



BIOTENSIDE IM KOMMEN

Lange waren sie eine Nische für akademische Forscher und kleine Start-ups: biotechnologisch hergestellte Tenside. Der Konsumgüter-Riese Unilever will ihnen nun zum kommerziellen Durchbruch verhelfen. Dafür holt er sich Unterstützung vom deutschen Spezialchemie-Unternehmen Evonik. Die Essener produzieren Tenside mit Hilfe von Bakterien.

von Tobias Thieme

Die Ankündigung im vergangenen Sommer klang großspurig: Bis 2030 will der britisch-niederländische Unilever-Konzern sämtliche Reinigungsprodukte ohne fossile Rohstoffe herstellen. Und es geht noch eine Nummer größer. Das Unternehmen plant, bis 2039 die CO₂-Emissionen seiner gesamten Lieferkette für Wasch-, Putz- und Reinigungsmittel – von der Materialbeschaffung über die Produktion bis in die Verkaufsregale – auf Null zu reduzieren. Ziel ist der Einsatz von Rohstoffen aus erneuerbaren oder recycelten Kohlenstoffquellen. Dafür nimmt Unilever 2 Mrd. Euro in die Hand. Eine Milliarde soll in die Entwicklung neuer Produkte, eine Milliarde in einen Umweltfonds fließen. Unilever nennt das Ganze die Clean Future Initiative.

BIOTECH MADE IN GERMANY

Vorschusslorbeeren gab es schon mal vom World Wide Fund For Nature (WWF). „Die bedeutenden Verpflichtungen von Unilever haben in Kombination mit einer starken nachhaltigen Beschaffung das Potential, einen wichtigen Beitrag zu leisten beim Übergang zu einer Wirtschaft, die mit der Natur arbeitet und nicht gegen sie“, sagte Tanya Steele, Chefin des

WWF in Großbritannien zu der Initiative. Doch wie kann diese Transformation gelingen? Die Lösung könnte deutsche Biotechnologie sein. Unilever holt sich Unterstützung von der Evonik Industries AG. Der Spezialchemie-Konzern aus Essen produziert Biotenside.

SIE LIEBEN FETT UND WASSER

Tenside, die bisher häufig aus fossilen Rohstoffen gewonnen werden, sind waschaktive Substanzen und Hauptbestandteil von Wasch-, Putz- und Reinigungsmitteln. Die Moleküle sind amphiphil: Sie besitzen einen polaren hydrophilen Teil und einen unpolaren lipophilen Teil. Sie binden also an einem Ende an Öl, Fett oder andere Verunreinigungen und am anderen Ende an Wasser. Die Tenside umschließen die Partikel, bilden Mizellen und befreien so etwa Textilien vom Schmutz. Tenside sind auch für den Schaum verantwortlich. Der hat zwar faktisch keine Auswirkung auf die Reinigungskraft eines Produkts. Konsumenten schreiben ihm jedoch genau diese Eigenschaft zu. Je nach Produktgruppe bestehen die Mittel bis zu 40 Prozent aus Tensiden.

Es gibt nichtionische Tenside, die sich durch ihre Säure-, Alkali- und Härtebeständigkeit auszeichnen. Sie werden in

BIOTENSIDE IM KOMMEN

Wasch- und Reinigungsmitteln sowie als Emulgatoren eingesetzt. Anionische Tenside, also negativ geladene Moleküle, haben eine hohe Waschkraft. Auch sie finden sich vor allem in Wasch- und Spülmitteln sowie Haushaltsreinigern. Positiv geladene kationische Tenside mit einer hohen Affinität zu Fasern werden in Weichmachern und Conditionern verwendet. Die sehr milden amphoteren Tenside mit einer negativ und einer positiv geladenen funktionellen Gruppe eignen sich für Kosmetika. Nichtionische und anionische Tenside haben zusammen einen Marktanteil von etwa 90 Prozent.

In Westeuropa werden etwa 54 Prozent der Tenside in Wasch- und Reinigungsmitteln für Haushalt und Gewerbe eingesetzt, wie aus von Evonik veröffentlichten Marktdaten hervorgeht. 15 Prozent entfallen auf die Kosmetik- und Pharmaindustrie sowie zehn Prozent auf die Textilindustrie. Weitere Anwendungen gibt es unter anderem in der industriellen Reinigung, in der chemischen Industrie, in der Metallverarbeitung und im Baugewerbe. Der weltweite Markt für Tenside ist gewaltig. Und er wächst. Marktforscher beziffern die Produktion mit jährlich etwa 20 Millionen Tonnen. Der Umsatz liegt bei gut 33 Mrd. Euro. Die Deutsche Industriebank prognostiziert bis 2024 ein jährliches Wachstum von bis zu vier Prozent. Für 2022 wird demnach ein Umsatz von gut 35 Mrd. Euro erwartet.

