

## Die *Blidingia*-Arten von Helgoland (Ulvaes, Chlorophyta)

P. KORNMANN & P.-H. SAHLING

*Biologische Anstalt Helgoland (Meeresstation);  
D-2192 Helgoland, Bundesrepublik Deutschland*

**ABSTRACT:** The *Blidingia*-species of Helgoland (Ulvaes, Chlorophyta). Based on field studies and cultivation, four *Blidingia*-species have been established for Helgoland (North Sea). One of them, hitherto not separated from *B. minima*, is regarded as being *B. chadefaudii*, though differing from its original description in an important morphological feature: the inner cell wall is not considerably thickened. The species is characterized by habit, development and zonation. There is good reason for conferring to *B. subsalsa* the rank of an independent species, classified up to now as subspecies of *B. marginata*. As shown in detail, the tubular frond of *Blidingia*-species develops directly from the raising of the center of a monostromatic prostrate disc. Contrary to previous statements in the literature, a preceding distromatic stage does not occur.

### EINLEITUNG

Die vorliegende Studie ergab sich im Anschluß an eine ganz zufällige Beobachtung. Eine überwiegend aus *Ulothrix* bestehende Probe aus dem oberen Helgoländer Litoral vom 25. April 1977 schwärmte in einer Petrischale aus. Nachdem die für Kulturen benötigten Schwärmer entnommen waren, wurde die Schale gründlich ausgespült, mit Nährlösung gefüllt und sich selbst überlassen. In ihr entstanden neben *Ulothrix*, *Urospora*, Cyanophyceen und Diatomeen auch verschiedenartige scheibenförmige Thalli, die sich als Basalscheiben von *Blidingia minima*, *B. subsalsa* und einer für Helgoland noch nicht registrierten Art erwiesen, die wir mit Vorbehalt *B. chadefaudii* zuführen (siehe p. 400). Von allen drei Arten konnten Reinkulturen gewonnen werden. Dieser Befund war der Anlaß, planmäßig nach der offensichtlich von uns vorher nicht erkannten *Blidingia chadefaudii* zu suchen. Zugleich wurden auch die beiden von Bliding (1963) als Unterarten von *Blidingia marginata* unterschiedenen Formen entwicklungsgeschichtlich genauer untersucht und subspec. *subsalsa* auf den Rang einer Art erhoben.

Die Gattung *Blidingia* zeigt keine auffallenden äußeren Merkmale, an denen sie von *Enteromorpha* zu unterscheiden wäre. Jedoch weisen die kleineren Zellen und das Vorkommen im oberen Litoral und Supralitoral eindeutig auf *Blidingia* hin. Die Abbildungen und Beschreibungen in der Literatur lassen einen großen Schwan-

kungsbereich der äußeren Form in Abhängigkeit von den ökologischen Bedingungen erkennen. Von den vier bei Helgoland mit einem Salzgehalt des Seewassers um 32 ‰ vorkommenden Arten sind *Blidingia minima* und *B. chadefaudii* darmartig aufgebläht oder bandförmig flach, während *B. marginata* und *B. subsalsa* dünnfädig erscheinen. Es lag daher nahe, in den folgenden Ausführungen jeweils die Arten dieser beiden Paare miteinander zu vergleichen. Durch charakteristische Unterschiede ihrer frühen Entwicklungsstadien ist jede Art klar gekennzeichnet.

Bliding (1938) untersuchte die Entwicklung von *Enteromorpha minima* und beschrieb die Besonderheiten, die Kylin (1947) veranlaßten, die Gattung *Blidingia* zu schaffen. Die Zoosporen haben keinen Augenfleck; der Inhalt der keimenden Spore wandert – wenn auch bei den einzelnen Proben in verschiedenem Anteil – in einen Schlauch und wird durch eine Querwand von der leeren Sporenhülle abgetrennt. Es entsteht ein auf dem Substrat kriechender Faden, dessen Verzweigungen sich zu einer Scheibe zusammenschließen. Auf deren zweischichtig gewordener Mitte soll sich dann der röhrlige Thallus erheben. Diese bisher niemals widersprochene Darstellung Blidings (z. B. Dangeard, 1961; Gayral, 1967; Kapraun, 1974) trifft nach unseren Untersuchungen nicht zu. Sowohl bei *Blidingia minima* als auch bei *Blidingia chadefaudii* wölbt sich die einschichtige Scheibe in der Mitte unmittelbar zu einem röhrligen Thallus auf. Bei *Blidingia marginata* und *B. subsalsa* entsteht der sehr dünne röhrlige Thallus grundsätzlich ebenso, jedoch bildet sich der Hohlraum zugleich mit der wachsenden Scheibe aus.

## MATERIAL UND METHODE

Die methodische Grundlage dieser Studie ist das Kulturexperiment. Die verschiedenartige ontogenetische Entwicklung gewährleistet eine sichere Unterscheidung von *Blidingia minima* und *B. chadefaudii* schon im Alter von wenigen Tagen. Von Juni 1977 bis Mai 1978 wurden zahlreiche *Blidingia*-Proben von den verschiedensten Standorten geprüft. In vielen Fällen enthielten die Kulturen beide Arten in unterschiedlichem Anteil, die dann im Ausgangsmaterial nicht ohne weiteres zu trennen waren. Nachdem reine Bestände von *B. chadefaudii* gefunden wurden, ließen sich auch spezifische morphologische Merkmale für die Unterscheidung der Arten erkennen.

Im allgemeinen enthielten die Proben fertile Pflanzen, sonst wurden sie in Nährlösung schon nach kurzer Zeit fertil. Als Substrat für die Kulturen dienten Deckgläser, nachdem sich herausgestellt hatte, daß die Entwicklung der Basalscheiben sehr von der Art der Unterlage beeinflusst werden kann. Die Aufzucht auf Deckgläsern bietet aber noch weitere Vorteile. Ein Tropfen Nährlösung mit Schwärmern auf einem Deckglas – auf der Flüssigkeitsoberfläche der Kulturschale schwimmend – verändert seine Konzentration nicht. Die Schwärmer verbleiben also bis zu ihrem Festsetzen und dem Untertauchen des Deckglases in einem isotonischen Medium. Damit ist von Anfang an eine optimale Entwicklung gewährleistet. Und schließlich ermöglichen solche Kulturen auch leicht die Beobachtung von der Unterseite, was für das Verständnis der Entstehung des aufrechten Thallus besonders aufschlußreich ist.

Als Nährmedium wurde Erdschreiberlösung benutzt. Die Aufzucht erfolgte bei einer Temperatur von 15° C; die Kulturen erhielten täglich 14 Stunden Licht von einer weißen Leuchtstoffröhre in einem Abstand von 30 bis 40 cm.

## UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

### *Blidingia minima* (Nägeli ex Kützing) Kylin

Die Art ist in ihrem Habitus und in ihrer Größe recht unterschiedlich; zufällig enthielten aber die untersuchten Proben nur kürzere Pflanzen (Abb. 1). Vier Erscheinungsformen wurden für die Kulturversuche ausgewählt; sie zeigten aber in ihrer Entwicklung keine Unterschiede, die eine taxonomische Aufgliederung rechtfertigen könnten. Daher soll die Entwicklung nur an einer von ihnen ausführlich dargestellt werden, von den anderen wurde jeweils ein kennzeichnendes Stadium abgebildet.

#### *Thallus darmartig aufgebläht*

Es handelt sich hier um die in der obersten Gezeitenzone zusammen mit *Porphyra umbilicalis* und *Fucus spiralis* vorkommende hell- bis gelbgrüne Form (Abb. 1 A), deren schlauchartiger Thallus im allgemeinen luftegefüllte Abschnitte aufweist, so daß der dichte pelzige Algenrasen nicht glatt auf dem Substrat aufliegt. Die ausgeschwärmten Thallusenden sind auffallend weiß.

Am Tage nach dem Festsetzen der Zoosporen findet man schon viele Keimlinge mit leerer Sporenhülle, bei anderen wandert der Inhalt gerade in einen Keimschlauch, manche keimen auch unmittelbar (Abb. 2, die eingetragenen Zahlen geben das Alter der Kultur an). Zwei Tage alte Keimlinge sind deutlich größer, einzelne bereits zweizellig geworden, was bei den meisten nach drei Tagen der Fall ist. Nach vier Tagen haben die Zellen eine Größe erreicht, bei der weitere Teilungen etwa in Tagesintervallen erfolgen. Vom 5. Tage an beginnen die kurzen Fädchen sich zu verzweigen, und am 7. Tage lassen die größten Scheiben, auch wenn sie noch nicht vollständig geschlossen sind, erste Anzeichen für eine zentrale Aufwölbung erkennen. Die 8 Tage alten Pflänzchen sind von der Unterseite dargestellt; ihre unscharfe Mitte zeigt die beginnende Höhlung. Die Bilder einer Gruppe 9 Tage alter Pflanzen sind auf den Scheibenrand bzw. den zentralen Hügel scharf eingestellt; dieselbe Gruppe wurde auch am 10. Tage photographiert. Es ist erstaunlich, wie schnell die kegelförmigen Erhebungen bei gleichzeitiger Verbreiterung des Scheibenrandes in die Höhe wachsen: nach 11 Tagen ist der hohle Thallus – links von der Unterseite betrachtet – schon etwa 100 µm hoch.

