

Copyright ©

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Die Schrift darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

Ökologische Untersuchungen an sternbildenden *Agrobacterium*-Arten
aus der Ostsee¹⁾

von

RENATE AHRENS

Zusammenfassung: Gesetzmäßigkeiten für die jahreszeitliche und regionale Verteilung von *Agrobacterium stellulatum* und *A. ferrugineum* wurden durch Vergleich ihrer Bakterienzahlen mit verschiedenen biotischen und abiotischen Faktoren gesucht. Für ihre Verbreitung ergab sich eine starke Abhängigkeit vom Salzgehalt. Im Wasser der Ostsee und des südlichen Kattegat werden sie zwischen 7 und 33 ‰ angetroffen, in der nährstoffreichen Schlei bis hinunter zu 2 ‰. Die jahreszeitliche Häufigkeit ist durch ein ausgeprägtes Herbst/Winter-Maximum und ein schwächeres Frühsommermaximum gekennzeichnet und weist eine starke Parallelität zur Gesamtkeimzahl auf. Auf Algen sind in erster Linie andere *Agrobacterium*-Arten anzutreffen.

Ecological studies on star-forming *Agrobacterium* spp. from the Western Baltic (Summary): The seasonal and regional distribution of *Agrobacterium stellulatum* and *A. ferrugineum* was studied by comparing their bacterial counts with several biotic and abiotic factors. It was found that their spreading greatly depends upon salinity. In water of the Baltic and of the Southern Kattegat they occur between 7 and 33 per mille, in the eutrophic Schlei down to 2 ‰. Their seasonal distribution shows a distinct peak between autumn and winter and a weaker peak at the beginning of summer and strongly parallels total counts. *Agrobacteria* found on algae mostly belong into species different from *A. stellulatum* and *A. ferrugineum*.

Einleitung

Das Vorkommen von Angehörigen der Gattung *Agrobacterium* im Meer war noch vor einigen Jahren völlig unbekannt (z.B. ZOBELL, 1946). Lediglich KORINEK (1953) gibt an, in größerer Zahl halophile Stämme von *Agrobacterium radiobacter* auf marinen Algen gefunden zu haben. Der Organismus war vorher als *Bacterium cyanicola* bezeichnet worden (KORINEK, 1932). Eine eingehende taxonomische Untersuchung wurde allerdings nicht durchgeführt, und die bei anderen *Agrobacterium*-Arten anzutreffende Sternbildung findet keine Erwähnung. BRISOU konstatiert das Vorkommen der Gattung *Agrobacterium* im Meer, ohne jedoch nähere Angaben zu machen (BRISOU, 1955, 1957). Im übrigen enthalten auch neuere meeresmikrobiologische Bücher (z.B. KRISSE, 1961; WOOD, 1965) sowie Einzelveröffentlichungen meist keine Hinweise auf marine *Agrobacterium*-Arten.

Die erste ausführliche Mitteilung stammt von SIEBERT und SCHWARTZ (1956), die in faulem Fucusmaterial von Sylt ein *Agrobacterium* fanden. Dieses trat in einem Sedimentationsversuch bei Beschichtung der Algen mit Sand nach 12 Monaten als

1) Zweiter Teil der Dissertation „Taxonomische und ökologische Untersuchungen an sternbildenden Bakterien aus der Ostsee“ (gekürzt). Die Arbeit wurde bei Herrn Prof. Dr. Rheinheimer, Mikrobiologische Abteilung des Instituts für Meereskunde, angefertigt. Die Untersuchungen wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützt.

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 1)

Abb. 1: *Agrobacterium stellulatum* A 12. Kleine braune Agarkolonien mit farblosem Rand. 5 Tage ZoBell-Agar. Hellfeld, Durchlicht. 200fach.

Abb. 12: Bürstenförmiger Bakterienbewuchs auf einer fädigen Braunalge, *Elachista fucicola*. Lebendpräparat. Phasenkontrast. 3000fach.

