



Materialmix aus der Küchenmaschine

Mit Pastamaschine, Pizzaofen oder Mixer hat das Team von **Valerio Molinari** sein Labor am **Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung** in Potsdam ausgestattet. Und für ihre Experimente verwenden die Wissenschaftler häufig Abfälle aus der Lebensmittelindustrie oder der Forstwirtschaft. Mit diesen einfachen Mitteln können sie einen robusten Holzwerkstoff, Bioplastik und Biosprit herstellen.

TEXT **PETER HERGERSBERG**

Es war ein Kochwettbewerb mit wissenschaftlicher Nachwirkung. „Mein Chef und ich hatten eine Diskussion, was ein ordentliches Ragù ist“, sagt Valerio Molinari, der aus Italien stammt, und ergänzt mit gespielter Abscheu: „In Deutschland heißt das Bolognese – Ketzerei.“ Also verabredete sich der Forscher, der damals am Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung promovierte, mit Markus Antonietti, seinem Direktor, zu einem Wettstreit in italienischer Kochkunst. In der kleinen Kaffeeküche der Abteilung bekochten die beiden gut 20 Kollegen nach ihren Rezepten. Ein Votum war nicht vorgesehen; allenfalls halb volle Teller am Ende des Abends hätten als Urteil gelten können.

Zuspruch gab es dann reichlich für beide Varianten, so unterschiedlich sie auch waren. „Als guter Wissenschaftler ist Markus Antonietti sehr experimentierfreudig – er nennt seinen Stil *fusion*“,

sagt Valerio Molinari. „Ich koche die Sauce dagegen einfach so, wie es schon meine Großmutter gemacht hat.“

Länger als die kulinarischen Ergebnisse des Wettstreits hielt allemal eine Idee vor, die beide Forscher an diesem Abend zum ersten Mal auf den Tisch brachten: der Gedanke, mit Geräten und Zutaten der Küche technische Chemie zu betreiben.

EINE MOTIVATION: EINFACH HERZUSTELLENDEN STOFFE

Eine Idee, die eigentlich naheliegt, schließlich findet in Kochtopf, Bratpfanne und Backform immer Chemie statt, und manche Köche haben schon vor fast 30 Jahren viel Aufhebens darum gemacht, dass sie ihre Kreationen mit Methoden aus chemischen Laboren veredelten – Molekularküche nennt sich das dann. Aber umgekehrt? Ein Pizzaofen, eine Pastamaschine oder auch so ein extravagantes Utensil wie

ein Sous-Vide-Garer auf dem Labor-tisch? Und gar Grieß, Vanillin oder Eiweiß als Zutaten für Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen? Davon hatten Valerio Molinari und Markus Antonietti noch nichts gehört, auch wenn Chemiker bei ihren Experimenten oft vom Kochen sprechen.

„Eine Küchenmaschine stellt die Temperatur natürlich nicht so präzise ein und lässt sich auch nicht so flexibel programmieren wie ein Laborgerät, das Substanzen für eine chemische Reaktion zusammenrührt und erhitzt“, erklärt Molinari. „Aber im Prinzip macht sie dasselbe und kostet nur einen Bruchteil.“ Damit ist der Forscher schon bei einer zentralen Motivation für das Kitchenlab, das er – jetzt als Leiter einer kleinen Forschungsgruppe – vor etwa vier Jahren aufbaute.

