

Wertvoller Algen-Dschungel

Große Meeresalgen schützen das Klima – und sie sind als nachwachsender Rohstoff vielseitig einsetzbar. Forscher suchen nach Wegen, beides miteinander zu vereinen.

von BETTINA WURCHE

Der Riesentang kann als größte aller Braunalgen eine Länge von 45 Metern erreichen.

Grünbraune Algenteile türmen sich am Strand, im Wasser schwappen schlaffe Wedel und Stiele hin und her. Unter der Meeresoberfläche wiegt sich ein ganzer Wald aus elastischen Stängeln und großen Blattwedeln in den Wellen, dazwischen huschen Meereswesen mit Flossen oder Beinen durch das grünliche Zwielicht.

Solche Makroalgen-Dschungel säumen die Küsten der gemäßigten und kühlen Zonen, etwa den felsigen europäischen Festlandssockel von Portugal bis Norwegen. Sie sind genauso produktive Ökosysteme wie tropische Regenwälder: Seeigel knabbern die zähen Tangwedel an, und Meeres-schnecken weiden die auf den Wedeln wachsenden Algenrasen ab. Die Gewächse bieten Nahrung, Sitzplätze und Verstecke

für Polypen, Krebse und Fische. Gleichzeitig ist das Dickicht die Kinderstube für Larven kommerziell wichtiger Arten wie Hummer und Kabeljau. Algenwälder schützen die Küsten vor Erosion, filtern Schwebstoffe, Stickstoff und Phosphate aus dem Wasser und reichern es mit Sauerstoff an. Damit verbessern sie auch in der weiteren Umgebung die Wasserqualität.

KOMPAKT

- Tangwälder binden für lange Zeit viel Kohlenstoff und schützen damit das Klima.
- In Aquakulturen angebaut, liefern Algen einen CO₂-neutralen Rohstoff, der etwa Kunststoff ersetzen kann.
- Großalgen werden in Europa bereits als Treibstoff und als Verpackungsmaterial eingesetzt.

Makroalgen sind mehrzellige Grün-, Rot- und Braunalgen mit einer Länge zwischen wenigen Millimetern und über 50 Metern. Bei Algen handelt es sich nicht um Pflanzen, sondern um „Pflanzenartige“ – sie sind Photosynthese betreibende Organismen. Große und fest am Boden verankerte, im Meer lebende Braun- und Rotalgen werden auch Tang, Seetang oder Kelp genannt.

Der Tang hält sich mit einem wurzelartigen Haftorgan auf festem Untergrund. Ein flexibler Stängel trägt die blattartigen Wedel. Er wächst der Wasseroberfläche und dem Sonnenlicht entgegen, denn er braucht Licht für die Photosynthese. Aus diesem Grund halten manche Arten ihren Körper mit gasgefüllten Blasen aufrecht im Wasser.

Eine der bekanntesten und verbreitetsten Tangarten des Nordatlantiks ist der Palmentang (*Laminaria hyperborea*). Vor Portugal bleibt er klein und macht nur einen Teil der Tang-Biomasse aus, in Richtung nördlicher Regionen wird er immer größer, älter und dominanter. An der felsigen Küste Helgolands gedeiht der Palmentang neben dem ähnlich markanten Finger- und Zuckertang und kleineren Gewächsen. Er wird hier bis zu 2,5 Meter hoch und bis zu 8 Jahre alt.

Wandernde Unterwasserwälder

Doch der Klimawandel setzt den Beständen zu, vor Spanien wird es ihnen mittlerweile zu warm. „Bei 4 bis 18 Grad Celsius fühlen sich die Gewächse wohl, ab 22 Grad sterben sie“, erklärt die Makroalgen-Expertin Inka Bartsch vom Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven. Auf Helgoland leidet in sehr heißen Sommern vor allem der Fingertang (*Laminaria digitata*). Doch bislang kann er sich regenerieren, wenn es wieder abkühlt.

