

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.

Die praktische Bedeutung der Meeresalgen.

Von CURT HOFFMANN.

(Meereskundliche Arbeiten der Universität Kiel Nr. 56.)

Inhaltsangabe.

	Seite
A. Einleitung	165
B. Die Verwertung in der Landwirtschaft	166
1. Verwertung als Futtermittel	166
2. Verwertung als Düngemittel	171
C. Verwertung der Algen in der Industrie	177
I. Soda-, Jod- und Kaligewinnung	177
II. Die Verwertung organischer Algenstoffe	184
1. Pektinstoffe und ihnen nahestehende Membranschleime	184
a) Alginsäure	184
b) Membranschleime	187
α) Carrageen	187
β) Agar-Agar	189
γ) Funori	192
2. Mannit und Laminarin	193
3. Gärprodukte	194
4. Destillationsprodukte	196
D. Verwertung der Algen als Nahrungsmittel	197
1. Verbreitung des Algenessens	197
a) Europäisch-amerikanischer Kreis	197
b) Ostasiatisch-australischer Kreis	200
2. Die physiologischen Grundlagen der Algennahrung	208
E. Die Verwertung der Algen in der Heilkunde	215
F. Algenkulturen	218
1. Allgemeine Kulturbedingungen	219
2. Die einzelnen Kulturen	220
G. Ausblick auf die Verwertung einheimischer Meeresalgen	222

A. Einleitung.

Für uns Deutsche ist bisher die Frage nach der praktischen Verwertbarkeit der Meeresalgen von geringer Bedeutung gewesen. Das war in dem im Vergleich etwa zu Frankreich, England oder Norwegen geringen Bewuchs unserer Küsten begründet. Zeiten besonderer wirtschaftlicher Maßnahmen haben aber wiederholt das Augenmerk auf die Möglichkeit praktischer Ausnutzung der Meeresvegetationen hingelenkt. So wurde während des Krieges eingehend in Deutschland wie auch in Frankreich die Verwertbarkeit von Seetang als Futtermittel geprüft, während Amerika zur gleichen Zeit den Ausfall der aus Deutschland importierten Kalidüngemittel durch die Ausbeutung der riesigen Tangfelder der pazifischen Küsten zur Gewinnung von Kali auszugleichen versuchte. Heute, wo eine intensive Untersuchung der vorhandenen Rohstoffquellen

erfolgt, muß daher die Frage nach der praktischen Verwertbarkeit der Meeresalgen dringlicher als je gestellt werden. Es soll daher im folgenden ein Überblick gegeben werden, in welcher mannigfachen Weise bisher im In- und Ausland Meeresalgen nutzbar gemacht worden sind.

B. Die Verwertung der Algen in der Landwirtschaft.

Die Verwertung der Meeresalgen in der Landwirtschaft ist recht alt und sehr verbreitet überall da, wo reiche Algenbestände vorhanden sind. Zwei Möglichkeiten, 1. als Futtermittel, 2. als Düngemittel, bestehen für die landwirtschaftliche Nutzbarmachung.

1. Die Verwertung der Algen als Futtermittel.

Daß Algen von Haustieren gefressen werden, ja regelmäßig als Nahrung dienen können, ist wiederholt, besonders in der alten algologischen Literatur, erwähnt worden. So finden wir bei GREVILLE (1830) Angaben, daß in Norwegen die Rotalge *Rhododymenia palmata* besonders gern von Schafen und Ziegen gefressen wird und daher den Namen Sou-söll führt oder von GUNNERUS in seiner norwegischen Flora (1766—72) als *Fucus bovinus* bezeichnet wurde. Während des Winters wird dagegen *Fucus serratus* und *Chorda filum*, nach FOSLIE (1884), der teilweise auf GUNNERUS zurückgeht, auch Stiele und Blätter von *Laminaria digitata* als Beifutter den Rindern gefüttert. Von den schottischen Inseln wird weiter berichtet (GREVILLE), daß dort während des Winters Schafe, Rinder und Ziegen zur Ebbe an die Küsten herabsteigen und *Fucus vesiculosus* fressen. Das bestätigt in neuerer Zeit auch HENDRIK (1916a). Schafe und Hammel suchen nach diesem Autor fast ausschließlich *Rhododymenia*, die sie oft sauber von den Laminarien-Stielen abweiden, seltener *Alaria esculenta*, während die Rinder diese letztere und vor allem *Laminaria Cloustoni* bevorzugen, die sie sehr wählerisch aus den angetriebenen Tangmassen heraussuchen. Auch der Bericht von SPENCE (1918) über die Orkney-Inseln schildert ähnliches: Danach wird besonders *Pelvetia canaliculata* von den Kühen bevorzugt (Cow-Tang), während die Schweine sich die fruchtenden Thallus-Stücke von *Fucus vesiculosus* (Paddy-Tang) suchen. Beide Arten werden auch im Winter gekocht als Beifutter zu Heu, Häcksel u. a. gegeben. Besonders eingehend wird für die nördlichste der Orkney-Inseln, North Ronaldsay, geschildert, wie eine einheimische Rasse kleiner, meist schwarzer Schafe sich fast ausschließlich von den Tangen der Küste ernährt (besonders *Alaria* und *Laminaria saccharina*). Es wird abweichend von allen anderen Autoren dabei erwähnt, daß das Fleisch dieser Schafe nach Fisch röche und schmecke. Die Tiere werden deshalb 14 Tage vor dem Schlachten von der Algen-Weide genommen und mit Gras oder Heu gefüttert. Dann soll der Fischgeschmack völlig verschwunden sein.

Auch auf Island sind Algen vielfach als Viehfutter gebraucht, wie wir einem Bericht ROSENVINGE'S in SAUVAGEAU'S (1920a)¹⁾ Zusammenstellung entnehmen können. Dort spielen *Rhododymenia*, *Alaria* und *Chondrus* eine nicht unbedeutende Rolle als Futter für Schafe, Rinder und Pferde. An der ganzen isländischen Küste stehen die Tiere während des Winters, hier und da auch während des Sommers, an den Küsten und

¹⁾ Im folgenden stets nur noch als SAUVAGEAU unter Weglassen des Jahres angeführt.

suchen sich unter den Algen Nahrung. Ja vereinzelt soll sogar die Algennahrung das einzige Futter sein, das sie fressen, während sonst wohl meist noch Heu gegeben wird. Das Vieh gedeiht trotzdem sehr gut und liefert ausgezeichnetes Fleisch. Pferde bevorzugen *Laminaria saccharina*, von der sie meist nur die basalen, also jüngsten Teile fressen. Auch im Stall werden Rinder und Schafe mit *Rhodymenia* und *Alaria* gefüttert, ohne daß Geruch und Geschmack der Milch beeinträchtigt werden. Der Isländer legt sich auch Tange als Wintervorrat hin. Dazu werden die Algen abgewaschen und in Gräben gehäuft, wo man sie mit Eichenbohlen und Steinen preßt. Diese gepreßte Masse wird in Stücke gebrochen und von den Tiere gefressen. *Alaria* wird auch gern nach dem Waschen an der Luft getrocknet und dann auf Heuböden in Schichten, die mit Heu abwechseln, aufbewahrt.

Über die Verwendung von Algen als Futtermittel in Irland berichtet COTTON (1912), während schon LINNÉ (1745) in seiner Gotländischen Reisebeschreibung erzählt, daß auf Gotland der Blasentang gekocht und mit Kleie gemischt den Schweinen gefüttert wird. Der Tang war dort als „Schweinetang“ bekannt. Nach FOSLIE dienen in Finnmarken Laminarien und *Alaria* als Tierfutter.

Zahlreiche Beispiele führt SAUVAGEAU und neuerdings DESCHIENS (1926) für die Küsten und Inseln der Normandie und der Bretagne an, wonach ohne Zweifel besonders *Rhodymenia palmata* vom Vieh gern gefressen wird und daher bei Roscoff sogar als „goémon à vache“ oder „goémon à bestiaux“ bezeichnet wird. Seltener wird *Laminaria* verzehrt. Im Stalle wird nach SAUVAGEAU wenig gefüttert, nur für die Ile de Sein gibt der Autor an, daß frische Algen — die Arten konnten nicht festgestellt werden — nach Abwaschen im Süßwasser den Tieren in warmem Wasser mit etwas Kleie gemischt als Futter gereicht wurden, daß die Tiere sehr gierig fraßen. DESCHIENS berichtet für die bretonischen Küsten, daß dort ein Mischfutter von *Laminaria saccharina* und Kleie den Schweinen gefüttert wird. Auch an den Amerikanischen Küsten ist die Verwertung der Tangé als Tierfutter bekannt (SETCHEL, RIGG, TURRENTINE 1912).

Es kann nach alledem nicht zweifelhaft sein, daß Meeresalgen als Viehfutter durchaus brauchbar sind. Ja in Norwegen wurden, wie SAUVAGEAU anführt, noch in den letzten Jahren zwei Fabriken zur Herstellung von Tangmehl betrieben. Heute ist nach freundlicher Mitteilung durch Herrn Dr. SUND die Fabrik bei Bergen nicht mehr in Betrieb, dagegen wird in Heringsmehlfabriken dort gelegentlich noch Tangmehl hergestellt (1937 über 500 To., in diesem Jahr nur wenig). Versuche ähnlicher Art sind auch in Deutschland im Gange. Das, was freilich noch fast gänzlich fehlt, ist eine ausreichend genaue wissenschaftliche Grundlage über den Wert dieses Futters, das in übertriebener Weise während des Krieges ebenso wie zum Teil auch heute schon wieder, besonders in journalistischen Kreisen¹⁾ als Krafftuttermittel hingestellt wird. Anfänge dazu sind freilich während des Krieges bereits gemacht worden. Am besten fundiert sind die Versuche von BECKMANN und seinem Mitarbeiter (BECKMANN 1915,

¹⁾ In der „Deutschen Fischwirtschaft“, 4. Jahrgang, vom 23. 5. 1937 wird z. B. angegeben, daß in Norwegen in aller Stille seit längerer Zeit Versuche mit Rindvieh und Geflügel vorsich gingen, die zeigten, daß 1—2 kg Trockentang 1—2 kg Krafftutter gleichkämen. Bei Tangfütterung sei sowohl eine Steigerung der Milchleistung sowie der Legetätigkeit beobachtet worden. Man erwartet bei

BECKMANN und BARK 1916). Auch in der Zusammenstellung von VINCENT (1924) finden sich einige diesbezügliche leider sehr dürftige Angaben. Von den deutschen Forschern wurden Tangproben verschiedener Herkunft (französisches, norwegisches und deutsches Ostseematerial) zunächst auf ihren Nährstoffgehalt hin untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt, zugleich sind auch die Werte von VINCENT angeführt sowie eine Analyse des norwegischen Tangmehls, die dem Jahresbericht des Instituts für angewandte Botanik in Hamburg (55. Jahrgang 1938) entnommen wurde (vgl. dazu auch Tabelle 8).

Tabelle 1. Zusammensetzung der zum Füttern verwendeten Algen.

	Wasser	Roh-Protein	Roh-Fett	Asche	Roh-faser	N-freier Extrakt	Organ. Substanz
Nach BECKMANN und BARK:							
1. <i>Fucus vesiculosus</i> et <i>serratus</i>	12,39	4,96	1,96	13,10	5,51	62,08	74,51
2. <i>F. serratus</i> et <i>balticus</i> bei Rügen angetrieben	12,31	4,37	0,78	16,03	5,66	68,85	71,66
3. <i>Ascophyllum nodosum</i> , Norwegen	11,10	5,96	3,34	17,84	5,79	55,97	71,06
4. <i>Laminaria Cloustoni</i> , Norwegen	12,40	5,86	0,77	13,67	3,62	63,68	73,93
5. <i>Laminaria saccharina</i> , Norwegen	14,58	6,37	0,73	16,64	3,28	59,40	69,78
Nach VINCENT:							
6. <i>Laminaria digitata</i> (Laminarinreich)	18,63	5,80	0,60	11,30	26,72	36,59	—
7. <i>Laminaria digitata</i> (Laminarinarm)	18,63	9,00	0,60	11,30	60,47	—	—
8. Gutes Heu	14,30	9,70	2,50	—	26,30	41,40	—
9. Hafer	13,30	10,30	4,80	—	10,30	58,20	—
10. Tangmehl	10,00	6,2	3,8	15,1	3,5	61,4	—

Man ersieht daraus, daß eine Gleichwertigkeit des Algenfutters höchstens mit Heu besteht, wobei aber immer noch die Frage offen bleiben muß, ob die Rohproteine und auch die N-freien Extraktstoffe der Algen in gleichem Maße wie beim Heu verdaubar sind. Keinesfalls ist eine Gleichsetzung mit Hafer möglich, wie es von ADRIAN (1918) angegeben wird. Die von BECKMANN angestellten Versuche bestätigen nun, daß Schweine, Kühe, Enten und Schafe Tang über viele Monate als Beifutter ohne jede gesundheitliche Störung vertragen, wobei die Tiere ebenso gut wie die Kontrollen gedeihen. Weder auf Fleisch, Milch oder Eier konnte irgendein nachträglicher Einfluß festgestellt werden. Als Versuchsalgen kamen dabei zur Verwendung: *Fucus serratus*, *Ascophyllum nodosum* (aus Norwegen), *Fucus balticus* (in Rügen angetrieben), ferner ein Gemisch von *Fucus serratus*, *Furcellaria fastigiata* und *Zostera marina*.

einem Verbrauch von 500 g Tang pro Tag und Tier einen Bedarf von 445000 t Tangtrockenmasse, die etwa 20% der Heuernte Norwegens darstellen. Da diese Angaben ohne jede Unterlage angeführt sind, habe ich mich an die Fischereidirektion in Bergen gewandt. Von dort wurde mir von Herrn Dr. SUND freundlichst mitgeteilt, daß von derartigen Versuchen dort nichts Näheres bekannt sei, und daß Tangmehl keinesfalls ein Kraftfuttermittel darstelle.

Nicht ganz klar waren die Ergebnisse bezüglich der Verdauungsversuche. Hier fand man, daß in allen Versuchen übereinstimmend stickstoffhaltiges Material aus dem Tang nicht verdaut wurde, „im Gegenteil hatte die Tangfütterung stets das Ergebnis, daß pro 100g Trockensubstanz des Tanges 2—4g Rohprotein durch den Kot zu Verlust gingen“. In einem einzigen Versuch wurde lediglich beim Seegrass bei einem Wiederkäuer eine Aufnahme von 3g Rohprotein auf 100g beobachtet. „Aber auch hier ist die gesamte verdaute Kalorienmenge recht gering, viel geringer als sie selbst aus hartem Stroh gewonnen wird“. Stickstofffreie Extraktstoffe wurden dagegen aus *Fucus serratus* und *balticus* bis zu 47%, bei *Ascophyllum* bis zu 43% verdaut (nach Versuchen im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie unter BECKMANN'S Leitung), bei anderen Versuchen im Tierphysiologischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule unter Leitung von ZUNTZ mit anderen Tangproben aber nur 18%. BECKMANN und BARK geben bei ihren Versuchen selbst an, daß die Versuchstiere nicht ganz gesund während der Versuche waren, über die Versuche, die unter der Leitung von ZUNTZ ausgeführt wurden, ließen sich keine näheren Angaben finden. Da die zusammenfassende Beurteilung der erstgenannten Autoren aber im Einvernehmen mit ZUNTZ ausgegeben wird, liegt der Schluß nahe, daß die Ergebnisse dort an gesunden Tieren übereinstimmend ausgefallen sind (vgl. ZUNTZ und BECKMANN 1916).

Bezüglich der Kohlehydratausnutzung der Algen können auch einige Verdauungsversuche Auskunft geben, die von LOHRISCH (1908) angestellt wurden. Er fand bei Kaninchen, daß bei Fütterung mit Agar-Agar etwa 50% der Kohlenhydrate (meist Galaktane) verwertet wurden, bei einem Hund 67,3%. SWARTZ (1911) hat ebenfalls die Verdaubarkeit von Pentosanen und Galaktanen, die aus den Zellwandbestandteilen der Algen gewonnen wurden, an Hunden untersucht (vgl. Tabelle 12). Es ergab sich, daß die Pentosane aus der Rotalge *Rhodymenia palmata* zu 73%, aus anderen Algen aber nur im Durchschnitt zu 28% aufgenommen wurden; die Galaktane zu rund 36%. Man wird also je nach Algen- und Tierart verschiedene Werte finden.

Die jodreichen Laminarien wurden von BECKMANN und BARK von den Versuchen ausgeschlossen, da durch den hohen Jodgehalt eine zu starke Anregung des Stoffwechsels und der Sekretion befürchtet wurde, „die bei Fütterungsversuchen dementsprechend Gewichtsverluste herbeiführen könnten“. Die Verfütterung der jodarmen Tangarten hat dagegen keinerlei schädigende Wirkung zur Folge gehabt. „Die jodarmen Meerespflanzen können unbedenklich als Füllfutter und als Träger von Melasse und ähnlichem für sich unhandlichen Futter benutzt werden“. „Besonders wird empfohlen, die Tangmenge, welche an unseren heimischen Küsten der Ost- und Nordsee angespült werden, an Ort und Stelle allgemeiner zu Fütterungszwecken zu verwenden, als es bisher geschieht.“¹⁾

Auf der anderen Seite ist es aber von Interesse, zu erfahren, inwieweit der Jodgehalt der Tange sich auf die Tiere auswirkt. LUNDE und CLOSS (1936) haben daher an Kühen Fütterungsversuche ausgeführt, die ergaben, daß die gelieferten Milchmengen während des dreiwöchigen Versuches bei den Versuchstieren gegenüber den Kontroll-

¹⁾ Die Verfasser machen noch Angaben über die Verwendung und Zurichtung der Algen beim Füttern. Mehr als ein Viertel des ganzen Futtergemisches soll nicht verwendet werden.

tieren nicht gesteigert oder verringert war. Der Jodgehalt der Milch nahm dagegen erheblich zu. Er betrug bei der Milch der Kontrolltiere 0,03—0,04 mg/l, bei den Versuchstieren aber stieg er bis zu 3,23 mg/l. Die mit der Milch ausgeschiedene Jodmenge betrug 4—5% der im Futter zugeführten.

Ohne Kenntnis von den Untersuchungen BECKMANN's wurden wenig später auch in Frankreich Algen als Futtermittel für Pferde ausprobiert. Es liegen darüber verschiedene Berichte vor (ADRIAN 1918, LAPIQUE 1918a, b, LAPIQUE et BROCCQ-ROUSSEAU 1921, SAUVAGEAU et MOREAU 1919, VINCENT 1924 u. a.) hauptsächlich mit Laminarien und *Fucus serratus*, die zum Teil widersprechend sind. Nach ADRIAN und LAPIQUE sollen Laminarien ein Krafftutter darstellen, von dem etwa 750g etwa 1kg Hafer im Nährwert entsprechen. VINCENT, der zwar nicht über eigene Versuche berichtet, hat einen Teil dieser Versuche einer Kritik unterzogen mit dem Ergebnis, daß er die Verwendung von Laminarien und *Fucus* nach besonderer vorhergegangener Präparation als Futtersersatz anerkennt, die übertriebene Gleichsetzung mit Getreidefuttermitteln, insbesondere dem Hafer, durch ADRIAN und LAPIQUE aber ablehnt. Auch die Verdauungsversuche von BROCCQ-ROUSSEAU (1921) werden bereits von ihm als unvollständig kritisiert, ein Vergleich mit den oben angeführten BECKMANN'sCHEN Untersuchungen ist daher nicht möglich. Sicher ist nur, daß in erster Linie bei Laminarien wie auch *Fucus* die Kohlenhydrate ausgenutzt werden. Die etwaige Störung des hohen Jodgehaltes der Laminarien, der BECKMANN veranlaßte, diese Algen von seinen Versuchen auszuschließen, wurde in den französischen Versuchen dadurch umgangen, daß durch geeignete Verfahren (Behandeln mit Kalkwasser oder verdünnter Salzsäure und nachfolgendem Auswaschen) die Salze, darunter auch das Jod, etwa zur Hälfte entfernt worden waren. Daß das anscheinend nicht immer in geeignetem Maße geschehen ist, geht aus einem Hinweis von VINCENT hervor, der betont, daß bei den Versuchen von BROCCQ-ROUSSEAU die Trinkmenge der Pferde mit Algenfutter sich gegenüber den Kontrollen um 30—50% hob. VINCENT empfiehlt daher, das Algenfutter stets gut zu entsalzen, möglichst in gequollenem Zustand mit etwas Kleie vermischt zu geben, um dadurch eine leichte Annahme des ungewohnten Futters zu erzielen.

Auf Grund der Versuche von ADRIAN und LAPIQUE hatte man in Frankreich sofort unter Mitwirkung der Industrie genaue Vorschriften über die Herstellung der Futtermittel aus Laminarien und *Fucus* erlassen, wobei zugleich auch Höchstwerte für den Gehalt an Wasser und Kalisalzen angegeben waren (vgl. VINCENT S. 148—149). Das Kriegsende hat eine allgemeine Anwendung der hergestellten Fabrikate nicht zur Durchführung kommen lassen. Es finden sich nur bei CHAUVEAUX (1927) noch einige Angaben, daß mit diesem Material später einzelne Versuche an Hunden, Geflügel und Pferden wiederholt worden sind, die stets die Brauchbarkeit der präparierten und meist gepulverten Tange ergaben. Genauere Angaben finden sich aber auch dort nicht.

Fast zur gleichen Zeit berichtet auch ISAACHSEN (1917) über Fütterungsversuche an Rindern. Die Arbeit ist mir leider nur aus dem Zitat von SAUVAGEAU und dem Bericht von LUNDE (1937a) bekannt geworden. Darnach hat ISAACHSEN die Rinder mit einem Gemisch von *Fucus* und *Ascophyllum* gefüttert und ist dabei zu dem Ergebnis gekommen, daß 1kg Tang etwa 0,7kg mittelgutem Heu entsprechen. Seine Befunde decken sich also mit den Angaben von VINCENT. Gegen seinen Vorschlag, die

Futteralgen jeweils frisch oder im Frühjahr zu schneiden, wendet LUNDE jedoch ein, daß das nicht empfehlenswert sei, da gerade dann das der Verdauung am besten zugängliche Laminarin fast ganz fehlt, während es im Herbst bis zu 20% der Trockensubstanz betragen kann. Vielleicht erklären sich aus der Nichtbeachtung dieser Tatsache auch die bei den einzelnen oben erwähnten Versuchen oft recht verschiedenen Ausnutzungswerte für die N-freien Extraktstoffe.

2. Verwertung der Algen als Düngemittel.

Meeresalgen als Dung für Felder zu verwenden ist wohl eine der ältesten Nutzungen. Bei VIDEMENT (1909) finden sich Angaben, daß bereits im 12. Jahrhundert an den französischen Küsten ein derartiger Gebrauch üblich war. Aus dem 17. Jahrhundert liegen Verordnungen vor, die damals eine eingehende Regelung unter den Küstenbewohnern trafen, in welcher Weise und von wem Tang gesammelt werden durfte, der zu Düngezwecken und später zur Sodagewinnung verwertet wurde. Man geht wohl kaum fehl in der Annahme, daß in allen Küstenländern Europas, Amerikas und auch Japans, die reich an Algen sind, diese zu Düngezwecken benutzt werden. So berichten darüber für Europa fast alle jenen Autoren, die wir oben kennenlernten: LINNÉ, GREVILLE, GUNNERUS, FOSLIE, COTTON, RUSSEL (1910) und SAUVAGEAU, bei dem noch eine Anzahl anderer Autoren angeführt werden.

Für die amerikanischen Küsten sei auf die Berichte von WHEELER und HARTWELL (1893), CAMERON (1912), RIGG (1912), TRESSLER (1923) u. a. verwiesen. Auch dort werden Meeresalgen weitgehend als Düngemittel verwertet. Für Japan gibt DAVIDSON (1906) an, daß die Reisfelder vielfach mit Algen gedüngt werden.

Im allgemeinen finden wir die braunen derben Tange genutzt mit den jeweils verschiedenen Fucaceen und Laminarien, doch werden auch andere Arten erwähnt, wenn sie besonders massenhaft angespült werden, wie etwa die stickstoffreiche *Ulva*, die weniger wertvollen Enteromorphen (SAUVAGEAU, S. 125) oder die Rotalge *Soliera chordalis* (VINCENT, p. 78), ja bei einzelnen Arten, die auf Grund der Erfahrung als besonders gute Düngemittel bekannt sind, werden selbst einzelne Pflanzen aus dem Anwurf zusammengesucht, eine mühsame Angelegenheit, wenn es sich, wie SAUVAGEAU (S. 131) berichtet, um verhältnismäßig kleine Rotalgen handelt. Daß auch an unseren deutschen Küsten allerdings selten mit Tangen aus dem Anwurf gedüngt wird, wird von ESDORN (1934) erwähnt. Nach eigenen Beobachtungen und auf Grund von Umfragen ist auch an der Schleswig-Holsteinischen Ostküste und vor allem in Pommern eine gelegentliche Verwertung der angetriebenen Algen, insbesondere von *Fucus* zu beobachten. Dabei werden die Tange gern als Streu verwertet und dann mit dem Stallmist auf das Feld gebracht.

Am weitgehendsten ist die Verwendung von Algendüngung in einzelnen Küstenprovinzen Nordwestfrankreichs gebräuchlich, wo, wie schon erwähnt, seit Jahrhunderten das Sammeln der Algen durch Verordnungen geregelt ist. Die gesammelten Algenmassen werden als „goémon“ oder „varech“ bezeichnet. Der letztere Ausdruck ist allerdings in neuester Zeit lediglich auf das Seegras beschränkt. Je nach der Art des Einsammelns lassen sich verschiedene Arten oder Qualitäten von „goémon“ unterscheiden. Als „goémon épave, de dérive oder d'échouage“ werden die treibenden

Algenmassen bezeichnet, die ans Ufer geworfen werden. Hier wird man also ganz verschiedene Arten finden, meist herrschen Fucaceen und Laminarien vor. Es ist klar, daß dieses Material, von dem man nie weiß, wie lange es bereits im Wasser treibt, bezüglich seines Nutzwertes recht wechselnd sein kann. „Goémon de rive“ wird dagegen die Tangmasse genannt, die man bei Niedrigwasser zu Fuß ernten kann. Das werden also in erster Linie *Fucus vesiculosus*, *F. serratus* und *Ascophyllum* sein. Da hier die Algen frisch geschnitten ans Ufer gebracht werden, so wird, besonders wenn es sich um sehr einheitliches Material handelt, der Nutzwert gut und gleichmäßig sein, sofern zur gleichen Jahreszeit geerntet wird. Schließlich ist „goémon poussant en mer“ die Bezeichnung für die Algen, die so tief im Wasser wachsen, daß man sie nicht mehr ohne Boot oder Schiff sammeln kann. Das werden also in erster Linie *Laminaria saccharina*, *L. digitata* und *L. Cloustoni* sein. „Goémon épave“ und „goémon poussant en mer“ werden auch „goémon de coup“ genannt.

Es ist interessant, daß die Werbung der verschiedenen Arten von „goémon“ sehr genau geregelt ist. So darf nur der „goémon épave“ von jedermann gesammelt werden, während für die Werbung der „goémon de rive“ und „goémon poussant en mer“ den jeweiligen Anliegern oder Gemeinden besondere Rechte eingeräumt sind. Auch darf das Schneiden und Sammeln oft nur von bestimmten Fischern, den „goémonniers“ und zu bestimmten Zeiten stattfinden. Die Zeit des Einsammelns liegt örtlich verschieden, ist aber, wie VINCENT hervorhebt, nicht durch biologische Überlegungen festgelegt, sondern durch Überlieferung, so daß oft gerade während der Fruchtungszeit gesammelt wird und dadurch die Gefahr der Störung des Bewuchses gegeben ist.

Man kann sagen, daß in Frankreich der „goémon épave“ und „goémon de rive“ in erster Linie direkt für Düngezwecke Verwendung finden, wobei der letztere bei weitem bevorzugt wird. Der „goémon poussant en mer“, auch „goémon de fond“ genannt, wird meist industriell verwertet.

Im allgemeinen wird das frische Algenmaterial aufs Feld gebracht und eingegraben, da es aber nicht immer an Ort und Stelle, vor allem auch nicht immer zur Zeit des Einsammelns genutzt werden kann, wird es möglichst rasch in der Sonne am Ufer oder in den Dünen getrocknet und dann in einer Art Schober aufgestapelt. In manchen Bezirken wird der „goémon“ feucht gehäuft und einer Kompostierung unterworfen. Darüber berichten SAUVAGEAU und VINCENT manches Interessante. Von SHUTT (1914) wird in Canada hierfür besonders ein Vermengen mit Torf vorgeschlagen. Das erinnert an einen Gebrauch, wie er in Dänemark üblich ist.¹⁾

Gebraucht wird der Algendüngung für vielerlei Feldfrüchte, Getreide, vor allem Gerste, ferner Kartoffeln, fast jede Art von Gemüse und auch für den Wein. Die Gemüse dieser mit Algen gedüngten Gebiete, die sich besonders in der Bretagne und Normandie wie ein schmaler oft nur wenige Hundert Meter ins Innere sich erstreckender Gürtel an den Küsten entlang ziehen, sind schon seit Jahrzehnten ihrer ausgezeichneten Qualität wegen berühmt. Die Erträge waren so beträchtlich, daß schon in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts dieser Gürtel als „ceinture dorée“ dem Hinterland gegen-

¹⁾ So wird im „Saaten-, Dünge- und Futtermittelmarkt“ (Band 24, Heft 19, S. 270, 1918) empfohlen, nach dänischem Muster den frischen Tang in Fässer zu stampfen und mit Erde oder Torf zu bedecken. Nach 2—3 Monaten ist der Tang verfault und als Dung verwertbar.

über hervorgehoben wurde (VIDEMENT 1909). Nach VINCENT ist dieser Beiname auch noch heute für den Distrikt Saint Pol-de Léon bei Roscoff üblich, obwohl sich die landwirtschaftliche Kultur des Hinterlandes beträchtlich gehoben hat. Gedüngt wird aber auch heute noch fast ausschließlich mit „goémon“, der von den Bewohnern so hoch geschätzt wird, daß er bis weit ins Land hinein ein sehr gesuchtes und oft teuer bezahltes Düngemittel darstellt.

Auch Versuche, den Nährwert des „goémons“ näher zu charakterisieren, um ihn mit anderen Düngemitteln vergleichen zu können, liegen eine ganze Anzahl vor. Schon aus den chemischen Analysen ergibt sich, daß die gebrauchten Algen meist reich an Stickstoff und vor allem an Kali sind. Dazu kommt noch eine ganze Menge organischen Materials, das außerordentlich leicht sich im Böden zersetzt, und noch andere Salze, z. B. Mg, Mn, Bor, B und J, die trotz ihres oft nur in Spuren nachweisbaren Vorkommens dem Boden förderlich sind. Zu befürchten wäre höchstens der verhältnismäßig hohe Natriumchloridgehalt. Wir entnehmen aber der Arbeit von BURD (1915) eine Tabelle, die zeigt, daß die NaCl-Mengen im Vergleich mit anderen Düngemitteln gar nicht so groß sind.

Tabelle 2.

	Kalium	Natrium	Chlor
<i>Macrocystis pyrifera</i>	100	35,7	118,6
<i>Nereocystis Luetkeana</i>	100	33,8	125,2
<i>Pelagophycus Porra</i>	100	24,8	117,6
KCl zu 90—95%	100	5,8	99,9
„ „ 80—85%	100	13,0	111,2
„ „ 70—75%	100	21,5	123,2
Kainit	100	128,5	294,2
Carnallit	100	108,0	454,7
Sylvinit	100	154,3	337,8

Wenn es sich hier auch um amerikanische Arten handelt, so liegen doch die Natriummengen bei den europäischen Arten in ganz gleicher Größenordnung. Tatsächlich wird auch nirgends nur die geringste Schädigung durch Natriumchlorid berichtet. In der folgenden Tabelle 3 sind nur für die wichtigsten in Frage kommenden Algen einige Analysenwerte nach verschiedenen Autoren zusammengestellt.

Tabelle 3.

