



Was ist da im Wald gelandet? Dieses Objekt aus Rindengewebe soll zu Ideen inspirieren, was in der Architektur aus Baumrinde gefertigt werden könnte. Max-Planck-Forscherinnen haben es für eine Fotosession in den Brandenburger Forst gebracht.

FOTO: ALEXANDER MAGERL / MPI FÜR KOLLOID- UND GRENZFLÄCHENFORSCHUNG

NATÜRLICH GUT VERPACKT

TEXT: PETER HERGERSBERG

Für Pflanzen sind Funktionsmaterialien überlebenswichtig. So schützen sich Bäume mit Rinde vor Schäden etwa durch Hagel, Steinschlag oder gar Feuer. Und Pflanzen verpacken auch ihre Samen so, dass diese nach Bedarf extreme Hitze oder Kälte überstehen und bei günstiger Witterung keimen können. Forscherinnen und Forscher des Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung analysieren, wie die Biomaterialien zu ihren Eigenschaften kommen und ob sie etwa Leder oder Plastik ersetzen könnten.

Es fühlt sich glatt an, weich und ein bisschen kühl. Das handtellergroße, hellbraune Muster sieht aus wie Leder und liegt auch so in der Hand. Doch Charlett Wenig hat dem Besucher keine gegerbte Tierhaut in die Hand gedrückt, sondern ein Stück Baumrinde. „Die Ähnlichkeit hat uns selbst überrascht“, sagt die Wissenschaftlerin des Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung. Sie strahlt begeistert: Was sich so ähnlich anfühlt wie Leder, könnte sich ja vielleicht auch so nutzen lassen, nämlich für Kleidung, überlegt die studierte Industrie- und Produktdesignerin.

Dabei ging es ihr zu Beginn gar nicht um Kleidung – das ergab sich mehr oder weniger spontan –, und es ging ihr nicht einmal um Rinde: Charlett Wenig will Design mit Materialwissenschaften kombinieren und sucht nach sinnvollen Verwendungen für Materialien, die eigentlich als Abfall gelten. Sie tat das schon im Rahmen ihrer Masterarbeit an der Hochschule für Künste Bremen: Zunächst forschte sie da nach Möglichkeiten, aus Tierknochen etwas Nützliches zu machen. Inspiriert hatten sie dazu auch Knöpfe und Messergriffe, die in vergangenen Jahrhunderten manchmal aus Knochen gefertigt wurden. In ihren Experimenten löste sie unter anderem anorganische Bestandteile aus dem Material, sodass vor allem das zähe und flexible Kollagen zurückblieb. Daraus stellte Charlett Wenig zum Beispiel Protektoren für Sportarten wie Skaten her, bei denen es nicht ohne Stöße oder Stürze abgeht. In ihrer Doktorarbeit wollte sie sich dann aber nicht mehr länger mit Knochen beschäftigen. Auch ein Grund dafür: Knochen riechen ziemlich unangenehm. So nahm sie Kon-

takt auf mit Peter Fratzl, dem Direktor der Abteilung Biomaterialien am Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung. Auf der Suche nach natürlichen verwertbaren Abfällen stieß Charlett Wenig recht schnell auf den reichlich vorhandenen Ausschuss aus der Herstellung von Möbeln, Holzplatten und Papier: Baumrinde. So landete sie schließlich in der Gruppe von Michaela Eder, die pflanzliche Materialien auch mit Blick auf mögliche Anwendungen erforscht.

Die Holzverarbeitende Industrie entsorgte im Jahre 2018 rund 500 000 Tonnen des Materials, mit dem sich Bäume gegen äußere Einflüsse schützen. Derzeit wird ein Teil der Baumrinde als Mulch im Garten oder in Spanholzplatten verwendet, einem Teil werden Tannine als Gerbstoffe entzogen – den größten Teil allerdings verbrennt man, um daraus Energie zu gewinnen. Und dies, obwohl manche Rinden viel Asche hinterlassen und andere nicht einmal gut brennen, zumal die, die Bäume vor Feuer schützen sollen.

Lederartig, aber pflanzlich: Charlett Wenig (links) und Johanna Hehemeyer-Cürten haben aus Kiefernrinde, die sie mit einem Feuchthaltemittel flexibel gemacht haben, unter anderem Jacken genäht.



