

Algen in Ernährung und Medizin - Meersalat und Wunderdroge?

von *Andreas Steneberg*

Zusammenfassung

In Ostasien werden Braun-, Rot- und Grünalgen (= Makroalgen) als pflanzliche Meereskost und in der volksmedizinischen Anwendung seit Jahrhunderten geschätzt. Hierzulande konsumiert der Mensch Algenprodukte meist unbewusst in Form von Verdickungsmitteln in Fertignahrung.

Beworben werden Makroalgen als „Nährstoffbomben“ und „Wunderdrogen“. In der Tat weist das „Meeresgemüse“ hohe Nährstoffmengen und eine Vielzahl von Substanzen mit potenziellen pharmakologischen Wirkungen auf. Obwohl in *in vitro* Tests unter anderem antitumorale und antivirale Eigenschaften nachgewiesen wurden, liegt ein Beweis für die medizinische Anwendbarkeit von Algenpräparaten beim Menschen noch nicht vor. Dagegen sind mögliche Gesundheitsrisiken durch Jod, Arsen und Carrageen beim Verzehr von Makroalgen nicht auszuschließen.

Schlüsselworte: Makroalgen, Phytotherapie, sekundäre Pflanzenstoffe, Verdickungsmittel, Jod

Abstract

Seaweed in nutrition and medicine – marine salad and wonder drug?

Andreas Steneberg

Seaweed (brown, red- and green Algae) is highly appreciated as marine vegetables and as remedy of traditional medicine in Eastern Asia. In this country people are consuming algal products most unconsciously in form of thickening agents in processed food.

*Seaweed is advertised as “nutrient bomb” and “wonder drug”. Indeed, vegetables from the sea exhibit high nutrient value and a lot of compounds with potential pharmacological action. Evidence for human medical application of algal preparations does not exist until now, although in *in vitro* tests e.g. antitumoral and antiviral properties were detected. However, potential health risks of iodine, arsenic and carrageen by consumption of seaweed are not excluded.*

Keywords: seaweed, phytotherapy, phytochemicals, thickening agents, iodine
 UMWELT & GESUNDHEIT 3 (2004) 102-7

Einleitung

Die ständig wachsende Weltbevölkerung muss ernährt und bei guter Gesundheit gehalten werden. Die Menschheit breitet sich zudem immer weiter aus und verbraucht immer größere Energie-, Süßwasser- und Landreserven.

Auf der Suche nach neuen Nahrungs- und Arzneiquellen wird zunehmend der Blick auf und in das Meer gerichtet, in dem sich eine einzigartige Flora und Fauna entwickelt hat. Die Unterwasserwelt bietet ein nicht annähernd erforschtes Potenzial.

In dieser Übersichtsarbeit sollen Erkenntnisse über hierzulande weitgehend unbekanntes gesundheitliche Wirkungen der Makroalgen vorgestellt und bewertet werden. Auf die „Mikroalgen“ (Blau- oder Blaugrünalgen, – biologisch gesehen Cyanobakterien – wie *Spirulina* und AFA) soll in dieser Abhandlung nicht näher eingegangen werden.

In Ostasien werden Algen als pflanzliche Meereskost seit Jahrhunderten geschätzt. Jährlich werden nahezu acht Millionen Tonnen Algen in natürlichen Quellen und in Algenfarmen für den menschlichen Verzehr geerntet, davon eine Million Tonnen für die Gewinnung von Verdickungsmitteln für die Nahrungsmittelindustrie. (*McHugh* 2003) Zwar sind auch volksmedizinische Verwendungen von Algen bekannt, die westlich orientierte Medizin und die Pharmaindustrie hat noch kein großes Interesse angemeldet.

Botanik

Der Begriff Alge wird in der Algenkunde (Phykologie oder Algologie) sehr unterschiedlich verwendet und abgegrenzt. Generell bezeichnet er im Wasser lebende pflanzenartige Lebewesen, die Photosynthese betreiben.

Die einzelnen Algenklassen (Abteilungen) unterscheidet man vornehmlich nach der Zusammensetzung ihrer Photosynthesepigmente und –produkte (Tabelle 1).

Algen haben sich der salzigen Umgebung unter Bildung von einzigartigen chemischen Substanzen angepasst. Diese strukturbildenden und zum Selbstschutz dienenden Zellbestandteile und Reservestoffe (meist saure Polysaccharide) stehen im Blickpunkt einer marinen Phar-

maforschung. Die meisten dieser Substanzen sind für den menschlichen Organismus nicht als Nährstoffe verwertbar, möglicherweise liegt in Ihnen aber das Geheimnis des hohen Lebensalters von Japanern verborgen, deren Nahrung zu 10 % aus Makroalgen besteht. (*Indergaard* und *Minsaas* 1991)

Tabelle 1: Photosynthesepigmente, Reservestoffe und Zellwandbestandteile der wichtigsten essbaren Makroalgen (Uni Hamburg)

Abteilung Klasse	Pigmente	Reservestoffe*	Zellwandbestandteile*
<i>Rhodophyta</i> (Rotalgen)	a- Chlorophyll, Phycocyanin, Phycoerythrin, β-Carotin, Lutein	stärkeähnliche Polysaccharide	Cellulose, Kalk, Xylomannane, sulfonierte Polysaccharide (Galactane)
<i>Chlorophyta</i> (Grünalgen)	a-, b- Chlorophyll, α-, β-, γ-Carotin, Lutein, Neo-, Viola-, Zeaxanthin	Stärke	Protein, Polysaccharide, Cellulose, Xylane, Mannane
<i>Phaeophyta</i> (Braunalgen)	a-, c- Chlorophyll, β-Carotin, Fuco-, Violaxanthin	Laminaran	Cellulose, Kieselsäure, Alginate, methylierte Mucopolysaccharide

* Als Nebenprodukte nachgewiesene Komponenten sind nicht mit aufgeführt.