„Die chemische Industrie reagiert auf Entwicklungen aus der akademischen Forschung oft skeptisch“, sagt Molinari. Denn was Wissenschaftler stolz präsentieren, funktioniert zwar gut mit teurer Laborausstattung und den extrem reinen Chemikalien, wie sie nor-

Unverdauliche Backmischung: Potsdamer Forscher kneten aus Abfällen der Papier- und Lebensmittelindustrie einen Teig, der sich im Ofen in einen robusten Holzwerkstoff verwandelt.

malerweise in der Forschung verwendet werden. Aber unter großtechnischen Bedingungen lassen sich die tollen Neuerungen oft nicht umsetzen. „Mit den Küchengeräten und natürlichen Zutaten beweisen wir, dass unsere Materialien einfach herzustellen sind.“

Was die Potsdamer Forscher kreieren, ist zwar ungenießbar, könnte aber Möbelherstellern, der Kosmetikindustrie oder den Produzenten von Biotreibstoff schmecken. Nicht zuletzt, weil Valerio

Molinari und seine Mitarbeiter für ihre Rezepte seit Beginn vor allem auf nachwachsende Rohstoffe setzen, von denen sie manche sogar im Supermarkt kaufen.

RemixWood® etwa ist eine Spezialität aus dem Labor. Valerio Molinari hat das Material gemeinsam mit der ehemaligen Gruppenleiterin Nina Fechler entwickelt, die inzwischen an der Berliner Charité – Universitätsmedizin Berlin arbeitet. Der Werkstoff weist viele Eigenschaften von Holz auf, ist aber robuster

und lässt sich zu nahezu beliebigen Formen verarbeiten. Daher könnte er etwa Spanplatten in Möbelstücken ersetzen. Das Material empfiehlt sich auch als Alternative zu Plastik. Denn es ist nicht nur steifer, weniger leicht verformbar und kostengünstiger als manche weit verbreiteten Kunststoffe. Von den nachhaltigen Zutaten, die es enthält, gelten manche bisher gar als Abfall. „Außerdem setzt unser RemixWood®, anders als viele Spanplatten, kein Formaldehyd frei, da dieses in der Verarbeitung nicht benötigt wird“, sagt Molinari.

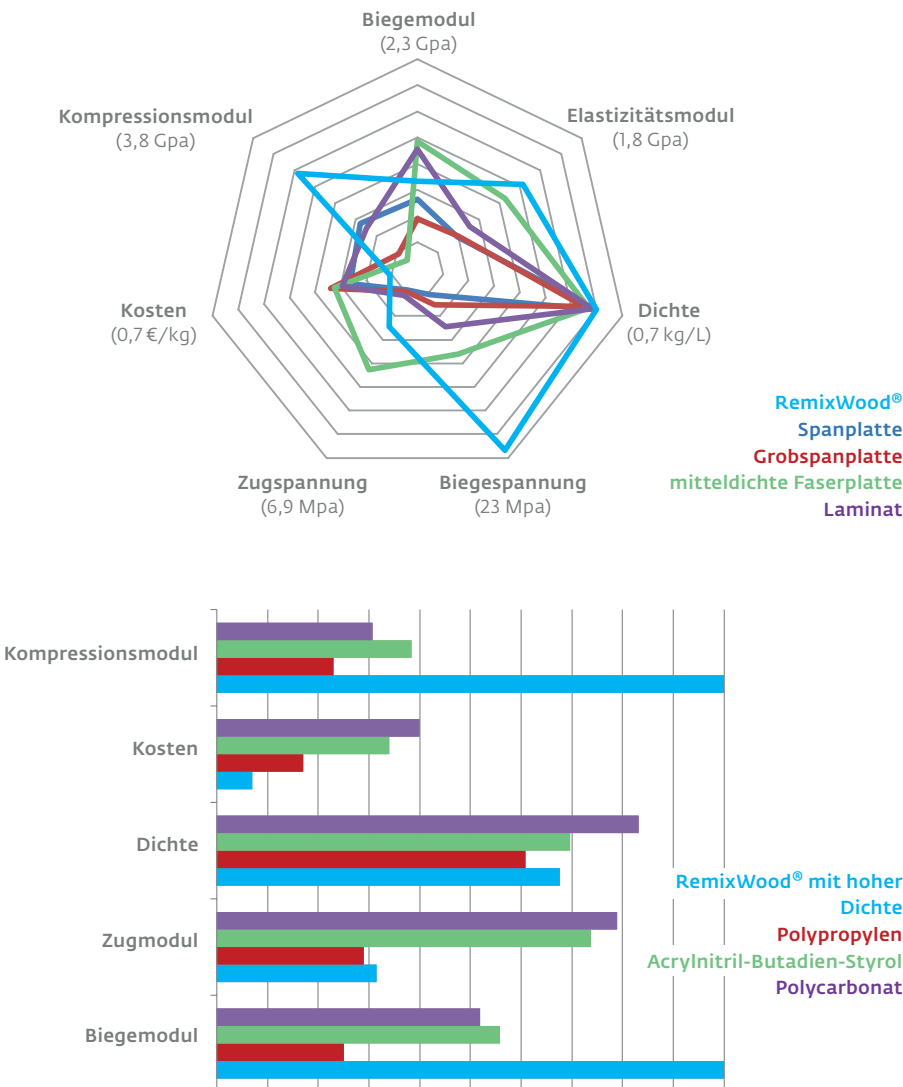
EIN HOLZWERKSTOFF AUS ABFÄLLEN DER INDUSTRIE