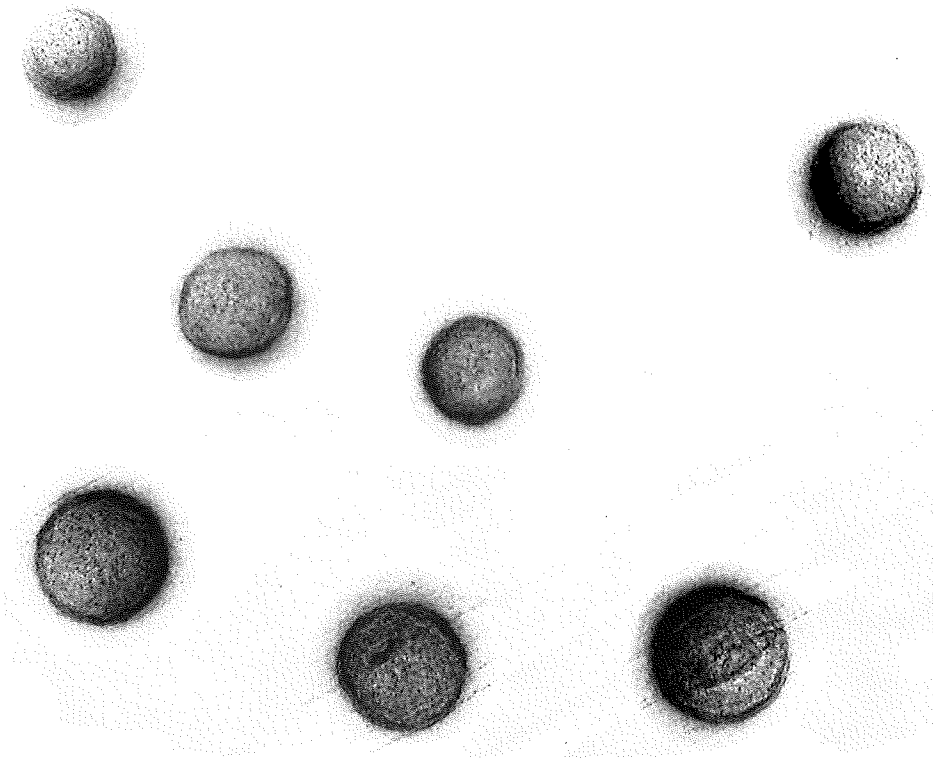


Abb. 1

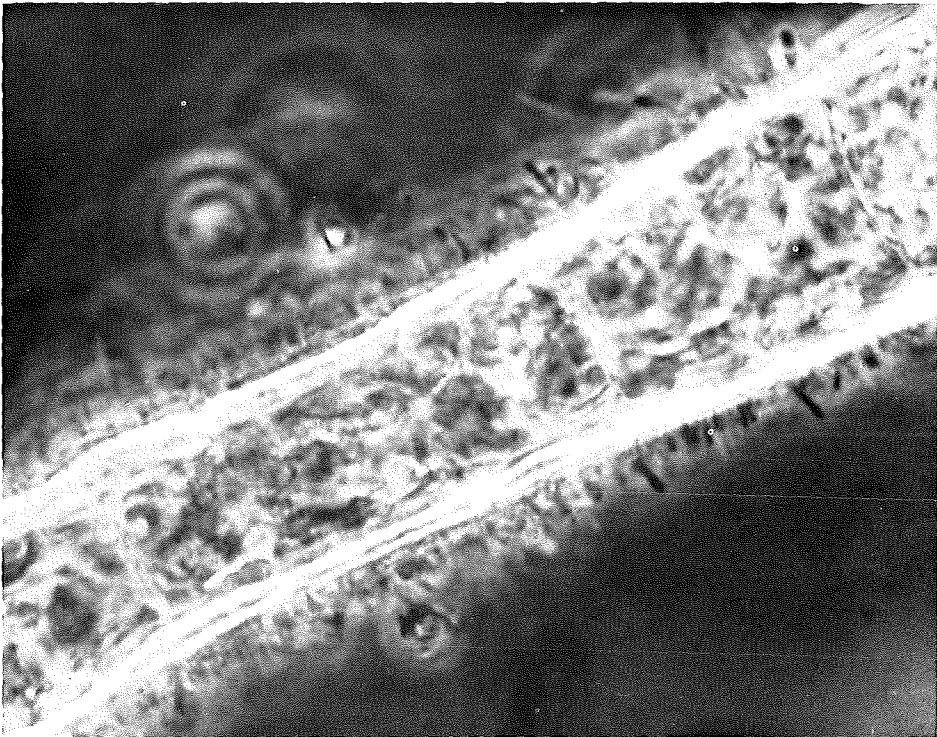


Abb. 12

Tafel 1 (zu Ahrens)

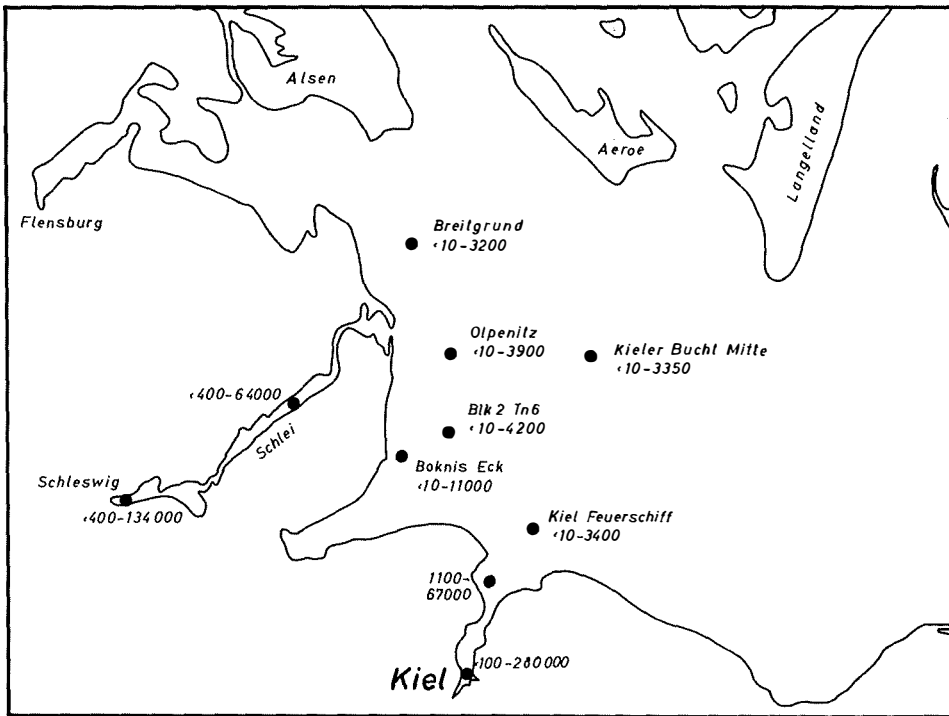


Abb. 2

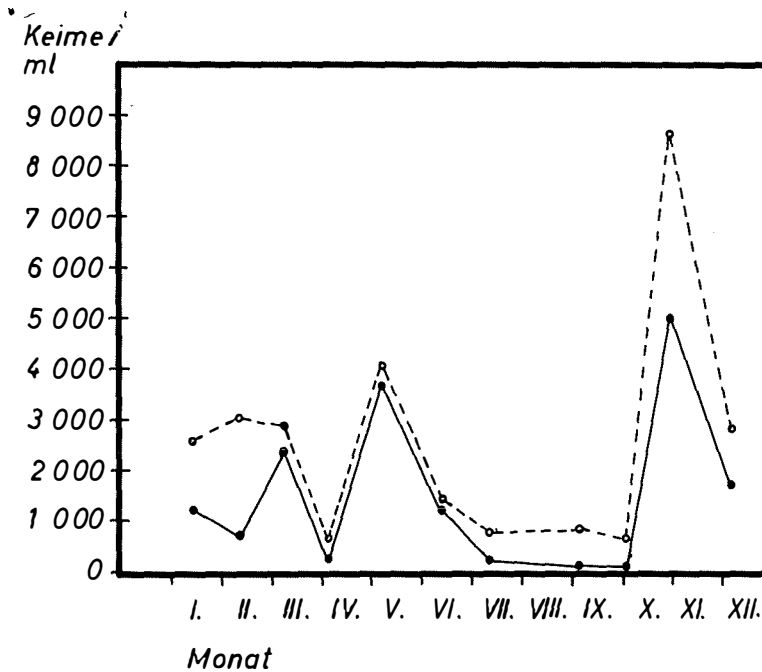


Abb. 4

Tafel 2 (zu Ahrens)

Leitform auf und wurde von STAPP und KNÖSEL (1954) *Agrobacterium stellulatum* benannt. Neuerdings wurden dann aus Wasser, Sediment und Algenproben der Kieler Bucht zahlreiche *Agrobacterium*-Stämme gewonnen und teilweise als neue Arten beschrieben (AHRENS und RHEINHEIMER, 1967; AHRENS, 1968). Von ihnen sind die beiden nahe verwandten Arten *Agrobacterium stellulatum* und *A. ferrugineum* in der westlichen Ostsee besonders häufig. Da ihre Ökologie praktisch unbekannt war, wurde ihre jahreszeitliche und regionale Häufigkeit untersucht und zu Gesamtkeimzahl, Salzgehalt, Temperatur und Planktonentwicklung in Beziehung gesetzt.

M e t h o d e n

In monatlichen Abständen wurden für Wasserproben einiger fester Stationen der Kieler Bucht (Abb. 2) Keimzahlen, Salzgehalt und Temperatur ermittelt. Die Arten *Agrobacterium stellulatum* und *A. ferrugineum* sind auf den Keimzahlplatten mit großer Sicherheit an ihren weißrandigen Kolonien mit braunem Zentrum zu erkennen (Abb. 1), so daß sich ihr Anteil an der Gesamtkeimzahl durch Auszählen feststellen läßt. Auf diese Weise wurde die jahreszeitliche Häufigkeit beider Arten ermittelt. Entsprechende Untersuchungen an Wasserproben von mehreren Profildfahrten in die mittlere und östliche Ostsee sowie ins Kattegat und an Einzelproben aus verschiedenen Gewässern gaben Auskunft über die regionale Verbreitung.

