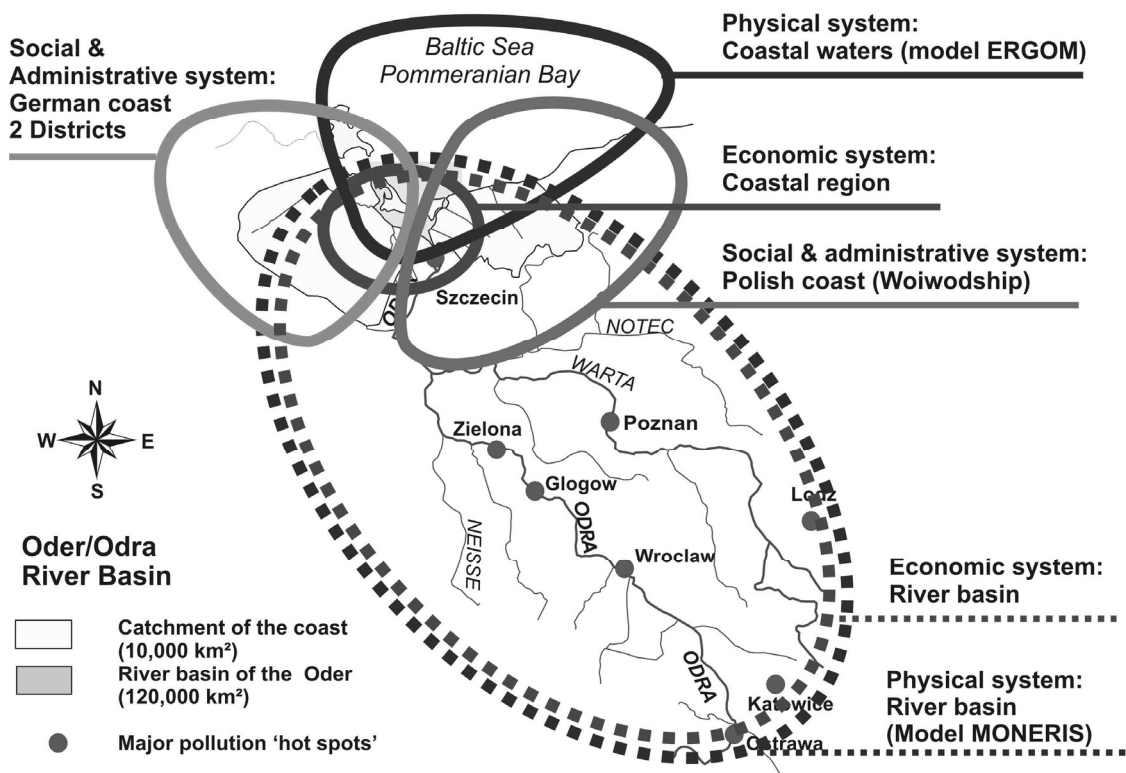


Abb. 2 Definition of the system (Oder/Odra coastal zone and river basin)

## 5.2 Boundary conditions

The SPICOSA manual suggests several methods to obtain a better insight into the system and the anthropogenic drivers. Some were tested in the Oder estuary.

The DPSIR (Driver - Pressure - State – Impact – Response) system is a suitable tool to visualize a problem (Policy Issue) and to clarify basic dependencies in a system. In detail, DPSIR contains a lot of short-comings and simplifications. It is lacking a spatial and a temporal dimension and especially the aspects “Impact” and “Response” can be defined from very different perspectives. “Impact” e.g. can refer to the response of an ecosystem to ongoing eutrophication (fish kills, algae blooms), can refer to tourists who avoid swimming due to poor water quality and choose other beaches or it can mean the impact on other economic sectors like fishing.

### Policy Issue: **Water quality / Eutrophication**

Improvement of coastal water quality by reducing riverine nutrient loads from diffuse, agricultural sources and point sources in the river

#### System Definition: DPSIR

##### Driver:

Intensive human activities in the river basin



##### Pressure:

High input of N and P into the coastal system



##### State:

Concentrations of N, P, Chl.a; water transparency



##### Impact:

Ecological: Eutrophication, algae blooms, fish kills  
Social & economic: hampered bathing tourism



##### Response:

Improved nutrient management in the river basin

The CATWOE-model follows a different approach and subdivides between C = Customers, victims or beneficiaries of T; A = Actors, those who would do T; T = Transformational process, the conversion of input to output; W = Weltanschauung : the worldview that provides a (meaningful) context for T; O = Owner(s), those who could stop T and E = Environmental Constraints, elements outside the system which are accepted as given. A possible CATWOE diagram for our Policy Issue could be:

**Customers:**

Beneficiaries: The coastal community and coastal tourism  
(Victims): Farmers, industries and communities in the river basin

**Actors:**

European Union (through the Water Framework Directive), the  
Oder/Odra Commission and regional authorities

**Transformation:**

Changes in land use & farming practice,  
reduced fertilizer application & improved sewage treatment

**Worldview:**

The majority of the society perceives eutrophication as a major coastal  
ecological problem (with strong economical and social implications)

**Owners:**

Farmers, industries and communities in the river basin

**Environment:**

Regulatory laws, administrative structure, biological carrying capacity,  
morphometric and hydrodynamic situation

DPSIP and CATWOE allow to transfer and to communicate the own understanding of the system to others and motivate a discussion.

Governance: according to SPICOSA WP3 (2007) defined as “the act or manner of, or the system for: ruling or controlling the subjects or citizens of a State; or, conducting the affairs of an organization.”

Several agreements between Germany, Poland and Czech Republic ensure a close cooperation in the river basin. The International Commission on the Protection of the Oder against Pollution (ICPO) has the aim to protect rivers, lakes and the sea. In May 2002, ICPO received the mandate to coordinate the implementation of the EU Water Framework Directive within the international Oder river basin. Another ICPO task is the flood protection which is the major issue in the Polish “Program Odra 2006”. A systematic cooperation between river basin and coast does not exist at the Oder and a comprehensive and integrated coastal area - river basin management (ICARM) is lacking.

Spatial development and plans: The German hierarchical spatial planning system tries to integrate ecological aspects with spatial demands of economy and society. Spatial planning in Germany is organised in a system of graded responsibilities. The federal states (Länder) and the municipalities have the legal responsibility for spatial planning. The new Spatial Development Programme of the federal state Mecklenburg-Vorpommern (LEP M-V 2005) covers land and coastal waters as well as different utilizations in the coastal waters up to 12 nm off-shore. It specifies ICZM as a conflict resolution possibility. In 2006, the not binding Spatial Development Programme was transferred to the regional level and the detailed Regional Spatial Planning Programme for the Oder region was updated. In Germany, Regional Spatial Planning Programmes are largely regarded as a substitute for Integrated Coastal Zone Management plans.

In the coastal zone, several mutual agreements concerning cross-border cooperation between Germany and Poland exist. Results are e.g. the joint Euroregion Pomerania, the regional Agenda 21 “Szczecin Lagoon” and the joint Environmental Commission. They form the basis for cooperation and concrete projects. However, spatial planning and the development of Integrated Coastal Zone

Management (ICZM) plans are carried out independently. In 1996 a first Polish ICZM plan was provided by the HELCOM PITF MLW Odra Lagoon Area Task Team. In 2004, a draft ICZM-Plan for the German side has been prepared. Both plans are not legally binding and were so far not integrated in spatial planning. Steps towards a comprehensive institutional mapping are documented under: <http://www.ikzm-oder.de>.

### **5.3 Risks**

We defined major threats and future challenges for the Oder region, which have or may have a serious impact on water quality and eutrophication.

During the last decades important social, political and economic changes took place in Poland and Germany and are still ongoing. The Oder estuary is a mirror of these changes. Despite huge financial efforts, ongoing economic problems cause e.g. a high unemployment rate, the movement of labour and a declining population. During the last decade, the economic and social developments in Germany and Poland were largely independent and caused strong social and economic gradients. In the coastal area social problems are increasing and the gap between the flourishing seaside resorts and the hinterland became deep.

With Poland's EU-membership in 2004, the entire Oder region became part of the European Union. The EU environmental directives are now being implemented in Poland, as well. The new agriculture and industry policy, but also the implementation of new standards will cause dramatic changes. Cross-border co-operation as well as competition might increase and cause social and economic transformations. This will have multiple effects on the Oder basin, the river and the coastal area.

Climate change scenarios predict an increased risk of extreme weather events. Ongoing sea-level rise and a sinking coast as well as changes in precipitation in the catchment, with subsequent changes in river discharge and nutrient loads. Of possibly even higher importance are transformation processes in agriculture due to global changes in food production and demand. A more intensive agriculture bears the danger of increasing riverine nutrient loads.

## **6 Comments and Discussion**

The previous chapters reflected the results of the guideline application and the reader can evaluate by himself if this approach provided him with a deeper insight into the problems, structures and solutions of the Oder estuary. In the following, I like to evaluate the present state of the SPICOSA approach.

The "Design Step" manual (SPICOSA WP3 2007) is an extensive document and reflects the SPICOSA project methodology. It provides definitions, outlines key ideas and the application guidelines shown in chapter 2. The full document gives a background how to plan and initiate regional ICZM. The aim is not to establish a comprehensive regional ICZM initiative. The approach is problem "Policy Issue" oriented and provides guidance how to approach a coastal problem and how to come to solutions. This is very positive and allows a regional application with limited resources. Further, several methods and examples are provided, which support the application in a study site.

In the Oder estuary, ICZM is not new. A management plan is available, an ongoing cross-border co-operation between Germany and Poland exists and the project "Research for an Integrated Coastal Zone Management in the Oder estuary region" (IKZM-Oder) already deals with several coastal conflicts and problems. Despite that, the SPICOSA manual application was useful and clarified the joint understanding of specific coastal problems and the way how to come to a solution. It helped to structure the ideas, motivated discussions and lead to useful visualizations. However, some reflections on the guidelines applicability, possible function and perspectives seem necessary to me.

Does the SPICOSA manual go much beyond the present state-of-the-art? As mentioned before, there are many books, guidelines and manuals on ICZM available. The SPICOSA manual does not reflect and critically evaluate the present state-of-the-art in ICZM, it does not define the existing gaps and needs especially in Europe and does not really build-up on existing approaches. At the moment, it serves more as an internal document for the project and the project study sites. It remains unclear if this manual will survive the project duration as a generalized stand-alone product. An interesting aspect is the attempt to link natural science closely to socio-economy and governance. Further, the suggested methods are helpful. However, the aim of these methods and their benefits are not always obvious. The definition of indicators to measure the progress and success of an initiative is important and very relevant, but in this respect, too, the manual does not adapt the ongoing discussion and the guidelines consider indicators only briefly.

Do the guidelines meet the demand in Europe to implement ICZM? No target groups for the document outside the project are outlined. Apart from the 18 project study sites, it remains unclear, who shall use the approach and apply the guidelines. Even the concrete situation and the demand of the study sites are not reflected. Lacking awareness of the practical regional demand and of the target groups are possible reasons for some short-comings: A user would expect short guidelines accompanied by optional explanations for a deeper understanding and several consistent examples. Instead, the document is very extensive, time-consuming to read and has a complex structure. The reader easily gets lost. In the guidelines, the succession of suggested steps is not always logical and does not always meet the practical requirements, as well. Further, the language is often complicated and the reader needs a very good command of English to be able to understand the details.

Are the guidelines too theoretical or do they address regional problems in an appropriate manner? The guidelines possess a linear, stepwise structure which is suitable to set-up a new initiative in regions without ICZM experiences. In reality, most coastal regions have existing structures or activities which at least partly address coastal problems. Therefore, the first step has to be an analysis of existing regional structures and activities and a review of the management history. One needs an understanding, how the existing management works, why a region looks like it is and how local decision processes work. One needs an insight into regional communication processes and about important stakeholders before one can start the discussion about a problem. This first step could be called a mapping of coastal management history.

The guidelines do not take into account cultural and social differences, as well. Especially the involvement and motivation of stakeholders and the means of communication differ between countries and regions. The consequence is that approaches might work well in one region but possibly not in another. Therefore, alternative strategies are needed. In the Oder estuary e.g. stakeholder motivation is a

major problem. Well defined benefits of coastal management (best practice) were needed and personal consultation worked better than round-table discussions.

Stepwise processing the guideline action points in the Oder estuary region, we became aware that we could utilize existing knowledge and results for several action points. On the other hand, other points were not relevant for our region at all. We further became aware, how important it is to adapt and utilize existing knowledge, structures and activities, instead of sticking to certain guidelines. This linear, stepwise (but even a cyclic) approach does not reflect the reality well. In practise we had to jump back several time to action points and to repeat certain actions, like the discussion of the "Policy Issue". Altogether, to me the guidelines are at the moment largely theoretical and they should become more a kind of modular tool box. This means that basic information and methods are provided for every action point. A study site or ICZM initiative then chooses and carries out only the action points it needs.

In SPICOSA, scientists address a coastal problem and try to find a solution. In German practise, this is largely the task of regional spatial planners and they have their own methodology to do it. Scientists are to a certain degree involved as advisers, but are not the drivers in a coastal management process. It remains questionable, if regional spatial planners will pick up elements of the SPICSA methodology. A serious obstacle is the exclusive use of English language and the very high required level.

Which lessons do we learn for the development of national German guidelines? The SPICOSA methodology can serve as a background for German guidelines, but has to be modified. We need a tailor-made approach taking into account our planning system, the shared responsibilities (federal state system) and our legal and administrative structure. For stakeholder motivation as well as for funding and the implementation of measures a high ranking "political commitment" is imperative and should be a starting point. Otherwise activities will hardly survive several years. Guidelines have to tackle the problem of funding in a concrete and convincing manner. Guidelines further have to define different groups of stakeholder, with a different intensity of involvement. An initiative should not be restricted to a permanent group of stakeholders but actively communicate to and involve other, larger groups, as well. The dissemination and communication strategy has to be discussed in an early stage. Examples of successful initiatives and clearly outlined benefits are imperative for the acceptance of ICZM approaches and guidelines.

Are conceptual models useful? According to the SPICOSA methodology conceptual models shall be developed after finishing the steps "Issue Resolution" and "Systems Definition". They have the task to visualize the primary characteristics of a system in relation to each other, to specify key forcing, variables and processes, to identify the links between the physical, economic, social (and administrative) system and to specify external and internal inputs as well as system outputs.

However in the Oder estuary the conceptual model turned out to be very useful for the discussions and work within "Issue Resolution" and "Systems Definition". They finally served as a kind of framework and helped to reach a joint understanding of the system: How the river basin model will be linked to the coastal water and sea model, how economic and social aspects can be linked to the system and, finally, about the possibilities and limits of the considered simulations models. We used the conceptual model to reflect our discussion, to evaluate our ideas in iterative processes, to serve as container for new ideas (even if they cannot be implemented in one of the

simulation models right now) and to reflect all important dependencies, interactions and boundary conditions in the system. Therefore, our conceptual model approach goes much beyond the finally implemented simulation model.

An important aspect was the possibility to visualize the system in the conceptual model and to transfer our ideas and understanding to other scientists, to reveal links for possible scientific cooperation (e.g. social scientists), to motivate stakeholders, practitioners and authorities to get and/or to stay involved and to attract them to support and accept the approach and to help to improve the public understanding of the system as well as to increase the acceptance for measures. This shows that conceptual models can and should go much beyond the implemented model. They are a container of ideas, reflect existing knowledge and define the work-programme for the next years.

Especially eutrophication, our policy issue, is no new problem and the reasons and possible measures to prevent it are well known. New is in our case the application to this study site, the integration between river basin – coast and sea and the stronger links to economy and the social system. Therefore, our conceptual model development took advantage from a screening of existing simulation models with a similar focus. Existing models contained a lot of knowledge and they were partly adapted and used. This saved time, costs, and I think, increased the acceptance of the own approach. We were able to apply more complex models to evaluate more complex solutions. We learned that models have to meet a real demand. Otherwise the modelling energy is wasted and the stakeholders are easily losing interest. Too simple models are only an academic exercise.

## **7 Zusammenfassung**

Das integrierte EU-Projekt “Science and Policy Integration for Coastal Systems Assessment” (SPICOSA) verfolgt seit 2007 das Ziel einen ganzheitlichen Forschungsansatzes für die integrierte Untersuchung und Bewertung von Küstensystemen zu entwickeln. Auf der Basis aktueller wissenschaftlicher Kenntnisse soll dadurch das Integrierte Küstenzonenmanagement (IKZM) gefördert und optimiert werden. In diesem Artikel wird diese Methodik aufgegriffen und die entsprechenden Berichte auf eine konkrete Fallstudie, das Oderästuar, angewendet. Die Ergebnisse und Erfahrungen werden dokumentiert und die Methodik kritisch beleuchtet.

### **Acknowledgements**

The work has been supported by SPICOSA (European Commission, Integrated Project) and IKZM-Oder II & III (Federal Ministry for Education and Research; 03F0403A & 03F0475A).