In einer 19 Tage alten Kultur ist der etwa 1 mm hohe Thallus von mehreren Sproßanlagen umgeben (Abb. 3 A). 4 bis 5 Wochen alte Pflanzen sind etwa 1 cm lang und werden fertil. Im allgemeinen sind die Thalli in der Mitte am breitesten und verzüngen sich zur Spitze hin. Die vegetativen Zellen zeigen deutlich den sternförmigen Chromatophor mit zentralem Pyrenoid (Abb. 4 A). Das Netz ist hier klein-

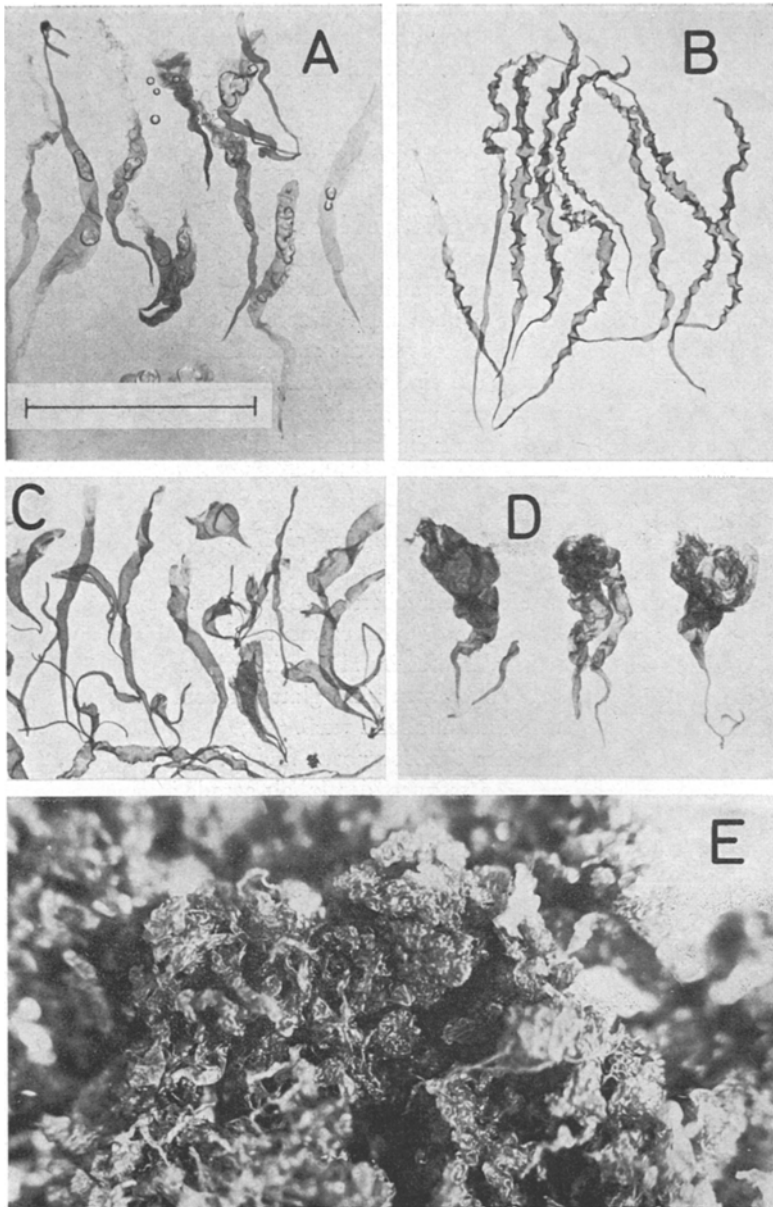


Abb. 1: *Blidingia minima*, Variabilität der Erscheinungsform. A Darmartig mit Luftblasen. B Schraubig gedreht. C Flach, dunkelgrün (Landungsbrücke, Ostseite, 8. 9. 1977). D, E Blasig krause Pflanzen in der Aufsicht (E) bzw. aus der Detritusschicht ausgewaschen (Hafenbecken bei ehemaligem U-Boot-Bunker, 5. 10. 1977). Maßstrecke: A-E = 1 cm



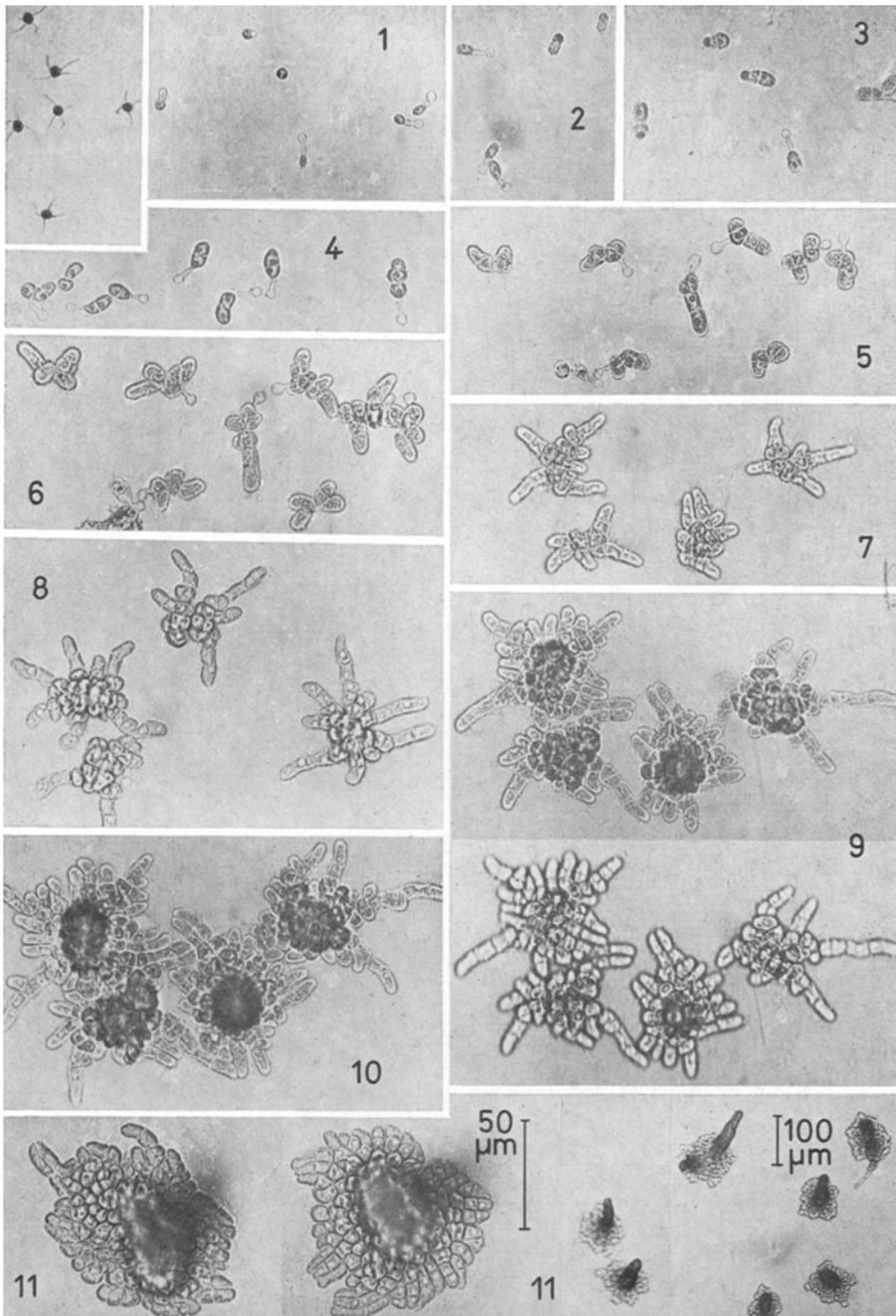


Abb. 2: *Blidingia minima*. Entwicklung der Keimlinge bis zum Alter von 11 Tagen. Nähere Angaben im Text

zelliger als in dem fertilen Abschnitt (Abb. 4 B). In den Sporangien werden meist 8 Zoosporen gebildet, die einzeln entleert werden.

Auch die an der Oberfläche der Kulturflüssigkeit treibenden Keimlinge bilden einen röhrligen Thallus aus (Abb. 3 B, C). An ihrer physiologischen Oberseite – also in die Flüssigkeit hinein – stülpt sich die Mitte der Scheibe vor. Die zentrale Aufwölbung erfolgt also aus innerer Gesetzmäßigkeit; das Haften der Scheibe auf einem festen Substrat ist nicht die mechanische Voraussetzung für die Bildung des aufrechten hohlen Thallus. Das mikroskopische Bild (Abb. 3 C) zeigt den Rand der Scheibe in freie Fäden aufgelöst. Die großzellige monostromatische Scheibe geht unmittelbar in den kegelförmigen Thallus über, in dem die Zellen deutlich kleiner sind.

#### *Thallus flach, spiralig gedreht*

In dieser Erscheinungsform (Abb. 1 B) wuchs *Blidingia minima* an der Osttreppe der Landungsbrücke zwischen der meist darmartig aufgetriebenen Form. Da die Entwicklung keine wesentlichen Unterschiede zeigt, beschränken wir uns hier auf die Wiedergabe eines 8 Tage alten Stadiums (Abb. 5 A). Die zentrale Aufwölbung ist hier besonders klar ausgeprägt, da die Scheiben zu diesem Zeitpunkt schon etwas größer und geschlossen waren. Bei scharfer Einstellung auf die Kuppe erscheint die Scheibe verschwommen.

#### *Thallus dunkelgrün, flach, bandförmig*

Am Standort der beiden vorigen Typen wuchs in tieferem Niveau ein ziemlich einheitlicher Bestand einer dunkelgrünen, flach bandförmigen *Blidingia* (Abb. 1 C). Die Vermutung lag nahe, daß diese ganz andersartig erscheinende Form vielleicht *Blidingia chadefaudii* sein könnte. Sie war auch – wie später festgestellt wurde – vereinzelt in der Probe enthalten. Die für die Prüfung im Kulturversuch ausgewählten Pflanzen erwiesen sich jedoch als *Blidingia minima*. Das 10 Tage alte Stadium zeigt die zentrale Einstülpung der monostromatischen Scheibe (Abb. 5 B, von der Unterseite gesehen).

#### *Thallus blasig-kraus*

In dieser ganz andersartigen, blasig-krausen Form (Abb. 1 D, E) wurde *Blidingia minima* nur einmal gefunden. Sie besiedelte am 20. September 1977 größere waagerechte Flächen auf Betontrümmern in einer geschützten Bucht eines Hafenbeckens. Etwa im Niveau der Hochwasserlinie waren die Steine dicht von dem hellgrünen schwammigen Pelz dieser Alge überzogen. Zwischen den Pflanzen hatte sich eine ziemlich dicke Detritusschicht abgelagert. Es ist daher nicht verwunderlich, daß dieser Bestand nach stürmischem Wetter und bei hohem Wasserstand schon Ende September bis auf ganz geringe Reste verlorenging. Im gleichen Niveau, aber räumlich getrennt, wuchsen auch *Blidingia subsalsa* und die langgestreckte schlauchartige *Blidingia-minima*-Form mit Luftblasen.