Die zu untersuchenden Wasserproben wurden mit ZoBell-Schöpfnern steril entnommen. Je 1 ml einer geeigneten Verdünnung (meist 1:10) wurde mit 10 ml Agar (ZoBell 2216 E) in eine Petrischale gegeben. Als Verdünnungswasser diente Seewassergemisch, das aus 3 Teilen gealtertem Nordseewasser und 1 Teil Aqua dest. hergestellt wurde, so daß der Salzgehalt S 24 ‰ betrug. Der ZoBell-Agar wurde auch mit S 8 ‰, 16 ‰ bzw. 100 ‰ und mit Leitungswasser angesetzt. Die Bebrütung erfolgte 14 Tage bei 20°C.

Gelegentlich entwickeln sich auf den Keimzahlplatten einzelne raschwüchsige Fäulnisbakterien und hemmen in ihrem Umkreis die braunen Kolonien von *A. stellulatum* und *A. ferrugineum* weitgehend oder unterdrücken sie ganz, so daß sehr niedrige Bakterienzahlen vorgetäuscht werden können. Die Erscheinung war mehrmals am Ende des Sommers zu beobachten.

Sämtliches Untersuchungsmaterial (Keimzahlplatten) wurde freundlicherweise von Herrn Professor Dr. Rheinheimer, Leiter der Mikrobiologischen Abteilung des Instituts für Meereskunde, zur Verfügung gestellt, ferner alle Daten, die im Rahmen seiner eigenen noch unveröffentlichten Untersuchungen ermittelt wurden. Ihm sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Herrn Professor Dr. Krey, Planktologische Abteilung des Instituts, verdanke ich produktionsbiologische Daten.

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 2):

- Abb. 2: Häufigkeit von *Agrobacterium stellulatum* und *A. ferrugineum* in der Kieler Bucht. Keimzahl/ml, ermittelt auf ZoBell-Agar. Die Zahlen stellen die Extremwerte aller untersuchten Wassertiefen aus allen Jahreszeiten dar.
- Abb. 4: Jahreszeitliche Verteilung der Keimzahlen auf ZoBell-Agar für die Station Boknis Eck, 26 m Tiefe. Werte für 2 Jahre gemittelt.
 ————— braune Keime/ml
 - - - - - Gesamtkeimzahl/ml

Ergebnisse

Die zweijährige Auswertung der monatlich gewonnenen Keimzahlplatten ergab zwei sehr ähnliche Jahreszyklen, die sich zur Planktonentwicklung in Beziehung setzen ließen. Daneben konnten Gesetzmäßigkeiten für die regionale und jahreszeitliche Verteilung gefunden werden, die mit Umweltfaktoren wie Gesamtkeimzahl und Salzgehalt im Zusammenhang stehen, wohl aber weniger mit der Temperatur. Höhere Algen spielen als Substrat offenbar eine untergeordnete Rolle.

Regionale Verbreitung

Die größte Häufigkeit zeigen *Agrobacterium stellulatum* und *A. ferrugineum* in Wasserproben der Kieler Bucht und ihrer Förden (Kieler Förde, Eckernförder Bucht, Schlei). In Abb. 2 sind die Zahlen der beiden Arten für die häufiger untersuchten Stationen eingetragen. Der prozentuale Anteil auf den Keimzahlplatten schwankt für sämtliche Stationen zwischen 0 und fast 100 %; in der Schlei betrug der höchste Wert 97 %. Niedrige Prozentzahlen kommen verhältnismäßig selten vor; meist liegen die Werte zwischen 50 und 95 %. Die absoluten Zahlen steigen mit zunehmender Landnähe, besonders in den Förden, erheblich an.

Im Wasser der Kieler Bucht wurden *A. stellulatum* und *A. ferrugineum* in allen Tiefen angetroffen, ohne daß sich Gesetzmäßigkeiten für eine Schichtung finden ließen. Auf ZoBell-Agar verlief ihre Tiefenverteilung stets parallel zur Gesamtkeimzahl. Die beiden *Agrobacterium*-Arten wurden in Sedimentproben der Kieler Förde nicht festgestellt, obwohl sie in den zugehörigen Wasserproben aller Tiefen große Keimzahlen ergaben. Dagegen konnten andere sternbildende Formen aus Sediment gewonnen werden.

Nördlich und östlich der Kieler Bucht nimmt die Häufigkeit von *A. stellulatum* und *A. ferrugineum* ab, wie bei Profilmfahrten entlang der deutschen Ostseeküste und durch den Großen Belt zweimal festgestellt wurde (Abb. 3). Die östliche Grenze ihrer Verteilung liegt anscheinend etwa querab Rügen. Von hier an wurden sie auf einer Fahrt über Bornholm zum Gotland- und Farötief in keiner Wassertiefe angetroffen. Die nördliche Grenze ließ sich nicht eindeutig festlegen. Ihre Zahl nahm mit der Gesamtkeimzahl durch den Großen Belt zum Kattegat deutlich ab. Im südlichen Kattegat waren aber noch zwischen 3 und 1750 „braune Bakterien“ /ml zu finden. Die Verbreitung von *Agrobacterium stellulatum* und *A. ferrugineum* wird hauptsächlich durch den Salzgehalt begrenzt. Dieser ist in der Kieler Bucht für beide Arten optimal. Mit ihrem Rückgang nach Norden steigt er stark an, nach Osten fällt er beträchtlich ab (Abb. 3). Der Salzfaktor wird noch gesondert besprochen. Daneben könnte auch Nährstoffmangel begrenzend wirken, da außerhalb der Kieler Bucht gleichzeitig mit *A. stellulatum* und *A. ferrugineum* die Gesamtkeimzahl zurückgeht.

In anderen Meeresteilen spielen *Agrobacterium stellulatum* und *A. ferrugineum* offenbar eine geringere Rolle, wie aus der Untersuchung von einigen Wasserproben aus der Nordsee, dem Mittelmeer und dem Indischen Ozean geschlossen werden kann. Auf Keimzahlplatten aus dem Raum um Helgoland, bei Sylt und aus dem westlichen

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 3):

- Abb. 3: Bakterienverteilung und Salzgehalte in der südwestlichen Ostsee, dem Großen Belt und dem südlichen Kattegat im Juni 1966. Keimzahlen der Oberflächenproben auf ZoBell-Agar.
—— braune Keime/ml
----- Gesamtkeimzahl/ml

