

Zeitschrift: Hochparterre : Zeitschrift für Architektur und Design
Herausgeber: Hochparterre
Band: 29 (2016)
Heft: 3

Artikel: Die Faserfrage
Autor: Scharf, Armin
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-632860>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

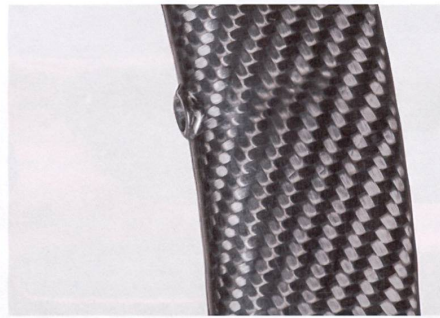
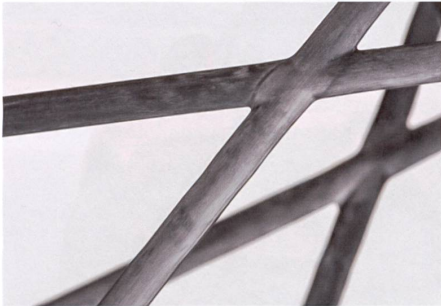
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Textile Struktur: Während die Fasern bei den Speichen gleichgerichtet sind, stärkt ein Gewebe die Felgen.

Für die Konstruktion bietet der kohlestofffaserverstärkte Kunststoff Vorteile gegenüber Metall.

Die Faserfrage

Karbonfaserverstärkter Kunststoff fasziniert. Ein Ingenieur- und Designteam konstruierte damit Laufräder, die den Vorteil des Materials auspielen.

Text:
Armin Scharf
Fotos:
Mike Flam

Das wünscht sich so manche Sportlerin für ihr Rennvelo: einen Laufradsatz, der gerade mal ein Kilogramm wiegt, aerodynamisch optimiert und für Scheibenbremsen ausgelegt ist. Ein Traum, aber einer, der realisierbar ist: Das vierköpfige Zürcher Ingenieur- und Designteam um Timothy Habermacher hat extrem leichtgewichtige Laufräder entwickelt, die auch noch gut aussehen und – natürlich – aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) bestehen. Nun sind Karbonfelgen nicht ganz neu, Profifahrer und status- oder leistungsbewusste Freizeitrenner freuen sich seit geraumer Zeit an den Leichtgewichten. Was also macht den Laufradsatz mit dem Namen «Oocycle» besonders? Es ist das Konzept: Das Rad wird nicht mehr aus den Einzelkomponenten Felge, Speichen und Nabe montiert, sondern kommt samt Flansch für die Bremsscheiben in einem Stück aus der Form. Funktionsintegration wie aus dem Lehrbuch. Die Karbonspeichen laufen durchgehend über die Nabe von einer Felgenflanke zur gegenüberliegenden, um jeweils an den Innenseiten der Felge anzudocken. Bohrungen, die die Struktur der Felge schwächen, sind nicht mehr notwendig.

Weil gewichtsoptimiert konstruiert, variiert die Wandstärke der Felge: Wo die mechanische Belastung gering ist, dünnt man aus. Um die stärker beanspruchten Speichenbereiche wird mehr Material verbaut. Aber auch dort misst die Wandung nicht mal einen Millimeter. Neben der Stärke variiert auch das Karbonmaterial selbst: «An manchen Stellen ist Gewebe die beste Wahl, an anderen unidirektionales Karbonmaterial», so Timothy Habermacher. Zwei Jahre hat sein Team am Laufrad gefeilt, zunächst als Studienarbeit im Rahmen des ETH-Projektes «Cieo», dann

als Produkt von Radiate Engineering & Design. So nennt sich das Büro, das Habermacher mit Kollegen gegründet hat – gleich nach seinem ETH-Maschinenbaustudium mit Spezialisierung auf Strukturmechanik. 2015 entstanden beim Hersteller HS Composite in Horw erste Laufräder. Das KMU produziert Karbonteile für die Luftfahrt, die Ölindustrie, aber auch Regattaruderboote für den Bootsbauer Stämpfli. Alles in Einzel- oder Kleinserien, mit viel Werkstoff-Know-how und Qualitätsanspruch.

HS Composites und Radiate arbeiten bei unterschiedlichen Projekten eng zusammen, da lag die gemeinsame Felgenentwicklung auf der Hand. Denn bei einem so komplexen Produkt ist es mit dem Engineering allein nicht getan, auch die Werkzeuge und die von manuellen Arbeiten geprägten Produktionsabläufe müssen passen – oft per «trial and error». Ausserdem verfügt der Hersteller über einen grossen Autoklaven, jene Anlage, in der die CFK-Teile unter Überdruck und erhöhten Temperaturen aushärten. 2015 sollte dann die Produktion starten, die Laufräder unter dem Label «Oocycle» vermarktet werden. So der ursprüngliche Plan. Aber Pläne sind zum Ändern da.