Arten	Herkunft	N	P	Ca	K	Na	Org. Stoff.	H ₂ O	Autor
<i>Ulva Lactuca</i>	Frankreich	2,06	0,35	2,42	4,99	4,21	—	2,59	VINCENT
<i>Enteromorpha spec.</i>	„	0,49	0,18	1,95	4,34	9,67	—	7,66	„
<i>Pelvetia canaliculata</i>	„	0,977	0,162	1,50	3,27	4,95	—	—	„
„ „	England	1,53	0,03	—	2,52	—	76,0	—	RUSSEL
<i>Fucus vesiculosus</i>	Frankreich	2,43	0,458	1,038	5,40	4,38	—	—	VINCENT
„ „	England	0,99	—	—	2,94	4,25	80,1	—	HENDRICK
„ „	Rhode Island								(1916b)
„ „	„ Jan.	2,03	0,45	1,67	2,05	—	—	—	WHEELER
„ „	„ März	1,93	0,60	2,04	2,77	—	—	—	und
„ „	„ Sept.	0,82	0,40	1,84	3,14	—	—	—	HARTWELL

Arten	Herkunft	N	P	Ca	K	Na	Org. Stoff.	H ₂ O	Autor
<i>Fucus serratus</i>	Frankreich	3,07	0,532	1,29	6,71	4,96	—	—	VINCENT
„ „	England	1,19	—	—	3,77	4,57	78,63	—	HENDRICK
<i>Ascophyllum nodosum</i>	Frankreich	1,89	0,25	1,51	4,66	5,08	23,06	—	VINCENT
„ „	England	0,98	—	—	2,58	5,38	79,31	—	HENDRICK
„ „	Rhode Island								
„ „	Jan.	1,50	0,38	2,03	2,93	—	—	—	} WHEELER und HARTWELL
„ „	„ März	1,18	0,38	2,10	2,77	—	—	—	
„ „	„ Sept.	0,64	0,30	2,28	2,74	—	—	—	
<i>Laminaria saccharina</i>	Frankreich	0,73	0,65	2,37	10,12	—	—	—	VINCENT
„ „	Rhode Island								
„ „	Jan.	1,85	—	—	—	—	—	—	} WHEELER und HARTWELL
„ „	„ März	1,99	0,46	2,76	2,83	—	—	—	
„ „	„ Sept.	0,94	0,35	3,28	0,80	—	—	—	
<i>Laminaria digitata</i>	Frankreich	1,07	0,41	1,02	4,17	3,08	81,70	—	VINCENT
„ „ Stiel	England	0,98	—	—	11,85	4,98	65,27	—	HENDRICK
„ „ Blatt	„	1,05	—	—	4,54	5,09	77,53	—	„
„ „	Rhode Island								
„ „	Jan.	2,26	0,58	2,87	3,92	—	—	—	} WHEELER und HARTWELL
„ „	„ März	2,27	—	—	—	—	—	—	
„ „	„ Sept.	1,34	0,23	2,57	0,68	—	—	—	
<i>Laminaria Cloustoni</i>	Frankreich	1,50	0,09	1,65	7,47	7,34	—	—	VINCENT
„ „ Stiel	England	1,28	—	—	10,66	5,32	64,25	—	HENDRICK
„ „ Blatt	„	1,19	—	—	5,19	4,06	77,99	—	„
<i>Furcellaria fastigiata</i>	Frankreich	1,72	0,37	0,88	8,16	8,23	—	—	VINCENT
<i>Lithothamnium crassa</i> (lebend)	„	0,19	0,031	40,6	0,965	0,144	10,39	10,15	„

Zur Tabelle ist noch zu bemerken, daß mit Ausnahme von der Kalkalge *Lithothamnium crassa*, von *Ulva* und von *Enteromorpha* sich alle Werte auf absolut trockenes Material beziehen. *Lithothamnium* wurde frisch untersucht, die beiden Grünalgen luft-trocken. Man sieht, daß die einzelnen Analysenwerte innerhalb der einzelnen Arten oft erheblich differieren. Das kann natürlich an den wiederholt beobachteten großen individuellen Schwankungen einer Art liegen, zum großen Teil mag es aber auch darauf beruhen, daß, wie schon SAUVAGEAU (1918) immer wieder betont, die von chemischer Seite ausgeführten Analysen nicht genügend die Umstände beachten, unter denen die untersuchten Proben gesammelt oder aufbewahrt wurden, ganz abgesehen davon, daß vor allem bei Laminarien oft falsche Bestimmungen der Art vorliegen. Auch die jeweiligen Entwicklungszustände, vor allem auch die jahreszeitliche Herkunft des Materials ist oft nicht berücksichtigt worden. Das zeigen in der Tabelle 3 sehr deutlich die Analysen von WHEELER und HARTWELL, aber auch von anderen Forschern ist wiederholt darauf hingewiesen worden (KYLIN 1913, 1915, HENDRICK 1916b, ALBERT und KRAUSE 1918, RICARD 1931, LUNDE 1937 u. a.). Aus LUNDE (1937a) ist z. B. folgendes Diagramm (Abb. 1) genommen, das sich auf den jahreszeitlichen Wechsel der Mineralsalze bei *Laminaria digitata* bezieht (vgl. dazu auch Abb. 2, 3 und 4).

Bei vielen Analysen wurden Proben getrockneten Materials verwandt, die nochmals abgespült oder gewaschen wurden. Dadurch entsteht aber eine weitere gefährliche Fehlerquelle. VINCENT gibt z. B. nach fünfmaligem Abwaschen mit Meerwasser — die Dauer des jeweiligen Einwirkens des Waschwassers ist leider nicht genannt — an, daß 21,86% des Anfangsgewichtes verloren gingen, die sich in erheblichem Maße aus Kohlenhydraten, stickstoffhaltigen Substanzen und Salzen zusammensetzen. Aus den BECKMANN'SCHEN Arbeiten lassen sich weiterhin folgende Angaben entnehmen: Bei *Ascophyllum* und *Laminaria digitata* verringert sich der Aschengehalt nach gründlichem Abwaschen von 20,07 auf 15,53% bzw. 27,43 auf 14,37%, der Jodgehalt entsprechend von 0,062 auf 0,051 bei *Ascophyllum* und von 0,518 auf 0,057 bei *Laminaria*. Bei CAMERON 1915, TURRENTINE 1912, MERZ und LINDEMUTH (1913), HENDRICK 1916 b u. a. finden sich gleiche Angaben. Man sollte daher nach Möglichkeit stets frisches Material für die Analysen verwenden.

Die ersten vergleichenden Feldversuche wurden nach VIDEMENT von DE CHAMPAGNY 1880 ausgeführt. Die Versuche sind noch roh, zeigen aber deutlich die Überlegenheit der mit „goémon“ gedüngten Parzellen. Es wird hier wie später auch in Versuchen von KERGRIST (1888, zitiert nach VIDEMENT) hervorgehoben, daß die Düngung mit „goémon“ und auch mit „maërl“ (siehe weiter unten) genau wie Stallmist nicht nur durch die Zufuhr von Nährstoffen, sondern auch durch die bodenauflockernde Wirkung den chemischen Düngemitteln weit überlegen sei.

Besser und ausführlicher sind die Versuche von HENDRICK (1898). Bei seinen Analysen der Algen kam er für frischen Tang im Durchschnitt zu folgenden runden Zahlen: 0,5% Stickstoff, etwas mehr als 1% Kali und weniger als 0,1% Phosphorsäure, während er für Stalldung angenähert folgende Zahlen gibt: 0,5% Stickstoff, 0,6% Kali und 0,3% Phosphorsäure. Tang ist also Stallmist gleich in der Stickstoffwirkung, überlegen in der Kaliversorgung, aber unterlegen in der Phosphorsäure. Aus den Versuchen mit Frühkartoffeln ergab sich nun, daß die Erträge bei „goémon“- oder Stallmistdüngung gleich waren; Zusatz von 500kg Superphosphat pro Hektar hatte auf die Erträge bei Stallmistdüngung keinen Einfluß, während bei „goémon“-Düngung eine erhebliche Steigerung beobachtet wurde. HENDRICK fügt allerdings hinzu, daß die Qualität der Kartoffeln bei Algendünger weniger gut als bei Stalldung gewesen sei. Er glaubt aber, daß bei Spätkartoffeln dieser Unterschied nicht bestehe.

In neuerer Zeit verdanken wir VINCENT eingehende Feldversuche. Er führt als Ergebnis für Kartoffeln an, daß 12,8 t goémon 35 t Stalldung hinsichtlich ihres Gehaltes an Stickstoff und Kali entsprechen, und für Rüben fand er, daß 12,75 t Tang 33 t

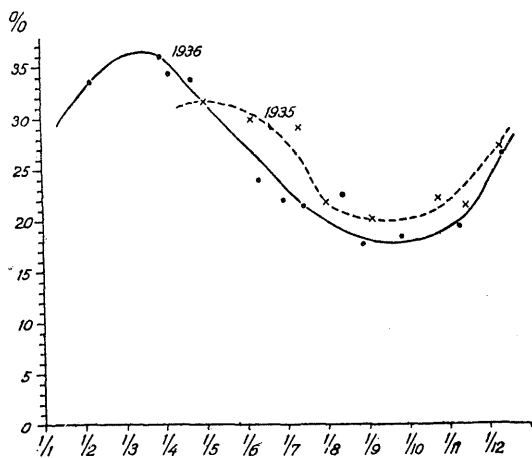


Abb. 1. Variation des Aschengehaltes der Phylloide von *Laminaria digitata* (nach LUNDE 1937 a).

Stalldung ersetzen konnten, oder an mineralischem Dünger: 6 t Tang 200 kg KCl und 8,65 t 40 kg Stickstoffsalze. Es kommt daher zu folgender Aufstellung: 1 t goémon kann ersetzen: 5,6 kg mineralischen Stickstoff, 33 t KCl, 2,66 t Dung bezüglich N und K. Es wird weiterhin betont, daß bei Algendüngung eine außerordentlich rasche Aufnahme der zugeführten Nährstoffe stattfindet. „Ihre Wirkung ist daher kurz und es ergibt sich die Notwendigkeit, die Düngung oft, vielleicht jährlich, zu wiederholen“ (vgl. auch WHEELER und HARTWELL 1893).

Hier mag auch auf die Arbeit von STEWART (1915) hingewiesen werden, der die Aufarbeitung des in den Algen zunächst an Eiweiß gebundenen Stickstoffs im Boden untersucht. Die einzelnen Arten der Amerikanischen Riesentange können sich dabei verschieden verhalten, im allgemeinen erfolgt aber Zersetzung und Nitrifikation sehr rasch und gut. Irgendeine nachteilige Beeinflussung der sonst im Boden ablaufenden Stickstoffumsetzungen wurde durch die Algendüngung nicht hervorgerufen.

Da die Düngung mit Tang nur sehr wenig Phosphorsäure mitbringt, wird eine Zugabe von mineralischer Phosphorsäure notwendig. Das wird in der Praxis nicht nur in den französischen Distrikten, sondern auch in Irland und Schottland durchgeführt. Dort sind auch vom „Board of Agriculture and Fisheries“ wiederholt Flugblätter herausgegeben worden, die über die Verwendung der verschiedenen Tange auf den verschiedenen Bodenarten Anleitung geben (vgl. SAUVAGEAU, S. 140).

Der Wunsch, die reichen Tangmassen der Küsten auch im Binnenland zu verwerten, brachte die Aufgabe mit sich, die für den Transport wenig geeigneten voluminösen Tangmassen in eine leichter transportable Form zu bringen. Der Weg war der einer mechanischen Zerkleinerung. So vielerlei verschiedene Vorschläge aber auch dazu gemacht wurden, bisher hat sich keins der Verfahren so eingebürgert, wie man es erwarten könnte. Meist stößt die mechanische Zerkleinerung des getrockneten Materials auf gewisse Schwierigkeiten. Nur von norwegischer Seite wurde, wie schon erwähnt, in den letzten Jahren ein gepulvertes Tangmaterial in den Handel gebracht, das recht gut den Anforderungen leichten Transportes entspricht. Ein anderer Vorschlag ging dahin, die Tangmassen allerdings unter Verlust des stickstoffhaltigen Materials zu veraschen und die Asche in Säcken als Kalidünger in den Handel zu bringen. Schon seit langen Jahrzehnten wird auf diese Weise in den verschiedensten Gegenden der französischen Küsten verfahren (vgl. VIDEMENT S. 148, SAUVAGEAU S. 144), indem die Bevölkerung den während des Sommers gesammelten und getrockneten Tang im Winter als Heizmaterial verwendet, die Asche aber sorgfältig sammelt und als Dünger selbst verwertet oder verkauft.

Eine besondere Rolle spielen die roten Kalkalgen, besonders *Lithothamnium*-Arten. Diese werden an den französischen Küsten als „maërl“ ebenfalls zur Düngung verwendet. Da sie, soweit lebendes Material gesammelt wurde, neben den Stickstoff- und Kalksalzen (siehe Tab. 3) recht erhebliche Mengen Kalzium und Magnesium mitbringen, werden sie in erster Linie auf humusreichen sauren Böden verwandt. Die Algen werden möglichst zerkleinert, ausgestreut und untergepflügt. VINCENT gibt an, daß der Gebrauch sehr allgemein sei und nur die Transportkosten seine Verbreitung einschränken. Die Wirkung des „maërl“ ist langsam, zumal, wenn er in großen Stücken verwendet wird. Am wirksamsten ist er feingepulvert. Die Verbesserung und Aus-

breitung des Anbaues von Getreiden und Klee in der Bretagne ist in erster Linie dem dort weit verbreiteten Gebrauch der Maërldüngung zuzuschreiben.

C. Die Verwertung der Algen in der Industrie.

I. Soda-, Jod- und Kaligewinnung.

Die Verwertung der Meeresalgen als Jodquelle ist wohl eine der bekanntesten, und bis zur Gewinnung von Jod aus dem Chilesalpeter waren auch die Meeresalgen die einzige Jodquelle. Heute wird zwar an den europäischen Küsten auch noch Jod aus Meeresalgen gewonnen, doch hat die Produktion keine nennenswerte Bedeutung mehr.

Ihren Ausgang nahm die Jodfabrikation von den Kelpbrennereien des 18. Jahrhunderts. Es wurde damals zum Ersatz des teuren, besonders an den spanischen Küsten aus den salzreichen Strandpflanzen (Salsola-, Salicornia-, Suaeda-Arten) durch Veraschen gewonnenen Barillesoda oder auch Salicord, versucht, aus Meeresalgen Soda zu erhalten. Die harte spröde Masse, die man nach dem Verbrennen erhielt, wurde in England Kelp, in Frankreich ihrer Ähnlichkeit wegen mit dem „Soude“, der aus Strandpflanzen gewonnen wurde, „Soude de varech“ genannt. Sie war durchaus nicht dem Barillesoda gleichwertig, der vor allem in den Glasereien, Seifensiedereien und in den Bleichereien gebraucht wurde, da Kelp lediglich ein Gemisch von Kali- und Natronsalzen enthält (vgl. Tab. 5). Trotzdem ließ er sich gut in der Fabrikation gewöhnlichen Glases verwerten. Das Kelpbrennen, das entlang den Küsten und auf den Inseln der Bretagne und der Normandie sowie in Irland und England¹⁾ ausgeübt, aber ein halbes Jahrhundert später (1722) auch nach den Schottischen Inseln, den Orkneys²⁾ und nach Norwegen eingeführt wurde, wo es dank des Algenreichtums sogar recht produktiv war, verfiel ziemlich rasch, als durch den Leblanc-Prozeß die Sodafabrikation billiger und zuverlässiger wurde. Erst nach der Entdeckung des Jod durch COURTOIS 1811 blühten die Kelpbrennereien einige Jahre später erneut auf.

Das Verbrennen der Algen geschieht an den Küsten Frankreichs und Schottlands heute noch genau wie fast vor 300 Jahren. Es werden 6—10 m lange, 60 cm breite und fast ebenso tiefe Gräben ausgehoben, deren Wandungen roh mit Steinen ausgelegt sind. In manchen Gebieten wird das Ganze von Meter zu Meter noch durch Platten in einzelne Abteilungen getrennt (LENDNER 1926). Die getrockneten Tangmassen werden in kleinen Stücken dicht in den Graben gepackt und dann angezündet. Im allgemeinen besorgen Frauen, Kinder und alte Leute das Kelpbrennen, während die Männer den Tang sammeln. Vom Juli bis in den September hinein sind die „Öfen“ fast dauernd in Betrieb. Es wird bei ziemlich hohen Temperaturen verascht, so daß die Asche schließlich zum Schmelzen kommt. Durch Stöcke oder Eisenknüppel wird die Schmelzmasse gleichmäßig durchgerührt und dann erstarren gelassen. Die erstarrte schwarze bis graue spröde Masse wird nach dem Erkalten herausgenommen und in Tafeln gebrochen, die gespeichert werden. Am Schluß der Campagne wird der Ertrag in die in der Nähe

¹⁾ ALBERT und KRAUSE (1919) geben an, daß auch auf Helgoland unter englischer Herrschaft viel Kelp gebrannt wurde. Die Brennerei soll an der Stelle der heutigen Biologischen Anstalt gestanden haben.

²⁾ Vergleiche die Darstellung bei GREVILLE (1830) Seite XXI—XXIV.

der Küsten befindlichen Jodküchen gebracht, dort werden kleine Proben analysiert und je nach dem Jodgehalt der Preis für den Kelp festgesetzt.

Zur Verbrennung wurden ursprünglich sämtliche angetriebenen braunen Algen, also der „goémon épave“ verwendet, bald erkannte man aber, daß der „goémon poussant en mer“, der in erster Linie aus Laminarien besteht, sehr viel günstigere Erträge liefert, so daß von vielen Kelpbrennern diese Algen bevorzugt werden. Über den Jodgehalt einiger Meeresalgen¹⁾, die bei der Kelpbrennerei der einzelnen Länder eine Rolle spielen können, unterrichtet die folgende Tab. 4.

Tabelle 4.

Algen	% des Trockengewichts			% des Frischgewichts		
	VINCENT	HENDRICK	TROFIMOW	VINCENT	KYLIN(1930)	TROFIMOW
Europäische Arten:						
<i>Fucus vesiculosus</i>	0,028	0,034	0,021	0,008	0,0027	0,035
„ <i>serratus</i>	0,043	0,048	—	0,01	0,0073	—
<i>Ascophyllum nodosum</i>	0,062	0,86	0,057	0,022	0,009	0,091
<i>Laminaria saccharina</i>						
Cauloid	} 0,08	—	0,213	} 0,03	0,15	} 0,31
Phylloid			0,202		0,03 — 0,09	
<i>Laminaria digitata</i>						
Cauloid	} 0,26—0,63	0,355	0,17 — 0,445	} 0,70	0,12	0,222—0,445
Phylloid		0,304	0,154—0,18		0,09 — 0,23	0,245—0,25
<i>Laminaria cloustoni</i>						
Cauloid	—	0,552	—	} 0,10	0,23	—
Phylloid		0,329			0,072—0,11	
Amerikanische Arten:						
<i>Macrocystis pyrifera</i>	0,23	—	—	—	—	—
<i>Nereocystis Luetkeana</i>	0,13	—	—	—	—	—
<i>Alaria fistulosa</i>	Spuren	—	—	—	—	—
<i>Pelagophycus porra</i>						
Cauloid	0,32	—	—	—	—	—
Phylloid	0,13	—	—	—	—	—
Ost-asiatische Arten (nach SMITH 1904):						
<i>Ecklonia cava</i>	—	—	—	—	0,232—0,251	Jod in % der Asche 0,424—0,532
„ <i>bicyclis</i>	—	—	—	—	0,271	0,531
<i>Laminaria angustata</i>	—	—	—	—	0,180	0,990
„ <i>longissima</i>	—	—	—	—	0,173	0,634
„ <i>japonica</i>	—	—	—	—	0,106	0,619
„ <i>ochotensis</i>	—	—	—	—	0,188	0,922
<i>Phyllophora nervosa</i> (nach SINOVA 1935)	—	0,251	—	—	—	1,31

¹⁾ Auf die Frage, in welcher Form das Jod in den Algen vorhanden ist, kann hier nicht eingegangen werden. Es mag der Hinweis genügen, daß die Hauptmenge nach ESCHLE (1896) und OKUDA u. ETO (1916) in organisch gebundener Form vorliegen soll, nach KYLIN (1930) und TROFIMOW (1937) dagegen bei Laminarien, Fucaceen und vielen anderen Algen als Jodit.

In der Tabelle ist besonders *Phyllophora* hervorzuheben, da sie die einzige Rotalge darstellt, die ihres Jodreichtums wegen in Rußland technisch ausgebeutet wird. (SINOVA 1928, vgl. dazu auch SINOVA 1929, 1935, PENTEGOFF 1929 und GAIL 1930.) Es sei auch auf die besondere Beziehung zwischen Jod und Aschengehalt bei den ostasiatischen Tangen hingewiesen, der für die Verwertung der Algen zur Jodgewinnung durch Veraschen bedeutsam ist. *Ecklonia* z. B. zeigt im Frischgewicht einen höheren Jodgehalt als die Laminarien, verascht sind aber die Laminarien bei weitem mit ihrem Jodgehalt überlegen.

Für unsere europäischen Küsten kommen in erster Linie die Laminarien als Jodpflanzen in Frage, obwohl auch in anderen einheimischen Arten nicht unbedeutliche Menge Jod gespeichert werden. Für eine technische Ausbeutung sind diese Arten aber zu klein oder zu selten. Dem Jodgehalt nach sollte nur *Laminaria digitata* und *Laminaria Cloustoni* verwendet werden, und obwohl auch von den leitenden landwirtschaftlichen Stellen der Länder immer wieder darauf hingewiesen wurde, so ist die Trägheit und das Festhaften an alten, von Großväterzeiten überlieferten Gebräuchen bei der Küstenbevölkerung so groß, daß sie lieber geringere Erträge erzielen als den Vorschlägen folgen. Das prägt sich ja schon in den höchst primitiven Verbrennungsverfahren aus. Es kann daher nicht überraschen, daß der Jodgehalt der verschiedenen Kelpproben recht wechselnd ausfällt. Im Auszug sei eine Tabelle (Tab. 5) aus einer Arbeit von HENDRIK (1916b) wiedergegeben, die das deutlich zeigt, besonders im Vergleich zu den aus den Aschenanalysen frischer Laminarien ermittelten Jodmengen.

Tabelle 5.

	Tange		1914			1915		
			Kelp			Kelp		
In Wasser lösliche Mineralstoffe	61,99	55,26	57,04	20,70	31,25	61,66	69,08	43,59
In Wasser unlösliche, aber in verd.								
HCl lösliche Mineralstoffe	16,97	19,43	23,06	29,94	29,59	24,16	23,55	40,65
Silikate	11,67	12,90	7,84	27,59	15,53	6,64	1,02	11,23
Die in Wasser löslichen Mineralstoffe enthalten:								
Kali	24,05	20,69	15,10	5,17	8,51	19,24	8,98	8,97
Natrium	10,44	8,90	13,68	2,55	10,05	9,45	15,93	9,37
Schwefelsäure	4,00	4,19	10,42	8,11	6,65	9,04	9,79	5,37
Sulfide	0,54	0,61	0,30	0,25	0,12	0,24	1,49	1,33
Gesamt-Cl	19,45	21,80	20,23	1,60	8,84	22,35	27,83	16,16
Jod	0,90	1,19	0,67	0,10	0,30	1,14	0,58	0,41
Pfund Jod pro Tonne Kelp	20,26	26,66	15,01	2,13	6,72	25,63	12,95	9,20

Immer wieder sind verbessernde Vorschläge gemacht worden, aber stets scheiterten sie an der Hartnäckigkeit der Bevölkerung. Folgende Nachteile sind es, die auf die Erträge herabsetzend wirken:

1. Verwendung falscher, jodarmer Tange. Der geringe Jodgehalt ist teils artspezifisch, teils aber durch Auslaugen des angetriebenen Materials oder beim Trocknen durch Regen und Tau bedingt. Da das Trocknen¹⁾ im Sommer erfolgen muß, der Jod-

¹⁾ LUNDE (1937a) gibt an, daß schon das Trocknen selbst zu Jodverlusten führen kann.

gehalt der Algen aber im Winter am größten ist, so ist dadurch schon ein Verlust gegeben. So führt LUNDE (1937a) folgende Jodzahlen für *Laminaria digitata* an:

Jodgehalt	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
nach LINDEMANN	0,51	0,32	0,37	0,60
„ LUNDE	0,54	0,31	0,41	0,56

STANFORD (1877), VINCENT (1924) u. a. berichten ganz Gleiches, während FREUNDLER und Mitarbeiter (1921, 1924), denen wohl auch ESDORN (1935) folgt, angibt, daß im Sommer der höchste Jodgehalt vorhanden ist. Nach OKUDA und ETO (1916) besitzt auch *Ecklonia bicyclis* im Sommer mehr als den doppelten Jodgehalt als im Winter.

2. Unvorteilhaftes Veraschen, das zu einem Jodverlust führt:

- a) Wegen der zu hohen Temperaturen, die zu einem Verdampfen von Jod führen; das wird besonders schädlich
- b) wegen der durch das Trocknen unvermeidlichen Beimengungen mit Sand. Wie nämlich HERLAND (zitiert nach VINCENT, Seite 176) zeigte, sind die Jodverluste bei einer Beimengung von Sand im Überschuß und bei einer Erhitzung auf Rotglut, wie sie beim Zustand des Schmelzens der Asche gegeben ist, bei 15 Min. Dauer bereits 50% gegen 29,3% bei gleichen Bedingungen, aber ohne Sand. Nach 30 Min. stehen die Jodverluste 82,18% gegen 40,94% und nach einer Stunde 90,44 gegen 86%. Ein Blick auf Tabelle 5 zeigt ebenfalls die enge Beziehung zwischen Silikatgehalt und Jodertrag.

3. Bei den Verbrennungen geht die gesamte organische Substanz, die, wie wir im nächsten Abschnitt sehen, noch vielseitigen Zwecken zugeführt werden kann, gänzlich verloren.

Es hat nicht an Vorschlägen, Untersuchungen und auch Unternehmungen gefehlt, die diesen Übelständen ganz oder auch nur teilweise abzuwehren versuchten. In den Zusammenstellungen von VIDEMENT, SAUVAGEAU und VINCENT ist mancherlei darüber berichtet. Zahlreiche Patente liegen in den verschiedenen Ländern vor, die sich mit der Frage möglichst quantitativer Jod- und Salzgewinnung unter Erhaltung und weiterer Ausnutzung der organischen Substanzen befassen. Nach einer Zusammenstellung über den Jodgewinn in GMELIN'S Handbuch der anorganischen Chemie kann man die verschiedenen Methoden der Jodgewinnung aus Algen nach den folgenden Gruppen einteilen:

Erste Gruppe: Trocknen und Veraschen der Algen in verschlossener Apparatur unter gleichzeitiger Gewinnung von Kohlenwasserstoffen und deren Substitutionsprodukten. Nach diesem Prinzip arbeiten die ersten Vorschläge von STANFORD (1862, 1876), MORIDE (1866), später von BALCH (1909), TURRENTINE (1917), TUPHOLM (1926) u. a. Dabei werden nebenher noch Ammoniak und eine hochadsorptive Kohle gewonnen.

Zweite Gruppe: Nasse Veraschung unter Zusatz von Alkali.

Dritte Gruppe: Zerkleinern der Algen, Erhitzen unter Druck, Abpressen der Laugen und Verwendung der organischen Substanz des Rückstandes, teils als Dünger, teils zur Herstellung von technischen Produkten, z. B. Vulkanfiber.

Vierte Gruppe: Heiße oder kalte Extraktion der Algen mit Wasser; weitere Behandlung mit Laugen (Calciumhydroxyd-, Magnesiumhydroxyd- oder Calziumbisulfid-

Laugen); nach Abpressen der Laugen Verwendung des Rückstandes ähnlich wie in Gruppe 3. Hierher gehören u. a. die Patente der Société Française la Norgine, des Norske Tangsyndikat, der Compagnie Française de Jod et de l'Algine.

Bei Gruppe 1 und 2 wird das Jod aus der Asche bzw. den Kohlenresten ausgelaugt und dann wie bei den Verfahren der Gruppen 3 und 4 in verschiedener Weise aus den Laugen gewonnen.

Fünfte Gruppe: Die Algen werden mit organischen Lösungsmitteln extrahiert. Verfahren der Compagnie Française de Jod et de l'Algine.

Sechste Gruppe: Das Jod wird mit oder ohne Oxydationsmittel in saurer Lösung extrahiert. Die zugleich extrahierten organischen Produkte werden durch Fällung gewonnen und zum Teil zur Papierfabrikation verwertet. Verfahren und Patente von N. P. GLOESS und DARASSE u. a.

Siebente Gruppe: Herstellung einer kolloiden Suspension aus den frischen Algen und Abtrennung der suspendierten organischen Produkte von den Salzlösungen oder Herauslösung der Salze durch Exosmose.

Achte Gruppe: Die Algen werden nach einer Zerkleinerung einer Gärung unterworfen, die Gärmasse mit Kalk versetzt und nach Abdampfen der organischen Produkte (siehe unten S. 194) wird die Restlauge zur Salz- und Jod-Gewinnung verwendet. Nach diesen schon um 1850 vorgeschlagenen Verfahren arbeitete vor allem das große amerikanische Unternehmen der Herkules Powder Company, sowie die Société Darasse Frères, L. Dupont in Frankreich, vgl. auch DILLON u. CAVELLE (1928).

Als neunte Gruppe müssen wir noch das von russischen Autoren angegebene Verfahren nennen, das auf elektrolytischem Wege Jod und Salze gewinnt. Das zerkleinerte und in Wasser suspendierte Algenmaterial wird in mehreren Stufen mit steigendem Potential der Elektrolyse unterworfen, wobei in der 1. und 2. Stufe das Jod, in der 3. das Br und in der 4. das Cl aus der Anodenflüssigkeit abgeschieden wird. Nach Eindampfen erhält man aus der Anodenflüssigkeit Mannit, während aus der Kathodenflüssigkeit Zellulose und Alginate gewonnen werden (Russ. Pat. von FLORENSKI, LITWINOW und BRJANZEW 1936).

Man kann aus den verschiedenen Methoden leicht ersehen, daß man immer mehr auf eine gleichzeitige Verwertung der organischen Substanz Rücksicht nimmt, ja oft ist deren Gewinnung das Hauptziel, während die Erträge an Jod, Brom oder anderen Salzen lediglich willkommene Nebenprodukte sind.

Zahlreich sind auch die Vorschläge zur Gewinnung der einzelnen Salze aus den Extrakten, Laugen oder Rückständen. Meist beruht die Trennung auf dem verschiedenen Kristallisationsvermögen der einzelnen Komponenten; Jod wird am häufigsten als Kupferjodid gewonnen und in den Handel gebracht.

Ganz kurz muß noch auf die Fragen eingegangen werden, ob die Jodgewinnung aus Algen an der Weltproduktion des Jod überhaupt einen wesentlichen Anteil hat. Man muß diese Frage bejahen. Die wichtigsten jodproduzierenden Länder sind: Chile mit 80%, Java mit 9% und Japan mit 7%, wie wir einem Aufsatz von ROMAN (1930) für das Jahr 1929 entnehmen können. Das japanische Jod wurde aber bis dahin lediglich aus Tangen gewonnen, auch in den weniger wichtigen jodproduzierenden

Staaten wie Frankreich und Norwegen entstammen die gelieferten Jodmengen nur Meeresalgen.

Die gelieferten Jahresmengen sind nicht unbedeutend. So wurde in Japan, das erst zu Ende des vorigen Jahrhunderts seine Jodindustrie aufbaute, 1914 etwa 100 t produziert, die zur Hälfte im Lande blieb, zur anderen Hälfte besonders nach Rußland, Amerika und Europa ausgeführt wurde. Die Produktion stieg während des Krieges auf 249 t, da wegen des Ausfalls der deutschen Kalimärkte eine erhöhte Kaliproduktion aus Meeresalgen in Japan zugleich als Nebenerfolg eine Steigerung der Jodproduktion zur Folge hatte. Japan erreichte damals fast die Hälfte der Weltproduktion.

Mit dem Ausfall der englischen und amerikanischen Märkte für Kali nach dem Krieg sank auch die Jodproduktion Japans rapid auf etwa 75 t pro Jahr, stieg jedoch von 1924 wieder an und betrug 1929 bereits 115 t. Das bedeutet eine Verarbeitung von rund 2—3000000 t frischer Tangmassen pro Jahr. In den europäischen Ländern wird gleichfalls heute noch Jod aus Algen gewonnen. In Frankreich, das ja in früheren Zeiten mit England als Jodlieferant führend war, betrug nach DESCHIENS (1926) die Jodproduktion 72 t für 1924 und 60 t für 1925. Die Produktion war gegenüber den Vorkriegsjahren leicht ansteigend, aber nur vorübergehend. Denn LE GALL (1936) gibt an, daß sie, nachdem sie 1930 etwa 88 t erreicht hatte, 1935 nicht einmal mehr 50 t betrug. Auch in England und Norwegen wurde nach dem Kriege versucht, die Jodgewinnung aus Kelp wieder zu steigern. Während England 1875 noch 130 t lieferte, betrug während der Jahre 1906—1925 die jährliche Produktion nur etwa 30 t. In Norwegen scheint heute (vgl. LUNDE 1937) die Jodproduktion ganz eingestellt zu sein. 1913 wurden noch 12,15 t, 1926 aber nur noch 7,5 t Jod produziert. CAUER (1938) berichtet allerdings, daß die europäische Jodproduktion im letzten Jahr wieder angestiegen sei. Er gibt für 1937 an: Bretagne 90 t, Schottland 40 t und Norwegen 70 t. Der letztere Wert wird mit einem Fragezeichen versehen, da er nach französischen Angaben geschätzt wurde. Leider ist nicht angegeben, woher diese Zahlen stammen.¹⁾ Nach ROMAN ist auch für Spanien die Gewinnung von Jod aus Meeresalgen geplant gewesen, die den jährlichen Bedarf des Landes in Höhe von 50 t decken sollte. Inwieweit die geplanten russischen Jodfabriken, die Algen verarbeiten sollten, in die Wirklichkeit umgesetzt worden sind, ließ sich nicht ermitteln (vgl. PENTEGOFF 1929).

