

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.

Über das Vorkommen und die Menge industriell verwertbarer Algen an der Ostseeküste Schleswig-Holsteins

Von Curt HOFFMANN.

A. Einleitung.

Die Algenflora der deutschen Küsten ist durch die Untersuchungen von REINKE, REINBOLDT, KUCKUCK u. a. in ihrer artmäßigen Zusammensetzung gut bekannt. Unter den vorkommenden Arten finden sich einige, die als Rohstoffe wirtschaftlich von Bedeutung sind. Eine industrielle Ausbeute kann aber nur dann Erfolg versprechen, wenn ein ausreichendes Rohstoffangebot vorhanden ist. Dem relativ großen Artenreichtum der Algenvegetation an den deutschen Küsten steht nun im allgemeinen ein mengenmäßig sehr geringer Bestand an Algen gegenüber. Die Ursache dafür ist in erster Linie darin zu suchen, daß an den deutschen Küsten praktisch fast jeder felsige Untergrund fehlt. Es gibt aber, wenn wir von den gelegentlichen Kunstbauten, wie Deiche, Buhnen, Brücken usw. absehen, die in ihrer Ausdehnung nicht wesentlich ins Gewicht fallen, zwei Ausnahmen. Einmal bietet der Sandsteinfelsen von Helgoland in der deutschen Bucht so festen Untergrund, daß sich hier nicht nur eine sehr artenreiche, sondern auch mengenmäßig eine sehr dichte und reiche Vegetation entwickelt hat. Zum anderen trifft man an der deutschen Ostseeküste im Bereich der Beltsee oft auf sehr ausgedehnte und dicht bewachsene Algenfelder, die auf den zahlreichen Geröllsteinen und Gesteinstrümmern vor den Abbruchkanten der Kliffküsten gedeihen. In der Nordsee sind derartige Geröllfelder unbewachsen, da durch den starken Gezeitenstrom ein solches Substrat beweglich gehalten wird und unbewachsen bleibt. Ein wirksamer Gezeitenstrom fehlt aber in der Ostsee praktisch ganz, so daß die Geröllfelder hier wie festes Substrat wirken und mehr oder weniger reiche Algenvegetation tragen. Über die Masse der sowohl in Helgoland wie an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste vorhandenen Algenbestände finden sich in der Literatur keinerlei Angaben. REINKE (1889) hat zwar in seiner Algenflora der westlichen Ostsee deutschen Anteils eine Vegetationskarte gegeben, doch lassen sich hier keine Einzelheiten ablesen oder gar Mengenschätzungen vornehmen. Für Helgoland geben ALBERT und KRAUSE (1918) die dort zu erntenden Laminarien nach einer Auskunft der damaligen Biologischen Anstalt mit 1000 t an, doch ist dieser Angabe nicht zu entnehmen, ob sie sich auf frische oder getrocknete Algen bezieht, und ob es sich um den gesamten Bestand oder nur um einen Teil handelt. Außerdem ist nicht festzustellen, worauf sich diese Angabe der Biologischen Anstalt gründet. Da nun in neuester Zeit aus Meeresalgen gewonnene Produkte in zunehmendem Maße wirtschaftliches Interesse gewinnen, wurde eine Anregung des Schleswig-Holsteinischen Forschungsrates aufgegriffen und der Versuch unternommen, für die Ostseeküste Schleswig-Holsteins genaue Unterlagen über die Masse der vorhandenen, industriell verwertbaren Algen zu bekommen¹⁾. Die Untersuchungen auf das zweite algenreiche Gebiet der deutschen Küsten, die

¹⁾ Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Vorsitzenden des Schleswig-Holsteinischen Forschungsrates, Herrn Prof. Dr. KROEBEL, meinen Dank für die zur Untersuchung zur Verfügung gestellten Mittel auszusprechen. In geringem Umfang wurden auch Hilfsmittel verwendet, die durch die deutsche Forschungsgemeinschaft bewilligt wurden. Auch dafür sei an dieser Stelle gedankt.

Insel Helgoland, auszudehnen, war bisher leider noch nicht möglich. Es ist zu hoffen, daß diese Aufgabe in absehbarer Zeit von der Biologischen Anstalt Helgoland selbst übernommen werden kann.

B. Die industriell verwertbaren Algen der deutschen Algenflora.

Von den Algenarten, die an den deutschen Küsten vorkommen, sind nur wenige von wesentlicher wirtschaftlicher Bedeutung. Es sind einmal die schon seit Jahrhunderten zur Jodgewinnung genutzten Laminarien mit den Arten *Laminaria saccharina*, *digitata* und *Cloustoni* und die Fucaceen mit *Fucus platycarpus*, *vesiculosus* und *serratus* sowie *Ascophyllum nodosum*. Allerdings spielen diese Arten als Jodlieferanten wirtschaftlich kaum noch eine Rolle, ihre Bedeutung liegt heute vielmehr in ihrem hohen Gehalt an Alginsäure, einer hochpolymeren Verbindung aus d-Mannuronsäure, die einen wesentlichen Bestandteil der Zellwände der braunen Tange darstellt. Der Bedarf an diesem Produkt ist in den letzten Jahren sehr stark gestiegen, nachdem es gelungen war, ausgezeichnete Alginsäurepräparate auf den Markt zu bringen, deren Verwendungsmöglichkeit ganz außerordentlich vielseitig ist (vgl. HOFFMANN, 1939 und CHAPMAN, 1950). Im allgemeinen werden Laminarien mit einem Alginsäuregehalt von 15—40 % ihres Trockengewichtes als Rohstoff bevorzugt, der Gehalt der Fucaceen mit 18—28 %¹⁾ ist aber gleichfalls beträchtlich, so daß auch aus diesen Algen die Alginsäure gewonnen werden kann. Inwieweit Unterschiede in der Qualität der Alginsäure, die in erster Linie durch den Polymerisationsgrad der Moleküle bestimmt wird, bestehen, je nachdem, ob sie aus Laminarien oder Fucaceen gewonnen wird, ist noch nicht näher untersucht.