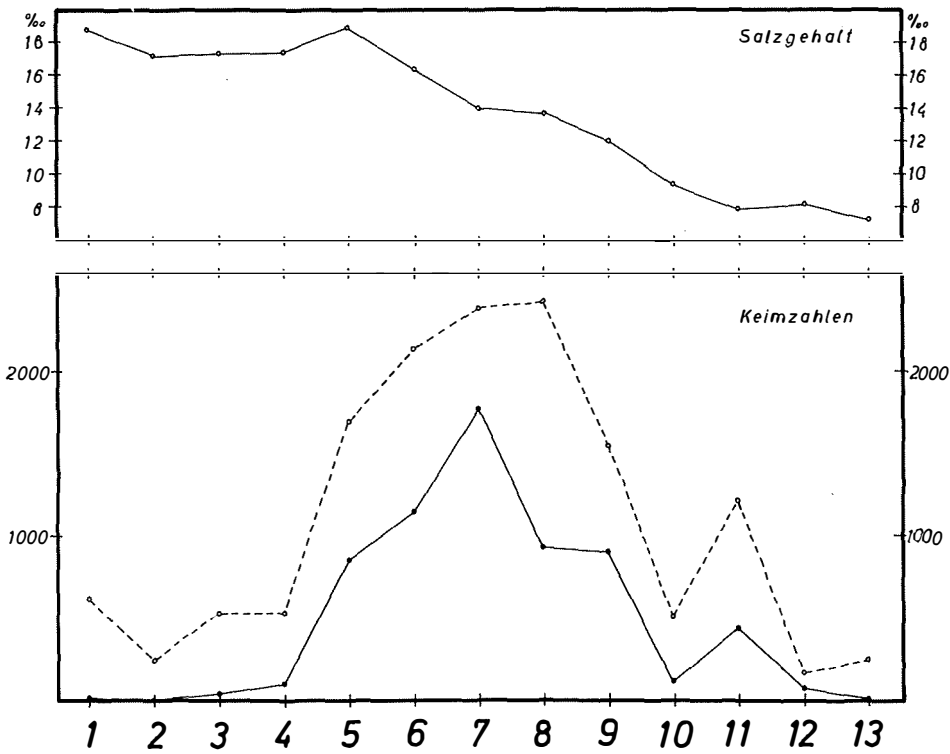
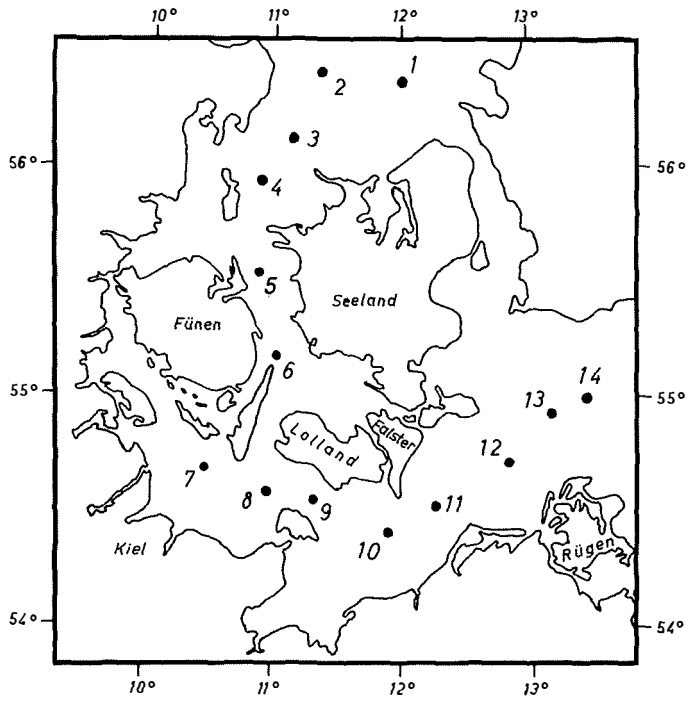


Abb. 3

Tafel 3 (zu Ahrens)

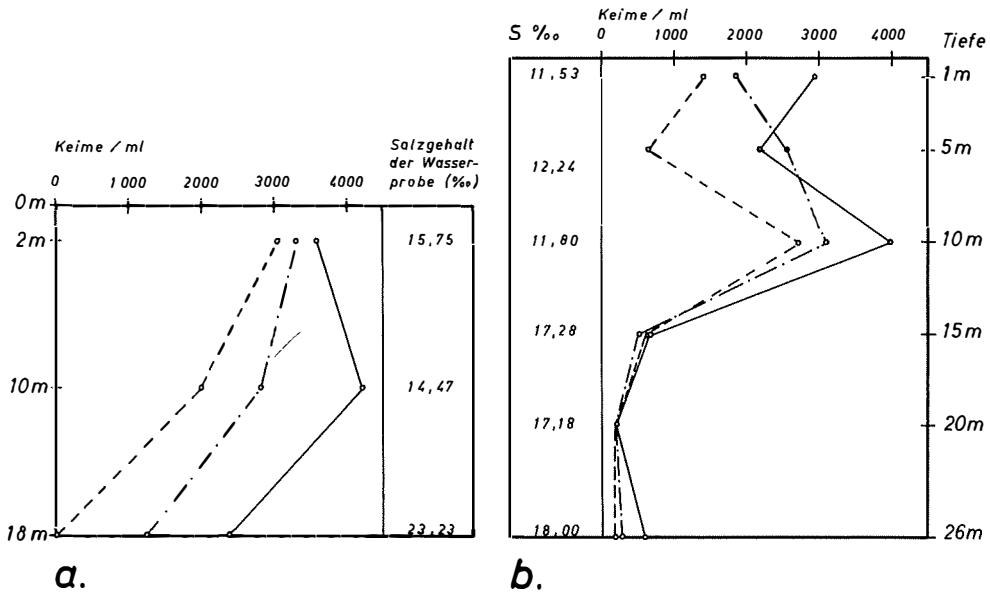


Abb. 5

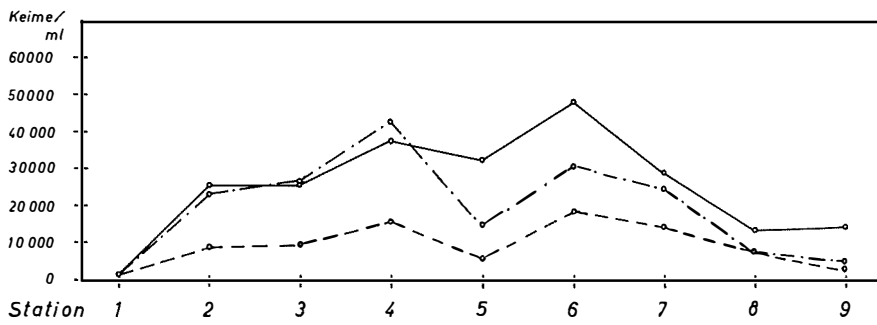


Abb. 6

Nordatlantik waren nur sehr vereinzelt braune Kolonien festzustellen (GUNKEL bzw. RHEINHEIMER, pers. Mitteilung). Hierbei kann es sich zudem um abweichende Formen handeln. Im Elbeästuar treten gelegentlich braun pigmentierte Sternbilder auf, die Ähnlichkeiten mit den *Agrobacterium*-Arten aufweisen, aber wegen ihrer abweichenden Morphologie nicht in diese Gattung gestellt werden konnten. Während in einem Priel vor Bremerhaven (S 27,3 ‰) keine braunen Bakterien gefunden wurden, machten sie im Wasser am Rande des dort befindlichen Sandwatts (Tegeler Plate, S 23 ‰) 42 % der Keimzahl aus. Auch in einem Entwässerungsgraben auf der Halbinsel Eiderstedt (S 1,05 ‰) waren sie zahlreich vertreten. Vor Hallig Hooge wurden 10 % solcher Bakterien angetroffen. Ob es sich hierbei um *Agrobacterium stellulatum* und *A. ferrugineum* handelte, kann jedoch nicht mit Sicherheit gesagt werden. Jedenfalls treten in nährstoffreichen mesohalinen Zonen im Küstenbereich der Nordsee ähnliche Bakterien auf. In einer Wasserprobe aus dem Mittelmeer waren die genannten *Agrobacterium*-Arten nicht festzustellen; ebenso fehlten sie auf einer umfangreichen Serie von Keimzahlplatten aus dem Arabischen Meer (RHEINHEIMER, pers. Mitteilung).