FOSSILE ROHSTOFFE

Doch konventionelle Tenside sind nichts für Klimaschützer. Denn sie werden zu einem großen Teil aus fossilen Rohstoffen gewonnen. Nach Angaben der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe basiert etwa die Hälfte der in Deutschland eingesetzten Tenside in Wasch- und Reinigungsmitteln auf petrochemischen Ausgangsstoffen. Etwa 43 Prozent sind Mischenside aus nachwachsenden und

petrochemischen Rohstoffen und nur sieben Prozent werden ausschließlich aus nachwachsenden Rohstoffen wie etwa Raps-, Palmkern- und Kokosöl gewonnen. Werden diese chemisch synthetisiert, spricht man von biobasierten Tensiden. Produzieren Mikroorganismen die begehrten Wirkstoffe, handelt es sich um Biotenside. Marktforscher gehen bei den biobasierten Tensiden von einem jährlichen Wachstum von 5,6 Prozent und einem Umsatz von 4,6 Mrd. Euro im Jahr 2022 aus. Sie sind jedoch auch nicht das Gelbe vom Ei. Die Flächen für den Anbau der Rohstoffe könnten als Flächen für die Lebensmittelproduktion fehlen. Der Anbau wirft ethische Fragen auf. Und Palmkernöl aus Monokulturen, für die wertvoller Regenwald gerodet wurde, ist auch nicht das, womit ein Unternehmen in seiner Ökobilanz punkten könnte.

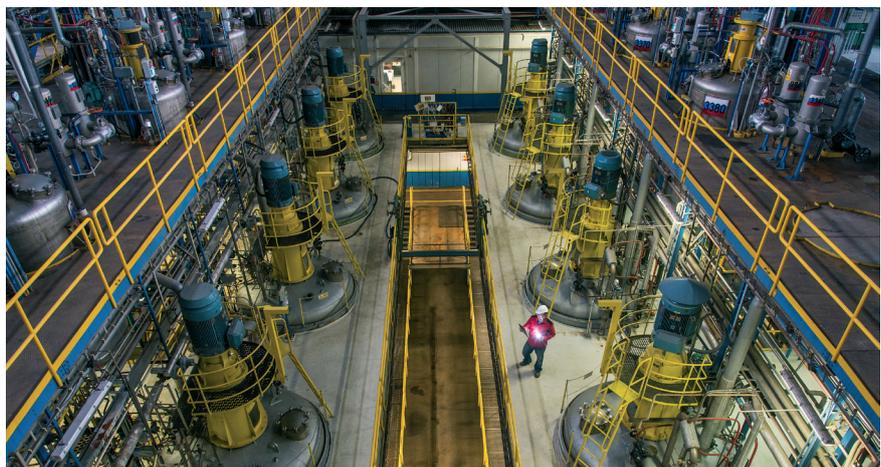
Jetzt kommt Evonik mit seiner Biotechnologie ins Spiel. Das Unternehmen produziert Chemikalien etwa für den Fahrzeug- und Maschinenbau, für Nahrungs- und Futtermittel, für die Bauwirtschaft und für die Pharmaindustrie. Der Markt für Konsum- und Pflegeprodukte ist jedoch der wichtigste. Die Essener arbeiten an Rhamnolipiden. Diese werden von *Pseudomonas aeruginosa* produziert. Das als pathogen eingestufte Bakterium – ein berüchtigter Krankenhauskeim – ernährt sich von Fetten. Mit den Rhamnolipiden löst es diese Nährstoffe. Bereits vor 120 Jahren entdeckt, blieb

das Bakterium jedoch lange weitgehend unbeachtet.

KEINE KOMPROMISSE

Um die Jahrtausendwende wurde es wiederentdeckt. 2008 startete Dr. Hans Henning Wenk mit einem Forscherteam ein Projekt zur Entwicklung einer neuen Generation von Reinigungs- und Pflegeprodukten. „Anfangs haben Verbraucher akzeptiert, dass umweltfreundliche Produkte weniger gut waren als der Standard. Aber diese Zeiten sind vorbei“, sagte der heutige Forschungschef von Evonik Care Solutions. Die Vorteile der Rhamnolipide aus Sicht der Forscher: Sie bauen sich vollständig ab, mit oder ohne Sauerstoff. Sie entfernen Schmutz genauso gut wie leistungsstarke synthetische Tenside. Sie sind unempfindlich gegenüber Wasserhärte, benötigen nur nachwachsende Rohstoffe, aber keine tropischen Öle, sind unschädlich für Wasserorganismen. Und sie sind mild zur Haut, eignen sich damit besonders gut für Spülmittel.