Eng verbunden mit der Jodproduktion aus Tangen war der Bromgewinn. Es wird jedoch stets betont, daß die Bromproduktion aus Tangen immer im Hintergrund steht, ja oft sogar ganz unterlassen wird, da die Trennung aus den Laugen zu unrentabel ist. Nach VIDEMENT soll 1875 die Bromproduktion in Frankreich noch 5 t und in England 15 t betragen haben. Heute wird praktisch mit Erträgen an Bromsalzen bei der Verarbeitung der Tange kaum noch gerechnet.

Wesentlich anders steht es dagegen mit der Kaligewinnung. Schon oben wurde erwähnt, daß in Japan die ungeheure Steigerung der Jodproduktion während des Krieges lediglich als eine Nebenerscheinung der eigentlich erstrebten Kaligewinnung

¹⁾ Der Wert scheint mir stark überschätzt zu sein, da mir bei eigenen Nachfragen im Sommer 1938 in Trondheim, sowie auf briefliche Anfragen in Bergen stets mitgeteilt wurde, daß praktisch kein Jod mehr in Norwegen gewonnen wird. Auch die ausführlichen Angaben von LUNDE (1937) besagen das Gleiche.

aus Meeresalgen war. Auch in Amerika sind in großzügiger Weise Unternehmungen in Gang gesetzt worden, aus den Riesentangen der pazifischen Küste Kalisalze, die in erster Linie als Düngemittel zur Verwendung kommen sollten, zu gewinnen. Der Reichtum der Riesentange an Kali ließ nach den verschiedenen Autoren (CAMERON 1912a, b, 1913, 1915, TURRENTINE 1912b, c, MERZ und LINDEMUTH 1913, MERZ 1914) derartige Unternehmen aussichtsreich erscheinen.

Große baggerähnliche Maschinen wurden konstruiert (vgl. die Abb. bei F. K. CAMERON 1915, CROSSMAN 1918 und HERCULES POWDER Co. 1918), um die Tangmassen — es handelt sich in erster Linie um die Riesenformen aus der Gattung *Macrocystis*, *Nereocystis* und *Pelagophycus*, die Längen bis zu 50 m erreichen können¹⁾ — zu ernten. Durch die Maschinen werden die Tange in jeweils gewünschter Höhe, an der Basis oder auch da, wo die Thallusfläche erst ansetzt, geschnitten, vermittels eines Hebewerkes in einen Trichter befördert, wo sie meist sofort zerkleinert werden. Die zerstückelten Algenmassen werden durch ein Transportband in ein leeres Boot befördert, das sie sofort zu den am Ufer befindlichen Fabriken bringt. Bei 4 Mann Bedienung, die die Maschine erfordert, werden in einer Stunde etwa 25 t frischer Tang bewältigt, wenn das Tangfeld dicht bewachsen ist. Wesentlich größer und leistungsfähiger war das Ernteschiff der HERCULES POWDER Co. in San Diego in Californien. Nach CROSSMAN (1918) verarbeitete diese Firma in den letzten 30 Kriegsmonaten rund 621 000 t Kelp²⁾. Die Tagesleistung des Schiffes muß also rund 700 t betragen haben. Bei den ungeheuren Ausdehnungen der Riesentangfelder, die an der gesamten nordamerikanischen Küste auf rund 390 Quadratmeilen geschätzt wurden, spielt diese Masse kaum eine wesentliche Rolle. Wird doch von F. K. CAMERON (1915), der mit Hilfe eines großen Mitarbeiterstabes sehr eingehende Untersuchungen über die Ausdehnung und den Reichtum der amerikanischen Tangfelder angestellt hat, die Möglichkeit ins Auge gefaßt, bei zum Teil zweimaliger Ernte im Jahr rund 60 000 000 t frischen Tangs zu gewinnen. Dabei ist schon berücksichtigt, daß kein Raubbau betrieben wird und daß die Fischerei dadurch keinen Schaden erleiden würde.

Das Ziel der gesamten Unternehmung war in erster Linie die Gewinnung von Kalisalzen. Die Weiterverarbeitung der ans Land gebrachten Tange war daher zunächst auch nur auf die Gewinnung der Salze berechnet. Man hätte daraus leicht mehr als 25% des Trockengewichtes an Kalisalzen, sowie große Mengen Jod und andere Nebenprodukte gewinnen können. Einer Zusammenstellung bei TRESSLER (1923) können wir entnehmen, wieviel Kali aus Kelp gewonnen wurde. Danach erhielt man 3572 t im Jahre 1917 und 4804 t 1918. Das ist im Hinblick auf die riesigen zur Verfügung stehenden Tangmassen nicht viel. Auch verglichen mit der Kaliproduktion in Japan, die

¹⁾ Um sich einen Begriff von den Massen, die hier schon einzelne Pflanzen liefern, zu machen, seien einige Zahlen angeführt. Von *Nereocystis Luetkeana* wurde das größte Exemplar mit 55 kg Frischgewicht und ca. 85 Quadratmeter Tangfläche bei einer Länge von fast 40 m gesammelt. Von *Macrocystis pyrifera* wurden Exemplare bis zu 135 kg Gewicht bei etwa 50 m Länge gefunden. Die vor allem in der technischen Literatur angeführten Längenmaße, die sich bis auf 300 m belaufen, sind weit übertrieben (FRYE, RIGG und GRANDALL 1915).

²⁾ Der Ausdruck Kelp wird in Amerika für die frischen Riesentange, zum Teil sogar direkt für *Nereocystis* gebraucht, während er in England die durch das Verbrennen entstandene Asche bezeichnet.

doch in erster Linie nach dem alten Veraschungsverfahren arbeitet, sind die Zahlen niedrig. So wurden in Japan folgende Kalimengen aus Algen gewonnen:

.1911: 522 t	1913: 1032 t	1915: 2226 t	1917: 8438 t
1912: 752 t	1914: 1143 t	1916: 3720 t	

Die Kaliproduktion aus Tangen wurde in Amerika nach dem Kriege bald eingestellt, da die Produktion sich als unrentabel erwies. Schon CAMERON und seine Mitarbeiter waren 1915 zu dem Ergebnis gekommen, unter Verzicht auf Jod und alle Nebenprodukte die Tange zu trocknen, zu zerkleinern und direkt als Düngemittel zu verwenden, um so mehr, als ja doch die rein gewonnenen Kalisalze in erster Linie wieder als Düngemittel verwendet werden sollten. Der Amerikaner BURD (1915) ist unabhängig von den eben genannten Autoren zur gleichen Ansicht gekommen. Günstiger urteilt TURRENTINE, der Leiter der mit staatlichen Mitteln errichteten „Experimental Kelp Potash Plant“ in Summerland (Californien). Er hat das Unternehmen von 1917—1921 geleitet und verschiedene Verfahren zur Auswertung der Tange auf dem Wege der Destillation entwickelt (TURRENTINE und Mitarbeiter). Seiner Meinung nach ist es möglich, ein derartiges Verfahren der Kaligewinnung aus Tangen rentabel zu gestalten, aber nur unter Ausnutzung sämtlicher Nebenprodukte.

II. Die Verwertung der organischen Bestandteile der Algen.

Es war oben schon darauf hingewiesen worden, daß mit dem Veraschen der Tange die gesamte organische Substanz vernichtet wird, und daß sich sehr bald Bestrebungen zeigten, auch diese der technischen Verwertung zuzuführen. Der Engländer STANFORD (1883a, b, 1885, 1886) war der erste, der sich eingehend mit diesen Fragen befaßte und vor allem auf die vielfachen technischen Verwertungsmöglichkeiten der erhaltenen Substanzen hinwies. Die Verwertung der Meeresalgen hinsichtlich ihrer organischen Bestandteile läßt sich meist auf die Eigenschaften einiger weniger Stoffe zurückführen, so daß wir etwa nach folgenden Gesichtspunkten gruppieren können.

1. Pektinstoffe und ihnen nahestehende Membranschleime:

- a) Alginsäure,
- b) Membranschleime.

2. Mannit und Laminarin.

Diesen beiden Gruppen wären dann noch jene Gruppen anzuschließen, die auf Umwandlungsprodukten aller, also auch der schon genannten Stoffe der Algen beruhen:

3. Gärprodukte und

4. Destillationsprodukte.

1. Die Pektinstoffe und ihnen nahestehende Membranschleime.

a) Alginsäure.

STANFORD entdeckte 1883 die Alginsäure. Sie wurde näher von ihm untersucht und infolge ihrer Verunreinigungen als eine stickstoffhaltige Verbindung hingestellt. Das wurde später von KREFTING (1896) richtiggestellt, der aber zunächst glaubte, in seiner N-freien Verbindung einen anderen Körper vor sich zu haben, den er nun „Tangensäure“ nannte. Die Tangensäure war aber nichts anderes als ein reineres Präparat der von STANFORD entdeckten Alginsäure, die auch gelegentlich Laminarsäure oder

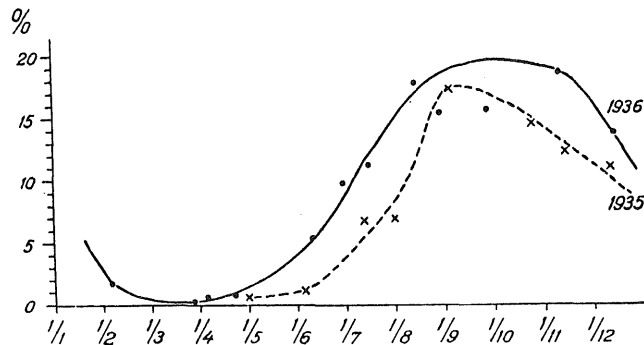
einfach, nicht ganz richtig, als Algin bezeichnet wurde. Wir können heute nach den letzten Untersuchungen von G. LUNDE, E. HEEN und E. OY (1938) annehmen, daß die Alginsäure eine Polyuronsäure darstellt, mit der Formel $(C_6H_4O_6)_n$, wobei nach den Untersuchungen von HEEN (1938) n etwa 83 beträgt.

Zur Gewinnung der Alginsäure aus den Tangen werden diese nach Herauslösen der Salze mit verdünnter Salzsäure mit Sodawasser extrahiert, und die dabei herausgelöste Alginsäure durch Salzsäure gefällt. Die Reindarstellung macht allerdings Schwierigkeiten (vgl. LUNDE und Mitarbeiter 1938). Man findet die Alginsäure fast in allen Braunalgen, in deren Zellwandungen sie eine wichtige Rolle spielt¹⁾ (KYLIN 1915, 1918; HOAGLAND 1915; COLIN et RICARD 1930; RICARD 1931; MIRA 1932; LUNDE 1937 a, b, 1938 u. a.). Für einige Formen führen LUNDE und Mitarbeiter folgenden Gehalt an Alginsäure an:

Tabelle 6.

<i>Laminaria digitata</i>	15—40%	<i>Fucus serratus</i>	18—28%
„ <i>saccharina</i>	15—35%	„ <i>vesiculosus</i>	18—28%
<i>Alaria esculenta</i>	30—35%	<i>Himanthalia lorea</i> ((Winter)	38%

Die starken Schwankungen beruhen auf dem jahreszeitlich verschiedenen Gehalt, auf den RICARD (1931) schon hinwies. Sie sind nach LUNDE (1937 a) in Abb. 2 für *Laminaria digitata* dargestellt.

Abb. 2. Variation des Alginsäuregehaltes von *Laminaria digitata* (nach LUNDE 1937 a).

Das, was nun die große Bedeutung der Alginsäure für die Technik ausmacht, sind die Eigenschaften ihrer Salze. Die Alkalisalze sowie das Magnesiumsalz lösen sich leicht zu hochviskösen Lösungen. Diese unterscheiden sich von Eiweißlösungen dadurch, daß sie beim Erwärmen nicht koagulieren, von Geloselösungen aber, daß sie beim Erkalten nicht gelieren. Die Schwermetallsalze der Alginsäure sind in Wasser unlöslich; sie stellen aber genau wie die durch die Säure gefällte Alginsäure im feuchten Zustand plastische, knetbare Massen dar, die nach dem völligen Trocknen sehr hart werden und nur schwer wieder in Lösung zu bringen sind. In Alkohol sind die Alginsäure und

¹⁾ LUNDE und seine Mitarbeiter gehen nicht auf die Frage ein, in welcher Form die Alginsäure in den Algenmembranen vorhanden ist. Nach PRINGSHEIM und KRÜGER (1931) stellen die Polyuronsäuren vielleicht Übergangsstoffe zwischen Hemizellulosen und Pektinstoffen dar. Bei der Behandlung des Ausgangsmaterials zur Gewinnung der Alginsäure erscheint es aber nicht ausgeschlossen, daß die gewonnene Alginsäure ein Spaltprodukt aus Pektin-Alginat-Komplexen darstellt.

ihre Salze unlöslich; sie mischt sich leicht mit Äther, Glycerin, Aceton und Fettsäuren. Bedeutsam ist schließlich die außerordentlich leichte Überführbarkeit der löslichen Salze in unlösliche durch Behandeln mit Erdalkali- oder Schwermetallen.

Auf Grund dieser Eigenschaften haben sich jeweils verschiedene technische und industrielle Anwendungsmöglichkeiten für die Alginsäure ergeben.

1. Gruppe: Lösliche Salze der Alginsäure.

Diese sind vor allem in der Textilindustrie als ausgezeichnetes Appretur- und Schlichtemittel gebraucht. Das Ammonium-Natrium-Alginat, das als „Norgine“ im Handel bekannt ist und von der Fabrik „Norgine“ in Aussig hergestellt wird, ist besonders geschätzt. Es hat eine etwa 14mal stärkere Viscosität als Stärkelösung und gibt als $\frac{1}{2}$ —1%ige Lösung eine sehr viel weichere, fülligere und bessere Appretur als alle sonst üblichen Appreturmittel. Dabei ist besonders noch seine Säure-resistenz hervorzuheben. Die Alkalisalze sind weiter bedeutsam als Dickmittel für Farben in der Stoffdruckerei, als Härtings- und Leimmittel der Kettgarne in der Weberei (GLOESS 1919).

Eine nicht unbedeutende Rolle spielen die Alkalia/ginatate als Bindemittel. So sind sie als ausgezeichnete Leime in der Papier- und Pappindustrie genannt. GLOESS beschreibt ausführlich ihre Überlegenheit in der Brikettfabrikation, besonders für Braunkohlenbriketts. Eine weitere interessante Anwendungsmöglichkeit beruht auf dem Emulgierungsvermögen der Alginatate. Wasserunlösliche Stoffe, wie teerartige Produkte, Petroleum, Oele, Desinfektionsmittel können dadurch einer weiteren Verwendung zugänglich gemacht werden. Auf der gleichen Grundlage beruht auch die von GLOESS vorgeschlagene Verwendung als Staublöschmittel für Säle oder auch Straßen.

2. Gruppe: Unlösliche Alginsäure oder Alginatate.

Von der Möglichkeit, lösliche Alkalia/ginatate durch Behandlung mit Säuren, Erdalkali-Metallen (außer Mg) oder Schwermetallen in unlösliche Alginsäure oder in die entsprechenden unlöslichen Salze überzuführen, wird bei der Herstellung wasserdichter Stoffe Gebrauch gemacht, besonders für Zelte und Wagenplanen, sowie für Säcke zum Transport hygroskopischer Substanzen. Da die entstehenden unlöslichen Verbindungen, bevor sie trocknen, plastisch und knetbar sind, finden sie auch bei der Herstellung von plastischen Massen, von Linoleum, von Kunstleder und von Vulkanfiber Anwendung. Ausgezeichnet sind unlösliche Alginatate als Kesselsteinmittel, sowie als Klärmittel in der Zucker- und Mineralwasserindustrie. Durch Einpressen löslicher Alginatate in schwefelhaltigen Alkohol läßt sich eine leicht spinnbare Kunstseide von sehr guter Qualität gewinnen (LUNDE und HEEN 1938). Durch Mischen mit organischen Stoffen lassen sich unlösliche dünne Membranen und Filme herstellen (PEHOREY 1937). Gemische mit Harzen oder Lacken ergeben kautschukartige oder guttaperchaähnliche Produkte. GLOESS führt ein Verfahren an, wie Ziegel- und Zementbauten mit wetterfesten Überzügen aus unlöslichen Alginaten versehen werden können, die auch Salpeterausblühungen verhindern¹⁾. Die Anwendungsmöglichkeiten der unlöslichen Alginatate

¹⁾ Hier sei auf den Bericht von KABELL (1888) verwiesen, der eine auch für Fischer und Bauern brauchbare Anleitung gibt, wie man aus Tangen, insbesondere Fucus, Natronalgin herstellt, das, auf gekalkte Wände gestrichen, die Wände farbfest macht, da sich das Natronalgin mit dem Kalk der Farbe zu einer unlöslichen Verbindung umsetzt (vgl. dazu den referierenden Bericht von HEINCKE 1889).

sind also außerordentlich vielseitige, wobei in vielen Fällen die Überlegenheit dieser Stoffe über andere zu gleichen Zwecken dienende Mittel hervorgehoben wird.

3. Gruppe: Alginat der Alkaliperoxyde.

Hier tritt zur Viskosität der Alginlösung die Peroxydwirkung der Salze. Daher werden diese Stoffe als Bleich- und Waschmittel gerühmt. In Gestalt von Seifen oder Seifenzusatz können sie nach GLOESS unter Verwendung des Magnesiumsalzes auch in hartem Wasser, ja sogar Seewasser, verwendet werden.

Wenn nun auch bei allen Autoren die weite Anwendbarkeit der Alginsäure und ihrer Salze besonders hervorgehoben wird, so finden sich doch nur wenige Mitteilungen darüber, inwieweit nun auch technisch und industriell wirklich Gebrauch gemacht wird. ESDORN (1930) teilt mit, daß neben der Aussiger Norgine-Fabrik noch eine Pariser Fabrik, die Otam-Gesellschaft, sowie in Los Angeles die Kelco Ko. Alginpräparate in den Handel bringen. Ferner hat die HERCULES POWDER Co. in San Diego Algin hergestellt. Das führt auch DESCHIENS (1930) an, der für Frankreich mehrere Unternehmen im Zusammenhang mit der Alginfabrikation nennt. Das von ihm erwähnte Osloer Unternehmen arbeitet nach LUNDE (1938) heute nicht mehr. Dieser Autor nennt auch für England eine Alginfabrik. Von den Vereinigten Staaten und Rußland erwähnt er nur, daß dort die Alginherstellung eine bedeutende Rolle spiele. Genaueres über die jeweilig verarbeiteten Alginmengen oder die produzierten Alginpräparate ließen sich nicht finden. Nur für die Aussiger Fabrik erwähnt LUNDE, daß die dort verarbeiteten Tange aus Frankreich und Norwegen eingeführt würden.

Als Ausgangsmaterial für Algingewinnung wird in erster Linie *Laminaria* verwendet, da sie, wie aus der oben angeführten Tabelle 6 hervorgeht, die größten Alginsäuremengen enthält. Inwieweit auch *Fucus* mit seinem nicht unbeträchtlichen Algingehalt verwertet wird, ließ sich nicht feststellen. Die Amerikaner arbeiten mit den Riesentangen, deren Algingehalt nach HOAGLAND (1915) etwa 13—24% beträgt.

b) Membranschleime.

Unter den Membranschleimen wird von LUNDE, HEEN und ÖY (1937) das Fucoidin genannt und näher analysiert. Auf seine mögliche technische Verwendung wird hingewiesen, die etwa der von Gummi arabicum entsprechen könnte. Praktisch ist jedoch noch nicht davon Gebrauch gemacht worden. Viel bedeutender sind die Membranschleime der Rotalgen. Sie lassen sich in chemischer Hinsicht dahin charakterisieren, daß in ihnen Galaktane, Pentosane, Methylpentosane usw. enthalten sind, also Körper, die beim Aufbau der Pektine oder Hemizellulosen Bedeutung haben können. Näher auf die Chemie dieser Stoffe einzugehen, liegt nicht im Rahmen dieser Zusammenstellung. Entscheidend für die industrielle Verwendbarkeit der Stoffe ist in erster Linie ihre Gelierbarkeit.

a) Carrageen oder Irländisches Moos.

Carrageen oder irländisches Moos¹⁾ ist als Droge in der Heilmittelkunde bekannt, wird aber in noch stärkerem Maße industriell verwertet. Es stellt ein Gemisch dar aus

¹⁾ Andere Namen sind: Perlmoos, Seeperlmoos, Lichen, Carageen, *Fucus crispus*, krauser Knorpeltang, Knorpelmoos, Krausmoos, Gallertmoos, Seemoos, Felsenmoos u. a.

Chondrus crispus STACKH. und *Gigartina mamillata* J. AG., wobei *Chondrus* vielfach überwiegt. Diese Art ist in den deutschen Meeresgebieten nicht selten, *Gigartina* dagegen ist erst an den Küsten Norwegens, Englands und Frankreichs häufig zu finden. In Amerika sind beide Arten nicht selten, doch wird fast nur *Chondrus* verarbeitet. Dort wird auch die Hauptmenge des industriell verwerteten Carrageens gesammelt. Andere Ernteplätze sind in Europa vor allem England, Irland, Frankreich (Bretagne), weniger Norwegen (vgl. LUNDE u. LUNDE 1938).

Die Ernte erfolgt während des Sommers von Mai bis September. An den europäischen Küsten werden die Pflanzen meist von Frauen und Kindern zur Ebbezeit mit den Händen gesammelt. Am Ufer wird das Material sortiert, in Seewasser oder auch in Süßwasser abgewaschen und möglichst in der Sonne zum Trocknen ausgelegt. Die ursprünglich schwarzroten Algen werden allmählich heller, bis sie nach wiederholtem Wenden völlig ausgebleicht sind. Das beansprucht in der guten Jahreszeit meist 10—14 Tage. Die ausgebleichten Algen werden dann rasch nochmals mit Meerwasser gewaschen und völlig getrocknet. So werden sie an die Drogenhändler abgegeben. Da oft keine besonderen Maßnahmen während des Trocknens gegen etwaige Regenfälle getroffen werden, so sind die Ergebnisse wechselnd. Anhaltender starker Regen kann die gesamte Ernte vernichten. In Amerika wird sorgfältiger verfahren, die Qualitäten sind daher auch besser und gesuchter. Hier wird nach 24stündigem Trocknen das ganze Material erneut gewaschen und abermals zum Trocknen ausgelegt. Das kann bis zu 7mal wiederholt werden. Bei dieser Behandlung sind die Algen sehr viel besser ausgebleichen als das europäische Material. Dazu kommt noch, daß man dort vor allem das im Sublitoral wachsende Algenmaterial mit Hilfe von Harken an langen Stangen sammelt, was sich erheblich in der Qualität auswirken soll. Man kann Carrageen auch künstlich mit Schwefeldioxyd bleichen. Die Verwendung derartig künstlich gebleichenen, sehr schön gleichmäßig weißgelben Materials in der Industrie steht wohl nichts im Wege, obwohl auch die Meinung vertreten wird, daß dadurch die Qualität herabgesetzt wird. Bei Verwertung als Heilmittel wird jedoch stets natürlich gebleichtes Material verarbeitet.

Carrageen kommt in drei verschiedenen Qualitäten in den Handel: Carrageen naturale, C. depuratum und C. electum albissimum. Von diesen drei Sorten wird nur die letzte zu medizinischen Zwecken verwendet (vgl. S. 215).

Obwohl die Carrageen-Algen verhältnismäßig klein sind, werden doch jährlich recht beträchtliche Mengen geerntet. Nach TRESSLER (1923) wurden in den amerikanischen Erntegebieten — vor allem Massachusetts, Plymouth Harbour und New Hampshire (THOMAS 1938) — im Jahre 1902 740000 lb produziert, 1919 dagegen nur 212200. Für Frankreich gibt GLOESS an, daß 1919 ungefähr 2000 t gesammelt wurden¹⁾. In den Arbeiten von LE GALL (1936, 1937) wird jedoch für das Jahr 1932 die französische Ernte nur mit 200—400 t angeführt.

Carrageen löst sich in heißem Wasser zu einer mehr oder weniger steifen gelatineartigen Masse, die noch bei 5% nach der Abkühlung erstarrt. Nach FIELD (1921)²⁾

¹⁾ G. LUNDE und S. LUNDE (1938), die Gloess zitieren, geben fälschlicherweise 2 Millionen To. an.

²⁾ Zitiert nach TRESSLER 1923.

enthält es 65% gelierende Substanzen, 2—3% Stickstoff, 0,7—0,1% Lipide und 10—15% Asche. G. LUNDE und S. LUNDE (1938) geben für *Gigartina* im Durchschnitt 49—58% gelierende Substanzen, für *Chondrus* 53—59% an. Chemisch sind die gelierenden Substanzen noch nicht völlig erforscht. Es handelt sich um pektinartige Stoffe, die bei Hydrolyse Pentosane und Schleimsäure liefern, und mit Schwefelsäureresten gebunden sind.

Die technische Verwertbarkeit des Carrageens beruht auf seiner ausgezeichneten Gelierbarkeit und seinen viskösen Lösungen. In erster Linie wird es in der Textilindustrie verwertet als Appreturmittel, aber auch als Dickmittel für Farben. Auch zum Geschmeidighalten der Kettfäden werden die Lösungen verwertet. Konzentration und Herstellung der Lösung aus der Droge ist für die jeweils erstrebten Zwecke etwas verschieden (vgl. dazu GÜNTHER 1928 und HERZINGER 1926). Ferner findet Carrageen zum Klären trüber Flüssigkeiten (Bier, Wein, Honig), sowie zur Herstellung verschiedener kosmetischer Artikel (z. B. Schminken, Pasten, Creme, Haarfixierungsmittel) und als Seifenzusatz, besonders für Rasierseifen, Verwendung. Wie Frl. THOMAS (1938) berichtet, hat *Chondrus crispus* auch in der Lederindustrie zum Räuchern des Leders Anwendung gefunden. Häufig gebraucht ist es ferner zum Marmorieren von Papier und besonders Buchschnitten, da es die Seiten nicht verklebt. Schließlich wird es auch an Stelle von Agar-Agar in der mikrobiologischen Laboratoriumstechnik als festes Kulturmedium gebraucht. Nach LUNDE (1937 a) ist in neuerer Zeit auch in England ein derartiges Agar-ähnliches Produkt, daß aus *Chondrus* hergestellt wurde, in den Handel gebracht worden.

β) Agar-Agar.

Unter diesem Namen wird zweierlei verstanden. Er bedeutet einmal das aus Rotalgen hergestellte und in Europa allgemein bekannte Handelsprodukt, doch ist er auch üblich für ein paar aus unverarbeiteten, getrockneten Rotalgen bestehende Drogen. Ursprünglich bezeichnet das Wort im Malaiischen eine Rotalge: *Gracilaria lichenoides* HARV. In Japan wird Agar-Agar Kanten genannt. Das bedeutet: Kalter Himmel, da Kanten nur an kalten Wintertagen hergestellt werden kann.

Unter den als Agar-Agar bezeichneten unverarbeiteten Drogen werden zwei verschiedene nach ihrem Herstellungsland bezeichnete Sorten unterschieden.

1. Ceylon-Agar oder Ceylon-Moos. Die Stammpflanze dieses aus Ceylon stammenden Produktes ist die an den Küsten des Indischen Ozeans nicht seltene kleine Rotalge *Gracilaria lichenoides* HARV.

2. Makassar-Agar, auch Java-Agar oder Ostindisches Carrageen genannt. Die Stammpflanze dieses aus dem Malaiischen Inselgebiet stammenden Produktes ist *Euचेuma denticulatum* (BUR.) COLLINS. Vielfach werden *Euचेuma spinosum* J. AG. und *Euचेuma isiforme* HARV. genannt. COLLINS (1917) hat jedoch darauf hingewiesen, daß beide Arten identisch und mit dem oben angeführten Namen zu bezeichnen sind.

Aus diesen beiden Drogen wird beim Kochen eine gelatineartige Substanz herausgelöst, die beim Erkalten erstarrt. Nach GLOESS (1919) ergibt beim Ceylon-Agar eine 2%ige Lösung, beim Makassar-Agar eine 6%ige Lösung ein festes Gel. Verwertet

werden diese Agar-Sorten ähnlich wie das bereits verarbeitete, fertige Agar-Produkt, das als Agar-Agar aus Japan in Europa eine weit wichtigere Rolle spielt.

3. Agar-Agar aus Japan ist noch unter anderen Namen bekannt. So wird er als vegetabilischer Fischleim, japanische oder chinesische Gelatine, japanische oder chinesische Hausenblase oder als Gelose bezeichnet. Auch in Japan führt er mehrere Namen. Außer der Bezeichnung Kanten seien noch die gelegentlich auch in Europa gehörten Ausdrücke genannt: Hai Thao oder Thao.

Es ist nicht immer ganz einfach, sich aus den verschiedenen Berichten ein klares Bild zu machen, welche Algen eigentlich zur Herstellung des Agar-Agar verwendet werden. Das liegt einmal daran, daß oft wissenschaftlich verschiedene Arten von den Einwohnern mit dem gleichen Volksnamen benannt werden, zum anderen aber auch daran, daß die Arten nur schwer voneinander zu unterscheiden sind und daher eine oft verwirrende Synomie besteht.

In Japan ist die wichtigste Alge für die Agar-Produktion die „*Tengusa*“, eine *Gelidium*-Art. Meist wird *Gelidium corneum* angegeben (SMITH 1904, TRESSLER 1923 und viele andere). Nach SAUVAGEAU ist dieser Name aber gern als Kollektivname gebraucht, der überall da angewandt wird, wenn die Art nicht klar erkennbar ist. SAUVAGEAU schreibt wörtlich: „Par suite, si, dans une étude des Algues productrices du kanten, on cite plusieurs *Gelidium*, le *G. corneum* ne doit pas être considéré, il me semble, comme l'un principaux générateurs de gelée, mais seulement comme ayant la signification d'espèces incomplètement déterminées“ (S. 246). Nach DAVIDSON (1906) ist wohl *Gelidium Amansii* DE LAMOUR als wichtigste Ausgangspflanze anzusehen, die er als „*Tengusa*“¹⁾ oder auch „*Kinukusa*“ bezeichnet. Als fast gleichwertig nennt er *Acanthopeltis japonica* OKAM. (=Tori-ashi). Daneben werden noch anderen Arten verwendet, die für sich allein eine meist schlechtere Qualität Agar liefern, aber vermisch mit den hochwertigen Arten sehr gut brauchbar sind. Nach DAVIDSON sind es: *Gelidium subcostatum* OKAM. (=Hirakusa), *Gelidium japonicum* (HARV.) OKAM. (=Onigusa), *Campylaeophora hypneoides* J. AG. (=Ego oder Yego nori) und *Gracilaria confervoides* GREV. (=Ogo). TAKAO (1916) nennt außer einigen schon angeführten Arten noch *Gelidium pacificum* OKAM. und *Pterocladia capillacea* BORN. et THÜR. Sicherlich sind daneben noch andere ähnliche Arten gebraucht; wie etwa *Chondrus*-, *Gigartina*- und *Gracilaria*-Arten, die aber nicht zu den regelmäßig verwerteten zählen.

Seit etwa 20 Jahren hat sich nun auch in Amerika in San Diego in Californien eine nicht unbedeutende Agar-Industrie entwickelt. Nach TRESSLER (1923) dient dort als Ausgangsmaterial eine der oben erwähnten *Gracilaria lichenoides* HARV. sehr nahe-stehende Art: *Gracilaria confervoides* GREV. Außer dieser werden noch *Gelidium corneum* (vgl. das oben Gesagte), *Gelidium cartilagineum*, *Eucheuma spinosum* und verschiedene *Gigartina*-Arten angeführt.