### **References**

- BEHRENDT, H. & DANNOWSKI, R. (eds) (2005): Nutrients and heavy metals in the Odra river system. Weißensee Verlag, Berlin 345p.
- BMU (2006): Integriertes Küstenzonenmanagement in Deutschland, Nationale Strategie für ein Integriertes Küstenzonenmanagement (Bestandsaufnahme). <http://www.ikzm-strategie.de/dokumente/Endbericht%20Kabinetversion%2030032006.pdf>

- CICAN-SAIN, B., (1998): Integrated Coastal and Ocean Management: Concepts and Practices. Washington, D.C, Island Press.
- DOLCH, T. & SCHERNEWSKI, G. (2002): Eutrophication by the Odra River: Implications for tourism and sustainable development of the coastal zone. Proceedings of the International Conference 'Sustainable Management of Transboundary Waters in Europe', UNECE, 21 – 24 April 2002, Miedzyzdroje, Poland, ISBN: 9036954800, 301-304 (<http://www.ikzm-oder.de/dokumente.php?dokid=61>).
- FEILBACH, M. (2004): Entwurf eines Integrierten Küstenzonenmanagementplans für die Odermündung, Neufassung des deutschen Teilbeitrags, Diplomarbeit am Institut für Geographie, Universität Greifswald, IKZM-Oder Berichte 2, ([http://www.ikzm-oder.de/ergebnisse\\_ikzm-oder\\_berichte.php](http://www.ikzm-oder.de/ergebnisse_ikzm-oder_berichte.php)).
- HELCOM PITF MLW Odra LAGOON AREA TASK TEAM (2000): Guidelines for Integrated Coastal Zone Management of the Szczecinski Lagoon (the Polish side). Unpublished.
- HOFFMANN, J. (2007): Problemorientierte Indikatoren für ein IKZM in der Oderregion. IKZM-Oder Berichte 33.
- JANSSEN, G., CZARNECKA-ZAWADA, S., KONIECZNY, B. & V. VODOVA (2004): Bestandsaufnahme der IKZM-relevanten Rechts- und Verwaltungsstrukturen der Bundesrepublik Deutschland und der Republik Polen unter Berücksichtigung des Internationalen Rechts und des Gemeinschaftsrechts, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V., Dresden, IKZM-Oder Berichte 5, ([http://www.ikzm-oder.de/ergebnisse\\_ikzm-oder\\_berichte.php](http://www.ikzm-oder.de/ergebnisse_ikzm-oder_berichte.php)).
- LÖSER, N. & SEKŚCIŃSKA, A. (2005): Integriertes Küste-Flusseinzugsgebiets-Management an der Oder/Odra: Hintergrundbericht [Integrated Coastal Area – River Basin Management at the Oder/Odra: Background report; German with extended Polish and English abstract]. IKZM-Oder Berichte 14, ([http://www.ikzm-oder.de/ergebnisse\\_ikzm-oder\\_berichte.php](http://www.ikzm-oder.de/ergebnisse_ikzm-oder_berichte.php)).
- OLSEN, S. & TOBEY, J. (1998). A Common Framework for Learning from ICM Experience. Ocean and Coastal Management 37(2): 155-174.
- OLSEN, S., B. (2002): Assessing Progress Toward the Goals of Coastal Management. Coastal Management 30, 4: 325-345.
- PERNETTA, J., & ELDER, D. (1993). Cross-sectoral, Integrated Coastal Planning: Guidelines and Principles for Coastal Area Development. Gland, Switzerland, IUCN.
- POST, J. & LUNDIN, G. (eds): (1996). Guidelines for Integrated Coastal Zone Management. Environmentally Sustainable Development Studies and Monographs Series. Washington, D.C., The World Bank.
- RADZIEJEWSKA, T. & SCHERNEWSKI, G. 2008): The Szczecin (Oder-) Lagoon. In: Schiewer, U. (ed.): Ecology of Baltic Coastal Waters Series. Ecological Studies, Vol. 197, Springer, Berlin: 115-129.
- SCHERNEWSKI, G. & NEUMANN T. (2002): Impact of river basin management on the Baltic Sea: Ecological and economical implications of different nutrient load reduction strategies. Proceedings of the International Conference 'Sustainable Management of Transboundary Waters in Europe', UNECE, 21 – 24 April 2002, Miedzyzdroje, Poland, 43-51, (<http://www.ikzm-oder.de/dokumente.php?dokid=61>).
- SCHERNEWSKI, G. & SCHIEWER U. (eds.) (2002): Baltic Coastal Ecosystems, Springer Verlag, Berlin.
- SCHERNEWSKI, G. & DOLCH T. (eds.) (2004): The Oder Estuary - against the background of the European Water Framework Directive. Mar. Sci. Rep. 57. 288 p, (<http://www.eucc-d.de/ikzmdokument.php?inford=174>).
- SCHERNEWSKI, G. & LÖSER N. (eds) (2004): Managing the Baltic Sea, Coastline Reports 2, ISSN 0928-2734, 280 p, ([http://www.eucc-d.de/coastline\\_reports.php](http://www.eucc-d.de/coastline_reports.php)).
- SCHERNEWSKI, G., HOFFMANN J., LÖSER, N., DREISEWERD, M., STAVENHAGEN, P. & GRUNOW, B. (2006): Measuring the progress and outcomes of Integrated Coastal and Ocean Management: The German Oder Estuary case study. IKZM-Oder Berichte 21.
- SPICOSA WP3 (2007). System Design, v.1.26. Napier University, Edinburgh.
- STEINGRUBE, W., SCHEIBE, R. & M. FEILBACH (2004): Ergebnisse der Bestandsaufnahme der touristischen Infrastruktur im Untersuchungsgebiet, Institut für Geographie und Geologie Universität Greifswald, IKZM-Oder Berichte 4, ([http://www.ikzm-oder.de/ergebnisse\\_ikzm-oder\\_berichte.php](http://www.ikzm-oder.de/ergebnisse_ikzm-oder_berichte.php)).
- UNESCO-IOC (2006): A Handbook for Measuring the Progress and Outcomes of Integrated Coastal and Ocean Management. IOC Manuals and Guides, 46; ICAM Dossier, 2. Paris

(COM/2007/0308): Communication from the Commission - Report to the European Parliament and the Council: an evaluation of Integrated Coastal Zone Management (ICZM) in Europe (2007)  
(2002/413/EC): Recommendation of the European Parliament and of the Council concerning the implementation of Integrated Coastal Zone Management in Europe (30 May 2002).

Rhena SCHUMANN\* & Ulrich SCHIEWER †

\* PD Dr. Rhena Schumann; Universität Rostock; Institut für Biowissenschaften; Angewandte Ökologie  
A.-Einstein-Str. 3; 18051 Rostock.  
rhena.schumann@uni-rostock.de

## **Potentielle Nährstofflimitation des Pico- und Nanophytoplanktons im Zingster Strom der Darß-Zingster Boddenkette – Minikosmen**

**Potential nutrient limitation of the pico- and nanophytoplankton in the Zingster Strom of the Darß-Zingst Bodden Chain – Minicosms**

### **Abstract**

Plankton samples of the eutrophic Zingster Strom were incubated for 7 weeks with and without added nutrients and sedimented plankton biomass to evaluate acute and potential nutrient limitation. Without added nutrients, chlorophyll *a* concentrations and production declined rapidly, but biomass accumulated sometimes slowly. That indicates not only a potential nutrient limitation, but an acute bottom up growth control. P was taken up very rapidly and always to the natural background or minimum level within one week indicating a high control effect of specifically phosphate. Added nutrients not only increased biomass, but kept or even increased productivity. Thus, nutrient influxes from river runoff or more likely from the sediments must play an important role for phytoplankton growth. Nutrients could not be recycled from added plankton biomass although the enriched algal biomass lost its productivity almost completely. A top down control of phytoplankton was almost absent in the investigated samples. A stimulation of zooplankton was prevented (accidentally) by high pH in combination with high ammonium concentrations and must also be investigated in another experimental setup. The cause for lacking zooplankton control in the other minicosms was not found, but may be connected to seston quality and phytoplankton properties (large colonies and mucoid matter).

**Keywords:** phytoplankton biomass and composition, eutrophic brackish coastal lagoon, nutrient limitation

### **1 Einleitung**

Die Zuflüsse in die für die südliche Ostseeküste typischen inneren Küstengewässer belasteten diese mit anorganischen Nährstoffen, Detritus und anderen Partikeln (SCHIEWER et al. 1994, BACHOR 2005). Es kam zu zahlreichen Veränderungen im Phytoplankton des größten inneren Küstengewässers, der Darß-Zingster Boddenkette, (LOBODA 1972, NASEV 1976, BÖRNER 1984 UND WASMUND & BÖRNER 1992), die

sich vor allem in einen Rückgang der größeren Cyanobakterien -Arten, insbesondere aller (Heterocysten bildenden) Stickstofffixierer, der Zunahme der Chlorophyten und einem gehäuften Ausbleiben der Diatomeenfrühjahrsblüte zeigten. Innerhalb der Cyanobakterien dominierten seit dem Ende der 1980er Jahre koloniebildende chroococcale Cyanobakterien (SCHUMANN 1994, SCHUMANN et al. 2001, SCHUMANN & KARSTEN 2006) und solitäre Cyanobakterien (das sogenannte autotrophe Picoplankton) spielten trotz ihrer geringen individuellen Größe eine erhebliche Rolle (KLIN-KENBERG & SCHUMANN 1995). Das Phytoplankton dominierte (und bestimmt auch heute noch) die gesamte Primärproduktion, da es in den 1980er Jahren zu einem drastischen Rückgang des Makrophytobenthos kam (LINDNER 1972, BEHRENS 1982, TEUBNER 1989) und das Mikrophytobenthos aufgrund des schlechten Unterwasserlichtklimas (SAGERT & Schubert 1999, SCHUBERT et al. 2001) nur wenig produktiv ist (WASMUND 1986, MEYERCORDT et al. 1999).

Deshalb wurden in den 1980er Jahren zahlreiche Mesokosmosexperimente zur Aufklärung der die Primärproduktion limitierenden Faktoren durchgeführt (z. B. SCHIEWER et al. 1986 und 1988), die dann in den 1990er Jahren auf die Untersuchung der Steuerungsfaktoren des gesamten mikrobiellen Nahrungsgefüges ausgeweitet wurden (SCHIEWER & JOST 1991, SCHIEWER et al. 1993). Keine der Manipulationen am Nahrungsnetz konnte die Dominanz des Phytoplanktons oder wenigstens dessen Artzusammensetzung wesentlich verändern. Verschiebungen im heterotrophen Teil des Microbial Loops waren überwiegend vorübergehender Natur oder entsprachen der normalen Jahresperiodik.

In dieser Arbeit sollte zum Zeitpunkt der maximalen Eutrophierung am Ende der 1980er Jahre in Labor"mini"kosmen die Nährstoffversorgung des Phytoplanktons (Bottom Up-Kontrolle) über einen relativ langen Zeitraum von 7 Wochen experimentell aufgeklärt werden. Im Gegensatz zu den Freilandmesokosmen (ca. 1 m<sup>3</sup>) war das Volumen der Minikosmen (2 l) dem mikrobiellen Nahrungsgefüge besser angepasst, so dass Patchiness und Gradienten von Umweltfaktoren, insbesondere vom Unterwasserlichtklima, minimiert sein sollten. Das erlaubte ferner die Beobachtung von Heterogenitäten in replizierten Ansätzen und für einige Faktoren sehr lange und engmaschige Messreihen. Einerseits sollten an unbeeinflussten Inkubationen, den Kontrollen, die Überlebensfähigkeit des Phytoplanktons und die Konkurrenzstärke der wichtigen Arten ohne Nährstoffnachlieferungen aus dem Sediment überprüft werden, die als eine wesentliche Versorgungsquelle des Phytoplanktons gelten (SCHLUNGBAUM 1982). Biomasse und Produktion sollten hier deutlich abnehmen. Die zweite potentielle Nährstoffquelle ist möglicherweise das Seston selbst, aus dem über die Mikroheterotrophen genügend Nährstoffe recycled werden. Dafür wurden Minikosmen mit leicht sedimentierendem (und deshalb evtl. absterbendem) Plankton angereichert, so dass dieses Phytoplankton zumindest eine höhere Biomasse und Produktion als die Kontrollen aufrechterhalten sollte. Durch die zusätzliche Versorgung mit N und P in einer dritten Minikosmenserie sollten Biomasse und Produktion des Phytoplanktons maximal ansteigen, so dass aus einem Vergleich dieser Spitzenwerte auf die Nährstoffversorgung des *in situ* Phytoplanktons rückgeschlossen werden kann. Der Einfluss der Mikroheterotrophen wird hier nur als potentielle Top Down-Kontrolle diskutiert.

## 2 Methoden

*Experimentdesign.* Phytoplanktonproben wurden in 3 Jahreszeiten aus dem Zingster Strom entnommen: im Sommer (08.08.1988), im Herbst (31.10.1988) und im Frühjahr (13.03.1989). Es wurden 3 Typen von sogenannten Minikosmen (2 l Plankton in Glasflaschen) in je 4 Replikaten hergestellt: eine unbehandelte Kontrolle (K1-4), ein mit leicht sedimentierbarem Plankton angereicherter Ansatz (S5-8) und eine regelmäßig mit Ammonium und Phosphat versorgte Gruppe (N9-12). Das sedimentierte Plankton wurde als Bodensatz nach ca. 16-stündiger Sedimentation aus 30 l Plankton gewonnen und in 8 l Plankton eingemischt. Es sollte als Remineralisationsquelle für Nährstoffe dienen. Das kann über bakterielle Zersetzung aus totem oder durch Grazing und Exkretion auch aus lebendem Material geschehen. Die Nährstoffgruppe wurde regelmäßig mit  $\text{NH}_4\text{Cl}$  und  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  je nach Phytoplanktonbiomasse (als Trübung) und Restkonzentration nach jeweils 1 Woche versorgt (GEISEL 1987). Die Inkubationsdauer betrug 7 Wochen insgesamt bei  $22,5 \text{ W m}^{-2}$  (ca.  $100 \mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) und 14 h Licht / 10 h Dunkelheit. Die Temperaturen des Sommerexperiments betragen  $15\text{-}19^\circ\text{C}$  und die Salinität 5,3 PSU. Im Herbst und im folgenden Frühjahr inkubierten die Proben bei  $11\text{-}17^\circ\text{C}$  und hatten eine Salinität von 4,7 bzw. 7,2 PSU.

*Abiotische Parameter.* Wassertemperatur und Extinktionen (1cm Küvette, 750 nm und 680 nm) wurden täglich zwischen 8 und 10 Uhr MEZ und die pH-Werte (MV 878) zwischen 14 und 15 Uhr gemessen, die letzten beiden Faktoren in jedem Replikat. Ammonium, Nitrat und Phosphat wurden einmal wöchentlich in Mischproben der jeweils 4 Replikate gemessen. Ammonium und Nitrat wurden photometrisch in GF/F Filtraten der Mischproben K1-4, S5-8 und N9-12 nach Rohde and Nehring (1979) gemessen. Der reaktive gelöste Phosphor (SRP) wurde ebenfalls in den jeweiligen Mischproben nach der Umsetzung zu Molybdänblau in einem Flowanalyser bestimmt (Malcolm-Lawes and Wong 1990). Die Nährstoffzusätze wurden in den Replikaten N9-12 einzeln unmittelbar nach Zugabe kontrolliert.

*Phytoplanktonbiomasse und -zusammensetzung.* Diese Messungen wurden einmal wöchentlich in den Mischproben K1-4, S5-8 und N9-12 durchgeführt. Für die Messung des Chlorophyllgehalts wurden je 3 Replikate von 20-100 ml auf Glasfaserfilter (50 mm) filtriert, in Gegenwart von pufferndem  $\text{MgCO}_3$  (10 ml einer  $20 \text{ g l}^{-1}$  Suspension) und Glasschliff mit 10 ml 90 %igem Aceton homogenisiert, bei  $5000 \text{ U min}^{-1}$  10 min abzentrifugiert und die Konzentration in 1 bzw. 5 cm Küvetten photometrisch nach JEFFREY & HUMPHREY (1975) bestimmt. Diese Konzentrationen wurden am Tag 1, 22 und 43 bestimmt. Das Biovolumen und die Artzusammensetzung wurde in einer mit einigen Tropfen Lugol'scher Lösung fixierten 50 ml Probe ermittelt. Unterproben von 1 ml wurden nach mindestens 4-stündiger Sedimentation in 3 mm hohen Zählkammern bei 256-facher Vergrößerung an einem Labormikroskop (Jenaval) ausgezählt. Die Artbestimmung erfolgte nach PANKOW (1990) und wurde für kolonieförmige nach KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS (1998) und für fädige Cyanobakterien an ANAGNOSTIDIS & KOMÁREK (1988) und KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS (2005) an die gültige Taxonomie angepasst. Von dominierenden Arten, die zusammen  $> 90 \%$  der Biomasse bildeten, wurden nach dem teilkammerelastischen Zählverfahren (LUND et al. 1958) jeweils  $> 100$  Individuen erfasst. Die Zellgrößen wurden vermessen und über geometrische Körper in Biovolumen umgerechnet (HILLEBRAND et al. 1999). Aus einem Anteil von 13,2% C an der Frischmasse für Diatomeen und 11,25 % für alle anderen Algen (HEERKLOß & VIETINGHOFF, 1981) wurde die Kohlenstoffbiomasse errechnet. Das Biomasse-Chlorophyll-Verhältnis wurde mit den oft als Umrechnung

von Chlorophyll *a* Konzentrationen in Biomasse benutzten Faktoren von 75 (HEERKLOß & VIETINGHOFF 1981) bzw. 80 g C g Chl *a*<sup>-1</sup> (GARNIER & MOURELATOS 1991). Wenn das Biomasse-Chlorophyll-Verhältnis >4,2 mol C g Chl *a*<sup>-1</sup> beträgt, ist das Phytoplankton moderat nährstofflimitiert und >8,3 schwer (HECKY et al. 1993).