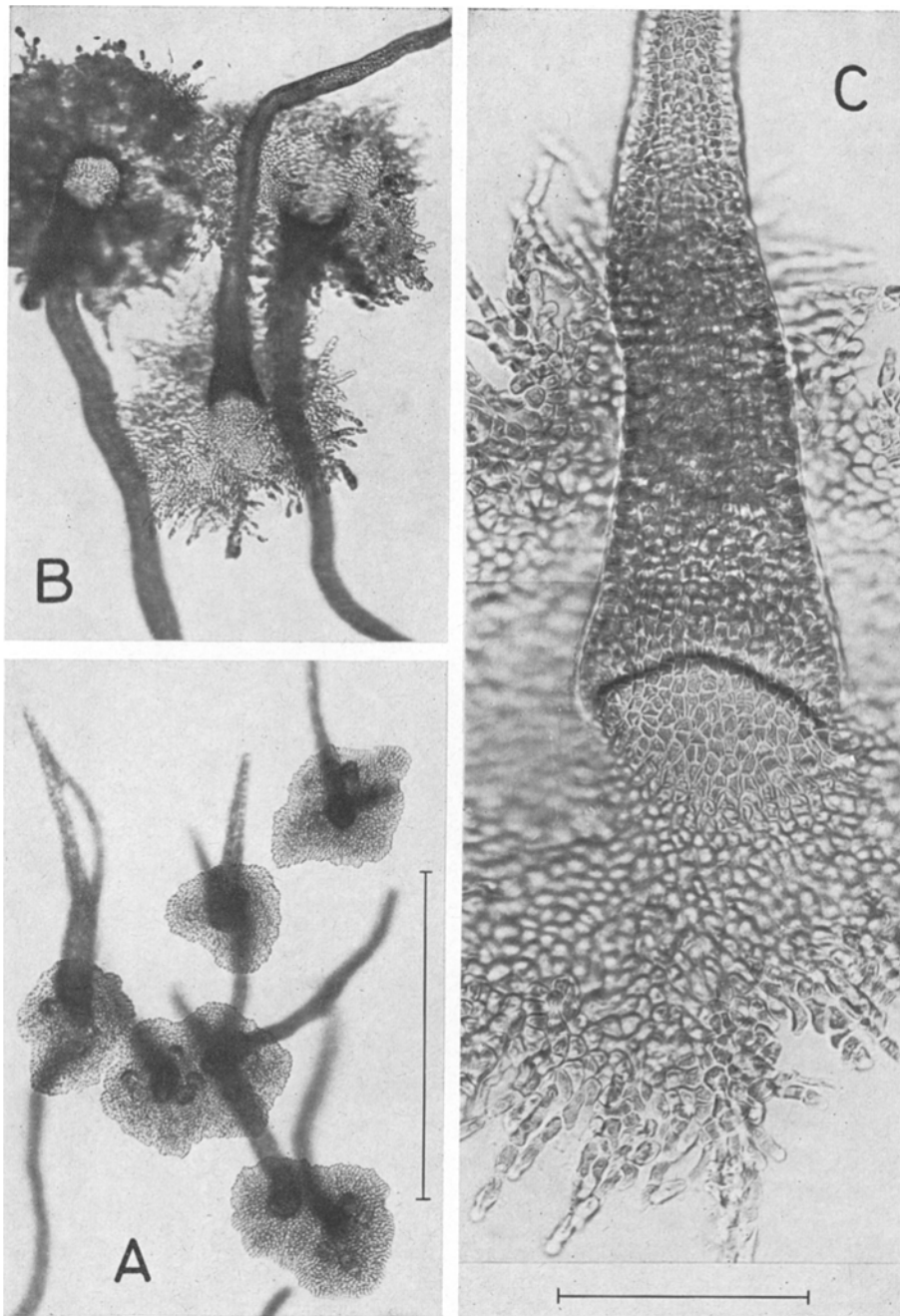


Abb. 3: *Blidingia minima*, 19 Tage alt. A Auf einem Deckglas gewachsen. B, C An der Oberfläche der Nährlösung treibend. Maßstrecken: A, B = 500  $\mu\text{m}$ ; C = 100  $\mu\text{m}$

Das Aufsichtsbild bei etwa 3facher Vergrößerung (Abb. 1 E) vermittelt einen Eindruck von der sehr krausen Oberfläche des pelzigen Bewuchses. Die aus dem Schlick herausgespülten Pflänzchen haben einen äußerst dünnen, röhren Stiel (Abb. 1 D). Auf ihm stehen sie zwischen einer reichlichen Detritusauflage geradezu aufrecht dicht nebeneinander. Ganz offenbar sind es die besonderen ökologischen Bedingungen, die dieser Form ihre morphologische Eigenart aufprägen. Auch sie zeigte in ihrer Entwicklung keine Besonderheiten. Ein 15 Tage altes Pflänzchen von der Oberfläche einer Kultur (Abb. 5 C) entspricht der für *Blidingia minima* eigenen Entwicklung. Auch glichen die in Kultur fertil gewordenen Pflanzen ganz denen der anderen Proben.

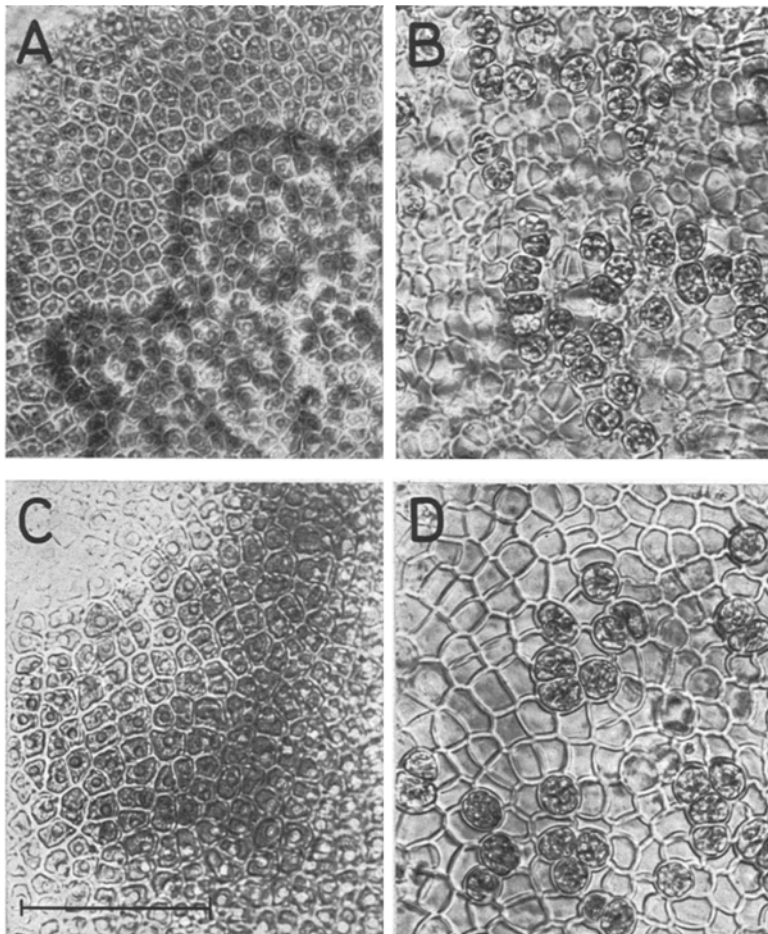


Abb. 4: A, B *Blidingia minima*; C, D *Blidingia chadefaudii*. Kulturmaterial, Aufsicht auf den vegetativen und fertilen Thallus. Maßstrecke: A-D = 50  $\mu$ m

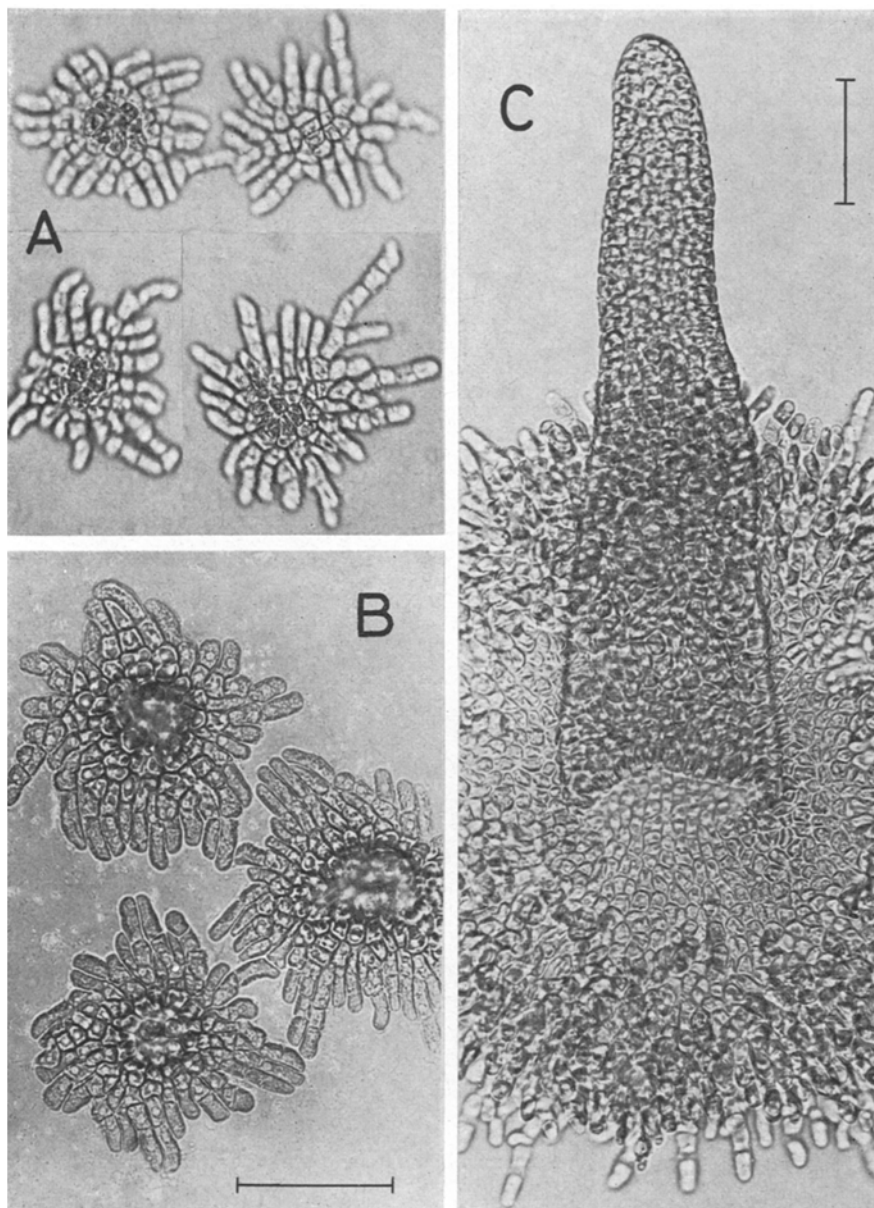


Abb. 5: *Blidingia minima*. Entwicklungsstadien der in Abb. 1 dargestellten Erscheinungsformen. A (aus Probe Abb. 1 B) 8 Tage alt, Aufsicht. B (aus Probe Abb. 1 C) 10 Tage alt, von der Unterseite betrachtet. C (aus Probe Abb. 1 D, E) 15 Tage alt, Pflanze von der Oberfläche der Kulturflüssigkeit. Maßstrecken: A, B = 50  $\mu\text{m}$ ; C = 50  $\mu\text{m}$

