

Die *Mallomonas*-Arten (Synurophyceae) des Federsees (Baden-Württemberg)

Von HANS GÜNZL, Tübingen

Mit 1 Tabelle, 1 Abbildung und 3 Tafeln

Summary

The occurrence of *Mallomonas* species in the shallow, hypertrophic Lake Federsee (Germany, Baden-Württemberg) was studied from 1996 to 1999. The investigation revealed 12 species, which mainly occurred from December to April (Table 1). The most frequent species were *Mallomonas alpina*, *M. tonsurata*, *M. acaroides* var. *acaroides*, *M. striata* var. *striata* and *M. annulata*. *Mallomonas eoa* and *M. akrokomos* only occurred frequently in 1999. The results indicate that *Mallomonas alpina*, *M. tonsurata* and *M. acaroides* var. *acaroides* are best fitted on hypertrophic conditions.

Einleitung

Im Rahmen eines Monitoring-Projektes zur Sanierung des Federsees (GÜNZL 1997a, b; GÜNZL u. VERPOORTEN 2001) wurde den Arten der Goldalgengattung *Mallomonas* aus zwei Gründen besondere Aufmerksamkeit geschenkt: Erstens bereitet die Präparation der für die Artbestimmung wichtigen Kieselshuppen keine Schwierigkeiten, und zweitens gibt es zwar bereits zahlreiche Untersuchungen über die Verteilung der *Mallomonas*-Arten im oligotroph-eutrophen Gradienten (SIVER 1995, SIVER u. MARSICANO 1996), aber Untersuchungen in hypertrophen Gewässern fehlen noch.

Besonders interessant sind die *Mallomonas*-Arten – wie auch die anderen Kieselshuppen und -cysten ausbildenden Goldalgen – als Trophieindikatoren für die Paläolimnologie, weil die Kieselstrukturen sehr widerstandsfähig sind und sich deshalb auch in Seesedimenten gut nachweisen lassen.

Natürlich können die hier vorgestellten, ersten Ergebnisse noch keinen wesentlichen Beitrag zur Aufklärung der ökologischen Ansprüche der *Mallomonas*-Arten leisten. Sie sollen lediglich den Ist-Zustand im nach wie vor hypertrophen Federsee dokumentieren. Spätere Untersuchungen müssen zeigen, ob sich Veränderungen im Artenspektrum und in der saisonalen Verteilung der *Mallomonas*-Arten mit dem Wandel limnologischer Merkmale korrelieren lassen.

Limnologie des Federsees

Der Federsee ist ein polymiktischer Flachsee. Er umfaßt eine Fläche von 1,4 km²; seine größte Tiefe beträgt ca. 3 m, seine mittl. Tiefe ca. 0,9 m (GÜNZL 1993). In den

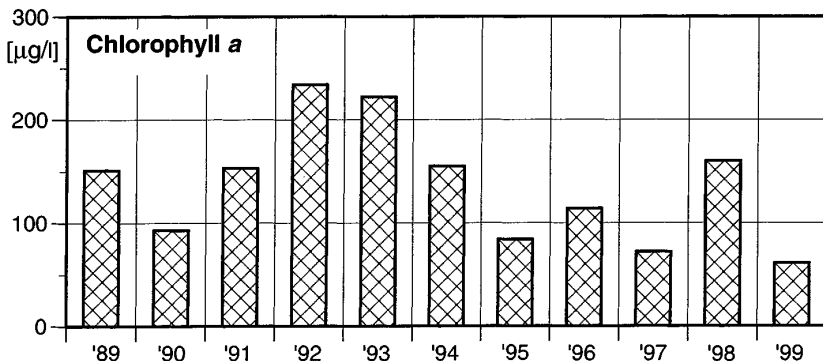


Abb. 1: Mittelwerte (Mai bis August) der Chlorophyll *a*-Konzentration im Federsee