Die Gewinnung des Agar-Agar ist in Japan eine sehr alte. SMITH (1904) berichtet, daß man sie schon etwa seit der Mitte des 18. Jahrhunderts kennt. Er und wenige Jahre später DAVIDSON (1906) haben ausführlich über die Präparation berichtet. Der Vor-

¹⁾ Der von DAVIDSON angeführte Speciesname „*Smanssii*“ soll wohl „*Amansii*“ heißen.

gang stellt sich ungefähr so dar: Das gesammelte Algenmaterial wird am Ufer getrocknet, wobei es bereits ein wenig ausbleicht. Zu den Agar-Agar-Fabriken gebracht wird es durch Schlagen und Kneten unter leichtem Besprengen mit Wasser gereinigt und dann zum vollständigen Bleichen ausgelegt. Dieses geschieht auf Bambusmatten in der Sonne unter wiederholtem Begießen mit Wasser. Günstiges Wetter läßt schon in 24 Stunden diesen Bleichprozeß vollenden, meist benötigt man aber mehrere Tage. Das gebleichte Material wird dann getrocknet, wobei die einzelnen Algen dicht aneinander haften und eine große biegsame mehr oder weniger dichte Algenschicht bilden, die an eine lockere Matte erinnert. Während das Einsammeln der Algen meist von Mai bis Juli erfolgt, wird die eben genannte Verarbeitung von Ende Juli an ausgeführt. Erst im Winter wird dann zur Agar-Agar-Gewinnung geschritten. Dazu werden die getrockneten Algen in große eiserne oder hölzerne Bottiche gebracht, im bestimmten Verhältnis, was sich je nach dem Zustand des Materials, den vorliegenden Algen und auch nach der herrschenden Witterung ändert, wird Wasser zugegeben und unter gelegentlichem Umrühren 5—6 Stunden gekocht. Dann wird entweder Weinessig (1 Teil auf 100 Teile Algensubstanz) zugegeben oder Schwefelsäure in 10fach geringerer Menge und eine weitere halbe Stunde gekocht. Die Zugabe dieser Stoffe soll nach GLOESS die gelösten Eiweißstoffe ausfällen und die Agar-Lösung klären, nach anderen Angaben (z. B. TRESSLER 1923) den Lösungsprozeß beschleunigen. Während des Kochens lösen sich aus den Algen die gelierenden Substanzen, die von dem nicht verwerteten Algenrest durch Filtrieren durch grobe Tücher getrennt werden. Dieser Prozeß wird mit feineren Tüchern in einer Presse nochmals wiederholt. Die Algenreststoffe werden gesammelt und nochmals mehrere Stunden ausgekocht, während die filtrierte Masse in flache Holzkästen gegossen und an der freien Luft zum Erstarren gebracht werden. Die erstarrte Masse wird als „Tokoroten“ bezeichnet und muß noch einem Gefrierprozeß unterworfen werden. Das geschieht neuerdings zum Teil in Gefrierhäusern bei bestimmten Kältegraden, zum Teil wird aber auch heute noch nach dem alten Verfahren gearbeitet, bei dem während kalter Winternächte im Freien die Masse zum Gefrieren gebracht wird. Beim Auftauen fließt dann das ausgefrorene Wasser, in dem die in der Kälte löslichen Stoffe enthalten sind, aus und der relativ gereinigte Agar-Agar bleibt zurück. Er wird in der Sonne getrocknet. Meist wird vor dem Ausfrieren der Tokoroten in handliche Stücke geschnitten, die beim „Kaku-Kanten“ = Stangenagar Stücke von etwa $3 \times 3,5 \times 30$ cm Größe darstellen. Beim „Huoso-Kanten“ = Fadenagar (Slender-Kanten) wird die Masse durch eine Presse gepreßt, an deren durchbohrten Boden sie ähnlich wie bei einer Makkaronispritze in dünnen kleinen etwa 30—35 cm langen und 0,3 cm dicken Fäden austritt. In Paketen von bestimmtem Gewicht verpackt wird der Agar dann in den Handel gebracht.

Die amerikanische Agar-Produktion ist auf ähnlicher Grundlage aufgebaut, doch sind die angewandten Apparaturen neuzeitlicher, vor allem wird auch stets in Gefrierräumen bei einheitlicher Temperatur gearbeitet, so daß die Agar-Produktion während des ganzen Jahres erfolgen kann.

Agar-Agar enthält nach Analysen von FELLER (1907, zit. nach TRESSLER) als Handelsprodukt: 16,57% Wasser, 2,34% Rohprotein, 76,15 N-freie Extraktstoffe,

0,30 ätherlösliche Substanzen, 0,80 Rohfaser, 2,85 Asche und 0,68 Kieselsäure. Die N-freien Extraktstoffe bilden zum größten Teil die gelierenden Bestandteile des Agars.

Die industrielle Anwendung von Agar-Agar beruht wie die des Carrageens auf seiner viskösen Lösung und seiner starken Gelierfähigkeit bei sehr geringem Prozent Gehalt. Eine $\frac{1}{2}\%$ ige Lösung erstarrt in der Kälte noch vollkommen. Er ist in der Textilindustrie als ausgezeichnetes Appreturmittel gebraucht. Weniger gute Qualitäten werden in der Papierfabrikation verwertet, als Klebemittel findet er häufig Anwendung, ebenso auch zum Klären von Flüssigkeiten. Am weitgehendsten bekannt ist aber seine Verwendung als festes hitzebeständiges Kulturmedium im Laboratorium. Auf die vielfache Verwendung des Agar als Nahrungsmittel sowie in der Medizin wird in einem späteren Abschnitt eingegangen. Auch in der Kosmetik hat Agar als Glycerinersatz Eingang gefunden. Interessant ist seine Verwendung in Amerika als eine Art Verpackungsmittel für den Transport konservierter gekochter Fische, die durch das Einhüllen in die feste Gallerte vor dem Zerschneiden geschützt werden.

Die in Japan produzierten Agar-Mengen sind recht beträchtlich. Nach der japanischen Statistik betrug 1936 die Menge der für die Agargewinnung gesammelten Algen („Tengusa“) 12000 t und der hergestellte Agar 2549 t im Werte von 9712497 yen. Zum Teil wird der Agar in Japan verbraucht, ein großer Teil wird exportiert nach China, Amerika und Europa. So wird 1936 eine Ausfuhr in Höhe von 5574000 yen angegeben¹⁾. Die amerikanische Agar-Industrie, die erst 1922 aufgenommen wurde, hatte 1925 eine Produktion in Höhe von 796810 lb = 361,4 t im Werte von 80148 Dollar²⁾.

γ) „Funori“ oder Algenleim.

Funori, Algenleim (engl.: Seaweed Glue) ist ein bei uns wenig bekanntes Algenprodukt, das etwa dem in Europa üblichen Carrageen entspricht. Es wird seit Jahrhunderten fast ausschließlich in Japan hergestellt und auch dort zum großen Teil verwertet.

Zur Herstellung von Funori³⁾ wird als Ausgangspflanze vor allem *Gloeopeltis coliformis* HARV. (= Funori) und *Gloeopeltis tenax* (TURNER) J. Ag. (= Yanadi-Funori) verwendet. Häufig gebraucht sind weiterhin nach DAVIDSON *Iridaea*-, *Grateloupia*- und *Chondrus*-Arten. Der Herstellungsprozeß ist einfacher als der des Kantens. Das getrocknete Material wird sortiert, gereinigt, in Wasser eingeweicht und durch Dämpfen geschmeidig gemacht. Es wird dann einfach auf Matten ausgelegt. Häufig bedient man sich dazu auch mit Bambusboden versehener Holzkästen, in denen die Algen in eine Art Platten zusammengepreßt werden, die man dann als Ganzes herausnimmt und zum Bleichen auslegt. Dabei muß durch sehr häufiges Begießen selbst ein nur leichtes Antrocknen des Materials vermieden werden, damit der Bleichprozeß nicht zu langsam und damit weniger gut verläuft. Ist das Material genügend gebleicht, werden die Platten getrocknet und zu mehreren gebündelt. Zum Versand nach dem Ausland werden sie meist in Rollenform gepackt.

¹⁾ The statistical abstract of the ministry of Agriculture and forestry 1936/37. Japan 1938.

²⁾ Chem. and metalurg. Eng. Vol. 33. Nr. 3. S. 189. 1926.

³⁾ „Funori“ oder auch „Nori“ wird allen Algen als Namen beigelegt, aus denen klebrige und schleimige Stoffe gewonnen werden. Doch wird mit Funori in etwas anderer Schreibweise auch das Produkt selbst bezeichnet.

„Funori“ wird in Japan in erster Linie in der Textilindustrie gebraucht als Appretur- und Glanzmittel an Stelle von Stärke. Zum Gebrauch wird es einfach in heißem Wasser gekocht, die visköse schleimige Masse abgossen und verwendet. Es findet ferner Anwendung in der Papierfabrikation zum Leimen und Anfärben. Auch zum Tünchen von Bauten, von Zement, Dachziegeln usw. findet es Verwertung. SMITH (1904) erwähnt, daß es auch häufig zur Porzellanmalerei verwertet wird.

1936 betrug die geernteten Mengen von *Gloeopeltis* 4594,7 t im Werte von 958257 yen. An Fertigprodukten wurden 713,8 t im Werte von 716269 yen hergestellt. Ausgeführt wird Funori in bearbeitetem und unbearbeitetem Zustand in erster Linie nach China.

2. Mannit und Laminarin.

Auf die industrielle Ausnutzung dieser beiden Stoffe ist in letzter Zeit von LUNDE (1937a, b) nachdrücklich hingewiesen worden.

Laminarin ist ein Polysaccharid, das bei Hydrolyse quantitativ Glucose ergibt. Dieser Traubenzucker könnte technisch gewonnen werden. Nach KYLIN (1915, 1918) finden wir in verschiedenen Braunalgen Laminarin. Er führt an: *Ascophyllum nodosum* und *Fucus vesiculosus* mit 7% des Trockengewichtes, *Fucus serratus* mit 19%, *Laminaria digitata* mit 21% und *Laminaria saccharina* mit 34% (siehe auch COLIN et RICARD 1930). Aus den Untersuchungen von RICARD (1931) und LUNDE (1937a) geht hervor, daß der Gehalt an Laminarin während des Jahres schwankt. Bei *Laminaria* steigt er in den Herbstmonaten bis zu 20%, um im Frühjahr auf fast Null zu sinken (Abb. 3). Für eine Verwertung des Laminarins müßte man die Algen also im Herbst ernten. Es wurde schon oben auf S. 171 erwähnt, daß man darauf bei der Verwendung der Laminarien und Fucaceen als Tierfutter Rücksicht nehmen muß. Das Laminarin der Braunalgen ist bisher nur auf diese indirekte Art einer Nutzbarmachung zugeführt worden.

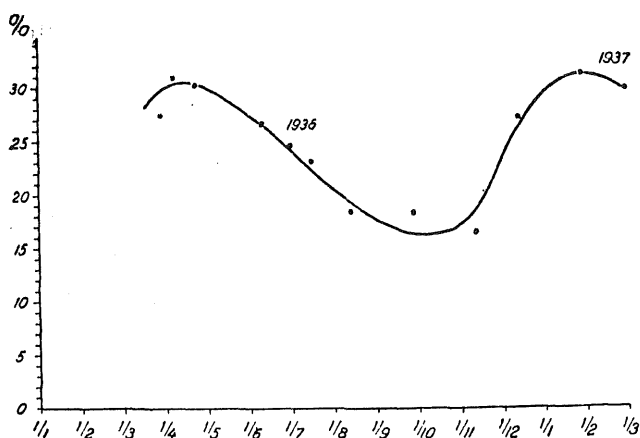


Abb. 3. Variation des Laminarins bei *Laminaria digitata* (nach LUNDE 1937a).

Auch der Mannit ist aus Algen technisch nicht oder nur wenig gewonnen worden. Mannit, ein sechswertiger Zuckeralkohol, ist in vielen Braunalgen in nicht unbeträchtlichen Mengen vorhanden. Am reichsten findet er sich bei den Laminarien. *Laminaria*

digitata hat im Sommer den höchsten Mannitgehalt; er kann fast bis 20% steigen (LUNDE 1937 a, RICARD 1931). Im Winter sinkt er bis auf 4—6% des Trockengewichtes (Abb. 4). *Laminaria saccharina*, die ja von dem süßlich schmeckenden Mannit her den

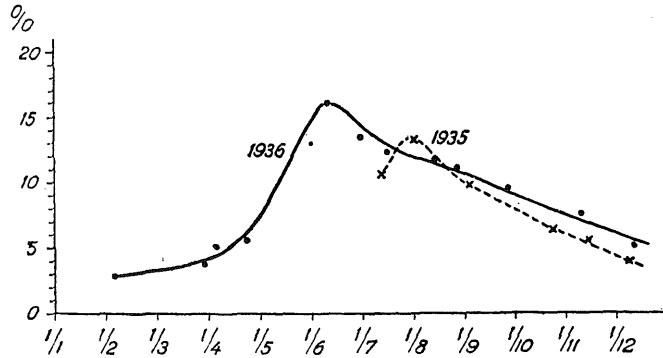


Abb. 4. Variationen des Mannitgehaltes von *Laminaria digitata* (nach LUNDE 1937 a).

Namen Zuckertang erhalten hat, kann im Sommer fast bis 25% Mannit enthalten (RICARD 1931). LUNDE weist darauf hin, daß der Mannit mancherlei aussichtsreiche technische Verwendungsmöglichkeiten hat, daß er aber heute nur wenig verwertet wird, da er viel zu teuer ist. Seine Brauchbarkeit bei der Herstellung von Glyptal-Lacken, die durch Kondensation von Polyalkoholen gewonnen werden, wird von ihm hervorgehoben. Die entstehenden plastischen Produkte sind bei Verwendung von Mannit besser als beim Ausgehen von Glycerin. Ebenfalls weist LUNDE auf die Möglichkeit der Nitrierung des Mannit, analog der des Glycerins hin, wodurch Hexanitromannit entsteht, ein sehr wirksamer Sprengstoff, der der Nitrozellulose nahesteht, und der schon heute als Initialsprengstoff Anwendung findet.

3. Gärprodukte.

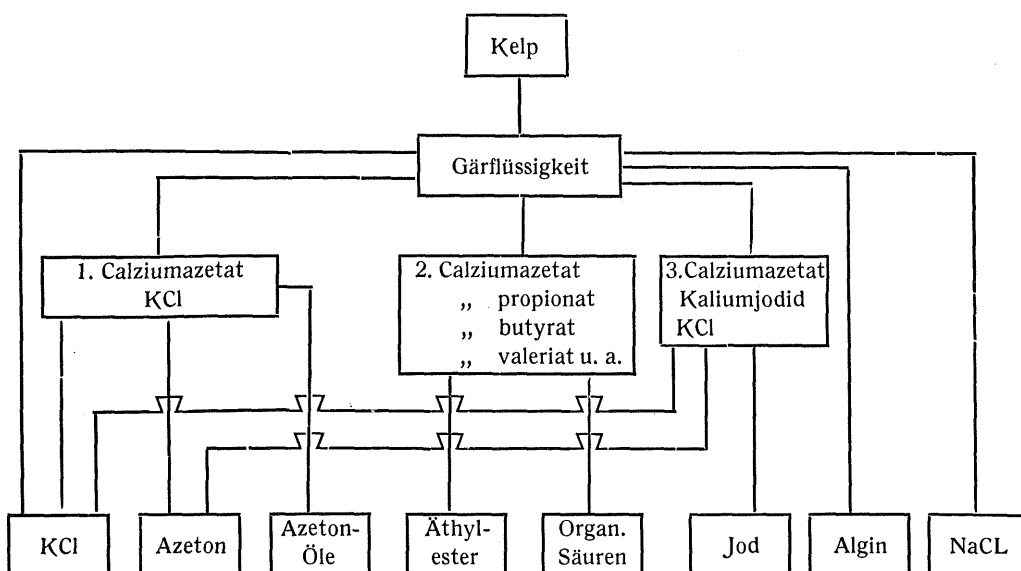
Es war oben bei der Aufzählung der verschiedenen Patentgruppen zur Gewinnung von Salzen aus Tangen erwähnt worden, daß eine weitgehende Ausnutzung der organischen Stoffe durch Vergärung erfolgt. So finden wir verschiedene Angaben, daß Alkohol aus Meeresalgen zu gewinnen sei. Nach KAYSER (1918) werden die Algen zerschnitten, der Einwirkung angesäuerten Wassers ausgesetzt, gekocht oder im Autoclaven bei 120° behandelt. Nach Hinzufügung von etwas organischem Stickstoff wird mit Hefen geimpft. KAYSER rechnet, daß 100 kg trockene Algen mindestens 15 l Alkohol liefern. An Stelle des Alkohol ließe sich auch Milchsäure gewinnen (zitiert nach SAUVAGEAU).

Ferner hat BURGVIC (1933) untersucht, inwieweit *Laminaria* ein geeignetes Substrat für Futter- und Preßhefen darstellt. Alkohol ließ sich nur in geringem Maße gewinnen, obwohl mit den verschiedensten Organismen experimentiert wurde (versch. *Saccharomyces*-Arten, *Torulopsis*, *Aspergillus*, *Mucor*). Die besten Alkoholausbeuten lieferte *Mucor javanicus*, der auf einem 5%igen zuckerfreien Auszug von *Laminaria saccharina* 0,42% Alkohol bildete. *Saccharomyces cerevisiae* war nur schlecht brauchbar. Auch LILLIG (1934) erwähnt, daß LANDMARK über die Verwendung von Tangen zur Alkoholgewinnung berichtet habe. Von der in den Tangen bis zu 40% vorhandenen Alginsäure sollen etwa 86% vergärbar sein. Man erhalte aus 100 kg absolut trockenen

Tanges etwa 21 l Alkohol. Die Rentabilität des Verfahrens sei jedoch nur gering. Praktisch ist von dieser Möglichkeit wohl nirgends Anwendung gemacht worden.

Hingegen hat der Azeton-Mangel während des Krieges in Amerika die große HERKULES POWDER CO. veranlaßt, in Los Angeles sich das für ihr Kriegsmaterial nötige Azeton aus Tangen durch Selbstgärung herzustellen. Es handelt sich um ein außerordentlich umfangreiches Unternehmen, das im Hinblick auf die Kriegszwecke keine Kosten scheute, im Moment des Kriegsschlusses aber infolge der großen Investitionen als wirtschaftlich unrentabel geschlossen wurde. Wir können HIGGINS (1918 a) eine schematische Zusammenstellung entnehmen, die den Arbeitsgang zeigt.

Abb. 5.



Der Kelp wird von den Ernteschiffen, auf denen er bereits zerstückelt wurde, in die Gärbottiche gepumpt. Dort fermentiert er etwa drei Wochen lang, bis eine fast völlige Zersetzung der Algen erfolgt ist. Die Gärflüssigkeit wird eingedampft, konzentriert und ergibt beim Kristallisieren 3 Fraktionen. Die erste enthält ein Gemisch von Calciumazetat und KCl. Sie wird in regulären Azetonretorten erhitzt. Dadurch gewinnt man Azeton aus dem Azetat und es bleibt KCl und Calciumkarbonat. Das Rohazeton ergibt leichte und schwere Azetonöle und reines Azeton.

Die zweite Fraktion wird mit Schwefelsäure und Alkohol versetzt und liefert die entsprechenden Äthylester und Fettsäuren. Die dritte Fraktion, die in der Hauptsache aus Kaliumjodid besteht, wird mit Chlor behandelt; das ausgeschiedene Jod wird getrocknet und sublimiert. Daneben wird noch etwas Rohazeton und KCl gewonnen. Das Schema gibt noch weiter an, daß aus der Gärflüssigkeit direkt KCl und NaCl dargestellt wird, doch führt HIGGINS im Text nichts Näheres an, wann diese Trennung erfolgt, wahrscheinlich beim Eindampfen. Als letztes Endprodukt wird noch Algin aus den in der Gärflüssigkeit nach dem Fermentieren zurückbleibenden Algenresten gewonnen. Daneben sind noch mancherlei andere organische Produkte abgefallen,

die auch in geringeren Mengen in den Handel gebracht wurden. Das sind verschiedene Ketone, Valerian- und Isovalerian-Säure, Salze dieser Säuren, sowie Kapronsäure.

Die Fabrikanlage, die eine Belegschaft von rund 1100 Mann hatte, verarbeitete in den letzten 30 Kriegsmonaten über 621 000 t Kelp, das sind mehr als 20 000 t im Monat. Zum Fermentieren dienten 156 Riesentanks, deren jeder etwa 2250 Hektoliter faßte. Pro Tag wurden rund 1200 t Tang verarbeitet und daraus 13 t 95%iges KCl, 1575 l Azeton und kleinere Mengen der entsprechenden anderen Substanzen gewonnen (CROSSMAN 1918, HERCULES POWDER CO. 1918).

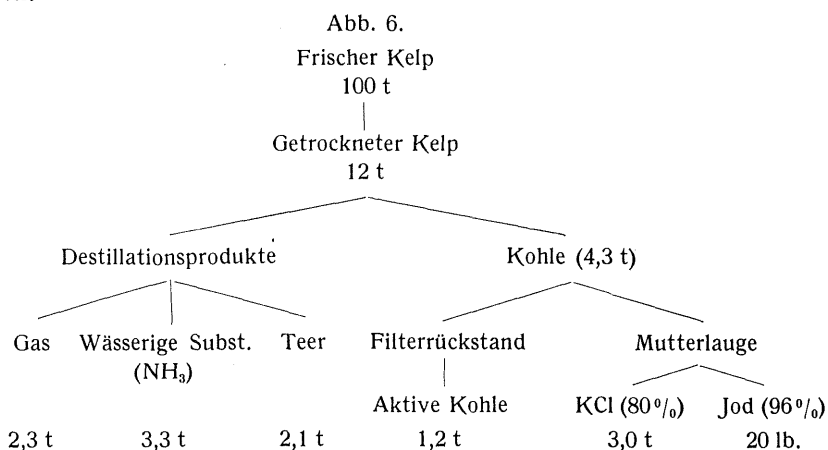
4. Destillationsprodukte.

Bei der von STANFORD vorgeschlagenen Destillation der getrockneten Algen entstehen auch eine Anzahl organischer Produkte, deren Verwertung technisch von gewissem Interesse sein kann. Neben den Salzen und Ammoniak entstehen Azetone, Holzgeist, ein leicht flüchtiges Öl, Paraffinöl, Farbstoffe, Teer und brennbare Gase. Es bleibt außerdem eine adsorptiv sehr wirksame Kohle zurück. BALCH (1904) schlug dann vor, die brennbaren Gase gleich zum Trocknen weiterer Tange zu verwerten. Es ist in der Folgezeit wiederholt dieses Verfahren aufgegriffen worden und die erhaltenen Produkte sind einer näheren Prüfung auf ihre technische Verwertbarkeit und ihre Rentabilität hin unterzogen worden. Ich nenne nur die Arbeiten von BALCH (1904), HOAGLAND (1905), TURRENTINE (1917), TUPHOLME (1926). In erster Linie ist man in Amerika an einer industriellen Auswertung dieser Verfahren interessiert gewesen¹⁾. So finden sich in einem Artikel „The pacific Kelp Potash Industry“ (Met. Chem. Eng. Bd. 18 No. 11 von 1918) außer der schon genannten Hercules Powder Co. noch 6 weitere Gesellschaften genannt, die sich mit der industriellen Ausbeute der Riesentange befassen. Bei den Destillationsverfahren hat sich im allgemeinen die Produktion an den oben erwähnten Produkten im Vergleich zu anderen Ausgangsquellen als nicht sonderlich vorteilhaft erwiesen (GREEN und JOHNSON 1912, vgl. auch KNUDSEN 1912), und wie wir oben schon sahen, ist auch TURRENTINE, der die meisten praktischen Erfahrungen besaß, zu der Ansicht gekommen, daß nur die Verwertung sämtlicher Haupt- und Nebenprodukte eine Ausbeute der Tange auf dem Wege trockener Destillation lohne.

Das größte technische Unternehmen dieser Art war die von TURRENTINE geleitete schon oben erwähnte Experimental Plant Potash from Kelp in Summerland (Californien). Über ihren Aufbau, die wichtigsten technisch-wissenschaftlichen Probleme, die sich bei der Verarbeitung und Verwertung ergaben, berichten verschiedene Mitteilungen von TURRENTINE und SHOAF (1919—1921), TURRENTINE, TANNER und SHOAF (1923), SPENCER (1920a, b) und TANNER (1922). TURRENTINE und SHOAF

¹⁾ In der „Nature“ von 1918 findet sich allerdings auch die Angabe, daß dem „Svensk Dagbladet“ vom 12. 5. 1918 zufolge in Schweden die Fucus Co. eine Fabrik zu errichten beabsichtige zur Verarbeitung von Tangen auf breiter Grundlage. Versuche in Stockholm hätten ergeben, daß 1 kg getrockneter Algen bei trockener Destillation folgende Substanzen liefere: 30—40 l Leuchtgas, 43% Kohle, 45% Destillate (Essigsäure, Methylalkohol, Ameisensäure, Azeton), 14% Salze (Kalium-, Natriumsalze, Jod, Brom) und ein sehr aromatisches Teerprodukt, sowie „carbolic tar (creosote?)“, das ein ausgezeichnetes Holzschutzmittel sei. Es haben sich aber keine Unterlagen finden lassen, ob die Errichtung der Fabrik stattgefunden hat. Heute ist sie sicherlich nicht mehr in Betrieb.

geben ein großes Schema für den Arbeitsgang und die entsprechenden Produkte. Stark vereinfacht und unter Beiseitelassung aller technischen Angaben ist es in Abb. 6 wiedergegeben.



Ein wichtiges Endprodukt dieses Verfahrens war, das hatte schon STANFORD erkannt, die Restkohle, die sich als außerordentlich adsorptiv wirksam herausstellte. ZERBAN und FREELAND (1918) haben bereits ausführlich darüber berichtet. Nach ihren Untersuchungen ist die adsorptive Wirkung dieser Kohle etwa 5 mal größer als die von Norit (vgl. dazu auch TURRENTINE und TANNER 1922, TANNER 1922 und MIUDA 1927). Eine weitere Verarbeitung der Teerprodukte hat SPENCER (1920a, b) untersucht; seine Mitteilung kommt aber über allgemeine Angaben der verschiedenen bei der Destillation erhaltenen Fraktionen nicht hinaus.

D. Die Verwertung der Algen als Nahrungsmittel.

1. Die Verbreitung des Algenessens.

Daß Meeresalgen gegessen werden, ist eine häufig genannte und von journalistischer Seite gern aufgegriffene und behandelte Tatsache. Meist wird, wie SAUVAGEAU das so nett schildert, darauf hingewiesen, daß wir diese unbegrenzt zur Verfügung stehenden Vorratsquellen ausnutzen und der Volksernährung zugänglich machen sollen. Tatsache ist, daß in der algologischen Literatur aller Länder immer wieder davon berichtet wird, daß Algen oder aus Algen hergestellte Produkte gegessen werden. Im allgemeinen kann man hierbei zwei große Gebietskreise erkennen. Das eine Gebiet, der europäisch-amerikanische Kreis, umfaßt die nördlichen Küstengebiete des Atlantischen Ozeans, sowie die pazifischen Küsten Nordamerikas. Das andere Gebiet, der ostasiatisch-indisch-australische Kreis, umfaßt die Küsten Japans, Chinas, sowie die Küstengebiete der Südseeinseln und Australiens.

a) Europäisch-amerikanischer Kreis.

Die Berichte über den Gebrauch von Meeresalgen als Nahrungsmittel in den europäischen Ländern liegen sehr zerstreut in einzelnen algologischen Arbeiten vor. Ohne Vollständigkeit anzustreben, sei zunächst für die europäischen Länder das Wichtigste

angeführt, wobei wir am besten der Darstellung, wie sie von SAUVAGEAU (1920) gegeben wurde, folgen.

Unter den Grünalgen ist es *Ulva Lactuca* (L.) LE IOLIS, die nach GREVILLE und STANFORD meist als Salat in Schottland gegessen wurden. Versuchshalber hat SAUVAGEAU sich derartigen Salat hergerichtet, von dem er schreibt: „c'était coriace et cireux et, malgré un bon estomac, j'ai craint éprouver une indigestion“. Während des Krieges hat PHILIPPSEN (1915) aus *Ulva*, *Enteromorpha* und *Monostroma* mit saurem Rahm oder mit Essig bzw. Zitrone, Pfeffer, Zwiebeln und Öl einen Salat bereitet und gegessen, dessen Geschmack „wunderbar schön, leicht pikant“ gewesen sei und „hinter dem schönsten Gartensalat nicht zurückgestanden habe“. Über die Bekömmlichkeit hat er nichts berichtet. Allgemein werden aber heute nirgends, auch in Schottland nicht, Grünalgen gegessen.

Unter den braunen Algen sind vor allem junge Stiele der *Laminaria saccharina* in Schottland beliebt gewesen und GREVILLE berichtet, daß auch noch vor hundert Jahren diese als „Tangle“ in den Straßen von Edinburgh von den Fischern ausgerufen wurden. SAUVAGEAU fügt hinzu, daß auch noch 1918 „Tangle“ und „Dulse“ (s. weiter unten) bei Gemüsehändlern in Schottland zu kaufen gewesen seien. Auch *Alaria esculenta*, deren Speciesname ja auf die Eßbarkeit hinweist, wurde früher in Schottland als „Badderlocks“ und in Irland als „Murlins“ und besonders in Island als „marinkjarni“ gegessen (TURNER 1808—1819). Nirgends sind sie heute noch als Speisen üblich, obwohl sie besonders in Island zu den normalen Nahrungsmitteln zählten.

Unter den Rotalgen sind es ebenfalls nur wenige, die zur Nahrung dienen. Am bekanntesten ist *Rhodymenia palmata*, die „Dulse“ der Schottländer oder „Dillesk“ oder „Dillisk“ der Irländer. Sie wurde frisch gegessen. So berichtet GREVILLE, daß er sie gern beim Botanisieren an den Küsten frisch verzehrt hat. Sehr verbreitet war auch ihr Gebrauch in Island, wo sie schon seit dem 8. Jahrhundert erwähnt wird und von Beginn des 12. bis in das 19. Jahrhundert hinein als Handelsobjekt geführt wurde. Ihr Name war in Island „söl“. *Rhodymenia* wurde dort gern zu getrockneten Fischen, aber auch mit Butter und Kartoffeln gegessen und zu Zeiten von Hungersnot auch im Brot verbacken. Heute ist der Gebrauch fast ganz geschwunden; sie wird nur noch gelegentlich an der Südküste der Insel verzehrt. Dort wurde 1888 noch auf dem Markt für 1 kg getrockneter *Rhodymenia* 1 Krone gezahlt. Es sei noch hinzugefügt, daß diese Alge auch als eine Art Kautabak geschätzt war. Sie wurde dazu gewaschen, getrocknet und in kleine Päckchen gerollt.

Gern gegessen wurde früher auch *Porphyra laciniata* J. AG., die „laver“ der Engländer oder „sloke“ der Schotten, über deren Gebrauch GREVILLE (1830), HARVEY (1846—51), STANFORD (1886) u. a. berichten. Sie wurde meist als Salat genossen. Auch von der französischen Küste wird dieser Gebrauch berichtet (FOURGEROUX et TILLET 1776) und ebenfalls von Irland, wo sie nach COTTON „sloke“, „slouk“ oder auch „sloukaen“ genannt wird.

Schließlich seien noch zwei Arten erwähnt, die „Pepperdulse“ der Schottländer, *Laurencia pinnatifida* und *Iridaea edulis*, die beide als Nahrungsmittel verwendet wurden. *Laurencia*, die frisch zu manchen Jahreszeiten einen scharfen Geschmack besitzt, ja auch schon durch ihren scharfen Geruch auffällt, wurde meist als Gewürz

verwendet. Nach STANFORD diente sie aber in Island auch als Kautabak. *Iridaea* wurde trotz ihres Speciesnamens in Schottland und Südwestengland wenig gegessen. Nach GREVILLE ist sie wohl vielfach mit *Rhodymenia* verwechselt worden und verdankt wohl dieser Verwechslung ihren Speciesnamen. SAUVAGEAU hat sie frisch gegessen und zieht sie der *Rhodymenia* bei weitem vor.

Auch von den amerikanischen Küsten wird berichtet, daß hier Algen gegessen wurden. So erwähnt SWAN (1893), daß die Haida-Indianer auf den Königin-Charlotte-Inseln an der Nordwestküste Nordamerikas *Ulva lactuca*, *Porphyra* und *Rhodymenia palmata* roh und zubereitet zu essen pflegten, und von Alaska berichtet JOHNSTON (1912), daß die dortigen Bewohner *Rhodymenia palmata* einsammelten, um sie als Kautabak oder zum Essen zu verwenden. FARLOW (1876) erwähnt von den Küstenländern der Vereinigten Staaten, besonders von Boston, daß dort, eingeführt aus den Kanadischen Staaten, ebenfalls *Rhodymenia* gern an Matrosen und dort wohnende Irländer verkauft wurde. Ein derartiger Verkauf muß auch später noch stattgefunden haben, denn M. SWARTZ (1911) berichtet, daß sie die für ihre Versuche verwendete *Rhodymenia* auf dem Markt gekauft habe. Ferner werden in Nordamerika die Stiele und Stücke der riesigen Schwimmblasen von *Nereocystis* als „Seatron“ in den Handel gebracht, nach dem sie nach einem Verfahren von FRYE und MAGNUSON entsalzt und dann kandiert wurden.