Auch die Bakterienflora von Süßwasser scheint keine braunen *Agrobacterium*-Arten aufzuweisen, wie eine Untersuchung mehrerer Wasserproben aus Bächen, Flüssen und Kanälen Norddeutschlands ergab.

Agrobacterium stellulatum und *A. ferrugineum*, die in Wasserproben der Kieler Bucht und der unmittelbar angrenzenden Meeresgebiete überaus häufig sind, könnten als Leitformen der Kieler Bucht angesprochen werden. Möglicherweise sind sie allgemein in Brackwassergebieten mit hinreichendem Nährstoffgehalt zu finden, anscheinend aber nicht in nährstoffarmen oder polyhalinen Meeresteilen und in Süßwasser.

Jahreszeitliche Verteilung

Die monatliche Auszählung der braunen Kolonien von *Agrobacterium stellulatum* und *A. ferrugineum* über einen Zeitraum von zwei Jahren ergab für die 6 Tiefen der Stationen Breitgrund und Boknis Eck (s. Abb. 2) ein ausgeprägtes Herbst/Winter-Maximum zwischen November und Januar und ein meist schwächeres Frühsommermaximum, das sich über die Monate Mai und Juni erstreckte (Abb. 4). Auf die Höchstwerte zu Beginn des Winters folgten im Februar sehr niedrige Bakterienzahlen, dann ein kurzes Zwischenmaximum im März, das von einem Minimum im April abgelöst wurde. Das anschließende Frühsommermaximum klingt in der Tiefe eher ab (Juni) als in der Deckschicht (Juli). Die Monate Juli bis September/Okttober sind durch die niedrigsten Zahlen an braunen

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 4):

Abb. 5: Zahl der braunen Bakterien in Abhängigkeit vom Salzgehalt des Keimzahlagars (Keime/ml).
 ——— ZoBell-Agar 24 ‰
 - - - - - ZoBell-Agar 16 ‰
 - - - - - ZoBell-Agar 8 ‰

a: Tiefenprofil der Station Blk2 Tn6 vom 6.12.1966
 b: Tiefenprofil von Breitgrund vom 31.10.1966

Abb. 6: Bakterienverteilung in der Schlei. Profil von der Kieler Bucht zur inneren Schlei vom 25.10.1966. Braune Keime in Abhängigkeit vom Salzgehalt der Keimzahlplatten.

——— ZoBell-Agar 24 ‰
 - - - - - ZoBell-Agar 16 ‰
 - - - - - ZoBell-Agar 8 ‰

Bakterien gekennzeichnet. Das Herbst/Winter-Maximum setzt im Oktober/November ein und hält bis Ende Dezember/Anfang Januar an (Abb. 4). Das gilt grundsätzlich auch für die übrigen Stationen der Kieler Bucht und selbst für die stark eutrophierte und salzärmere Schlei (s. Abb. 2).

Abhängigkeit von verschiedenen Umweltfaktoren

Wie bereits gezeigt wurde, ist die Verbreitung von *Agrobacterium stellulatum* und *A. ferrugineum* weitgehend durch ihre Salzansprüche bestimmt. Im Wasser von Ostsee und Kattegat wurden sie zwischen 5 ‰ und 33 ‰ angetroffen; in der nährstoffreichen Schlei bilden 2 ‰ die untere Salzgrenze. Die Optima der Reinkulturen lagen zwischen 10 und 30 ‰, wobei der untere Wert der häufigste war (s. AHRENS, 1968).

Von den Keimzahlmedien liefert der 24-‰-ZoBell-Agar in der Regel die höchsten Zahlen für beide Arten. 16-‰-Agar ergibt ebenso hohe oder etwas niedrigere Werte und „Brackwasseragar“ (5 ‰) die geringsten Zahlen. Dies gilt meist auch dann, wenn der Salzgehalt der Wasserprobe unter 24 bzw. 16 ‰ liegt (Abb. 5,6). Möglicherweise wirken suboptimale Salzgehalte eher hemmend als zu hohe Konzentrationen. Das zeigt auch der Verlauf der Salzkurven (s. AHRENS, 1968). In einem Fall konnte eine Beziehung zwischen dem Salzgehalt der Wasserprobe und der Verteilung auf die verschiedenen Keimzahlmedien festgestellt werden (Abb. 7). Wie aus der Darstellung zu ersehen ist, liefern die salzreichen Tiefenproben auf 24-‰-Agar die höchsten Zahlen. Bei der 16-‰-Grenze der Wasserproben gleichen sich die Werte an. Offenbar hatte sich in der Tiefenzone eine Population mit relativ hohen Salzoptima angesiedelt. Das salzärmere Oberflächenwasser enthielt dagegen überwiegend Stämme mit niedrigen Optima.

In der Schlei ließ sich keine entsprechende Anpassung an den jeweiligen Salzgehalt feststellen. *A. stellulatum* und *A. ferrugineum* lieferten auch in der salzarmen Innenschlei durchweg auf 24-‰-Agar die höchsten Werte (s.o. Abb. 6). Daraus könnte man schließen, daß sie die Schlei von der Kieler Bucht aus besiedeln. Bei den Gesamtkeimzahlen verlagern sich im Gegensatz hierzu die höchsten Werte mit abnehmendem Salzgehalt der Schlei auf die salzärmeren Medien (RHEINHEIMER, 1968). Prozentual nimmt der Anteil der braunen *Agrobacterium*-Stämme in die innere Schlei ab (Abb. 8), und zwar auch auf den salzärmeren ZoBell-Medien. Diese Abnahme ist deutlich aus den Jahresdurchschnitten der Prozentzahlen zu ersehen, die in Abb. 9 den mittleren Salzgehalten der zwölf Schleistationen gegenübergestellt sind.

In der östlichen Ostsee geht bei Salzgehalten um 8 ‰ die Zahl von *A. stellulatum* und *A. ferrugineum* stark zurück, und zwar gleichermaßen auf ZoBell-Agar mit 16 und 8 ‰. Dies konnte bei Profildfahrten im Juni und Oktober gefunden werden (Abb. 10).

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 5):

Abb. 7: Tiefenprofile für einige Stationen zwischen Kieler Bucht und Kattegat, April 1967 (Lage der Stationen s. Abb. 3).

Den Zahlen für die Arten *Agrobacterium stellulatum* und *A. ferrugineum* sind die Salzgehalte der Wasserproben gegenübergestellt. Bei Salzgehalten um 24 ‰ ergibt der 24-‰-Agar die höchsten Werte; bei Salzgehalten um 16 ‰ liefert der 16-‰-Agar ebenso hohe oder höhere Bakterienzahlen.