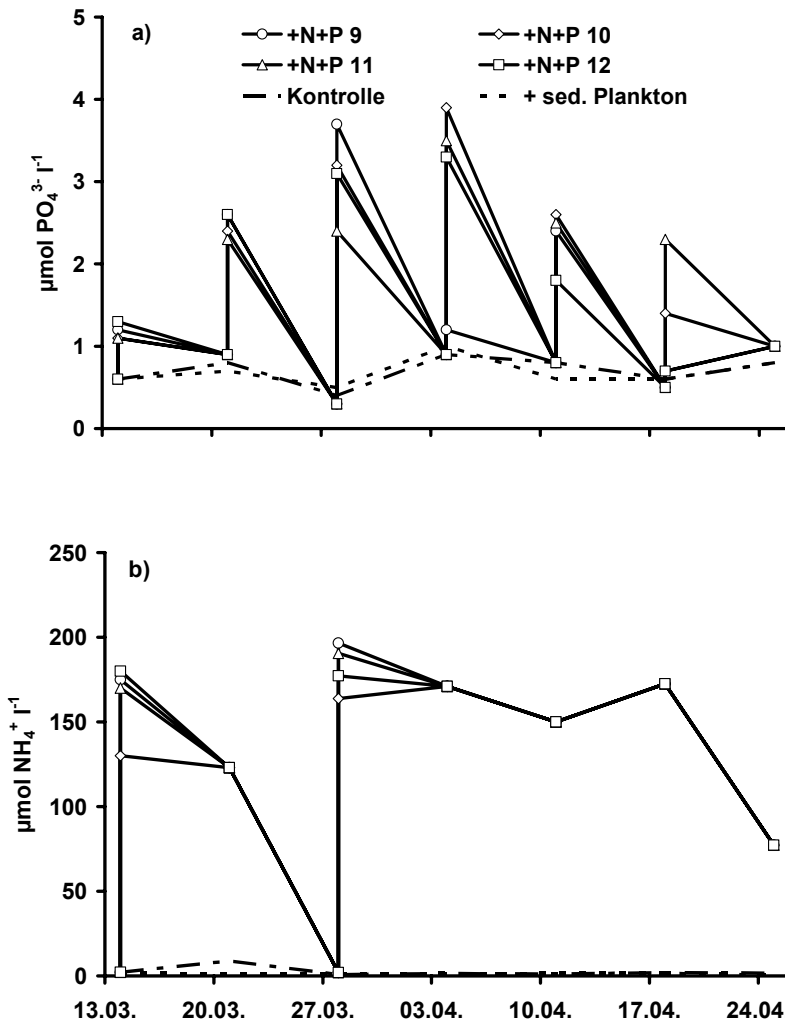
*Maximale Primärproduktion.* 100 ml der oben beschriebenen Mischproben wurden mit 1 ml H<sup>14</sup>CO<sub>3</sub><sup>-</sup> (10 µCi) versetzt (STEEMANN-NIELSEN 1952 modifiziert nach SCHIEWER 1982) und 90 min bei den oben angegebenen Temperaturen und ca. 500-600 µmol Photonen m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> inkubiert. Je 3-mal 3 ml wurden auf Membranfilter (Porengröße 0,45 µm, Sartorius) filtriert und in einem Geiger-Müller-Zähler 3 min gemessen (GEISEL 1987). Der Standardfehler von Replikaten betrug 2-13%. Alle Proben wurden mit Standards und Dunkelkontrollen korrigiert. Die inkorporierte C-Menge wurde aus Korrekturfaktoren für die Konzentration anorganischen C von 30 mg l<sup>-1</sup> und der Umrechnung in dpm, einer Respirationskorrektur u. a. Kalibrierfaktoren (GASE 1985) berechnet. Dieser Gesamt IC (anorganischer Kohlenstoff) wurde ab 1996 auch mit einem TOC 5000A Analyser (Shimadzu) gemessen und ergab im Median 34 mg C l<sup>-1</sup> (unveröffentlichte eigene Daten). Da diese Konzentration deutlich über der Sättigungskonzentration für CO<sub>2</sub> liegt, muss IC entweder in einem großen Ungleichgewicht vorliegen und / oder aus Kalk stammen. Es bleibt jedoch unklar, mit welchem Anteil ungelöste Kalkpartikel in der IC-Messung erfasst wurden. Aus der berechneten maximalen Produktionsrate wurden für die in der Inkubation angewendete Tageslänge von 14 h ein P<sub>max</sub>/B kalkuliert.

*Heterotrophe Biomasse.* Für die Bakterienabundanz wurden 0,5-1 ml Probe auf mit Irgalanschwarz gefärbte Cellulosemembranfilter (Porengröße 0,2 µm, Sartorius) mit -200 mbar filtriert und 200-400 Zellen nach Färbung mit Acridinorange (ZIMMERMANN & MEYER-REIL 1974) auf mindestens 20 Teilflächen des Filters gezählt. Der mittlere Standardfehler von 3 Replikaten betrug 23%. Die Abundanz wurde mit einem C-Gehalt von 25 fg Zelle<sup>-1</sup> (BELL 1993) in Biomasse umgerechnet. Ciliaten wurden in sogenannten Riffelkammern in 0,5-1 ml und 3 Replikaten in den Mischproben gezählt. Das Biovolumen wurde über ihre Form und die Kohlenstoffbiomasse über eine Dichte von 1,04 g cm<sup>-3</sup> und einen Kohlenstoffanteil an der Frischmasse von 8,55% berechnet (HEERKLOß & VIETINGHOFF 1981, BMB-Empfehlungen Publ. 5, 6). Metazoen wurden in 200 ml Unterproben entnommen, auf 100 ml eingeeengt, davon eine 10 ml Teilprobe ausgezählt die Abundanz mit artspezifischen Umrechnungsfaktoren in Frischmasse umgerechnet (SCHNESE 1975) und diese mit 5,4 % C-Anteil an der Frischmasse für Rotatorien und 7,65% für Copepoden in C konvertiert (HEERKLOß & VIETINGHOFF 1981, BMB-Empfehlungen Publ. 5, 6).

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Bottom Up-Kontrolle durch Nährstoffe

Die wöchentlichen Phosphatzugaben in die Minikosmen N9-12 waren wenig gut reproduzierbar. Die jeweiligen Endkonzentrationen (maximal 5 µmol l<sup>-1</sup>) variierten mit einem Standardfehler von durchschnittlich 24%. Das lag an einzelnen Minikosmen, in denen die zugesetzte Phosphatmenge innerhalb einer Stunde nicht mehr oder nur noch zum Teil nachweisbar war (Abb. 1 a). Nach jeweils 7 d waren die Phosphatkonzentrationen immer genauso niedrig wie in den Kontrollen.



**Abb. 1**

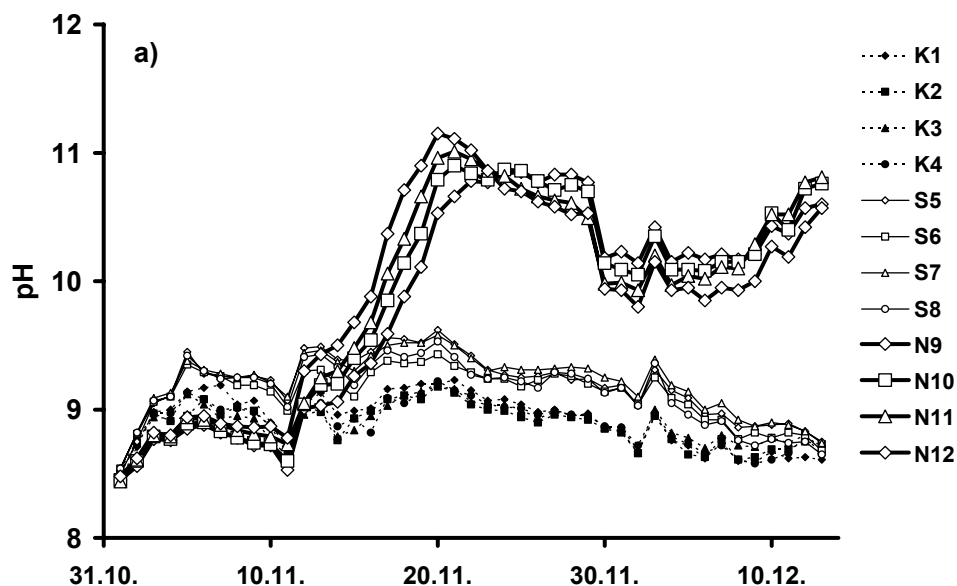
Phosphat- (a) und Ammoniumkonzentrationen (b) ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ ) in den mit Nährstoffen versorgten Minikosmen N9-12 (nach der Zugabe in jedem Ansatz separat gemessen) im Vergleich zur Kontrolle K1-4 und den mit Plankton angereicherten S5-8 im Frühjahr (14.03.-25.04.1989).

Für die wesentlich höheren Ammoniumzugaben ( $40\text{-}390 \mu\text{mol l}^{-1}$ , je nach Trübung) war die Reproduzierbarkeit mit durchschnittlich 9% besser. Allerdings wurde Ammonium nur 2-5 mal je Experiment angereichert, weil es nicht immer vollständig aufgebraucht war (Abb. 1 b). Die mittleren Phosphatkonzentrationen in den Kontrollen und mit sedimentiertem Plankton angereicherten Minikosmen betragen  $<0,7 \mu\text{mol l}^{-1}$  und die von Ammonium  $1\text{-}4 \mu\text{mol l}^{-1}$  in allen 3 Experimenten. Nitrat war in allen Minikosmen mit durchschnittlich  $8 \mu\text{mol l}^{-1}$  vorhanden und erhöhte sich in den Ammonium angereicherten Proben auf durchschnittlich  $22 \mu\text{mol l}^{-1}$ .

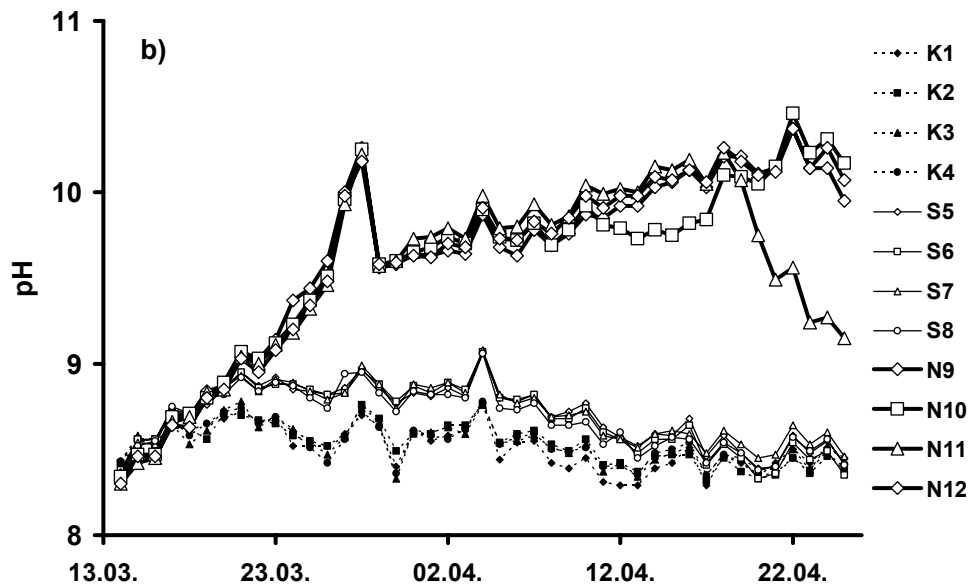
Das N:P-Verhältnis der zugesetzten Nährstoffe war im Sommer und Frühjahr mit  $>50$  deutlich größer als das Redfield-Verhältnis, in dem es in der Biomasse von Plankton enthalten sein soll. Im Herbst, als den Proben aufgrund geringerer Trübungswerte vor allem weniger Ammonium zugesetzt wurde, war dieser Quotient überwiegend 12-25 und damit nahe dem Redfield-Verhältnis von 16:1. Nur in 2 der 7 Wochen wurden Quotienten  $>25$  gemessen. Dennoch wurde auch hier das Phosphat immer sofort bis zur Minimalkonzentration der Kontrolle vom Plankton aufgenommen.

### 3.2 Reproduzierbarkeit der Minikosmen

Als schnell messbare Parameter der Phytoplanktonentwicklung wurden tägliche Trübungswerte und pH-Werte in allen individuellen Minikosmen aufgenommen (Abb. 2). Die relativen Abweichungen der Replikate in den Kontrollen, den mit Sediment angereicherten und auch in mehr als der Hälfte des Inkubationszeitraums in den mit Nährstoffen angereicherten Minikosmen betragen  $<1,3\%$ . In den Minikosmen mit Nährstoffzusätzen kam es zu starken pH-Anstiegen von  $>1$  in allen Experimenten durch den erhöhten  $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$ -Entzug der Primärproduktion. Nur in diesen Minikosmen war die Reproduzierbarkeit etwas geringer mit maximal 5% Abweichung, weil entweder die Replikate zeitlich um 1-2 Tage versetzt reagierten (Abb. 2 a) oder ein Replikat sich abweichend verhielt, z. B. weil Wandbewuchs zur einer Beschattung führte (Abb. 2 b).



**Abb. 2a** Tägliche pH-Werte (13-15 Uhr) aller individuellen Minikosmen (Kontrollen K1-4, mit Plankton angereicherte S5-8 und mit Nährstoffen versorgte Minikosmen N9-12) im Herbst (01.11.-13.12.1988).

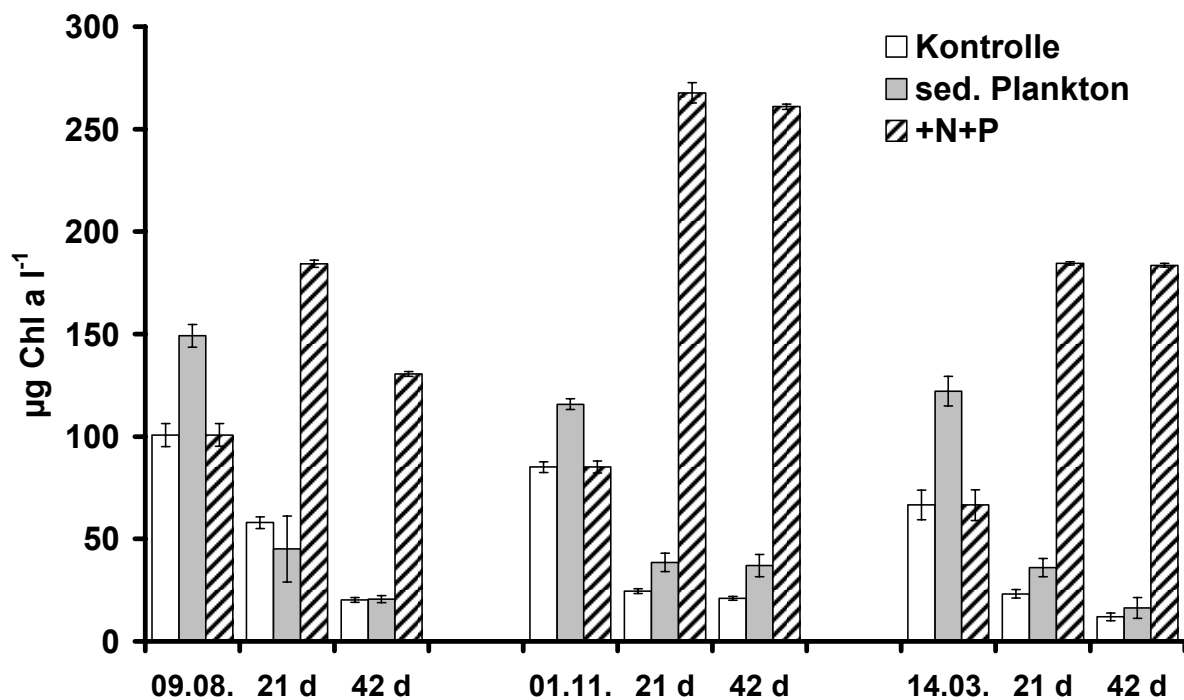


**Abb. 2b** Tägliche pH-Werte (13-15 Uhr) aller individuellen Minikosmen (Kontrollen K1-4, mit Plankton angereicherte S5-8 und mit Nährstoffen versorgte Minikosmen N9-12) im Frühjahr (14.03.-25.04.1989).

### 3.3 Phytoplanktonbiomasse

Im Sommer war der Chlorophyll *a* Gehalt des Planktons am größten und im darauf folgenden Frühjahr nur 66% so hoch (Abb. 3). In den mit sedimentiertem Plankton angereicherten Minikosmen (S) war die Chlorophyll *a* Konzentration um 36-83% angereichert. Im Verlauf der 7-wöchigen Inkubation nahmen diese um 68-87% ab ähnlich wie in den Kontrollen (K) mit 75-82%. Durch die Nährstoffzugaben in den Proben (N) nahm das Chlorophyll *a* zunächst um 83-215% zu. Diese Konzentration konnte fast immer über die gesamten 7 Wochen aufrechterhalten werden.

Außer im Sommer nahmen die Trockenmassen in den Proben, die nicht mit Nährstoffen angereichert waren, weniger stark ab als die Chlorophyll *a* Konzentrationen oder sogar zu. Damit verringerte sich der Chlorophyll *a* Gehalt der Trockenmasse deutlich (Tab. 1). Das sedimentierte Material hatte einen ähnlichen Chlorophyll *a* Gehalt wie das Plankton. Die N- und P-angereicherten Minikosmen konnten über die gesamten 7 Wochen diesen Gehalt konstant halten. Wenn jedoch als Biomasseparameter der aus dem Biovolumen berechnete C-Gehalt eingesetzt wurde, konnte dieser spezifische Chlorophyll *a* Gehalt nicht über den gesamten Zeitraum aufrecht erhalten werden. Daraus ergaben sich die in der Tab. 1 zusammengefassten Biomasse-Chlorophyll-Verhältnisse, die dann in allen Proben entsprechend und z. T. auf über das 10-fache zunahmen.



**Abb. 3** Chlorophyll a Konzentrationen ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) der Kontrollen, der mit Plankton angereicherten und der mit N und P angereicherten Minikosmen (gemischt aus 4 Replikaten, gemessen mit 3 Wiederholungen, deren Standardabweichung als Fehlerbalken) der 3 Experimente (Sommer: 09.08.88, Herbst: 01.11.-13.12.1988, Frühjahr: 14.03.-25.04.1989).

**Tab. 1** Chlorophyll a Gehalt der Trockenmasse (Chla a : TM,  $\mu\text{g Chl a mg TM}^{-1}$ ) und Biomasse-Chlorophyll-Verhältnisse (Biomasse : Chl a,  $\text{g C g Chl a}^{-1}$  z. B. nach Heerkloß & Vietinghoff 1981 und  $\text{mol C g Chl a}^{-1}$  nach Hecky et al. 1993).