Hier mag auch, wenn auch nicht direkt zum Gebiet gehörig, noch erwähnt werden, daß in Südamerika die riesige Fucacee *Durvillea utilis* und auch *Ulva Lactua* besonders auf der Insel Chiloë und in Süd-Chile gesammelt und gegessen werden. Die Algen werden als „Cachiyugyo“-Salzkraut getrocknet in Bündeln in den Handel gebracht und können heute noch überall, auch auf den Märkten der Großstädte wie etwa Santiago gekauft werden. Sie werden von der Eingeborenen-Bevölkerung, nicht von den Weißen, in Suppen oder auch als Gemüse zubereitet gegessen¹⁾.

An bearbeiteten Algenprodukten ist es nur das Carrageen aus *Chondrus crispus*, das selten als Nahrungsmittel auch heute noch gebraucht wird. Die aus den Algen beim Kochen gewonnenen gelierenden Massen werden mit Fruchtsäften oder ähnlichem versetzt und als Pudding verwendet. Der Gebrauch findet sich an den europäischen Küsten ebenso wie an den amerikanischen, ist aber wenig ausgeprägt, da sich diese Speisen keiner besonderen Beliebtheit erfreuen. Anders ist es mit dem in Japan hergestellten Agar-Agar. Dieses Algenprodukt wird in Amerika wie auch in Europa sehr gern zur Herstellung von Pudding und dergl. verwendet, ja in besonders reiner Form auch zur Herstellung von Speiseeis, Pasteten und Zuckerwaren. Er wird vielfach als Ersatz für Gelatine verwendet, doch ist das Produkt für einen allgemeinen derartigen Verbrauch zu teuer.²⁾

¹⁾ Ich verdanke die Bestätigung, daß diese Algen heute noch gegessen werden, Herrn Kollegen FRANZ KÜHN, der den Gebrauch von seinem früheren, jahrelangen Aufenthalt in Südamerika her kannte und ihn auf seiner letzten Forschungsreise 1936/37 wieder bestätigen konnte.

²⁾ CAUER (1938) berichtet, daß nach einer Mitteilung in den Halleschen Nachrichten in Norwegen in bestimmten Bezirken Tangmehl dem Brot beigemischt würde. Die Grundlagen dieser Mitteilung müßten erst auf ihre Richtigkeit geprüft werden. Es wäre möglich, daß es sich um besondere Notmaßnahmen einzelner Bezirke handelt. Auch die in einer Anmerkung gemachte Angabe, daß nach

Wenn man alle diese Angaben, die sich auf jene Berichte beziehen, nach denen wirklich in größerem Maßstab die Algen gegessen wurden, betrachtet, so fällt das eine auf, daß fast alle Berichte mehrerer Jahrzehnte, ja oft über 100 Jahre zurückliegen. Nur vereinzelt wird einmal darauf hingewiesen, daß auch noch heute diese und jene Algen gelegentlich gegessen werden. Um ein genaues Bild von dem heutigen Zustand zu erhalten, hat sich SAUVAGEAU an eine Anzahl Algologen in den in Frage kommenden Ländern gewandt, die als ausgezeichnete Kenner der jeweiligen Küsten gelten konnten. Von allen ist ihm immer wieder bestätigt worden, daß der Gebrauch der Meeresalgen als Nahrungsmittel in den letzten 50 Jahren kaum noch üblich war, und heute fast ganz erloschen ist. Lediglich von der Südküste von Island wurde, wie wir erwähnten, berichtet, daß *Rhodymenia palmata* noch etwas häufiger gegessen wird. Wenn also in allgemeinen, populären Berichten, aber auch in wissenschaftlichen Veröffentlichungen immer wieder auf die seetangessende Bevölkerung Skandinaviens, Dänemarks, Schottlands, Irlands und Islands hingewiesen wird, so bezieht man sich dabei im Grunde genommen auf einen Zustand, wie er vor 100 Jahren vielleicht einmal gewesen ist, vergißt dabei aber auch noch hinzuzufügen, daß häufig nur Not und Armut die Bevölkerung zum Essen der Algen führten. Ist ja auch der 1915 erschienene Aufsatz von PHILIPPSEN: „Meeresalgen als Kriegsgemüse“ nur aus der damaligen Notzeit heraus entstanden¹⁾. Mit der Verbesserung der Verkehrsmittel ist ein Herbeischaffen der an den Küsten oder auf Inselgebieten fehlenden Nahrungsmittel möglich geworden, so daß man allmählich auf die Verwertung der Meeresalgen verzichten konnte. SAUVAGEAU weist dabei mit einem gewissen Recht darauf hin, daß sicherlich, wenn Meeresalgen wirklich ein besonders hochwertiges Nahrungsmittel darstellten, dann auch der aus Erfahrung gewonnene Gebrauch wenigstens bei diesen Arten sich erhalten hätte. Wir werden später noch einmal darauf zurückkommen.

Eine Ausnahme scheint der Gebrauch der Algen in Süd-Chile zu bedeuten. Hier werden zweifellos auch heute noch die Algen regelmäßig von der Bevölkerung gegessen. Es wurde aber schon darauf hingewiesen, daß nur die eingeborene Bevölkerung davon Gebrauch macht. Vielleicht prägt sich darin noch ein Relikt aus, das auf die ostasiatische Urheimat dieser Bevölkerung hinweist, wo auch heute noch, wie wir sehen werden, die Algennahrung zur normalen Volksernährung gehört.

b) Ostasiatisch-indisch-australischer Kreis.

Ganz anders als in den bisher behandelten Gebieten gehören in Japan und China, in Kamtschatka, sowie bei einigen Küstenstämmen Australiens und einiger Südseeinseln die Meeresalgen mit zu den wichtigen und verbreiteten Nahrungsmitteln. Schon auf den Hawaiinseln begegnet uns eine Bevölkerung, bei der in sehr großer Menge Meeresalgen zum täglichen Nahrungsbedarf zählen. Die Algen werden dort als „Limu“ bezeichnet, und wir verdanken SETCHELL (1908) und Miss REED (1907) ausführliche Berichte und Beschreibungen der dort gesammelten und gegessenen Algen.

einer persönlichen Mitteilung von Herrn Ing. LARSEN, Statens teknologiske Inst. in Oslo, „vor allem auch Brot aus reinem Seetangmehl hergestellt“ würde, besagt noch nicht, ob es sich dabei um eine allgemeine Ernährungsmaßnahme oder spezielle Versuche handelt.

¹⁾ Siehe auch O. REINKE (1918).

In neuerer Zeit ist der Bericht von GAUGHEY (1918) hinzugekommen. Es werden etwa 60 Arten aufgezählt. Die Bevölkerung genießt sie meist roh mit Fischen, zum Teil aber auch gekocht, als Dickmittel für Soßen usw. Heute scheint auch dort dieser Gebrauch nachgelassen zu haben. Jedenfalls berichtet schon SETCHELL, daß die jungen Bewohner der Insel kaum noch die Algenarten unterscheiden und benennen konnten. Sicher werden aber Algen von der eingeborenen Bevölkerung noch regelmäßig gegessen.

Zum normalen Nahrungsbedarf gehören die Meeresalgen auch in China und Japan heute noch ebenso wie vor Jahrzehnten oder Jahrhunderten. PERROT und GATIN (1912) geben auf den Berichten von MARTENS (1866), YENDO (1902), SMITH (1904) und DAVIDSON (1906) fußend eine Zusammenstellung der in Ostasien und auf einzelnen Südseeinseln gegessenen Algen. Dabei sind vielfach auch die Volksnamen mitgenannt. Es sei hier nur erwähnt, daß viele dieser Algen auch in europäischen Gebieten nahe verwandte Arten besitzen. So werden z. B. unter den Grünalgen Arten von *Enteromorpha*, *Ulva* und *Codium* genannt, unter den Braunalgen von *Sargassum*, *Cystophyllum*, *Alaria*, *Phyllitis*, *Chordaria* und *Mesogloea* und unter den Rotalgen von *Porphyra*, *Nemalion*, *Chondrus*, *Gigartina*, *Gymnogongrus*, *Ceramium*. Gegessen werden die Algen bald roh als Salat mit Essig oder Öl, bald gekocht als eine Art Gemüse, meist mit Sojabohnensoße und Fisch, aber auch eingesalzen. Häufig wird auch aus ihnen eine Art Gelatine gewonnen, die mit und ohne Zusatz von Zucker, Fruchtsäften u. ä. gegessen wird. Nicht selten dienen die Algen auch nur als eine Art Gewürz.

Der Genuß der unverarbeiteten Algen ist besonders unter der chinesischen Küstenbevölkerung weit verbreitet, in Japan tritt er etwas gegenüber dem Gebrauch präparierter Algenprodukte zurück. Doch erscheinen sie in beiden Ländern als Marktware. Das gilt im besonderen von den bearbeiteten Handelsprodukten in Japan: Asakusa-Nori oder Amanori, Kombu und Wakame, deren Herstellung in großem Maßstabe industriell stattfindet.

1. Amanori.

Amanori ist der japanische Namen für einige *Porphyra*-Arten: *Porphyra laciniata*, *P. vulgaris* und *P. tenera*. Diese Algen werden nur zum geringen Teil frisch gegessen; sie werden vielmehr in der Regel in bestimmter Weise präpariert und dann als „Asakusa-Nori“ oder „Hoshi-Nori“ auf den Markt gebracht. Da das natürliche Vorkommen der Alge bei weitem nicht ausreicht, ist man schon seit langem dazu übergegangen, die Alge zu kultivieren. Auf die Kulturmethoden wird in einem späteren Abschnitt noch näher eingegangen.

Wenn die Alge, die in der Nähe der oberen Wassergrenze gedeiht, geerntet ist, wird sie zunächst in großen Bottichen in frischem Wasser gewaschen, sortiert und mit einem Handmesser in kleine Stücke zerhackt (Abb. 7)¹⁾. Die zerhackte Masse wird dann auf dünne, sehr feine Bambusmatten in einem Rahmen in dünnen Lagen verteilt. Die so vorbereiteten Bambusmatten werden zuerst in Stößen, später auf geeigneten Bambuslagen an der freien Luft rasch getrocknet. Die Algenschichten, die etwa

¹⁾ Die Abb. 7—14 sind der Arbeit von SMITH (1906) entnommen, der sie nach Originalen, die bei MIYABE (1902) veröffentlicht sind, wahrscheinlich hat nachzeichnen lassen.

25 × 35 cm groß und dünn wie Schreibpapier sind und ein schwarz gesprenkeltes goldbraun glänzendes Aussehen haben, werden zu je 10 in Bündeln in den Handel gebracht.

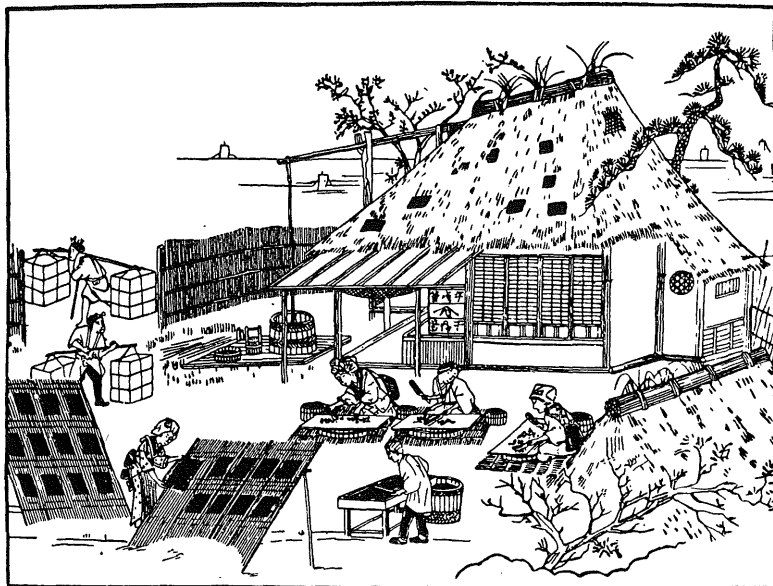


Abb. 7. Die Verarbeitung von Porphyra.

Beim Gebrauch in der Küche werden sie leicht geröstet, wobei sie sich kräuseln und ihre Farbe in grün umschlägt. Zerstückelt werden sie dann in Soßen, Suppen oder Fleischbrühen gegeben, denen sie dann einen charakteristischen Geschmack verleihen. Gern werden sie auch nur in Soßen, besonders aus Sojabohnenmehl getunkt und so gegessen. Auch als Konserven findet man sie im Handel. Als „Sushi“ sind sie besonders beliebt. Das ist eine Art Fischroulade. Auf einem Stück Amanori wird gekochter Reis und darauf Streifen von Fischfleisch gebracht. Das Ganze wird zusammengerollt und dann in dünne Scheiben geschnitten. Amanori ist bei den Japanern die beliebteste und begehrteste Algenspeise, die vor allem als „Sushi“ in keinem Verkaufsstand, keinem Hotel oder Restaurant, aber auch in keinem Privathaushalt fehlt.

Der starke Verbrauch dieser Alge findet seinen Ausdruck schon in den beträchtlichen Kulturflächen für diese Alge und den Produktionszahlen. Nach den schon genannten japanischen Statistiken betrug die Kulturfläche für Amanori 1927 34,4 Quadratkilometer mit 23837,6 t Ertrag. Sie war 1936 auf 50,4 Quadratkilometer mit 31539,3 t Ertrag erweitert worden. Dazu kommen noch die außerhalb der Kulturen gesammelten Algen, die sich 1936 auf 2244 t mit einem Wert von 551769 yen beliefen. Aus diesen Mengen wurden an Fertigprodukten („Asakusanori“ oder „Hoshinori“) im Jahre 1936 rund 2752 t mit einem Werte von 13964937 yen gewonnen. Die Ausfuhr, die wieder in erster Linie nach China erfolgen dürfte, ist nicht sehr beträchtlich. Sie belief sich 1936 auf 499000 yen. Von den ungeheuren Algenmassen, die für eine derartige Produktion notwendig sind, kann man sich eigentlich erst dann einen rechten Begriff machen, wenn man sich vorstellt, aus welcher feinen, dünnen und zarten Zellflächen eine Porphyrapflanze gebildet wird.

2. Kombu.

Eine fast ebenso große Rolle, wie Amanori spielt der Kombu bei den Japanern. Man versteht unter Kombu verschiedene Arten von Nahrungspräparaten, die besonders aus großen Laminarien gewonnen werden. Die Kombu-Herstellung ist eine sehr alte. Nach SMITH (1904) geht sie bis auf 1730 zurück. Verwendet werden nach diesem



Abb. 8. Tangfischer aus Hokkaido.

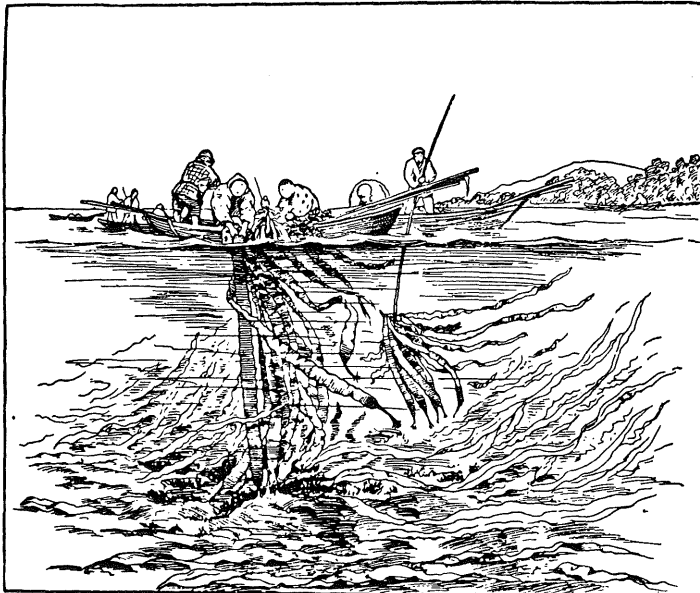


Abb. 9. Sammeln von Laminarien.

Autor und nach dem oben erwähnten Bericht von DAVIDSON: *Laminaria japonica*, *L. regiliosa*, *L. angustata*, *L. longissima*, *L. ochotensis*, *L. yezoensis*, *L. fragilis*, *L. diabolica*, *L. gyrata* und andere seltenere Vertreter dieser Familie, ferner *Arthrothamnus bifidus* und *A. Kurilensis* sowie *Alaria fistulosa*. Die Arten werden meist in der Umgebung von Hokkaido gefischt.

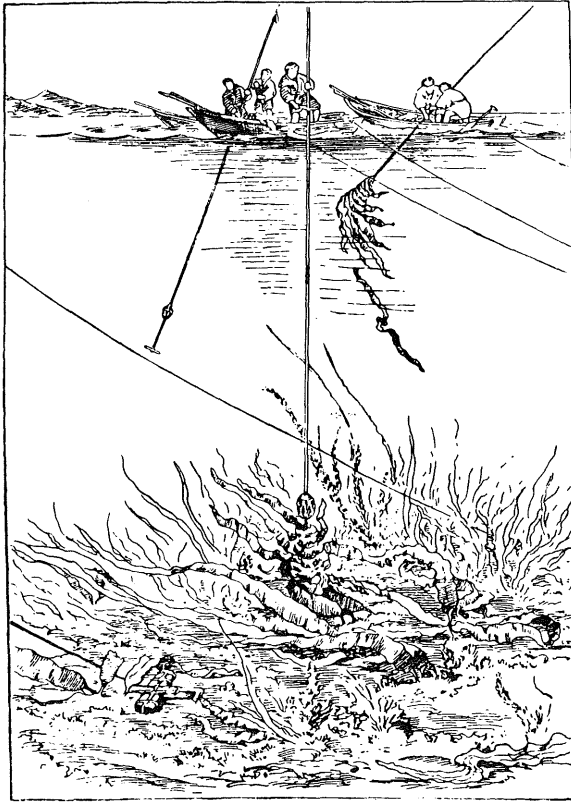


Abb. 10. Sammeln der Laminarien.

Die Ernte der in der Tiefe wachsenden Laminaria-Arten erfolgt bis zum Oktober und wird, wie SMITH und DAVIDSON berichten, von offenen Booten aus betrieben (Abb. 8, 9 und 10). Daran dürfte sich auch heute noch nichts geändert haben. Die Fischer bedienen sich entweder langer Stangen, an denen sich Haken, Zacken oder Gabeln befinden, mit denen sie die Tange erfassen und vom Substrat gewissermaßen abdrehen, oder sie schleppen harpunenartige Haken am Boden mittels von Tauen entlang (Abb. 10, 11).

Die geernteten Pflanzen werden ans Ufer gebracht und sehr sorgfältig in parallelen Reihen zum Trocknen ausgelegt (Abb. 12). Wenn sie fast trocken sind, werden Stiel- und Haftorgan abgeschnitten, die Pflanzen nach Art und Größe sortiert und nach völligem Trocknen in Bündel von etwa 50 bis 70 Pfd. verschnürt in die Kombu-

Fabriken gebracht. Dort werden die Algen in sehr verschiedener Weise behandelt. Am häufigsten wird der Kizami- oder Ao-Kombu, d. h. Schnitzel oder grüner Kombu hergestellt. Dazu verwendet man die dünnen Laminarien, besonders *Laminaria longissima*. Die getrockneten Algen werden in großen Kupfer- oder Eisenkesseln in kochendes Wasser, das stark mit Malachitgrün gefärbt ist¹⁾, gebracht und 15—30 Minuten unter häufigem Umrühren gekocht. Sie nehmen dabei eine tiefgrüne Färbung an. An der Luft werden sie dann zum Trocknen aufgehängt. Sind sie oberflächlich getrocknet, legt man sie sorgfältig aufeinander, preßt sie in hölzerne Rahmen. Das herausgenommene lange Algenpaket wird an vier Stellen quer mit Bindfaden umwickelt. Die so präparierten Algenstöbe, die bis 125 kg wiegen, werden dann in vier

¹⁾ Früher verwendete man Kupfersalze, doch ist deren Gebrauch ihrer Giftigkeit wegen schon seit langem verboten.

gleiche Partien so zerschnitten, daß jede Bindfadenumwicklung je einen Teil zusammenhält. Diese kleinen Bündel werden nun in rechteckige Preßrahmen eingesetzt, deren Weite der Länge der Bündel entspricht. Ist der Rahmen gefüllt, wird die ganze Masse mit Wasser besprengt, damit sie möglichst fest aneinander haftet, und mit Keilen, Hebeln und Seilen sehr fest zusammengepreßt. Nach einiger Zeit wird eine Seitenwand des Rahmens entfernt und mit Hobeln werden feine Späne von der

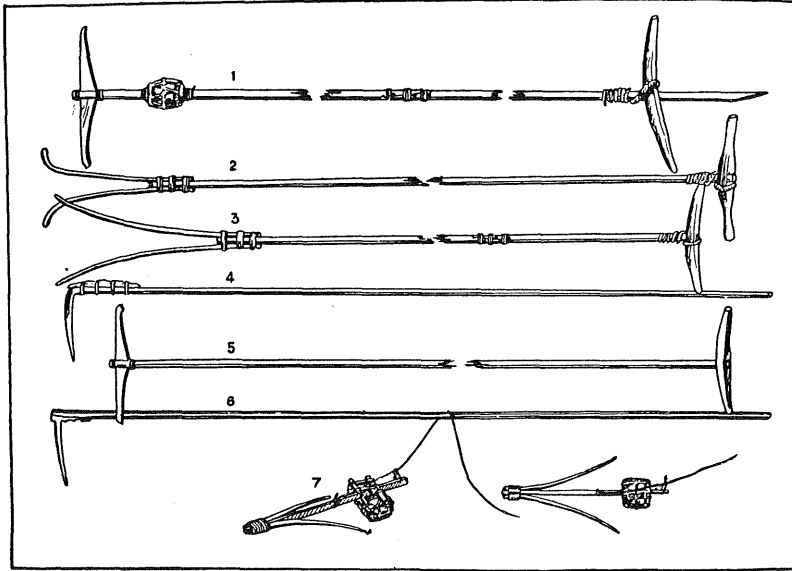


Abb. 11. Sammelgeräte japanischer Algenfischer.

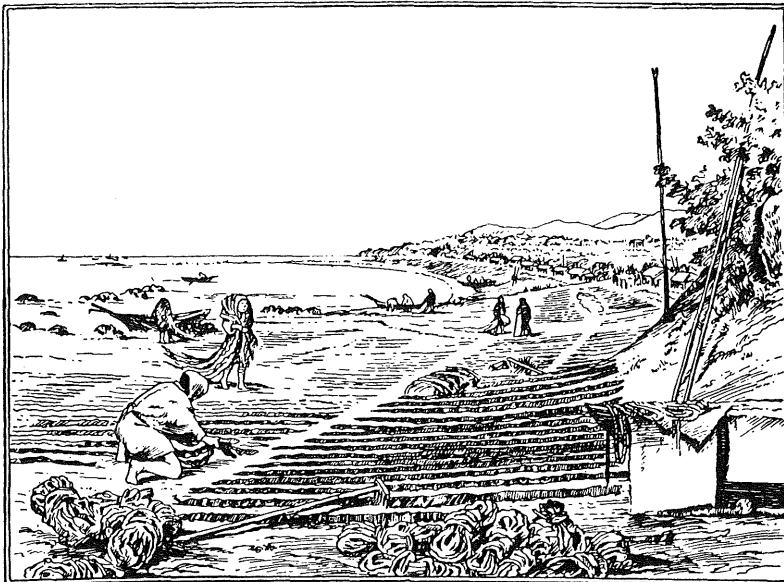


Abb. 12. Trocknen der Laminarien.

Algenmasse abgehobelt. Diese Späne oder Schnitzel werden auf großen Matten an der freien Luft unter häufigem Umwenden getrocknet, bis ihre Oberfläche vollkommen trocken ist, im Inneren aber noch soviel Feuchtigkeit vorhanden ist, daß sie biegsam bleiben. Der nun fertige grüne Kombu oder Schnitzelkombu wird in Haufen gespeichert und in Paketen oder Kisten verpackt zum Verkauf gebracht.

Aus den dickeren Laminarien, besonders aus *Laminaria diabolica* (= Onikombu) werden andere, feinere Kombupräparate gewonnen. SMITH beschreibt ihre Herstellung in folgender Weise.

Die sorgsam getrocknete Alge wird in schwach verdünntem Weinessig eingequollen, bis sie gut biegsam geworden ist. Mit einem stumpfen Messer wird jetzt die braungrün gefärbte Oberfläche in kleinen Stückchen abgeschabt, bis das weiße Innere der Alge sichtbar wird. Die Schabstücke ergeben den kuro-tororo oder schwarzen Kombu, der von geringerer Qualität ist, da vielfach Sand und anhaftender Schmutz ihn verunreinigt. Wird das Abschaben weiter fortgesetzt, so erhält man nun weißliche, faserige Geschabsel, die als shiro-tororo oder weißer Kombu verkauft werden. Von der restlichen Alge werden dann mit sehr scharfen Messern dünne, und feine hautartige Stücke von unregelmäßiger Form abgeschält, die den oboro oder häufigen Kombu ergeben. Die noch zurückbleibenden mittleren sehr dünnen Algenbänder, die durch Abschaben nicht weiter behandelt werden können, werden gebündelt, gepreßt und ähnlich dem grünen Kombu mit einem Hobel bearbeitet. Dabei entstehen sehr feine faserige Späne, die als shirago kombu oder Weißhaarkombu verbraucht werden.

Weniger dicke Arten, z. B. *Laminaria japonica*, die eine derartige Behandlung in so ausgedehntem Maße nicht zulassen, werden, nachdem die gefärbten Rindenpartien entfernt sind, in kleine Stücke verschiedener Form wie Sternchen, Quadrate, Kringel u. ä. zerschnitten, die über einem Feuer getrocknet und dadurch kraus werden. Sie sind als Koiro-Kombu (= feuergetrockneter Kombu) im Handel zu haben. Mit Zucker überzogen werden sie als Kuvashi-Kombu (= Süßer Kuchenkombu) verkauft. Doch können die gerösteten Stücke auch gepulvert werden. Sie ergeben dann den Saimatsu-Kombu (= feines Kombupulver), der zu verschiedenen Kuchen gepreßt und überzuckert gegessen wird. Schließlich sei noch der Cha-Kombu (= Teekombu) erwähnt, der ähnlich wie der grüne Kombu hergestellt wird, doch werden die abgehobelten Späne nochmals zerschnitten, so daß sie mit gerollten Teeblättern Ähnlichkeit bekommen.

Die einzelnen Kombu-Arten finden sehr verschiedene Anwendung in der Küche. Grüner Kombu wird mit Fleisch, besonders Fisch, und Suppen gekocht oder auch als Gemüse aufgetischt. Der gepulverte Kombu wird außer in der schon genannten Form zu Soßen, Suppen und Brühen verwendet oder zu Reis ähnlich dem Curry gegeben. Teekombu, auch gepulverter Kombu und grüner Kombu werden als Tee genossen.

Von dem starken Gebrauch des Kombu in Japan geben die statistischen Zusammenstellungen der letzten Jahre ein Bild. So finden wir für die zur Kombubereitung gesammelten Laminarien folgende Zahlen:

1934:	475316,9 t	im Werte von	3930373 yen
1935:	333423,1 t	„ „ „	4195723 „
1936:	293284,2 t	„ „ „	4389277 „

An Handelsware wurde daraus hergestellt:

1934:	57087,5 t	im Werte von	4921802 yen
1935:	52057,9 t	„ „ „	6417436 „
1936:	48044,6 t	„ „ „	7002755 „

Auch der Export an Kombu ist recht beträchtlich:

1934	für	2364000 yen
1935	„	3297000 „
1936	„	3656000 „

Da Kombu außer in Japan nur noch in China gegessen wird, kommt praktisch wohl der gesamte Export nur für dieses Land in Frage.

3. Wakame.

Die Wakame-Herstellung ist eine sehr einfache. Es handelt sich eigentlich nur um ein einfaches Trocknen der verwendeten Alge *Undaria pinnatifida*, die etwa 40—50 cm groß wird. Diese Alge wird vom Februar bis Juni mit langen Rechen geerntet und dann getrocknet. In einzelnen Distrikten ist die Präparation etwas umständlicher. Hier werden die Algen nach dem Waschen in Süßwasser getrocknet, aber dann nochmals in Süßwasser gewaschen. Darauf wird die Mittelrippe entfernt und die Thalluslappen auf Seilen zum Trocknen aufgehängt. Sind sie halbtrocken, so werden sie kräftig durchgeknetet und dann rasch völlig getrocknet. In Bündeln kommen sie in den Handel. Gelegentlich werden sie, in kleine Stücke zerschnitten, als Kizami-Wakame (= Schnitzel-Wakame) verkauft. Auch geröstet und mit Zucker überzogen, oft in Büchsen eingemacht, wird die Alge zubereitet und dann als Ito-Wakame gehandelt.

Auch von der *Undaria* werden recht beträchtliche Mengen geerntet. So wurden 1936 nach der japanischen Statistik 44601,3 t im Werte von 1498276 yen gesammelt, von denen als Fertigprodukte 8969,5 t mit einem Werte von 1630498 yen gehandelt wurden.

Um sich einen Begriff von den Massen an Meeresalgen zu machen, die in Japan allein in der Nahrungsmittelindustrie in einem Jahre verbraucht werden, seien für 1936 die Rohmaterialien und entsprechenden Fertigprodukte zusammengestellt.

Tabelle 7.

	Geerntete Algen:	Fertigwaren:
Amanori gefischt:	2244,0 t	} 2752,0 t
„ kultiviert:	31539,3 t	
Kombu:	293284,2 t	48044,6 t
Wakame:	44601,3 t	8969,5 t
	<u>Insgesamt:</u> 371668,8 t	59766,1 t

Dazu kommen nun noch alle jene Algen, die von den Küstenbewohnern für ihren eigenen Bedarf gesammelt werden, eine Menge, die bei der großen Zahl der benutzten Algen sicherlich nicht gering ist.

Trotz der großen Massen ist der Anteil der Algen an der Gesamtnahrung der Japaner doch nicht so groß wie es im ersten Moment erscheint. So führen KELLNER und MORI (1989) eine Tabelle an, aus der hervorgeht, daß die Algennahrung nur 0,5%

der gesamten vegetabilischen Nahrung ausmacht. Neuere Angaben konnten nicht gefunden werden, es ist aber anzunehmen, daß die Zahl heute noch angenähert Geltung haben wird.

Es ist natürlich, daß in Ländern, wo die Algen selbst schon in so mannigfaltiger Weise zum Essen verwendet werden, auch jene Produkte als Nahrung dienen, die aus Algen gewonnen werden. So wird Agar-Agar oder Kanten in erster Linie in Japan und China als Nahrungsmittel gebraucht, weniger zu industriellen Zwecken. Er dient in der Küche zur Herstellung von Gelees, die meist verschieden gefärbt mit und ohne Fruchtsäfte gegessen werden. Ebenso ist er als Dickmittel für Soßen und Suppen sehr beliebt.

2. Die physiologischen Grundlagen der Algennahrung.

Wir sahen, daß für die Menschen der weißen Rasse Algen heute nur noch gelegentlich und vereinzelt als Notnahrungsmittel dienen, daß aber für andere Menschenrassen Meeresalgen zur täglichen Kost gehören. Es erhebt sich daher die Frage, worin der Nährwert dieser Nahrungsmittel liegt. Analysen über den Gehalt der verschiedenen Nährstoffkomponenten, sowohl der eßbaren Algen wie auch der Algenprodukte liegen eine ganze Anzahl vor. Sie mögen in der folgenden Tabelle 8, die etwas ergänzt und verändert dem Buch von TRESSLER: „Marine Handelsprodukte“ entnommen ist, zusammengestellt werden.

Aus der Tabelle geht klar hervor, daß mit Ausnahme von *Nostoc*, einer Süßwasseralge, die in China gegessen wird, *Porphyra* und *Enteromorpha Linza*, der Nährwert der Algen in erster Linie in ihren N-freien organischen Stoffen liegen müßte. Die drei eben genannten Arten enthalten dagegen auch noch eine auffallende Menge stickstoffhaltiger Stoffe. Für die Beurteilung des Nährwertes nützen aber diese Angaben recht wenig. Die Zahlen für Rohprotein sind ja einfach erhalten worden, indem man die in der Analyse ermittelten Werte für den Gesamtstickstoff mit 6,25 multiplizierte, also unter der Annahme betrachtet, daß sie sämtlich in einem Eiweiß mit etwa 16% N enthalten sind. Darüber sagen aber die Analysen gar nichts aus. Auch Angaben über die Löslichkeit der Stickstoffkomponenten, wie sie KÖNIG und BETTELS (1905) in der etwas gekürzten wiedergegebenen Tabelle 9 bringen, besagen nichts über die Verdaubarkeit (vgl. auch ALSBERG 1912 und CULLEN 1914).