Die Entwicklung des Materials führen Molinari und Shekova im Zeitraffer vor. Shekova testet die Ideen von Molinari und seinen Kollegen in systematischen Experimenten. „Sie ist viel organisierter als ich“, sagt Molinari, während die Labortechnikerin verschiedene Teile ansetzt: RemixWood® und einige seiner Vorläufer in Rohform. Dafür wiegt sie in einer Kunststoffschüssel zuerst Cellulose ab, die in dem Labor in einem großen Plastikeimer aufbewahrt wird. „Wir verwenden minderwertige Cellulose, die bei der Papierherstellung übrig bleibt“, erklärt Molinari „Sie bildet gewissermaßen das Gerüst unserer Materialien.“

Als weitere Zutat löffelt Irina Shekova, ebenfalls aus einem Eimer, ein gelb-

Oben Die Potsdamer Forscher haben RemixWood® und andere Holzmaterialien derselben Dichte mit Blick auf die Kosten und die mechanischen Eigenschaften verglichen. Ihr preiswertes Material zeichnet sich dabei durch hohe Kompressions- und Elastizitätsmodule aus. Das Modul ist ein Maß für die Kraft, die aufgewendet werden muss, damit sich ein Material auf die jeweilige Art verformen, also etwa komprimieren lässt. RemixWood® hält zudem eine sehr hohe Biegespannung aus, ehe es bricht.

Unten Im Vergleich mit verschiedenen Kunststoffen fallen die niedrigen Kosten, das hohe Kompressionsmodul und das hohe Biegemodul von RemixWood® auf.





Fotos: Valerio Molinari / MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung (2)

Wandelbarer Werkstoff: Irina Shekova stellt Proben von RemixWood® mit verschiedener Dichte her, indem sie den Teig unterschiedlich stark presst. Ein Bestandteil des Materials ist Lignin, das aus den holzigen Bestandteilen von Pflanzen, also auch Nusschalen oder Bambus, stammt (unten).

liches Pulver: Gluten, das Mühlen aus manchen Mehlen entfernen, weil es einigen Menschen den Darm verklebt und die Betroffenen dann keine Nahrung mehr verdauen können. Was für manchen lebensbedrohlich werden kann, macht den Stoff für Valerio Molinari gerade interessant. Denn bei Gluten handelt es sich um einen Mix verschiedener Proteine, die im trockenen Zustand spröde sind, im feuchten zäh und klebrig.

Cellulose und Gluten mischen Shekova und Molinari mit weiteren Zutaten zu verschiedenen Teigen. Die Mischungen streichen sie in quadratische Hohlformen, die an Modellen für Spekulatiusgebäck erinnern, auch wenn sie kein Muster in den Teig prägen. Gebacken wird das Material in einem Gerät, das in einer Küche kaum zu finden sein dürfte: eine Kombination aus Ofen und Presse, die an einen der grimmigen Nussknacker aus dem Erzgebirge erinnert. In das beheizbare Maul der Presse legt Molinari die mit Teig gefüllten Hohlformen und läßt mit dem Hebel der hydraulischen Presse zehn Tonnen auf die Backformen. Unter solchem Druck wird das Material sehr dicht und fest. Wenn die Forscher ein leichteres Material herstellen wollen, arbeiten sie mit entsprechend weniger Last.