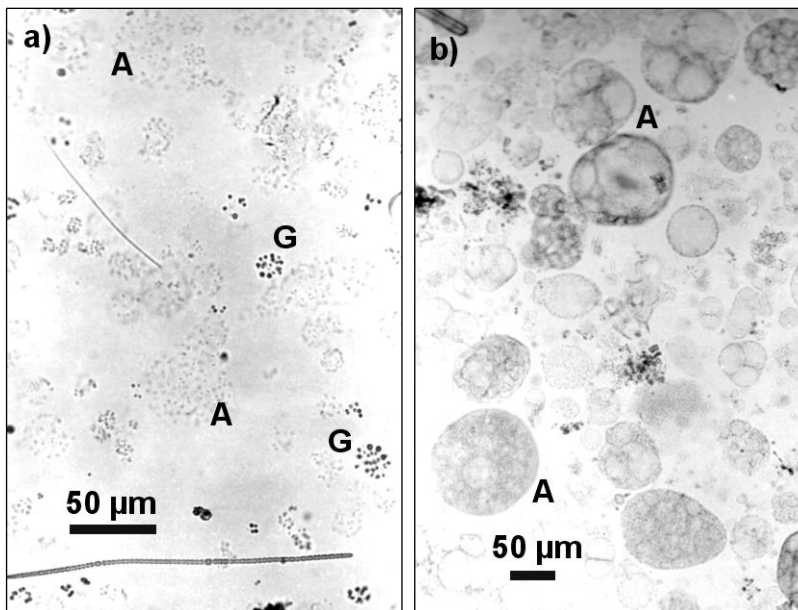
	Chl a : TM			Biomasse : Chl a					
	$\mu\text{g Chl a mg TM}^{-1}$			$\text{g C g Chl a}^{-1}$			$\text{mol C g Chl a}^{-1}$		
	K	S	N	K	S	N	K	S	N
Sommer (09.08.)	0,8	0,9	0,8	60	45	60	5	4	5
21 d	0,4	0,3	1,0	120	141	65	10	12	5
42 d	0,6	0,5	0,7	157	107	132	13	9	11
Herbst (01.11.)	2,2	2,4	2,2	58	72	58	5	6	5
21 d	0,5	0,6	2,9	390	279	60	32	23	5
42 d	0,4	0,5	2,1	517	451	640	43	38	53
Frühjahr (14.03.)	1,4	1,3	1,4	50	30	50	4	2	4
21 d	0,3	0,5	1,2	385	258	135	32	22	11
42 d	0,2	0,2	1,2	1020	322	160	85	27	13

### 3.4 Artenzusammensetzung

Das Phytoplankton des Zingster Stromes und der gesamten Darß-Zingster Boddenkette wurde von Cyanobakterienkolonien und Chlorophyten dominiert. Die meisten Kolonien waren deutlich  $< 50 \mu\text{m}$  im Durchmesser und z. T. von voluminösen Gallerthüllen umgeben (Abb. 4 a). Unter Nährstoffzugabe kam es neben einer Zunahme der Koloniezahl vor allem auch zu einer deutlichen Zunahme ihres Volumens bzw. der in ihnen vergesellschafteten Zellen (Abb. 4 b). Diese Veränderungen gingen

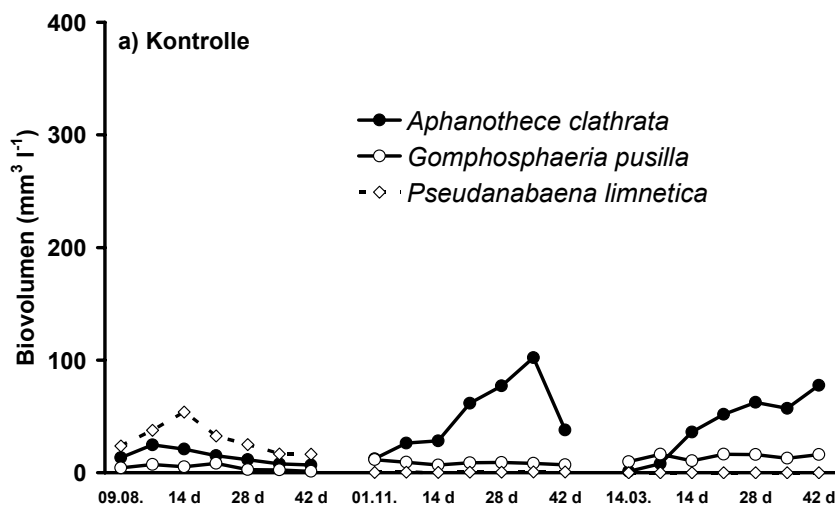
jedoch nicht in die Biomassebestimmung ein, da es zum damaligen Zeitpunkt keine Möglichkeit gab, die durchschnittliche Zellzahl effizient für viele Proben zu bestimmen.

Die Artbestimmung der chroococcalen Cyanobakterien war (und ist) mikroskopisch schwierig. Die wichtigsten Vertreter der Cyanobakterien waren Koloniebildner, die als *Aphanothece clathrata* oder *Microcystis reinboldii* angesprochen wurden. Darin waren wahrscheinlich weitere Gattungen und Arten enthalten, die heute als *Aphanothece minutissima*, *Aphanocapsa* spp., *Cyanodictyon reticulatum*, *Cyanonephron styloides* und *Lemmermaniella pallida* angesprochen werden. *Gomphosphaeria pusilla* war der zweite Typ von Cyanobakterienkolonien mit kugeligen, dicht gepackten Zellen. Diese Art gibt es aus heutiger Sicht nicht (mehr). Vielmehr setzt sich dieser Morphotyp aus mindestens vier Arten der Gattungen *Snowella* und *Woronichinia* zusammen, die nur schwer unterscheidbar sind. Stäbchenförmige solitäre Cyanobakterien traten in hohen Abundanzen auf, wurden aber nur geschätzt. Ein wichtiger Artenkomplex trichaler Cyanobakterien war im Spätsommer *Limnothrix planctonica* (früher *Oscillatoria limnetica*) mit sehr geringen Trichomdurchmessern von  $< 2 \mu\text{m}$ . Darin enthalten waren in sehr geringen Anteilen *Planktothrix redekei* und *Planktolyngbya limnetica*. Die wichtigsten Chlorophyten waren *Monoraphidium*, *Oocystis* und *Scenedesmus* spp. Einige der in der Darß-Zingster Boddenkette einige Jahre später in hohen Abundanzen vorkommenden Arten, die häufig Kolonien und Verklumpungen bildeten, wie z. B. *Tetrastrum triangulare* und *Crucigenia quadrata*, spielten in den hier beschriebenen Proben kaum eine Rolle.

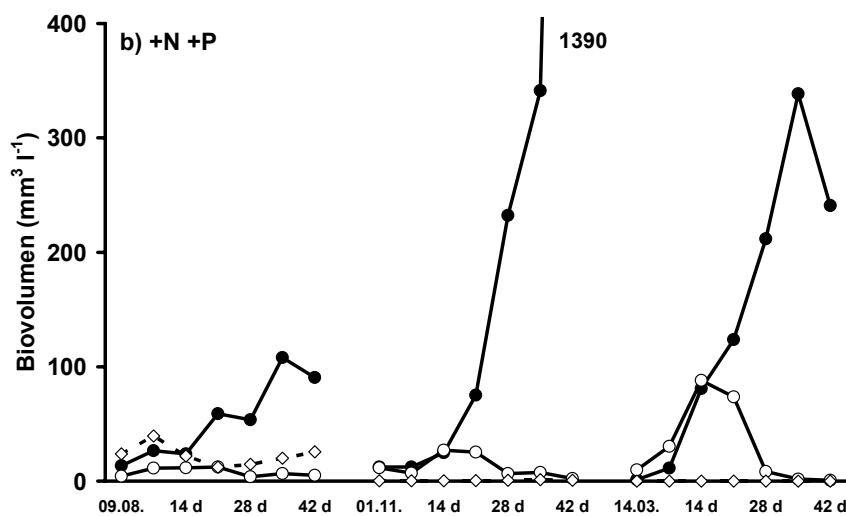


**Abb. 4** Koloniebildner der *Aphanothece clathrata* (A) und *Gomphosphaeria pusilla*-Komplexe (G) in der mit sedimentiertem Plankton (a) und der mit Nährstoffen angereicherten Probe (b) am Tag 36 der Frühjahrssituation (18.04.89). Foto: ORWO NP22, JenaVal 256x Vergrößerung.

In den Kontrollen und den mit sedimentiertem Plankton angereicherten Minikosmen (nicht dargestellt) blieben die Biovolumina fast aller Arten weitgehend unverändert (Abb. 5). In allen mit Nährstoffen angereicherten Proben nahm immer, oft sogar für (fast) den ganzen Inkubationszeitraum, das Biovolumen des *Aphanothece clathrata*-Komplexes zu und bewirkte den Hauptzuwachs an Biomasse. Im Sommer wuchs *Oscillatoria limnetica* in den ersten beiden Wochen (Abb. 5 a), starb danach aber wieder ab. Im Frühjahr wuchsen auch die Arten des *Gomphosphaeria pusilla*-Komplexes nach den Nährstoffgaben vorübergehend (Abb. 5 b).

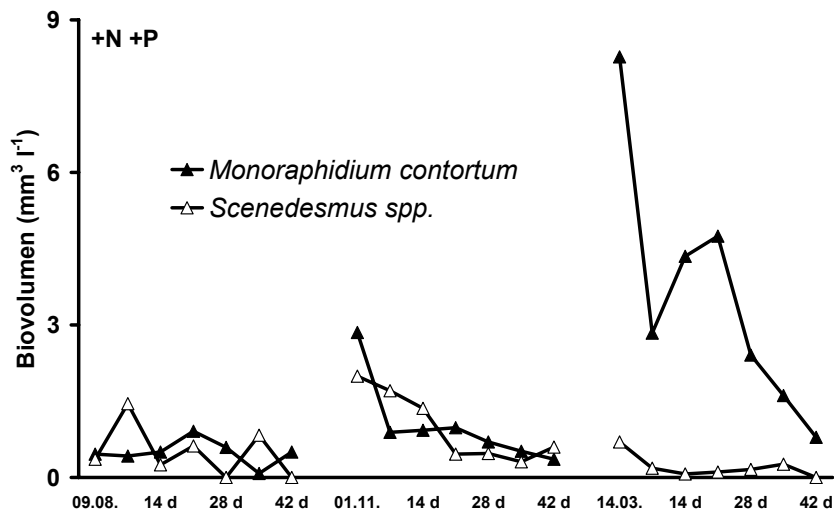


**Abb. 5a**  
 Biovolumen ( $\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$ ) der  
 Kontrollen der 3 Exper-  
 imente (Sommer: 09.08.-  
 20.09.1988, Herbst:  
 01.11.-13.12.1988, Früh-  
 jahr: 14.03.-25.04.1989)



**Abb. 5b**  
 Biovolumen ( $\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$ ) der  
 mit Nährstoffen ange-  
 reicherten Proben der 3  
 Experimente (Sommer:  
 09.08.-20.09.1988,  
 Herbst: 01.11.-  
 13.12.1988, Frühjahr:  
 14.03.-25.04.1989)

Von den anderen taxonomischen Gruppen, die in der Darß-Zingster Boddenkette noch vorkommen (Bacillariophyceae, Dinophyta, Cryptophyta), kamen in diesen Experimenten nur gelegentlich und vereinzelt Arten vor. Chlorophyta als zweitwichtigste Gruppe hatten im Frühjahr höhere Biovolumina, die aber in allen Minikosmen stark abnahmen, d. h. sie profitierten auch nicht von den Nährstoffzugaben (Abb. 6).

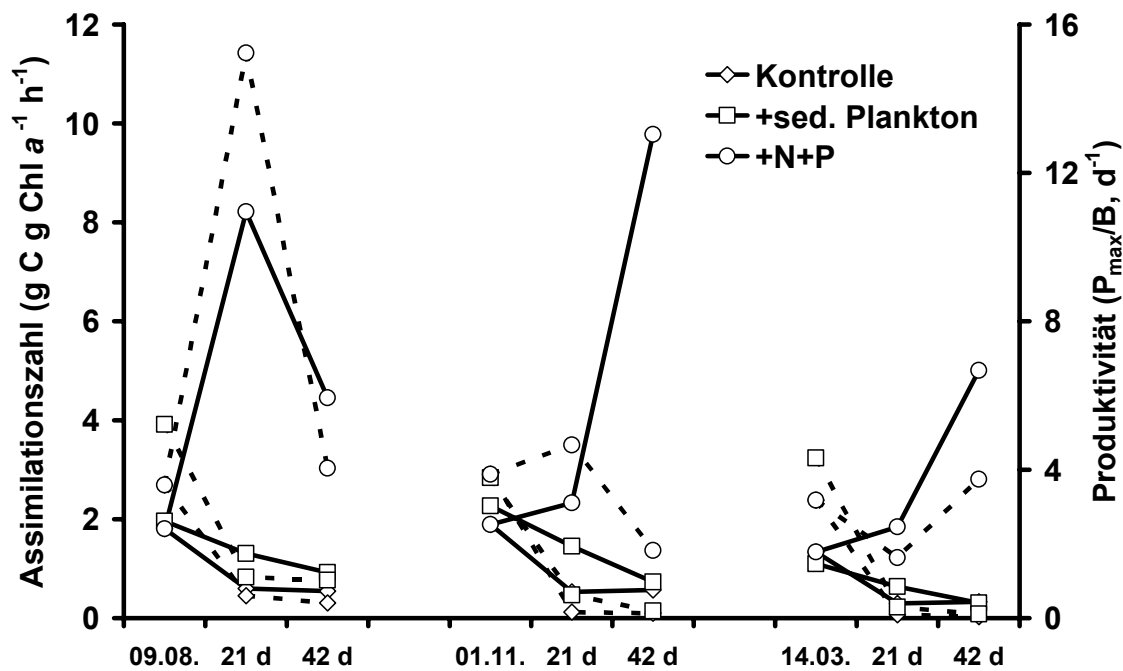


**Abb. 6**  
 Biovolumen ( $\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$ ) der mit Nährstoffen angereicherten Proben der 3 Experimente (Sommer: 09.08.-20.09.1988, Herbst: 01.11.-13.12.1988, Frühjahr: 14.03.-25.04.1989)

Das führte zu einer Vertiefung der Cyanobakteriendominanz in allen Minikosmen völlig unabhängig von der Nährstoffversorgung von 48-89% des Biovolumens auf 55-97%. Gleichzeitig kam es überall zu einem Verlust an Arten von 20-33 je Proben auf 10-24, wobei dieser im Sommer bei anfänglich den höchsten Zahlen maximal (bis 66%) war.

### 3.5 Primärproduktion

Die maximale Primärproduktion war im Frühjahr ebenso wie die Biomasse am geringsten und betrug nur 49% des Sommerwertes. Das angereicherte Plankton war entsprechend der Biomasse um 51-63% aktiver als die Kontrolle und bestand somit aus intaktem und nicht abgestorbenem Phytoplankton. In der 7-wöchigen Inkubation nahm die maximale Produktionsrate ( $P_{\text{max}}$ ) in allen Minikosmen ohne zusätzliche Nährstoffe um 73-90% ab. Die Nährstoffzugaben vervielfachten  $P_{\text{max}}$  auf das 3-16-fache. Die Assimilationszahlen und  $P_{\text{max}}/B$ -Werte sanken in den Minikosmen ohne zusätzliche Nährstoffe immer stark ab. Die N- und P-angereicherten Inkubationen hatte zumindest zeitweise stark erhöhte (potentielle) Produktivitäten (Abb. 7). Dabei waren die auf Chlorophyll *a* basierten Ratios (Assimilationszahl) und die auf Biomasse normierten  $P_{\text{max}}/B$ -Werte z. T. gleichsinnig im Verlauf (Sommer), konnten aber auch völlig voneinander abweichen (Herbst). Die  $P_{\text{max}}/B$ -Werte der Originalproben lagen mit  $3,2-3,9 \text{ d}^{-1}$  im Jahresdurchschnitt von 1991/92 (SCHUMANN 1994) und bedeuten, dass die Biomasse bei maximalem Photonenfluss pro Tag mehr als verdreifacht werden könnte.



**Abb. 7** Potentielle Produktivität berechnet als Assimilationszahl (dicke Linien, g C g Chlorophyll a<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) und P<sub>max</sub>/B-Wert (gestrichelte Linien, g C g C<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) aller 3 Experimente (Sommer: 09.08.-20.09.1988, Herbst: 01.11.-13.12.1988, Frühjahr: 14.03.-25.04.1989)

### 3.6 Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaft

Das Phytoplankton dominierte die gesamte Planktonbiomasse mit 87-98% zum Zeitpunkt der Probenahmen. Diese Dominanz verstärkte sich in allen Inkubationen auf durchschnittlich 94-96% (Abb. 8). Ciliaten hatten die geringste Biomasseanteile mit <2,1% bei einem Durchschnitt von 0,3% aller Proben. Die Bakterienbiomasse stellte durchschnittlich 3% der Biomasse. Obwohl deren Zellzahl sich durch die Nährstoffzugaben und der erhöhten Primärproduktion folgend mindestens verdoppelte (maximal 12-fach), erhöhte sich deren Anteil am Plankton nicht. Metazoen machten maximal 6,4% der Biomasse aus. Deren durchschnittlicher Anteil sank nach Ammoniumzugabe ebenso wie die Ciliatenbiomasse auf 0.