60er Jahren driftete der von Natur aus eutrophe See infolge der Einleitung kommunaler Abwässer in den hypertrophen Zustand. Es stellte sich ein extrem niedriges N/P-Verhältnis ein (1985: $N_{\text{anorg}}/P_{\text{tot}} < 5$, ROSSKNECHT 1992), welches zur Massenvermehrung von Cyanobakterien führte (WOHNHAS 1987). Nach Inbetriebnahme einer Abwasser-Ringleitung im Jahr 1982 setzte die Rückentwicklung nur langsam ein. Zwar konnte zwischen 1992 und 1999 ein Trend zu niedrigeren Phytoplanktondichten (gemessen als Chlorophyll *a*-Gehalt, Fig. 1) und eine Veränderung des Artenspektrums zu Gunsten der Kieselalgen (GÜNZL 1997b) festgestellt werden, jedoch blieb der Federsee weiterhin tief im hypertrophen Bereich ($Chl_{a_{6-9}} > 40 \mu\text{g/l}$, $P_{\text{tot } 6-9} > 100 \mu\text{g/l}$; GÜNZL 1997a).

Methoden

Die Untersuchungen erfolgten von Januar 1996 bis Dezember 1999. Mit einem Friedinger-Schöpfer wurde in der Regel alle zwei Wochen im zentralen Bereich des Sees eine Mischprobe aus 0 bis 60 cm Tiefe entnommen. Die Chlorophyll *a*-Konzentration wurde nach DIN 38412 bestimmt. Der Nachweis von *Mallomonas*-Arten erfolgte nach dem Zentrifugieren der Planktonproben im Lichtmikroskop. Für das Rasterelektronenmikroskop wurden 5 bis 30 ml Seewasser durch ein Membranfilter (\varnothing 4 cm) mit der Porenweite $0,2 \mu\text{m}$ filtriert. Etwa 1 cm^2 große Stücke der trockenen Filter wurden mit Au/Pd bedampft und im Mikroskop gründlich nach *Mallomonas*-Arten abgesucht. Die Bestimmung der Arten erfolgte hauptsächlich mit Hilfe von AS-MUND u. KRISTIANSEN (1986). Für die sorgfältige Herstellung der REM-Präparate danke ich Herrn H. SCHOPPMANN.

Ergebnisse

Insgesamt wurden während des Untersuchungszeitraumes im Federsee 12 *Mallomonas*-Arten festgestellt (Tabelle 1). Die meisten Arten konnten zwischen Dezember und April nachgewiesen werden. *Mallomonas alpina*, *M. tonsurata* und *M. acaroides* var. *acaroides* kamen im Federsee auch außerhalb dieses Zeitraumes vor. Ebenfalls häufig angetroffen wurden *Mallomonas striata* var. *striata*, *M. annulata* und *M. eoa*. Die übrigen fünf Arten

Tabelle 1. Das jahreszeitliche Vorkommen von *Mallomonas*-Arten im Federsee (1996–1999)

Art	Tafel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	S
<i>M. alpina</i> Pascher et Ruttner em. Asmund et Kristiansen	1a	● ○	● ○	● ○	● ○	●						○	● ○	29 (11)
<i>M. tonsurata</i> Teiling em. Krieger	1b	● ○	●	●	●	●	○		● ○	○	○	● ○	● ○	25 (9)
<i>M. acaroides</i> Perty em. Ivanov var. <i>acaroides</i>	1c	● ○	● ○	● ○	● ○	●			●			● ○	○	18 (9)
<i>M. striata</i> Asmund var. <i>striata</i>	1d	○	● ○	● ○	●								●	13 (4)
<i>M. annulata</i> (Bradley) Harris	2a	○	● ○	● ○									● ○	12 (5)
<i>M. eoa</i> Takahashi in Asmund et Takahashi	2b	○	● ○	● ○	○								○	11 (7)
<i>M. akrokomos</i> Ruttner in Pascher	2c	○	○	○	●									5 (4)
<i>M. cratis</i> Harris et Bradley	2d	●		●	●									3
<i>M. torquata</i> Asmund et Cronberg	3a	○		●									●	3 (1)
<i>M. papillosa</i> Harris et Bradley var. <i>papillosa</i>	3b		●	○										2 (1)
<i>M. heterospina</i> Lund	3c	○												1 (1)
<i>M. parvula</i> Dürschmidt	3d			●										1

● 1996–1998 ○ 1999 S: Anzahl der positiven Proben () Anteil 1999

konnten während des gesamten Untersuchungszeitraumes nur selten beobachtet werden.