Wie alle Pflanzen haben Algen neben essentiellen Nährstoffen (Vitamine, Mineralstoffe, Spurenelemente, Aminosäuren, mehrfach ungesättigte Fettsäuren) auch bioaktive Substanzen ohne Nährstoffcharakter vorzuweisen. Zu diesen gesundheitsfördernden sekundären Pflanzenstoffen mit pharmakologischen Wirkungen und Ballaststoffen zählen zum Beispiel Algenfarbstoffe (Chlorophyll und Carotinoide), Gerüstsubstanzen (Polysaccharide wie Alginsäure, Fucoidan und Laminarin, Pektin, Schleimstoffe, Galaktane), Sterole (Fucosterol) und Polyphenole (Phlorotannine).

Schätzungen gehen davon aus, dass es etwa 400.000 verschiedene Algenarten gibt, wobei erst zirka 20 Prozent entdeckt und beschrieben sind. Rund 160 Algen-Arten werden, beispielsweise in Arzneimitteln, Kosmetika und als Lebensmittelkomponenten, kommerziell genutzt. Es wird mindestens zwanzig Jahre dauern, bis die Meeressorganismen und pharmazeutisch interessante Substanzen überhaupt katalogisiert werden

Schwerpunkt

können. Von der Entdeckung eines neuen Stoffes bis zur Entwicklung eines marktfertigen Medikaments vergehen oft dreißig weitere Jahre.

In Werbeaussagen von Anbietern algenhaltiger Phytotherapeutika und Nahrungsergänzungsmittel, sowie in populären Ernährungsratgebern werden Algen als „Nährstoffbomben“ und Wunderdrogen gegen nahezu alle Krankheiten gepriesen. Diese Behauptungen entbehren oftmals eines wissenschaftlichen Wirkungsbeweises in der Praxis.

Denn ein Nachweis von Wirkprofilen im Labor und Tierversuch bedeutet noch lange keinen Beweis für die medizinische Anwendbarkeit beim Menschen – vor allem bei lebensbedrohlichen Erkrankungen wie Krebs und AIDS. Weltweit sind derzeit etwa 40 Präparate in der klinischen Prüfung, zugelassen ist noch kein Arzneimittel aus Algen.

Im Folgenden sollen Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung von Algeninhaltsstoffen vorgestellt werden.

Antikarzinogene und antimikrobielle Wirkungen

Einige Wissenschaftler führen die geringe Brustkrebsrate der Japanerinnen auf deren hohe Jodzufuhr durch Fisch und Algen zurück. (Smyth 2003) Bis heute liegt jedoch kein direkter Beweis in Form einer Studie an Patientinnen vor, dass jodreiche Produkte das „Antibrustkrebs-Element“ in der japanischen Kost darstellen.

Möglicherweise spielen andere Algen-Inhaltsstoffe eine antikanzerogene Rolle. Bereits 1983 stellte Jane Teas eine mögliche Brustkrebsverhütende Wirkung durch häufigen Verzehr der *Laminaria*-Braunalgen fest. Als mögliche krebsvorbeugende Wirkungen macht sie den positiven Einfluss auf Darmflora und Immunsystem durch den Gehalt an Ballaststoffen, 1-3 β -Glucan und antibiotisch wirksame Substanzen verantwortlich. (Teas 1983)

Generell scheinen Makroalgen antimikrobielle Eigenschaften zu haben. So enthielten 28 von 44 vor Gran Canaria gesammelten Spezies von Rot-, Grün- und Braunalgen Substanzen gegen eine Anzahl gram-negativer und gram-positiver Bakterien, Mycobakterien, Hefen und Pilzen. (Gonzalez del Val et al. 2001) Die Wirksamkeit unterliegt scheinbar jahreszeitlichen Schwankungen, wie Walsh und Vacca bereits vor

Tabelle 2: Pharmakologisch wirksame Bestandteile in Braun- und Rotalgen

Algenart	Substanz	Wirkung	Referenz
Braunalgen (Phaeophyta)			
-- allgemein	Fucoidan Phlorotannin Laminarin Alginat	antiviral antibiotisch antioxidativ lipidsenkend entgiftend, antidot (Strontium)	<i>Katsuraya et al. 1999</i> <i>Nagayama et al. 2002</i> <i>Kang et al. 2004</i> <i>Yu et al. 1981</i> <i>Hollriegel et al. 2004</i>
- <i>Ascophyllum nodosum</i>	?	antimikrobiell	<i>Walsh und Vacca 1954</i>
- <i>Cladosiphon spp.</i>	Fucoidan	antimikrobiell (<i>H. pylori</i>)	<i>Shibata et al. 2003</i>
- <i>Fucus evanescens</i> (Blasentang)	Fucoidan Fucosterol	immunotrop, antikoagulierend	<i>Kuznetsova et al. 2003</i>
- <i>Sargassum spp.</i>	Fucoidan	antikarzinogen; immunotrop	<i>Itoh et al. 1993</i>
- <i>Undaria pinnatifida</i> (<i>Wakame</i>)	Fucoidan	entgiftend (Dioxine) antikarzinogen antiviral	<i>Morita und Nakano 2002</i> <i>Mariyama et al. 2003</i> <i>Cooper et al. 2002</i>
- <i>Undaria pinnatifida</i> (<i>Wakame</i>), <i>Porphyra spp.</i> (<i>Hoshinori</i>), <i>Laminaria japonica</i> (<i>Kombu</i>)	Omega-3-Fettsäuren (EPA)	antithrombotisch, gefäßerweiternd, entzündungshemmend	n.n.
Rotalgen (Rhodophyta)			
- <i>Chondrus crispus</i>	Carrageen	wundheilend probiotisch kanzerogen???	<i>O'Leary et al. 2004</i> <i>Mallet und Rowland 1988</i> <i>Tobacman 2001</i>
- <i>Gelidium amansii</i>	Agar-Agar	wundheilend probiotisch	<i>O'Leary et al. 2004</i> <i>Mallet und Rowland 1988</i>

mehr als 50 Jahren (1954) bei Untersuchungen von *Ascophyllum nodosum* beobachteten: Die höchste Aktivität trat im Frühjahr auf, die niedrigste im Winter.