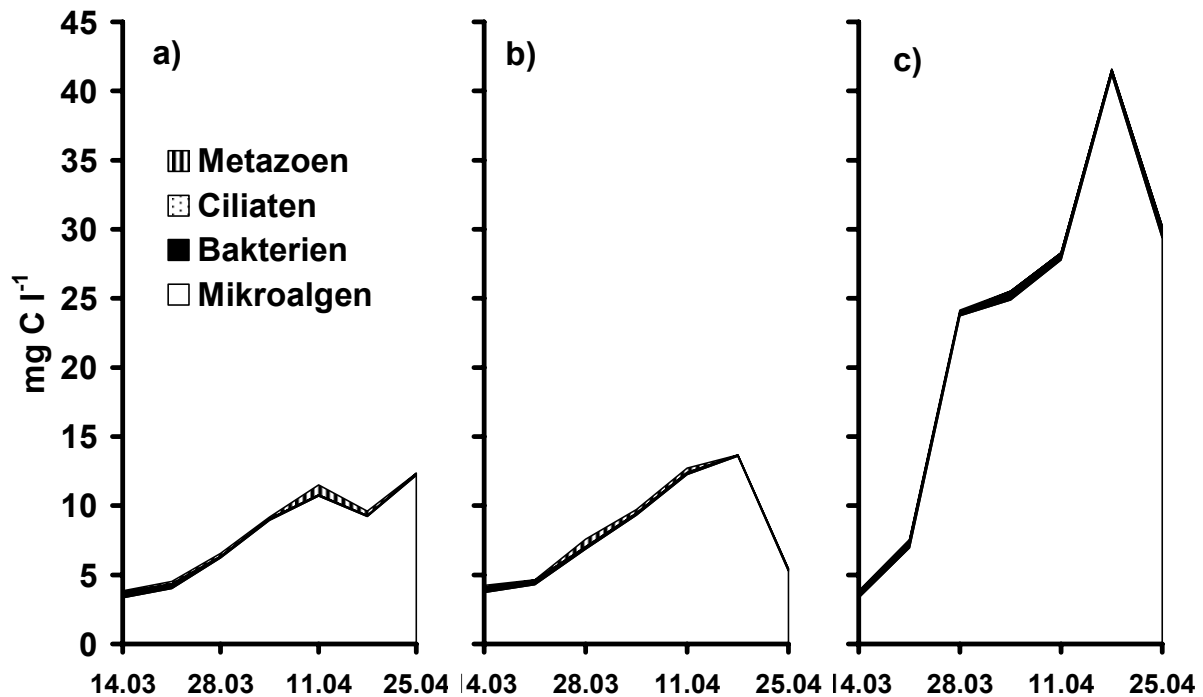


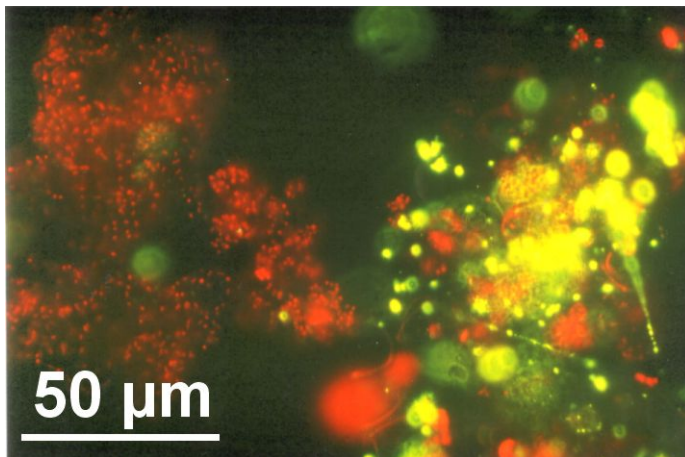
Abb. 8 Zusammensetzung der Planktonbiomasse (mg C l<sup>-1</sup>) im Frühjahrsexperiment (14.03.-25.04.1989)

## 4 Diskussion

**Nährstofflimitation.** Die zugesetzten Makronährelemente waren mit N:P-Verhältnissen von >50 in den Minikosmen der beiden wärmeren Jahreszeiten ungünstig. Die schnelle und wiederholte fast vollständige P-Aufnahme spricht einerseits für die künstlich erzeugte potentielle P-Limitation und evtl. auch für eine tatsächliche zumindest zeitweise Begrenzung des Wachstums *in situ* auch zum Zeitpunkt der maximalen Belastung des Gewässers durch diesen Nährstoff. Andererseits wird auch das hohe Wachstumspotential des Phytoplanktons unter den gewählten Bedingungen (Temperaturen 10-20°C und ca. 100  $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) deutlich. Das wurde als potentielle Nährstofflimitation in GRANÉLI et al. (1988) bezeichnet und bedeutet, dass unter Ausschluss anderer das Wachstum begrenzender Faktoren (Licht, SCHUBERT et al. 2001, und Top Down-Kontrolle, s. u.) eine fortgesetzte Einleitung von Nährstoffen zu einer noch stärkeren Eutrophierung geführt hätte. Ob das Phytoplankton insgesamt tatsächlich P-limitiert war, kann neben der schnellen Aufnahme des P-Pulses durch erhöhte Phosphataseaktivitäten nachgewiesen werden (z. B. NEWMAN et al. 1994). Solche Aktivitätsveränderungen traten während der Frühjahrssituation *in situ* später durchaus auf (SCHUMANN unveröffentlicht), was die Übertragbarkeit der Interpretation der schnellen, wiederholten und vollständigen P-Aufnahme als P-Limitation unterstützt. Allerdings war der Limitationsgrad einzelner Arten bzw. Individuen unterschiedlich (Abb. 9).

Die ständig auch in den Kontrollen und mit Plankton angereicherten Minikosmen vorhandenen Restkonzentrationen an Nitrat weisen im Gegensatz dazu auf eine hinreichende N-Versorgung des Phytoplanktons, z. B. durch das vorhandene mikrobielle Recyclingpotential, hin. Das starke Absinken der Chlorophyll *a*-Konzentration je Bio- bzw. Trockenmasse in diesen Proben wird jedoch als zuneh-

mender N-Mangel interpretiert (HECKY et al. 1993), der in den Originalproben nicht auftrat. Das würde für die Bedeutung externer N-Quellen oder von Nachlieferungen aus dem Sediment für das Phytoplankton sprechen. Allerdings erhöhte sich, wenn auch nicht so stark, das C:Chl a-Verhältnis auch in den nährstoffangereicherten Minikosmen auf als "stark limitierend" eingestufte Werte, obwohl immer ausreichend Ammonium und eine geringe Nitratkonzentration vorhanden waren und das Phytoplankton sich ständig vermehrte. Das ist ein weiterer Hinweis darauf, dass und wie stark die Indikatoren der N-Versorgung des Phytoplanktons (C:Chl a, und hier nicht gemessen C:N) auch von anderen Faktoren beeinflusst werden. Da hier die Artzusammensetzung unverändert blieb, ist wohl das im Vergleich zur *in situ* Situation deutlich bessere Lichtklima für veränderte Element- und Pigmentverhältnisse in der Biomasse die Ursache. Für den Ausschluss einer N-Limitation spricht außerdem die Abwesenheit von Heterocystenbildnern. Allerdings wurde für einige Cyanobakterien, die möglicherweise mit den hier dominierenden *Aphanothece* spp. verwandt sind, eine N-Fixierung inzwischen nachgewiesen (ORTEGA CALVO & STAL 1991), was die Re-Evaluation der N-Fixierung in der Darß-Zingster Boddenkette (LOUIS et al. 1998) notwendig macht.



**Abb. 9**

Extrazelluläre Phosphatase an der rechten Aggregation von Cyanobakterien (Zingster Strom 04.09.1997) markiert durch gelb-grüne Kristalle (ELF 97®), die durch die hydrolytische Aktivität aus 100 µM ELF 97®-Phosphat (Molecular Probes) entstanden sind. Olympus BH2-RFCA, 200x Vergrößerung, Beamsplitter UG-1 (UV), FUJI Sensia 200, Belichtung 5s.

*Biomasse und Artenzusammensetzung.* Zum damaligen Zeitpunkt wurde das autotrophe Picoplankton (KLINKENBERG & SCHUMANN 1995) nicht erfasst, was zu einer Unterschätzung der Biomasse von durchschnittlich 10% führt (SCHUMANN 1994). Die Biomasse der Koloniebildner konnte auch nicht quantifiziert werden. Da es durch die Nährstoffanreicherungen zu enormen Veränderungen der Koloniegrößen kam, die in der Umrechnung von Abundanz in Biovolumen mit einem einheitlichen Faktor unberücksichtigt blieb, wurden die Biomassen der N-Minikosmen relativ zu den anderen Inkubationen unterschätzt. Insgesamt jedoch war das verwendete Biovolumen der Kolonien deutlich zu hoch, so dass die Biomassen aller Proben im Vergleich zu den später bestimmten Werten (SCHUMANN et al. 2001, SCHUMANN & KARSTEN 2006) überbestimmt und alle auf die Biomasse bezogenen Aktivitäten (z. B.  $P_{max}/B$ -Werte) eher zu klein berechnet wurden. In diesem Experiment ersetzt auch die Chlorophyll a Konzentration nicht die Biomassebestimmung, da der Grad der Nährstoffversorgung die zellulären Pigmentgehalte verändert (ZEVENBOOM 1980, RIEGMAN & ROWE 1994). Das relativ konstante und z. T. leicht zunehmende Seston in den Minikosmen ohne zusätzliche Nährstoffe (nicht gezeigt), bestätigt eher die mikroskopisch ermittelten Biomassen. Der (so doppelt bestimmte) Biomassezuwachs relativiert die Einschätzung der Nährstofflimitation insofern, dass die als potentielle Limitation bezeichnete

Wachstumsbegrenzung nicht akut bzw. absolut war. Die (leichte) Zunahme der Biomasse ohne zusätzliche Nährstoffe bedeutet definitionsgemäß, dass Nährstoffe hier nicht (akut) limitierend waren. Allerdings war das Phytoplankton arm an Chlorophyll *a* und wenig produktiv. Eine Top Down-Kontrolle des Phytoplanktons war somit gering und ein Beitrag des Zooplanktons zum Nährstoffrecycling konnte nicht nachgewiesen werden.

**Produktivität.** Die hier gemessenen  $P_{\max}$ -Werte sind nicht geeignet, um den Biomassezuwachs damit zu vergleichen, da sie bei ca. 6-mal höheren (und die Photosynthese sättigenden) Photonenflüssen, als in den Inkubation vorlagen, bestimmt wurden. Die hohen Produktivitäten berechneten sich vielmehr aus maximalen Produktionsraten  $P_{\max}$  bei ca.  $600 \mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , die weder in den Minikosmen (ca.  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) noch im Gewässer mit seinen hohen Attenuationen (Schubert et al. 2001) erreicht werden. Andere Annahmen und Einschränkungen wären eine Unterbestimmung der Biomasse, die weiter oben diskutiert wurde, und die Umrechnung im Kohlenstoff mit dem *in situ* IC (vgl. 2.). Unter den gleichen Bedingungen ermittelte  $P_{\max}/B$ -Werte betragen im Zingster Strom 3 im Jahresdurchschnitt 1991/92 (25 als Maximum) (SCHUMANN 1994). Vielmehr eignen sich die  $P_{\max}/B$ -Werte zur vergleichenden Beschreibung der Produktivität in den Minikosmen unterschiedlicher Nährstoffversorgungen und damit zur Diskussion des Limitationsgrades. Da hier der Kohlenstoffgehalt der Biomasse direkt aus dem Biovolumen berechnet wurde, waren die voneinander abweichenden Produktivitätsparameter Assimilationszahl und  $P_{\max}/B$  nicht durch andere Bestandteile des Sestons (der Trockenmasse, der ca. 80% Detritus im Plankton, SCHUMANN et al. 2001) beeinflusst. Auch die Artenzusammensetzung änderte sich wenig, so dass das auch kaum eine Rolle spielte. Beide Produktivitätsparameter nahmen ohne zusätzliche Nährstoffe drastisch ab, so dass die Nährstoffsituation doch als wachstumseinschränkend bzw. –begrenzend beurteilt werden muss. Das traf selbst auf die mit Plankton angereicherten Ansätze zu, in denen weder durch Grazing von lebendem Plankton (zu Beginn der Experimente) noch später durch bakterielle Remineralisation absterbenden Planktons (sehr niedrige Produktion, stark abnehmende Chlorophyll *a* Gehalte) genügend Nährstoffe freigesetzt wurden, um die Biomasse zu erhalten. Im Gegensatz dazu blieb die Produktivität mit Nährstoffzugaben ungefähr gleich. Das unterstützt nun wiederum die oben angezeifelte Bedeutung von Nährstoffeinträgen in das Pelagial, z. B. aus Zuflüssen und dem Sediment, wobei der Produktivitätsrückgang ohne Nährstoffzugaben mit 80-99% so stark war, dass diesem Faktor in der Beurteilung der Bottom Up-Kontrolle Priorität eingeräumt wird.

**Microbial Loop.** Obwohl das Metazooplankton die Ciliaten nicht begrenzte und diese sich auch nicht entwickelten war eine Top Down-Kontrolle des Phytoplanktons der untersuchten Proben unbedeutend. Warum keine algenfressenden Zooplankter durch die Biomassezunahmen stimuliert wurden, kann wohl mit der durch die hohen pH-Werte (10-11) aufgetretenen Ammoniakbildung erklärt werden. In der Darß-Zingster Boddenkette spielt dieser Zusammenhang eher keine Rolle als Kontrolle der Zooplanktonentwicklung, weil die Ammoniumkonzentrationen *in situ* recht gering waren, wenn solche pH-Werte erreicht wurden. Seit Mitte der 1990er Jahre stiegen die pH-Werte auch nicht mehr auf  $>10$  (BAUDLER unveröffentlicht). Allerdings gab es keinen erkennbaren Grund für das Ausbleiben von Zooplankton in den anderen Minikosmen, die alle im Vergleich zu anderen Gewässern hohe Phytoplanktonbiomassen aufwiesen. Möglicherweise ist das Phytoplankton aufgrund der großvolumigen Kolonien schlecht fressbar. Das Seston insgesamt kann auch von so schlechter Qualität (Schumann et al. 2001) sein, dass das Zooplankton nur geringe

Vermehrungsraten realisieren kann. Experimentelle Beweise für diese Vermutung liegen bisher nicht vor oder sind nicht schlüssig (HEERKLOß et al. 1993). Die Bakterienabundanzen waren nur in den produktiven Minikosmen erhöht, was möglicherweise mit einer erhöhten Exsudation erklärt werden kann. Allerdings bleibt auch bei der bakteriellen Remineralisation (Nährstoffrecycling) unklar, warum das in den Kontrollen und mit Biomasse angereicherten Ansätzen das absterbende Phytoplankton kein ausreichendes Substrat für Bakterien sein soll. Entweder unterlagen die Bakterien einem hohen Fraßdruck durch Flagellaten oder / und das organische Material ist so N- oder P-arm, dass Bakterien nicht schnell genug wachsen können. Im Vergleich zu anderen eutrophen Gewässern sind bakterivore Protisten in der Darß-Zingster Boddenkette nicht deutlich abundanter und überproportionale Fraßverluste sollten nicht auftreten (SCHUMANN & SCHIEWER 1994, SCHUMANN et al. 2003). Allerdings wurde dieser Fraßdruck noch nie bestimmt. Das partikuläre (SCHUMANN et al. 2001, SCHUMANN et al. 2003) und gelöste organische Material (GÖRS et al. 2007) wurde als eher ungeeignet für Bakterien diskutiert, weil es enorm reich an Kohlenhydraten bzw. Kohlenstoff war.

*Schlussfolgerungen.* Die üblicherweise und häufig genutzten Anteile von Pigmenten, Stoffgruppen oder Elementen an der Biomasse sind nur von eingeschränktem Nutzen für die Beurteilung einer Nährstofflimitation. Wesentlich besser geeignet sind Messungen der Produktivität entweder als eine auf Biomasse bezogene Produktion oder aus Parametern der Photosynthese abgeleitete Leistungskriterien, z. B.  $P_{max}$ . Für den Nachweis der P-Limitation erscheint eine erhöhte Phosphatase geeignet und allgemein akzeptiert. Für die Indikation der N-Limitation gibt es keine (bisher messbaren) geeigneten Hydrolasen. Sehr aufwendig und oft (noch) nicht für Gemeinschaften aus vielen Arten geeignete Marker von Nährstofflimitationen wären ferner Nährstoffaufnahmeleistungen oder die Genexpression von Transport- oder Stressproteinen.

## Danksagung

Diese Arbeit entstand vor fast 20 Jahren als meine Diplomarbeit. Die Veröffentlichung der damaligen Ergebnisse soll meine tiefe Dankbarkeit meinem ersten akademischen Lehrer, Prof. em. Dr. Ulrich Schiewer, gegenüber ausdrücken. Er hat nicht nur meine Diplom- und Doktorarbeit intensiv betreut, sondern auch später noch oft geholfen, meine wissenschaftlichen Fragestellungen mit seinem umfangreichen Wissen und seinem unglaublich tiefen und komplexen ökologischen Verständnis zu beantworten.

Ferner danke ich Frau Müller für das Zählen der Metazoen und die Assistenz bei der Primärproduktionsmessung, Frau Krüger für die Messung der Nährstoffe sowie Frau Müller, Frau Teubner, Frau Stolle und Frau Dr. Klinkenberg für ihr bereitwilliges Einspringen bei den täglichen Messungen und der Betreuung der Minikosmen.

## Literatur

- ANAGNOSTIDIS, K. & KOMÁREK, J. (1988): Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3 – Oscillatoriales. – Archiv für Hydrobiologie, Supplement 80 (Algological Studies, 50-53): 327-472.
- BACHOR, A. (2005): Nährstoffeinträge in die Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns – eine Belastungsanalyse. – Rostocker Meeresbiologische Beiträge, 14: 17-32.