Auffallend ist die Zunahme der Gesamtzahl der *Mallomonas*-Nachweise im Jahr 1999 (Tab. 1, S): 42 % der positiven Proben fielen auf das letzte Untersuchungsjahr. Außerdem konnte in diesem Jahr *Mallomonas tonsurata* im Juni und von August bis Oktober nachgewiesen werden, und *M. eoa* und *M. akrokomos* waren im Winter und Frühjahr 1999 deutlich häufiger anzutreffen als in den Vorjahren. Von *Mallomonas akrokomos* wurde lediglich im April 1997 ein einziges Exemplar entdeckt, während diese Art 1999 in 4 Proben nachweisbar war.

Diskussion

Mallomonas tonsurata, *M. alpina* und *M. acaroides* var. *acaroides* gehören zu den häufigsten Arten in eutrophen Gewässern, in denen insbes. der pH-Wert hoch ansteigen kann (SIVER 1991, 1995; GUTOWSKI 1997). Diese drei Arten wurden auch im hypertrophen Federsee mit der größten Häufigkeit und weitesten saisonalen Verbreitung angetroffen. Sie scheinen also für den Bereich hoher bis sehr hoher Trophie charakteristisch und damit zur Indikation eutropher bis hypertropher Gewässerbedingungen geeignet zu sein.

Voraussetzung für eine sichere Beurteilung dieser Eignung sind jedoch Kenntnisse über die saisonale Einnischung der Arten unter verschiedenen Trophieverhältnissen. Die Häufung der Nachweise von *Mallomonas*-Arten im Federsee im Winter und zeitigen Frühjahr steht im Einklang mit Ergebnissen von KRISTIANSEN (1988), GUTOWSKI (1989, 1997) und HICKEL u. MAASS (1989), wonach in eutrophen Gewässern das Goldalgenmaximum im Frühling liegt. Aufgrund umfangreicher Litearturrecherchen teilte SIVER (1991) die *Mallomonas*-Arten in fünf Temperaturgruppen ein. Danach gehören sechs Arten des Federsees (*Mallomonas acaroides* var. *acaroides*, *M. striata*, *M. annulata*, *M. akrokomos*, *M. papillosa* var. *papillosa* und *M. heterospina*) zu den Gruppen 1–3, d. h. ihr Temperaturpräferendum liegt im kalten bis kühlen Bereich.

Das bedeutet aber nicht unbedingt, daß alle diese Arten kalt-stenotherm sind. Es kann sein, daß sie nur sehr oft durch andere ungünstige Bedingungen aus ihrem Temperaturoptimum verdrängt werden. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß gerade in eutrophen Gewässern, in denen während des Sommers durch die hohe Produktion Extrembedingungen auftreten können, die meisten Goldalgenarten im Frühjahr nachgewiesen wurden, und schon KRISTIANSEN (1988) vermutet, daß dafür ein starker Konkurrenzdruck durch das Phytoplankton des Sommers, insbesondere die Cyanobakterien verantwortlich ist.

Als Hinweis auf eine solche Nischeneinengung kann das Verhalten von *Mallomonas tonsurata* gelten. Nach bisher vorliegenden Untersuchungen (SIVER 1991, GUTOWSKI 1997) handelt es sich um eine eurytherme Art mit deutlicher Bevorzugung des Sommers. Im Federsee ist ihr Vorkommen jedoch ebenfalls weitgehend auf die kalte Jahreszeit beschränkt. Vielleicht hängt das verstärkte Auftreten dieser Art im Sommer 1999 mit dem deutlichen Absinken der Trophie (Abb. 1) zu dieser Zeit zusammen.