Neben den großen Brauntangen haben noch einige kleinere Rotalgen praktische Bedeutung. Es ist vor allem der im Carrageen zusammen mit *Gigartina* gebrauchte *Chondrus crispus*, der heute in den angelsächsischen Ländern mit *Gigartina*, die an den deutschen Küsten nicht gefunden wird, als Rohstoff zur Gewinnung des Carrageenins Verwendung findet. Das Agar-ähnliche Produkt unterscheidet sich durch seine größere Transparenz, seinen höheren Aschegehalt und einen niedrigeren Schmelzpunkt von japanischen Produkten (ORR nach CHAPMAN 1950). Als gute Agar-liefernde Art ist auch *Ahnfeltia plicata* bekannt, eine Alge, die ebenso wie *Chondrus crispus* an den deutschen Küsten vorkommt und die mit der bei uns nicht heimischen *Phyllophora nervosa* besonders in Rußland zur Agar-Gewinnung verwendet wird. Auch eine der Stammpflanzen der amerikanischen und südafrikanischen Agar-Industrie, *Gracilaria confervoides*, ist in der Nordsee heimisch, nicht jedoch in der Ostsee. Schließlich wird ein den japanischen und amerikanischen Agar-Produkten allerdings nicht ganz gleichwertiger Agar aus der in unserer Flora nicht seltenen *Furcellaria fastigiata* hergestellt. Von KIRSCHNINCK (1950) ist das Produkt als Gelar beschrieben worden (vgl. auch FÖRSTER 1950), während in Dänemark ein solches Produkt als „Dan-Agar“ oder „Neptun-Agar“ in den Handel gebracht wird. *Furcellaria* ist die einzige der Agar-liefernden einheimischen Rotalgen, die häufig und vielfach in größeren Mengen angetroffen wird. Die anderen Arten kommen nur so spärlich an unseren Küsten vor, daß eine praktische Ausbeute überhaupt nicht in Frage kommt.

¹⁾ Die Zahlen sind den Untersuchungen LUNDES (1947) an norwegischen Brauntangen entnommen. BLACK (1948, 1949) gibt neuerdings für Algen der schottischen Küsten niedrigere Werte. Er findet für Fucaceen 14—22 % und für Laminarien (ganze Pflanzen) 12—27 % des Trockengewichtes.

C. Die Menge der Algen.

Die Aufgabe, quantitativ das Vorkommen bestimmter Algengruppen an ganzen Küstengebieten zu erfassen, ist nicht neu. Die ersten solchen Bestandsaufnahmen großer Gebiete wurden schon vor dem ersten Weltkrieg an der pazifischen Küste Nord-Amerikas durch CAMERON und Mitarbeiter durchgeführt (CAMERON 1913, 1915). Inzwischen sind, vor allem während des zweiten Weltkrieges, in Großbritannien, in Neuseeland, erneut in Amerika und in letzter Zeit auch in Norwegen weitere umfangreiche Aufnahmen von industriell wichtigen Algenbeständen vorgenommen worden (vgl. CHAPMAN 1950). Die dabei jeweils angewendete Methode ist bestimmt von den lokalen Küstenbedingungen und den zur Verfügung stehenden Untersuchungsmitteln. Keinerlei Schwierigkeiten macht die Erfassung litoraler Gebiete, die bei Niedrigwasser trocken fallen. Hier kann das Gebiet direkt vermessen und die Bewuchsdichte bestimmt werden. Sehr viel schwieriger ist die Aufnahme sublitoraler Algenbestände. Man hat dabei drei verschiedene Wege beschritten (vgl. CHAPMAN 1944). Die einfachste Methode besteht in der Verwendung eines Wasserkiekers und von Dredschgeräten. WALKER (1948) hat dafür am Institut of Seaweed-Research in Schottland einen sich bei der Bodenberührung automatisch schließenden Greifer, den „spring-grab“, entwickelt, der ähnlich dem PETERSEN-Bodengreifer den Bewuchs einer bestimmten Felsfläche erfaßt. Bei genügend dichter Lagerung der Greifpunkte in einem Gebiet kann Ausdehnung und Bewuchsdichte eines sublitoralen Algenfeldes quantitativ ermittelt werden. Eine zweite Möglichkeit besteht in der Auswertung von geeigneten Luftbildaufnahmen der Küsten, auf denen sich die sublitoralen Algenfelder teilweise sehr deutlich abzeichnen. Schließlich läßt sich auch das Echolot zur Feststellung von Algenbeständen verwenden. Auf Felsböden, die mit Algen bewachsen sind, treten vielfach deutlich Nebenechos im Echogramm hervor, die von den Algendecken reflektiert werden und in ihrer Ausprägung zum Teil so charakteristisch sein können, daß sie die bestandsbildende Algenart erkennen lassen (CHAPMAN 1950). Die besten und auch biologisch wertvollsten Ergebnisse sind nach der ersten einfachsten, wenn auch mühsamsten Methode besonders durch F. T. WALKER erzielt worden.