- BEHRENS, J. (1982): Soziologische und produktionsbiologische Untersuchungen an submersen Pflanzengesellschaften der Darß - Zingster Boddengewässer. – Dissertation. Universität Rostock
- BELL, R. T. (1993): Estimating production of heterotrophic bacterioplankton via incorporation of tritiated thymidine. In: KEMP, P. F., SHERR, B. F., SHERR, E. B., COLE, J. J. (eds) Handbook of methods in aquatic microbial ecology. – Lewis Publishers, Boca Raton, 495-503
- BÖRNER, R. (1984): Produktionsbiologisch - ökologische Untersuchungen am Phytoplankton des Zingster Stromes. – Dissertation. Universität Rostock
- GASE, G. (1985): Vergleichende Untersuchungen zur Nährstofflimitation und Primärproduktion des Phytoplanktons in der Unterwarnow und im Zingster Strom. – Diplomarbeit. Universität Rostock.
- GARNIER, J. MOURELATOS S. (1991): Contribution of grazing in phytoplankton overall losses in a shallow French lake. – Freshwater Biology, 25: 515-523.
- GEISEL, S. (1987): Vergleichende Untersuchungen zur Primärproduktion, Nährstofflimitation und Ammoniumrhythmik des Phytoplanktons im Zingster Strom und Saaler Bodden. – Diplomarbeit. Universität Rostock.
- GÖRS, S., RENTSCH, D., SCHIEWER, U., KARSTEN, U. & SCHUMANN, R. (2007): Dissolved organic matter along the eutrophication gradient of the Darß-Zingst Bodden Chain, Southern Baltic Sea: I. Chemical characterisation and composition. Marine Chemistry, 104: 125-142.
- GRANÉLI, E., SCHULZ, S., SCHIEWER, U., GEDZIOROWSKA, D., KAISER, W. & PLINSKI, M. (1988): Is the same nutrient limiting potential phytoplankton biomass formation in different coastal areas of the southern Baltic? – Kieler Meeresforschungen, Sonderheft 6: 191-202.
- HECKY, R. E., CAMPBELL, P. & HENDZEL, L. L. (1993) The stoichiometry of carbon, nitrogen, and phosphorus in particulate matter of lakes and oceans. – Limnology and Oceanography, 38: 709-724.
- HEERKLOß, R. & VIETINGHOFF, U. (1981): Biomasseäquivalente planktischer und benthischer Organismen in den Darß-Zingster Boddengewässern. – Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock, 30: 31-36.
- HEERKLOß, R., SCHIEWER, U., WASMUND, N. & KÜHNER, E. (1993): A long-term study of zooplankton in enclosures with special reference to *Eurytemora affinis* (Poppe), Calanoida, Copepoda. – Rostocker Meeresbiologische Beiträge, 1: 25-35.
- HILLEBRAND, H., DÜRSELEN, C. D., KIRSCHTEL, D., POLLINGHER, U. & ZOHARY, T. (1999): Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. – Journal of Phycology, 35: 403-424.
- KLINKENBERG, G. & SCHUMANN, R. (1995): Abundance changes of autotrophic and heterotrophic picoplankton in the Zingster Strom, a shallow, tideless estuary south of the Darß-Zingst Peninsula (Southern Baltic Sea). – Archiv für Hydrobiologie, 134: 359-377.
- KOMÁREK, J., ANAGNOSTIDIS, K. (1998): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd.19/1, Cyanoprokaryota, 1. Teil Chroococcales. – Spektrum Akademischer Verlag / Gustav Fischer Jena
- KOMÁREK, J., ANAGNOSTIDIS, K. (2005): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd.19/2, Cyanoprokaryota, Oscillatoriales. – Elsevier. Amsterdam.
- LINDNER, A. (1972): Soziologisch - ökologische Untersuchungen an der submersen Vegetation in der Boddenkette südlich des Darß und des Zingst. – Dissertation. Universität Rostock
- LOBODA, S. (1982): Phytoplanktonuntersuchungen in der Darß - Zingster Boddenkette (südliche Ostsee). – Diplomarbeit. Universität Rostock
- LOUIS, A., WOLFF, C., DAHLKE, S., & MEYER-REIL, L.-A. (1998): Kopplung zwischen Nitrifikation und Denitrifikation. – 2. Zwischenbericht zum Verbundprojekt "Ökosystem Boddengewässer – Organismen und Stoffhaushalt" (ÖKOBOD), 28 S.
- LUND, J. W. G., KIPLING, C. & LE CREN, E. D. (1958): The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. – Hydrobiologia, 11: 144-170.
- MALCOLM-LAWES, D. J. & WONG, K. H. (1990) Determination of orthophosphate in water and soil using a flow analyzer. – Analyst, 15: 65-67.
- MEYERCORDT, J., GERBERSDORF, S. & MEYER-REIL, L. A. (1999): Significance of pelagic and benthic primary production in two shallow coastal lagoons of different degrees of eutrophication in the southern Baltic Sea. – Aquatic Microbial Ecology, 20: 273-284.
- NASEV, S. (1976): Ökologische Phytoplanktonuntersuchungen in den Boddengewässern südlich des Darß und des Zingst. – Dissertation. Universität Rostock

- NEWMAN, S., ALDRIDGE, F. J., PHILIPS, E. J. & REDDY, K. R. (1994): Assessment of phosphorus availability for natural phytoplankton populations from a hypereutrophic lake. *Archiv für Hydrobiologie*, 130: 409-427.
- ROHDE, K. H. & NEHRING, D. (1979) Ausgewählte Methoden zur Bestimmung von Inhaltsstoffen im Meer- und Brackwasser. – *Geodätische und Geophysikalische Veröffentlichungen*, 4: 31-37.
- JEFFREY, S. W. & HUMPHREY, G.F. (1975): New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c<sub>1</sub> and c<sub>2</sub> in higher plants, algae and natural phytoplankton. – *Biochemie und Physiologie der Pflanzen*, 167: 191-194.
- ORTEGA CALVO, J.-J. & STAL, L. J. (1991): Diazotrophic growth of the unicellular cyanobacterium *Gloeotheca* sp. PCC 6909 in continuous culture. *Journal of General Microbiology*, 137: 1789-1797.
- PANKOW, H. (1990): *Ostsee-Algenflora*. [1. Auflage] – Gustav Fischer, Jena, 648 S.
- RIEGMAN, R. & ROWE, A. (1994): Nutritional status and pigment composition of phytoplankton during springs and summer *Phaeocystis* blooms in Dutch coastal waters (Marsdiep area). – *Netherlands Journal of Sea Research*, 32: 13-21.
- SAGERT, S. & SCHUBERT, H. (1999): Unterwasserlichtklima der Darß-Zingster-Boddenkette. – *Rostocker Meeresbiologische Beiträge*, 7: 135-156.
- SCHNESE, W. (1975): Estimation of plankton production in shallow inlets of the GDR Baltic coast line. – *Havsforskningsinstituts Skrift (Helsinki)*, 239: 131-136.
- SCHIEWER, U. (1982): Zur potentiellen Produktivität der Phytoplanktonpopulationen des Zingster Stromes und der Kirr-Bucht. – *Wissenschaftliche Zeitschrift der EMAU Greifswald*, 31: 57-58.
- SCHIEWER, U. (1994): Stoffkreisläufe in der Darß-Zingster Boddenkette: Kohlenstoffkreislauf. – *Rostocker Meeresbiologische Beiträge*, 2: 121-137.
- SCHIEWER, U., HEERKLOß, R., GOCKE, K., SPITTLER, H.-P. & SCHUMANN, R. (1993): Experimental bottom-up influences on microbial food webs in eutrophic shallow waters of the Baltic Sea. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung der Limnologie*, 25: 991-994.
- SCHIEWER, U. & JOST, G. (1991): The Microbial Food Web in Eutrophic Shallow Estuaries of the Baltic Sea. – *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 76: 339-350.
- SCHLUNGBAUM, G. (1982): Sediment-chemical investigations in the coastal waters of the German Democratic Republic. 10. The role of the matter exchange processes at the sediment water contact zone of eutrophic shallow waters and possibilities of investigating by the example of the phosphate cycle - a survey by the example of the Darss-Zingst Bodden Chain. – *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 10: 119-134.
- SCHUBERT, H., SAGERT, S. & FORSTER, R.M. (2001): Evaluation of the different levels of variability in the underwater light field of a shallow estuary. – *Helgoland Marine Research*, 55: 12-22.
- SCHUMANN, R. (1994): Zur Rolle des Pico- und Nanophytoplanktons im mikrobiellen Nahrungsgefüge der Darß-Zingster Boddenkette. – *Dissertation. Universität Rostock*, 142 S.
- SCHUMANN, R., RIELING, T., GÖRS, S., HAMMER, A., SELIG, U. & SCHIEWER, U. (2003): Viability of pelagic bacteria from freshwater, estuarine and Baltic Sea habitats. I. Environmental conditions and bacterial productivity. – *Aquatic Microbial Ecology*, 32:121-135.
- SCHUMANN, R. & KARSTEN, U. (2006): Phytoplankton im Zingster Strom der Darß-Zingster Boddenkette – 13 Jahre Remesotrophierung. – *Rostocker Meeresbiologische Beiträge*, 26: 47-59.
- SCHUMANN, R., RENTSCH, D., GÖRS, S. & SCHIEWER, U. (2001): Composition and quantities of seston particles along a salinity and eutrophication gradient in coastal waters of the Southern Baltic Sea: significance of detritus and transparent mucoid material. – *Marine Ecology Progress Series*, 218: 17-31.
- SCHUMANN, R. & SCHIEWER, U. (1994): Influence of abiotic induced phytoplankton changes on protozoan communities from the Darß - Zingst bodden chain (Germany). – *Marine Microbial Food Webs*, 8: 265-282.
- STEEMANN-NIELSEN, E. (1952): The use of radioactive carbon (<sup>14</sup>C) for measuring organic production in the sea. – *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 18: 117-140.
- TEUBNER, J. (1989): Quantitative und qualitative Erfassung submerser Makrophyten 1986/87 – Luftbildanalysen. – *Diplomarbeit. Universität Rostock*
- WASMUND, N. (1986): Die Größe der Primärproduktion im Barther Bodden (südliche Ostsee) unter besonderer Berücksichtigung des Mikrophytobenthos. – *Wissenschaftliche Zeitschrift der Wilhelm-Pieck Universität Rostock, N Reihe*, 35: Heft 5: 22-27.

- WASMUND, N. & BÖRNER, R. (1992): Phytoplanktonentwicklung in der Darß-Zingster Boddenkette. – Wasser und Boden, 44: 643-647.
- ZEVENBOOM, W. (1980): Growth and nutrient uptake kinetics of *Oscillatoria agardhii*. – Acad. Proefschrift, Univ. Amsterdam.
- ZIMMERMANN R. & MEYER-REIL, L.-A. (1974): A new method for fluorescence staining of bacterial populations on membrane filters. – Kieler Meeresforschungen, 30: 24-27.

Olga SKARLATO\*; Irena TELESH

\* Mauro Centre for Peace and Justice; St. Paul's College; University of Manitoba; 252 – 70 Dysart Road; Winnipeg MB, R3T 2M6 Canada.  
olyaskar@yahoo.com

## **Environmental security and policymaking: concepts and practices in North America and Europe**

**a review**

### **Abstract**

The paper presents brief excursion into history of the concept of environmental security and its practices in North America and Europe. The concept of environmental security was first introduced in the end of the XX. century when new unconventional threats were added to national security agendas of individual states. Along with traditional military aspects, such components as economic stability, rapid population growth, natural resource depletion and environmental degradation became “state security issues”. Research of the links between environment and security includes environmentally caused scarcities and conflicts, as well as the influence of environmental problems on health and on economic and political stability. The main components of this concept form the basis of the environmental policymaking on national, state and local levels. In the European countries, environmental policies are closely interlinked with and incorporated into the scheme of relevant measures of the EU which has developed the guidelines for protection of natural resources and ecological policy framework for its member-states. The Integrated Coastal Zone Management in Europe is described in more details as a powerful tool of the strategic importance for achieving sustainability in the Region.

**Keywords:** Environmental security, policymaking, Integrated Coastal Zone Management

### **1 Introduction**

The concept of environmental security has become increasingly popular in the past decade, and is discussed by scholars and experts in many different countries. And even though an agreed definition or a concept of environmental security is not recognized by all, it is evident today that the traditional Cold War meaning of security, involving primarily the military and nuclear issues, has undergone transformation. Security today has a broader meaning, and includes such aspects as economic stability, rapid population growth, natural resource depletion and environmental degradation. The new security concept puts more emphasis on the security of people and their overall well-being and needs, than the security of states.

There have been a number of attempts to define environmental security, and it is clear that the concept is defined and understood differently by people of various professions in different countries. Sometimes environmental security is discussed and analyzed, but not defined at all, which causes misunderstandings and inadequate conclusions or actions. The debates over environmental security often originate from the confusion about who is securing what and how. Most attempts to specify the links between the environment and security have focused on environmentally caused scarcities and conflicts, as well as on the influence of environmental problems on health and on economic and political stability.

## **2 Defining environmental security**

“Environmental security is the disarmament policy of the future” Klaus Toepfer, former Executive-Director of the United Nations Environment Programme

In the recent years there has been an increased interest among academia, as well as the media and the public, in the influence of environmental changes and degradation on the lives and health of people. Often environmental degradation has serious negative consequences, for example, droughts can become a cause of food shortages and infectious diseases, Global warming leads to severe climate changes which may cause deadly floods and hurricanes, etc. The scope of this problem shows the importance of taking measures on the level of national governments and international organizations. The key questions in this case are: can environmental problems be considered as part of the national security issues, how dangerous are these problems and who should deal with them.

In the framework of the debate about reconsidering the term “security” there are two main arguments. The first one states that in the contemporary world there are new unconventional threats to the security of countries (see e.g. BROWN 1977; ULLMAN 1983; CONCA 1994; LEVY 1995). These unconventional threats include, among others, natural resources depletion, the failure to respect human rights, the outbreaks of infectious diseases, global warming and population growth. The second argument is based on the assumption that the concept of the security of a country as a whole has become obsolete and requires redefinition (see e.g. DALBY 1996; MATHEWS 1991).

In the 1970s, the debate was started in scientific publications about including environmental threats in the category of threats to national security. In the framework of this debate a number of different concepts was discussed, that ranged from regarding environmental threats as the threats to national security to regarding environmental deterioration as one of the main criteria of global security. A well known environmental researcher Richard ULLMAN was among the first scholars to suggest and provide arguments to the fact that the concept of security requires a broader interpretation, because non-military threats at times can be very dangerous (ULLMAN 1983). One of the arguments states that the fast population growth in the developing countries, and, as a consequence, the struggle for natural resources and population migrations can cause serious conflicts (ULLMAN 1983). There was also a theory that the roots of the redefinition of security and adding the new unconventional threats to security was partly in the world oil crisis of the 1970s (MEADOWS et al. 1972). And even though these studies did not use the term “environmental security”,

they formed the basis for developing the concept of environmental security by describing the new threats to security and recognizing that environmental pollution and degradation is one of them.

The report of the World Commission on Environment and Development entitled "Our common future" (1987) is widely known for introducing the term "sustainable development". However, there was more to it: this report included the statement about the importance of security as an integral part of environmental sustainability. The Commission also noted that environmental problems can trigger regional conflicts.

In the beginning of 1980s research started addressing the security concept using a broader definition, rather than the previously adopted narrow military meaning of this term. The UN Commission on Disarmament and Security issues, chaired by Olof Palme, made a distinction between the terms "collective security" and "common security": "collective security" refers to traditional interstate military security issues and "common security" refers to the new non-military aspects of security, including economic development of countries, natural resource depletion, population growth and environmental degradation (LONERGAN 1999). In the process of researching "comprehensive security" WESTING (1989) expanded the concept of "comprehensive security" by identifying its two main components: political security, which includes military, economic and human factors, and environmental security, which includes the aspects of utilization and protection of the environment. According to WESTING, "comprehensive security" meant being protected from certain threats, including nuclear war, poverty, and global environmental problems. However, this definition requires clear understanding, which threats exactly are the threats to environmental security.

In the 1990s, the debates about the nature and the significance of the concept of environmental security took place (see e.g. Environmental Change and Security Project Report 1995-1999, <http://www.wilsoncentre.org>). One of the main questions of the debates was: can environmental security be considered an integral part of national security and how important and urgent is ensuring environmental security. In 1994 Robert KAPLAN published an article which contained clear arguments about the coming anarchy. According to KAPLAN (1994), such factors as population growth, pollution, urbanization and the accessibility of weapons in West Africa lead to chronic violence and the forced migrations of people. Moreover, KAPLAN stressed that the combination of these factors is achieving a critical level in other countries of the world as well, and even the developed countries of the North are not protected from the threat of the coming anarchy. The article led to mixed reactions, from support and approval to criticism for its one-sided arguments, the lack of thorough analysis and being overly alarmist (DALBY 1996).

As mentioned above, the meaning of the term "security" in the context of environmental security concept varies from the narrow military interpretation connected with armed conflicts to a broader concept, aimed at improving the human wellbeing. There were attempts to interpret environmental security ignoring the term "security" and concentrating on environmental problems and natural resource depletion connected with the emergence of violent conflicts (see e.g. HOMER-DIXON 1991; LIBISZEWSKI 1992). Furthermore, environmental security research can be used in the process of political decision making in order to integrate environmental issues into government policies (MATTHEW et al. 2002). This requires defining the links between environmental problems and security issues.

The process of identification of environmental problems that can threaten state security is difficult and controversial, because by far not all environmental problems fall into this category. Moreover, most environmental problems are not directly related to security issues. Richard ULLMAN defines threats to national security as an action or sequence of events that (1) threatens drastically and over a relatively brief span of time to degrade the quality of life for the inhabitants of a state, or (2) threatens significantly to narrow the range of policy choices available to the government of a state or to private, non-governmental entities (person, groups, corporations) within the state (ULLMAN 1983). According to this definition, most environmental problems are not related to the sphere of national security, because they don't cause such fast and significant complications.

While researching environmental security within the department of Environmental Technologies of the Northwest Nation Laboratory, Brian SHAW suggested the following mechanism of revealing the links between environmental problems and national security: these links should be regarded either from the environmental or from the security point of view (SHAW 1995). If regarding this issue from environmental viewpoint, one should identify all environmental problems typical for a particular region, characterize the likely consequences of these problems, and then identify the particular aspects of security which can be threatened by these problems. The second approach – regarding environmental security from security standpoint – requires comprehensive and clear definition of “national security” issues and identifying those environmental problems that can threaten national security (SHAW 1995). According to SHAW, after the end of the Cold War due to elimination of the direct threat from the Soviet Union, other threats to US security – regional conflicts, in particular – are on the national security agenda. SHAW regards stability of US development on the country level during the Cold War according to the equation in which *state stability* is equal to *military parity of the Superpowers*. For the same period of time he considers that *regional stability* is a combination of *regional military parity*, and *economic, political and cultural aspects*. Today this equation has undergone transformation, and while *regional stability* remains a combination of the above mentioned factors, one new aspect – *environmental resources elements* – has been added to the combination (SHAW 1995). In his research SHAW comes to a conclusion that environmental problems in every region threaten the stability of this region's development, but only occasionally the stability of the region's development is harmed badly enough to threaten the security of this region (SHAW 1995).

Saimon DALBY, a professor of geography and economy has a similar point of view. He argues that while certain links between environmental pollution and emergence of violent conflicts do exist, the likelihood of starting a large-scale war for natural resources is very small (DALBY 2002). Moreover, DALBY considers it necessary to place empiric research of environmental security into a broader context of global economy and urbanization (DALBY 2002).