Dem Klimawandel folgend, wandern die Unterwasserwälder gen Norden. In einem Jahrzehnt haben sie sich im Nordatlantik um 18 bis 23 Kilometer bis hinauf in die hohen Breiten der Arktis verlagert. Ein internationales Team – darunter Inka Bartsch und Dørte Krause-Jensen von der Aarhus University – hat 2020 erstmals eine umfassende Bestandsaufnahme der Veränderungen des Lebensraums arktischer Algen veröffentlicht.

Hocharktische Arten wie die unter und im Meereis wachsenden Eisalgen verlieren ihren Lebensraum, wenn die polaren Eiskappen schmelzen und die Meerestemperaturen steigen. Das verändert die arktischen Küstenökosysteme tiefgreifend. Durch den Eisalgen-Rückgang hungern zunächst die Krebse des Planktons, was in der Folge die Nahrungskette aus polaren Fischen, Seevögeln und Walen schädigt. Doch die Bestandsaufnahme offenbart auch Klimakrisen-Gewinner: Makroalgen, für die es unter dem Meereis zu dunkel war, erobern nun die Küsten Nordamerikas, Russlands, Grönlands, Islands und Spitzbergens.

Landpflanzen nehmen CO_2 aus der Atmosphäre auf, nach ihrem Absterben wird der Kohlenstoff durch die bakterielle Zersetzung wieder frei und entweicht in



Im Nordwesten Spitzbergens nimmt Inka Bartsch vom Alfred-Wegener-Institut Proben (links). Sie untersucht, wie sich der Lebensraum der arktischen Algen verändert.

Duarte von der King Abdullah University of Science and Technology in Thuwal, Saudi-Arabien, nachgewiesen, dass Großalgen trotzdem wirksam Kohlenstoff einlagern: Wind- und Meeresströmungen treiben sie umher. Mit ihren luftgefüllten Blasen driften sie über weite Entfernungen und sinken nach dem Platzen der Gasblasen in die Tiefe. Rund 90 Prozent ihrer Reste werden in schlammigen Tiefseeböden eingelagert.

Die Funde frischer Tangreste in den Mägen von Tiefsee-Asseln in 6475 Meter Tiefe und der genetische Nachweis in Umwelt-DNA-Proben aus der Tiefe haben das bestätigt. Durch eine sogenannte Umwelt-DNA-Analyse können Forscher in ein paar Hundert Milliliter Meerwasser Pflanzen und Tiere aller Größen ausfindig machen.

Die ausgedehnten Tangwälder sind ebenso effektive CO_2 -Fänger wie tropische Regenwälder und damit für den Klimaschutz relevant. Algen sind zudem als Nahrungsmittel interessant. Durch Sushi ist die 40 Zentimeter große Rotalge

die Atmosphäre. Meeresgewächse hingegen speichern in ihren Wurzelballen viel Kohlenstoff, der nach ihrem Absterben zum größten Teil im Sediment verbleibt. Im sauerstoffarmen Meeresboden ist die Bakterienaktivität nur gering, deshalb kann der Kohlenstoff dort über Jahrhunderte oder Jahrtausende eingeschlossen (im Fachjargon „sequestriert“) bleiben. Ein Forscherteam um Krause-Jensen hat nachgewiesen: Je weniger Sauerstoff im Sediment ist, desto mehr CO_2 speichert es.

Ob auch Makroalgen Kohlenstoff in großen Mengen binden, war lange umstritten, denn sie wachsen meist auf festem Untergrund, in dem kein Kohlenstoff eingelagert werden kann. 2016 hatten Dørte Krause-Jensen und Carlos M.



Meersalat wird in großen Aquakulturen angebaut, hier in der japanischen Gokasho-Bucht. Er dient als Nahrungsmittel.

Purpurtang (Porphyra) in Europa bekannt geworden. Aus ihr wird die papierdünne knisternde Umhüllung namens Nori hergestellt.

