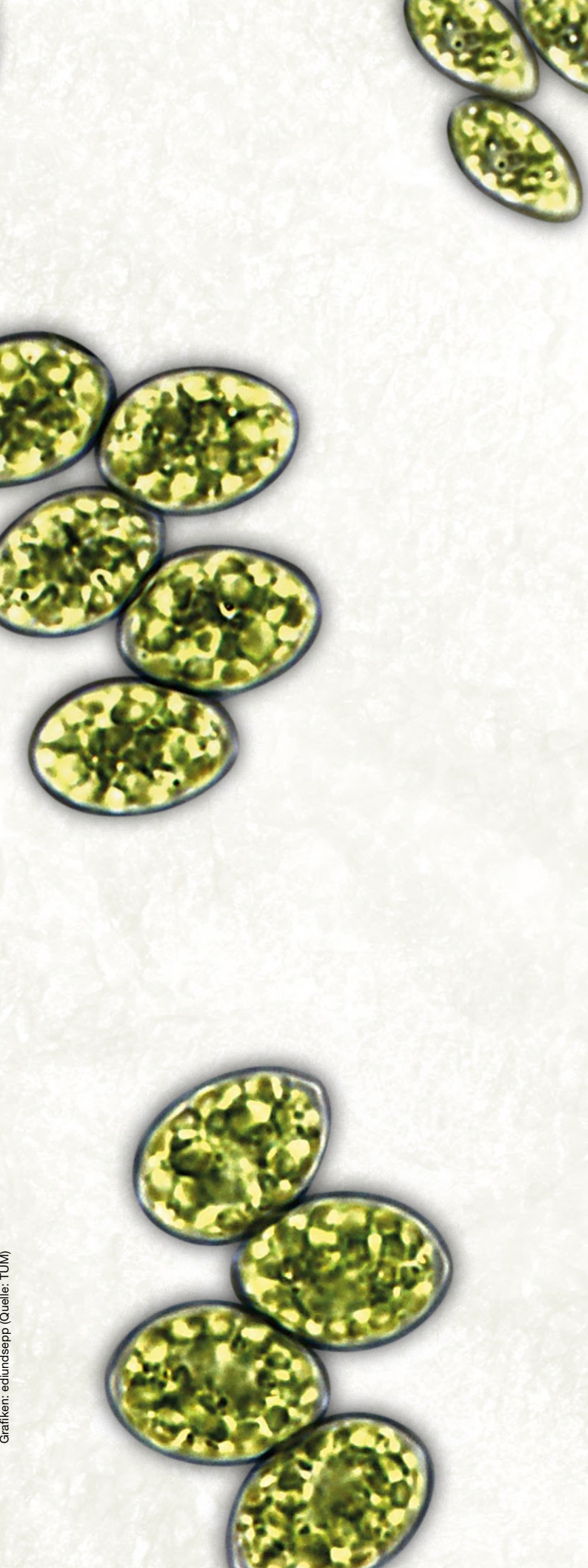


Leichtbau- werkstoffe aus Algen



Carbonfaser-Bauteile sind extrem leicht und stabil. Für ihre Produktion benötigt man bislang Erdöl. Im Projekt Green Carbon stellt der Werner Siemens-Lehrstuhl für Synthetische Biotechnologie der TUM zusammen mit Partnerfirmen das Material jetzt nachhaltig aus Algen und Hefen her. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Industrialisierung der Methode.