*Blidingia chadefaudii* (J. Feldmann) Bliding

Wie schon in der Einleitung erwähnt wurde, stellen wir unser Material nur mit Vorbehalt zu *Blidingia chadefaudii*. Vergleichsmaterial von den französischen Küsten war uns nicht zugänglich. Für die Zuordnung zu dieser Art spricht in erster Linie die ontogenetische Entwicklung, die mit den Beobachtungen von Bliding (1963, 1968) übereinstimmt. In seinem anatomischen Aufbau unterscheidet sich das Helgoländer Material jedoch ganz wesentlich von den Angaben anderer Autoren: die innere Zellmembran ist nicht auffallend verdickt. Chadefaud (1957) widmete der von Roscoff (Bretagne) zuerst bekannt gewordenen *Enteromorpha chadefaudii* J. Feldmann eine eingehende Untersuchung. Er sah in der ungewöhnlich starken Schichtung der dicken Innenmembran, deren Zellen in älteren Thallusabschnitten bei der Teilung nur unvollständig durchgeschnürt werden, das entscheidende diagnostische Merkmal für seine Gattung *Feldmannodora*. Auch Blidings (1963) Material von Port Bou (Katalonien, Mittelmeer) zeigt eine außerordentlich verdickte Innenmembran. Bei einer Zellhöhe von 30  $\mu\text{m}$  macht der lebende Anteil nur 7,5 bis 8  $\mu\text{m}$  aus. Für Vinogradova (1974) schließlich ist die verdickte Innenmembran von *Blidingia chadefaudii* das eigentliche unterscheidende Merkmal gegenüber *Blidingia minima*.

Querschnitte durch die Helgoländer Alge zeigen weder an der Basis noch in den oberen Thallusabschnitten eine sonderlich verdickte Innenmembran (Abb. 9). Wenn Zoosporen von *Chlorochytrium* (?) *willei* in raschwachsende Thallusabschnitte eindringen, so hinterlassen ihre entleerten Sporangien oft Löcher in der Zellfläche (Abb. 9 D); dies ist aber nur in entsprechend dünnen Membranen möglich.

Schon in ganz frühen Entwicklungsstadien unterscheidet sich diese Art eindeutig von *Blidingia minima*. Bliding stellte in seinem Nachtrag (1968, p. 625, Fig. 47 A–D) das unterschiedliche Aussehen der jungen Entwicklungsstadien klar gegenüber: die länglichen Zellen der Keimlinge von *Blidingia chadefaudii* bilden zunächst keine so dicht geschlossene Scheibe wie die gedrunghenen Zellen von *Blidingia minima*. Ein Vergleich unserer Abbildungen 2 und 6 bringt die Verschiedenheit deutlich zum Ausdruck; in ihnen ist die Entwicklung bis zum 11. bzw. 12. Tage dargestellt. Bei einiger Vertrautheit mit dem Material lassen sich schon drei Tage alte Keimlinge der jeweiligen Art zuordnen.

Alle Zoosporen von *Blidingia chadefaudii* gliedern bei der Keimung eine Embryospore ab. Im allgemeinen trägt der zwei Tage alte Keimling auf einem zuweilen recht langen Keimschlauch eine merklich schlankere grüne Zelle als der von *B. minima* (Abb. 6, die Zahlen geben das Alter der jeweiligen Stadien an). Ihre Streckung und erste Teilung führt nach drei Tagen zu einem fadenförmigen Keimling, der sich am 4. Tage zu verzweigen beginnt. Die Zweige bleiben zunächst locker, erst vom 7. Tage an schließen sich in der Mitte der Scheibe polygonale Zellen dichter zusammen. Periphere Fäden sind oft sehr langzellig und weitläufig, wobei sich der Inhalt an das apikale Ende verlagern und durch eine Wand abgetrennt werden kann. Solche abgegliederten Zellen können sich selbständig wie Keimlinge zu neuen Scheiben entwickeln, werden jedoch meist in die sich ausbreitende Scheibe einbezogen. Die Bildung solcher "Ausläufer" wird sehr von der Beschaffenheit des Substrats beeinflusst; unter

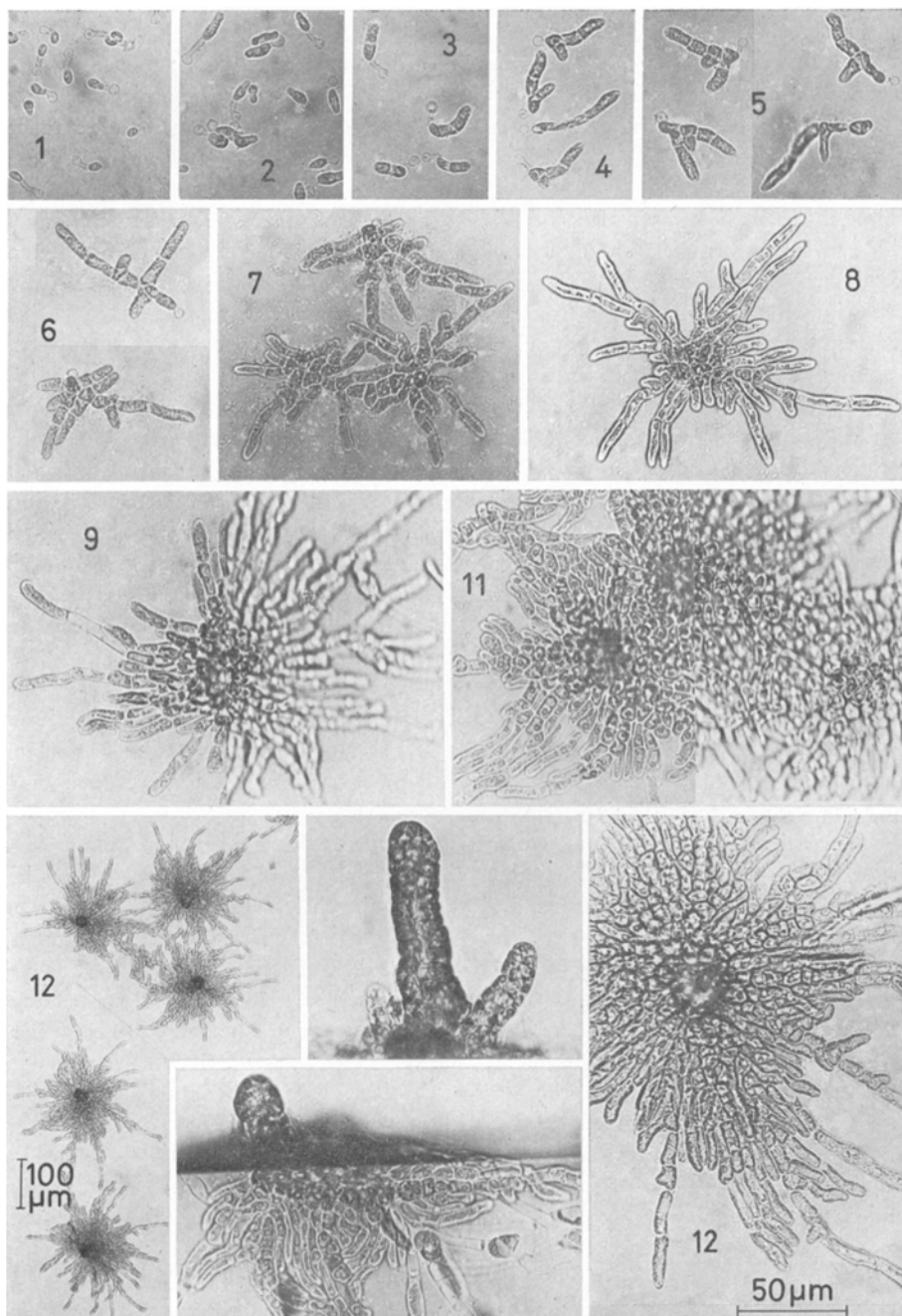


Abb. 6: *Blidingia chadefaudii*. Entwicklung der Keimlinge bis zum Alter von 12 Tagen. Nähere Angaben im Text

sonst gleichen Bedingungen bleiben die Scheiben auf Deckgläsern kompakter als auf dem Boden einer Plastikschale.

Schon 9 und 11 Tage alte Scheiben sind in ihrer Mitte deutlich aufgewölbt. Dies zeigen die aus jeweils zwei Aufnahmen in verschiedenem Niveau kombinierten Bilder: in der linken Bildhälfte wurde der Rand, rechts die polygonalen Zellen der Hügel scharf eingestellt.

Ein Vergleich der 12 Tage alten Entwicklungsstadien mit den 11 Tage alten in Abbildung 2 ist besonders aufschlußreich. Während die kleineren, aber ziemlich geschlossenen Scheiben von *Blidingia minima* einen kräftigen kegelförmigen Sproß tragen, haben die viel größeren und stark ausgefranzten Scheiben von *Blidingia chadefaudii* im allgemeinen erst ein kurzes stumpfes Wäzchen gebildet. Eine Aufnahme von der Unterseite zeigt die zentrale Höhlung des aufrechten Sprosses, der in diesem Stadium etwa zylindrisch ist.

Noch stärker prägen sich die Unterschiede in den etwa 20 Tage alten Kulturen aus: jede Scheibe von *B. minima* trägt ihren 1 bis 1,5 mm hohen, sich verjüngenden Sproß (Abb. 3). Dagegen sind bei *B. chadefaudii* erst auf wenigen Scheiben Sprosse von etwa 0,5 mm Länge zu finden; sie verbreitern sich aus schmaler Basis zu einer keuligen Form (Abb. 7 A). Die meisten Scheiben tragen in diesem Stadium jedoch viele kleine Sprosse und Sproßanlagen auf einem blumenkohlartigen Relief (Abb. 7 B). Die Unterseite dieses Stadiums zeigt eine geräumige, von dem Substrat abgehobene Höhlung (Abb. 7 C). Aus ihrer Oberfläche entspringen ebenso wie aus der mit dem Substrat verbundenen Basalmembran noch immer neue Sprosse.

Die heranwachsenden Thalli behalten ihre schmal keulenförmige Gestalt bei. Die größten Pflanzen sind nach 5 bis 6 Wochen etwa 8 mm hoch und werden an ihrem apikalen Ende fertil. In öfter gewechselter Nährlösung können sie über 2 cm lang werden; die Membran solcher Schläuche ist dann faltig-kraus. Proliferationen wurden nur ganz selten beobachtet.