Wenk und sein Team machten sich auf die Suche nach einem alternativen Bakterium, das weder für Menschen noch für Tiere und Pflanzen gefährlich ist. Die Forscher arbeiteten deswegen mit einem Bakterienstamm aus der Familie der *Pseudomonas putida* weiter. Ihm wurden Eigenschaften des Ausgangsstamms einprogrammiert. Als Nährmittel wählten die Entwickler Zucker, der als Rohstoff vergleichsweise günstig und nicht



In Slovenská Ľupča (Slowakei) produziert Evonik Biotenside.

BIOTENSIDE IM KOMMEN

auf abgeholzten Regenwaldflächen wie Palmöl produziert wird. Die Leistungsfähigkeit der Bakterien stieg, die kommerzielle Nutzung wurde möglich. 2015 taten sich Evonik und Unilever für ein gemeinsames Entwicklungsprogramm zusammen. Der Durchbruch gelang ein Jahr später im slowakischen Evonik-Werk Slovenská Lupča.

Es zeigten sich jedoch Probleme im Produktionsprozess. Was der Kunde liebt, hasst der Ingenieur: Schaum. Im Fermenter erschwert er die Produktion. „In der Anfangsphase hatten wir mehr als nur eine Schaumparty im Labor“, wird Wenk in einem Beitrag der Chemie-Fachzeitschrift C&EN zitiert. Drücke, Prozesse und Temperaturen mussten angepasst werden. „Wenn Sie 5.000 statt zehn Liter einer Substanz produzieren, reicht es nicht, die Werte einfach zu multiplizieren“, sagte Wenk. Doch die Tensid-Entwickler bekamen die Probleme in den Griff. Das slowakische Werk produziert seit einiger Zeit Rhamnolipide in kommerziellem Maßstab, wie Evonik mitteilte. Wie viel das 2020 tatsächlich war, gab das Unternehmen auf Anfrage nicht preis. Allerdings ist geplant, ein neues Werk für die Großproduktion zu bauen. Mit einer Kapazität im niedrigen zweistelligen Kilotonnenbereich. Von den Marktchancen gibt sich Wenk überzeugt: „Biotenside sind Game-Changer in der Haushaltsreinigung und darüber hinaus und wir haben mit unserer Technologie das Potential, die Herstellung von Reinigungsmitteln oder auch Kosmetikprodukten grundlegend zu verändern.“

INNOVATION AUS KARLSRUHE

Doch nicht nur die großen Chemie- und Konsumgüterkonzerne betreiben die Kommerzialisierung von Biotensiden. Im Januar 2017 verkündete die Biotensidon GmbH in Karlsruhe einen „Durchbruch bei der Massenproduktion von Rhamnolipiden“. Das Biotech-Start-up

sei als „Industry First“ in der Lage, Rhamnolipide kosteneffizient in industrieller Größenordnung herzustellen. Die Biotenside würden synthetische Tenside in mehreren Wirtschaftssektoren ersetzen. Rhamnolipide seien effektiver als hefebasierte Tenside. „Sie sind die wirksamsten biologischen Tenside und daher ein Schlüsselement für die Ökologisierung verschiedener Industriesektoren“, hieß es damals in einer Pressemitteilung. Die Karlsruher arbeiten mit einem nichtpathogenen Wildtyp von *Pseudomonas aeruginosa*.

KLEINE ALLESKÖNNER

Der Plan des Start-ups: Die Rhamnolipide sollen zu wahren Alleskönnern werden. In Kombination mit Pyoverdinen und Alginate könnten sie „einen der effektivsten Supramolekularkomplexe“ bilden, der keine negativen Nebenwirkungen für Mensch und Natur hat. Der Komplex mit dem Produktnamen Rhapynal eigne sich unter anderem als Emulgator sowie Wirkstoff-Verstärker in Kosmetika und pharmazeutischen Produkten. Er ermögliche eine starke Reduzierung der Wirkstoffmenge. Als Saatgutbeize, also zur Oberflächenbehandlung der Samen, diene er der Ertragssteigerung sowie der Reduzierung von ökologisch schwierigen Düngemitteln. Das Mittel könne zudem helfen, als antibakterieller, antiviraler und antifungaler Tierfutterzusatz den prophylaktischen Einsatz von Antibiotika in der Massentierzucht zu reduzieren. Einsetzbar sei es auch in der ökologisch neutralen Bodendekontamination, etwa nach Ölverschmutzungen. Rhapynal sei zudem ein zu 100 Prozent biologisch abbaubares Entfettungsmittel für Industrie und Gastronomie. Als Bestandteil von Lösch-Schaum könne es zur Bekämpfung von Waldbränden, wasserresistenten Feuern und Treibstoffbränden sowie beim Löschen von Feuerwerkskörpern eingesetzt werden. Und schließlich sei es natürlich ein biologischer Schmutzpartikellöser in Waschmitteln. Für seine Entwicklung wurde Biotensidon 2016 mit dem zweiten Platz des Next Economy Awards vom Deutschen Nachhaltigkeitspreis ausgezeichnet.