———— ZoBell-Agar 24 ‰

- - - - - ZoBell-Agar 16 ‰

..... Salzgehalt der Wasserproben

Tafel 5 (zu Ahrens)

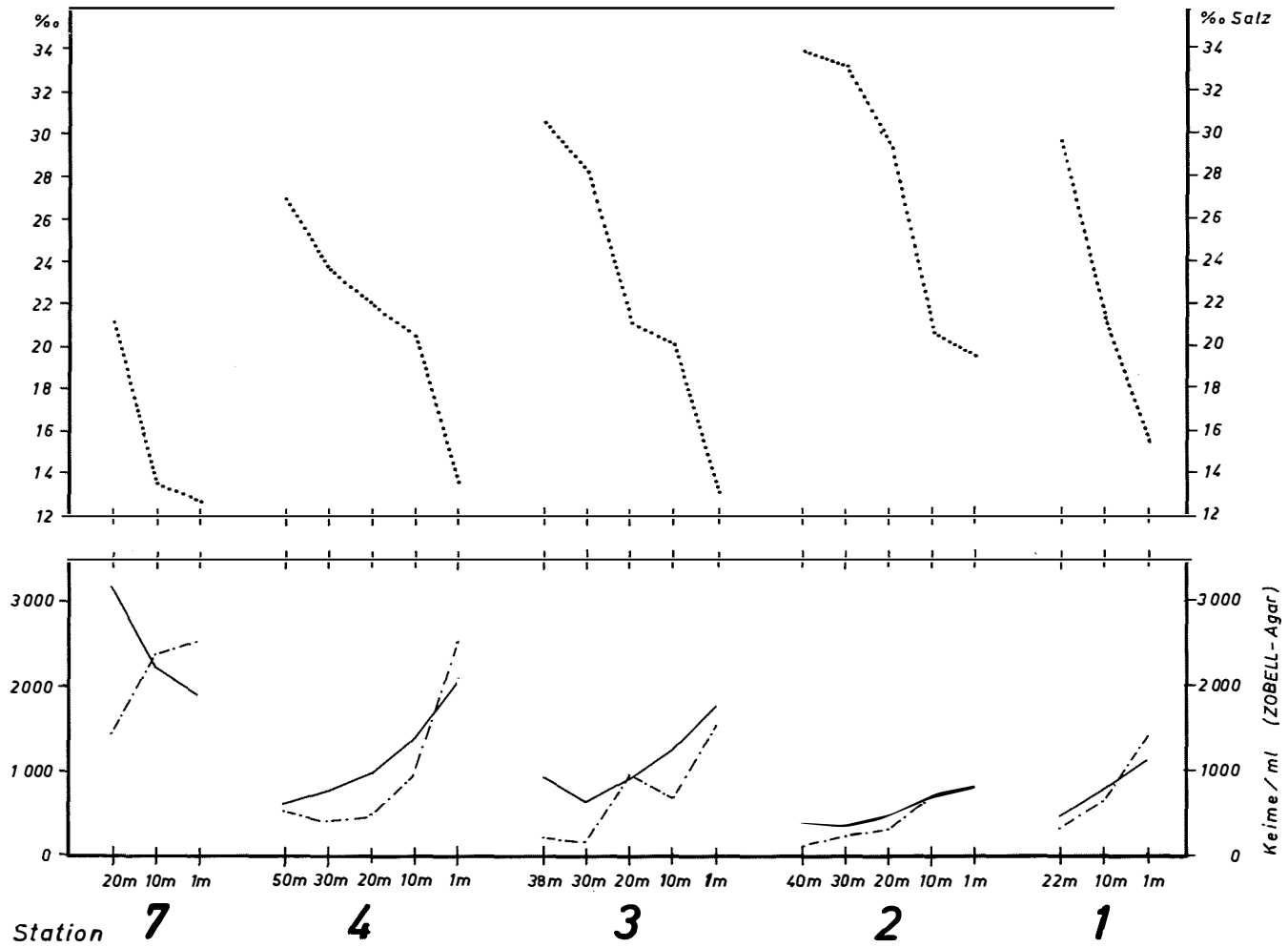


Abb. 7

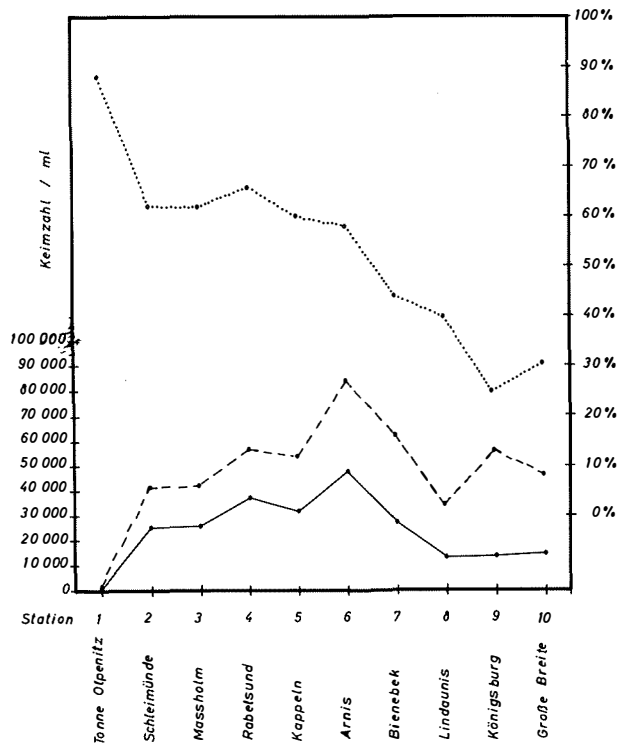


Abb. 8

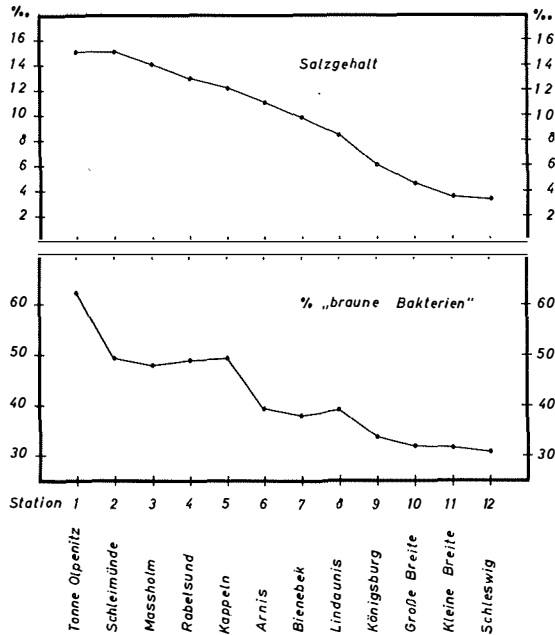


Abb. 9

Für die nördliche Verbreitung ins Katttegat scheint um 33 ‰ eine obere Salzgrenze zu liegen. Bei Salzgehalten ab 30 ‰ nimmt ihre Zahl beträchtlich ab (Abb. 11). Bei den Stationen 5 und 6 in Abb. 11 weisen die beiden *Agrobacterium*-Arten in den Tiefenproben sehr niedrige Werte auf, wogegen die salzärmere Deckschicht zahlreiche braune Bakterien enthält.