Mit der zunehmenden Nachfrage nach exotischen und veganen Lebensmitteln steigt der Verzehr der fettarmen, protein- und ballaststoffreichen Großalgen weiter. Der Purpurtang und andere Meeres-

gewächse für den menschlichen Verzehr kommen zum größten Teil aus Asiens riesigen Aquakulturen, vor allem aus China. Nur ein kleiner Teil wird weltweit aus Wildbeständen geerntet, überwiegend in Chile, China und Norwegen. Denn die langen felsigen Küsten dieser Länder eignen sich gut für ausgedehnte Unterwasser-Dschungel.

Die in Norwegen geernteten Algen, vor allem Palmentang, werden überwiegend für die Produktion von Biosprit genutzt. Doch solche Meerensernten führen immer wieder zu Interessenskonflikten: Entweder kann man die Gewächse ernten und daraus CO₂-neutrale Produkte herstellen. Oder man lässt sie unberührt und nutzt ihre Klimaleistung als Kohlenstoff-Fresser. 2018 führte der Widerstand von Küstenbewohnern, Meeresschützern und Fischern in Schottland dazu, dass die industrielle Ernte wilder Bestände der Braunalge Laminaria verboten wurde. Um diesen Konflikt beizulegen, raten Algenexperten wie die Schottin Ailsa McLellan und die Norwegerin Jorunn Skjermo, die Bestände zu schützen und Algenfarmen für die industrielle Nutzung anzulegen.

Makroalgen- und Muschelzucht in Offshore-Windparks

Gerüste mit Leinen als Substrat für die Zucht von Muscheln (unten links) sowie Algen (rechts) werden platzsparend zwischen den Windrädern von Offshore-Windparks installiert. Eine Verankerung im Boden und Bojen an der Wasseroberfläche stabilisieren die Gerüste, wobei sich die Muscheln und Algen etwa 1 bis 1,5 Meter unter der Wasseroberfläche befinden.



Erdölfreier Rohstoff aus Europa

In der Europäischen Union gibt es immer mehr Makroalgen-Aquakulturen, vor allem an den Felsküsten Norwegens, Frankreichs, Irlands und Spaniens. Die Erträge könnten in naher Zukunft im großen Maßstab als CO₂-neutraler und nachhaltiger Rohstoff dienen und damit den Klimawandel bremsen. Von Vorteil ist, dass sie keinen zusätzlichen Dünger brauchen und durch ihr zügiges Wachstum schnell viel Biomasse produzieren.

Dass die Meeressgewächse so ein vielseitig nutzbarer Rohstoff sind, verdanken sie einer ungewöhnlichen Eigenschaft: Eine Gelmatrix aus Polysaccharid-Verbindungen verleiht ihren Zellwänden gleich-

zeitig Elastizität und Festigkeit. Diese Substanz, Alginat oder Carrageen genannt, wird schon lange zum Gelieren und Verdicken von Nahrungsmitteln, Kosmetika und Medikamenten benutzt. Im Pudding sorgt sie für die wabbelige Konsistenz, in Medikamenten wirkt sie gegen Sodbrennen, und in der Zahnmedizin verhilft sie zu passgenauen Gebissabdrücken. Doch oft sind die aus dem Meer stammenden Zutaten dem Verbraucher nicht bewusst. Schließlich haben die Endprodukte gar keine Ähnlichkeit mehr mit den großen roten und olivfarbenen Meereswesen.

In Deutschland kommen immer mehr neue Produkte auf den Markt, in denen die Großalgen als nachhaltige, klimaschonende und gesunde Meeresressource genutzt werden. Die faserige Algenmatrix lässt sich für Verpackungen oder Baustoffe einsetzen. Ihre Stabilität und Elastizität machen sie zum perfekten nachhaltigen Ersatz für erdölbasierte Kunststoffe. Nach der Nutzung können solche Verpackungen kompostiert werden. Das interdisziplinäre Mak-Pak-Projekt (abgekürzt von Makroalgen-Verpackung), angesiedelt am Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven, arbeitet an einer umweltfreundlichen Menüschale für Take-away-Produkte der Schnellrestaurantkette Nordsee.