Inhaltsstoffe mit möglicher pharmazeutischer Wirkung

Sulfatierte Polysaccharide (SPS) - Fucoidan

Intensiv werden seit Jahren die Reservestoffe und Zellwandbestandteile von Makroalgen als potentielle Arzneimittel untersucht. Hiervon stehen vor allem sulfatierte Polysaccharide (SPS) – eine Substanzklasse, die Hemi-Ester-Sulfatgruppen in ihren Zuckerresten enthalten – im Blickpunkt. (Uni Kiel 2004)

Bekannte SPS in *Rhodophyta* sind **Agar Agar und Carrageen**. Die am häufigsten in *Phaeophyta* anzutreffenden SPS werden **Fucane** genannt, wozu die Substanzen Fucoidin, Fucoidan, Ascophyllan, Sargassan und Glucuronoxylifucan zählen. (Shanmugam und Mody 2000)

Spitzenreiter der Forschungsaktivitäten sind die **Fucoidane**. In mehr als 500 wissenschaftlichen Labor- und Tierstudien wurden antitumorale, antivirale, antibakterielle, antioxidative, immunotrope und antikoagulierende Eigenschaften entdeckt. Die biologische Aktivität der Fucoidane wird durch ihre Struktur bestimmt, die je nach Algenart variiert.

Fucoidane fallen als Nebenprodukte bei der Alginatproduktion für die Lebensmittel- und Kosmetikindustrie an und sind daher leicht zu gewinnen. Reich an Fucoidan sind *Ascophyllum nodosum* und *Laminaria digitata*.

Fucoidane können in Zukunft möglicherweise zur Behandlung von Herpes (HSV1) und HIV-Erkrankungen (*Katsuraya 1999*), *Helicobacter pylori*-Infektionen (*Shibata et al. 2001*) und zur dermalen Wundheilung (*O'Leary et al. 2004*) eingesetzt werden. Die biologische Aktivität der Fucoidane wird durch ihre Struktur bestimmt, die je nach Algenart variiert.

Unter Gabe von *Wakame* und deren Wurzel *Mekabu* (*Undaria pinnatifida*) – zwei in Japan häufig verzehrten Braunalgenprodukten – konnten japanische Forscher im Tierversuch und auch im Laborversuch an menschlichem Gewebe die Abtötung von Brustkrebszellen beobachten. (*Funahashi et al. 2001*) Aus *Mekabu* extrahiertes Fucoidan erwies im Tierversuch eine hohe Antitumoraktivität. Eine präventive Fucoidangabe erhöhte die Überlebensrate von Mäusen durch Erhöhung der zytolytischen Aktivität der NK-Zellen und der IFN- γ Produktion. (*Mariyama et al. 2003*) Experimentell konnte eine erhöhte Phagozytose und Chemilumineszenz von Makrophagen nach Fucoidangabe (aus *Sargassum spp.*) beobachtet werden. (*Itoh et al.*

1993) Hieraus wird abgeleitet, dass die Antitumoraktivität von Fucoïdan möglicherweise über die Steigerung der Immunantwort zu erklären ist.

Shibata und Mitarbeiter stellten im Tierversuch fest, dass aus *Cladosiphon*-Braunalgen gewonnenes Fucoïdan das Magengeschwüre und -krebsverursachende Bakterium *Helicobacter pylori* wirkungsvoll bekämpft. Sie empfehlen daher den Einsatz von Fucoïdan vorbeugend vor *H. pylori*-Infektionen zur Verringerung des Magenkrebsrisikos näher zu untersuchen. Modifikationen von natürlichem Fucoïdan werden derzeit auf therapeutische Wirksamkeit überprüft. (*Shibata et al.* 2001)

Antivirale Aktivität auf Retroviren wie HIV und Herpes Simplex Virus wurde in Labortests bei sulfatierten Polysacchariden nachgewiesen. In vitro wurde ermittelt, dass die Anti-HIV-Aktivität mit dem Grad der Sulfatisierung zunimmt. Da jedoch bisher erst wenige Polysaccharide isoliert und untersucht worden sind, sind die pharmakologischen antiviralen Eigenschaften und Mechanismen der SPS aus Algen noch weitgehend unbekannt. (*Schaeffer und Krylov* 2000) Das australische Biotechnologie-Unternehmen Marinova erforscht ein patentiertes Fucoïdan (Galacto Fucan Sulfat GFS[®]) aus der Braunalge *Undaria pinnatifida* für den Einsatz bei den Viruserkrankungen Herpes simplex (HSV I und II) und HIV sowie Brustkrebs. (<http://www.marinova.com>) Nach ersten Tests an menschlichen Probanden mit aktiven und latenten Herpes-Infektionen (HSV 1 und 2, EBV und Zoster) ergaben nach dem Verzehr von GFS[®] erhöhte Heilungsraten beziehungsweise kein Aufflammen der Infektionen. In vitro wurden mitogene Effekte auf menschliche T-Zellen nachgewiesen. (*Cooper et al.* 2002)

Kuznetsova und Mitarbeiter wiesen bei aus der Braunalge *Fucus evanescens* isoliertem Fucoïdan immunotrope und antikoagulierende Fähigkeiten nach. (*Kuznetsova et al.* 2003) Derzeit arbeiten Pharmakologen an einer Verbesserung und Standardisierung der gerinnungshemmenden und auch lipidsenkenden Eigenschaften natürlicher SPS. Ob diese Effekte durch einen erhöhten Verzehr von Braunalgen erzielt werden können, ist wissenschaftlich nicht erwiesen.

Eine Anreicherung von Nahrungsmitteln mit Fucoïdan (Functional Food) und Arzneimitteln wird diskutiert.