In komprimierter Form werden die Teige nun bei 135 Grad Celsius gebacken. Dabei breitet sich im Labor ein appetitlicher Duft aus. Denn eine der diversen Backmischungen hat Molinari mit Vanillin als weiterem Klebstoff angesetzt, weil Gluten allein die Kettenmoleküle der Cellulose noch nicht gut genug zusammenbindet. Auch das Gewürz Curcumin haben die Forscher zu diesem Zweck getestet. Es gibt dem Teig



eine intensiv gelbe Farbe und eine würzige Note. „Wir haben zunächst Vanillin und Curcumin verwendet, weil diese Substanzen wie gängige Klebstoffe eine chemische Gruppe namens Phenol enthalten“, erklärt Molinari.

Doch die beiden Aromen ergaben noch nicht die optimale Rezeptur. Mit Vanillin entsteht zwar ein brauchbares Material, das Gewürz ist aber vergleichsweise aufwendig herzustellen und deshalb eher für Kipferl als für Möbel geeignet. In Konkurrenz zur Küche stünde auch der Einsatz von Curcumin als Bindemittel im RemixWood®, es liefert darüber hinaus aber nur bröckeliges Gebäck. „Deshalb kamen wir schließlich auf die Idee, Lignin einzusetzen, das ebenfalls reichlich Phenolgruppen besitzt“, sagt Molinari. Lignin macht Stroh und Holz steif und fest und bleibt als Abfall zurück, wenn Cellulose und Hemicellulose aus der Lignocellulose gelöst und etwa zu Papier verarbeitet werden.

FLAMMSCHUTZ AUCH IM INNEREN DES MATERIALS

Für den Einsatz in ihrem Holzwerkstoff behandeln die Forscher das Biopolymer chemisch, damit es sich mit den anderen Komponenten besser verbindet. Aus dem präparierten Lignin, Cellulose und Gluten wird ein tiefbrauner Teig geknetet, der appetitlich wie ein kräftiges dunkles Brot aussieht. Gebacken ist die Mixtur aber härter als eine Spanplatte – man dürfte sich daran die Zähne ausbeißen. Lignin mit seinen langen, weitverzweigten Kettenmolekülen macht das Material nicht nur besonders stabil, es ist als Abfallprodukt der Papierindustrie auch reichlich und preisgünstig zu haben. Dass zwei der Komponenten aus Holz stammen, brachte Nina Fechler auch auf den Namen RemixWood®: neu zusammengesetztes Holz.

Das Material kann nicht nur mit seiner Stabilität und Nachhaltigkeit punkten, es lässt sich auch mit diversen Ex-

tras ausstatten. „Weil wir RemixWood® aus Pulvern herstellen, können wir ihm verschiedene Eigenschaften geben“, sagt Molinari. Gewöhnlich lassen sich Holzwerkstoffe nur an der Oberfläche etwa mit Flammenschutzmitteln oder Fungiziden behandeln. Sobald ein Gegenstand abgenutzt wird, geht auch der entsprechende Schutz verloren. „Unser Material hat die Eigenschaften auch innen drin“, sagt Molinari. Auch durchfärben ließe es sich oder gar mit magnetischen Partikeln in einen hölzernen Magneten verwandeln.

Wegen der zahlreichen Vorteile sehen Nina Fechler und Valerio Molinari für RemixWood® gute Chancen auf dem Markt. „Wir hoffen, dass ein Unternehmen die Entwicklung aufgreift und das Material so eine praktische Anwendung als Ersatz für Spanplatten in Möbeln oder für herkömmliche Kunststoffe findet“, sagt Valerio Molinari.