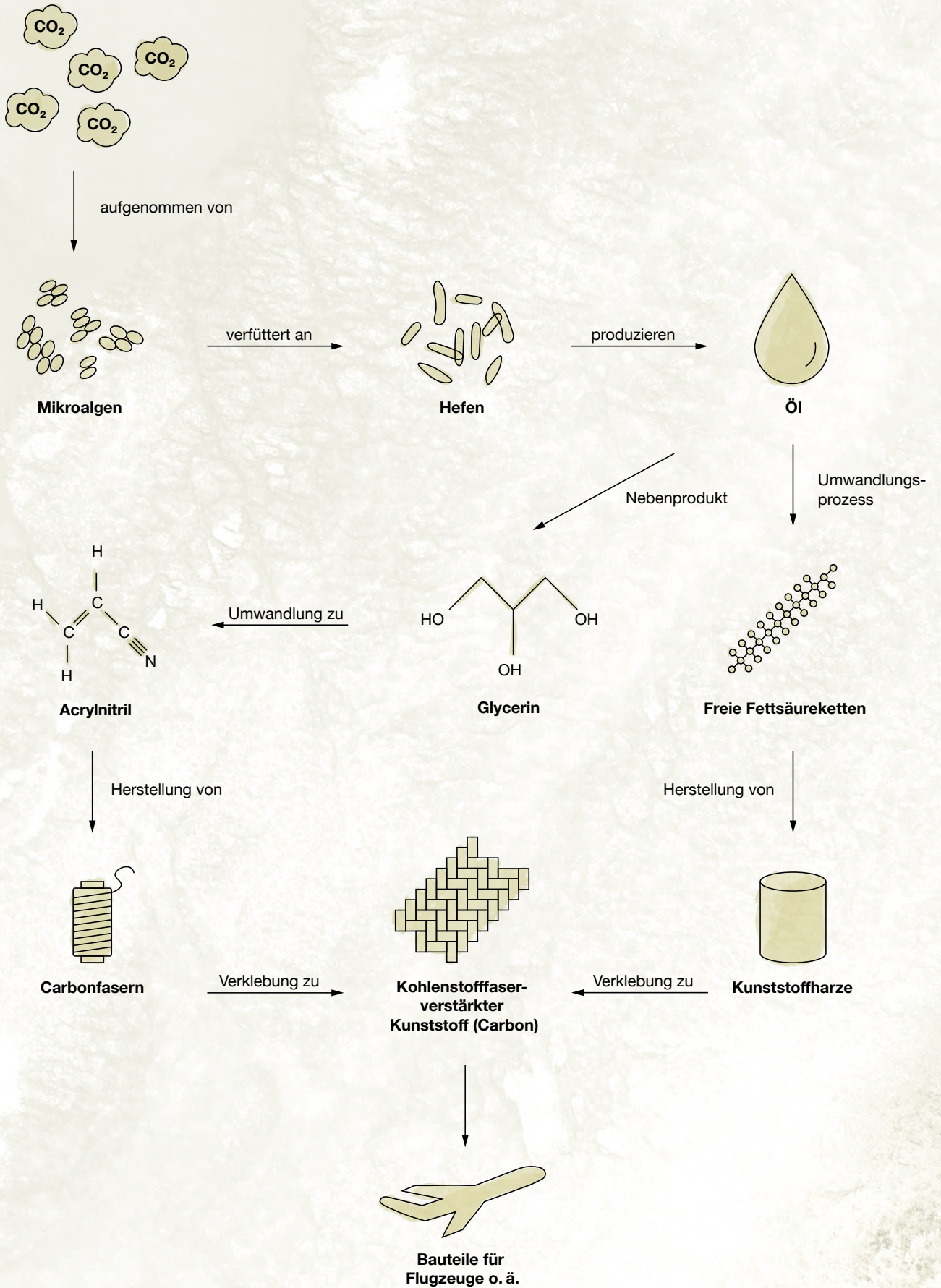
Short version

Turning algae into lightweight building materials E

Lightweight carbon fibre reinforced polymers are usually made from oil. Within the context of the Green Carbon project, TUM biotechnologist Prof. Thomas Brück is now working on obtaining the raw materials for CFRPs entirely from algae and yeast. Based on a process developed at TUM, algae are cultivated and the algal biomass then fed to special oil-producing yeasts. The oil is then broken down into its constituent parts of glycerol and long chain fatty acids. The Green Carbon project makes use of both to produce green carbon fibre composites. The glycerol is transformed into acrylonitrile, from which carbon fibres can be manufactured. The fatty acids are processed to produce resins, which bond the carbon fibres in producing the required components. The Green Carbon project is also pioneering the process of combining thin layers of carbon fibre composites with thin layers of stone. These lightweight, very robust carbon fibre stone composites are especially suitable for use in housing construction, where they can replace heavy steel beams, for example. □