In Kosmetika setzt man bereits fucoïdan- und polyphenolhaltige Extrakte des Knotentangs (*Ascophyllum nodosum*) ein. Die als LMW-FS (INCI: Ascophyllum Extract und ASCO PP (INCI: Ascophyllum)) deklarierten Zutaten sollen die Haare kräftigen und die Haut mit einem schützenden Film vor Feuchtigkeitsverlust versorgen. (IMPAG 2002)

Weitere Inhaltsstoffe

Braunalgen (*Laminaria*-, *Enteromorpha*- und *Fucus*-Arten) enthalten nennenswerte Mengen an Phytosterolen, wie **Fuosterol**. Bereits vor 20 Jahren wies man in vitro antithrombotische Eigenschaften nach. (*Shimonaka et al.* 1984) Auch über lipidsenkende Eigenschaften von Fuosterol wird berichtet. (*Vahouny et al.* 1983)

Einige Braunalgen bilden auf der Oberfläche Substanzen, die Fraßfeinde abschrecken und Angriffe von Mikroben verhindern. Identifiziert wurden sie als **Phlorotannine** (zu den Polyphenolen zählende Oligomere von Phloroglucinol. (*Ragan und Glombitza* 1986) Neuere Forschungen deuten auf ein antibiotisches (*Nagayama et al.* 2002) und antioxidatives (*Kang et al.* 2004) Potential der Phlorotannine hin.

Omega-3-Fettsäuren werden als „Lebensmittel der Zukunft“ gepriesen, weil sie erhöhte Blutfettwerte senken, die Fließeigenschaften des Blutes verbessern und Bestandteile von Nervenzellen und Neurotransmittern darstellen. Die Zufuhr von EPA führt zur Bildung von Prostaglandinen, -zyklinen und Leukotrienen mit antithrombotischen, gefäßerweiternden und entzündungshemmenden Eigenschaften. Über die optimale Zufuhrmenge von EPA zur Verringerung der Arteriosklerose liegen noch keine Empfehlungen vor. (*Biesalski et al.* 1995)

Algen enthalten geringe Mengen an Eicosapentaensäure (EPA), einer Omega-3-Fettsäure. Spitzenreiter ist *Wakame* (186 mg/100g), gefolgt von *Hoshinori* (30 – 45) und *Kombu* 20 – 25). In Mengen aufgenommen können Algen also gute EPA-Quellen darstellen. Im Vergleich zu Fischölen ist dies allerdings ein geringer Wert. (Hering enthält 2.070 mg EPA/100g) Omega-3-Fettsäuren werden auch natürlichen Nahrungsmitteln zugesetzt. Omega-3-Eier haben einen besonders hohen Gehalt an Omega-3-Fettsäuren. Um dies zu erreichen, wird das Legehennenfutter mit Algen-

Biomasse ergänzt. Die dort enthaltenen Omega-3-Fettsäuren reichern sich dann im Ei an.

Algetherapie in der Naturheilkunde

Phytotherapie

Im Handbuch Phytotherapie (*Jänicke et al.* 2003) werden Agar Agar, Blasentang (*Fucus vesiculosus*) und Carrageen (*Chondrus crispus*) als pflanzliche Heilmittel aufgeführt.

Blasentang (*Fucus vesiculosus*) enthält Jod (anorganische Jodsalze und organisch gebundenes Jod), Polysaccharide (unter anderem 30 % Alginsäure, Fucane, Fucoide) und Polyphenole (Phlorotannine).

In der Volksmedizin findet Blasentang traditionell Verwendung: innerlich bei Schilddrüsenerkrankungen, Fettsucht, Übergewicht, Arterienverkalkung und Verdauungsstörungen, äußerlich bei Verstauchungen und in der Homöopathie bei Übergewicht und Kropfleiden.

Wegen des stark schwankenden Jodidgehaltes (0,03 bis 1 %) wird von der Verwendung der Droge (auch als Schlankheitsmittel) abgeraten, Überempfindlichkeitsreaktionen sind bekannt. Die äußerliche Anwendung erscheint unbedenklich.

Agar-Agar findet in der Naturheilkunde als Laxans Verwendung. Dosierung: Einnahme des Pulvers mit etwas Flüssigkeit vor den Mahlzeiten täglich ein- bis dreimal 1 bis 2 Teelöffel.

Volkstümliche medizinische Verwendung findet **Carrageen** bei Darmbeschwerden, Abmagerungskuren, Magengeschwüren und als Abkochungen (1,5 g auf eine Tasse Wasser) gegen Atemwegsbeschwerden. In der Arzneimittelforschung werden Carrageen-Lösungen intracutan injiziert, um lokale Entzündungen auszulösen. (*Jänicke et al.* 2003)

Traditionelle Chinesische Medizin (TCM)

In der Traditionellen Chinesischen Medizin (TCM) werden drei algenhaltige Präparate angewendet:

- *Konbu* (Braunalge *Laminaria* und *Ecklonia* - eine Grünalge)
- *Haizao* (Braunalge *Sargassum*)
- *Zicai* (Rotalge *Porphyra*)

Schwerpunkt

In der klinischen Praxis werden oft Kombinationspräparate der Algen zur Behandlung von Kropf, Schwellungen und Geschwülsten eingesetzt. (*Dharmasanda* 2002)

Der therapeutische Einsatz von Algen ist nicht unumstritten, da auch gesundheitsschädigende Wirkungen durch natürliche Inhaltsstoffe (Carrageen), sowie Anreicherungen von Arsen, Jod und Toxinen nicht auszuschließen sind. (siehe unten)

Thalasso-Therapie

Bekannt wurde die äußerliche Anwendung von Algen unter dem Begriff „Thalasso-Therapie“ (Thalassa = griechisches Wort für Meer). Bei dieser Therapieform, die ursprünglich in Seeheilbädern direkt am Meer im Rahmen der Kurortmedizin als komplexe Heilmaßnahme angeboten wurde, werden verschiedene Formenkreisläufe der Haut unter anderem mit Algenpackungen behandelt. (*Preiherr* 1999) Heute bieten auch Thermalbäder und medizinische Thalasso-Zentren, sowie Wellness-Hotels im Inland Thalasso-Anwendungen mit Algen an. Per Internet bestellt, bekommt man Thalasso-Wellness-Algen-Anti-Aging-Packungen frei Haus.