Dem Biotensidon-Team gelang nach eigenen Angaben, mit einer zuverlässigen Produktionsmethode schließlich 30 Gramm pro Liter zu gewinnen. „Dies ermöglicht Produktionskosten, die denen von synthetischen Tensiden entsprechen“, so die Einschätzung. Biotensidon, 2011 gegründet, hatte von einem Investor einen „zweistelligen Millionenbetrag“ eingeworben, um die Produktionsanlagen auszubauen. Der Weg dorthin: 2017 sollten 200 Tonnen Rhamnolipid-Produkte pro Jahr möglich sein, 2018 schon 2.000 Tonnen und für 2019 peilte das Unternehmen 5.000 Tonnen an. Doch ganz so einfach scheint die Skalierung doch nicht zu sein. „Wir sind noch nicht so weit wie geplant. Es ist schwieriger, als gedacht. Verlässliche Angaben zu den Produktionskapazitäten können wir erst in etwa drei Monaten machen“, sagte Rolf Hartmann, Mitgründer von Biotensidon, gegenüber |transkript. Ziel bleibe die Großproduktion zu mit synthetischen Tensiden vergleichbaren Kosten.

IM SUPERMARKT

Tatsächlich gibt es bereits einige Reinigungsmittel mit Biotensiden im Supermarktregal. Der britisch-belgische Hersteller Ecover gehört zu den Pionieren für Ökowaschmittel und hat nach eigener Auskunft seit 2009 Produkte mit mikrobiell hergestellten Tensiden im Angebot: einen Allzweckreiniger, einen Glasreiniger, einen Küchenkraftreiniger und einen Klarspüler. Vor etwa vier Jahren hatte Evonik begonnen, Ecover mit Sophorolipiden zu beliefern. Diese Tenside werden nicht von Bakterien, sondern von Hefepilzen produziert.

Während mit Enzymen schon lange Biotechnologie in Waschmitteln steckt, ist die Verwendung von Biotensiden relativ neu. Doch trotz erster kleiner Erfolge steht deren industrieller Einsatz wohl erst ganz am Anfang. Dr. Susanne Zibek ist Gruppenleiterin Bioprozessentwicklung am Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB) in Stuttgart. Sie sagt: „Es gibt zahlreiche anionische, kationische, nichtionische und amphothere Tenside mit unterschiedlichen Molekülvarianten

auf dem Markt, die man nicht mit den aktuell wenigen mikrobiellen Biotensiden ersetzen kann.“

Zibek selbst forscht seit 2008 an den nachhaltigen Alternativen und beschäftigt sich am IGB vor allem mit verschiedenen Molekülvarianten der Klassen Cellobioselipide (CL) und Mannosylerythritollipide (MEL). Sie werden besonders von Mikroorganismen aus der Familie der nichtpathogenen Brandpilze Ustilaginaceae wie etwa *Ustilago maydis* oder *Moesziomyces aphidis* produziert. Zibek und ihr Team wollen vor allem die Prozesse optimieren, die Ausbeute erhöhen und geeignete nachwachsende Rohstoffe als Nährsubstrat finden. Synthetische Tenside und Biotenside zu vergleichbaren Kosten herstellen zu können, hält sie für herausfordernd, denn dies hänge von zahlreichen Faktoren ab. Etwa von den Preisen der Ausgangsrohstoffe. Für die Herstellung von Rhamnolipiden können unterschiedliche Rohstoffe wie Zucker oder Glycerin verwendet werden, wohingegen Sophorolipide auch mit Pflanzenöl herzustellen wären. Und viel hänge natürlich von der Ausbeute und Produktivität ab. Zum Markterfolg bisher sagte die Forscherin: „Ich kenne bisher nur ein Produkt, das mikrobielle Biotenside enthält.“

BUND FÖRDERT ALLIANZ

Und wie sieht es mit dem ethischen Problem der Rohstoff-Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion aus? „Ich glaube nicht, dass es global zu wenig Anbauflächen gibt, um mikrobielle Biotenside herzustellen. Zudem könnte man Reststoffe für die Biotensidherstellung verwenden“, sagte Zibek.