However, among the research community there are also proponents of the concept of environmental security, who stress the advantages of the concept. For example, Richard MATHEW (2002) notes that environmental security has reinvigorated important elements of security research and policy that were marginalized or abandoned during the Cold War period and the research of environmental security has made important and pioneering contributions to understanding the shifting sources of violence and changing requirements of security in an age of unprecedented inequality and interdependence. Jon BARNETT (2001)

concludes that environmental security is more important than many other political issues of today and that it is a risky but necessary venture.

The comprehensive and full definition of the concept of “environmental security” has not been developed at this point. In order to work out such a definition it is important to understand, which key elements are included in the concept of environmental security. Basing on the analysis of scientific publications in this field, the following points can be considered as key to the meaning of the environmental security concept:

- Public safety from environmental dangers caused by natural and human processes,
- Natural resources depletion and scarcity and the growing gap between supply and demand of environmental resources,
- The correlation between violent conflicts and environment degradation.

Environmental security is also conceived as a way of addressing new unconventional threats. The major threats to environmental security include: climate change and global warming, ozone depletion, air and water pollution, water scarcity, human population growth, deforestation, nuclear safety issues, and the possible usage of biological weapons and spreading of unknown viruses. Addressing and eliminating these threats properly and in time will increase the security of people and improve the state of environment.

Basing on the above mentioned considerations and having analyzed the attempts of researches to define the concept of environmental security, the conclusion can be made that the existing definitions of this concept do not include all the essential components. Moreover, in the developing countries the concept of environmental security is often considered as a program meeting the interests of developed and wealthy nations, and because of this, developing countries are not taking environmental security seriously (CONCA & DABELKO 2002). Due to the fact that the comprehensive definition of environmental security has not been developed at this point, the concept of environmental security in this publication is regarded as a combination of the main components of environmental security and the major threats to environmental security discussed above.

## **2.1 The main tendencies in environmental security research, and institutions, agencies and projects that provide it**

The concept of environmental security was introduced in the end of XX c. At present there are several institutions working on environmental security projects worldwide. While some of them concentrate their studies on research of environmental security concept in general, others regard environmental security according to their specific field of study.

Environmental security research is being conducted in the frameworks of various agencies and departments of individual countries. For example, in the USA, the Environmental Protection Agency (EPA) is responsible for environmental research and policymaking on the national level, and ensuring environmental security

is a task, which is spelled out in EPA mission “to protect human health and the environment” (<http://www.epa.gov/epahome/aboutepa.htm>). EPA is working to develop tools and information that will help prevent and detect the introduction of contaminants into buildings or water systems, as well as decontaminate and dispose of contaminated materials should contamination occur. The focus of these efforts is aimed at providing advice, guidance and scientific expertise to emergency response personnel, decision-makers, and government officials that will result in improved protection for all citizens. Furthermore, EPA National Centre for Environmental Assessment (NCEA) conducts risk assessments, carries out research to improve the state-of-the-science of risk assessment, and provides guidance and support to risk assessors (<http://cfpub.epa.gov/ncea/>). Moreover, the Department of Defense and the Central Intelligence Agency (CIA), among other federal departments, contribute to environmental security research and implementation. For example, the National Defense Center for Environmental Excellence (NDCEE), which was established in 1991, serves as a national leadership organization which addresses high priority environmental problems for the Department of Defense, other government organizations, and the industrial community (<http://www.ndcee.ctc.com/>). The Central Intelligence Agency contributes to environmental security research and implementation by conducting analysis and developing forecasts of potential threats to national security (<http://www.cia.gov>). In 2000 CIA published a report “Global Trends 2015: A Dialogue About the Future With Nongovernment Experts” in which the forecast of world development for the next 15 years was presented. Natural resources and environmental problems are analyzed in the report among the main factors of world development for the given period of time, and it is stated that contemporary environmental problems will persist and in many instances grow over the next 15 years. Particular alarming are increasingly intensive land use, significant degradation of arable land, the loss of tropical forests, the increase of greenhouse gas emissions and significant loss of biodiversity (Global Trends... 2000).

The example of Germany provides a case of European country where the Federal Ministry for the Environment, Nature Protection and Nuclear Safety is responsible for establishing national environmental policies, and the Green Party plays a key role in implementing these policies. The Green Party has first entered the German national parliament (Bundestag) in 1983 after it received 5.6% of the vote in the federal election, and now the Greens (Bündis '90/Die Grünen) are firmly established within the party system in Germany (JÄNICKE & WEIDNER 1997). The major issues of the Green's policymaking include phasing out nuclear energy and ecological tax reform (RÜDIG 2002; KERN et al. 2004). These issues are dealt with by the Federal Environmental Ministry, the principle functions of which include dealing with fundamental environmental policy issues like climate protection, soil and water conservation and remediation of contaminated sites, and nuclear safety issues.

There are several non-governmental projects and research centers in North America and Europe that do the most extensive and detailed research in the field of environmental security.

*Environmental Change and Security Project (ECSP)* at Woodrow Wilson International Center for Scholars, Washington, DC, brings policymakers, practitioners, and scholars from around the world together to address the public and fellow experts on topics of environmental and human security importance and to inform policymakers, activists, researchers, and the general public how global population dynamics interact with environmental degradation within a broad foreign and security policy context (<http://www.wilsoncenter.org/ecsp>).

Since 1994, ECSP has explored the connections among the major challenges facing the world in the 21st century, like population growth, water scarcity, degraded ecosystems, forced migration, resource depletion, etc., and their links to conflict, human insecurity, and foreign policy. ECSP programs and publications have examined the relationships among population, biodiversity, disease, water, economic development, migration, political stability, and violent conflict. Moreover, ECSP's China Environment Forum creates special programming and publications to facilitate dialogue among U.S. and Chinese scholars, policymakers, and nongovernmental organizations on environmental and energy challenges in China (China Environmental Series 2007). ECSP publishes two annual journals, the *Environmental Change and Security Project Report* and the *China Environment Series*, as well as the biannual newsletter *PECS News* (A Population, Environmental Change and Security Newsletter).

Environmental security is also associated by some researchers with the concept of human security, which was developed in the framework of UN Development Programme (UNDP). The UNDP Human Development Report 1994 stated that security has far too long been interpreted narrowly: as security of territory or as protection of national interests or as global security from the threat of nuclear holocaust; forgotten were the legitimate concerns of ordinary people who sought security in their daily lives (Human Development Report 1994). In the framework of rethinking the concept of security, it has been proposed by UNDP to shift the focus from nuclear security to human security (BOOTH 2005). Moreover, human security can be said to have two main aspects: firstly, safety from such chronic threats as hunger, disease and repression, and secondly, it means protection from sudden and hurtful disruptions in the patterns of the daily life (Human Development Report 1994). This sentiment became a guiding principle of Global Environmental Change and Human Security Project (GECHS) which was founded in 1996 and developed theoretical basis for environmental security and human security (<http://www.gechs.org>).

GECHS is an interdisciplinary research project that strives to advance research and a policy effort in the area of human security and environmental change, and it is a core project of the *International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP)* (<http://www.ihdp.uni-bonn.de/>). Located in Bonn, IHDP is part of an international network of research alliances that brings together social scientists and natural scientists from around the world to study and develop solutions to environmental problems.

GECHS arose from the nexus of two areas of study: the human dimensions of environmental change and the reconceptualisation of security. The basic objectives of the project are threefold: 1) to promote research activities in the area of global environmental change and human security; 2) to promote dialogue and encourage collaboration among scholars from around the world; and 3) to facilitate improved communication and cooperation between the policy community, other groups, including NGOs, and the research community (LORENGAN 1999).

It is the primary purpose of GECHS to promote research on various topics related to environmental change and security through facilitating the networking of researchers, circulating information, and linking with other organizations active in this area. The key research themes include: Conceptual and Theoretical Issues in Environment and Human Security; Environmental Change, Resource Use, and Human Security; Population, Environment, and Human Security; Modeling Regions of Environmental Stress and Human Vulnerability; Institutions and Policy

Development in Environmental Security. These activities are facilitated through the recently developed International Network on Environment and Security (INES). The mission of INES is to promote research cooperation and collaboration among research institutions worldwide addressing the links among environment, impoverishment and security. The research network - even in its formative stage - is truly multidisciplinary, involving researchers from geography, economics, sociology, environmental science, engineering, biology and political science. The objective then is to link policy makers and researchers in order to facilitate implementation of environmental measures and projects. The major research findings of the project can be found in the annual *IHDP Reports* and *GECHS' AVISO Bulletin*.

The *Global Environmental Change and Human Security Project at University of California, Irvine (GECHS-UCI)* was established in 1999 by Dr. Richard Matthew, who is an expert in unconventional security and transnational security issues such as terrorism, global environmental change and landmines. The objectives of GECHS-UCI were to undertake original, interdisciplinary and participatory research; collaborate with academics and policymakers in developing countries; develop policy recommendations and educate the public on the ways in which environmental change interacts with other transnational forces to affect the lives and welfare of individuals and groups around the world, especially in developing countries. In 2003, GECHS-UCI was incorporated into the *Centre for Unconventional Security Affairs (CUSA)* at the University of California, Irvine. CUSA conducts research and provides a range of educational and public services focused on four areas related to threat and vulnerability: Biological Security, Environmental Security, Global Terrorism, and Human Security (<http://www.cusa.uci.edu/index.html>).

Education is a crucial component required for resolving environmental conflicts and ensuring environmental security. Education in this case is considered in a very broad sense and includes environmental education and peace education starting from the nursery school, continuing throughout the school years into undergraduate and graduate studies. It is also important to include the general public education via media/conferences/seminars, as well as educating policymakers.

One of the examples of an undergraduate University program in Canada that specifically concentrates on environmental conflict resolution is the Trudeau Centre for Peace and Conflict Studies at the University of Toronto (<http://www.trudeaucentre.ca/>). This B.A. degree program examines violent strife, from war between countries to revolution, insurgency, ethnic clashes, terrorism, and genocide within countries and concentrates on the underlying causes of this strife, including poverty, resource scarcity, weapons proliferation, competing claims for justice, and failures of foreign-policy decision making (<http://trudeaucentre.ca/undergradprogram-programoverview.html>).

One of the key elements in this approach to environmental security is natural resources and its unequal distribution. Dr. Thomas HOMER-DIXON, Programme Director and one of the recognized world's authorities on environment and security, names the following reasons to resource scarcity: the overall decrease of quality and quantity of renewable resources, population growth and as a result increased demand and unequal access to natural resources (HOMER-DIXON 1994). Furthermore, he names four social factors that have a considerable influence on emerging of violent conflicts: the decrease of food production; economic recession; population migrations; ineffective social and civil institutions (HOMER-DIXON 1991).

This program is associated with large internationally known research projects that addressed emerging of violent conflicts due to resource scarcity. The completed studies include a 3 year project on Environmental Change and Acute Conflict, a 4 year project on Environmental Scarcities, State Capacity, and Civil Violence, and a 2 year project on Environment, Population and Security (<http://link.library.utoronto.ca/pcs/search.cfm#Related>). The researchers have completed papers on water scarcity and conflict, rapid urbanization and urban violence, environmentally induced migration and ethnic violence, the determinants of social adaptation to environmental and population stress and methodological issues (e.g. HOMER-DIXON & BLITT 1998). They have also conducted and published case studies of environmental stress and violence in Rwanda, South Africa, Bangladesh-Assam, Bihar (India), Pakistan, China, the Philippines, Indonesia, Nicaragua, Chiapas (Mexico), Gaza, and the Jordan and Senegal River basins. Materials accumulated over the course of the above projects have been compiled into an extensive Environmental Security Database containing approximately 20,000 items relating to the study of the links between environmental stress and violent conflict in developing countries (<http://link.library.utoronto.ca/pcs/search.cfm>).

Therefore, the conclusion can be made that environmental security research is conducted in the frameworks of several institutions, agencies and projects according to their primary field of study (e.g. human security, resource scarcity, population dynamics, etc.). For example, the Trudeau Centre for Peace and Conflict Studies at the University of Toronto regards environmental security mainly from the angle of the possibility of emerging of violent conflicts due to resource scarcity, while GECHS Project emphasizes human security as being the key aspect of environmental security concept. There is no one organization that would concentrate on environmental security research in particular, and consider all existing approaches to environmental security. Moreover, the term “security”, as well as the components of environmental security concept, are often understood and defined differently by various institutions. Such variety of approaches to environmental security provides stakeholders and politicians with a chance to choose a suitable approach to environmental security in the course of the policymaking process.

## **2.2 Environmental policymaking: Integrated Coastal Zone Management in Europe, with emphasis to German experience**

The increased security concerns of the past years have got their implications on European environmental policies. Environmental security aspects, for example, the consequences of war for environment and the links between scarce resources and conflict, have moved up to the European policy agenda (2003 Environment Policy Review).

The Baltic Sea region provides a good example of ensuring environmental security not by a single country, but by the means of European governance of the “Baltic community” (a regional case of “global governance”). The concept of global governance has been widely discussed by the academia in the recent years, even though the clear definition of this concept hasn’t been agreed upon at present (see e.g. BIERMANN 2004). In general, global governance is an international regime, which is carried out by one or several institutions with certain authority and power. In the Baltic Sea Region there are three main forms of governance beyond the nation state: Helsinki Convention (international regime, the form of international governance by nation states), Baltic 21 (international policy network, the form of international

governance with nation states), and Union of Baltic Cities (transnational network, the form of transnational governance without national states) (KERN & LÖFFELSEND 2004). In the case of the Baltic Sea Region, the above mentioned institutions of the European governance, along with the single nation states, play the major role in developing and implementing environmental policies and measures. Therefore, when applying the concept of environmental security to the Baltic Sea Region, one should take into consideration environmental policies and regulations of individual Baltic countries, and place it in a sustainability oriented framework of the multi-level European governance.

The environmental politics in Germany influences a lot the European environmental strategy. The main components of the environmental security concept form the basis of the German environmental policymaking on national, state and local levels (see e.g. WALLACE 1995; SCHREURS 1992), although the term “environmental security” is not often applied in Germany. There is a well developed legal basis, established environment-protection institutions, substantial ecological policies, and a number of efficiently completed and ongoing environmental projects in Germany (see e.g. WEIDNER 2002; KERN et al. 2004). The basic environmental policy projects in this country include climate protection policy, in particular energy policy and the introduction of environmental taxes, as well as the development of a national sustainability strategy (KERN et al. 2004). German environmental policies are closely interlinked with and incorporated into the scheme of relevant measures of the EU which has developed the guidelines for protection of natural resources and an ecological policy framework for its member-states (see e.g. German Environmental Report 2002; DOLZNER & THESING 2000). Climate change, the loss of biodiversity, and forest degradation are among the most serious environmental problems in Germany (STANNERS & BOURDEAU 1995). In the meanwhile, Germany shares its borders with European countries, each of them having similar environmental policies and regulations, as well as various environmental problems. Moreover, Germany is also sharing the waters of the Baltic Sea and the consequent environmental problems with eight other Baltic countries, including Russia (for details about environmental policymaking in Russia, see SKARLATO 2002). Due to the fact that environmental pollution does not respect the administrative borders in the sea as well as in the air, the environmental security issue is of exceptional importance.

One of the best examples of a program related to ensuring of environmental security in the Baltic Sea Region and conducted by Germany along with other European Union countries is the process of the Integrated Coastal Zones Management (ICZM). Coastal areas constitute geographic areas of special interest from both environmental and socio-economic development perspectives. Presently the coastal zone occupies less than 20 % of the Earth’s land surface, yet by 2025, three quarters of the world’s population is expected to live in the coastal zone worldwide, and hence human activities there will impose disproportionate pressures on the Earth System (LE TISSIER & KREMER 2005).

The definition of Integrated Coastal Zones Management was provided by the European Commission: ICZM is a dynamic, continuous and interactive process designed to promote sustainable development of coastal zones (Towards a European Integrated Coastal Zone Management Strategy 1999). ICZM has to integrate three basic objectives in the sustainable manner: coastal protection, nature and resource conservation, and economic development. The word “integrated” here means various things: integration of land and sea, integration of objectives and visions, integration of instruments and strategies to reach these objectives,

integration of stake-holders in policy making, administration, science and local population, integration of sectors, branches and interests (SCHERNEWSKI & SCHIEWER 2002). The stakeholder analyses and considerations are essential in the decision-making process concerning various aspects of coastal zone functioning: tourism, recreation, fishing, harbor development, nature protection, agricultural and industrial development (GLAESER 2002).

The promotion of ICZM in Europe was given an added impetus in 1995 following a Communication from the Commission to the Council and European Parliament on ICZM calling for action against the continued degradation of Europe's coastal zones (ROBERTS 2005). The Commission on Environment of the European Union has operated a Demonstration Program on ICZM in 1996-1999 in order to provide technical information about sustainable coastal zones management, stimulate debate among various actors involved in planning, management or use of European coastal zones, and to generate consensus regarding ICZM measures. In 2000 the Commission has adopted two documents: a Communication to the Council and the European Parliament on ICZM strategy and a Recommendation of the European Parliament and of the Council concerning the implementation of ICZM in Europe. According to these documents, EU countries should formulate their own national ICZM strategies following certain recommendations. These strategies should identify: the roles of administrative actors, the instruments for implementation of the program, sources of financing and monitoring systems, as well as develop and maintain regional or local legislation and policies in order to implement the ICZM programs (Recommendation of the European Parliament 2002). It is emphasized that an integrated, participative territorial approach is required to ensure that the management of the Europe's coastal zones is environmentally and economically sustainable (Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on Integrated Coastal Zone Management 2000). The key principles for ICZM were identified as (1) broad overall perspective, (2) long-term perspective, (3) adaptive management, (4) local specificity, (5) working with natural processes, (6) involving all parties concerned, (7) support of relative administrative bodies, (8) using a combination of instruments (ROBERTS 2005).

Among other ICZM related activities in Europe, the development of the ecosystem approach to management and planning in the coastal areas is of exceptional importance. For example, UK Government has advocated both the ecosystem approach and ICZM as tools for improved marine management in its recent marine strategy (ROBERTS 2005).