Mit Ausnahme von Helgolands geschütztem Felswatt gibt es hierzulande keine natürlichen größeren Makroalgen-Bestände. Der sandige Boden der deutschen Nordseeküste bietet kaum Halt für die Haftkrallen der Meeresgewächse. Zudem ist der größte Teil als Nationalpark geschützt, was eine großflächige Nutzung erschwert oder gar verhindert.

Trotzdem ist auch in Deutschland die Zucht der Meeresgewächse möglich: auf künstlichem harten Untergrund im Meer oder in Meerwasserkreisläufen an Land. Etwa mitten in Schleswig-Holstein, zwischen Husum und Kiel: Dort gedeihen in einer Aquakultur an Land in großen Tanks Zuckertang, Purpurtang und der hellgrüne Meersalat *Ulva*. Stefan Sebök und seine Kollegen betreiben ihr Algen-Projekt mit einem nahezu geschlossenen Kreislauf aus recyceltem Frischwasser, das mit künstlichem Meersalz vermischt wird und dessen Salzgehalt dem des Meerwassers entspricht. Solche Kreislaufanlagen an Land sind unabhängig von Umwelt-



Das aus Algen gewonnene Geliermittel Alginat steckt zum Beispiel in Zahnabdrücken (rechts). Oben: Forschung zu Biotreibstoff aus Algen.



einflüssen und benötigen nicht viel Wasser. „Mikroskopisch kleine Algen werden in Deutschland schon im industriellen Maßstab produziert, als Nahrungsmittelzusatz oder als blaugrüne Energieform. Für sie gibt es eine starke politische Lobby“, erklärt Sebök. „Aber Makroalgen sind noch Exoten und werden selten angebaut. Dabei liefern sie schnell viel Biomasse – eine Tonne in nur drei Monaten!“

Das Team der Algenzucht beliefert vor allem Forschungsinstitute und Hochschulen, etwa zur Entwicklung neuer

Windparks. „Dort könnten die Algen auf künstliche Substrate wie Seile gesät und dann platzsparend in den Offshore-Windparks ausgebracht werden – als Sekundärnutzung, auch Multi-Use-Konzept genannt“, sagt Bela H. Buck. Er entwickelt am Alfred-Wegener-Institut solche Kombinationen von Makroalgen- und Muschel-Zuchten in Offshore-Windparks. „Diese Windkraftanlagen stehen auf stabilen Fundamenten außerhalb der Küstengewässer, Schifffahrt und Fischerei sind reglementiert. Ein ideales Areal, um Gerüste und Leinen für Makroalgen- und Muschelzucht einzubringen.“

Solche Konzepte zur Mehrfach-Nutzung von Raum und Infrastruktur werden etwa in Neuseeland und Südkorea bereits umgesetzt. „In Europa steckt die Mehrfach-Nutzung aber noch in den Kinderschuhen“, so Buck. Bei zunehmender Nachfrage und durch das begrenzte Platzangebot wie in der Nordsee dürfte sich das bald ändern. ■

Algen als nachhaltiger Kunststoffersatz

Pigmente, für Maschinen-Schmierstoffe sowie für Fasern für die Textilindustrie. Außerdem entwickelt es mit regionalen Anbietern neue Algenprodukte, etwa Algenkäse, einen mit Algenflocken gewürzten Kuhmilchkäse.

Solche geschlossenen landbasierten Anlagen sind allerdings in Größe und Produktivität begrenzt. Eine große Fläche für den Anbau im Meer bieten etwa die Fundamente der bestehenden Offshore-



BETTINA WURCHE ist Meeresbiologin. Auf ihrem Scienceblog „Meertext“ berichtet sie vor allem über Wale, andere Meeresbewohner und Astrobiologie.