Noch schwieriger einzuschätzen ist das häufigere Auftreten von *Mallomonas eoa* und *M. akrokomos* in den ersten Monaten des Jahres 1999. Es wäre interessant zu erfahren, wie diese beiden Arten – aber auch die anderen im Federsee gefundenen Taxa – in ihrer Häufigkeit und saisonalen Verteilung auf die weitere Abnahme der Trophie im Federsee reagieren. Dann könnte nämlich besser beurteilt werden, welche Bedeutung Temperatur und Trophie für ihr Vorkommen haben.

Literatur

- ASMUND, B. u. J. KRISTIANSEN (1986): The genus *Mallomonas* (Chrysophyceae). A taxonomic survey based on the ultrastructure of silica scales and bristles. – *Opera Botanica* 85: 5–128.
- GÜNZL, H. (1993): Die Überwinterungsknospen des Krausen Laichkrauts (*Potamogeton crispus*) als Nahrung für den Höckerschwan (*Cygnus olor*) auf dem Federsee. – *J. Orn.* 134: 345–347.
- (1997a): Federsee und Lindenweiher – ein hydrochemischer Vergleich. – Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 71/72: 411–415.
- (1997b): Das Algenjahr im Federsee. – *Jh. Ges. Naturkde. Württemberg* 153: 131–139.
- u. K. VERPOORTEN (2001): Was lange währt... Der Federsee in Oberschwaben zwei Jahrzehnte nach dem Bau einer Abwasser-Ringleitung. – *Schönes Schwaben* 1: 26–29.
- GUTOWSKI, A. (1989): Seasonal succession of scaled chrysophytes in a small lake in Berlin. – Beiheft zur *Nova Hedwigia* 95: 159–177.
- (1997): *Mallomonas* species (Synurophyceae) in eutrophic waters of Berlin (Germany). – *Nova Hedwigia* 65: 299–335.
- HICKEL, B. u. J. MAAS (1989): Scaled chrysophytes, including heterotrophic nanoflagellates from the lake district in Holstein, northern Germany. – Beiheft zur *Nova Hedwigia* 95: 233–257.
- KRISTIANSEN, J. (1988): Seasonal occurrence of silica-scaled chrysophytes under eutrophic conditions. – *Hydrobiologia* 161: 171–184.
- ROSSKNECHT, H. (1992): Chemische Untersuchungen des Wassers und der Sedimente von 44 Seen in Baden-Württemberg. Wasserwirtschaftsverwaltung Stuttgart, 109 pp.
- SIVER, P. A. (1991): The biology of *Mallomonas*. Morphology, taxonomy and ecology. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 233 pp.
- (1995): The distribution of chrysophytes along environmental gradients: their use as biological indicators. – In: SANDGREN, C. G., J. P. SMOL u. J. KRISTIANSEN (eds.): *Chrysophyte algae. Ecology, phylogeny and development*: 232–268. Cambridge University Press, Cambridge.
- u. J. MARSICANO (1996): Inferring lake trophic status using scaled chrysophytes. – Beiheft zur *Nova Hedwigia* 114: 233–246.
- WOHNHAS, W. (1987): Zusammensetzung und jahreszeitliche Entwicklung des Phytoplanktons im Federsee, einem eutrophen Flachsee. Dissertation Universität Tübingen, 120 pp.

Anschrift des Verfassers:

Dr. HANS GÜNZL, Zeughausgarten 18, 72074 Tübingen.