Die Häufigkeit von *Agrobacterium stellulatum* und *A. ferrugineum* zeigt eine starke Parallelität zur Gesamtkeimzahl auf ZoBell-Agar (S 24 ‰). Dies gilt innerhalb der Kieler Bucht und der anschließenden Gewässer für die horizontale und vertikale Verbreitung (Abb. 3,8) und für das jahreszeitliche Auftreten (Abb. 4). Verglichen mit den Bakterienzahlen auf anderen Medien, können sich Abweichungen ergeben. Anscheinend wird die Gesamtkeimzahl auf ZoBell-Agar in der Kieler Bucht in erster Linie durch *A. stellulatum* und *A. ferrugineum* bestimmt. Auffällig ist, daß die Maxima in den absoluten Werten häufig auch Maxima im prozentualen Anteil dieser *Agrobacterium*-Arten darstellen. Zur Zeit der geringen Bakterienzahlen am Ende des Sommers werden *A. stellulatum* und *A. ferrugineum* möglicherweise vorübergehend durch raschwüchsige Fäulnisbakterien unterdrückt.

Eine Beziehung zwischen dem Verlauf der Temperaturkurve und dem Jahresgang der Keimzahlkurve für *A. stellulatum* und *A. ferrugineum* ließ sich nicht feststellen. Die Wassertemperaturen in der Kieler Bucht lagen im beobachteten Zeitraum zwischen -1 und $+19^{\circ}\text{C}$ und damit unterhalb der Optima der *Agrobacterium*-Arten ($22 - 25^{\circ}\text{C}$, s. AHRENS, 1968). Bei suboptimalen Temperaturen können sich große Populationen entwickeln, da sich zwar das Wachstum verlangsamt, aber gleichzeitig die Sterberate herabgesetzt wird (ZOBELL, 1946; STOKES, 1963). So betrug bei den niedrigen Temperaturen im Februar 1966 ($-0,5$ bis -1°C) die Zahl der braunen Bakterien noch um 100 im Milliliter.

Der Jahreszyklus der beiden *Agrobacterium*-Arten zeigt eine gewisse Gegenläufigkeit zur Entwicklung des Phytoplanktons. Die Frühjahrswucherung der *Diatomeen* fällt mit geringen Bakterienzahlen zusammen und wird von einem *Agrobacterium*-Maximum gefolgt. Deutlicher ist die Beziehung zu Salinitätsänderungen. Starker Einstrom salzreichen Wassers vermindert die Zahl an braunen *Agrobakterien* sowie die Gesamtkeimzahl, fallende Salzgehalte gehen mit steigenden Bakterienwerten einher. Vermutlich handelt es sich um einen Verdünnungseffekt, wobei salzreiches Wasser, das von Norden einströmt, keim- und nährstoffreicher ist, aus dem Küstenbereich der südlichen Kieler Bucht stammendes salzärmeres Wasser dagegen bakterienhaltiger ist (s.o. Regionale Verbreitung).

Küstenbewohnende Algen mußten als Substrat für *A. stellulatum* und *A. ferrugineum* in Betracht gezogen werden, da die Keimzahlen beider Arten von der freien Kieler Bucht in die Förden hinein beträchtlich ansteigen. Zudem leben landbewohnende *Agrobacteri-*

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 6):

- Abb. 8: Bakterienverteilung in der Schlei, Profil von der Kieler Bucht zur inneren Schlei vom 25.10.1966. Keimzahlen auf ZoBell-Agar.
 ————— Braune Keime/ml
 - - - - - Gesamtkeimzahl/ml
 prozentualer Anteil der braunen Bakterien
- Abb. 9: Salzgehalt und prozentualer Anteil der braunen Bakterien für 12 Stationen der Schlei, ermittelt als Jahresdurchschnitt.
 ————— % braune Bakterien auf ZoBell-Agar 24 ‰
 Salzgehalt

um-Arten durchweg auf Pflanzen, und die ersten Stämme von *A. stellulatum* waren von faulendem Fucusmaterial gewonnen worden (SIEBERT und SCHWARTZ, 1956).

Es wurden wiederholt Algenproben auf das Vorhandensein von Sternbildnern, insbesondere von *A. stellulatum* und *A. ferrugineum* untersucht. Entnimmt man eine Öse Material von der Algenoberfläche, so zeigt das mikroskopische Bild überwiegend Zellklumpen und Einzelzellen, gelegentlich auch eine Rosette. Bei direkter Betrachtung des Algenmaterials unter dem Mikroskop sind die Bakterien relativ schwer zu erkennen, und in Proben von *Fucus vesiculosus*, *Enteromorpha spec.* und *Laminaria saccharina*, die zu verschiedenen Jahreszeiten entnommen worden waren, ließen sich keine Sternbildner auf den Thalli finden. Verschiedene Algen, die im Mai untersucht wurden, waren dicht mit polar angehefteten stäbchenförmigen Bakterien besetzt, so daß ein büstchenförmiger Bewuchs entstand. Diese Form der Festheftung ist charakteristisch für Sternbildner und war auf der fädigen Braunalge *Elachista fucicola*, welche als Aufwuchs auf *Fucus vesiculosus* lebt, besonders deutlich (Abb. 12, Tafel 1). *Fucus vesiculosus*, *Enteromorpha* und *Rhodymenia palmata* zeigten den gleichen Bewuchs. Von allen untersuchten Algenproben wurden Ösenabstriche auf Zobell-Agar hergestellt. Die Kolonien bestanden größtenteils aus Sternbildnern, waren z.T. auch bräunlich pigmentiert, wichen aber meist von *A. stellulatum* und *A. ferrugineum* ab. Diese beiden Arten machten auf *Fucus vesiculosus* 5 – 14 % der Bakterien aus, während die Werte im Wasser teils darüber, teils darunter lagen. In einem Januaransatz von *Fucus vesiculosus* waren 22 von 54 untersuchten Kolonien Rosettenbildner, 20 von ihnen waren farblos und besaßen atypische Zellformen. Ein Ösenabstrich von *Enteromorpha* im Mai ergab auf ZoBell-Agar 60 % Sternbildner verschiedener Pigmentierung; hiervon waren 9 % bräunlich, wichen aber von *A. stellulatum* und *A. ferrugineum* ab. Zur gleichen Zeit waren auf einer fädigen Rotalge 15 % der Bakterien ockerfarbene Sternbildner, die ebenfalls nicht mit den beschriebenen *Agrobacterium*-Arten identisch waren. Auf *Laminaria saccharina* wurden weder Sternbildner noch braune Bakterien gefunden. Es ergibt sich also, daß auf verschiedenen Algen zahlreiche Rosettenbildner anzutreffen sind, bei denen es sich aber zumeist nicht um *Agrobacterium stellulatum* und *A. ferrugineum* handelt.

In Laborversuchen förderten Thallusstücke von *Fucus vesiculosus* bzw. *Laminaria saccharina* das Wachstum von *A. stellulatum*. Die überwiegende Bakterienmenge befand sich auf den Thalli, wo sie in Form schöner Rosetten vorlag. Ein Absud aus verschiedenen Algen in fester oder flüssiger Form bewirkte dagegen keine nennenswerte Entwicklung. Möglicherweise waren die Nährstoffe durch das Kochen zu stark verändert. Obwohl die

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 7):

Abb. 10 und 11:

Agrobacterium stellulatum und *A. ferrugineum* in Abhängigkeit vom Salzgehalt.

Abb. 10: Ostseeprofil von der Kieler Bucht bis querab Rügen. Oktober 1966. Oberflächenproben. Die beiden *Agrobacterium*-Arten gehen in der östlichen Ostsee bei Salzgehalten unter ca. 8 ‰ stark zurück.