1. Methodik der Untersuchung

Für die vorliegende Untersuchung stand ein einfacher Wasserkieker zur Verfügung, sowie die einfache REINKEsche Algendredsche (REINKE 1890). Da mit dieser Dredsche eine quantitative Untersuchung der tieferen Gebiete nicht möglich ist, der Wasserkieker andererseits aber eine direkte visuelle Erfassung der Algenbestände bei einigermaßen ruhiger und klarer See gut bis zu 6 m Tiefe gestattet, wurde von einer quantitativen Untersuchung der Tiefenbestände zunächst abgesehen und eine mengenmäßige Erfassung nur auf die oft sehr breiten Küstenstreifen bis zu 6 m Tiefe ausgedehnt. Es handelt sich dabei vorzüglich um die Ermittlung der Fucaceenbestände, die von *Fucus vesiculosus* und *Fucus serratus* gebildet werden. Folgendes Untersuchungsverfahren wurde angewendet.

Mit einem kleinen Motorboot, das nur einen sehr geringen Tiefgang aufwies, wurde die gesamte Küstenstrecke von Flensburg bis Travemünde in sehr engliegenden, ca. 50—70 m voneinander entfernten Zickzack-Kursen jeweils vom Ufer bis etwa zu 6—7 m Tiefe überfahren und das Vorkommen von Bewuchs, insbesondere von Fucaceen mit dem Wasserkieker festgestellt. Dabei sind zwei Punkte von großer Wichtigkeit:

1. Genaue Standortbestimmung des Bootes.

2. Feststellung der Bewuchsdichte.

Die genaue Standortfeststellung konnte unter Verwendung von Arbeitskarten im Maßstab 1 : 25 000, auf denen Tiefenlinien aus den Seekarten und zahlreiche Landmarken aus Meßtischblättern genau eingezeichnet waren, sowie durch andauerndes Loten in ausreichendem Maße gesichert werden, so daß ein maßstabgerechtes Einzeichnen der Befunde und nachträgliches Umreißen der Bewuchsf lächen möglich war.

Die Bewuchsdichte wurde in fünf Dichtestufen geschätzt, wobei nicht nur die Dichte des Bewuchses, sondern auch Größe der Pflanzen berücksichtigt wurde. Dabei zeigte es sich, daß schon nach kurzer Zeit die Algenmenge eines Gebietes recht sicher geschätzt werden konnte, wie entsprechende Kontrollen mit genauen Gewichtsermittlungen ergaben. Dazu wurden in den einzelnen geschätzten Dichtegruppen entweder bei dichtem Bestand Rahmen von 1 m² Fläche oder bei lockerer Besiedlung Rahmen von 4 m² versenkt. Von einem Taucher wurden dann die innerhalb der Rahmen befindlichen Fucusmengen quantitativ gesammelt und im Boot gewogen. Wiederholt vorgenommene Kontrollen aus den verschiedensten Gebieten ergaben dabei in guter Übereinstimmung folgende Mittelwerte:

Dichtegruppe I	1,0 kg/m ²
Dichtegruppe II	1,2 kg/m ²
Dichtegruppe III	1,5 kg/m ²
Dichtegruppe IV	3,5 kg/m ²
Dichtegruppe V	5,0 kg/m ²

Die für jede Küstenstrecke gemachten Beobachtungen wurden aus den Bordarbeitskarten in größere Karten im Maßstab 1 : 25 000 übertragen, wobei die Gebiete verschiedener Fucusdichte durch besondere Farbtonung gekennzeichnet wurden. Durch Planimetrieren der Flächen der jeweiligen Dichtestufen und Einsetzen der ermittelten Bewuchsdichte pro qm konnten so zahlenmäßige Angaben über die vorhandenen Fucusbestände gewonnen werden.

Was nun die Genauigkeit der ermittelten Fucusmengen anbetrifft, so wurde zwar bei der gesamten Untersuchung versucht, die Schätzungen so genau wie nur möglich durchzuführen, trotzdem muß aber betont werden, daß die Fehlergrenzen beträchtlich sind. Die Bewuchsdichte zwischen zwei aufgenommenen Fahrtstrecken wird bei der Übertragung in die Karten als gleichmäßig angenommen, was sicher durchaus nicht immer der Fall sein wird. Wenn auch vielfach versucht wurde, durch senkrecht zu den untersuchten Fahrtstrecken liegende Fahrten, diese Fehler herabzudrücken, so muß man doch mit einer Fehlerbreite von mindestens $\pm 25\%$ rechnen.

Die Untersuchung der unter 6 m gelegenen tieferen Gebiete wurde von Bord des Forschungskutters „Südfall“ aus durchgeführt. Senkrecht auf die Küste zu laufend, mindestens alle $\frac{1}{2}$ Seemeilen, vielfach aber öfter, wurden von 15—20 m Tiefe an bei etwa 18, 15, 9, 6 und 4 m Dredschzüge von 2 Minuten Dauer durchgeführt. Die Dredschproben wurden an Bord sofort nach Arten sortiert und registriert. Hierbei konnten allerdings nur die makroskopisch gut erkennbaren Arten berücksichtigt werden, da für eine eingehende, vor allem auch die mikroskopischen Formen erfassende Untersuchung der Proben nicht genügend Zeit zur Verfügung stand. Trotzdem war es möglich, ein Bild über die Verteilung der wesentlichen Arten zu gewinnen und angenähert einen Einblick in die Dichte der Besiedlung

und den relativen Anteil der industriell wichtigen Arten zu erhalten¹. Auch die Ergebnisse jedes Dredschzuges wurden in den Karten eingezeichnet und zwar so, daß sofort das Vorkommen von Laminarien, Fucaeen, Rotalgen (insbesondere *Furcellaria*) und Seegras abgelesen werden kann²).