FOTO: ARNE SÄTTLER FÜR MPG

66

Sollte sich aus der Verpackung der Bäume nicht etwas Sinnvolleres machen lassen? Charlett Wenig rief beim nächsten Förster an und hatte gleich Glück: „Der hat das Projekt von Anfang an unterstützt – das hätte auch anders laufen können.“ Mit seiner Einwilligung löste Charlett Wenig von einigen geschlagenen Kiefern die Rinde vorsichtig in möglichst großen Platten ab und kam so zu einigen handtuchgroßen Platten des Materials. Dass ausgerechnet die Kiefer auf dem oftmals sandigen brandenburgischen Boden sehr gut gedeiht, erwies sich dabei als Glücksfall. Denn sie kleidet sich in zwei Arten von Rinde: Unten am Stamm, wo der wachsende Baum abgestorbenes Pflanzengewebe aufsprengt, wird die Hülle schuppig. Oben ist der Stamm in Spiegelrinde gepackt – Rinde, die zu einem großen Teil aus lebendem Gewebe besteht und glatt und glänzend erscheint. „Solange die Spiegelrinde feucht ist, lässt sie sich knautschen wie ein steiferes Leder“, sagt die Wissenschaftlerin. Und eine lederartige Rinde ist natürlich auch für Anwendungen interessant: „Leder gilt als sehr hochwertig, und im Design wird intensiv daran geforscht, wie es sich ersetzen lässt.“

Vielleicht könnte also Rinde als pflanzliche Alternative zu dem tierischen Material dienen. Dafür musste Char-

lett Wenig zunächst ein Problem lösen: Als sie das Material trocknete, verlor es seine Flexibilität und wurde spröde. Doch ein paar Tage in einem Bad aus Wasser und Glycerin, das auch Lebensmittel und kosmetische Cremes feucht hält, machten die Rinde wieder so weich und formbar,

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

Baumrinde gilt als Abfall und wird derzeit großteils verbrannt. Max-Planck-Forscherinnen untersuchen die Eigenschaften von Rinde, um sie für Anwendungen in Mode und Architektur oder als Verpackungsmaterial zu nutzen.

Die Samenkapseln von *Banksia attenuata* geben die Samen in zwei Schritten frei: Sie öffnen sich geringfügig bei Feuern und ganz bei Regen. Für die Keimung sind dann Nährstoffe in der Asche sowie Feuchtigkeit vorhanden.

Samenschalen schützen den Pflanzenembryo vor Umwelteinflüssen wie Eiskristallen und UV-Strahlung. Sie könnten die Entwicklung nachhaltiger Verpackungsmaterialien inspirieren, die dann etwa aus Baumrinde gewonnen werden.

als käme sie frisch vom Baum. Wahrscheinlich verdankt die Kiefernrinde ihre Flexibilität auch einem Merkmal, das in der Forschung des Potsdamer Teams immer wieder eine zentrale Rolle spielt: dem Zellulosefibrillenwinkel. Er gibt an, wie sich die Zellulosefasern bezüglich der Längsachse der Pflanzenzellen orientieren. Ist der Winkel groß – wie in der Kiefernrinde, aber auch in den Stämmen junger Bäume –, ist das pflanzliche Material leicht verformbar. Werden die Bäume älter und kräftiger, bilden sie Holz mit einem kleineren Zellulosefibrillenwinkel – die Stämme werden steifer. Michaela Eder führt den Effekt an einem dicken, geraden Draht und einer Spiralfeder aus dem gleichen Draht vor. Das Stück Draht, das für eine Zellulosefaser parallel zur Wuchsrichtung steht, also einen kleinen Zellulosefibrillenwinkel, kann sie nicht dehnen. In der Spiralfeder aber windet sich der Draht respektive die Zellulosefaser in einem großen Winkel um die Längsachse, die der Wuchsrichtung entspricht. Die Feder lässt sich daher mit wenig Kraft verformen.

Dass Kiefernrinde so geschmeidig in der Hand liegt, zumindest solange sie feucht ist, brachte Charlett Wenig auf den Gedanken mit der Rindenkleidung: „Rinde ist die Schutzschicht des Baums. Wie würde es sich also für

einen Menschen anfühlen, in Rinde gehüllt zu sein? Zum Beispiel in eine Jacke aus Rinde.“ Von der Idee erzählte Wenig der Modedesignerin Johanna Hehemeyer-Cürten, die heute ebenfalls am Potsdamer Max-Planck-Institut forscht. „Der Plan war ein bisschen riskant, denn dafür mussten wir fast das ganze Material einsetzen, das wir damals hatten.“ Trotzdem schneiderten sie ihrem Kollegen Friedrich Reppe eine kurze Jacke mit Stehkragen.