Nur bei *B. chadefaudii* findet man in den etwa 20 Tage alten Kulturen wenige bis zahlreiche Keimlinge und Scheibchen verschiedenen Alters. Es werden also – besonders nach einem Wechsel der Nährlösung – einzelne Zellen der Jugendstadien fertil. Diese Tochtergeneration entwickelt sich in gleicher Weise wie ihre Ursprungspflanzen. Anders als bei *Blidingia minima* bilden die an der Oberfläche der Kulturflüssigkeit sich entwickelnden Keimlinge von *B. chadefaudii* keinen röhriigen Thallus.

Erwartungsgemäß sind die beiden in ihrer ontogenetischen Entwicklung so verschiedenen *Blidingia*-Arten auch mit spezifischen morphologischen Merkmalen ausgestattet, doch treten diese nicht immer so offensichtlich in Erscheinung, um sie ohne weiteres zu unterscheiden. Es ist daher nicht verwunderlich, daß die Spezifität von "*Enteromorpha chadefaudii*" erst spät erkannt wurde (J. Feldmann, 1954). Ihre Beschreibung als *Feldmannodora chadefaudii* (Chadefaud, 1957) gründet sich auf Besonderheiten der Zellstruktur, die – wie schon erwähnt – unser Material nicht erkennen läßt. Bliding (1963) studierte die Entwicklung und führte die Alge der Gattung *Blidingia* zu.

Wegen ihrer geringen äußeren Unterschiede wurden *B. minima* und *B. chadefaudii* von früheren Autoren nicht immer klar getrennt. So gehören die von Dangeard (1961) in Figur 1 und auf Tafel III, H, I abgebildeten Jugendstadien nicht –



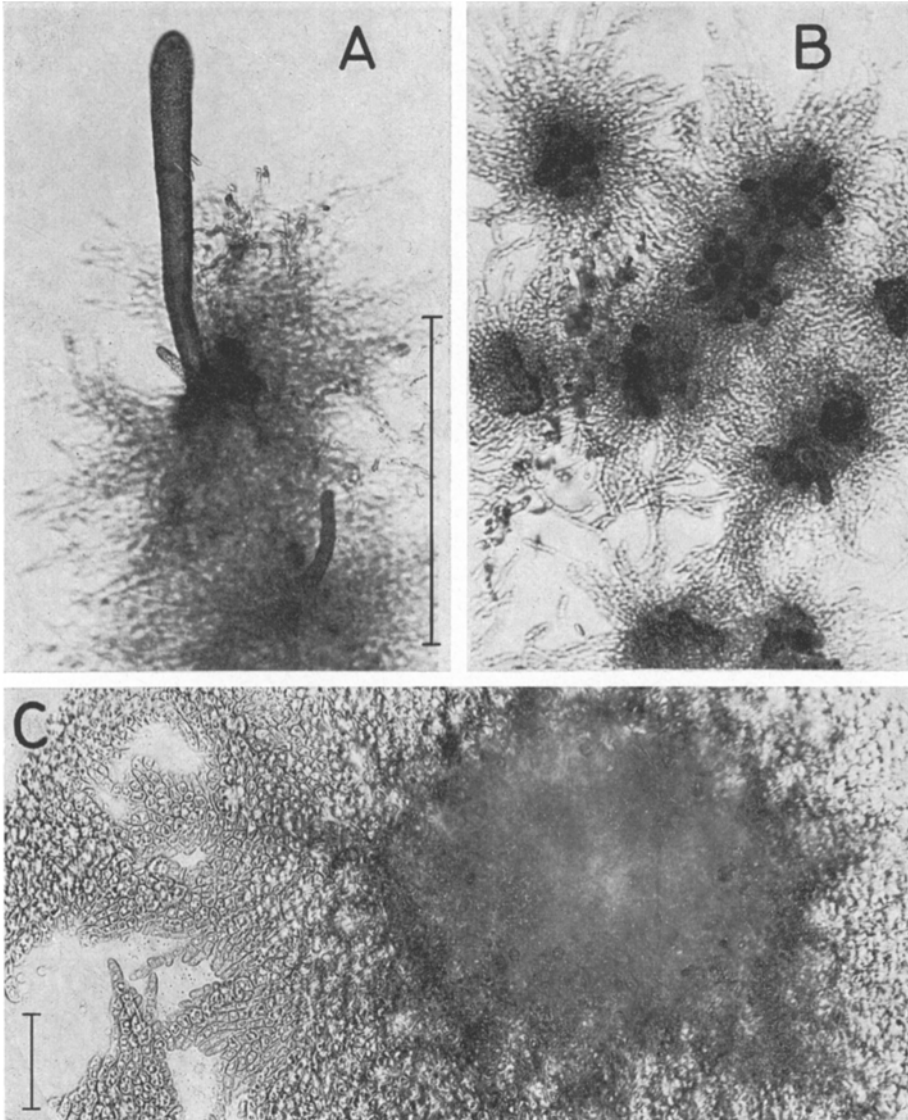


Abb. 7: *Blidingia chadefaudii*, aus 20 bis 23 Tagen alten Kulturen. A Scheibe mit einem frühzeitig entstandenen keuligen Einzelsproß. B Scheiben mit vielen kleinen aufrechten Thalli. C Scheibe von unten betrachtet, das Zentrum ist vom Substrat abgehoben.  
 Maßstrecken: A, B = 500  $\mu\text{m}$ ; C = 50  $\mu\text{m}$

wie angegeben – zu *Blidingia minima*, sondern zu *B. chadefaudii*; die Keimlinge und Scheiben auf Tafel II, C, D sind dagegen typische Stadien von *B. minima*. Gayral (1967, Tafel I) bezeichnet die Scheiben beider Arten als *Blidingia minima*. Schließlich mußte sich auch Bliding berichtigen (1968, p. 615), und wir haben die Arten ebenfalls nicht getrennt. Von drei nebeneinander gewachsenen Basalscheiben gehören zwei zu *B. chadefaudii* und nur eine ist *B. minima* (Kornmann & Sahling, 1977, Abb. 38 I).

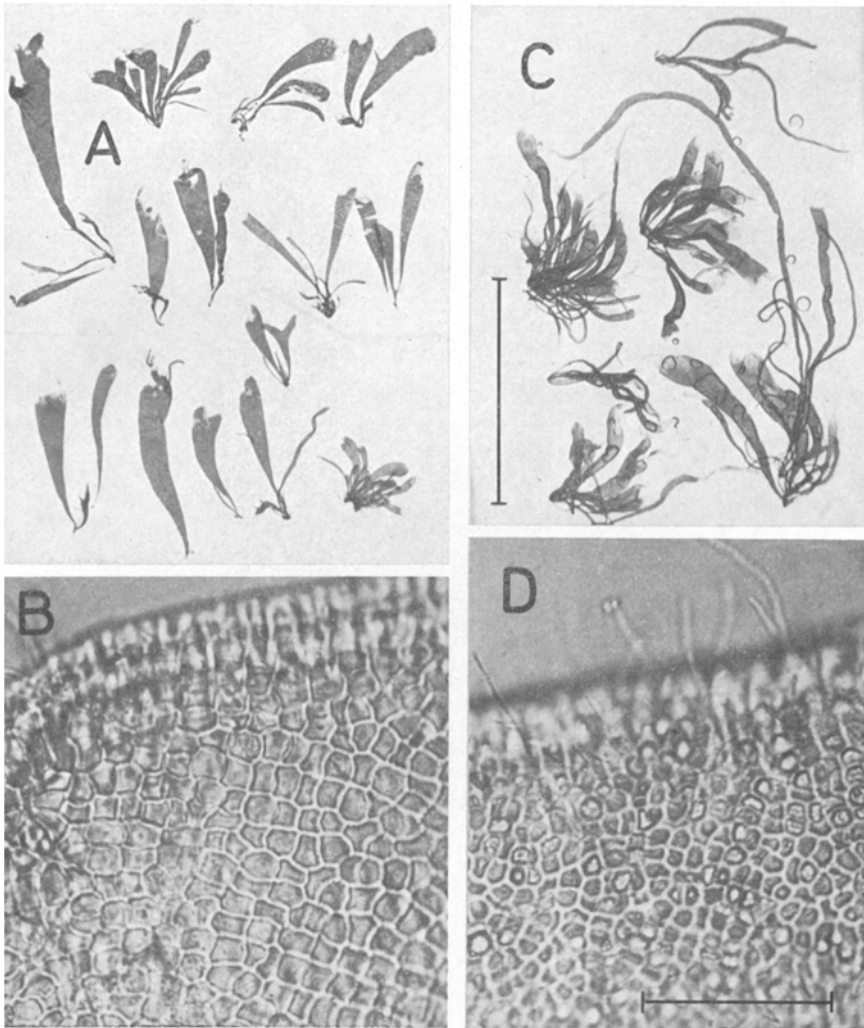


Abb. 8: A, B *Blidingia chadefaudii*, Habitus und fertiles Zellnetz. C, D *Blidingia minima*, die langgestreckte Pflanze ist *Enteromorpha* (Düne, Tetrapodenwall, 10. 10. 1977). Maßstrecken: A, C = 1 cm; B, D = 50  $\mu$ m