2. Ergebnisse der Untersuchungen

a) Fucaeen

Die Untersuchung bestätigte die Erfahrung, daß die Algenbestände vor allem auf den den Steilküsten vorgelagerten Geröllflächen zu finden sind. Das geht aus den beiden Karten auf Tafel 1 und 2 sehr klar hervor. Auf Tafel 2 ist die Westseite der Geltinger Bucht im Maßstab 1:25 000 dargestellt, wobei die Fucusbestände in den verschiedenen Dichtestufen und im festgestellten Umfang genau eingezeichnet sind. Die enge Bindung an die Steilküsten ist offensichtlich. Auf Tafel 1 dagegen ist in sehr viel kleinerem Maßstab das gesamte untersuchte Küstengebiet wiedergegeben. Dabei sind die einzelnen Algenvorkommen nur rein schematisch eingezeichnet. Sie geben also weder in ihrer Ausdehnung noch Dichte ein genaues Abbild der Besiedlung, wenn auch für letztere wenigstens in großen Zügen ein Unterschied zwischen dichtem und lockerem Bewuchs zum Ausdruck gebracht ist. Mit Ausnahme einer etwa 20 km langen Küstenstrecke in der Hohwacher Bucht, die während der Untersuchungszeit gesperrt war, wurde die gesamte Küste von der dänischen Grenze bei Flensburg bis Travemünde untersucht einschließlich der Insel Fehmarn. Diese etwa 360 km lange Strecke wurde in 10 Bezirke aufgeteilt, die in der Karte auf Tafel 1 mit römischen Zahlen eingezeichnet sind. Ihre Abgrenzung wurde folgendermaßen gewählt:

- I. Flensburger Förde von Holnis bis Gelting.
- II. Gelting bis Schönhagen.
- III. Schönhagen über Boknis-Eck bis Eckernförde.
- IV. Eckernförde über Bülk bis Kiel.
- V. Kiel bis Hohwacht.
- VI. Fehmarn-West: östlich Markelsdorfer Huk über Flüggesand einschließlich Orther Bucht.
- VII. Fehmarn-Ost: westlich Marienleuchte über Staber Huk bis Burgstaken.
- VIII. Heiligenhafen über Großenbrode bis Binnensee.
- IX. Binnensee bis Dahmeshöved.
- X. Dahmeshöved über Neustadt bis Travemünde.

Es wurde nun für jeden Bezirk der Flächenanteil der einzelnen Dichtegruppen ermittelt und die sich daraus ergebenden Gewichtsmengen als t Frischgewicht errechnet. Diese Werte sind in der folgenden Tabelle 1 für die Algenfelder I—X in den jeweiligen Dichtegruppen 1—5 eingetragen.

¹) An dieser Stelle möchte ich meinem Mitarbeiter, Herrn cand. rer. nat. KAY sowie dem Kapitän des Forschungskutters „Südfall“, Herrn OHL und der Schiffsbesatzung meinen Dank für die stete Hilfsbereitschaft aussprechen, mit der sie die Durchführung der Untersuchung erst ermöglicht haben. Auch den Herren cand. rer. nat. ROTHAUWE, JACOBI und HAGMEIER, sowie cand. chem. KOHNLEIN habe ich für ihre Mitarbeit zu danken.

²) Da eine Veröffentlichung der Karten mit allen farbigen Einzeichnungen nicht möglich ist, sind die Originalkarten in der Bibliothek des Institutes für Meereskunde hinterlegt.

Tab. 1. Fucusmengen in t Frischgewicht

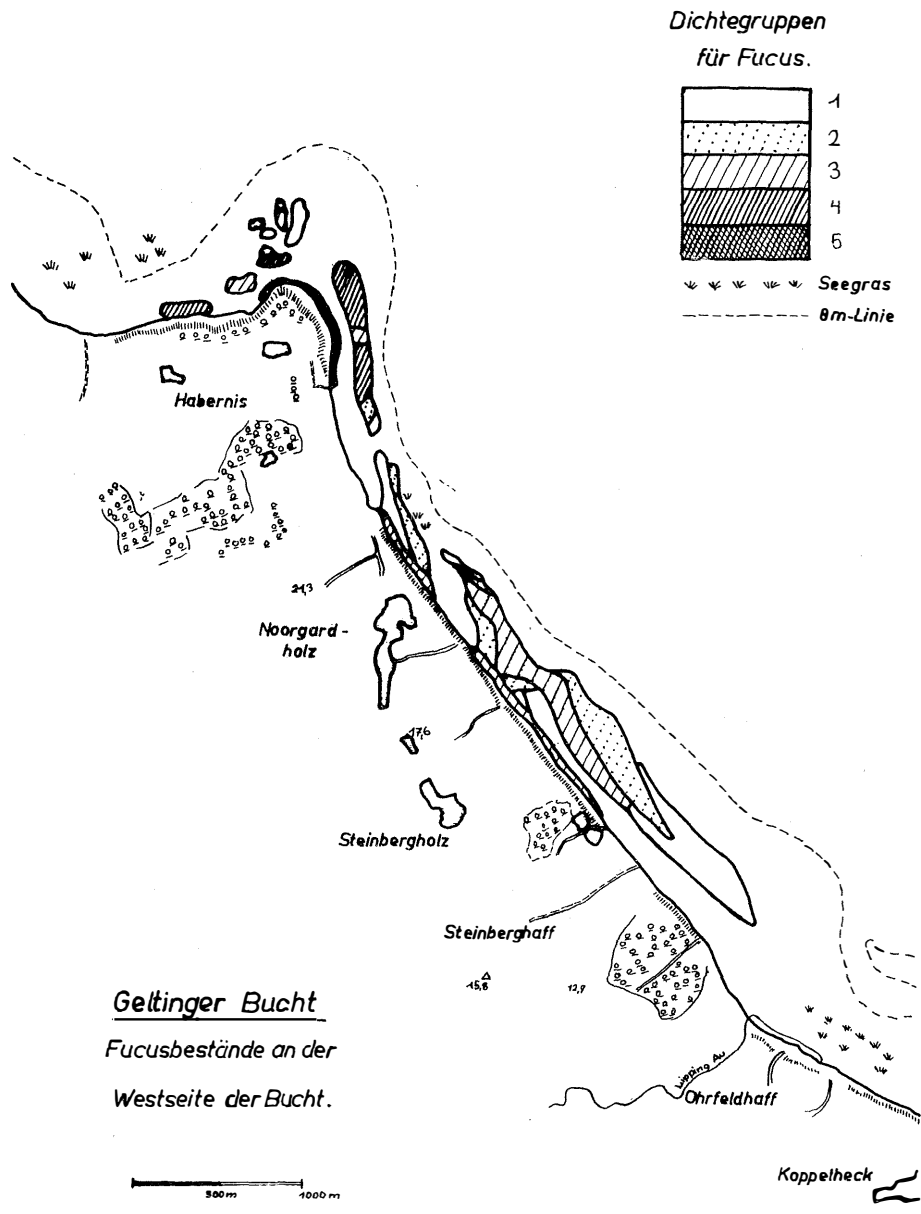
Dichte- gruppe	1	2	3	4	5	Ge- samt
Feld I	426	823	1086	1848	875	5058
Feld II	1583	1730	423	53	38	3827
Feld III	28	142	338	431	645	1584
Feld IV	893	887	537	557	90	2964
Feld V	1671	1703	1319	707	190	5590
Feld VI	2744	1682	1394	469	—	6289
Feld VII	635	1178	1673	616	805	4907
Feld VIII	1113	1237	1544	774	320	4988
Feld IX	574	262	485	158	405	1884
Feld X	1203	1122	516	137	45	3023
Gesamt	10870	10776	9315	5750	3413	40114