Das Projekt lief, von ein paar Schwierigkeiten beim Nähen abgesehen, super – bis das Fotoshooting anstand: Die Forscherinnen baten ihren Kollegen, dafür seine Brille abzunehmen. „Das geht nicht“, antwortete der hilflos: Er konnte die Arme nicht heben. Die Rinde war doch deutlich steifer, als sie sich angefühlt hatte – keine gute Voraussetzung für Kleidung. Von dem Rückschlag ließen sich Charlett Wenig und ihre Kolleginnen aber nicht entmutigen. Aus dem Rest ihres Materials schnitten sie Streifen, etwa so schmal wie Bandnudeln, und verwebten sie. Die Jacke, die daraus entstand, war wesentlich flexibler. „Würde man das Webmuster weiterentwickeln, wäre es gut möglich, eine Jacke mit einem ähnlichen Tragegefühl wie dem

einer Lederjacke herzustellen“, sagt Johanna Hehemeyer-Cürten. Problematisch sei allenfalls, dass die Rinde brüchiger ist als Leder. Die Forscherinnen untersuchen auch, ob sich Baumrinde – außer für Kleidung – für Accessoires wie Schuhe oder Taschen eignet. So schufen sie unter anderem eine Kollektion von Schuhen mit markanten Sohlen aus Robinienrinde. Mit den Jacken, den Schuhen und Taschen geht es ihnen nicht darum, marktfähige Produkte zu designen: „Die Entwürfe sollen vielmehr einen Diskurs zum nachhaltigen Umgang mit Materialien anstoßen“, sagt Charlett Wenig. Sie und ihre Kolleginnen wollen dabei auch Ideen jenseits von Mode anregen, zum Beispiel für die Architektur. Um Inspiration in dieser Richtung zu bieten, konstruierten sie aus Rindengewebe eine unten offene Kugel, die von Metallstützen getragen wird und normalerweise im Foyer des Instituts steht. „Wir könnten uns

vorstellen, dass Gebäude, die lediglich für eine relativ kurze Zeit gebraucht werden, aus Rinde konstruiert werden, also zum Beispiel Pavillons auf Messen oder bei Ausstellungen“, sagt Johanna Hehemeyer-Cürten. Schon früher habe man Hütten aus Baumrinde gebaut. Und im Neuen Garten in Potsdam, gar nicht weit weg vom Max-Planck-Institut, gibt es noch Rindenhütten, die gepflegt und erhalten werden.

Stabile Rindenplatten

Doch nicht nur Hütten könnten sich aus Rinde konstruieren lassen, der Werkstoff könnte auch dort zum Einsatz kommen, wo heute Spanplatten verwendet werden, wie eine Studie des Potsdamer Teams zeigt. Auf die Idee zu der Untersuchung kam Charlett

BILD: CC-BY 4.0, HUSS ET AL., 2018, ADVU SCI., 5, 1, HTTPS://DOI.ORG/10.1002/ADVS.201700572

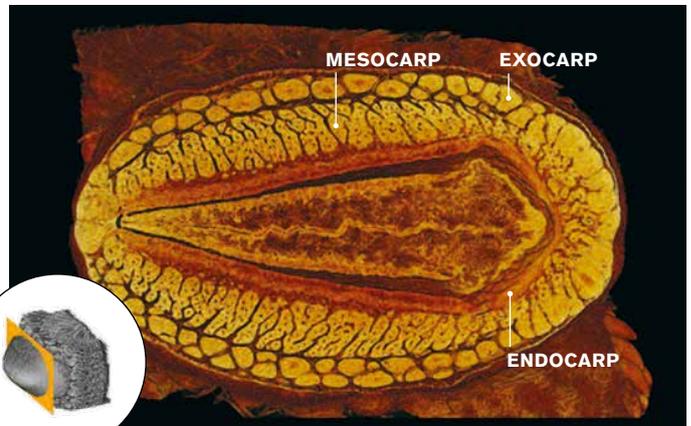


FOTO: FRIEDRICH REPPE

Ins Material programmierte Start-hilfe: Die Samenkapseln des australischen Baumes *Banksia attenuata* sitzen unregelmäßig verteilt in einem Fruchtstand (links). Ihre Kapselwände bestehen aus drei Schichten – Endocarp, Mesocarp und Exocarp –, die in der Computertomografie (oben) zu erkennen sind. In den Schichten sind die Zellulosefibrillen unterschiedlich angeordnet, sodass sie sich beim Quellen und Trocknen verschieden verhalten. Daher öffnet sich die Kapsel zunächst ein wenig, wenn ein Feuer Nährstoffe in den Boden gebracht hat. Erst nach Regen öffnet sie sich ganz.