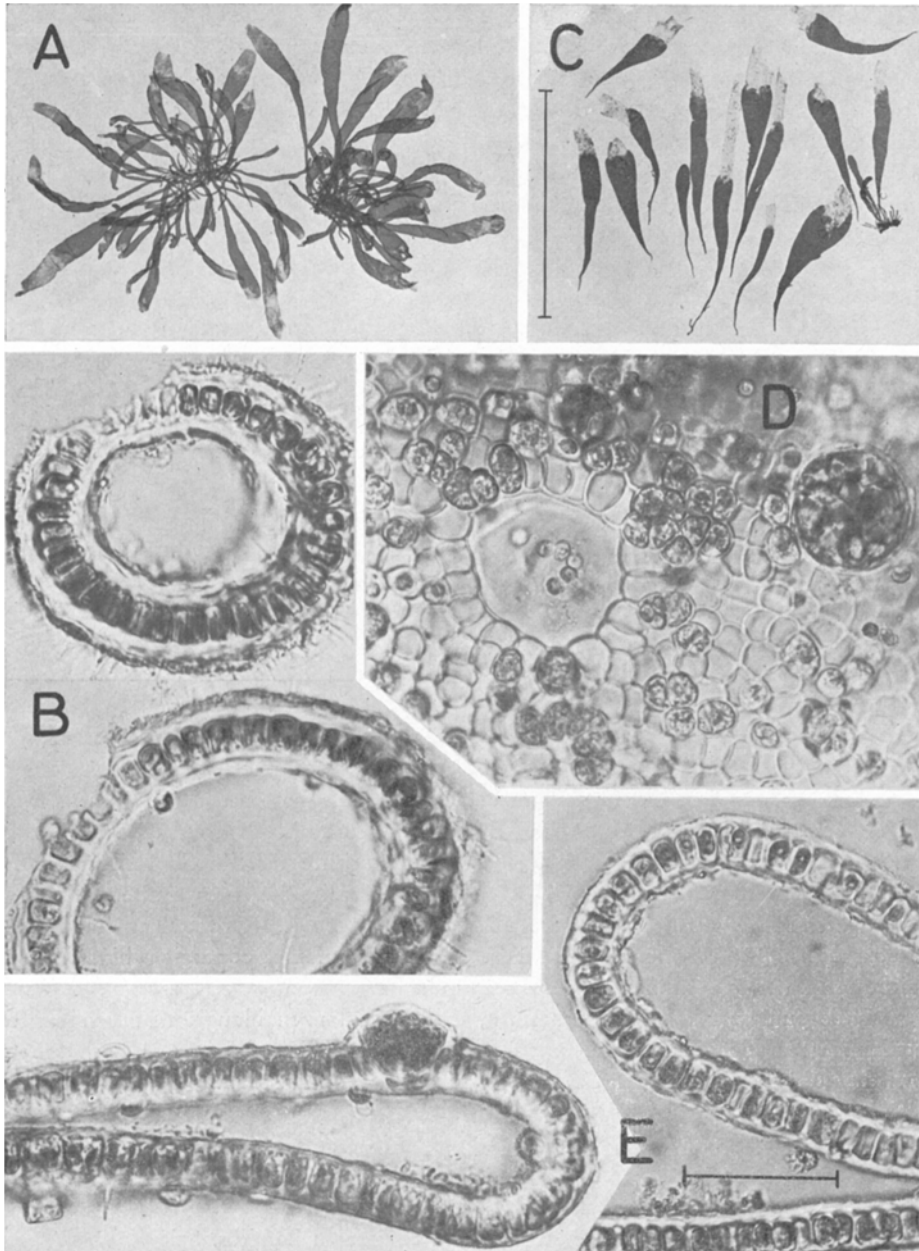


Abb. 9: *Blidingia chadefandii*. A, B Probe von der Uferschutzmauer, 13. 4. 1978, Habitus und Querschnitte durch den unteren Thallusabschnitt. C-E Probe von der Spundwand an der Kurpromenade, 9. 5. 1978. D Aufsicht auf das teilweise ausgeschwärmte Zellnetz mit einer fast reifen Zelle von *Chlorochytrium* (?) *willei*; eine entleerte Kugel war ganz in die Zellschicht eingesenkt. E Querschnitte durch den oberen flachen Thallus, links mit eingesenktem *Chlorochytrium* (?). Maßstrecken: A, C = 1 cm; B, D, E = 50  $\mu$ m

Auf die unterschiedliche Zellgröße als diagnostisches Merkmal haben schon Bliding (1963) und Vinogradova (1974) hingewiesen. Dieser Unterschied tritt bei den unter gleichen Bedingungen kultivierten Pflanzen besonders klar in Erscheinung: sowohl die vegetativen als auch die fertilen Zellen sind bei *Blidingia chadefaudii* größer als bei *B. minima* (Abb. 4). Auch das Naturmaterial zeigt diese Unterschiede, wenn auch bei größerer Schwankung nicht immer so ausgeprägt. Frisch ausgeschwärmte Thallusabschnitte sind für die vergleichende Prüfung am besten geeignet, solange sich das Zellnetz noch nicht durch Quellungs- und Zersetzungserscheinungen verändert hat. Es wird daher in vielen Fällen möglich sein, eine Probe an Hand ihrer morphologischen Merkmale zu bestimmen. Als Beispiel mögen die am 10. 10. 1977 am gleichen Standort, aber in verschiedenem Niveau gesammelten Proben dienen (Abb. 8): die äußere Erscheinungsform in Verbindung mit dem Bild des fertilen Zellnetzes rechtfertigen die Zuordnung zu der jeweiligen Art. Eine kritische Beurteilung ist aber immer notwendig, da sich die Zellen kurz vor ihrer Fertilisierung noch einmal geteilt haben können.

Nach unseren Beobachtungen im Frühjahr 1978 ist *Blidingia chadefaudii* in der oberen Litoralzone von Helgoland weit verbreitet und kann größere Flächen dicht bedecken. Im April war die Uferschutzmauer im Südwesten der Insel von einem ununterbrochenen, etwa 1 m hohen grünen Band von *Blidingia* oberhalb der *Balanus*-Zone gesäumt. Schon am Standort ließen sich die beiden Arten klar unterscheiden: unter der Hochwasserlinie eine etwa 25 cm breite Zone von *Blidingia minima*, hellgrün und mit auffallend weißen Thallusenden, darunter deutlich abgesetzt die dunkler grün gefärbte *Blidingia chadefaudii*. Die knapp 1 cm hohen Pflanzen bildeten einen dichten, wollig abstehenden Pelz. Aus einem dünnen röhriigen Stiel verbreitert sich der flache Thallus zu seiner typischen keuligen Form (Abb. 9 A). Dieser Aufsammlung entstammen die Querschnitte durch den basalen Teil des Thallus (Abb. 9 B). Ganz entsprechend war auch die Spundwand längs der Kurpromenade im Mai 1978 von beiden *Blidingia*-Arten besiedelt; hier gesellte sich im Supralitoral noch *B. marginata* dazu. Abbildung 9 C–E zeigt die teilweise ausgeschwärmten Pflanzen und Querschnitte durch den oberen Thallusabschnitt. Diese Probe war stark von *Chlorochytrium* (?) *willei* befallen; die ausgeschwärmten Sporangien hinterließen mitunter Löcher in der dünnen Zellschicht (Abb. 9 D).

Ende Juni war der Befall so stark, daß die Pflanzen blaugrün und verbogen erschienen; an den Thallusenden waren Zellen der Wirtspflanze nur noch selten zwischen den dichtgedrängten *Chlorochytrium*(?)-Kugeln zu sehen.

### *Blidingia marginata* (J. Agardh) P. Dangeard

*Blidingia marginata* ist eine Alge des supralitoralischen Bereichs. Seit vielen Jahren beobachten wir sie auf einer senkrechten Betonfläche an der Ostseite der Helgoländer Landungsbrücke, wo sie öfter von Spritzwasser benetzt wird und nur im Sommer frühmorgens direkter Sonnenbestrahlung ausgesetzt ist. Die ihr ähnliche *Blidingia subsalsa* dagegen wächst im obersten Litoral, sie kommt im Niveau von *Blidingia minima* vor, erreicht jedoch nicht deren untere Grenze.

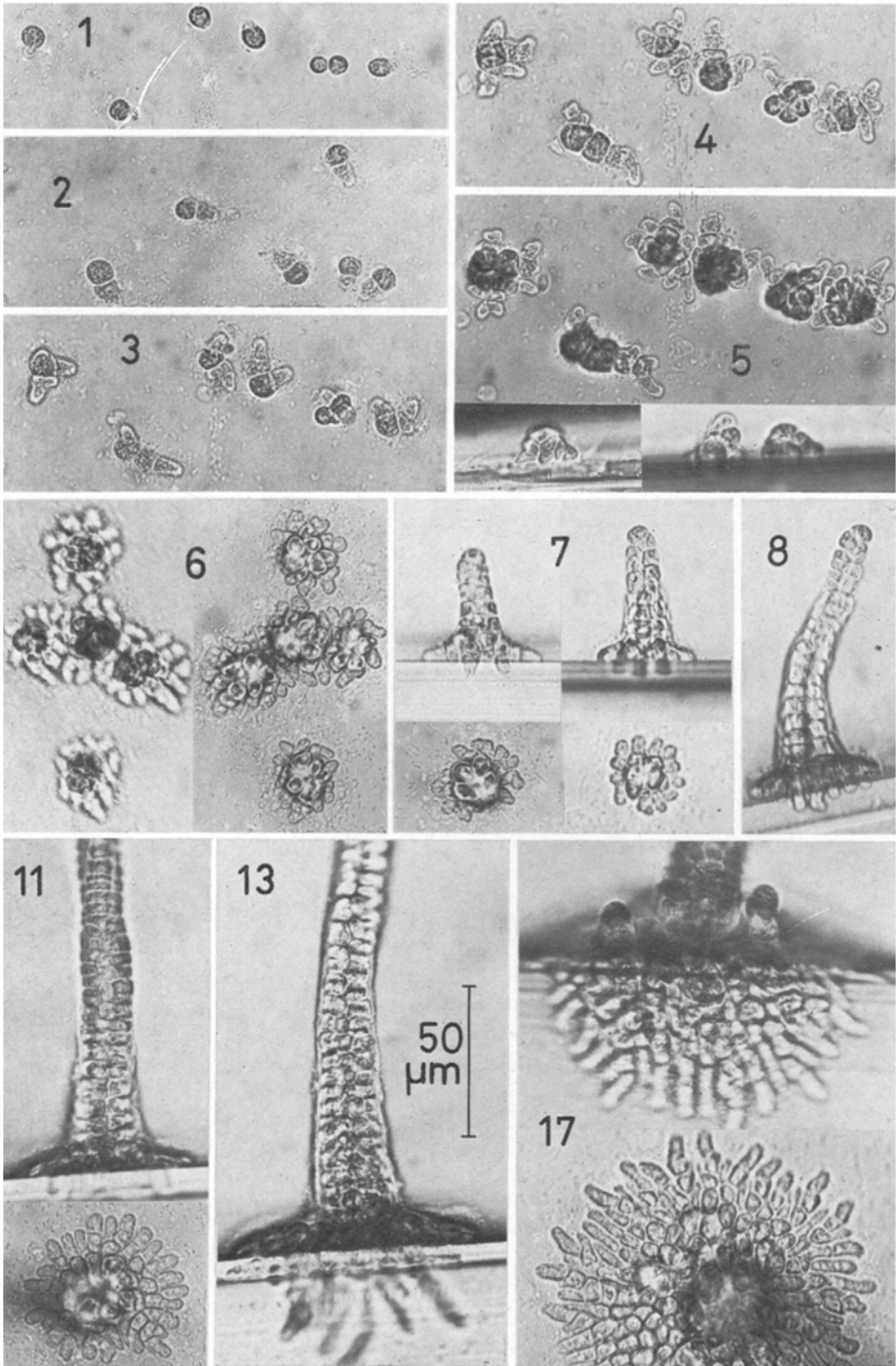


Abb. 10: *Blidingia marginata*. Entwicklung bis zum Alter von 17 Tagen. Nähere Angaben im Text