An einer Alternative zu Kunststoffen aus fossilen Rohstoffen arbeitet auch Nikki Man, genauer gesagt: an Folien aus Bioplastik. Auch sie rührt verschiedene Teige an, um die Eigenschaften unterschiedlicher Rezepturen zu demonstrieren. Dafür mischt sie Glutenglycerol, das im trockenen Zustand weniger spröde ist als gewöhnliches Gluten, mit anderen Komponenten, etwa Lignin. Aber auch einen Ansatz mit Chitosan, einem stickstoffhaltigen Mehrfachzucker, der aus dem Chitin der Panzer von Garnelen gewonnen wird, bereitet sie zu. Die Chemikerin verrührt die Teige gut und rollt sie zur Größe von Marzipankugeln zusammen. Diese Kugeln drückt sie dann zwischen zwei Metallplatten platt, schiebt sie in den Nussknackerofen und quetscht sie dort auf Foliendicke. Während die Mixturen zu Bioplastik verschmelzen, präsentiert Nikki Man ein weiteres Projekt.

„Wir möchten stabile Emulsionen zum Beispiel für die Kosmetikherstellung und die Pharmazie erzeugen“, erklärt die Chemikerin. In vielen Emul-

sionen schwimmen Öltröpfchen fein verteilt in einer wässrigen Umgebung – ohne Hilfsmittel aber meistens nicht lange. So trennen sich Öl und Essig in einer Salatsauce rasch voneinander, wenn die Emulsion nicht durch Senf stabilisiert wird. Kosmetische oder pharmazeutische Cremes enthalten als Stabilisator oft Mikroplastik, das dann irgendwann die Gewässer verschmutzt und auch in die Nahrungskette des Menschen gelangen kann.

EINE EMULSION WIRD IM SOUS-VIDE-GARER STABILISIERT

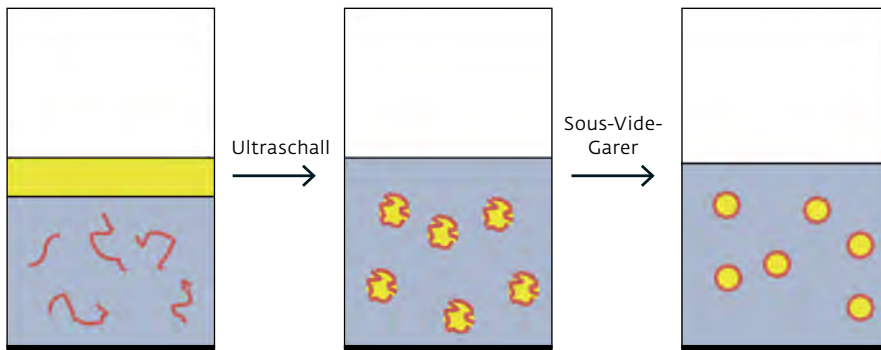
Auf der Suche nach einer Alternative für die umweltschädlichen Plastikpartikel kombiniert Nikki Man Laborchemie mit Methoden der Kochkunst und macht dabei Anleihen bei Mayonnaise. Dieser Mix von Öl und Essig oder Zitronensaft wird erst durch Lecithin und Proteine aus dem Eigelb zu einem cremigen Genuss. Auf den stabilisierenden Effekt von Proteinen setzt die Chemikerin auch in ihren Öl-in-Wasser-Emulsionen, indem sie das Eiweiß Albumin aus dem Blutserum von Rindern in dem Gemisch verrührt. In die Mischung tunkt sie einen Ultraschallstab, wie er in Laboren verwendet wird, um besonders homogene Emulsionen zu erzeugen. Die unhörbar feinen Druckwellen zerschlagen das Öl in Mikro- oder gar Nanotröpfchen, welche von Proteinmolekülen eingehüllt und alle ungefähr gleich groß sind.