Tafel 1

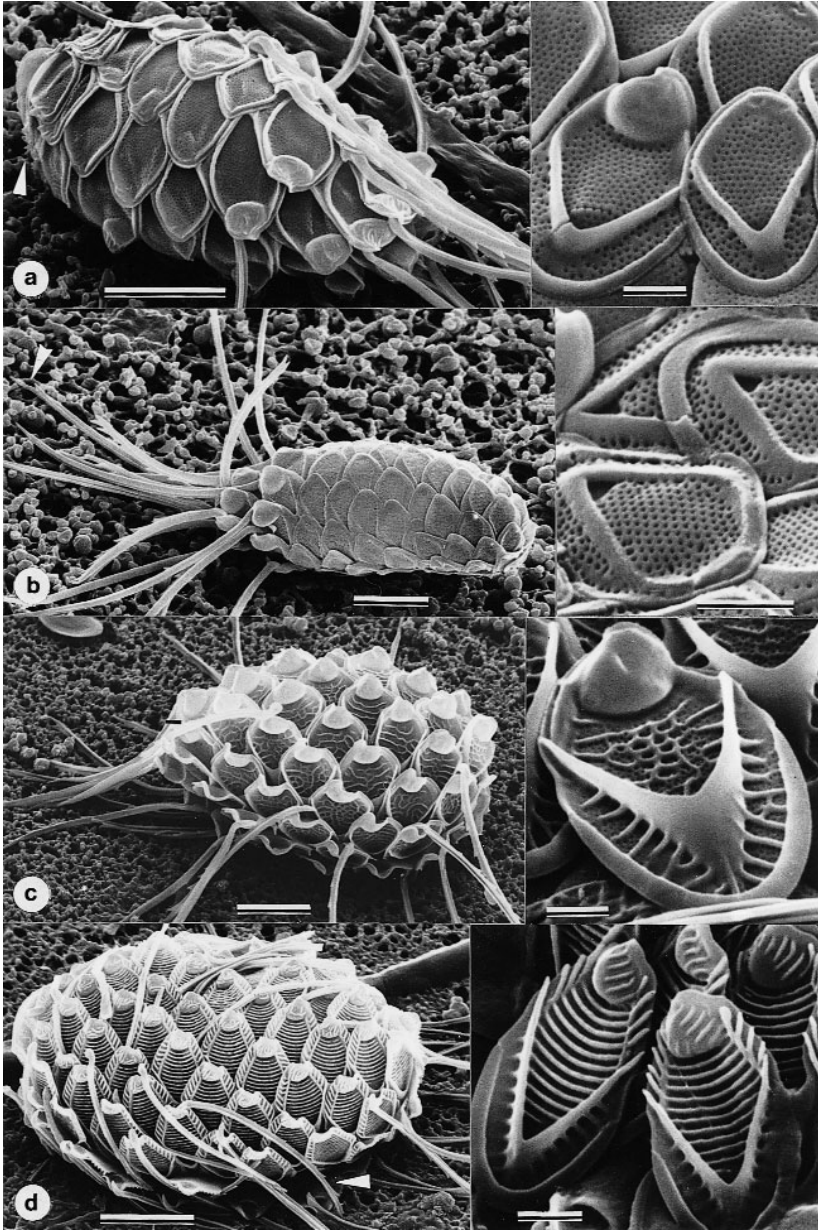
a *M. alpina*. b *M. tonsurata* (Pfeil: endständige Gabel an den glatten, langen Borsten). c *M. acaroides* var. *acaroides* (Borsten mit endständigen „Helmen“ wurden nicht gefunden). d *M. striata* (Pfeil: Borsten selten auch gesägt). REM-Aufnahmen. Balken bei den Zellen = 4 µm, bei den Schuppen = 1 µm.