Wenig, als sie die gebogene feuchte Rinde in ein Gestell einspannte, um daraus ebene Platten zu formen und zu trocknen. Damals überlegte sie, ob sich Rinde auch durch Pressen glätten ließe. Warum nicht einfach mal ausprobieren? Also legte sie jeweils zwei Rindenstücke unter anderem von Eiche und Lärche mit der korkigen beziehungsweise schuppigen Außenseite aufeinander. Anschließend presste sie die Stücke bei 90 Grad Celsius 20 Minuten lang zusammen. So entstanden ganz ohne Klebstoff stabile Platten mit glatten Oberflächen. Dass sich Rinde ohne Klebstoff verbinden lässt, ist ein Vorteil gegenüber Spanplatten. „Klebstoffe machen es schwer, das Material zu recy-

celn“, sagt Charlett Wenig. Was aber für Anwendungen mindestens genauso wichtig ist: Die Platten waren etwa so bruchfest und steif wie herkömmliche Spanplatten, und das schon bei den ersten Versuchen. „Das hat uns selbst überrascht“, sagt Michaela Eder. „Denn Spanplatten werden immerhin schon seit Jahrzehnten optimiert.“ Als besonders bruchfest erwiesen sich die Eichenpaneele, sie hielten sogar mehr Belastung aus als Spanplatten. Warum die Eichenrinde so stabil ist, wissen die Forscherinnen noch nicht. Sie könnten sich jedenfalls vorstellen, dass solche Platten als nicht tragende Teile im Hausbau, als Fußbodenbelag oder in Möbeln eingesetzt werden könnten. Für die Möbelschreinerei könnte hilfreich sein, dass sich die Rindenplatten mit wenig Aufwand auch in gebogene Formen pressen lassen. „Und wer weiß, vielleicht kommt auch die Eichenvertäfe-

lung mal wieder in Mode – nichts ist ausgeschlossen“, sagt Charlett Wenig.

Gut verpackter Samen

Auch dafür, wie weiche Rinde sich nutzen lassen könnte, verfolgt das Team eine neue Idee. Die Forscherinnen denken dabei an Ersatz für Plastikverpackungen. Die Natur gibt dafür reichlich Anregungen. Denn die Evolution hat nicht nur Bäume in robuste und selbst heilende Schutzhüllen gekleidet. Sie hat sich vor allem erfindereich gezeigt, wenn es darum geht, die Samen von Pflanzen zu verpacken. Denn Samen müssen so lange wie nötig vor Kälte, Hitze und anderem Übel geschützt bleiben. Sobald die Bedingungen aber passen, müssen sie keimen können. Das fasziniert Mi-

chaela Eder schon, seit sie 2011 ihre Forschungsgruppe am Potsdamer Max-Planck-Institut aufbaute. Seither ist sie an Materialien von Pflanzen interessiert, die sich unter extremen Bedingungen behaupten müssen. Mit ihrer Forschung will sie zum einen die Pflanzen selbst besser verstehen. Zum anderen möchte sie von den Pflanzen lernen, um synthetische Materialien, die extremen Bedingungen ausgesetzt sind, zu optimieren. Ursprünglich dachte die Forscherin an alpine Pflanzen, die mit extremer Kälte, UV-Strahlung und kurzen Vegetationsperioden klarkommen müssen – nicht zuletzt weil sie begeistert klettert. Materialwissenschaftlich interessanter erschienen ihr dann aber zunächst Gewächse aus einer anderen ökologischen Nische. Einer, die von Nährstoffknappheit, Trockenheit, Hitze und Feuer geprägt ist. „Hier waren die Banksien naheliegend.“



Banksien kommen fast ausschließlich in Australien vor. Dort müssen die Büsche und Bäume der Gattung ihre Samen gegen die regelmäßigen Buschfeuer schützen. „Als ich anfing, mich mit Samenkapseln zu beschäftigen, dachte man, dass diese sich erst bei 450 Grad öffnen“, sagt Michaela Eder. „Da habe ich mich gefragt, wie sie das machen, und vor allem, wie die Samen dabei geschützt werden.“