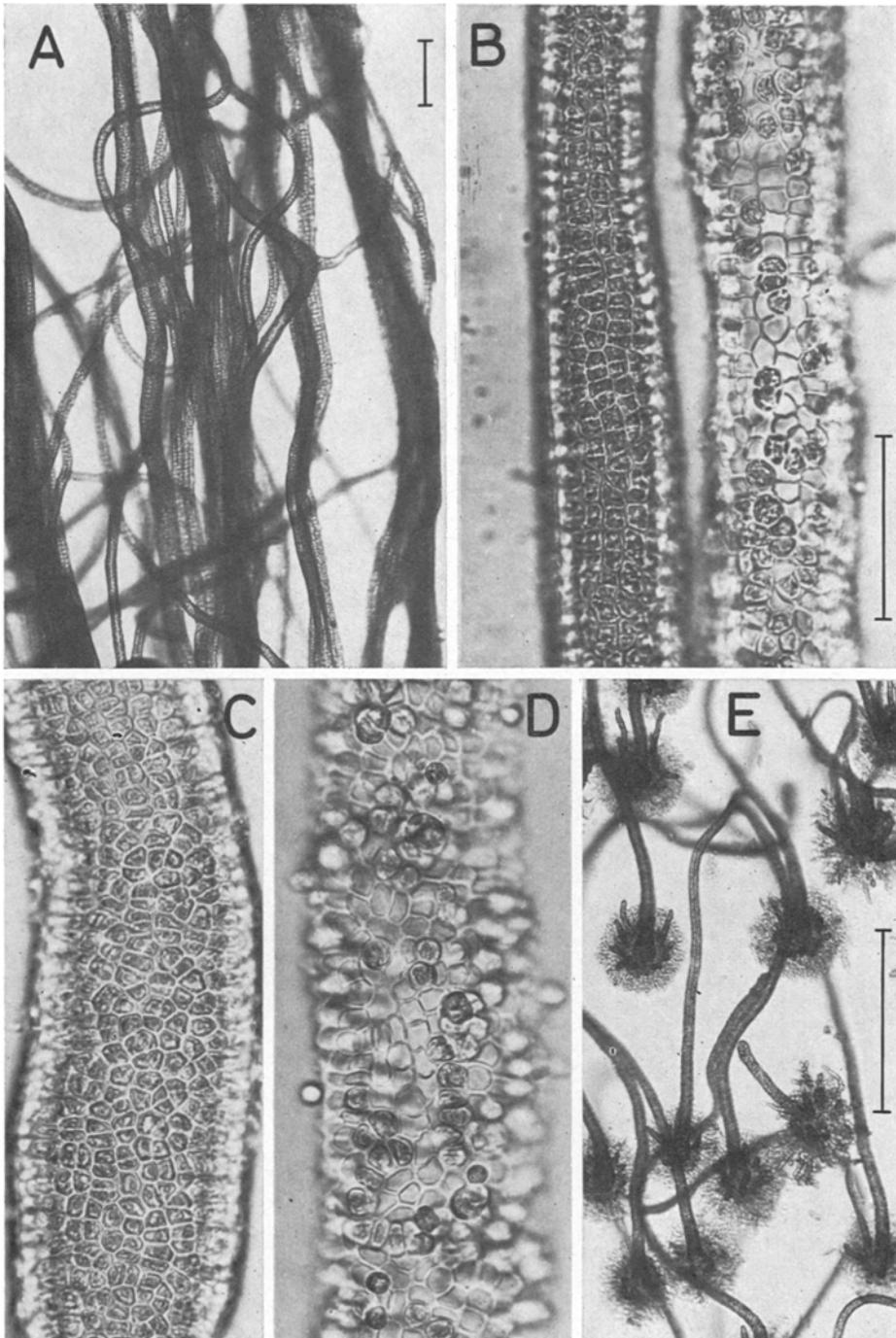


Abb. 11: *Blidingia marginata*. A, B Naturmaterial (Landungsbrücke, Osttreppe, 19. 12. 1972). C-E Aus einer 4 Wochen alten Kultur. Maßstrecken: A = 100  $\mu\text{m}$ ; B-D = 50  $\mu\text{m}$ ; E = 500  $\mu\text{m}$

Die unterschiedlichen Standortansprüche sind eigentlich auch das einzige verwertbare Merkmal aus den wenigen Angaben in der Literatur, um die beiden Arten zu trennen. Bliding (1963) sammelte *Blidingia marginata* bei Roscoff an *Juncus maritimus* und *Salicornia*. Nienhuis (1970) beschreibt eine *Blidingia-minima*-Gesellschaft der supralitoralischen Salzmarschen, in der *Blidingia minima* – mitunter begleitet von *Blidingia marginata* und *Rhizoclonium riparium* – an den unteren Teilen von Halophyten, besonders auf *Halimione portulacoides*, vorkommt. Der angegebene Standort ist für *Blidingia minima* ungewöhnlich; eine sichere Bestimmung der Arten, für die die entwicklungsgeschichtliche Prüfung eine brauchbare und zuverlässige methodische Grundlage bietet, wäre daher von besonderem Interesse.

Schon die unterschiedliche Keimung der Zoosporen trennt *Blidingia marginata* und die ihr ähnliche *B. subsalsa* klar von den beiden anderen Arten: es wird keine Embryospore abgegliedert. Auch beginnt die Bildung des aufrechten Sprosses anders als bei *B. minima* und *B. chadefaudii*. Während sich bei diesen eine schon geschlossene Basalscheibe in der Mitte aufwölbt, erhebt sich hier die erste nach oben wachsende Zelle von einem wenigzelligen Lager. Drei Tage alte Keimlinge von *Blidingia marginata* sind einander recht ähnlich: nachdem der Initialzelle nacheinander zwei Zweige in stumpfem Winkel entsproßt sind, gliedert sie eine nach oben wachsende Zelle ab (Abb. 10, die Zahlen geben das Alter der Kultur in Tagen an). Am 4. Tage ist dieser aufrechte Faden schon mehrzellig. Nach 5 Tagen ist auch die inzwischen geschlossene Basalscheibe an der Sproßbildung beteiligt: sie hat sich – wie die Aufnahme einiger Pflänzchen an der Deckglaskante erkennen läßt – kegelförmig aufgewölbt. Eine 6 Tage alte Kultur zeigt dieselbe Gruppe von Pflanzen in der Aufsicht und von der Unterseite; 7 Tage alte Pflänzchen sind im Profil über der von unten betrachteten Basalscheibe dargestellt. Weitere Stadien bis zum 17. Tag zeigen die stetige Dickenzunahme des röhrigen aufrechten Thallus und die Ausbreitung der Scheibe, auf der sich einzelne sekundäre Sprosse erheben. Nach vier Wochen sind die Thalli etwa 8 mm lang und werden in ihrem oberen Teil fertil (Abb. 11 D, E). Die Sporangien schwärmen ganz normal und sehr reichlich aus. Vegetative und fertile Thallusabschnitte aus Naturmaterial und aus kultivierten Pflanzen sind in Abbildung 11 einander gegenübergestellt; ihr Zellnetz unterscheidet sich nicht.

*Blidingia subsalsa* (Kjellman) nov. comb.  
= *B. marginata* subsp. *subsalsa* (Kjellman) Bliding 1963

Die Entwicklung verläuft zwar grundsätzlich in gleicher Weise wie bei *Blidingia marginata*, doch gibt es in jedem Stadium spezifische Unterschiede, wie ein Vergleich der Abbildungen 10 mit 12 und 11 mit 13 deutlich erkennen läßt. Die Keimung erfolgt langsamer und weniger gleichmäßig; nur ein Teil der zwei Tage alten Keimlinge von *Blidingia subsalsa* besteht aus etwa gleichgroßen Schwesterzellen. Nach vier Tagen sind im allgemeinen vierzellige Scheibchen entstanden, aber erst am 5. Tage wird eine Zelle nach oben abgegliedert. Im Alter entsprechende *Blidingia-marginata*-Stadien sind dann schon zu einem kleinen Hügel aufgewölbt. Erst die 7 Tage alten Keimlinge – von oben und unten betrachtet – sind kegelförmig hohl. Immer deut-



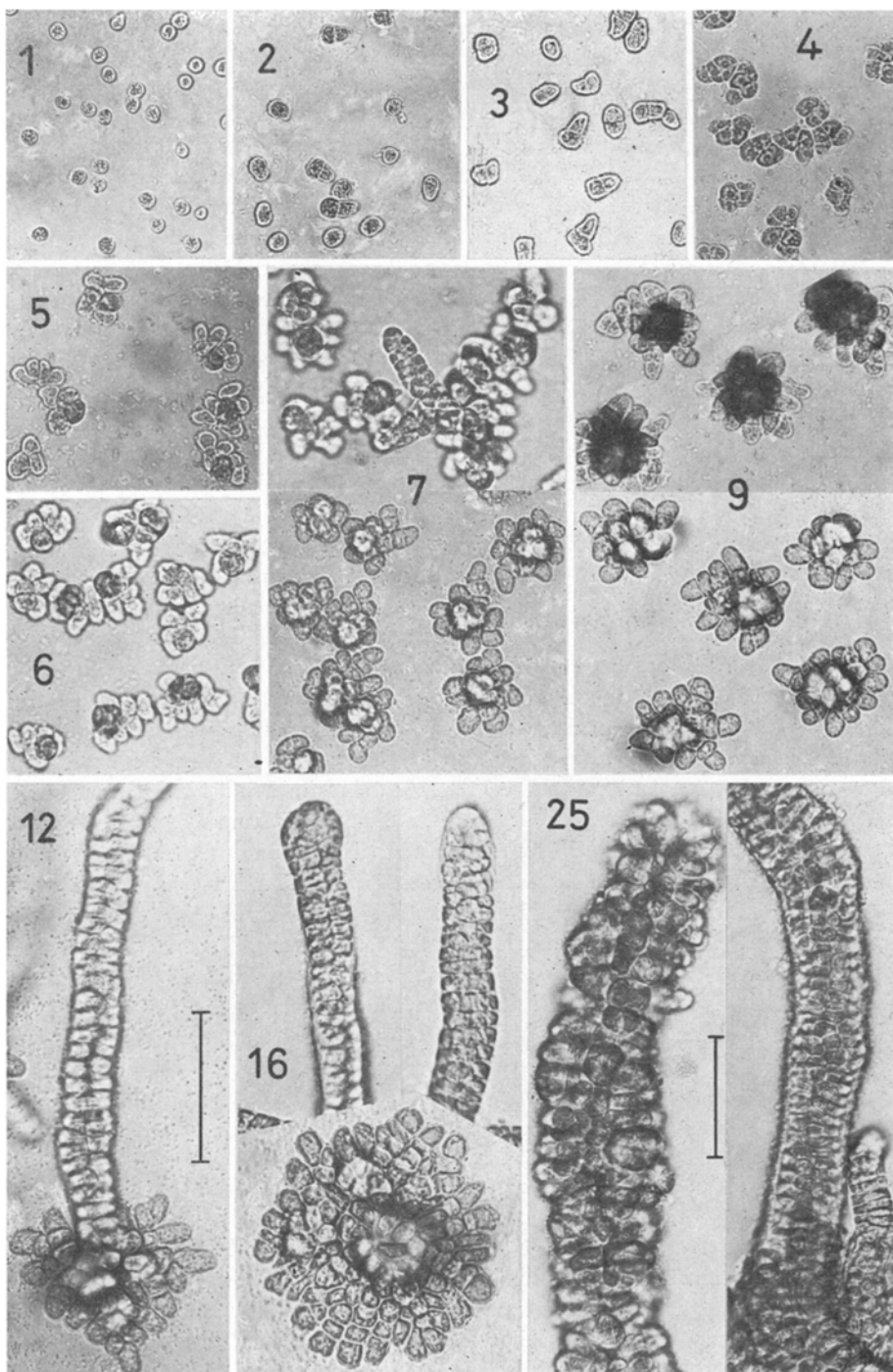


Abb. 12: *Blidingia subsalsa*. Entwicklung bis zum Alter von 25 Tagen. Nähere Angaben im Text.  
Maßstrecken für die Stadien bis zu 16 Tagen und für 25 Tage jeweils 50  $\mu\text{m}$