Link

www.department.ch.tum.de/wssb



Manchmal nehmen Forschungsprojekte überraschende Wendungen. Vor allem, wenn man den Mut hat, spontan neue Wege einzuschlagen. Als Prof. Thomas Brück vor sieben Jahren begann, Algen zu züchten, wollte er daraus eigentlich hochwertiges Biokerosin für Flugzeuge herstellen. Seine Idee klang verwegen. Er wollte Algen züchten, um die Algenmasse als Nahrung für spezielle Hefen zu nutzen, die Öl produzieren. Das Öl aus den Hefen sollte dann zu Biokerosin weiterverarbeitet werden. Und so baute er in den folgenden Jahren am TUM Standort in Ottobrunn eine Art High-tech-Gewächshaus auf, in dem die Algen in großen Becken heranwachsen, beleuchtet von einer weltweit einzigartigen Lichtanlage, die die Sonnenstrahlung in verschiedenen Regionen und Klimazonen der Erde nachahmt. Die Experimente waren ein Erfolg: In langen Testreihen fanden Brück und sein Team die idealen Wachstumsbedingungen für die Algen und die Hefen. „Wir haben einen Prozess entwickelt, in dem die Ölhefen innerhalb von vier bis fünf Tagen Algenmasse in Öl umwandeln“, sagt Brück. „Tatsächlich können wir das Öl anschließend zu hochwertigem Kerosin weiterverarbeiten.“

Glycerin als Rohstoff

Algen nehmen Kohlendioxid aus der Atmosphäre auf und verarbeiten es zu Biomasse, die reich an energiereichen Zuckern ist. Die Hefen wandeln die Masse in Öl um. Das ist ausgesprochen nachhaltig. Brück hätte es dabei belassen können. Doch eines trieb ihn um: Bei der Herstellung von Kerosin aus Öl entsteht Glycerin. Sollte die Ölindustrie tatsächlich künftig in großem Stil in die Biokerosin-Produktion einsteigen, überlegte Brück, würden enorme Mengen von Glycerin anfallen. Immerhin entstehen pro Tonne Biosprit rund 100 Kilogramm Glycerin. „So viel Glycerin benötigt die Industrie aber gar nicht“, sagt er. „Glycerin wird in der Kosmetik- und Pharmaindustrie verwendet. Aber bei weitem nicht in den Mengen, die eine Biokerosin-Produktion liefern würde.“ Was also tun mit dem überschüssigen Glycerin? Brück, Leiter des Werner Siemens-Lehrstuhls für Synthetische Biotechnologie, hatte die zündende Idee: Glycerin lässt sich über einige wenige chemische Reaktionen in eine ausgesprochen interessante chemische Verbindung überführen, in Acrylnitril, jene Substanz, aus der Carbonfasern hergestellt werden. Carbonfasern sind ein Zukunftswerkstoff. Seit vielen Jahren schon werden diese mit Kunstharzen zu sehr haltbaren und vor allem leichten carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CfK) verarbeitet. Die CfK kommen vor allem in der Flugzeugindustrie und bei der Herstellung von Windrädern zum Einsatz – der Airbus A350 zum Beispiel besteht bereits zu mehr als 50 Prozent aus CfK. Die leichten CfK senken den Verbrauch der Flugzeuge deutlich. Für die Produktion von einer Tonne Carbonfasern würde man 9,7 Tonnen Glycerin benötigen. ▶

„[Mit diesem Prozess] erhalten wir am Ende hundertprozentig biologisch hergestellte Carbonfaserkomposite auf der Basis von CO₂.“

Thomas Brück

Hundertprozentig grüne Bauteile

Inzwischen ist Brück von der Anfangsidee einer Kerosinproduktion fast gänzlich auf den CfK-Pfad eingeschwenkt. Weil sich nicht nur das Glycerin dafür nutzen lässt, sondern das ganze Hefeöl. Öle bestehen aus Fettsäureketten, die wie lange Schnüre nebeneinander an einem Glycerinmolekül hängen. Durch eine chemische Reaktion lassen sich die Fettsäuren vom Glycerin trennen. Ursprünglich hatte Brück diese Fettsäuren für das Kerosin vorgesehen. „Fettsäuren lassen sich aber auch chemisch modifizieren und zu Kunststoffen verarbeiten“, sagt er. „Beispielsweise zu jenen Kunststoffharzen, die man für die Produktion von carbonfaserverstärkten Kunststoffen benötigt.“ Das ist der Clou: Brück züchtet Algen, aus denen sich mithilfe der Ölhafen nicht nur Carbonfasern, sondern zugleich Kunststoffe für CfK produzieren lassen. „Damit erhalten wir am Ende hundertprozentig biologisch