Aus der Aufstellung geht hervor, daß in dem untersuchten Küstengebiet insgesamt ein Fucusbestand von ca. 40 000 t vorhanden ist. Diese Menge ist innerhalb der aufgestellten 10 Felder sehr verschieden verteilt. Der reichste Bewuchs findet sich in Feld VI, also im westlichen Fehmarn, mit ca. 6300 t. Es folgen Feld V (Kiel bis Howacht) mit ca. 5600 t und Feld I (Flensburger Förde) mit 5000 t. Die geringsten Algenmengen finden sich in Feld III (Boknis-Eck, Nordseite der Eckernförder Bucht) mit nur 1584 t und Feld IX (Binnensee — Dahmeshöved) mit 1884 t. Richtet man nun aber das Augenmerk nicht nur auf die Gesamt-Fucusmengen der jeweiligen Felder, sondern auch auf den Anteil der verschiedenen Dichtegruppen in einem Feld, so bekommen diese Zahlen ein anderes Gesicht. Für eine Ernte der Fucusbestände sind die Gebiete mit dichtem Bewuchs (Dichtegruppe 4 und 5) sehr viel wesentlicher als ausgedehnte Flächen geringerer Dichtebesiedlung (Dichtegruppen 1—3). Es wird dann ohne weiteres klar, daß zwar Feld VI insgesamt mit 6300 t das am stärksten besiedelte ist, aber daß hier die Dichtegruppen 4 und 5 völlig gegenüber den geringen Dichtegruppen 1 bis 3 zurücktreten. Auch Feld V mit seinem Gesamtbestand von 5600 t setzt sich in überwiegendem Maße aus Beständen geringerer Dichte zusammen. Dagegen wird Feld I mit 5000 t Gesamtbewuchs zu etwa 54 % aus Dichtegruppe 4 und 5 gebildet. Ebenso ist der Anteil der Dichten-Besiedlung im Feld III mit fast 70 % hervorzuheben, sowie von Feld VII und IX mit jeweils fast 30 %.

Das wird noch deutlicher, wenn man die Masse des Algenbestandes auf die innerhalb der einzelnen Felder insgesamt bewachsene Fläche umrechnet. In Tab. 2 sind die Zahlen zusammengestellt.

Tabelle 2.

Feld	t/km ²	Feld	t/km ²
I	2 000	VI	1 208
II	1 150	VII	1 611
III	2 539	VIII	1 442
IV	1 368	IX	1 518
V	1 328	X	1 195



Tafel 2

Die Überlegenheit von Feld III und I gegenüber den in ihrer Gesamtmasse so reichen Feldern V und VI tritt jetzt klar hervor.

Berechnet man die Länge der Küstenstrecken, vor denen nennenswerter Bewuchs gefunden wurde, so ergeben sich insgesamt 184 km. Das sind etwa 50% der gesamten Küstenstrecke des untersuchten Gebietes.

Geschlossene Fucusbestände unterhalb der 6 m-Linie wurden nur sehr vereinzelt festgestellt. In größerer Ausdehnung finden sie sich an der Nord-West-Spitze von Fehmarn, wo sich ein großes Fucusfeld bis zu etwa 8 m Tiefe hinzieht. In sehr viel geringerem Maße werden südlich von Schleimünde, vor Boknis-Eck und vor dem Brodtener Ufer einige kleinere Gebiete mit etwas dichterem Fucusbestand unterhalb 6 m Tiefe angetroffen. Mengenmäßig dürften diese Gebiete kaum ins Gewicht fallen, da im allgemeinen die Dichte der Besiedlung mit zunehmender Tiefe abnimmt.