Polysaccharide – Geliermittel für Nahrung und Darm

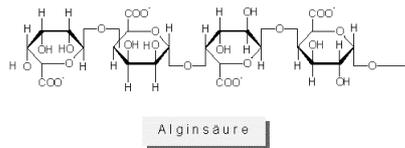
Selbst wenn Algen nicht verzehrt werden, kommen Konsumenten von Fertigprodukten in den Genuss von Algeninhaltsstoffen. Wegen ihrer Wasser bindenden und Struktur gebenden Eigenschaften werden Alginsäure und Alginate (E 400 - 405), Agar-Agar (E 406) und Carrageen (E 407) vielen Nahrungsmitteln als Gelier- und Verdickungsmittel, sowie Fett- oder Schaumstabilisatoren zugesetzt.

Diese Lebensmittelzusatzstoffe erfüllen jedoch auch im menschlichen Körper ähnliche Funktionen, weshalb sie ernährungsphysiologisch zu den Ballaststoffen zu rechnen sind. Da sie wasserlöslich sind, bilden sie auch im Darm hochviskose Lösungen. Durch die Volumenerhöhung wird die Energiedichte verringert: Dadurch wird das Sättigungsgefühl erhöht und die Resorption von Zucker und Cholesterin verringert. Auch die positive Wirkung auf die Darmflora ist belegt. Agar-Agar und Carrageen hemmen die Aktivität der

bakteriellen Enzyme β -Glucuronidase und β -Gluconidase. (*Mallet und Rowland* 1988) Damit wird sowohl die Reaktivierung gebundener Kanzerogene als auch die Bildung von β -glykosidisch gebundenen Sacchariden wie Zellulose verhindert.

Möglicherweise kann der Bindungseffekt der Algen-Polysaccharide im Verdauungstrakt zur gezielten Schadstoffreduktion des Körpers therapeutisch genutzt werden. Die Anwendung sollte jedoch wegen der verminderten Spurenelement-Resorption sorgfältig therapeutisch überlegt sein.

Tierexperimentell belegt ist, dass eine zehnprozentige Zugabe von *Wakame* ins Futter wirksam die Aufnahme und Rückresorption von Dioxinen aus dem Verdauungstrakt verhindert. (*Morita und Nakano* 2002) Im Falle einer nuklearen Katastrophe wird Natrium-Alginat als Antidot zur Reduzierung der Strontium(Sr)-Aufnahme durch die Nahrung empfohlen. (*Hollriegel et al.* 2004)



Alginsäure (E 400) ist ein verzweigt ketziges saures Polysaccharid, das aus Braunalgen gewonnen wird. Neben der Nahrungsmittelindustrie werden Alginate auch in der Kosmetik- und Waschmittelindustrie, sowie in der Zahnmedizin und Chirurgie (als Klebstoff und zur Ummantelung von Transplantaten) verwendet. Neu auf dem Markt ist ein Alginat, das durch die schleimhautabdeckende Wirkung gegen Sodbrennen helfen soll: *Gaviscon® Advance*.

Agar-Agar (E 406) ist das gereinigte, getrocknete und in Fäden geschnittene Gel aus Schleimstoffen der Rotalge *Gelidium amansii*. Neben dem Einsatz als Verdickungsmittel in der Lebensmittelindustrie wird Agar-Agar als Hilfsstoff in der Pharmazie und Kosmetik in fettfreien Produkten wie zum Beispiel Salben und Suppositorien sowie als Trägersubstanz in der Laboranalytik eingesetzt. (*Jänicke et al.* 2003)

Carrageen (E 407) wurde ursprünglich wie Agar-Agar aus natürlichen Beständen von Rotalgen (*Chondrus crispus* sowie einige Arten der Gattung *Gigartina*) gewonnen. Heute wird Carrageen (chemisch: Galaktansulfat) in Meeres-

farmen aus anderen Rotalgen (*Kappaphycus = Eucheuma cottonii*) kostengünstiger produziert. Es findet Anwendung als Geliermittel und Stabilisator in Lebensmitteln, kosmetischen und pharmazeutischen Produkten.

Die Verwendung von Carrageen in Lebensmitteln und Pharmakologie ist jedoch nicht unumstritten. Besorgniserregend sind insbesondere zunehmende Erkenntnisse über Krebs verursachende Eigenschaften von Carrageen. In zahlreichen Tierversuchen haben Wissenschaftler festgestellt, dass insbesondere das kurzkettige Carrageen (Molekulargewicht unter 30.000 Dalton) Tumore im Magen- Darmtrakt auslösen kann. Die experimentellen Befunde belegen, dass das bisher auch von der Weltgesundheitsbehörde WHO als sicher eingestufte natürlich vorkommende höhermolekulare Carrageen im Verdauungstrakt in die gesundheitsgefährdende Form abgebaut wird. (*Tobacman* 2001)

Gesundheitsgefahren durch Jod und Arsen

Algen sind nicht nur in der Lage, wertvolle Mineralstoffe zu speichern und zu konzentrieren, sondern auch Schadstoffe und Umweltgifte. Die stark schwankenden und zum Teil sehr hohen Jodgehalte und die Anreicherung von Arsen aus dem Meerwasser können auch ein gesundheitliches Risiko beim Verzehr bedeuten.

Jod

Jod ist ein essentielles Spurenelement. Es ist Bestandteil der Schilddrüsenhormone, die viele Stoffwechselprozesse im Körper steuern wie Wachstum, Entwicklung des Gehirns sowie den Energiestoffwechsel. Nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO) liegt die Mindestzufuhr bei 180 bis 200 μ g Jod/Tag, die duldbare Höchstmenge bei 1.000 μ g/Tag. Nutzen und mögliche Risiken einer Jodmangel-Prophylaxe werden in Deutschland heftig diskutiert. (*Steneberg* 2002)

Um Jodmangelerscheinungen vorzubeugen, ist der Verzehr jodreicher Kost essentiell. Meeresprodukte wie Fisch und Algen sind in der Regel reich an Jod. Im 19. Jahrhundert wurden zur Jodgewinnung Braunalgen an europäischen Küsten gesammelt, bis andere rentablere Jodquellen wie zum Beispiel Chilesalpeper erschlossen wurden.