Jetzt muss die Emulsion noch eine Prozedur mitmachen, die Nikki Man aus der Küche abgucken hat. „Das ist unser Sous-Vide-Garer“, sagt sie Forscherin stolz und zeigt auf einen Stab, der in einer gläsernen, wassergefüllten Wanne von der Größe eines Mikrowellenofens hängt. Mit solchen Geräten haben zuerst französische Köche in Vakuum eingeschweißtes Fleisch zubereitet, damit es bei Temperaturen unter 100 Grad Celsius besonders zart wird. Nikki Man ver-

Plastik aus nachwachsenden Rohstoffen: Nikki Man verarbeitet verschiedene Zutaten zu Folien. Gluten und Glycerol ergeben dabei ein transparentes Material.

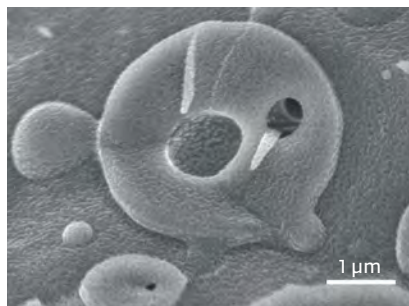
wandelt in dem mäßig temperierten Wasser die Proteinhüllen ihrer emulgierten Öltröpfchen in stabile Schalen und macht die Emulsion auf diese Weise haltbarer. Zwar gibt es auch Laborgeräte, die Wasserbäder konstant und präzise temperieren, sie kosten allerdings ein Vielfaches der Küchenvariante.

Während die Forscherin die Sous-Vide-Zubereitung erklärt und auf ihrem Rechner Bilder zeigt, die ein Rasterelektronenmikroskop von den ölgefüllten Proteinkugeln gemacht hat, ist auch das Bioplastik in der Ofenpresse fertig geworden. Die ockergelbe, mit dunklen Punkten gesprenkelte Folie aus Glutenglycerol und Lignin löst sich kaum von der Trägerplatte, ohne zu brechen, und splittert schon beim Versuch, sie zu bie-



● Öl ● Wasser ● Protein

In einer Mischung aus Öl, Wasser und Protein erzeugt ein Ultraschallgerät Öltröpfchen einheitlicher Größe, die mit Protein umgeben sind. Die mäßige Hitze eines Sous-Vide-Garers stabilisiert anschließend die Proteinhüllen und damit die gesamte Emulsion. Die Größe der Öltröpfchen hängt von der Ölmenge in dem Gemisch ab. Die Aufnahme eines Rasterelektronenmikroskops (rechts) zeigt ein Öltröpfchen in einer Mischung mit 30 Prozent Öl.



gen. Die Variante mit Chitosan, rotbraun und durchscheinend, macht sich da deutlich besser, ist aber auch noch nicht elastisch genug für reißfeste Verpackungen. „Wir möchten jetzt eine chemisch abgewandelte Form von Lignin testen, die sich mit den anderen Komponenten besser mischt und deshalb weniger Sollbruchstellen enthält“, sagt Nikki Man.

Wenn der Plan aufgeht, haben die Forscher einen Weg gefunden, eine flexible Variante von RemixWood® zu verarbeiten. Biegsam ist der Holzwerkstoff selbst nämlich nicht, wie Valerio Molinari und Marius Bäumel feststellen mussten. „Um das zu testen, haben wir extra eine Pastamaschine angeschafft“, sagt Molinari. Mit dem Gerät haben sie den Teig des Materials zu Spaghetti, Tagliatelle und Penne gepresst. In rohem Zustand ließen sich die Nudeln auch gut verformen, Molinari hat sogar ein Band mit Zopfmuster daraus gefloch-



Katalytische Pasta: Valerio Molinari (oben links) und Marius Bäümel pressen einen Teig, der viel Weizengrieß enthält, zu dicken Spaghetti. Die zerschnittenen Nudeln rösten sie und erhalten so sehr poröse Pellets (rechts). Diese dienen als Trägermaterial für einen Katalysator, der die effiziente Produktion des Biosprits DMF ermöglicht.



ten. Als das Material aus dem Ofen kam, war es mit der Flexibilität jedoch vorbei, schon unter sanftem Druck zerbröselte das Flechtwerk.