Abb. 11: Profil vom Kattgat zur Kieler Bucht. Juni 1966. Tiefenproben. Bei Salzgehalten über ca. 30 ‰ gehen die *Agrobacterium*-Zahlen zurück. Die Stationen entsprechen der Numerierung in Abb. 3.

———— Keime/ml auf ZoBell-Agar 24 ‰
- - - - - Keime/ml auf ZoBell-Agar 16 ‰
- - - - - Keime/ml auf ZoBell-Agar 8 ‰
..... Salzgehalte

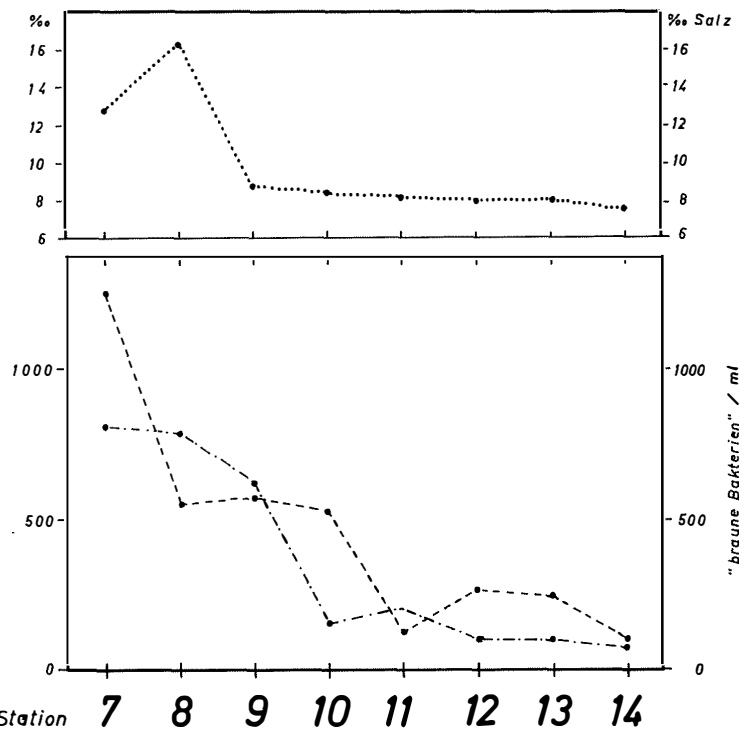


Abb. 10

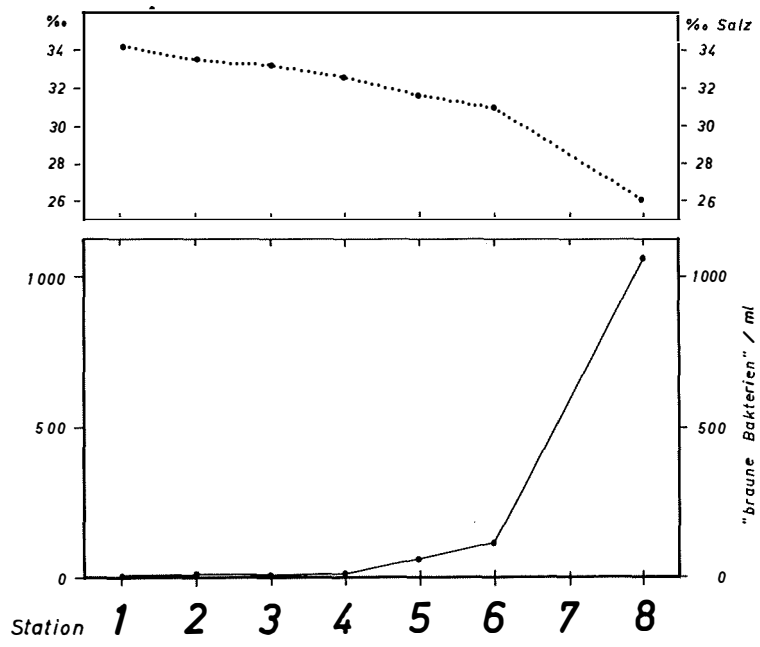


Abb. 11

genannten Algen ein ausgezeichnetes Substrat für verschiedene Sternbildner darstellen, spielen sie für *A. stellulatum* und *A. ferrugineum* offenbar eine untergeordnete Rolle.

Für die Ökologie von *Agrobacterium stellulatum* und *A. ferrugineum* ergibt sich somit, daß sie in der westlichen Ostsee und im Kattegat bei Salzgehalten zwischen 7 und 33 ‰ anzutreffen sind, bei reichlicher Nährstoffversorgung sogar herunter bis zu 2 ‰. Ihre Höchstwerte liegen in der freien Kieler Bucht um 3000 – 4000 Keime im ml Wasser; mit zunehmender Landnähe und in die Förden hinein steigt ihre Zahl erheblich an und erreichte maximal 280 000. Sie leben frei im Wasser oder auf Detritus in allen Tiefen, aber wohl nicht im Sediment. Die Oberflächen von Algen spielen als Substrat eine untergeordnete Rolle.

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

- AHRENS, R. (1968): Taxonomische Untersuchungen an sternbildenden *Agrobacterium*-Arten aus der westlichen Ostsee. Kieler Meeresforschung, 24, 147 – 173. — AHRENS, R. und RHEINHEIMER, G. (1967): Über einige sternbildende Bakterien aus der Ostsee. Kieler Meeresforschung 23, 127 – 136. — BRISOU, J. (1955): La microbiologie du milieu marin. — Editions Medicales Flammarion, Paris. — BRISOU, J. (1957): Contribution à l'étude de la famille des Pseudomonadaceae. Thèses, A. Baillet, Bordeaux — KORINEK, J. (1932): Über oligonitrophile Mikroben im Meere. Zblt. Bakt II, 86, 201 – 206 — KORINEK, J. (1953): Isolation and multiplication of Rhizobia by means of the artificial symbiosis with algae and oscillatoriae. Bull Intern. Acad. tcheque sci., C.I. sci math. natur. med., 53, 129 – 133. — KRISS, A.E. (1961): Meeresmikrobiologie. Deutsche Übersetzung. Fischer, Jena. — RHEINHEIMER, G. (1968): Beobachtungen über den Einfluß von Salzgehaltsschwankungen auf die Bakterienflora der westlichen Ostsee. Sarsia (im Druck). — SIEBERT G. und SCHWARTZ, W. (1956): Untersuchungen über das Vorkommen von Mikroorganismen in entstehenden Sedimenten. Arch. Hydrobiol. 52, 321 – 366. — STAPP, C. und KNÖSEL, D. (1954): Zur Genetik sternbildender Bakterien. Zblt. Bakt. II, 108, 243 – 259. — STOKES, J.L. (1963): General biology and nomenclature of psychrophilic bacteria. In: Recent progress in microbiology. Edited by N.E. Gibbons. Symposia -VIII. Intern. Congr. Microbiol. Univ. of Toronto Press, Toronto. — WOOD, E.J.F. (1965): Marine Microbial Ecology. London und New York. — ZOBELL, C.E. (1946): Marine Microbiology. Chronica Botanica Co. Waltham, Mass.