Die Forscherin hat dann jedoch bald herausgefunden, dass die Kapseln ihren Inhalt bei deutlich niedrigeren Temperaturen freigeben. Michaela Eder und ihr Team stellten allerdings auch schnell fest, dass die Art und Weise, wie die Gewächse ihrem Nachwuchs die besten Startchancen verschaffen, mindestens ebenso spannend ist wie die vermeintlich hohe Öffnungstemperatur der Samenkapseln. Denn Banksien haben einen ausgeklügelten Mechanismus entwickelt, damit sich

ihre Samenkapseln in ihrer unwirtlichen Umwelt genau zum richtigen Zeitpunkt öffnen und die Saat aufgeht. Michaela Eder hat vor allem die Samenkapseln von *Banksia attenuata* untersucht. Mit ihren beiden muschelförmigen Hälften sitzen die Kapseln unregelmäßig verteilt in einem Fruchtstand, der wie eine konische Flaschenbürste aussieht. Sie öffnen sich in zwei Schritten: Zunächst bildet sich zwischen den beiden Hälften ein schmaler Spalt, und zwar sobald ein Buschfeuer in Form von Asche wieder Nährstoffe in den kargen Boden bringt. Doch erst wenn es regnet, weitet sich der Spalt, sodass der Samen herausfällt. Den zweistufigen Öffnungsmechanismus bewerkstelligt dabei kein lebendes Gewebe, sondern allein das Material der Kapselwände, er ist gewissermaßen in dessen Struktur programmiert.

Schutz vor Eis und UV-Licht

Wie unbelebtes Pflanzenmaterial auf äußere Reize reagiert, ist Michaela Eders Spezialgebiet. Die Materialeigenschaften der Banksien-Kapseln enthüllten sie und ihr Team unter anderem mit einem Mikro-Computertomografen, der besonders feine Strukturen sichtbar macht. Auf den Scans dieses Geräts lassen sich deutlich drei Schichten der Kapselwände erkennen. In ihnen sind die Zellulosefasern jeweils anders orientiert. Genauer gesagt: Der Zellulosefibrillenwinkel in der mittleren Schicht ist größer als in der inneren, in der äußeren Schicht gibt es keine bevorzugte Orientierung. Daher zieht sich der mittlere Teil stärker zusammen als die anderen beiden, wenn die Samenkapsel reift und dabei trocknet. Dabei entstehen innere Spannungen, die freigesetzt werden, sobald ein Feuer durch das Biotop der Pflanze zieht – die Kapsel springt auf. Vollständig öffnet sich die Kapsel dann, wenn sie bei Regen feucht wird und danach wieder trocknet. An der Beschreibung, wie das genau funktioniert, arbeitet derzeit Friedrich Reppe, der ebenfalls in Michaela Eders Gruppe forscht. Klar ist, dass der Mechanismus ziemlich kompliziert ist und dass die

Quelleigenschaften der Zellulosefasern dabei eine Rolle spielen.

Ebenso raffiniert konstruiert wie manche Samenkapseln sind die wesentlich dünneren Samenschalen vieler Pflanzen. Sie umschließen den Embryo und das Endosperm, das diesen beim Keimen mit Nahrung versorgt, und schützen den Embryo vor Umwelteinflüssen – in alpinen Regionen zum Beispiel vor der Bildung von Eiskristallen und vor UV-Strahlung. Wenn das Wetter im Frühjahr stimmt, geben sie den Embryo jedoch frei. Da Samenschalen deutlich dünner sind als Samenkapseln, könnten sie sich besser als Inspiration für nachhaltige Verpackungsmaterialien eignen. Das ist auch ein Grund, warum sich Michaela Eder und ihre Gruppe zukünftig eingehender mit Samenschalen beschäftigen werden. Sie werden die Samenschalen von Pflanzen an extremen Standorten untersuchen – diesmal vor allem im Gebirge. Die Volkswagenstiftung fördert das Projekt über vier Jahre mit insgesamt knapp 1,2 Millionen Euro. Die Samenschalen selbst eignen sich zwar nicht für Verpackungen – sie sind zu winzig. Größer und reichlich verfügbar ist aber ein anderes Material: Baumrinde, womit sich das Team ja bereits intensiv befasst hat. Wenn die Forscherinnen herausgefunden haben, warum Samenschalen so widerstandsfähig sind, werden sie unter den mannigfaltigen Baumrinden nach solchen mit ähnlichen Eigenschaften suchen. So wird Rinde vielleicht doch noch zur nachhaltigen Verpackung – nicht für Menschen, aber für manche Ware, die heute in Plastik verkauft wird.

69



Johanna Hehemeyer-Cürten, Michaela Eder und Charlett Wenig (von oben) erforschen pflanzliche Materialien. Sie wollen nicht nur verstehen, wie sich Pflanzen für ihre ökologische Nische spezialisieren, sondern suchen auch nach Anwendungsmöglichkeiten für deren vielseitige Funktionsmaterialien.

GLOSSAR

ZELLULOSEFIBRILLENWINKEL
heißt die Neigung der Zellulosefibrillen zur Längsachse faserförmiger Pflanzenzellen. Dieser Winkel bestimmt maßgeblich die mechanischen Eigenschaften sowie das Quellverhalten von Pflanzenmaterial.