Die Verteilung der beiden Fucusarten auf die besiedelten Flächen ist insofern regelmäßig, als am oberen Rand *Fucus vesiculosus* und in der Tiefe *Fucus serratus* vorherrscht. Die Grenze zwischen den Arealen der beiden Arten ist aber völlig verwischt, da vielfach nach der Tiefe zu zwischen den *Fucus vesiculosus*-Pflanzen sich immer häufiger *Fucus serratus*-Exemplare einschieben, bis diese dann ganz vorherrschen. Der Übergang kann in ganz verschiedenen Tiefen angetroffen werden, ohne daß bisher eine bestimmte Ursache dafür erkennbar geworden ist. So fanden sich in der Eckernförder Bucht *Fucus serratus*-Pflanzen häufig schon bei 1 m Tiefe, während z. B. bei Fehmarn die Art erst bei 2—3 m häufiger auftrat. Nicht selten wurden, wie z. B. südlich Schleimünde und in der Mecklenburger Bucht auch aus 9 m Tiefe gut entwickelte und kräftige *Fucus vesiculosus*-Pflanzen gedreht.

b) Laminarien

Neben den Fucaceen finden sich im Gebiet nicht selten die beiden Laminariaarten: *L. saccharina* und *L. digitata*. Beide Arten gedeihen in der Ostsee nur unterhalb 6 m Tiefe. Sie sind in ihrem Vorkommen auf einzelne im Boden liegende Steine oder größere Muschelschalen angewiesen und werden daher nur in sehr lockerer Besiedelung angetroffen. Im allgemeinen findet man *L. saccharina* meist sehr viel häufiger als *L. digitata*. In der Karte (Tafel 1) sind Fundstellen der Laminarien mit einem L vermerkt, doch liegen die einzelnen Dredschpunkte zu weit auseinander, als daß daraus Schlüsse hinsichtlich der Größe der besiedelten Areale oder gar der vorhandenen Mengen gezogen werden können. Mit Sicherheit läßt sich nur soviel sagen, daß wegen der sehr viel lockereren Besiedelung und den viel beschränkteren Fundstellen die Laminarien in ihrer Masse den Fucaceen gegenüber ganz erheblich zurücktreten, so daß sie praktisch als Rohstofflieferanten an der Ostseeküste nicht in Frage kommen.

c) Rotalgen

Unter den Rotalgen hat, wie wir sahen, für eine technische Verarbeitung nur *Furcellaria fastigiata* Bedeutung. Die Art wird häufig in Tiefen von 5—20 m angetroffen, nur einmal fand ich sie in der Eckernförder Bucht schon bei 3 m Tiefe in lockerer Besiedelung. Zum Teil ist der Bewuchs der Steine mit *Furcellaria* außerordentlich dicht. So wurde vor Boknis-Eck und nördlich davon die Dredsche wiederholt fast völlig mit der Alge gefüllt heraufgebracht. Auch südlich und nördlich von Schleimünde finden sich reiche Mengen dieser Art, die im übrigen fast an

der ganzen Küste in der Mehrzahl der tieferen Dredschproben angetroffen wird. Gelegentlich beobachtet man *Furcellaria* in großen Mengen treibend, wie z. B. in der Eckernförder Bucht westlich Noer, wo große Massen der Rotalgen am Boden zusammengetrieben waren. Leider können noch keine Angaben über die Ausdehnung der dicht besiedelten Felder und über die dort vorhandenen Mengen gemacht werden, so daß vorläufig noch nicht entschieden werden kann, ob sich ein industrielle Ausbeute, wie sie z. B. in Dänemark vorgenommen wird, an unseren Küsten lohnt. Dänemark hat seit 1946 in zunehmendem Maße *Furcellaria* geerntet und den „Dan-Agar“ daraus gewonnen. Im Jahre 1951 wurden 4 304 t Frischalgen gesammelt, aus denen 1 076 t Agar-Agar hergestellt wurden (LUND, 1952).

3. Vergleich mit anderen Gebieten

Das Vorhandensein von ca. 40 000 t Fucuspflanzen an der Schleswig-Holsteinischen Ostseeküste mag zunächst überraschend hoch erscheinen, wenn man an die eingangs hervorgehobene Tatsache denkt, daß die deutschen Küsten algenarm sind. Vergleicht man aber die gefundenen Zahlen mit Angaben, die von anderen Küsten vorliegen, so verlieren die heimischen Fucusmassen erheblich an Bedeutung. Die genauesten Bestandsaufnahmen sind von den Schottischen Küsten veröffentlicht. Hier hat WALKER (1947) in seinem Bericht über die Fucaceen-Vegetation Schottlands Zahlen gegeben, die einen Vergleich zulassen. Die gesamte Küstenlänge Schottlands einschließlich der Orkneys und der Hebriden beträgt etwa 7408 km, von denen 6800 km, also 92 % untersucht wurden. Nur etwa 864 km — das sind nur 12 % — waren mit einer Fucaceenvegetation besiedelt, die mehr als 100 t pro Meile an Algenmasse ergab. Da insgesamt ein Fucaceenbestand von 180 713 t ermittelt wurde, ergeben sich also bei 864 km gut bewachsener Küstenstrecke im Durchschnitt 209 t pro km. Für die Schleswig-Holsteinischen Küsten wurden auf 184 km Küstenstrecke 40 000 t Fucaceen gefunden, so daß sich hier sogar 217 t Algen auf 1 km ergeben. Mit diesen Zahlen ist aber nichts über die Ergiebigkeit der Vegetation für eine industrielle Verwertung gesagt. Dafür ist allein die Dichte der Besiedlung maßgebend. WALKER gibt für das von ihm untersuchte Gebiet die Bewuchsdichte mit 21—36 t/acre an. Das sind auf ha umgerechnet 52—89 t. Im Einzelnen können an vielen Stellen sehr viel größere Bewuchsdichten angetroffen werden. So finden sich auf den Hebriden Gebiete, deren Fucaceenbesiedelung eine Dichte von 45, ja sogar 83 t/acre aufweist. Das würde 111 bzw. 205 t/ha entsprechen. Für unsere Küsten ergibt sich die Dichte pro ha ohne weiteres aus den Zahlen der Tabelle 2, wenn wir sie auf ha, d. h. $\frac{1}{100}$ der pro km² angegebenen Zahlen umrechnen. Man sieht dann, daß die Dichte zwischen 11 und 25 t/ha schwankt, also ganz erheblich hinter den von WALKER für die Schottischen Küsten gefundenen Besiedlungsdichten zurückbleibt. Selbst die bei unseren Untersuchungen gefundenen größten Dichtewerte von 5 kg/m² ergeben nur 50 t/ha und erreichen damit nicht die Besiedlungsdichte, die von WALKER als abbauwürdig angesehen werden.