Solange die einzelnen Stickstoff-Komponenten nicht näher charakterisiert sind, läßt sich nichts über ihre Verwertbarkeit bei der Verdauung aussagen. Darauf weist auch HOAGLAND (1916) bei seiner Untersuchung der amerikanischen Riesentange hin. Nur OKUDA und NAKAYAMA (1916) bringen derartige Analysen für *Porphyra* von einem käuflichen Fertigprodukt. Die Untersuchungen, die in Tabelle 10 angeführt sind, zeigen zugleich auch, daß die handelsmäßige Warenbeurteilung auch dem Gehalt der Ware an Protein parallel geht.

Nach diesen Analysen kann man also *Porphyra* wirklich als eiweißreich bezeichnen, und es bliebe lediglich zu untersuchen, in welchem Maße dieses Eiweiß vom menschlichen Körper resorbiert würde. Die Frage der N-Verwertung der Algennährstoffe ist aber im Experiment nie geprüft worden.¹⁾

¹⁾ Die von SAIKI (1906) angeführten Versuche sind für die N-haltigen Stoffe der Algen nicht verwertbar.

Tabelle 8.
Zusammensetzung eßbarer Algen.

Lufttrockene Algen oder Algenprodukte	Wasser	Roh- protein	Roh- fett	Kohlenhydrate		Asche
	%	%	%	Stärke Zucker usw. %	Roh- faser %	
<i>Nostoc commune flagelliforme</i>	10,58	20,93	1,19	55,73	4,07	7,50
<i>Enteromorpha compressa</i>	13,60	12,41		52,99	10,58	10,42
<i>Enteromorpha Linza</i>	13,53	19,35	1,73		46,18	19,21
<i>Ulva fasciata</i> und <i>Ulva Lactuca</i>	18,68	14,87	0,04	50,65	0,19	15,57
<i>Laminaria angustata</i>	25,94	6,72	1,73	31,90	6,42	27,29
„ <i>longissima</i>	22,82	5,49	1,52	46,93	4,55	18,69
„ <i>japonica</i>	22,97	4,90	1,59	47,49	5,83	17,16
„ <i>ochotensis</i>	23,99	6,65	0,86	42,16	6,03	20,31
„ <i>religiosa</i>	22,75	4,72	0,82	42,88	10,20	18,63
„ <i>fragilis</i>	23,10	4,03	0,65	40,41	7,15	24,66
„ <i>spec.</i>	23,08	7,11	0,87		47,70	21,24
<i>Arthrothamnus bifidus</i>	24,43	5,82	0,74	45,58	6,44	16,99
<i>Ecklonia bicyclis</i>	13,17	8,99	—	45,70	7,40	24,74
„ „	18,75	9,58	0,46	51,63	9,79	9,79
<i>Ulopteryx pinnatifida</i> ¹⁾	18,92	11,61	0,31		37,81	31,35
<i>Cystophyllum fusiforme</i>	16,40	8,42	—	41,92	17,06	16,20
„ „	15,74	11,37	0,49		54,84	17,56
<i>Porphyra laciniata</i> oder <i>vulgaris</i>	21,85	25,70	0,17		37,68	14,60
„ „ „ „	15,48	34,35	0,65		38,83	10,69
„ „ „ „	20,42	36,26	1,21		33,28	8,83
„ „ „ „	16,40	35,63	0,50		38,13	9,34
„ „ „ „	14,58	32,44	0,70		43,28	9,00
„ „ „ „	13,98	33,75	1,30		41,22	9,75
<i>Chondrus crispus</i>	18,80	9,40	—	55,40	2,20	14,20
„ „ ²⁾	13,40	13,06	2,59	54,16	2,57	14,22
<i>Ahnfeldtia concinna</i>	20,16	5,60	0,07	54,96	2,66	16,55
<i>Gracilaria coronopifolia</i>	12,87	7,91	0,05	58,41	2,98	17,78
„Ogonori“, verschiedene Arten von <i>Gracilaria</i> ³⁾	—	4,29	—	24,32	4,32	3,54
„Yegonori“, = <i>Campylaeophora</i> <i>hypneoides</i> ³⁾	—	13,67	—	32,20	12,25	3,04
„Tengusa“, verschiedene Arten von <i>Gelidium</i> ³⁾	—	12,56	—	26,93	17,89	4,23
Agar-Agar	22,80	11,71	—	62,05	—	3,44
„	22,29	6,85	—	60,32	6,73	3,81
„ ⁴⁾	16,57	2,34	0,30	76,15	0,80	3,85
„ ⁵⁾	19,05	2,56	0,85	73,64	0,44	3,46
„ ⁵⁾	22,33	6,13	0,58	67,14	0,42	3,40

Es muß weiter darauf hingewiesen werden, daß auch die Beziehung zu den vorhandenen Kohlenhydraten nicht vernachlässigt werden darf. Es ist ja bekannt, daß der Eiweißgehalt der Leguminosen trotz seiner Höhe nur zu etwa 30% ausgenutzt

1) = *Undaria pinnatifida*.

2) nach SWARTZ.

3) nach MATSUI.

4) nach FELLER.

5) nach KÖNIG und BETTELS.

Tabelle 9.

Arten	Wasser	Gesamt-N-Substanz	Wasserlösli. N-Substanz	Äther-Auszug	N-freie Extraktstoffe	Methylen-Pentosane	Pentosane	Rohfaser	Asche
<i>Porphyra</i>	5,91	34,80	21,94	0,87	47,87	0,15	3,37	2,52	7,51
„ <i>tenera</i>	4,57	34,19	21,75	0,59	46,49	0,30	3,79	2,50	7,57
<i>Gelidium ungleleht</i>	7,36	16,06	7,87	0,98	46,34	0,71	2,85	13,21	12,49
„ <i>gebleht</i>	6,82	17,31	7,37	0,73	50,47	1,13	3,41	13,39	5,74
„ <i>cartilagineum</i> GREV.	13,00	17,00	7,37	0,80	40,16	0,91	3,35	12,90	11,88
<i>Laminaria</i>	6,16	8,19	5,68	0,50	36,04	1,12	6,66	11,27	30,06
„ <i>japonica</i> ARESCH. (Kombu)	4,20	7,81	5,44	0,39	37,02	0,84	8,12	12,33	29,29
<i>Cystophyllum</i>	16,82	8,12	3,13	0,50	16,35	1,33	8,79	25,91	21,18
„ <i>fusi-forme</i> HARV.	15,15	8,06	4,25	0,43	17,43	1,37	10,87	26,16	20,53
<i>Enteromorpha (compressa?)</i>	14,17	9,06	5,50	0,20	36,28	16,52	7,37	5,30	12,12
<i>Ecklonia bicyclis</i> KJELLM. (Arame)	11,56	13,62	7,50	0,28	35,35	1,06	5,33	14,08	18,72
<i>Undaria pinatifida</i> (HARV.) SURING (Wakame)	9,22	14,00	5,31	0,65	15,12	0,25	6,40	9,23	35,13

Tabelle 10.

	Proben					
Preis von 100g trock. „Asakusa-Nori“ (in sen)	74,8	52,8	52,7	77,6	68,3	55,5
100g der Probe enthielten:						
Trockensubstanz	96,44	93,62	93,94	94,31	94,34	93,99
Gesamt-N	6,20	5,26	4,60	6,91	6,56	5,86
Protein-N	5,05	4,23	3,70	5,64	5,57	4,79
Organischer Basen-N	0,04	0,02	0,03	—	—	—
Monoaminosäuren-N	0,18	0,22	0,14	—	—	—
Anderer N	0,93	0,79	0,73	—	—	—
Kohlenhydrate (als Stärke)	21,96	19,94	22,23	24,63	19,35	15,07
				(als Glukose)		

wird, da die Zellulosewandungen der Zellen nicht angegriffen werden und dadurch die in ihnen zurückgehaltenen Eiweiße der Verdauung nicht zugänglich werden. Nun sind zwar die Rohfaserwerte, die zum großen Teil Zellulose miteinschließen, bei den Meeresalgen nicht sehr groß. Das ändert aber nichts daran, daß die nicht aus Zellulose bestehenden Teile der Zellwandungen, die in den Analysen unter den Kohlenhydraten erscheinen, sei es als Hemizellulose oder als Pektine, ebenso wenig in der Verdauung leicht angreifbar sind. Es kann also auch durch diese Stoffe der gleiche Effekt erzielt werden wie durch die Zellulose der höheren Pflanzen. Mit diesem Hinweis sind wir bereits zu einem zweiten wichtigen Punkt, den N-freien löslichen Stoffen, gekommen. Aus dem eben Gesagten geht schon hervor, daß auch die Werte für diese Stoffe in

der Tabelle über die Ausnutzbarkeit nichts besagen, solange sie chemisch nicht näher charakterisiert sind. Etwas günstiger steht es mit den in Tab. 9 angeführten Werten. Hier lassen wenigstens die löslichen Pentosane eine Verdaubarkeit vermuten. In Verdauungsversuchen konnte das auch gezeigt werden. Als erster hat OSHIMA (1905) diese Frage aufgegriffen. Er berichtet, daß die Kohlenhydrate der eßbaren Algen zu etwa 67% ausgenützt werden können. Seine Versuchswerte sind in Tabelle 11 zusammengestellt.

Tabelle 11.

Algen	Exp.-Nr.	Versuchs-Dauer	Diät	Verdauung %
<i>Ecklonia bicyclis</i>	115	1 Tag	Sojabohnensoße und Zucker	(36,2) ¹⁾
<i>Laminaria spec.</i>	116	1 „	Sojabohnensoße	55,0
„ „	118	3 „	„ und gereinigter Reis	75,2
<i>Undaria pinnatifida</i> (= <i>Ulopteryx pinnatifida</i>)	119	2 „	Sojabohnensoße, gereinigter Reis und Zucker	72,8
Im Durchschnitt (ohne 115)				67,7

OSHIMA bemerkt zu den Versuchen, daß Zahl und Art der Experimente zu gering seien, um verallgemeinert zu werden.

Zu sehr viel ungünstigeren Ergebnissen kam etwas später SAIKI (1906). Er fand, daß die von ihm untersuchten Algen und Algenstoffe, wie Agar-Agar, Asakusanori (*Porphyra*), Kombu (*Laminaria*), und Wakame (*Undaria*) sowohl von tierischen Verdauungssäften wie pflanzlichen Enzymen kaum angegriffen wurden. Auch eine Verarbeitung durch Bakterien war kaum nachweisbar. In Übereinstimmung damit wurden auch in Fütterungsversuchen bei Tier und Mensch eine wesentliche Aufnahme nicht festgestellt. Für Agar wurde im Durchschnitt eine Aufnahme von 17% gefunden.

Einige interessante Versuche sind von LOHRISCH (1908) mit Agar-Agar an Menschen ausgeführt. Der Agar war in diesem Versuch durch eine bestimmte Behandlung in einen sogenannten „löslichen Agar“ übergeführt, der zweifellos schon weitgehend hydrolysiert war, da er reduzierenden Zucker enthielt. Gleichwohl ergaben seine Versuche an Menschen auch nur eine Ausnützung von kaum 50% im Durchschnitt.

Die eingehenden Versuche von Miss SWARTZ (1914) waren auch nicht erfolgreicher. Sie prüfte aus verschiedenen Algen und anderen Pflanzen hergestellte Pentosane, Galaktane, Laevulane und Mannane. Bakterien, die sie in aerober und anaerober Kultur aus Böden und aus Faeces isolierte, griffen die N-freien Substanzen, besonders Galaktane und Pentosane, kaum an. Nur lösliche Pentosane aus *Rhodymenia* wurden von *B. maligni oedematis* verarbeitet. Verdauungsversuche in vitro zeigen bei Körpertemperatur und 24-stündiger Dauer fast völlig negative Ergebnisse, mit Ausnahme der löslichen Pentosane von *Rhodymenia* und der Galaktane von LIMUKÖBU (= *Asparagopsis sanfordiana*). Diese wurden durch Takadiastase hydrolysiert. Eine bei Anwendung künstlichen Magensaftes auftretende Spaltung der Galaktane von *Asparagopsis sanfordiana* und *Ahnfeldtia concinna* führte SWARTZ lediglich auf die

1) Nicht einwandfrei.

Salzsäurewirkung zurück, da der gleiche Erfolg auch bei Verwendung von 0,2% HCl auftrat. Bei ihren Fütterungsversuchen an Menschen erhielt sie folgende Resultate:

Tabelle 12.

Stoff	Quelle	Ausnutzung:	
		Hund %	Mensch %
1. Pentosan	<i>Rhodymenia palmata</i>	73 (2)	100 (2)
2. „	<i>Enteromorpha</i>	35 (2)	9 (2)
3. „	<i>Ulva fasciata</i> und <i>Lactuca</i>	—	34 (1)
4. „	<i>Haliseris pardalis</i> (= <i>Dictyopteris pard.</i>)	16 (2)	—
5. Galaktan	<i>Chondrus crispus</i>	33 (2)	6 (2)
6. „	<i>Gracilaria coronopifolia</i>	33 (2)	30 (3)
7. „	<i>Hypnaea nidifida</i>	56 (2)	10 (1)
8. „	<i>Ahnfeldtia concinna</i>	—	60 (1)

Mit Ausnahme der Pentosane von *Rhodymenia* werden die Stoffe im Durchschnitt zu kaum 20% ausgenutzt.

Nun muß als eine auf alle diese Arbeiten zutreffende Kritik, die auch von anderer Seite ausgesprochen wurde, hervorgehoben werden, daß die Versuche stets nur von kurzer Dauer waren. Sie erstreckten sich höchstens auf 1—2 Tage, ein einziges Mal auf 3. Nach den Beobachtungen verschiedener französischer Forscher bei den Fütterungsversuchen von Pferden mit Tangen, wurde aber, wie schon oben erwähnt, nach einigen Tagen eine Gewöhnung der Verdauung der Tiere an das Futter dadurch wahrgenommen, daß die unverdauten Algenstücke, die in den ersten Tagen des Versuchs im Kot erschienen, verschwanden. Hier liegt vielleicht auch die Erklärung dafür, daß bei den Versuchen von OSHIMA die Ausnutzungsquote eine weit bessere war, da er mit Japanern, also an Tangkost gewöhnten Versuchspersonen arbeitete. Auch die Beobachtung, die LOHRISCH und SWARTZ hervorheben, daß bei Versuchspersonen mit chronischer Verstopfung eine bedeutend bessere Ausnutzung zu beobachten war (z. B. Versuch 8 in Tab. 12) läßt an eine derartige Möglichkeit denken. Es muß also bei weiteren derartigen Versuchen eine solche Gewöhnung berücksichtigt werden. Aber auch da, wo wie in den Versuchen mit *Rhodymenia* eine Aufnahme bis zu 100% erfolgte, bleibt immer noch die Frage offen, inwieweit die Stoffe wirklich vom Organismus resorbiert wurden. Da die Bakterienversuche es wahrscheinlich machen, daß der Abbau erst infolge bakterieller Zersetzung im Dickdarm vor sich geht, ist die Möglichkeit gegeben, daß dabei auch die entstehenden Pentosen und Hexosen erfaßt werden und so dem eigentlichen Ernährungsprozeß entgehen. Diese Frage könnte lediglich durch Verdauungsversuche unter gleichzeitiger Ermittlung des Energiestoffwechsels geklärt werden. Mit Ausnahme einiger Versuche mit „löslichem Agar“, die LOHRISCH ausführte, fehlen aber derartige Untersuchungen. Wenn in diesen Versuchen nun auch eine wirkliche Resorption nachweisbar war, so besagen sie für das allgemeine Problem der Algennahrung wenig, da das verwandte Material ja bereits in einem mehr oder weniger hydrolysierten Zustand gereicht wurde.

Ein weiterer Punkt muß noch hervorgehoben werden, der bei sämtlichen Versuchen außeracht gelassen wurde: Wie verhält sich das Laminarin. Es ist denkbar, daß

dieses Polysaccharid einem Abbau und einer Aufnahme im Körper zugänglich ist. Es ließ sich aber nicht einmal darüber etwas finden, in welchen Mengen es in den verschiedenen Kombupräparaten vorhanden ist. Da die Laminarien für die Kombubereitung im Spätsommer geerntet werden, also zu einer Zeit, wo dieser Stoff bei den daraufhin untersuchten Arten seine Höchstwerte erreichte — es liegt kein Grund vor, daß die Laminarien der ostasiatischen Gebiete sich anders verhalten — ist zu vermuten, daß auch im Kombu dieser Stoff reichlich vorhanden ist und schon darin ein bestimmter Nährwert dieser Algenprodukte liegt.

Die Ergebnisse der Verdauungsversuche stehen nun in einem gewissen Widerspruch zu der Tatsache, daß bei den ostasiatischen Völkern, man könnte fast sagen, ein ausgesprochenes Bedürfnis nach der Algennahrung besteht. Die Lösung dieses Widerspruchs ist in verschiedener Richtung gesucht worden. OSHIMA (1905) glaubte, daß der Nährwert der Algen auf ihrem Mineralsalzgehalt beruhe. SWARTZ dagegen, und noch stärker betonen das PERROT und GATIN (1912), sieht in der verdauungsfördernden Wirkung der unverdaulichen Schleimstoffe gewissermaßen einen Ausgleich gegenüber der bei der einseitigen Reis- und Fischkost der ostasiatischen Völker leicht gehemmten Verdauungstätigkeit. Die Algennahrung nun gänzlich von der Betrachtung als Nährstoffe auszuschließen und ihnen nur einen gewissermaßen prophylaktisch-therapeutischen Wert zuzusprechen, wie PERROT und GATIN es tun, hieße wohl einseitig diese Wirkung der Algen zu betonen. Ohne Zweifel haben Algen, wie *Rhodymenia* oder *Alaria*, die in den europäischen Ländern gegessen wurden, *Porphyra* und wohl auch die Kombu-Präparate, die in Ostasien eine so große Rolle spielen, eine Bedeutung als Nahrungsstoffe, selbst wenn diese nur in ihrem Gehalt an löslichen Pentosanen und Laminarin bestehen sollte.

Schließlich müssen Meeresalgen bei ihrer Verwertung als Nahrungsmittel noch von einem ganz anderen Gesichtspunkt betrachtet werden. Sie können als Vitaminquellen Bedeutung haben. Diese Frage hat bisher noch wenig Beachtung gefunden, so daß nur wenig darüber bekannt ist.

Das Vorkommen von Vitamin A ist von COWARD und DRUMOND (1921) für *Ulva Lactuca*, *Cladophora spec.* und *Polysiphonia* nachgewiesen worden, ebenso von HJÖRT (1922) für *Codium tomentosum*. Während es nach den erst genannten Autoren in *Polysiphonia* nur in sehr geringer Menge vorhanden ist, in *Chondrus crispus* und *Fucus vesiculosus* ganz fehlt, soll es in *Ulva* ungefähr in gleicher Menge wie im Kohl vorhanden sein. Für Planktondiatomeen ist Vitamin A ebenfalls wiederholt festgestellt worden (HJÖRT 1922, AHMAD 1930, DRUMOND und GUNTHER 1930, RUSSEL 1930 u. a.). KOWARSKI und AUDUREAU (1935) erwähnen, daß auch *Laminaria flexicaulis* geringe Mengen von Vitamin A enthält. Da viele Meeresalgen einen verhältnismäßig hohen Karotingehalt besitzen, ist zu vermuten, daß eine Bildung von Vitamin A im Organismus im allgemeinen bei Algennahrung möglich ist.

Das Vorkommen von Vitamin B wurde von MILLER (1927) untersucht. Er fand für die auf Hawaii gegessenen Enteromorphen, daß sie arm an Vitamin B und C seien. Nach KOWARSKI und AUDUREAU (1935) fehlt Vitamin B und C in *Laminaria flexicaulis*, während NORRIS, SIMEON und WILLIAMS (1937) es für eine allerdings unbestimmte *Laminaria* nachweisen konnten. Nach den Untersuchungen dieser Autoren

über das Vorkommen von Vitamin B und C ist die folgende Tabelle 13 zusammengestellt.

Tabelle 13. Gehalt an Vitamin B und C in Meeresalgen.

Art	Standort	Einheit pro 1 g Frischgewicht	
		Vitamin B	Vitamin C
Grünalgen: 1. <i>Enteromorpha</i> spec.	Litoral	Spuren	0,15
2. <i>Ulva Lactuca</i>	„	4,0	0,46
Braunalgen: 3. <i>Fucus evanescens</i>	„	—	0,24
4. <i>Alaria valida</i>	unteres Litoral	2,5	0,53
5. <i>Egregia menziesii</i>	„ „	—	0,04
6. <i>Hedophyllum sessile</i>	„ „	—	0,21
7. <i>Macrocystis pyrifera</i>	„ „	—	0,19
8. <i>Postelsia palmaeformis</i>	„ „	—	0,09
9. <i>Laminaria</i> spec.	Sublitoral	2,0	—
10. „ <i>bullosa</i>	„	—	0,02
11. <i>Agarum fimbriatum</i>	„	—	0,02
12. <i>Costaria costata</i>	„	—	0,02
13. <i>Desmarestia</i>	„	—	0,01
Rotalgen: 14. <i>Porphyra nereocystis</i>	Litoral	5,5	0,53
15. „ <i>perforata</i>	„	5,0	0,60
16. „ <i>naiadum</i>	„	—	0,36
17. <i>Gigartina papillata</i>	„	—	0,41
18. <i>Grateloupia Cutleriae</i>	„	—	0,01
19. <i>Halosaccion grandiforme</i>	„	—	0,13
20. <i>Iridaea</i> spec.	„	—	0,26
21. <i>Prionitis Lyallii</i>	„	—	0,03
22. <i>Turnerella</i>	„	—	0,01
23. <i>Rhodomenia pertusa</i>	Sublitoral	2,2	0,01
Sämtliche Rotalgen des Sublitorals ergaben:		—	<0,01

Die Algen waren während zwei aufeinander folgender Jahre in der Zeit von Juni bis August gesammelt worden. Für Vitamin C hat auch LUNDE (1937) Angaben für *Laminaria digitata* (= *L. flexicaulis*) gebracht, allerdings mit allen Vorbehalten. *Rhodomenia* soll danach halb soviel Vitamin C wie Apfelsinen enthalten. Er führt folgende Tabelle 14 an:

Tabelle 14.

Ascorbinsäure (Vitamin C) im frischen Tang vom Februar/März. 1937.

Braunalgen:

<i>Laminaria digitata</i>	8—16 mg/100 g
„ <i>Cloustoni</i>	29 „
„ <i>saccharina</i>	14—15 „
<i>Alaria esculenta</i>	31 „
<i>Fucus serratus</i>	19—46 „
„ <i>vesiculosus</i>	21—32 „
<i>Ascophyllum nodosum</i>	12—34 „

Rotalgen:

<i>Rhodomenia palmata</i>	24—27 mg/100 g
<i>Gigartina mamillosa</i>	23—36 „

Wenig ist bisher über Vorkommen von Vitamin D bekannt. J. E. TILDEN (1935) sagt zwar in ihrem Algenlehrbuch, daß Vitamin A, B, C, D u. E teilweise in sehr reichem Maße in Meeresalgen vorhanden seien, besonders A und E, und auch für D führt sie an: „Abundant in codliver-oil and in seaweeds“. Leider wird aber keine Angabe als Beleg dieser Vitaminvorkommen gebracht. Der einzige Hinweis auf eine Untersuchung von R. WESTKÄMPER und G. O. BURR besagt lediglich, daß diese Arbeit unveröffentlicht geblieben ist. Darin soll für *Fucus* der Nachweis von Vitamin E geführt werden. Über das Vorkommen von Vitamin D habe ich nur in der Arbeit von KOWARSKI und AUDUREAU die Angabe gefunden, daß *Laminaria flexicaulis* auf B- und C-Avitaminosen keinerlei Einfluß hat, daß sie aber das Auftreten von D-Avitaminosen verhindert. Es erscheint also notwendig, diese Fragen auf breiterer Grundlage erneut zu prüfen. Leider hat mir diese Untersuchung ebenso wie die von NORRIS, SIMEON und WILLIAMS nicht vorgelegen, so daß lediglich nach Referaten berichtet werden kann.

Es ist interessant, daß auch im Agar-Agar vitaminähnliche Substanzen vorhanden sein müssen. Aus einer Mitteilung von MITCHEL (1922) geht hervor, daß Tiere beim Füttern mit einer rein synthetischen Nahrung Wachstumsstörungen zeigen, die sofort verschwinden, wenn der Nahrung 5% gereinigten Agars zugegeben werden.

B. Die Verwertung der Algen als Heilmittel.

Meeresalgen als Heilmittel sind bei Küstenvölkern seit langem im Gebrauch, aber in geringem Umfang. Die Anwendung ist meist nur auf einige wenige Arten beschränkt, wobei sich häufig nicht einmal nachprüfen läßt, ob die ihnen zugesprochene Heilwirkung wirklich besteht. Die Unkenntnis der einzelnen Arten hat häufig zu Verwechslungen geführt, so daß oft in Drogengemischen verschiedene Arten vorliegen, von denen einige sicher nicht wirksam sind. Im deutschen Arzneibuch werden nur Carrageen, Agar-Agar, *Laminaria* und *Fucus* geführt. Früher war auch das korsikanische Wurmmoos allgemein bekannt. Eine größere Anzahl von Algen werden in der chinesischen Arzneikunde gebraucht (DEBEAUX 1875, PERROT u. HURRIER 1907, SAUVAGEAU). Infolge der oft schwer zu entwirrenden Synomie sind die einzelnen Angaben kaum nachzuprüfen.

a) Carrageen.

Carrageen wird schon seit langem bei der irländischen Küstenbevölkerung besonders gegen Skrofulose und Schwindsucht gebraucht. In der Schulmedizin hat es erst im Laufe des vorigen Jahrhunderts Einführung gefunden, freilich ohne große Beachtung. Benutzt wird es seiner schleimbildenden Eigenschaften wegen bei Erkrankung der Atmungsorgane. Mit Zucker, Süßstoffen, Zitronensäure u. a. versehen wird es als Geschmackskorrigens bei bitteren Drogen empfohlen (Brustbonbons). Auch bei Reizzuständen des Darmkanals, bei Diarrhoe und Dysenterie, bei Blasen- und Nierenreizungen wird es als Heilmittel genannt (LILLIG 1928). Es sei dahingestellt, ob bei dem letzteren Leiden wirklich eine erfolgreiche Therapie möglich ist. MEYER (1935) erwähnt jedenfalls Carrageen für Blasen- und Nierenleiden nicht, auch TSCHIRCH (1912) nicht im Handbuch der Pharmakognosie. Im *Cataplasma artificiale Lelièvre* wird Watte mit Carrageenabkochung getränkt und dann getrocknet. Das

Pflaster dient als Ersatz von Leinsamenmehlumschlägen. Man hat ferner Lebertran-emulsionen mit Carrageen hergestellt.

b) Agar-Agar.

Agar-Agar wird in der Heilkunde ebenfalls als schleimbildendes Mittel angewendet, aber auch als Gleitmittel bei Stuhlverstopfungen (Agarol, Normacol, Regulin). Er findet weiterhin Verwendung bei der Herstellung von Pillen, Suppositorien, Pflastern und als Salbengrundlage. In der Bäderheilkunde wird er ähnlich wie Gelatine oder verschiedene Stärkearten zu reizmildernden und einhüllenden Bädern bei schweren Hautverbrennungen u. ä. benutzt. Auch zur Herstellung medizinisch-orthopädischer Prothesen ist er verwertet worden (UHLMANN 1928). Der als Droge eingeführte Ceylon-Agar wurde ähnlich dem Carrageen als stärkendes Mittel bei Brust- und Lungenkrankheiten gebraucht.

c) Algin.

Auch eine Reihe von Alginaten werden in der Heilkunde benutzt. So wird z. B. Alginoid-Arsenik als Ersatz der Fowlerschen Lösung verwendet, ebenso findet Eisen-Alginat sowie ein Morphin-Alginat, das ca. 35% Morphin enthält (LILLIG 1928) Anwendung. Man hat ferner für Mittel, die den Magen passieren und erst im Darm zur Wirksamkeit kommen sollen, in Alginaten als Einschlußmittel gebracht, da Alginate von der Magensäure nicht angegriffen werden (ESDORN 1934). In einer Jodverbindung ist Alginsäure als Lebertranersatz empfohlen worden (GLOESS 1919). Ähnlich wie Agar eignet sich schließlich auch Algin als Bindemittel zur Herstellung von Pastillen und Pillen.

d) Laminarien und Fucaceen.

Laminarien und besonders Fucaceen haben vor allem als Joddrogen Anwendung gefunden. In Deutschland wird nur *Fucus vesiculosus* verwendet, der wie oben in Tab. 4 gezeigt wurde, sehr viel weniger Jod als die Laminarien enthält. Wirksam soll in erster Linie eine bisher wenig geklärte organische Jodverbindung sein. Die Anwendung von *Fucus* geschieht meist als Aufguß und zwar bei Kropferkrankungen. Doch wird er z. B. bei der Basedowschen Krankheit auch verascht als „*Aethiops vegetabilis*“ empfohlen (MEYER 1935). Auch als Mittel gegen Arterienverkalkung wird er genannt. Bekannt ist seine Wirkung bei Fettsucht, und in mancherlei Entfettungstees ist er eine wirksame Komponente, da sein Jodgehalt zu allgemeiner sekretorischer Tätigkeit anregt. Die Wirkung müßte bei Verwendung von Laminarien noch stärker sein. Man hat in Frankreich mehrfach davon Gebrauch gemacht. CHAUVEAUX (1928) berichtet von Schwindsuchtbehandlungen, bei denen man nur durch Gaben von Laminarienpulver eine sehr rasche allgemeine Kräftigung des Körpers erzielte, die zu einer Überwindung der Krankheit führte. Auch bei Skrofulose und Abszessen hat sich die Behandlung mit Laminarienpulver nach diesem Autor bewährt.

Laminarien liefern ferner die „*Stipites Laminariae*“. Am besten finden die kräftigen Stiele der *Laminaria Cloustoni* Verwendung, *L. digitata* ist wenig geeignet. Aus den getrockneten Stielen werden die Stipites als Voll- und Hohlstifte angefertigt, die wegen ihres starken Quellenvermögens in der Chirurgie zur Erweiterung von Fisteln oder Wundgängen dienen.

In China wird eine Laminaria, wahrscheinlich *Laminaria bracteata* in einer Schleimaufkochung bei Menstruationsbeschwerden verwendet als „Haitai“ oder „Kwampu“ (TSCHIRSCH 1912), während *Laminaria saccharina*, der Zuckertang, in Indien als „Galhar-Kapalta“ gegen Kropf und im Himalaia gegen Syphilis verwendet wird.

Die in Deutschland verwandten *Fucus*-Drogen und Laminarienstifte werden nur zu einem sehr kleinen Teil an den deutschen Küstengebieten gesammelt, zur Hauptsache werden sie aus Frankreich und Norwegen eingeführt. Doch hat nach ESDORN (1934) Helgoland noch 1931 ca. 100 Ztr. Laminarienstiele geliefert, während im Herbst 1932 etwa 350 Sack zu je 60 Pfd. versandt wurden.¹⁾

e) Korsikanisches Wurmmoos.

Als Wurmmittel war bis zum Ende des 18. Jahrhunderts *Corallina officinalis* L. und *C. rubens* L. (= *Jania rubens* LAMOUR) gebräuchlich. Sie gerieten aber bald in Vergessenheit, als man im korsikanischen Wurmmoos ein sehr viel wirksameres Mittel fand. Es handelt sich um die Rotalge *Alsidium Helminthochorton* KÜTZ., die an den Mittelmeerküsten gesammelt wird. Da sie verhältnismäßig spärlich zwischen anderen Algen wächst, blieb es nicht aus, daß zunächst wohl unabsichtlich, später aber mit Vorbedacht, die Droge mit anderen Algen vermischt war. Es fehlt jedenfalls nicht an Angaben, daß oft nur Bruchteile der Droge von *Alsidium* gebildet werden, ja daß diese Alge sogar ganz fehlt. Interessant sind hierbei die Mitteilungen von DEBEAUX (1873), der trotzdem eine günstige wurmabtreibende Wirkung feststellte. Demgegenüber steht aber die Mitteilung von GARÇAIN (1906), der in Versuchen mit *Arenicola* feststellte, daß nur dann eine tötende Wirkung eintrat, wenn wirklich *Alsidium* auch nur in geringem Maße vorlag. Der wirksame Bestandteil soll ein harzartiger Stoff der Alge sein, der aber nicht näher untersucht ist. In der chinesischen Heilkunde wird verschiedenen Rotalgen diese Fähigkeit zuerkannt (PERROT u. HURRIER 1907). Ohne Zweifel gibt es in der dortigen Algenflora noch einige Arten, die ähnlich wie *Alsidium* wirken und sich vermutlich in dem von DEBEAUX gebrauchten Gemisch befunden haben. Nach WASICKY (1929-32) wird z. B. von der Firma MERCK heute ein Präparat „Helminal“ in den Handel gebracht, das das Trockenextrakt von *Digenea simplex* darstellt, einer an der ostasiatischen Küste vorkommenden Rotalge. Die Wirkung des Präparates wird allerdings von den Ärzten bald positiv, bald negativ beurteilt. Für Griechenland und die Türkei nennen PERROT und GATIN (1912) *Hypnea musciformis* als Wurmmittel. LILLIG (1928) führt weiter noch folgende Meeresalgen als Wurmmittel an: *Chondria sanguinea* MART., *Ch. vermicularis* HOOK und auch *Rhodymenia palmata* GREV. Die wirksamen Bestandteile dieser Algen sind ebenso wenig bekannt. Auch *Rhizoclonium rivulare* KtZ. wird von ihm in diesem Zusammenhang genannt.

f) Verschiedene Gebräuche.