Schwerpunkt

Die teilweise extrem hohen Jodgehalte in Braunalgen – bis 11.000 mg/kg Trockengewicht (siehe Tabelle 2) – veranlassten deutsche Gesundheitsbehörden zu Verzehrswarnungen vor Algengerzeugnissen mit mehr als 20 mg Jod in einem Kilogramm Trockenalge. (BgVV 2001 a) Eine Deklarationspflicht des Jodgehaltes auf den Packungen besteht bis heute nicht. Wenn überhaupt, sollten Algenprodukte nur dann verzehrt werden, wenn sie auf Jod und Schwermetalle untersucht wurden.

Tabelle 3: Jodgehalt und Herkunft mariner Makroalgen (Meeresalgen/Seetang (nach BgVV 2001 a, Auszug)

Algenart	Jodgehalt (mg/kg Trocken-gewicht)	Herkunft
Braunalgen (Phaeophyceae)		
<i>Arsenia bicyclis</i> (Arame)	980-5640	Japan
<i>Hizikia fusiforme</i> (Hijiki)	95-430	Japan, China, Korea
<i>Laminaria digitata</i>	3000-11000	Norwegen (Nordatlantik)
<i>Laminaria japonica</i> (Kombu)	1700-2600	Japan
<i>Undaria pinnatifida</i> (Wakame)	104-350	Japan, China, Nord- und Südkorea
Rotalgen (Rhodophyceae)		
<i>Chondrus crispus</i> (Carrageen)	200-300	Irland (Nordatlantik)
<i>Porphyra sp.</i> (Laver)	150-550	Irland (Nordatlantik)
<i>Palmaria Palmata</i> (Dulse)	150-550	Irland
<i>Porphyra sp.</i> (Nori)	5-60	Japan
Grünalgen (Chlorophyceae)		
<i>Ulva lactuca</i> (Meeressalat)	48-240	Chile, Irland

Die am häufigsten verzehrten Braunalgen gehören auch mit zu den jodreichsten Algen, wobei deren Jodgehalte in Abhängigkeit von Jahreszeiten und Umweltbedingungen erheblich schwanken können. Grünalgen zeichnen sich insgesamt durch einen vergleichbaren niedrigen Jodgehalt aus.

Die Japaner sind durch den häufigen Algenverzehr (fast) resistent gegen hohe Joddosen. Bei einem Überangebot an Jod (Jodexzess) ist aber in Jodmangelgebieten wie in Deutschland, als Folge eines lange dauernden Jodmangels mit einer Zunahme an funktionellen Autonomien der Schilddrüse, insbesondere bei älteren Menschen zu rechnen.

Bei einer chronischen Aufnahme von unphysiologisch hohen Joddosen von 2.000 µg pro Tag und mehr oder einer einmaligen Zufuhr von über 100.000 µg kann es zum sogenannten *Wolff-Chaikoff*-Block kommen. In diesem Fall wird das System, das für die Aufnahme des Jods in die Schilddrüse zuständig ist, durch die Jodschwemme derart irritiert, dass es die Zufuhr einstellt. Trotz des Jodüberangebotes im Blut kann eine Schilddrüsenunterfunktion (Hypothyreose) auftreten. (BgVV 2001 b)

Arsen

Das Halbmetall Arsen (As) ist im Boden, in der Luft, im Meerwasser und auch im menschlichen Körper in Spuren allgegenwärtig. Für einige Tiere und Pflanzen ist As essentiell, für den Menschen nach bisherigen Erkenntnissen nicht.

In nahezu allen Algen kann das umstrittene Metall sowohl artspezifisch als auch in verschiedenen Bindungsformen nachgewiesen werden. Folgende Verbindungen wurden in Algen und Algen-erzeugnissen entdeckt: (Gallagher et al. 2001)

- organisch DMAA = Dimethylarsinsäure, Arseno-Zucker und -Betain
- anorganisch in drei- und fünfwertigen Verbindungen (As III und As V)

Die Giftigkeit von Arsen und seinen Verbindungen ist sehr unterschiedlich. Während metallisches Arsen, die schwerlöslichen Sulfide und organische Arsen-Zuckerbindungen nahezu ungiftig sind, so sind jene Arsenverbindungen hoch toxisch, die vom Körper schnell in die Blut- und Lymphbahnen aufgenommen werden. Anorganisches Arsen ist höchst toxisch durch Hemmung der zellulären ATP-Bildung infolge Konkurrenz mit Phosphat (akut), Hemmung der Sulfhydrylgruppen in Enzymen, Schädigung der Chromosomen. Arsenik (Arsentrioxid) war jahrhundertlang als Mordgift bekannt.

Über die toxischen Wirkungen organischer Arsen-Verbindungen besteht weniger Klarheit. Entgegen der bisherigen Einschätzung als gering toxisch zeigen neuere Befunde, dass Monomethylarsinsäure (MMAA) und Dimethylarsinsäure (DMAA) – zwei Metabolite, die möglicherweise auch aus organischem Arsen im Körper gebildet werden – zelltoxisch sind, die DNA schädigen können und im

Tierversuch Hauttumore fördern. (Gallagher et al. 2001; Sakurai 2001, UBA 2003)

Eine Human-Studie befasste sich mit der Sicherheitsbewertung organischer Arsenverbindungen in essbaren *Porphyra*-Algen. Wei und Mitarbeiter stellten Gesamt-Arsen-Konzentrationen von 2,1 bis 21,6 mg/kg – vorliegend überwiegend als Arsenzucker – in Proben aus dem chinesischen Meer fest. Nach dem Verzehr der Algen wurde eine deutliche Erhöhung der DMAA-Konzentration im Urin der Probanden festgestellt. (Wei et al. 2003)

Während man bisherig davon ausging, dass Algen fast ausschließlich organisch gebundenes Arsen enthalten, wurde aktuell (Juli 2004) der Nachweis der toxischen anorganischen As-Verbindungen publik. (FSA 2004)

Tabelle 4: Konzentrationen von Arsen (gesamt und anorganisch) in 31 Proben essbarer Algen vor und nach der Zubereitung (FSA 2004, Auszug)