D. Bemerkungen zur Verwertung einheimischer Meeresalgen

Zum Schluß soll noch kurz die Frage erörtert werden, inwieweit die festgestellten 40 000 t Fucaceen als Rohstoff für einen eventuellen Aufbau einer deutschen Algenindustrie dienen können. Wenn ich 1939 in einer zusammenfassenden Darstellung über die Verwertung der Meeresalgen schrieb, daß zum Aufbau größerer

industrieller Unternehmen an den heimischen Küsten die nötigen Mengen an Rohstoff fehlen, so gilt das heute, nachdem wir die Masse der vorhandenen Fucaceen wenigstens für einen Teil der Küste übersehen, noch im gleichen Maße. Im günstigsten Falle könnte daran gedacht werden, gewissermaßen als Nebenfabrikation in einem großen geeigneten Betrieb, eine Verarbeitung einheimischer Algen auf Alginsäure oder auch nur als Tangmehl, das für die Landwirtschaft als Dünge- und Zusatzfuttermittel Verwendung findet, aufzunehmen; denn es ist ohne weiteres einzusehen, daß der Fucusbestand von etwa 40 000 t nicht insgesamt zur Verfügung steht, sondern nur höchstens zu einem Drittel, da ein abgeerntetes Fucusfeld erst frühestens nach 3 Jahren wieder soweit herangewachsen sein kann, daß eine erneute Ernte sich lohnt. In Norwegen, wo in erster Linie Laminarien und Ascophyllum verarbeitet werden, die etwas langsamer heranwachsen, hat man eine vierjährige Umtriebszeit vorgesehen (CHAPMAN 1950). Wie könnten also an der Schleswig-Holsteinischen Küste im Jahr höchstens mit einer Ernte von 13 000 t rechnen. Es ist nun aber aus verschiedenen Gründen kaum möglich, diese Menge wirklich zu ernten.

Der wesentlichste Grund ist darin zu suchen, daß wir über keinerlei Erfahrungen hinsichtlich der Erntetechnik verfügen. Maschinelle Ernteverfahren, wie sie in Amerika angewandt und wie sie zur Zeit in Schottland entwickelt werden (vgl. die Berichte der Scottish Seaweed Research Association der letzten Jahre), kommen kaum in Frage, da die bisherigen Verfahren nur bei sehr viel größeren Tangen, sowie bei viel ausgedehnteren und vor allem dichter bewachsenen Algenfeldern anwendbar sind. Die Verwendung von geeigneten Schleppnetzen verbietet die steinige Beschaffenheit des Untergrundes, auf dem die Fucuspflanzen in der Ostsee wachsen. Aus dem gleichen Grunde können Greifbagger nicht oder nur in sehr beschränktem Maße verwendet werden. Wenn also nicht völlig neue, für unsere Küstenverhältnisse geeignete maschinelle Verfahren entwickelt werden, kommt allein eine Ernte von Hand in Frage. Diese würde bis zu gut 1 m Tiefe, zumal bei niedrigem Wasserstand, leicht möglich sein. Dabei würde ein Gebiet sogar praktisch vollkommen abgeerntet werden können. Die Hauptmasse der festgestellten Algen wächst aber tiefer als 1 m. Hier müßte daher die Ernte von Booten aus mit Dredschankern besonderer Form, Greifhaken, die an langen Stangen befestigt sind u. ä. durchgeführt werden. Das ist z. B. noch heute in Japan üblich (vgl. Abb. 8—11 bei HOFFMANN 1939), wo jährlich mindestens 1½ bis 2 Millionen t Algen auf diese Weise geerntet werden. Bei solchen Verfahren kann aber nur mit einem relativ geringen Ernteertrag im Verhältnis zum wirklich vorhandenen Material gerechnet werden, da einmal eine quantitative Aberntung eines ganzen Gebietes ausgeschlossen ist und zum anderen ein großer Teil der abgerissenen Algen beim Heraufholen verloren geht und abtreibt. Es ist außerordentlich schwer, eine Schätzung des möglichen Ertrages vorzunehmen, da vergleichbare Angaben nirgends vorliegen. Mit Sicherheit kann man allen Berichten (CHAPMAN 1950) nur entnehmen, daß die geernteten Anteile eines Feldes meist nur gering sind. Der Ertrag wird um so geringer sein, je lockerer ein Feld besiedelt ist. Nehmen wir, mit einer gewissen Willkür, bei dichtem Bewuchs den relativ günstigen Ernteertrag von 30% und bei lockerer Besiedlung von nur 20% an und bezeichnen wir an unseren Küsten als locker besiedelt Dichtegruppe 1—3 und als dicht besiedelt Gruppe 4 und 5, dann ergeben sich nach Tabelle 1 für die schwache Bewuchsgruppe A rund 31 000 t, für die Gruppe B mit dichteren Beständen rund 9 000 t Algen. Da jeweils im Jahre nur $\frac{1}{3}$ für die Ernte zur Verfügung steht, be-