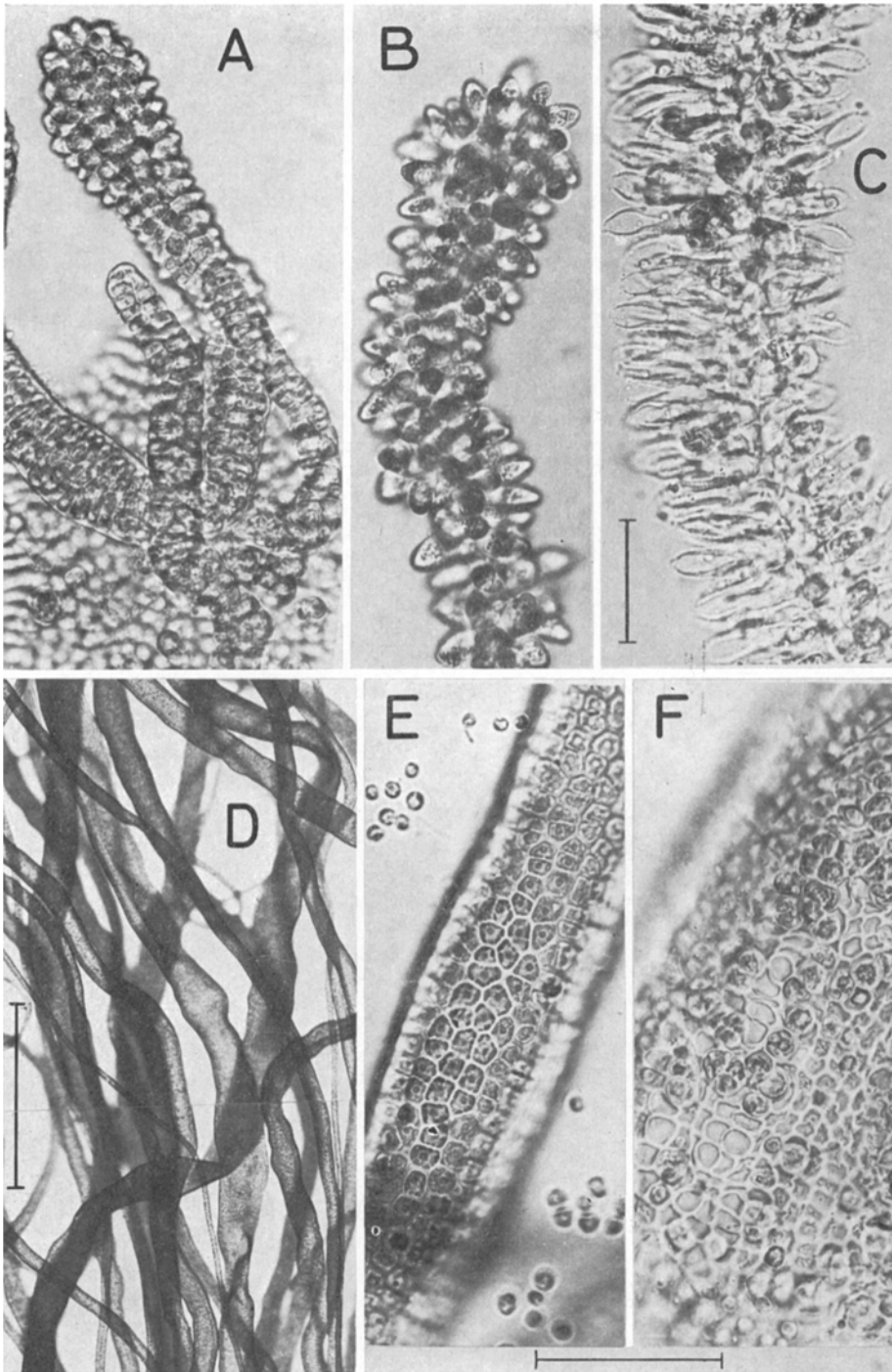


Abb. 13: *Blidingia subsalsa*. A-C aus Kulturen; D-F Naturmaterial, Südhafen, 14. 9. 1972. A Keulig angeschwollenes Thallusende aus einer 28 Tage alten Kultur. B, C Die papillenförmigen Zellen überständiger Pflanzen werden in frischer Nährlösung nach 3 Tagen fertil und entleert. Maßstrecken: A-C = 50  $\mu\text{m}$ ; D = 500  $\mu\text{m}$ ; E, F = 50  $\mu\text{m}$

licher prägen sich schließlich Unterschiede in der Basalscheibe aus: sie besteht bei *Blidingia subsalsa* aus großen rundlichen, kompakten Zellen, während die schlanken Zellen von *Blidingia marginata* eine strahlige Rosette bilden. Die aufrechten Thalli erreichten in unseren Kulturen nicht die Länge von *B. marginata*, auch war die Zahl der Längsreihen geringer. Im Alter von 20 Tagen begannen die Thallusenden oft keulenförmig anzuschwellen, indem die sich vergrößernden Zellen vorwölbt (Abb. 13 A). Es wurden aber nur einzelne Zellen fertil und entleerten ihre Schwärmer. In den überständig gewordenen Kulturen wuchsen die Zellen der verdickten Fadenenden papillenartig aus, ihr Inhalt wurde körnig (Abb. 13 B). Nach dem Übertragen in frische Nährlösung fruktifizierten diese Pflanzen schon nach drei Tagen: alle Sporangien entleerten 8 Schwärmer (Abb. 13 C).

Das papillenartige Auswachsen der Zellen von "*Enteromorpha marginata*" ist schon früher einmal in einem ganz anderen Zusammenhang beschrieben worden. J. & G. Feldmann (1941) hälterten die an der algerischen Küste gesammelte Alge in Süßwasser. Nach 4<sup>1/2</sup> Monaten sahen die Pflanzen ähnlich aus wie in unseren überständigen Kulturen, während sie in einem Kontrollversuch mit Seewasser abgestorben waren.

Alle Versuche, in den Kulturen "natürlich" aussehende fertile Thalli von *Blidingia subsalsa* zu erzielen, schlugen fehl. Dies ist ein weiterer diagnostisch verwertbarer Unterschied gegenüber *Blidingia marginata*. Proben aus Naturmaterial von *Blidingia subsalsa* sind in Abbildung 13 D–F dargestellt. Morphologische Unterschiede gegen *Blidingia marginata* (Abb. 11 A, B) lassen sich nicht erkennen. Bliding (1963) betrachtet die von uns auf den Rang einer Art erhobene Alge als Unterart von *Blidingia marginata*. Der wesentliche Unterschied in ihrer Ökologie – Bliding sammelte *B. subsalsa* im oberen Litoral im Niveau von *Catenella opuntia* – sowie die an den Kulturen beobachteten Besonderheiten machen jedoch eine schärfere taxonomische Trennung notwendig.

#### ZITIERTE LITERATUR

- Bliding, C., 1938. Studien über Entwicklung und Systematik in der Gattung *Enteromorpha*. I. Bot. Notiser **1938**, 83–90.
- 1963. A critical survey of European taxa in Ulvales. Part I. *Capsosiphon*, *Percursaria*, *Blidingia*, *Enteromorpha*. Op. bot. Soc. bot. Lund, **8** (3), 1–160.
- 1968. A critical survey of European taxa in Ulvales, II. *Ulva*, *Ulvaria*, *Monostroma*, *Kornmannia*. Bot. Notiser **121**, 535–629.
- Chadefaud, M., 1957. Sur l'*Enteromorpha chadefaudii* J. Feldmann. Revue gén. Bot. **64**, 653–669.
- Dangeard, P., 1961. Quelques particularités du genre "*Blidingia*". Botaniste **44**, 193–208.
- Feldmann, J., 1954. Inventaire de la flore marine de Roscoff. Trav. Stn. biol. Roscoff (Suppl.) **6**, 1–152.
- & Feldmann, G., 1941. Influence de la vie en eau douce sur la morphologie et la cytologie de l'*Enteromorpha marginata* J. Ag. Bull. Soc. Hist. nat. Afr. N. **22**, 289–292.
- Gayral, P., 1967. Mise au point sur les Ulvacées, (Chlorophycées) particulièrement sur les résultats de leur étude en laboratoire. Botaniste **50**, 205–251.

- Kapraun, D. F., 1974. Seasonal periodicity and spatial distribution of benthic marine algae in Louisiana. *Contr. mar. Sci., Univ. Tex.* **18**, 139–167.
- Kornmann, P. & Sahling, P.-H., 1977. Meeresalgen von Helgoland. Benthische Grün-, Braun- und Rotalgen. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* **29**, 1–289.
- Kylin, H., 1947. Die Chlorophyceen der schwedischen Westküste. *Lunds Univ. Årsskr. (Avd. 2)* **45** (4), 1–79.
- Nienhuis, P. H., 1970. The benthic algal communities of flats and salt marshes in the Grevelingen, a sea-arm in the south-western Netherlands. *Neth. J. Sea Res.* **5**, 20–49.
- Vinogradova, K. L., 1974. Ulvales (Chlorophyta) der russischen Meere. *Wissenschafts-Verl., Leningrad*, 166 pp. (Russ.).