Art	Arsen (As)-Konzentration (mg/kg)					
	Verkaufsprodukt		Nach der Zubereitung		Einweichwasser	
	total	anorganisch	total	anorganisch	total	anorganisch
<i>Hijiki</i>	110	77	16	11	5	3
<i>Arame</i>	30	<0.3	3	<0.3	1	<0.01
<i>Wakame</i>	35	<0.3	4	<0.3	0.4	<0.01
<i>Kombu</i>	50	<0.3	3	<0.3	0.3	<0.01
<i>Nori</i>	24	<0.3				

Algen werden gewöhnlich in getrocknetem Zustand verkauft und mit Ausnahme von *Nori* vor dem Verzehr eingeweicht. Bei einer Untersuchung von 31 aus China, Japan, Korea und den USA importierten Algenprodukten, die in London verkauft wurden, wurde in sämtlichen Proben Arsen nachgewiesen. (siehe Tabelle 4)

Das krebserregende anorganische Arsen fand sich in allen *Hijiki*-Proben, nicht aber in anderen Algen. Die Britische regierungsnaher Lebensmittelüberwachungsbehörde Food Standards Agency (FSA) warnt daher alle Verbraucher vor dem Verzehr von *Hijiki*-Algen und will die Europäische Kommission über ein mögliches Verkaufsverbot kontaktieren, da bei regelmäßigem Verzehr von *Hijiki* das Krebsrisiko steige. (FSA 2004)

Fazit

Trotz hoher Gehalte an essentiellen Nährstoffen (Proteine, Mineralstoffe und Spurenelemente) ist der Verzehr von Braun-, Grün- und Rotalgen nicht uneingeschränkt zu empfehlen. Je nach Art, Ernteort und -zeitpunkt variiert der Gehalt an gesundheitserhaltenden und -fördernden Inhaltsstoffen. Insbesondere Braunalgen enthalten bezüglich Jod ein zuviel des Guten, sodass ein Verzehr hierzulande gesundheitlich riskant ist. Der Verzehr von *Hijiki*-Braunalgen ist aufgrund des Gehaltes an toxischem anorganischen Arsen nicht zu empfehlen.

Der Verzehr von industriell verarbeiteten Nahrungsmitteln, denen Algeninhaltsstoffe (Alginate und Agar-Agar = E 400-406) zur strukturellen Stabilisierung zugesetzt wurden, ist gesundheitlich unbedenklich. Aufgrund der widersprüchlichen Erkenntnisse über mögliche Gesundheitsrisiken von Carrageen (E 407), sollte vorsorglich auf andere Zusatzstoffe zurückgegriffen werden.

Makroalgen beinhalten Reservestoffe und Zellwandbestandteile mit bioaktiven Substanzen und pharmakologischen Wirkungen. Vielversprechende Forschungsansätze gelten insbesondere den Fucoidanen – komplexe und heterogene schwefelhaltige Polysaccharidverbindungen. Nachdem in *in vitro* Tests antimotile, antivirale, antibakterielle, antioxidative, immunotrope und antikoagulierende Eigenschaften nachgewiesen wurden, gelten die derzeitigen Forschungsaktivitäten der Standardisierung und Optimierung der Isolate. Bis zum Markteinsatz als Arzneimittel (Virostatika, Antibiotika, Antikoagulantien) werden jedoch noch mindestens zehn Jahre vergehen.

Während in der marinen Pharmaindustrie noch Grundsatzforschung betrieben wird, ist der Zusatz bioaktiver Algenextrakte in Nahrungsmitteln (Functional Food) mit gesundheitsfördernden Eigenschaften in nächster Zeit zu erwarten. Die äußere Anwendung von Algen zur Haar- und Körperpflege, im Wellness-Bereich und kurmedizinischer Behandlung (Thalasso-Therapie) ist bereits weit verbreitet. Der Aufbau einer Braunalgen- (*Laminarien*-) Farm kann sich selbst in Deutschland kurzfristig wirtschaftlich lohnen. (CRM 2001)

Dipl. oec. troph. *Andreas Steneberg*
Walter-Jost-Str. 20
D-58638 Iserlohn

Literatur:

- Biesalski HK, Fürst P, Kasper H, Kluthe R, Pöler W, Puchstein C, Stähelin HB*: Ernährungsmedizin. Thieme (Stuttgart 1995) 60-9
- BgVV (Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin): Getrockneter Seetang und getrocknete Algenblätter mit überhöhten Jodgehalten. 03. Januar 2001 a
- BgVV: Jodanreicherung von Lebensmitteln in Deutschland. 05. Dezember 2001 b
- Cooper R, Dragar C, Elliot K, Fitton JH, Godwin J, Thompson K*: GFS, a preparation of *Undaria pinnatifida* is associated with healing and inhibition of reactivation of Herpes. BMC Compl Altern Med (2002) 2-11, doi:10.1186/1472-6882-2-11
- Coastal research and Management (CRM): Wirtschaftliches und ökologisches Potential einer Laminarien-Farm in Deutschland. (Kiel 2001), http://www.crm-online.de/Abschlussbericht_DBU.pdf.
- Dharmananda S*: The nutritional and medical value of seaweeds used in Chinese medicine. <http://www.itonline.org/arts/seaweed.htm>
- Food Standards Agency (FSA): Agency advises against eating hijiki seaweed. 28. Juli 2004, <https://www.food.gov.uk/news/pressreleases/2004/jul/hijiki>; <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/arsenicseaweed.pdf>
- Funahashi H, Imai T et al.*: Seaweed prevents breast cancer? Jpn J Cancer Res 92 5 (2001) 483-7
- Gallagher PA, Shoemaker JA, Wie X, Brockhoff-Schwegel CA, Creed JT*: Extraction and detection of arsenicals in seaweed via accelerated solvent extraction with ion chromatographic separation and ICP-MS detection. Fresenius J Anal Chem 369 (2001) 71-80
- Gonzalez del Val A, Platas G et al.*: Screening of antimicrobial activities in red, green and brown macroalgae from Gran Canaria. Int Microbiol 4 1 (2001) 35-40
- Holtriagl V, Rohmuss M, Oeh U, Roth P*: Strontium biokinetics in humans: influence of alginate on the uptake of ingested strontium. Health Phys 86 2 (2004) 193-6
- IMPAG: Algenwirkstoffe: aus dem Biosphärenreservat in die Kosmetik. IMPAG News Nr. 12 (Oktober 2002)
- Indergaard M, Minsaa J*: Animal and human nutrition. In: Seaweed Resources in Europe: Uses and Potential. John Wiley (Chichester 1991) 21-64
- Itoh H, Noda H, Amano H, Zhuang C, Mizuno T, Ito H*: Antitumor activity and immunological properties of marine algal polysaccharides, especially fucoidan, prepared from *Sargassum thubergii* of Phaeophyceae. Anticancer Res 13 6A (1993) 2045-52
- Jänicke C, Grünwald J, Brendler T*: Handbuch Phytotherapie. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft (Stuttgart 2003) 6-7, 62-3, 89-90
- Kang HS, Chung HY, Kim JY, Son BW, Jung HA, Choi JS*: Inhibitory phlorotannins from the edible brown alga *Ecklonia stolonifera* on total reactive oxygen species (ROS) generation. Arch Pharm Res 27 2 (2004) 194-8
- Katsuraya K, Nakashima H, Yamamoto N, Uryu T*: Synthesis of sulfated oligosaccharide glycosides having high Anti-HIV activity and the relationship between activity and chemical structure. Carbohydr Res 315 3-4 (1999) 234-42
- Kimura Y, Watanabe K, Okuda H*: Effects of soluble sodium alginate on cholesterol excretion and glucose tolerance in rats. J Ethnopharmacol 54 1 (1996) 47-54
- Kuznetsova TA, Zaporozhets TS et al.*: Immunostimulating and anticoagulating activity of fucoidan from brown algae *Fucus evanescens* of Okhotskoe sea. Antibiot Khimioter 48 4 (2003) 11-3
- Mallet AK, Rowland IR*: Factors affecting the gut microflora. In: Rowland IR (Ed.): Role of the gut flora in toxicity and cancer. Academic press (San Diego 1988) 347-82
- Marinova: <http://www.marinova.com.au/research>.
- Maruyama F H, Tamauchi H, Hashimoto M, Nakano T*: Antitumor activity and immune response of *Mekabu* fucoidan extracted from Sporophyll of *Undaria pinnatifida*. In Vivo 17 3 (2003) 245-9
- McHugh DJ*: A guide to the seaweed industry. FAO Fisheries Technical Paper 441 (Rome 2003), <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4765E/y4765e00.htm>
- Morita K, Nakano T*: Seaweed accelerates the excretion of dioxin stored in rats. J Agric Food Chem 50 4 (2002) 910-7
- Nagayama K, Iwamura Y, Shibata T, Hirayama I, Nakamura T*: Bactericidal activity of phlorotannins from the brown alga *Ecklonia kurome*. Antimicrob Chemother 50 6 (2002) 889-93
- O'Leary R, Rerek M, Wood EJ*: Fucoidan modulates the effect of transforming growth factor (TGF)- β 1 on fibroblast proliferation and wound repopulation in *in vitro* models of dermal wound repair. Biol Pharm Bull 27 2 (2004) 266-70
- Preiherr C*: Die Heilkraft aus dem Meer. Natur & Kosmos 7 (1999)
- Ragan M, Glombitza KW*: Phlorotannins, brown alga polyphenols. Progr Phys Res 4 (1986) 129-252
- Schaeffer DJ, Krylov VS*: Anti-HIV activity of extracts and compounds from algae and cyanobacteria. Ecotoxicol Environ Saf 45 3 (2000) 208-27
- Sakurai T*: Biological effects of organic arsenic compounds in seafood. Appl Organomet Chem 16 (1988) 401-5
- Shannugam M, Mody KH*: Heparinoid-active sulphated polysaccharides from marine algae as potential blood anticoagulant agents. Curr Science 79 12 (2000) 1672-83
- Shibata H, Nagaoka M, Takagi IK, Hashimoto S, Aiyama R, Yokokura T*: Effect of oligofucose derivatives on acetic acid-induced gastric ulcer in rats. Bio-Med Mat Engineering 11 1 (2001) 55-61
- Shimonaka M, Hagiwara H, Kojima S, Inada Y*: Successive study on the production of plasminogen activator in cultured endothelial cells by phytosterol. Thromb Res 36 3 (1984) 217-22
- Smyth PP*: The thyroid, iodine and breast cancer. Breast Cancer Res 5 5 (2003) 235-8
- Steneberg A*: Nutzen und mögliche Risiken einer Jodmangel-Prophylaxe. UMWELT & GESUNDHEIT 13 1 (2002) 24-8
- Teas J*: The dietary intake of *Laminaria*, a brown seaweed, and breast cancer prevention. Nutr Cancer 4 3 (1983) 217-22
- Tobacman JK*: Review of harmful gastrointestinal effects of carrageenan in animal experiments. Environ Health Perspect 109 (2001) 983-94
- Umweltbundesamt (UBA): Stoffmonographie Arsen – Referenzwert für Urin. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 46 (2003) 1098-1106
- Uni Kiel: Suche nach biologisch aktiven Substanzen aus Meeresorganismen. Forschungsbericht 1996-03. <http://www.uni-kiel.de/toxikologie/projekte/pr0396.htm>, aktualisiert 24. Juni 2004
- Uni Hamburg: <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/d44/44.htm>
- Vacca DD, Walsh RA*: The antibacterial activity of an extract obtained from *Ascophyllum nodosum*. J Am Pharm Assoc 43 1 (195) 24-6
- Vahouny GV, Connor WE, Subramaniam S, Lin DS, Gallo LL*: Comparative lymphatic absorption of sitosterol, stigmastanol, and fucosterol and differential inhibition of cholesterol absorption. Am J Clin Nutr 37 (1983) 805-9
- Wei C, Li W, Zhang C, Van Hulle M, Cornelis R, Zhang X*: Safety evaluation of organoarsenic species in edible *Porphyra* from the China Sea. J Agric Food Chem 51 17 (2003) 5176-82