Um die Entwicklung von Biotensiden voranzutreiben, hat sich das IGB mit anderen Forschungseinrichtungen und mehreren Unternehmen in der „Allianz Biotenside“ zusammengetan. Aus der akademischen Forschung sind das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), die Technische Universität München (TUM), die Universität Hohenheim Stuttgart sowie die Universität Stuttgart mit dabei. Beteiligte Unternehmen sind die drei Biotechnologie-Firmen Analyticon Disco-



Dieser Allzweckreiniger von Ecover beinhaltet Biotenside.

very, Insilico Biotechnology und Biotensiden. Weitere Partner sind die Wasch-, Reinigungsmittel- und Kosmetikhersteller Dalli und Henkel, der Chemieriese BASF, die Automatisierungsfirma Festo, der Insektenprotein-Produzent Hermetia Baruth sowie der Zuckerproduzent Pfeifer & Langen.

Ziel der Allianz ist, ein möglichst großes Portfolio verschiedener Biotenside für möglichst viele Anwendungsbereiche zu entdecken. „Es geht darum, verschiedene Molekülvarianten zu finden und auf ihre Eignung zu testen. Zwei bis drei Gramm aus dem Labor reichen da nicht. Wir müssen bereits früh die Prozesse für größere Mustermengen optimieren und skalieren“, sagte Zibek. Die Allianz wurde bisher vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit 3,8 Mio. Euro gefördert. Der größte Teil entfällt mit knapp 1 Mio. Euro auf die Fraunhofer-Gesellschaft. Die Hälfte des Gesamtetats steuerte laut Zibek die Industrie bei. Die Förderung lief Ende 2020 aus. Ein Folgeantrag wird laut BMBF geprüft. Wie bewertet die IGB-Forscherin den Fortschritt der Allianz? „Für mich war es bisher eines der schönsten Verbundprojekte. Wir haben sehr engagierte Industriepartner, die daran interessiert sind, Biotenside zu testen und in der Entwicklung der Prozesse und Rohstoffe mitzuwirken.“ Das Ergebnis an Biotensi-

den? „Wir haben bisher etwa 20 Molekülvarianten gefunden und für alle positive Resultate erzielt“, so Zibek.

Eine kleine Erfolgsstory des IGB-Nachwuchses: Das Start-up EBS – Engineering Biosurfactants gewann 2019 die Global Biobased Businessplan Competition (G-BIB), einen internationalen Studentenwettbewerb. Es geht um Geschäftsideen für ein biobasiertes Produkt oder Verfahren. Die Siegerprämie: 7.500 Euro und ein Sparring-Tag beim High-Tech Gründerfonds (HTGF). Das Stuttgarter Team präsentierte sich im gleichen Jahr auch im Startup-Village des European Forum for Industrial Biotechnology & Bioeconomy (EFIB) in Brüssel. Ein Unternehmen ist der Initiative allerdings noch nicht entsprungen. „Einige aus dem Team sind gerade dabei, ihre letzten Arbeiten für ihre Doktorarbeit durchzuführen. Alle Ergebnisse geben weiter wichtige Erkenntnisse, um die Technologie für ein Start-up zu verbessern“, so Zibek, die Mentorin der Gruppe.

KUNDEN ENTSCHEIDEN

Die Initiativen sind vielfältig. Doch gibt es abseits von Forschung und Prozesstechnik noch einen anderen Hemmschuh für den kommerziellen Erfolg mikrobiologisch hergestellter Tenside: Das Geld, das sich am Ende damit verdienen lässt. „Biotenside bieten bisher keine große Marge und befinden sich in den Anfängen der Vermarktung“, sagte Zibek. Erfreulich sei, dass viele Unternehmen durch ihre Produkte grüner werden möchten. „Das ist ja positiv“, sagt die Forscherin. Sie setzt jedoch auf einen entscheidenden Mitspieler in dem Geschäft: „Am wichtigsten ist letztendlich die Nachfrage der Kunden. Wenn die Kunden wollen, will auch die Industrie.“ Und wie groß ist die Zuversicht, dass es so kommt? Zibek glaubt: „Die Zeit ist reif. Alles geht jetzt etwas schneller. Unter anderen haben die UN mit den globalen Zielen für eine nachhaltige Entwicklung, das Pariser Abkommen und Fridays For Future dazu einen großen Beitrag geleistet. Und ich denke schon, dass ich im nächsten Jahr auch mehrere Produkte mit Biotensiden im Supermarktregal finden kann.“