hergestellte Carbonfaserkomposite auf der Basis von CO₂.“ Um grüne CfK künftig im industriellen Maßstab und vor allem wirtschaftlich herzustellen, benötigt man ausreichend große Algenfarmen. Sinnvoll wäre es, sie in der sonnigen Mittelmeerregion aufzubauen. Mindestens vier Quadratkilometer Fläche sollte eine solche Algenfarm haben, schätzt Brück.

12 Millionen Euro für das Industrieprojekt „Green Carbon“

Den Weg dahin soll jetzt das Projekt Green Carbon ebnen, in dem Brück zusammen mit Industriepartnern die Produktion der Öko-Carbonbauteile aus Algen zu einem industrietauglichen Herstellungsprozess weiterentwickelt. Das Projekt wird mit 12 Millionen Euro vom Bundesforschungsministerium gefördert. Mit dabei ist unter ande-



Algenkultivierung in geschlossenen Photobioreaktoren im Labormaßstab. Die hier gewonnenen technischen Daten bilden die Grundlage für die nächsten Schritte hin zur Produktion in größerem Maßstab im TUM Algentechnikum in Ottobrunn.



Glycerin

rem der Carbonfaser-Hersteller SGL Carbon, der seine CfK-Expertise einbringt. „Das Acrylnitril, das wir aus Glycerin gewinnen, ist dasselbe Molekül wie jenes, das man normalerweise aus Erdöl erzeugt – insofern hat es dieselbe Qualität“, sagt Brück.

Um ein Verfahren aus der Universität in die Anwendung und vom Pilotprojekt-Maß in die industrielle Dimension zu übertragen, müssen die Anlagen größer werden und höhere Massenströme verarbeiten – im Vergleich zur Forschungsanlage mindestens das 50.000- bis 100.000-fache. Partner in Green Carbon ist deshalb auch das Beratungsunternehmen AHP. Die Experten analysieren im Computermodell, wie groß die Massenflüsse einer industriellen Produktionsanlage sind, wie viel Energie oder wie viel Platz sie benötigt. Ihre Kalkulation bildet die Grundlage für eine künftige Finanzierung einer solchen Anlage. ▷

Bildquelle: Andreas Heddergott, Grafiken: edlundsepp (Quelle: TUM)



Die nächste Stufe der Entwicklungen im Bereich Algen-Biotechnologie. Am Werner Siemens-Lehrstuhl für Synthetische Biotechnologie beschleunigt eine automatisierte Screening Plattform die Auswahl der besten ölproduzierenden Algenstämme.



Carbonfasern



Prof. Thomas Brück

Prof. Thomas Brück ist die Praxisrelevanz seiner Forschung wichtig. Daher engagiert er sich in interdisziplinären Projekten, an denen die Industrie beteiligt ist. Er wurde 1972 in Köln geboren und ging für sein Studium nach Großbritannien, wo er Chemie, Biochemie und Betriebswissenschaft studierte. An der Keele University in Stoke-on-Trent beendete er dann sein Masterstudium in Molekularmedizin. 2002 erlangte er den britischen Doktorgrad in „Philosophy“ an der University of Greenwich für seine Arbeiten an biochemischen Reaktionen wichtiger Enzyme. 2006 kehrte er nach Deutschland zurück und ging dort in die Industrie. 2010 wurde er Leiter der Forschungsgruppe für Industrielle Biokatalyse an der TUM. Seit 2018 hat er den Werner Siemens-Lehrstuhl für Synthetische Biotechnologie inne.