Der Apparat aus dem italienischen Kücheninventar erwies sich trotzdem als gute Investition, denn inzwischen haben die Forscher ein Nudelrezept mit einer vielversprechenden Anwendung erfunden. Katalytische Pasta nennen sie ihre Kreation. Sie kann als chemischer Moderator etwa für die Produktion von Biokraftstoffen und anderen Bioprodukten aus der Chemieindustrie die-

nen, die aus ungenießbaren Bestandteilen von Pflanzen erzeugt werden und damit nicht in Konkurrenz zu Nahrungsmitteln stehen.

Auf die Idee, Katalysatornudeln für die Produktion von Biosprit einzusetzen, kam Molinari gemeinsam mit seinem Büronachbarn Majd Al-Naji. Dieser leitet am Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung ebenfalls eine Arbeitsgruppe und sucht nach Möglichkeiten, Chemie mit nachwachsenden Rohstoffen zu betreiben. „Wir wollen Abfälle der Land- und Forstwirt-

schaft in Treibstoffe und Ausgangsmaterialien für die chemische Industrie verwandeln“, sagt der Chemiker.

Für den Biosprit von morgen ist etwa Dimethylfuran, kurz DMF, ein Kandidat. Die Substanz hat eine fast 50 Prozent höhere Energiedichte als Bioethanol und eine Oktanzahl, dank derer sie für Verbrennungsmotoren sogar besser verdaulich ist als herkömmliches Benzin. Gewinnen lässt sich dieser Stoff aus der Lignocellulose etwa von Pflanzenabfällen. Aber Chemiker brauchen einen geeigneten Katalysator, um es aus

dem Biorohstoff zu erzeugen. Denn Lignocellulose ist für chemische Veränderungen nicht leicht zugänglich.

Immerhin wissen Chemiker schon länger, dass Nickel in Form von Nanopartikeln auf einem geeigneten Trägermaterial die Bildung von DMF sehr gut katalysiert. Als Unterlage für die Nickelkörner hat sich ein Gerüst aus Kohlenstoff und Stickstoff bewährt, das sich desto besser eignet, je mehr Oberfläche es den Ausgangsstoffen für die Reaktion bietet. Gesucht ist also ein Stoff mit unzähligen feinen Poren, und zwar in Form von Pellets, etwa so groß wie Kapseln aus der Apotheke. „Solche Pellets sind in großen Mengen sehr aufwendig herzustellen“, sagt Molinari. Er und Marius Bäumel haben da mit dem eigenwilligen Pastarezept Abhilfe geschaffen.

EIN EFFIZIENTER KATALYSATOR FÜR DIE BIOSPRIT-PRODUKTION

Für den Nudelteig verrühren die Forscher Hartweizengrieß mit etwas Glucose und Harnstoff. Die Komponenten verbinden sich nachher zu einem Gerüst aus Kohlenstoff und Stickstoff, wobei Ersterer vor allem aus dem Grieß stammt. Den haben die Forscher eigens aus Italien kommen lassen. „Für die Produktion in der Pastamaschine ist eine ganz bestimmte Konsistenz des Teiges erforderlich“, sagt Marius Bäumel. „Und original italienischer Hartweizengrieß bietet einfach die besten Eigenschaften für einen perfekten Teig.“

Als weitere Zutaten kommen noch Zinkoxid-Nanopulver und ein feines Salz – gewöhnliches Speisesalz tut es völlig – in den Teig. Die beiden Substanzen dienen als Platzhalter für die Poren und werden aus den fertigen Nudeln ausgewaschen oder verdampft. Den Teig pressen die Forscher mit der Pastamaschine in die Form dicker Spaghetti, die mit ihrer hellen Farbe noch recht appetitlich aussehen. Doch das ändert sich, wenn Molinari und Bäumel sie weiterverarbeiten.