LILLIG (1928) führt noch eine Anzahl Algen an, die vor allem gegen Lungenleiden und Skrofulose gebraucht werden. So nennt er für Japan *Fucus cartilagineus* SIEB., im Mittelmeer *Dictyopteres polypodioides* LAM., eine *Dictyotacee*, sowie *Stilophora*

¹⁾ Nach mündlicher Mitteilung von Herrn Prof. HAGMEIER (Helgoland) werden auch heute noch Laminarien zu diesem Zwecke gesammelt.

rhizoides J. AG., ebenfalls eine Braunalge. In Indien soll als Mittel gegen Harn- und Steinbeschwerden *Sargassum linifolium* gebraucht werden, während *Sargassum bacciferum* J. AG. in Südamerika als Heilmittel gegen Kropf und Nierenkoliken verwendet wird. Leider sind keine näheren Literaturangaben gemacht, so daß es nicht möglich war, die Angaben nachzuprüfen.

Auf eine sehr interessante Verwendung einiger Meeresalgen ist neuerdings von ELSNER, BROSER und BÜRCEL (1937) (siehe auch ELSNER 1938) aufmerksam gemacht worden. Sie konnten aus Carrageen einen wasserlöslichen Extraktstoff gewinnen, der noch in sehr großer Verdünnung eine blutgerinnungshemmende Substanz enthält. E. SCHARGAFF, F. W. BANCROFT und M. ST. BROWN (1936) hatten kurz vorher mit dem von HASSID aus der Rotalge *Iridaea laminarioides* gewonnenen Kohlenhydrat-Schwefelsäureester gleiches zeigen können. Fräulein KRAUL (1938) prüfte später eine größere Anzahl anderer Meeresalgen auf das Vorhandensein derartiger gerinnungshemmender Stoffe. Zunächst ergab sich, daß im Carrageen nur *Chondrus* die wirksame Komponente liefert, *Gigartina* ist unwirksam. Die Autorin vermutet, daß *Chondrus* auch nur zu bestimmten Jahreszeiten wirksam ist, da nicht jede der geprüften *Chondrus*-Pflanzen im Carrageen sich als brauchbar erwies. Von den Rotalgen *Corralina officinalis*, *Cystoclonium pupurascens*, *Delesseria alata* (HUDS.) LAM., *Polysiphonia urceolata* (LIGHTF.) GREV., *Porphyra laciniata* (LIGHTF.) AG., *Rhodomela subfusca* (WOODW.) AG. und *Delesseria sanguinea* (L.) LAM. besaß lediglich die letztere eine bedeutende gerinnungshemmende Wirkung, die sogar an diejenige von Heparin heranreicht, ja sie fast noch übertrifft. Unter den geprüften Braun- und Grünalgen waren mit Ausnahme von *Chordaria flagelliformis*, die nur in sehr geringem Maße die Blutgerinnung hemmte, alle unwirksam. OPPERS (1938) konnte weiterhin zeigen, daß der aus *Delesseria sanguinea* gewonnene Stoff bei intravenöser Einspritzung von Kaninchen gut vertragen wird, und dabei eine erheblich größere Wirkung als Heparin bei der gleichen Anwendung besitzt. Durch Einspritzungen von Thionin läßt sich die Wirkung des Algenstoffes sofort wieder aufheben (ELSNER, LIEDMANN und OPPERS (1938)¹).

F. Algenkulturen.

Es wurde oben auf S. 201 schon erwähnt, daß der starke Bedarf an *Porphyra* in Japan dazu geführt hat, in großem Maßstab diese Alge zu kultivieren. Wie die Erträge dieser Kulturen zeigten, ist ein derartiges Vorgehen, das, wie wir noch sehen werden, durchaus nicht auf Japan beschränkt geblieben ist, recht erfolgreich gewesen. Das Prinzip der Kulturen ist stets das gleiche: es muß in der den ökologischen Ansprüchen der kultivierten Algen entsprechenden Gebieten ein festes Substrat geschaffen werden, auf dem die Algen sich festhaften können. Je nach der Art sind diese Ansprüche aber recht verschieden, so daß sich z. T. voneinander abweichende Kulturmaßnahmen ergeben haben.

¹) Durch einen griechischen Studenten wurde mir mitgeteilt, daß die griechischen Fischer bei stark blutenden Verletzungen einen Aufguß einer Rotalge trinken, um dadurch die Blutung zum Stillstand zu bringen. Eine nähere Nachprüfung dieser Angaben war mir noch nicht möglich.

a) Allgemeine Kulturbedingungen.

Von großer Bedeutung ist die Bodenbeschaffenheit eines Gebietes. Schlickiger Untergrund, der nur auf einzelnen kleinen festen Substratstücken, wie etwa Muschelschalen, Holzstücken u. ä. Bewuchs trägt, wird nur in seltenen Fällen als Kulturgrund sich eignen. Ihn etwa durch Auslegen größerer Steine nutzbar zu machen, empfiehlt sich nicht, da die Steine nach kurzer Zeit im Schlick versinken, oder auch die an den Steinen sich ansiedelnden Algen von Schlickschichten bedeckt und im Wachsen gestört werden. Nur da, wo die ökologischen Ansprüche der zu kultivierenden Algen derartig sind, daß ihnen durch besondere Maßnahmen auch auf Schlickböden Genüge geleistet werden kann, wie bei der *Porphyra*-Kultur, sind auch diese Böden zu verwenden.

Lockere Sandflächen sind ebenfalls ungeeignet, da der durch den Wellenschlag bewegte Sand nicht bewachsen wird. Durch Auslegen von Steinen für Kulturen geeignete Flächen zu schaffen, gelingt hier, aber nur in etwas größerer Tiefe — YENDO (1914) gibt 5—7 Faden an —, da dann die Wellenwirkung nicht mehr so stark ist. Es können dann auch kleine Steine Verwendung finden, deren Bewuchs im Litoral noch unter dem Wellenschlag leiden würde, die aber in der Tiefe genügend ruhig liegen. Größere Steine zu verwenden ist nicht ratsam, da sie eine geringere Oberfläche bieten, außerdem aber auch im Sand rasch einsinken. Gleichwohl berichtet COTTON (1912) von Irland, daß man dort Steine im Litoral verwendet, nur müssen sie dann gewöhnlich nach 2 Jahren aus dem Sand herausgehoben werden. Hier mag gleich hinzugefügt werden, daß es nicht gleichgültig ist, welche Steinsorten man verwendet. Glatte feste Gesteine sind für Laminarienkulturen zunächst ungeeignet, da sich die Sporen nicht festsetzen können. Erst wenn sie nach langem Liegen im Wasser dicht genug mit anderen Algen überzogen sind, können sich die Laminarien ansiedeln. Am besten eignen sich für Laminarien Quarzitsteine oder andere etwas rissige aber feste Gesteine, auf denen die Laminariensporen sofort keimen und sich festsetzen können. Für Kulturen mit *Gloeopeltis* lassen sich dagegen auch sehr feste, völlig glatte Steine verwenden. Ganz unbrauchbar sind weiche Gesteine, an deren Oberfläche die Algen zwar leicht sich ansiedeln, aber bei stärker bewegtem Wasser bald abgerissen werden. Felsiger, gewachsener Untergrund bietet die besten Bedingungen für einen Bewuchs. Will man auf solchem Grund zur Vergrößerung der Bewuchsfläche noch Steine bringen, so richtet sich die Größe der Steine nach der Wellenbewegung.

Daß die Tiefenlage der ausgelegten Steine den ökologischen Ansprüchen der zu kultivierenden Art entsprechend muß, ist selbstverständlich. Bestimmt wird sie vor allem durch das Licht. Die japanischen Fischer bekommen daher Anweisung, bei Stellen in Nordexposition oder im Schatten von Felsen angelegten Kulturflächen, die Steine in geringerer Tiefe auszulegen als an sonnigen, gut durchleuchteten Plätzen.

Der Salzgehalt ist gleichfalls zu berücksichtigen. Das ist vor allem bei den *Porphyra*-Kulturen entscheidend. *Porphyra* ist an sich einem verhältnismäßig weitem Spielraum der Salinität angepaßt. Es hat sich aber gezeigt, daß die am häufigsten kultivierte *Porphyra tenera* im salzreichen Wasser besonders viele Keimlinge entwickelt, im salzarmen Gebiet dagegen nur wenige. Umgekehrt sind die ausgewachsenen Pflanzen im Wasser mit schwachem Salzgehalt sehr viel größer und dicker, dabei

auch zarter und für die Verwertung als Nahrungsmittel geeigneter, als im salzreichen Gebiet, wo die Pflanzen klein und derb heranwachsen. Bei der Kultur von *Enteromorpha* wird von den Fischern in Japan die Eigentümlichkeit dieser Algenart berücksichtigt, daß sie besonders gut bei wechselndem Salzgehalt sich entwickelt.

Die Wasserbewegung spielt für die Kulturen insofern eine Rolle, als *Porphyra* ruhiges, nicht zu bewegtes Wasser verlangt, und daß andererseits bei der Anlage von Steinflächen je nach der Tiefenlage auf die Stärke des Wellenschlags Rücksicht genommen werden muß.

Die Temperatur, die ja im großen für die pflanzengeographische Zusammensetzung eines Gebietes entscheidend ist, spielt bei den Kulturen eine bedeutende Rolle, da durch sie der Entwicklungsablauf entscheidend bestimmt wird. Man muß vor allem bei Neuanlagen von Kulturen die Reifungszeit der Algen berücksichtigen, wenn man auf den Kulturflächen wirklich die gewünschten Algen angesiedelt haben will. Für die Laminarien-Kulturen werden daher die Steine in der Mitte des Septembers ausgelegt, wenn die Laminarienthalli ihre Sporen entlassen. Bei den *Fucus*-Kulturen in Irland wird der Herbst genannt. Die *Fucus*-pflanzen fruchten nach SCHREIBER (1930) vor allem in den Wintermonaten. Eine Ausnahme scheint *Porphyra* zu machen, hier ist das üppigste Wachstum der Pflanzen und ihre Reifezeit von Mitte Dezember bis in den März hinein. Trotzdem werden die für die Kulturen notwendigen Maßnahmen von den Fischern im September getroffen, da sich auf Grund langer Erfahrung gezeigt hat, daß in dieser Zeit angelegte Kulturen die günstigsten Ergebnisse liefern (vgl. dazu die Mitteilung von UEDA 1937).

Im allgemeinen erfordert die Algenkultur keine sonderliche Pflege, verglichen etwa mit der Bestellung eines Feldes. Mit dem Auslegen des Substrates ist zunächst die Hauptarbeit getan. Da man aber Jahr für Jahr die wertvollen Arten aberntet, die unerwünschten aber stehen läßt, breiten sich diese bald auf den Algenbänken in so starkem Maße aus, daß die Erträge zurückgehen. Trägt man dafür Sorge, die Algenbänke von Zeit zu Zeit auch von den wertlosen Formen zu säubern, läßt sich dieser Schaden vermeiden.

b) Die einzelnen Kulturen.

Kultiviert werden in Japan *Laminaria*, *Gloepeltis*, *Porphyra* und sehr vereinzelt *Enteromorpha*, in Irland Fucaceen. Für die Laminarienkulturen werden lediglich Steine in passender Tiefe versenkt, besondere Maßnahmen sind hier mit Ausnahme der auch für die natürlichen Algenbänke notwendigen Säuberung von wertlosen Algen nicht nötig. Auch die *Gloepeltis*-Kulturen bedürfen wenig besonderer Pflege. Die Steine werden zwischen den Gezeitenzonen verhältnismäßig dicht ausgelegt, sie lassen sich daher hinsichtlich der Reinhaltung besonders leicht versorgen. Über die Größe der Kulturflächen dieser beiden Algenarten, fanden sich keine Angaben, da sie nicht in den offiziellen Statistiken erscheinen.

Sehr viel mühsamer ist die Kultur von *Porphyra*. Aus ihren allgemeinen ökologischen Ansprüchen ergibt sich hier die Möglichkeit von Kulturen in stillen Buchten mit Schlickböden. *Porphyra*-Kulturen sind alt, in der Bucht von Tokio sind sie seit fast 200 Jahren üblich, und 1936 waren es in Japan im ganzen 2961 Fischer, die rund 50 $\frac{1}{2}$ qkm Kulturfläche unterhielten. Zur Kultur werden Bündel aus Bambus

oder Baumzweigen verwendet. Mehrere Zweige werden zu besenartigen Bündeln zusammengebunden, die an der Basis zugespitzt werden (Abb. 13 und 14). Derartige Bündel werden während des Sommers in großer Anzahl vorbereitet, im Herbst werden sie dann ausgesteckt. Das geschieht vom Boot aus bei Niedrigwasser. Mit einem Rammgerät von etwa gleicher Größe wie die Bündelbasis werden Löcher angelegt, in die die Bündel fest eingestoßen werden (Abb. 14). Die fertige Kultur besteht dann aus langen dichten Reihen derartiger Bündel, an denen sich die *Porphyra*-Pflanzen festsetzen. Die Zweige der Bündel müssen so hoch sein, daß sie gerade noch bei Hochwasser überspült werden. Das Aussetzen der Bündel geschieht im September, häufig aber nicht an den eigentlichen Kulturplätzen, sondern an Stellen der Bucht, wo höherer Salzgehalt herrscht (vgl. OKAMURA 1905, s. auch PERROT und GATIN 1912). Dadurch wird, wie schon oben erwähnt, ein sehr reicher Keimlingsbesatz der Zweige erzielt. Da nun ein Belassen der Bündel an diesen Stellen aber nur derbe und weniger gute erwachsene Pflanzen liefert, werden die Bündel dann herausgenommen, am Ufer einige Tage unter Bambusmatten gegen Staub und Trockenheit geschützt aufbewahrt und dann an Stellen mit niedrigerem Salzgehalt, besonders in der Nähe von Flußmündungen neu ausgesteckt. Die nun heranwachsenden Algen sind groß und zart, die Ernte erfolgt bei Niedrigwasser durch Abplücken der Algen.

Bei der *Enteromorpha*-Kultur, die wie gesagt nur seltener angelegt wird, schafft man den Algen den Wechsel im Salzgehalt des Wassers dadurch, daß man Zweige an Felsen, die vom Süßwasser überrieselt sind, derart befestigt, daß die Zweigspitzen fast bis zur Wasseroberfläche bei Niedrigwasser reichen, die Basis dagegen an der Hochwasserlinie zu liegen kommt. Zur Flut werden dann die Algen mit salzigem Wasser, während der Ebbe aber durch das vom Fels herabrieselnde Süßwasser überspült.

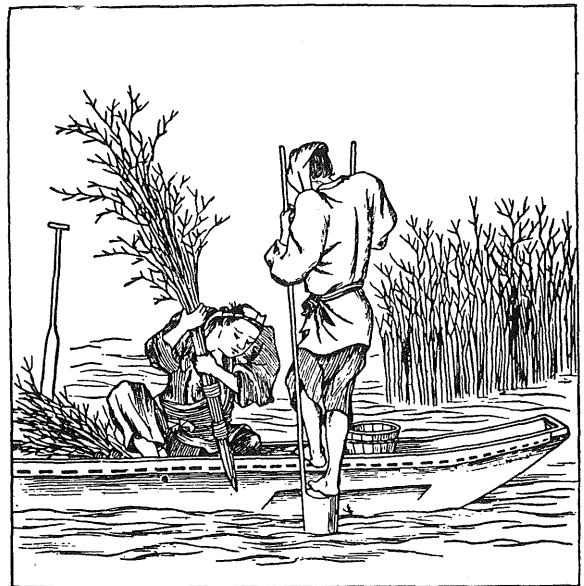


Abb. 13 u. 14. Porphyrakultur.

Auch außerhalb Japans hat sich eine Art Algenkultur entwickelt, es sind das die Algenfarmen, von denen GREVILLE berichtet und die neuerdings COTTON und PETHYBRIDGE (1915) erwähnen. Hier wird *Fucus* kultiviert. In sandigen Buchten werden in der Gezeitenzone bei Flut größere Steine ausgeworfen, die die Fischer bei Ebbe in Reihen von 1 m Zwischenraum ordnen, so daß schließlich große rechteckige Steinfelder entstehen. Auf diesen Steinen siedeln sich *Fucus vesiculosus* und *Ascophyllum* an, in der Tiefe auch *Fucus serratus*, die dann nach zwei Jahren geerntet werden. PETHYBRIDGE, der auch die Kulturanlagen abbildet, berichtet, daß die allmählich im Sand versinkenden Steine gehoben werden müssen, wobei sie aber möglichst nicht gekantet oder gekippt werden dürfen, damit die alte Oberfläche erhalten bleibt, die einen rascheren Anwuchs ermöglicht. Nur wenn sich zu viel „Unkraut“-Algen, vor allem *Polysiphonia fastigiata*, die besonders *Ascophyllum* epiphytisch überzieht, eingestellt hat, werden die Steine nach dem Schneiden einfach gewendet.

Die in den *Fucus*-Farmen kultivierten Algen werden nur zu Düngezwecken benutzt und zwar fast stets im eigenen Betrieb. Zu Verkaufszwecken werden sie nur selten kultiviert. Der Ertrag einer sogenannten Algen-Farm muß, auch nur bei Selbstverwertung der Algen, ganz beachtlich sein, denn PETHYBRIDGE berichtet, das 1913 eine derartige Kulturanlage bei einer Größe von 1554 qm für mehr als 800 RM verkauft wurde.

Von den Fischern der Hawai-Inseln wird schließlich noch berichtet, daß sie Algen, die sie zu essen pflegen, aus entfernteren, ungünstiger gelegenen Gebieten, in die Nähe ihrer Fischerdörfer brachten und dort anzusiedeln versuchten. Ein derartiges Vorgehen kann aber kaum im Sinne einer Algenkultur gewertet werden.

G. Ausblick auf die Verwertung einheimischer Meeresalgen.

Ehe wir auf eine kurze Betrachtung der Verwertbarkeit einheimischer Algen eingehen, mögen ganz kurz noch einige mehr gelegentliche und vereinzelt Verwendungen erwähnt werden. So werden sowohl in Amerika wie auch an europäischen Küsten und in Asien die langen fädigen Thalli der *Chorda Filum* zu Schnüren geflochten und von den Fischern als Angel- oder Fischschnüre verwendet. Dem gleichen Zweck können auch die oft viele Meter langen Stiele von *Nereocystis* dienen (SWAN 1915). Interessant ist die Verwendung der Rotalge *Laurencia pinnatifida* zum Anlocken von Fischen. *Box Salpa* und drei Mittelmeerarten von *Sargus* werden als Beute besonders genannt (SAUVAGEAU 1920). Die großen Schwimmkörper von *Nereocystis* werden von küstenbewohnenden Indianern auseinandergeschnitten und getrocknet als Ölgefäße verwendet. Schließlich sind auch die Laminarienstiele noch in verschiedener Weise zu gebrauchen. Am häufigsten werden sie als Messergriffe verwendet. In die zurechtgeschnittenen noch feuchten Stiele wird die Klinge fest eingefügt. Nach völligem Trocknen sitzt sie fest in dem sehr harten handlichen Stiel. Eine sehr interessante Verwendung von Stücken derartiger Stiele erwähnt SAUVAGEAU. Während des Kriegs wurden deutsche Granäten mit Zeitzunder für feuchte und nasse Gebiete derart konstruiert, daß ein trockenes Stück eines Laminarienstieles beim Quellen im Wasser oder feuchter Luft auf kleine Glasampullen drückte, diese schließlich zersprengte

und dadurch eine Reaktion der eingeschlossenen Chemikalien auslöste, die zur Sprengung der Granate führte.

Wenden wir uns nun der Frage nach der Verwertung heimischer Algen zu, so kann von vornherein das eine mit Bestimmtheit gesagt werden: Um größere industrielle Unternehmen zur Verwertung der Meeresalgen der eigenen Küste aufzubauen, fehlt an unseren Küsten das nötige Algenmaterial, das ohne große Unkosten in genügender Menge geerntet werden könnte. Das reichste und auch für die Ernte günstigste Algengebiet ist für uns Helgoland. Nach ALBERT und KRAUSE (1918) sind die dort im Jahr zu erntenden Laminarien nach einer damaligen Auskunft der Biologischen Anstalt auf rund 1000 t trockenen Materials geschätzt. Dabei bleibt aber unklar, ob in dieser Zahl das gesamte verfügbare Material gemeint ist, oder nur ein Teil, wie es ja um Raubbau zu vermeiden, notwendig wäre. Diese 1000 t sind aber viel zu wenig für ein größeres Unternehmen. Nun kommen Laminarien gar nicht so selten auch im Gebiet der westlichen Ostsee vor. Eine Vorstellung über die dort vorhandenen Massen fehlt aber gänzlich. Dazu kommt noch, daß im Gebiet der Ostsee die Laminarien meist keine geschlossenen Algendecken wie in Helgoland bilden, so daß eine Ernte ganz außerordentlich erschwert und dadurch das Rohmaterial bereits sehr verteuert würde. Etwas günstiger steht es, wenigstens bezüglich der Ernte, mit den Fucaceen. Hier würden durch geschickte Organisationen sicherlich größere Mengen jährlich zu ernten sein, ob freilich in genügender Menge, und darauf besondere Unternehmungen aufzubauen, erscheint mir sehr zweifelhaft, ganz abgesehen davon, daß die Kosten für das Rohmaterial vermutlich auch zu hoch sein würden. Bisher industriell verwertete Rotalgen, wie *Chondrus*, spielen in unserer Algenflora eine untergeordnete Rolle.

Wenn nun eine industrielle Verarbeitung in großem Maßstabe nicht möglich wird, so bliebe doch immer die Frage zu prüfen, ob nicht einzelne industrielle Unternehmungen gewissermaßen als Nebenfabrikation die vorhandenen Tange etwa zur Algin-gewinnung, oder zur Herstellung jodhaltiger Heilmittel verarbeiten könnten. Wenn die Drogenhandlungen ihre *Fucus*-Drogen heute vom Ausland einführen, weil ihnen in Deutschland fast nur *Fucus serratus* geliefert wird, so ist die Abstellung dieses Übelstandes nur eine Frage der Organisation. Liegen andere Gründe vor, so müßten diese erst geprüft werden, ebenso wie die Frage, warum *Fucus serratus* nicht ebenso als jodliefernde Droge verwertet werden kann¹⁾. Es ist zu vermuten, daß sich ein guter Teil dieser Einfuhr von *Fucus* aus einheimischem Material ersetzen ließe. Es ist zunächst auch nicht einzusehen, warum die Laminarienfelder Helgolands nicht noch etwas intensiver ausgenutzt werden sollten, selbst wenn es nur zur Herstellung der Stipites wäre. Vor allem müßte einmal die Verwertbarkeit dieser jodreicheren Algen in der Heilkunde untersucht und die in Frankreich bei der Verwendung der Laminarien gemachten günstigen Erfahrungen nachgeprüft werden. Vielleicht kann aber auch eine Belieferung der jetzt in Deutschland befindlichen Norgine-Fabrik in Außig in Erwägung gezogen werden.

¹⁾ U. WEBER und H. GERHARD haben erst kürzlich festgestellt, daß die *Fucus*-arten der Nordsee eine sehr gute Droge liefern.

Im allgemeinen hört man stets gegen Vorschläge eine Ausnutzung der Helgoländer Laminarien den Einwand, daß dadurch die Fischerei geschädigt würde (vgl. ESDORN 1934). Es müßte von sachverständiger, zoologischer, botanischer und fischereibiologischer Seite aus geprüft werden, inwieweit diese Meinung zu Recht besteht, und in welchem Umfang ohne Schädigung der Fischerei Laminarien geerntet werden könnten. Es erscheint bei richtiger, strenger Organisation durchaus möglich, jährlich einen Teil der Laminarien im Herbst zu verwerten. Zum mindesten sollten die oft in Massen angetriebenen Tange nicht nutzlos verkommen.

Der springende Punkt für alle industrielle Verwertung der deutschen Algen, selbst nur zur Herstellung von Tangmehl zu Futterzwecken, dürfte immer wieder der sein, daß die Kosten für das Verschaffen des Rohmaterials zu hoch sind, und daß daher die Fertigprodukte trotz ihrer qualitativen Überlegenheit oft nicht mit billigeren weniger guten Erzeugnissen konkurrieren können. Das weist aber um so intensiver darauf hin, daß überall da, wo die Kosten für die Verschaffung des Rohmaterials gering sind, also an den Küsten, dieses wenigstens im Kleinen genützt werden sollte. Für die Küstenbewohner ist das im landwirtschaftlichen Sinne durchaus möglich, ja sogar in Anbetracht der Qualität des Düngers empfehlenswert. Leider wird aber davon noch viel zu wenig Gebrauch gemacht. Es könnte sicherlich eine weit bessere Ausnutzung nicht nur des angetriebenen Materials, sondern vor allem auch frisch im Herbst geernteter Tange erzielt werden. Ob hierbei für *Fucus* das meist geübte Verfahren der Verwendung als Streu, die später dem Feld als Dünger zugute kommt, oder ob nicht auch der in Dänemark übliche Gebrauch (vgl. S. 172) der Kompostierung der Algen in Tonnen mit Erde oder Torf mehr zu empfehlen ist, wird vor allem von den in einem Gebiet vorhandenen Tangmengen abhängen. Wir haben heute noch keine Anhaltspunkte darüber, in welchen Mengen Fucaceen an unserer Ostseeküste vorhanden sind, wie man überhaupt trotz der REINKE'SCHEN Bestandsaufnahmen sich kaum eine annähernde Vorstellung von den Mengen der in unserer Ostsee vorhandenen Algen machen kann.

Schließlich wäre noch an zwei Möglichkeiten zu denken. Es wäre zu untersuchen, ob nicht Algen unserer Flora, die in reichem Maße vorkommen, bisher aber nicht genützt werden, durch besondere Verarbeitung nutzbar gemacht werden können. Die Aussicht dafür ist nicht sehr groß. Im Sommer wären vor allem die Grünalgen mit Enteromorphen und Cladophoreen in dieser Richtung hin zu untersuchen, und dann die in der Tiefe oft in Massen vorkommenden Rotalgen wie Ceramien, Polysiphonien, Rhodomela und vor allem Furcellaria. Die Aussicht auf ein Gelingen scheint freilich gering. Denn selbst einen Erfolg im Laboratorium vorausgesetzt, wird es in großem Maßstab fraglich, ob genügend Mengen billig genug zu verschaffen sind.

Die zweite Möglichkeit wäre die, künstliche Algenkulturen anzulegen. Am wünschenswertesten wären Laminarienkulturen. Ob dafür aber an der deutschen Nordseeküste genügend geeignete Gebiete zu finden sind, kann nur durch eine speziell auf diese Frage gerichtete Prüfung entschieden werden. Im Ostseegebiet würden sich Gebiete dafür finden, doch ist da der Erfolg sehr zweifelhaft, da wir auch dort, wo wir dichtere Steinflächen haben, von Natur aus die Besiedlung mit Laminarien keine sehr dichte ist. Sicherer und leichter in der Bearbeitung wären *Fucus*-Kulturen, wie wir sie oben von

der irländischen Küste beschrieben. Gebiete mit Gezeitenwechsel würden dabei günstigere Kulturmöglichkeiten bieten, doch erscheint es nicht ausgeschlossen, auch in Ostseebuchten derartige Kulturen anzulegen. Man müßte dann allerdings besonders in algenärmeren Gebieten gewissermaßen „Samenpflanzen“ in die Kulturgebiete hineinbringen, um eine möglichst gute Besiedlung zu erzielen, andernfalls wäre die Gefahr eines Bewuchses mit wertlosen Formen zu groß. Der Kernpunkt aber, der vielleicht auch derartige Kulturen unausführbar macht, ist die Frage, ob Steinmaterial genügend billig und in ausreichendem Maße herangebracht werden kann, daß die Kulturen sich lohnen. Für die Nordsee erscheint dieser Punkt noch schwieriger als für das Gebiet der Ostsee.

Literaturverzeichnis.

Die mit einem * versehenen Arbeiten haben nicht im Original vorgelegen. Ihr Inhalt ist aber durch Referate oder aus anderen Arbeiten bekannt geworden. Die mit einem † versehenen Arbeiten sind nur dem Titel nach zitiert.

- ADRIAN: Sur l'emploi de certaines Algues marines pour l'alimentation des chevaux. *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris.* **166**, 54—56. 1918.
- AHMAD, B.: Observations on a diatom (*Nitzschia Closterium* W. GRUN) as a source of vitamin a. *Biochem. Journ.* **24**, 860—865. 1930.
- ALBERT, R. u. M. KRAUSE: Untersuchungen deutscher Seetange. *Chem. Ztg.* **43**, 97—99. 1919.
- ALLEN, A. W.: Potash from seaweeds in California. *Met. Chem. Eng.* **29**, 49. 1923.
- ALSBERG, C. L.: A Discussion of the probable Value of marine Algae. Senate Documents No. 190, Appendix R, S. 267—270. Washington 1912.
- *ANNET, H. E., DARBISHIRE, F. V. und RUSSEL, E. J.: Edible Sea-weeds. *Journ. South eastern agric. College, Wye*, No. 16, 1907.
- ANONYMUS: The Summerland Kelp-Potash Plant. *Journ. Ind. Eng. Chem.*, **13**, 413. 1921.
- : Norwegische Pläne für Seetang und Seegrasverwertung. *Deutsche Fischerei-Rundschau*, Jahrg. 1937. Heft 20.
- : Norwegische Pläne zur Verwertung von Seetang und Seegras. *Die Deutsche Fischereiwirtschaft*, Jahrg. 4, Heft 21. 1937.
- : The pacific Kelp Potash Industry. *Met. Chem. Eng.*, **18**, No. 11, S. 566. 1918.
- : The Kelp Potash Plant of the Lorned Manufacturing Company. *Chem. met. Eng.* **19**, 450—452. 1918.
- BALCH, D. M.: On the chemistry of certain Algae of the Pacific coast. *J. Ind. Eng. Chem.*, **1**, 777. 1909.
- BECKMANN, E.: Seetang als Ergänzungsfuttermittel. *Sitzungsberichte Akad. Wiss. Berlin* 1915. S. 645—651.
- u. BARK, E.: Seetang als Ergänzungsfuttermittel. II. *Sitzungsber. Akad. Wiss. Berlin* 1916. S. 1009—1033.
- BRIN, F.: Fumure par les algues marines. *Journ. d'agricult. pract.* **90**, 234—235. 1926.
- *BROCQ-ROUSSEAU: *Bull. officiel Rech. scient. et industr. et des Invent.* No. 15. 1921, 60.
- *BURD, J. S.: The economic value of pacific coast Kelps. *Univ. of Calif. public. Coll. of Agric. Bull.* No. 248, Berkeley, 1915.
- *BURGVIC, G.: Über Verwertung der Meeresalgen zur Gewinnung von Hefen und Alkohol. *Bull. Acad. Scien. U.R.C.S.* VII. S. Nr.6, 837—846, 1933 (russ. mit deutsch. Zusammenf.). *Ref. Ber. ges. Physiol.* **75**, 729, 1934.
- CAMERON, F. K.: Fertilizer Resources of the United States, Senate Document, No. 190. Washington, 1912a.
- : Seaweed, potash and jodine. *Journ. Ind. Eng. Chem.* **4**, 690—691. 1912b.