deutet das also als erntefähigen Bestand 10 000 t bzw. 3 000 t. Setzen wir nun die eben genannten Ernteprozentage ein, so sind als wirkliche Ernte 2 000 + 900 t, im Ganzen also höchstens 3 000 t Frischalgen zu erwarten, die einem Trockengewicht von knapp 600 t entsprechen. Es ist klar, daß auf dieser Grundlage eine selbständige Industrie kaum aufgebaut werden kann. Aber auch im Nebenbetrieb dürfte bei einem so geringem Rohstoffanfall nur dann mit Erfolg gearbeitet werden können, wenn es gelingt, Ernteverfahren, sowie Abfahren und Trocknen der Algen möglichst niedrig im Preis zu halten.

Es muß schließlich noch auf einen ganz anderen Gesichtspunkt hingewiesen werden, von dem aus gesehen der Gedanke, die einheimischen Algenbestände einer industriellen Ausbeutung zuzuführen, mit einer gewissen Vorsicht aufgegriffen werden muß. Die Tatsache, daß ausgedehnte Fucusbestände an der Ostküste Schleswig-Holsteins vorzüglich vor den Steilküsten angetroffen werden, bedeutet zugleich auch, daß wenigstens an einigen — aber sicherlich nicht allen —, besonders abbruchgefährdeten Stellen die Fucusbestände einen gewissen wellenbrechenden Schutz darstellen. Hier würde eine mehr oder weniger vollständige Aberntung unter Umständen Maßnahmen einer verstärkten Uferbefestigung zur Folge haben können, die wirtschaftlich gesehen, erheblich mehr Kosten verursachen würde, als trotz der Hochwertigkeit der Alginsäure als chemisches Produkt Gewinn aus den geernteten Algen erzielt werden kann. Dieser Gesichtspunkt, der bei Felsküsten kaum eine Rolle spielt und sicherlich auch an unseren Küsten nicht überschätzt werden darf, zeigt aber, daß, sofern ernsthaft an eine systematische Ausbeute der heimischen Algen gedacht wird, das Abernten der Bestände durch besondere Bestimmungen über Erntegebiete und Erntezeit geregelt werden muß, wie sie in anderen Ländern mit algenreichen Küsten seit langem üblich sind. Bevor allerdings solche Maßnahmen getroffen werden, scheint es notwendig, erst einmal in einem Großversuch zu entscheiden, in welchem Umfang und mit welchen Kosten Fucusernten durchgeführt werden können und auch durchgeführt werden müssen, um die relativ geringen Rohstoffvorkommen dieser Algen an unseren heimischen Küsten einer rentablen industriellen Nutzung zuzuführen.

Literaturverzeichnis

- ALBERT, R. und M. KRAUSE: Untersuchungen deutscher Seetange. Chem. Ztg. 43, 97—99. 1919.
 BLACK, W. A. P.: The seasonal variation in chemical constitution of some of the sublittoral seaweeds common to Scotland. Part I—III. J. Soc. Chem. Ind. 67, 165—176. 1948.
 BLACK, W. A. P.: Seasonal variation in chemical composition of some of the littoral seaweeds common to Scotland. Part II. ibidem 68, 183—189. 1949.
 CAMERON, F. K.: Kelp and other sources of potash. J. Franklin Inst. Vol. 176, 347. 1913.
 CAMERON, F. K. a. o.: Potash from Kelp. United Stat. Dep. of Agric. Report No. 100. Washington 1915.
 CHAPMAN, V. J.: Methods of surveying Laminaria beds. J. Mar. Biol. Assoc. Vol. 26, 37—61. 1944.
 CHAPMAN, V. J.: Seaweeds and their Uses. London. 1950.
 FORSTER, K.: Über den Ostseeagar. Pharmazeut. Zentralhalle. Jg. 89, 409—410. 1950.
 HOFFMANN, C.: Die praktische Bedeutung der Meeresalgen. Kieler Meeresforschungen Bd. 3, 165—232. 1939.
 KIRSCHNINCK, H.: Experimente an dargestellten Präparaten aus pflanzlichen Rohstoffen der Ostsee. 2. Mitteilung: Vergleichsuntersuchungen von Agar und Gelar. Die Pharmazie. Jg. 5, 353—355. 1950.
 LUND, S.: Vortrag auf dem International Seaweed Symposium. Edinburgh 1952.
 LUNDE, G.: Var sjötång og dens industrielle utnyttelse. Teknisk Ukeblad 84, 192. 1937.
 REINKE, J.: Algenflora der westlichen Ostsee deutschen Antheils. 6. Ber. d. Komm. z. wiss. Unters. d. deutsch. Meere in Kiel. Berlin 1889.
 REINKE, J.: Das botanische Institut und die botanische Meeresstation in Kiel. Bot. Centralbl. 1890. No. 1/2.
 THE SCOTTISH SEAWEED RESEARCH ASSOCIATION: Annual Report. 1947—1951.
 WALKER, F. T.: A Seaweed survey of Scotland — Fucaceae. Proc. Linn. Soc. London. Vol. 159, 90—99. 1947.
 WALKER, F. T.: Sublittoral Seaweed Survey. Journ. of Ecology. Vol. 35, 166—185. 1947.