Integrated Coastal Zone Management is a new policy field and an important area of research; it deals with the competing demands for space and coastal resources, as well as with the resulting conflicts (GLAESER 2004). For example in Germany, in order to gradually replace nuclear energy with renewable energy and increase the percentage of renewable energy sources in power supply to at least 12.5 percent by 2010, according to 2004 Renewable Energy Sources Act (Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich 2004), it is necessary to considerably increase the amount of offshore wind mills. The construction of such mills both initiates support and gathers criticism. The arguments for constructing more wind mills focus on macroeconomic issues, infrastructure investments, as well as energy and climate policies, while the critics are concerned with consequences like potential damage to tourism and increased risk from maritime accidents (GLAESER 2004). In this case a comprehensive and integrated strategy for managing coastal zones should be used to resolve the existing conflicting issues.

For such conflicts, ICZM has proved to be an effective process of good decision-making based on sound science, a holistic approach and public participation (ROBERTS 2005).

At present in Germany a number of national reference-projects on Integrated Coastal Zone Management are being conducted. One of these projects, which started in May 2004, is entitled "Research for an Integrated Coastal Zone Management in the German Oder Estuary Region (ICZM-Oder)" (<http://www.ikzm-oder.de/>). The Oder estuary is located at the border between Germany and Poland and is characterized by a high nature potential with multiple forms of landscape and formative large coastal waters. At the same time the whole region is suffering from massive economic problems and high gradients between east and west as well as between coast and hinterland. The ICZM-Oder Project is aimed at establishing a regional integrated coastal zone management program and at linking the German and Polish coastal region. The important goal of this Project is to work out methods and structures between these two countries in order to ensure the sustainability of region's development, in particular tourism and environmental quality. In the course of this project a number of conflicting issues came up, which indicates that the development of an Integrated Coastal Zone Management program requires careful consideration of environmental security issues. For example, tourism development and nature preservation are among the most important regional issues, but they often conflict with the social and economic activities of the region. The increasing competition for the coastal areas between such users as offshore wind energy, oil and gas pipelines, shipping ports and recreation create tension and can cause conflicts. To solve this problem and to minimize the existing tensions ICZM-Oder Project is aimed at developing of the spatial planning instruments, which will help coordinate the actions of various coastal zone users. This project is an important step towards developing a national ICZM strategy for Germany, as well as it is a tool facilitating German-Polish cooperation in the environmental policymaking process. Furthermore, specific ICZM-related research relevant to the Oder Estuary is accumulated during the Project and is put together into a database, which can be used to help prevent the emergence of new unconventional threats in order to ensure the security of the environment and the people of the region.

The Integrated Coastal Zone Management programs that are being developed in Europe and in Germany in particular, correspond to the concept of environmental security, even though this fact is not considered directly in these programs. While the environmental security concept is related to human security and is conceived as a way of addressing new unconventional threats, such as environmental resource depletion, air and water pollution and nuclear safety issues, ICZM suggests the way to deal with these problems in the coastal zone areas. With the concept of environmental security being a theoretical approach to the issues linking security and environment, ICZM is a practical solution for achieving sustainability in coastal development. Moreover, while environmental security concept deals theoretically with environmentally induced conflicts, ICZM is a tool to resolving such conflicts. Due to the fact that the coastal zones are of strategic importance to all Europeans and are considered the most valuable areas within EU by An Assessment of the Socio-Economic Costs and Benefits of Integrated Coastal Zone Management (2000), ensuring of environmental security in these regions is of particular importance.

The recent synthesis of knowledge on the ecology of the Baltic coastal waters and related aspects stresses the necessity to develop a joint, pan-European approach to ICZM which is a way to provide suitable concepts for a sustainable

development of Europe (SCHIEWER 2008). According to SCHIEWER (2008), in future there will be increasing scope for conflicts between nature conservation, tourism, different types of use in the coastal and near-shore areas, and coastal protection. Meanwhile, legislation and competence in respect to coastal area problems not only differ between European countries but vary considerably even between the federal states of Germany. Consequently, it is important to select reference and study areas for combined and comparative natural scientific and socio-economic investigations in the region, the main goal of which should be to support the function of natural rather than human-disrupted capital by feedback from society (SCHIEWER 2008).

Even though at present most national states in Europe have no official ICZM strategy, there exist many examples of practices reflecting one or more of the ICZM principles, and there is an understanding that ICZM is a *process* (De JONG & VOLLMER 2005). This is illustrated well, for example, by the Dutch-German-Danish political cooperation on the protection of the Wadden Sea – the trilateral cooperation which has since 1978 developed an incorporated several ICZM elements and principles (VOLLMER & De JONG 2004).

Similarly to the Baltic Region, the Mediterranean coastal zones are characterized by high concentrations of population and economic activities which lead to conflicts over the use of resources, intensive land use, urbanization, and environmental degradation resulting in formation of some 100 hot spots in the 19 Mediterranean countries (COCCOSSIS 2005). For this European region, the Integrated Coastal Area Management (ICAM) offers an integrative framework based on the principles similar to those of ICZM, which, however, still rests largely on national level environmental policy-making meanwhile the real ICZM strategy requires broadening of the actions envisaged incorporating as many actors as possible (COCCOSSIS 2005). Being a dynamic process, ICZM strives to coordinate all the development in the coastal zones within the limits set by natural system dynamics and carrying capacities. Taking into account the existing conflicts of interests, inter alia, between the exploitation of wind energy and fisheries or between harbour development and nature conservation, ICZM aims at supporting sustainable, environmentally compatible and smooth development in the coastal areas using holistic approach (LÜTKES & ELL 2005).

### **3 Concluding remarks**

While the main components of environmental security concept have already been incorporated into the North-American and European environmental policymaking processes, the concept itself has not been widely recognized yet and needs further clarification and improvement. In certain countries, for example, in Germany there exist well developed “packages” of environmental protection measures and practices. However, on the pan-European as well as on pan-American basis there is a certain lack of theoretical background for these policies and practices, and the concept of environmental security still remains one of the “overlooked” theoretical approaches.

Due to the fact that environmental security addresses new unconventional threats and conflicts, and is connected with human security, it is closely tied to the concept of sustainable development. In the meanwhile, the implementation of the

national sustainable development strategy is generally one of the priorities of the environmental policymaking. As the development of the concept of environmental security evolves, it would seem essential for any country to involve itself in the tracking of the progress of the concept's evolution and to be directly engaged in helping to shape the concept and to implement it into environmental policymaking process. The specific environmental measures (actions, programs, etc.) should be implemented based on the regional approach. The Integrated Coastal Zone Management program which is being developed in Germany is a good example of implementation of such measures into practice. By means of addressing the issues of sustainable management of coastal zone areas, ICZM serves as a tool for incorporating the environmental security concept into the environmental policymaking. In order to contribute to ensuring environmental security in the Baltic region, more international ICZM projects should be conducted. It is of special importance to conduct these projects in cooperation with those countries and regions which do not fall under the environmental requirements of the EU and which have less developed environmental policies.

Nowadays German environmental policies are among the most effective ones in the world due to a number of factors. First of all, the green movement in Germany and the creation of the Green party, which was able to gather enough support to enter the federal government and to become a member of the ruling coalition, contributed to effective environmental policymaking. Moreover, Germany is a member of the EU, which imposes certain environmental requirements on the member states. In addition to that, comparatively high public awareness and public participation (recycling, sorting out trash, promoting the use of recycled products, saving water, etc.) ensures the implementation of the existing environmental policies.

The roots of the main and the most complex current environmental problems, however, are in the decision making and policy making. Environmental issues should become a priority on the national level. Germany, along with some other European countries, set a positive example of developing and implementing effective national environmental policies. For such change to happen in other countries, the politicians there must realize the importance of protecting the environment and then incorporate environmental measures into all major areas of national politics. Considering and dealing with environmental issues both by politicians on the national level and by general public in their own regions will contribute to ensuring environmental security and will lead to more effective environmental policymaking and implementation of measures securing the environment.

## **4 Zusammenfassung**

Die Arbeit gibt einen Überblick über die Sicherheitspolitik im Kontext von Umweltproblemen in Nord Amerika und Europa. Der Begriff Umweltsicherheit wurde im ausgehenden XX. Jahrhundert geprägt. Er umfasst neben dem herkömmlichen Sicherheitsverständnis im militärischen Sinne solche Probleme wie ökonomische Stabilität, schnelles Bevölkerungswachstum, Ressourcenverknappung und Umweltzerstörung. In der Umweltpolitik sowohl auf nationaler als auch auf regionaler Ebene gewinnen Sicherheitsfragen zunehmend an Bedeutung. Am Beispiel des Integrierten Küstenzonen Managements in den Ländern der Europäischen Union wird dies näher erläutert.

## Acknowledgements

We dedicate this paper to the memory of Professor Emeritus, Dr. habil. Ulrich Schiewer, the outstanding German scientist who impacted significantly the research ideas, goals and scientific careers of both authors. The first author (O.S.) gratefully acknowledges the help and guidance of Prof. Dr. Bernhard Glaeser and the support of the Alexander von Humboldt Foundation which provided her with organizational and financial assistance by the means of German Chancellor Scholarship Program.

## References

- 2003 Environment Policy Review (2004): Communication from the Commission to the Council and the European Parliament, Brussels.
- An Assessment of the Socio-Economic Costs and Benefits of Integrated Coastal Zone Management (2000): Final Report to European Commission, Scotland.
- BARNETT, J. (2001): *The Meaning of Environmental Security. Ecological Politics and Policy in the New Security Era.* Zed Books.
- BIERMANN, F. (2004): *Global Environmental Governance. Conceptualization and Examples.* Global Governance Working Paper No 12. Amsterdam, Berlin, Oldenburg, Potsdam: The Global Governance Project.
- BOOTH, K. (Ed) (2005): *Critical Security Studies and World Politics.* Lynne Rienner Publishers.
- BROWN, L.R. (1977): *Redefining National Security.* Worldwatch, Paper 14.
- China Environmental Series (2007): Issue 9, Woodrow Wilson International Centre for Scholars, <http://www.wilsoncenter.org/topics/pubs/ces9.pdf>, Retrieved April 6, 2008.
- COCCOSSIS, H. (2005): *Integrated coastal area management at regional and national scales: The Mediterranean and Greece.* Nationale IKZM-Strategien – Europäische Perspektiven und Entwicklungstrends, Bonn, 9-13.
- Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on Integrated Coastal Zone Management: A Strategy for Europe (2000): Commission of the European Communities, Brussels.
- CONCA, K. (1994): *The name of sustainability: Peace studies and environmental discourse.* Peace and Change 19: 91-113.
- CONCA, K., & DABELKO, G. (2002): *Environmental Peacemaking.* Woodrow Wilson Center Press, 244 p.
- DALBY, S. (1996): *Environmental security: Geopolitics, ecology, and the new world order.* In: Braden JB, Folmer H, Ulen TS (Eds.), *Environmental Policy with Political and Economic Degradation: the European Union and the United States.* Vermont: Edward Elgar Publishing Co.
- DALBY, S. (1996): *The Environment as geopolitical threat.* Ecumene 3(4): 472-496.
- DALBY, S. (2002): *Security and Ecology in the Age of Globalization // Environmental Change and Security Project Report No 8.* The Woodrow Wilson Center, 95-108.
- DE JONG, F., & VOLLMER, M. (2005): *„The first steps“.* Stakeholder participation and ICZM in the international Wadden Sea Region. Nationale IKZM-Strategien – Europäische Perspektiven und Entwicklungstrends, Bonn, 27-32.
- DOLZNER, THESING, J. (Eds.) (2000): *Protecting our environment. German Perspectives on a Global Challenge.* Konrad Adenauer Stiftung.
- German Environmental Report (2002): The Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (Retrieved May 3, 2005). ([http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/umweltbericht\\_engl\\_2002.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/umweltbericht_engl_2002.pdf)).
- Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich vom 21 Juli 2004. Bundesgesetz Blatt Jahrgang 2004, Teil I, Nr. 40.
- GLAESER, B. (2002): *Linking Partners in Joint Coastal Management Research: Strategies toward Sustainability.* In: Schernewski G, Schiewer U (Eds.) *Baltic Coastal Ecosystems: Structure, Function and Coastal Zone Management.* CEEDES-Series, Springer Verlag, Berlin, 353-362.
- GLAESER, B. (2004): *Social Science Responses to New Challenges for the Coast.* In: Schernewski G, Dolch T (Eds.) *Geography of Seas and Coasts. Coastline Reports 1:* 201-211.

- Global Trends 2015, Central Intelligence Agency (2000): <http://www.cia.gov/cia/publications/globaltrends2015>.
- HOMER-DIXON, T.F. (1994): Environmental scarcities and violent conflict: Evidence from cases. *International Security*, 16 (2): 76-116.
- HOMER-DIXON, T.F. (1991): On the threshold: Environmental changes as causes of acute conflict. *International Security*, 19 (1): 5-40.
- HOMER-DIXON, T.F., & BLITT, J. (1998): *Ecoviolence. Links Among Environment, Population, and Security*. Rowman & Littlefield Publishers, Inc.
- Human Development Report (1994): United Nations Environment Programme. Oxford: Oxford University Press.
- JÄNICKE, M., & WEIDNER, H. (1997): Germany. In: Jänicke M, Weidner H. *National Environmental Policies*, Springer, 133-155.
- KAPLAN, R. (1994): The coming anarchy: How scarcity, crime, overpopulation, and disease are rapidly destroying the social fabric of our planet. *Atlantic Monthly*, February, 44-76.
- KERN, K., KOENEN, S., & LÖFFELSEND, T. (2004): Red-Green Environmental Policy in Germany: Strategies and Performance Patterns. In: Reutter W (Ed.), *Germany on the Road to "Normalcy": Policies and Politics of the Red-Green Federal Government (1998-2002)*, Palgrave Macmillan, 183-206.
- KERN, K., & LÖFFELSEND, T. (2004): Sustainable Development in the Baltic Sea Region. Governance beyond the Nation State. *Local Environment* 9 (5): 451-467.
- LEVY, M.A. (1995): Is the environment a national security issue? *International Security* 20 (2): 35-62
- LIBISZEWSKI, S. (1992): What is an environmental conflict? Environment and Conflicts Project (ENCOP), Occasional paper No 6. Zurich: Center for Security Studies and Conflict Research.
- LONERGAN, S. (1999): Global Environmental Change and Human Security Science Plan. IHDP Report No. 11, Bonn, Germany, 60 p.
- LÜTKES, S., & ELL, M. (2005): Stand der Entwicklung der nationalen IKZM-Strategie. Nationale IKZM-Strategien – Europäische Perspektiven und Entwicklungstrends, Bonn, 41-46.
- MATHEW, R.A. (2002): In Defense of Environment and Security Research. Environmental Change and Security Project Report No 8. The Woodrow Wilson Center, 109-124.
- MATTHEW, R., HALLE, M., & SWITZER, J. (Eds.) (2002): *Conserving the Peace: Resources, Livelihoods and Security*. International Institute for Sustainable Development, 408 p.
- MATHEWS, J.T. (1991): The Environment and International Security. In: Klare M, Thomas D (Eds.) *World Security: Trends and Challenges at Century's End*. New York: St. Martin's Press.
- MEADOWS, D.H. et al. (1972): *The Limits to Growth: A Report to the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York, New York American Library.
- Our Common Future (1987): World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press.
- Recommendation of the European Parliament and of the Council Concerning the Implementation of Integrated Coastal Management in Europe (2002): Official Journal of the European Communities, Brussels.
- ROBERTS, H. (2005): Towards a National Strategy: ICZM in UK. Nationale IKZM-Strategien – Europäische Perspektiven und Entwicklungstrends, Bonn, 3-8.
- RÜDIG, W. (2002): Green Parties in National Government. Germany. *Environmental Politics* 11 (1): 78-111.
- SCHERNEWSKI, G., & SCHIEWER, U. (2002): Status, Problems and Integrated Management of Baltic Coastal Ecosystems. In: Schernewski G, Schiewer U (eds.) *Baltic Coastal Ecosystems: Structure, Function and Coastal Zone Management*. CEEDES-Series, Springer Verlag, Berlin, 1-16.
- SCHIEWER, U. (Ed.) (2008): *Ecology of Baltic Coastal Waters*. Ecological Studies 197, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- SCHREURS, M. (2002): *Environmental Politics in Japan, Germany and US*. Cambridge Univ. Press.
- SHAW, B.R. (1995): When Are Environmental Issues Security Issues? // Environmental Change and Security Project Report No 2. The Woodrow Wilson Center, 39-44.

- SKARLATO, O.S. (2002): Environmental policy making in North-Western Russia: ecological problems and management of the Eastern Gulf of Finland coastal zone. In: Schernewski G, Schiewer U (Eds.) *Baltic Coastal Ecosystems: Structure, Function and Coastal Zone Management*. CEEDES-Series, Springer Verlag, Berlin, 241-252.
- STANNERS, D., & BOURDEAU, P. (Eds.) (1995): *Europe's Environment*. European Environmental Agency, Copenhagen.
- TISSIER, LE M.D.A., & KREMER, H.H. (2005): LOICZ – Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone – Research for coastal system sustainability. *Nationale IKZM-Strategien – Europäische Perspektiven und Entwicklungstrends*, Bonn, 19-24.
- Towards a European Integrated Coastal Zone Management (ICZM) Strategy (1999): European Commission, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- ULLMAN, R.H. (1983): Redefining Security. *International Security* 8 (1): 129-153.
- VOLLMER, M., & DE JONG, F. (2004): Das Wattenmeer als besonders sensibles Gebiet und Strategien zum integrierten Küstenzonenmanagement. *Informationen zur Raumentwicklung* 7/8: 475-484.
- WALLACE, D. (1995): *Environmental Policy and Industrial Innovation. Strategies in Europe, the US and Japan*. Royal Institute of International Affairs. Earthscan Publications, London.
- WEIDNER, H. (2002): Environmental Policy and Politics in Germany. In: Desai U (ed.), *Environmental Politics and Policy in Industrialized Countries*. Massachusetts Institute of Technology, 149-201.
- WESTING, A.H. (1989): The Environmental Component of Comprehensive Security. *Bulletin of Peace Proposals* 20 (2): 129-13