Erst zerschneiden sie die langen Teigfäden in kurze Stummel, anschließend rösten sie diese. Wenn Marius Bäumel das Blech mit dem Pastabruch nach mehreren Stunden aus dem Ofen zieht, sind die Nudeln rabenschwarz und passen tatsächlich viel besser in den Kessel einer Bioraffinerie als auf den Teller. Sobald die Chemiker Zinkoxid und Salz aus den Poren entfernt haben, tränken sie die Katalysatornudeln noch mit der Lösung eines Nickelsalzes, aus dem sich in einer chemischen Reaktion die Nanoteilchen des Metalls bilden. „Aufgrund der hohen Porosität kommen wir auf eine Oberfläche von 700 Quadratmetern pro Gramm“, sagt Marius Bäumel. „Das entspricht bei zehn Gramm des Materials der Größe eines Fußballfeldes und ist mehr, als die meisten industriellen Katalysatoren erreichen.“

Dass sich die große Oberfläche auch in der DMF-Produktion bemerkbar macht, zeigen Studien von Al-Najis Team. Demnach arbeitet der Katalysator ausgesprochen effizient und ist da-

bei deutlich billiger als kommerzielle Konkurrenzprodukte. „Den Katalysator in Form von Pasta zu produzieren, ist also auch für die Industrie ein vielversprechender Ansatz“, sagt Majd Al-Naji. Im nächsten Schritt möchten die Wissenschaftler eine Pilotanlage errichten, um die DMF-Produktion im großtechnischen Maßstab zu testen. Wenn sich die Katalysatorpellets auch dort bewähren, ist ein weiterer Schritt hin zu einer wettbewerbsfähigen industriellen Produktion von Biokraftstoff getan.

Dass sich der Katalysator einfach herstellen lässt, dürfte dabei ein Pluspunkt sein. Und dieser Vorteil könnte auch den Appetit anderer Chemieunternehmen wecken. Möglicherweise wird katalytische Pasta dann nicht mehr nur im Küchenlabor zubereitet. So könnte die Forschung von Molinaris Team auch andere Chemiker inspirieren, mit Küchengeräten und nachwachsendem Ausgangsmaterial zu experimentieren statt mit teurer Laborausrüstung und fossilen Rohstoffen. ◀

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Im Kitchenlab experimentieren Potsdamer Max-Planck-Forscher mit Küchengeräten und nachwachsenden Rohstoffen, darunter auch Abfälle von Industrieprozessen.
- Cellulose, Gluten und Lignin verarbeiten sie zu RemixWood®, einem robusten und kostengünstigen Holzwerkstoff. Aus ähnlichen Mischungen erzeugen sie Bioplastik.
- Proteine als Stabilisatoren könnten Mikroplastik in kosmetischen Produkten ersetzen.
- Mit katalytischer Pasta haben die Wissenschaftler einen einfach herzustellenden, effizienten Katalysator für die Produktion von Biotreibstoff gefunden.

GLOSSAR

Cellulose: Der Vielfachzucker, der ausschließlich Glucose enthält, ist wesentlicher Bestandteil der Zellwände von Pflanzen; aus ihm wird Papier hergestellt.

Gluten: Das Proteingemisch in Getreidekörnern ist im feuchten Zustand klebrig und elastisch; es macht Teig knetbar.

Hemicellulose: Vielfachzucker, der aus verschiedenen Zuckern aufgebaut wird und ebenfalls in Zellwänden von Pflanzen enthalten ist.

Katalysator: Substanz, die eine chemische Reaktion beschleunigt beziehungsweise in eine gewünschte Richtung lenkt und dabei nicht verbraucht wird.

Lignin: Biopolymer, das für die Stabilität von Holzzellen entscheidend ist.