Tafel 2

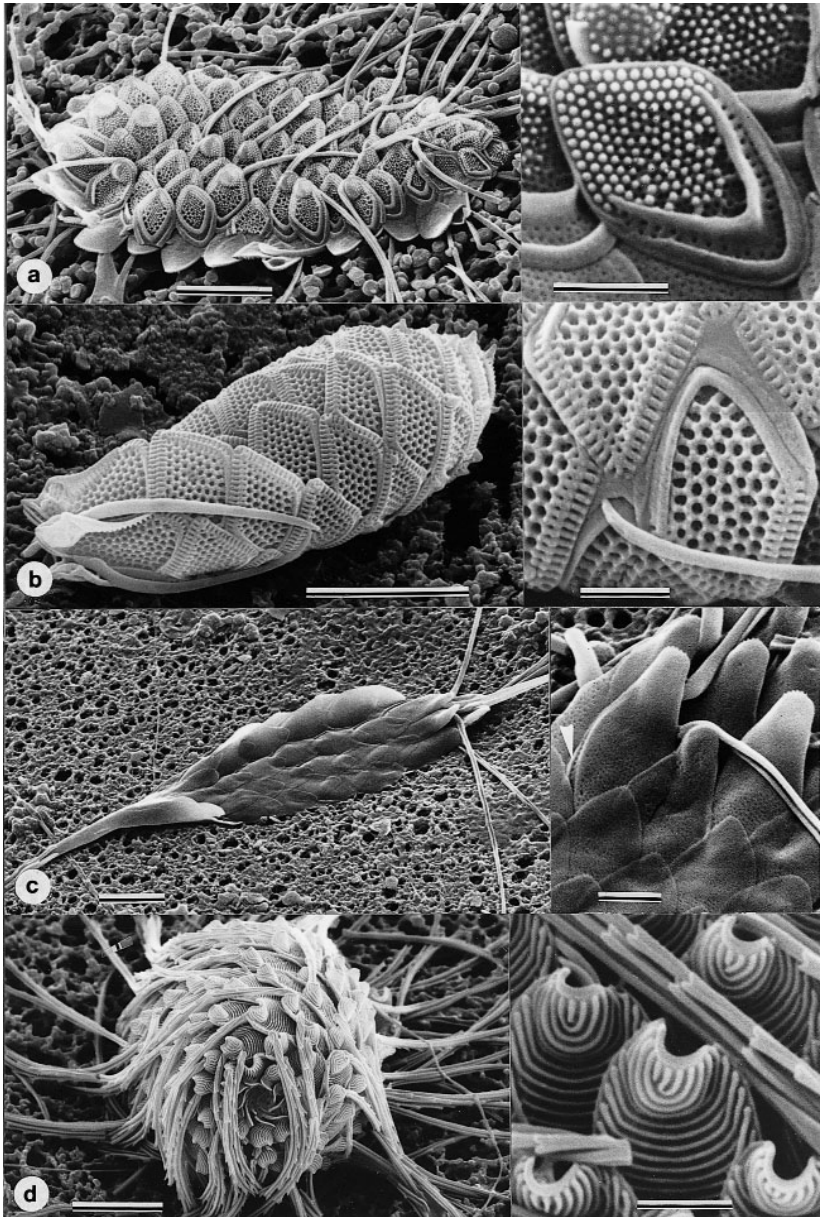
a *M. annulata*. b *M. eoa*. c *M. akrokomos* (das Porenfeld auf der Schuppenfläche und die Zähne am Vorderrand der Schuppe sind nur schwer erkennbar; Pfeil: Porenreihe auf der schmalen hinteren Randfläche der Schuppe). d *M. cratis*. REM-Aufnahmen. Balken bei den Zellen = 4 μm , bei den Schuppen = 1 μm .

Tafel 3

a *M. torquata* (die Stachel tragenden Schuppen am Hinterende der Zelle haben im Gegensatz zu *M. clavus* ebenfalls ein – hier nicht sichtbares – netzförmiges Relief). b *M. papillosa* var. *papillosa* (die Zähne der Borsten sind kaum sichtbar; Pfeile: flügelartige Erweiterungen am Gelenkhöcker). c *M. heterospina* (Pfeil: Borsten mit endständigem Haken). d *M. parvula*. REM-Aufnahmen. Balken bei den Zellen = 4 μm , bei den Schuppen = 1 μm .



Tafel 1



Tafel 2



Tafel 3