Neuartige Produkte aus Carbonfaserstein

Inzwischen wurde Brück für seine Arbeit mit dem ersten Nachhaltigkeitspreis der TUM ausgezeichnet. Vor einiger Zeit meldete sich die Firma TechnoCarbon Technologies (TCT) mit einer verblüffenden Idee bei ihm: einer Verschmelzung von Carbonfaserkompositen mit Stein. Hier werden Carbonfaserkomposite mit hauchdünn geschnittenen Schichten aus Hartgestein, wie zum Beispiel Granit, kombiniert. Erste Versuche zeigten, dass das tatsächlich funktioniert: Das Team von Brück verklebte zusammen mit den TCT-Experten millimeterdünne Granitschichten mithilfe der aus Algen produzierten Kunststoffharze mit Carbonfaserkompositstreifen zu einem äußerst biegsamen und widerstandsfähigen Bauteil. Die Ergebnisse waren so vielversprechend, dass TCT zum Partner im Green Carbon-Projekt wurde. Inzwischen ist ein Doppel-T-Träger aus Carbonfasern und bayerischem Granit entstanden, der nur halb so schwer wie ein herkömmlicher Träger aus Stahl ist. Solche Bauteile dienen im Hausbau zum Abstützen von Geschossdecken. Je nach Anwendung und Tragkraft benötigt man mit Carbonfaserstein zwei- bis viermal weniger Stahl oder Zement. Inzwischen hat Brück zusammen mit TCT die Technologie nach Begutachtungen in mehreren internationalen Fachmagazinen vorgestellt. Sogar der Weltklimarat zählt die Carbonfasersteinkomposite in einem seiner Berichte zu den vielversprechenden Beiträgen, mit denen die Industrie die CO₂-Emission reduzieren kann. „Die Stahl- und Zementherstellung gehören zu den klimaschädlichsten Industriezweigen überhaupt“, erklärt Brück. „Wenn es uns gelingt, Carbonfasersteinkomposite als alternativen Baustoff zu etablieren, ließe sich der jährliche Kohlendioxidausstoß der Stahl- und Zementindustrie nicht nur neutralisieren, sondern sogar rückgängig machen.“

Kohlendioxid für lange Zeit binden

Denn das sei das wichtigste Ziel des Green Carbon-Projektes: das Klimagas Kohlendioxid aus der Atmosphäre zu holen, dauerhaft in Form von Carbon zu speichern und so dem Klimawandel entgegen zu wirken. Entweder in Form von carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CfK) für Autos, Flugzeuge oder Windräder oder gar als Carbonfasersteinkomposite für Gebäude. Jährlich setzt die Verbrennung von Kohle, Erdgas und Erdöl rund 37 Milliarden Tonnen Kohlendioxid frei. Etwa ein bis zwei Gigatonnen pro Jahr könnte allein eine industrielle CfK-Produktion aus Algen schlucken – immerhin. „Mir geht es darum, das Kohlendioxid langfristig der Erdatmosphäre zu entziehen, denn nur dann liefert das Verfahren wirklich einen Beitrag zum Klimaschutz“, sagt Brück. Carbonfasersteinkomposite könnten in Gebäuden 100 Jahre und weit darüber hinaus genutzt werden.

Die Lebensdauer von CfK in Flugzeugen oder ähnlichen Anwendungen ist natürlich kürzer, weil die Fahrzeuge irgendwann ausgemustert werden. Aber Carbonfasern lassen sich recyceln, wenn zum Beispiel ein Flugzeug nach 25 Jahren verschrottet wird. Etwa zwei- bis dreimal ist ein Recycling möglich. Danach ist Schluss, weil die Fasern beim Recycling brechen und schließlich zu kurz sind. Auch zur Lösung dieser Frage hat Brück bereits erste Ideen, denn: „Grüne Carbonfaserbauteile sind eine ungemein nachhaltige und klimafreundliche Alternative. Wann sollten wir sie auf die Straße bringen, wenn nicht jetzt.“

■ *Tim Schröder*

„Carbonfasersteinkomposite als alternatives Material zu Stahl und Zement könnten die Kohlenstoffemissionen dieser Industrie mehr als neutralisieren.“

Thomas Brück



Die Idee hinter Green Carbon:
CO₂ wird der Atmosphäre entzogen und permanent in Carbonfasern gespeichert. Grüne CfK können beispielsweise in Flugzeugen, Autos oder Windturbinen eingesetzt werden. Weiterverarbeitet zu Carbonfaserstein können sie eine klimafreundliche Alternative zu Stahl und Zement eröffnen.