- CAMERON, A. T.: Kelp and other Sources of Potash. Journ. of the Franklin Inst. **174**, Philadelphia, 1913.
- : Potash from Kelp. Unites States Depart. of Agric. Report No. 100, Washington, 1915.
- CAMERON, A. T.: Contributions to the biochemistry of iodine. Journ. of biol. chem. **18**, 1914 und **23**, 1915.
- CAUER, H.: Chemisch-bioklimatische Studien in der Bretagne. II. Beeinflussung des mitteleuropäischen Jodmilieus durch die bretonische Jodindustrie auf dem Wege der Luft. Bioch. Ztschr. **299**, 69. 1938.
- CHAUVEAU, H.: Les Algues marines en Thérapeutique. Thèse, Fac. méd. Paris. No. 9, 1927. 122 S.
- COLIN, H. u. RICARD, P.: Glucides et dérivées glucidiques des Algues brunes. Compt. rend. Acad. Sc. Paris, **190**, 1514. 1930.
- COLLINS, F. S.: The Algae of Bermuda. Proc. Americ. Acad. Arts a. Sciences, **53**, Cambridge, 1917.
- *COLOMB, P.: Notizen über die Verwendung in Appreturen. Teintex, **3**, 94—101. 1938. (Ref. Chem. Ztrbl. 1938 II, S. 2975.)
- COTTON, A. D.: Marine Algae, Clare Island Survey, pt. 15. Proc. roy. Irish Acad., **31**, Dublin, 1912.
- *—: The Japanese Seaweed Tosaka Nori. Kew Bull. Jhg. 1914, S. 219—222.
- COWARD, K. H. u. DRUMMOND, J. C.: The formation of vitamin A in living plant tissue. Biochem. Journ. **15**, 530—539. 1921.
- CROSSMAN, E. G.: Sea-Weed for War. Scient. americ., 74. Jahrg., New York, 1918.
- CULLEN, I. A.: The availability of nitrogen in Kelp. Journ. Ind. Eng. Chem., **6**, 581—582. 1914.
- DAVIDSON, G. J.: The Seaweed Industry of Japan. Bull. Imp. Inst. **4**, London, 1906.
- DEBEAUX, O.: Algues marines récoltées en Chine pendant l'expédition française de 1860—1862. Actes de la Soc. linnéenne de Bordeaux. **30**, Bordeaux, 1875.
- : Algues marines des environs de Bastia (Corse). Recueil Mém. Méd., Chir. et Pharm. militaires, 1873.
- DELAGE, Y.: La question du Goémon de fond. Bull. Inst. océanogr. Monaco, Nr. 267. 1913.
- DERANIYAGALA, P. E. P.: Cured Marine Products of Ceylon. Ceylon Journ. of Science. **5**, 49—78. 1933.
- DESCHIENS, M.: Les utilisations des Algues et plantes marines. Chim. et Ind. Paris 1926, **15**, 675—698.
- *—: Les utilisations des algues. Bull. Soc. océanogr. Fr. Nr. 43—45. 1928—29.
- : Les Algues marines et l'industrie des matières plastiques. Rev. génér. Matières plastiques. **6**, 261. 1930.
- *DESMOIRES, —: De la teneur en iode des Algues de Bretagne; différents modes d'extraction de l'iode; état actuel de la question. Thèses de Montpellier. 1917.
- DILLON, TH. u. CAVELLE, E. F.: A suggested method for the utilisation of Seaweed. Econ. Proc. Roy. Dubl. Soc. **2**, 407—413. Dublin. 1910—1935.
- DRUMMOND, J. G. u. GUNTHER, E. R.: Vitamin Content of marine plankton. Nature 1930. S. 394.
- DUMON TONDO, F. U.: Utilisations des algues marines sur les côtes de l'Océan Pacifique. Bull. Stat. biolog. Arcachon **27**, 175—208. 1930.
- ELLSNER, H.: Über das Vorkommen von hochwirksamen die Blutgerinnung hemmenden Stoffen in Meeresalgen. Ztschr. f. physiol. Chem. **252**, 196—200. 1938.
- , BRORSER, W. u. BÜRCEL, E.: Ztschr. physiol. Chem. **246**, 244. 1937.
- , LIEDMANN, A. u. OPPERS, K.: Tierversuche mit einem gerinnungshemmenden Algenstoff aus *Delesseria anguinea* (L.). Lam. Arch. exp. Path. u. Pharm. **190**, 510—514. 1938.
- ESCHLE: Über den Jodgehalt einiger Algenarten. Ztschr. f. physiol. Chem. **23**, 1897.
- ESDORN, I.: Die Laminarien der nordeuropäischen Meere und ihre heutigen Verwendungsmöglichkeiten. Heil- und Gewürzpflanzen, **16**, 86—94. 1935.
- *FARLOW, W. G.: List of the principal useful Sea-Weeds occurring on the United States coast. Rep. of U. S. Comm. of Fish. and Fisheries for 1874—75. Washington, 1876.
- *FIELD: Bureau of Fisheries Econ. Circ. 51. 1921.
- FLORENSKI, R. N., LITWINOW, R. N. u. BRJANZEW, N. I.: Aufarbeitung von Meertang. Russ. Patent 51091 vom 27. 3. 1936. Ausgegeben 31. 5. 1937. Chem. Ztrbl. 1938 II. Nr. 4, S. 743.
- FOSLIE, M.: Über die Laminarien Norwegens. Christiania Vidensk. Selsk. Forhandel. Nr. 14. 1884.
- *FOUGEROUX DE BONDAROY et TILLET: Second Mémoire sur le Varech. Hist. Acad. Scien., 1772, 2. Teil, Paris, 1776. Mém. p. 55.

- FREUNDLER, P.: Sur l'iode dosable de *Laminaria flexicaulis*. Compt. rend. Acad. Sci. **178**, 515—517. 1924.
- : Variations de l'iode chez *L. flexicaulis* à l'époque de la repousse annuelle, rôle de la zone stipifondal. Compt. rend. Acad. Sci. **178**, 1625—1628. 1924.
- , MENAGER, Y. u. LAURENT, Y.: La composition des Laminaires. Compt. rend. Acad. Sci. Paris. **173**, 1116—1118. 1921.
- — —: L'iode chez les laminaires. Compt. rend. Acad. Sci. Paris. **173**, 931—932. 1921.
- * — — —: Laminaria, variations des principal constituents. Bull. Soc. Chim. **31**, 1341—1347. 1922.
- FRYE, T. G., RIGG, G. B. u. GRANDALL, W. G.: The size of Kelps on the Pacific Coast of North America. Bot. Gaz. **60**. 1915.
- GAIL, H.: Eine Übersicht des Tanggürtels des Küstengebietes im Zusammenhang mit einigen allgemeinen Fragen seiner Ausbeutung. Bull. Pacific scient. Fish. Inst. **4**, 1—37. 1930. (Russ. m. deutscher Zusammenf.)
- *GALETTI, A. C.: Ricerche chimico-agrarico sulle cosi dette Alge marine con particolare riguardo al loro impiego in agricoltura. L'Agricoltura Coloniae. **25**, 423—434. 1931. Ref. Bot. Ctrbl. N. F. **21**, 477.
- LE GALL, J.: Utilisation des plantes marines. Industrie des Algues. In: BOURY, M., LE GALL, J., LAMBERT, L., REMY, D., et SCHWINTE, J.: Manual des Pêches maritimes Française. Mém. de l'Office des Pêches marit. (Sér. Spéc.). Fasc. 4, No. 12, 65—88, Paris. 1936.
- : Verwertung der Meerespflanzen. Handb. d. Seef. Nordeuropas. **7**, S. 153—156. 1937.
- GARÇAIN, J. E.: Recherches sur l'*Alsidium Helminthochorton* du golfe d'Ajaccio. Thèse de Montpellier, 1906.
- GLOESS, P.: Les plantes marines. Leurs utilisation. Bull. Inst. Océanogr. Monaco. Nr. 350. 1919.
- * —: Utilisation des Algues marines pour l'alimentation Moniteur scient. **10**, 3—5. 1920.
- * —: Les plantes marines et leurs utilisations. Rev. Chim. Ind. **41**, 162—165; 190—194; 218—221. 1932.
- GREEN u. JOHNSON: Chem. Eng. **15**, 55. 1912.
- GREVILLE, R. K.: Algae Britannicae. Edinburgh 1830.
- *GUÉGUEN, F.: Le Carrageen: ses emplois pharmaceutiques et industriels et sa récolte en Bretagne. Bull. Sci. pharmacol. **10**, 225—228. 1904.
- GUÉRIN, P.: La récolte des Goémons dans le Finistère. Rev. sci. Paris, 1917.
- GUFFROY, M. CH.: L'emploi des engrais en Bretagne. Saint-Brieuc. 1915.
- GUNNERUS, I. E.: Flora norwegica. Copenhagen 1766—1772.
- GÜNTHER, R.: Die Verwendung von Carrageen-Moos in der Textilveredelung. Spinner und Weber. Jhrg. 1928. No. 40.
- HARVEY, W. H.: Phycologia britannica. London 1846—1851.
- HEEN, E.: Untersuchungen über Alginsäure. III. Viskosimetrische Molekulargewichtsbestimmungen. Kolloid. Ztschr. **83**, 204—209. 1938.
- HEINCKE, FR.: Die Verwertung des Seetangs. Mitt. Seefischer. Ver. Jahrgang 1889, 136—138.
- *HENDRICK, J.: The Use and Value of Seaweed as Manuare. Transact. Highland agric. Soc. of Scotland. Ser. 4, **10**, Edinburgh, 1898.
- : The value of Seaweeds as raw Materials for chemical Industry. Journ. Soc. chem. Ind. **35**, 565—574, London. 1916a.
- : The Composition and Use of certain Seaweeds. Journ. Board of Agric. **22**. London. 1916b.
- : The Chemistry of Seaweeds. Nature, London, Jhrg. 1919.
- *HENNIG, TH. Die Verwendung des Ammoniumalginats in der Papier- und Pappindustrie. Papeterie. Bd. **54**, 1122. 1932. (Ref. Chem. Centralbl. 1933 I, S. 696.)
- HERCULES POWDER CO.: The California Kelp Operations of the Hercules Powder Co. Chem. met. Eng. **18**, 576. 1918.
- HERTZINGER, E.: Appreturmittelkunde. Wittenberg-Berlin 1926.
- HIGGINS, C. A.: Recovery of potash from Kelp. Journ. Ind. Engin. Chem. **10**, 832. 1918a.
- : Extraction of Potash from Kelp. Chem. met. Eng. **19**, 432—433. 1918b.
- HJÖRT, J.: Observations of the distribution of fatsoluble Vitamins in marine animals and plants. Proc. of the Royal Acad. Serie B. **93**, 440—449. 1922.

- HOAGLAND: The destructiv distillation of Pacific coast Kelps. Journ. Ind. Eng. Chem. 7.
 —: Organic constituents of Pacific Coast Kelps. Journ. Agric. Res. 4, 39—58. 1915.
- †HOLMES, E. M.: The Japanese seaweed industry. Pharmaceut. Journ. 1906. No.1891 und 1892,
 S. 319—323, 346—348.
- *HOWE, A.: Some economic uses and possibilities of the seaweeds. Journ. New York, Botan. Garden,
 18. 1917.
- *ISAACHSEN, H.: 10 de beretning (1915—1916) fra foringsforsökene ved Norges landbrukshöiskole.
 Christiania 1917.
- JOHNSTONE, E. C.: Brief Notes an the Kelps of Alaska. Senate Docum. No.190, Appendix O,
 S. 214—216, Washington 1912.
- KABELL: Bladtang. Fiskeritidende. Jahrg. 1888, S. 201 u. 214.
- *KAYSER: Utilisation des Algues marines pour l'obtention d'alcool. Feuille d'informations du Mini-
 stère de l'Agriculture. Paris, 3. 12. 1918.
- KELLNER, O. u. MORI, Y.: Untersuchungen über die Ernährung der Japaner. Ztschr. f. Biologie,
 25, 102—122. 1889.
- *KING, J. G.: Fuel Research Board. Techn. paper No.9. 1924.
- KNUDSEN, H.: Seaweed, potash and jodine, a criticism. Journ. Ind. Eng. Chem. 4, 623—624. 1912.
- KÖNIG, J. und BETTELS, J.: Die Kohlenhydrate der Meeresalgen und daraus hergestellte Erzeugnisse.
 Ztschrft. f. Unters. Nahrgrs.- u. Genußmitte. 10, 457. 1905.
- *KOWARSKI, I. G. P. u. AUDUREAU, R.: La richesse en vitamines de *Laminaria flexicaulis*. Rev. path.
 comp. et Hyg. gén. 35, 913—925. 1935. Ref. Ber. ges. Physiol. 89, 549. 1936.
- *KREFTING, A.: An improved method of treating sea-weed to obtain valuable products therefrom.
 Alginic acid „Tang acid.“ Engl. Patent 11538. Mai 27, 1896. Soc. Chem. Ind. Journ. 15, S.720.
 1896.
- KRINGSTAD, H. u. LUNDE, G.: Untersuchungen über Alginsäure. II. Röntgenuntersuchungen an
 gesponnenen Alginsäurefäden. Koll. Ztschr. 83, 202—203. 1938.
- KYLIN, H.: Zur Biochemie der Meeresalgen. Ztschr. physiol. Chem. 83. 1913.
 —: Untersuchungen über die Biochemie der Meeresalgen. Ibidem, 94. 1915.
 —: Weitere Beiträge zur Biochemie der Meeresalgen. Ibidem, 101, 236—247. 1918.
 —: Über das Vorkommen von Jodiden, Bromiden und Jodoxydasen bei den Meeresalgen. Ibidem.
 186, 50—84. 1929.
- LAPIQUE, L.: Emploi des Algues marines pour l'alimentation des chevaux. Compt. rend. Sci. Paris.
 167, 1082—1085. 1918a.
 —: Emploi des algues marines pour l'alimentation des Cheveaux. Bull. Mus. Hist. Paris. 24, 550—556.
 1918b.
- *—: Sur la teneur des algues marines en matières minérales. Compt. rend. Soc. Biol., 83, 1610—1613,
 1920.
 — u. BROCCQ-ROUSSEAU: Les algues marines comme aliment de travail pour le cheval. Ibidem, 170,
 1600—1603. 1920.
- LAUNAY, L. DE: L'utilisation chimique des varechs. La Nature. 1902, 1.
- LENDNER, A.: Les bandes de la Bretagne. Exploitation du goémon. Pharm. Acta Helvet. 1, 183—190.
 1926.
- †LEPIK, E.: Der Blasantang (*Fucus vesiculosus*) und seine wirtschaftliche Bedeutung für Eesti.
 Mitt. phytophatol. Versuchsstation Univers. Tartu, 1, 1—10. 1926.
- LILLIG, R.: Die Bedeutung der Algen und Flechten in der Pharmazie. Pharm. Ztg., 79, 632—634,
 644—645, 658—659.
- LINDNER: Zur Verwertung der Meeresalgen. Ztschr. f. techn. Biol., 10, 193—198. 1920.
- LINNÉ, C.: Ölandska och Gothlandska Resa. Stockholm 1745.
- *LOHRISCH: Der Vorgang der Cellulose- und Hemicelluloseverdauung beim Menschen und der Nähr-
 wert dieser Substanzen für den menschlichen Organismus. Ztschr. exper. Path. u. Pharm. 5,
 460. 1908.
- LUCAS, A. H. S.: Notes on Australian Marine algae. V. Proc. Linn. Soc. N. S. Wales. 52, 559—562.
 1927.

- LUNDE, G.: Var sjötång og dens industrielle utnyttelse. *Teknisk Ukeblad*, **84**, S. 192. 1937 a.
 —: Der Meertang als Rohstoffquelle. *Angewandte Chemie*, **50**, Jahrg. No. 36, 731—734. 1937 b.
 — u. CLOSS, K.: Der Einfluß von Tangfütterung auf den Jodgehalt von Molkereiprodukten. *Norsk. Mag. Laegevidensk.* **97**, 377—394. 1936. (Norwegisch mit deutsch. Zus.)
- LUNDE, HEEN u. ÖY: Über Fucoidin. *Ztschr. physiol. Chem.* **247**, 189—196. 1937.
 —: Untersuchungen über Alginsäure I. Über die Konstitution der Alginsäure. *Koll. Ztschr.* **83**, 196—202. 1938.
- LUNDE, G. u. LUNDE, S.: Undersökelse over forekomsten av carrageen. Report on Norweg. Fish. and Marine Invest. **5**, No. 5. 1938.
- MAC GAUGHEY, V.: Algae of the Hawaiian Archipelago. *Bot. Gaz.* **65**, 1918.
- MANGENOT, G.: Des Algues utiles. Thèse d'Agrégation. Paris. 1883.
- MARCHAND, E.: Composition des cendres de Fucus. *Journ. pharm. chim.* **4**, Serie. **2**. 1865.
- MARCHAND, L.: Note sur la Phycocolle ou gélatine végétale produite par les Algues. *Bull. Soc. botan. de France* **26**, Paris. 1879.
- *MATIGNON, C.: L'Industrie de l'iode, son histoire, son état actuel. *Rev. Gén. Sciences*, **25**, Paris. 1914.
- MATSUI, H.: Chemical Studies in some marine Algae; chief Material of „Kanten“. *Journ. Coll. Agric.* **5**, Tokio 1916.
 —: On the Relation between the chemical Constituents of „Asakusa-nori“ (*Porphyra laciniata*) and its Quality. *Ibidem.* Tokio 1916.
- *MENDEL, LAFAYETTE B.: Das Verhalten einiger unverdaulicher Kohlenhydrate in Verdauungstrakt. *Ztrbl. f. d. gesamte Physiol. u. Path.* Jhg. 1908, No. 17.
- MENDEL, L. B. u. SWARTZ, M. D.: The physiological utilization of some complexe carbohydrates. *Amer. Journ. Med. Science*, **139**, 422—426. 1910.
- MERZ, A. R.: On the composition of giant Kelps. *Journ. Ind. Eng. Chem.* **6**, 19. 1914.
 — u. LINDEMUTH, I. R.: The Leaching of potash from freshly cut Kelp. *Journ. Ind. Eng. Chem.* **5**, 729—730. 1913.
- MEYER, E.: Pflanzliche Therapie. Leipzig 1935.
- *MILLER, C. D.: Bernice P. Bishop-Museum Honolulu. *Bull.* **37**, 1. 1927.
- MIRA, T.: On the cell wall constituents of Brown Algae. *Bot. Mag. Tokyo.* **46**, 261—262; 339—344. 1932.
- MITCHELL, H.: Reproduction on „synthetic“ diet, when purified agar is added to the diet. *Amer. Journ. of Physiol.* **62**, 557—558. 1922.
- MIURA, I.: On the preparation and the properties of the vegetable decolorizing carbons. *Journ. Coll. of Agric. Imp. Univers. Tokio.* **9**, 101—118. 1927.
- MIYABE, K.: On the Laminariaceae and Laminaria industries of Hokkaido. *Publ. Fish. Bureau Hokkaido. Gov.* **3**. 1902.
- *MOFFAT: Seaweed as a source of potash for agriculture. *Transact. of the Highland and agricult. Soc. Scotl. Edinburg*, 1915.
- MORIDE, ED.: Fabrication des charbons de varechs. Nouvelle méthode d'en extraire le brome et l'iode et de doser ce dernier corps au moyen des hyposulfites alcalins. *Compt. rend. Acad. Scien.* **62**, Paris. 1866.
- *NORRIS, R., SIMEON, M. K. and WILLIAMS, K. B. The vitamin B and Vitamin C-content of marine algae. *Journ. Nutri.*, **13**, 425—433. 1937.
- OKAMURA, K.: On Laminaria of Japan. *Botan. Magazine*, **10**, Tokio. 1986.
 —: Illustrations of the marine Algae of Japan. Tokio. 1901.
 —: On the Transplantation of Porphyra. *Rep. Fish. Inst.* **3**, 1905 (Japanisch).
 —: Icones of Japanese Algae. Bd. 3, Tokio 1913.
- †—: On the culture of Gracilaria confervoides. *Journ. Imp. Fish. Inst.* **21**, 10. 1925.
- OKUDA, Y. u. ETO, T.: On the Form of Iodine in marine Algae. *Journ. Agric. Imp. Univers. Tokyo.* **5**, 341—353. 1916.
 — u. NAKAYAMA, S.: On the Quality of „Asakusanori“. *Ibidem.* **5**, 339—340. 1916.
- OSHIMA: A digest of Japanese Investigations of the Nutrition of man. U. S. Depart. Agric. Off. of Exper. Stat. *Bull.* **159**. 1905.

- PEHOREY, J.: Les pellicules transparents à base d'algues maritimes. Rev. génér. Matières plast. **13**, 270—274. 1937.
- PENTEGOFF, B. P.: The utilisation of the far eastern Jodine containing seaweeds. Bull. Pacif. Sci. Fish. Res. Stat. Wladiwostok. **3**, 1—44. 1929.
- PERROT, E. u. GATIN, C. L.: Les Algues marines utiles et en particulier les Algues alimentaires d'Extrême-Orient. Ann. Inst. océanogr. **3**, 1912.
- *PERROT u. HURRIER: Matière médicale sino-annamite. 1. Vol. Paris 1907 (Vigot frères).
- PETHYBRIDGE, G. H.: The cultivation of seaweed in Ireland. Journ. Dep. Agr. and techn. Industr. Instructions for Irland. **15**, 546—549. 1915.
- : Die „Kultur“ der Meeresalgen in Irland und ihre Verwendung als Düngemittel. Intern. Agr.-techn. Rundschau. **6**, 1129—1130. 1915.
- PFEIFFER, G.: Neue Wege zur Kropfverhütung durch biologisches Jod. Forschungen u. Fortschritte. **10**, 8—10. 1934.
- PHILIPPSEN, H.: Meeresalgen als Kriegsgemüse. Heimat. **25**, 180—181. 1915.
- *PIERRE, I.: Etudes sur les engrais de mer des côtes de la Basse-Normandie (Manche et Calvados). Mém. Soc. Linnéenne Normandie, **9**, 1853.
- PRINGSHEIM, H. u. KRÜGER, D.: Hemicellulosen. Handbuch der Pflanzenanalyse, Bd. **3**, 1932.
- *REED, M.: The economic sea-weeds of Hawaii and their food value. Ann. rep. Hawaii agric. exper. Stat. for 1906. Washington 1907.
- REINBOLD: Nutzen und die praktische Verwertung von Meeresalgen. Schr. Naturw. Ver. f. Schl.-Holst. **9**, 145. 1896.
- REINKE, O.: Faserstoffe oder Bouillonextrakte aus Salzalgen. Chem. Ztg. **42**, 230. 1918.
- RICARD, M. P.: Les constituants des Laminaires, nature, variations saisonnières. Bull. Soc. chim. biol. **13**, 417—435. 1931.
- RIGG, G. B.: Ecological and economic Notes on Puget Sound Kelps. Senate Doc. No. 190, 179—193, Appendix L. Washington 1912.
- ROMAN, W.: Die Entwicklung der Jodindustrie und ihre heutige wirtschaftliche Lage. Ztschr. angew. Chem. **44**, No. 1. 1930.
- ROST, E.: Seetang als Ergänzungsfuttermittel. Mitt. dtsh. Seefischereiverein, **31**, 160—166. 1915.
- : Die industrielle Verwertung der Seetange. Mitt. d. dtsh. Seefischereivereins. **33**, 237—238. 1917.
- : Seetang als Ergänzungsfuttermittel und Versuche, Seegrass für die Tierfütterung nutzbar zu machen. Mitt. d. dtsh. Seefischereivereins, **33**, 28—31. 1917.
- RUSSEL, E. T.: The composition of seaweed and its use as manure. Journ. of the Board of Agric. **17**, 458, 477. 1910.
- RUSSEL: Vitamin-Content of marine plankton, Nature, 1930, S. 472.
- SAIKI: The digestibility and Utilisation of some Polysaccharide Carbohydrates derived from lichens and marine algae. Journ. biol. Chem. **2**, 251—265. 1906.
- *SAINT-YVES, A.: De l'utilité des Algues marines. Paris 1879.
- *SALLE, H. et CIE.: L'industrie des algues marines au Japon. Fabrication de l'Agar-Agar. Ann. de la Drogue et de ses dérivés. **7**, Paris 1912.
- SALLER: Der Seetang als Industrierohstoff. Prometheus. 1916, 726—727.
- SAUYGÉAU, C.: Réflexions sur les analyses chimiques d'Algues maritimes. Rev. génér. des Scien. Paris. 1918. **29**. Jahrg.
- : Utilisation des Algues marines. Paris 1920a.
- : Sur les Algues marines floridées indigènes pouvant fournir de la gélose. Compt. rend. Acad. Scien. Paris. **171**, 566—569. 1920b.
- : Sur la gélose de quelques algues Floridées. Bull. Stat. Biol. d'Arcachon. **18**, 113. 1921.
- et MOREAU, L.: Sur l'alimentation de cheval par les algues marines. Compt. rend. Acad. Sci. Paris, **168**, 1257—61. 1919.
- SEGERS-LAUREYS, A.: Recherches sur la composition et la structure de quelques Algues officinales. Rec. Inst. bot. Leo Errera. **9**, Brüssel 1913.
- †SENFT: Über einige in Japan verwendete vegetabilische Nahrungsmittel mit besonderer Berücksichtigung der japanischen Militärkonserven. Pharmaz. Praxis. **5**, 1906.

- SETCHELL, W. A.: Limu. Univ. Calif. Publ. in Botany. **2**, Berkeley 1905.
- : The Kelp of the United States and Alaska. Senate Docum. No. 190, S. 130—178, Appendix K. Washington 1912.
- *SHUTT, F. T.: La potasse en agriculture. Ministère de l'Agriculture, Fermes expérim. Serv. de la chimie. Circulaire No. 7, Ottawa 1914.
- SINOVA, E. S.: Sea cablage (*Laminaria*) and another seaweeds of industrial value. Bull. Pacif. Ocean. scien. Fish. Res. Stat. Wladiwostok. To, 1, 77—142. 1928. (Russ. mit engl. Resum.)
- : Les Algues de la mer Blanche et leur application pratique. Trav. Inst. Rech. Industr. Comité. Exéc. d'Archangelsk. Bd. 6, 1—46. 1929.
- : Algues de la Baie novorossijsk dans la mer noire et leur utilisation. Trav. Stat. biol. Sébastopol. 4, 1—136. 1935.
- SMITH, H. M.: The Fisheries of Japan. Utilization of Algae. Bull. U. S. Fish Comm. for 1893. Washington 1894.
- : The Seaweed Industrie of Japan. Bull. Bureau Fish. **24** for 1904. Washington 1905.
- : The utilization of Seaweeds in the United States. Ibidem. Washington 1905.
- SPENCE, M.: The Economic uses of Brown Sea Weeds, Journ. of Bot. **56**, 337—340. 1918.
- SPENCER, G. C.: Potash from Kelp: II. The Experimental distillation of Kelp at low temperatures. Journ. Ind. Eng. Chem. **12**, 682. 1920a.
- : Potash from Kelp: III. The preliminary examination of Kelp Destillates. Ibidem. **12**, 786. 1920b.
- *SUZUKI, K., NISHIKAWA, T. and AOKI, S.: Chemical composition of sea-weeds and the digestibility. Nip. Tiksán. Gkw. Ho. **4**, 227—234 and 263—269. 1931. Ref.: Jap. Journ. of Med. Science, II. Biochemistry. **3**. No. 3. S. (46).
- SWARTZ, M. D.: Nutrition Investigations on the carbohydrates of Lichens, Algae, and related substances. Transact. Connecticut Acad. of arts and sci. **16**, 247—382. New Haven 1911.
- SWAN, J. G.: Notes on the Fisheries and the Fishery Industries of Puget Sound. — On the economic Value of the Giant Kelp and other Seaweeds of the northwest Coast on north America. Bull. U. S. Fish comm. **13**, für 1893. Washington 1894.
- STANFORD, E. C. C.: On the manufacture of Kelp. Chem. News. **5**, 167. 1862.
- : Distillation of Seaweeds. Ibidem. **34**. 1876.
- : On the manufacture of Jodine. Ibidem. **35**, 172—175. 1877.
- : On Algin. Journ. Soc. Chem. Industr. **3**, 297—303. 1883.
- : On Algin, a new substance obtained from some of the communer species of marine algae. Chem. News. **47**, 254—257; 267—269. 1883.
- : Improvements in the manufacture of algin and other products from Seaweeds. Journ. Soc. Chem. Ind. **4**, 594. Manchester 1885.
- : On alginic acid and its compounds. Journ. Soc. Chem. Industr. **5**, 218—221. 1886.
- *—: Improved Pharmazeutical preparations of soluble and insoluble alginates of metallic and other bases. Engl. Patent 807, Febr. 1899. Abstr.: Journ. Soc. Chem. Industr. **18**, 398. 1899.
- STEWART, G. R.: Availability of the nitrogen in Pacific coast Kelps. Journ. Agric. Res. **4**, 1915.
- TAKAO: Sur quelques algues marines, qui sont employées à la fabrication de l'Agar-Agar. Journ. de Pharm. et Chim. **15**. 1917. Paris.
- *TANG, P. S. u. WHANG, P. CH.: Jodine contents of ten species of Chinese marine algae. Chim. Journ. Physiol. **9**, 285—289. 1935.
- TANNER, H. G.: Potash from Kelp. VI. The decolorizing Action of Adsorptive charcoals. Journ. Ind. Eng. Chem., **14**, 441. 1922.
- THOMAS, M.: Der Formenkreis von *Chondrus crispus* und seine ökologische Bedingtheit. Hedwigia 1938. **77**, 137—210.
- TILDEN, J. E.: The Algae and their Life Relations. Minneapolis 1935.
- TORYU, Y.: On the organic Jodine in *L. ochotensis* MIYABE with special reference to Protein Jodine and Search for Dijodotyrosine. Science Rep. Tohoku Imp. University. 4. Ser. (Biologie) Sendai. **8**, 107—110. 1933.
- TRESSLER, D. K.: Marine products of Commerce. New York. 1923.
- TROFIMOW, A.: Über das mineralische Jod in Meeresalgen. Planta. **23**, 56—70. 1934.

- TSCHIRSCH, A.: Handbuch der Pharmakognosie. 2. Band, Leipzig 1912.
- †TSENG, C. K. u. TANG, P. S.: On the occurrence of two laminariaceous plants de China coast with a note on their jodine content. *Lignan Sci. Journ.*, **15**, 219—224. 1936.
- TUPHOLME, C. H. S.: Carbonisation of Seaweed. *Chem. Met. Eng.* 1926.
- TURNER, D.: Fuci. London. 1808—1819. 4. Bd.
- TURRENTINE, I. W.: A note on the distillation of Kelps. *Proc. Eights Internat. Congr. Appl. Chem.*, **15**, 313—317. 1912a.
- : Composition of Pacific Kelps. *Journ. Ind. Eng. Chem.*, **4**, 431—435. 1912d.
- : The composition of Kelps. *Senate Doc. No. 190*, 217—231. Appendix O. 1912e.
- : The technology of the seaweed industry. *Ibidem.* S. 232—262. Appendix Q. 1912d.
- : The Carbonisation of Kelp für the recovery of potash. *Met. Chem. Ing.*, **16**, 196. 1917.
- u. SHOAFF, P. S.: Potash from Kelp: The experimental plant of the U. S. Department of Agriculture. *Preliminary Paper. Journ. Ind. Eng. Chem.*, **11**, 864. 1919.
- —: Potash from Kelp: IV. Continious Countercurrent Lixivation of Charred Kelp. *Ibidem.*, **13**, 605. 1921.
- u. TANNER, H. G.: Potash from Kelp: V. The applicability of Kelp-char as a bleaching and purifying Agent. *Ibidem.*, **14**, 19. 1922.
- — u. SHOAFF, P. S.: Potash from Kelp: VII. The manufacture of Potash Salts. *Ibidem*, **15**, 159. 1923.
- UEDA, S.: Studies on the Life-history of *Porphyra tenera* Kjelm. *Bull. Japan Soc. Scient. Fisheries*, **6**, 91—104. 1937. (Japanisch mit engl. Zusammenfassung.)
- ULLMANN: Enzyklopädie der technischen Chemie. 2. Aufl. 1928.
- VINCENT, V.: *Les Algues marines et leurs emplois agricoles, alimentaires industriels.* Paris 1924.
- VIDEMENT, E.: *Les herbes marines.* Diss. Fac. de droit. Univ. de Rennes 1909.
- WARRINGTON, R.: *Agricultural Chemistry in Japan.* *Chem. News.* **40**. 1879.
- WASSICKY: *Lehrbuch der Pharmakognosie.* Wien u. Leipzig 1929—1932.
- WEBER, U. u. GERHARD, H.: *Die Fucusarten der deutschen Küsten und ihr Jodgehalt.* *Deutsch. Apotheker-Ztg.* 1938. Nr. 91 und 92.
- *WHEELER, H. J. u. HARTWELL, B. L.: *Sea-weeds. — Their agricultural value and the chemical composition of certain species.* *Rhode Island Agric. Exper. Stat. Bull.* **21**. 1893.
- YANAGAWA, T.: *The qualities of the commercial Preparations of the Sea-weed „Hunori“ (Gloeopeltis) in relation to the Process of manufacturing methods.* *Bull. Japan. Soc. Scient. Fish.*, **6**, 185—187. 1937. (Japanisch mit engl. Zusammenfassung.)
- *YENDO, K.: *Use of marine Algae in Japan.* *Postelsia.* St. Paul. 1902.
- : *On the cultivation of seaweeds.* *Econom. Proc. Roy. Dubl. Soc.*, **2**, 105—122. 1914.
- ZERBAN, F. W. u. FREELAND, E. C.: *On the preparation of an active decolorizing carbon from Kelp.* *Journ. Ind. Eng. Chem.*, **10**, 812—814. 1918.
- ZUNTZ, N. u. BECKMANN, E.: *Bericht über Tang- und Seegrassversuche.* *Mitt. d. dtsh. Seefischereivereins*, **32**, 144—145. 1916.