Intelligentes Design statt «black metal»

Karbon ist ein faszinierender Werkstoff – in Faserrichtung extrem zugfest, leicht, langlebig und zu sehr steifen Bauteilen formbar. BMW verwendet das Material für Elektrofahrzeuge, Airbus und Boeing bauen damit Teile der Passagierjets. Im Yachtbau, bei Segelflugzeugen, in der Raumfahrt und im Sportbereich ist kohlefaserverstärkter Kunststoff unverzichtbar. Bislang eher Nischenmaterial und entsprechend teuer dringt CFK langsam in den Massenmarkt. Vor allem die Autobauer sorgen für Volumen. Karbonfasern werden bisher in energieaufwendigen Verfahren aus erdölbasierten Ausgangsstoffen hergestellt, dann zu Filamenten, Geweben oder Matten verarbeitet. →



Fest, steif und leicht dank Karbon: Dieses Velorad kommt samt Flansch für die Bremsscheiben in einem Stück aus der Form.

→ Erst durch die Einbettung in eine Kunststoffmatrix wird Kohlefaser zu dem, was man landläufig als Karbon bezeichnet: ein Faserverbundmaterial. Die Matrix ist entweder ein Thermoplast oder – wie bei allen Hochleistungsteilen – zweikomponentiges Epoxidharz, das sich zu einem Duroplasten vernetzt und die Kohlefaser fest umschliesst. Diese Konstellation verleiht dem CFK seine faszinierenden Eigenschaften – birgt aber zugleich auch ein Problem: CFK ist derzeit nicht recycelbar. Zwar gibt es erste Verfahren, die auf Pyrolysebasis die Matrix einfach wegbrennen, aber zurück bleiben Fasergemische niedrigerer Qualität. «Bei den heutigen Mengen an CFK-Bauteilen ist das noch kein grosses Problem», sagt Steve Mérillat, Geschäftsführer des Verbands Carbon Composites Schweiz. «Doch die thermische Verwertung ist allenfalls kurzfristig sinnvoll, die ganze Energie, die in den Materialien steckt, wird dabei nur zum Bruchteil genutzt», so Mérillat. «Letztlich wird die Autoindustrie das Problem lösen müssen. Ziel ist das komplette Recycling.» Wie das gehen soll, ist noch offen.

«Das Ende des Lebenszyklus muss man immer vor Augen haben und in jedem spezifischen Fall die CFK-Verwendung hinterfragen», erklärt Timothy Habermacher. CFK sei dann sinnvoll, wenn schlankere und damit leichtere Konstruktionen realisierbar sind, die während des Gebrauchs mehr Ressourcen sparen, als zu ihrer Herstellung notwendig sind. Um das Potenzial von CFK voll auszunutzen, sind spezielle Konstruktions-, Berechnungs- und Optimierungsmethoden unerlässlich. Genau darauf hat sich Radiate spezialisiert.

«Bei vielen Ingenieuren ist das Material mit seinen Eigenheiten noch zu wenig bekannt und wird wie ein Metall eingesetzt», weiss Steve Mérillat. Experten wie er sprechen in solchen Fällen von der «Black-Metal-Bauweise». Wie es richtig geht, zeigt «Oocycle»: mit belastungsoptimierten Wandstärken, Gewebetypen und Legerichtungen sowie der integralen Bauweise, mit der verschiedene Funktionen verknüpft werden.

Hoher Arbeitskostenanteil

Als weitere Bremse für den CFK-Einsatz gelten die hohen Kosten. Nach wie vor erfolgt das Laminieren, also das Einlegen der Kohlenfasern in die Form sowie das Aufbringen von Harz, weitgehend in Handarbeit. Und die ist teuer, gerade in der Schweiz. «Die Stückkosten des Laufrads teilen sich in zwanzig Prozent Material- und achtzig Prozent Arbeitskosten», erklärt Habermacher. Daher fokussieren sich viele Entwicklungsprojekte auf die Automatisierung. Vor allem die Flugzeugindustrie samt Zulieferer entwickelt eifrig roboterisierte Faserlegeverfahren. Voraussetzung sind grosse Stückzahlen – bei Nischenprodukten wie dem auf Bestellung gefertigten Stämpfli-Ruderboot dürfte sich

vorerst nicht viel ändern. «Wir benötigen dringend Durchbrüche bei den Fertigungsprozessen und auch bei der Herstellung der Fasern. Der hohe Energieeinsatz verhindert, dass der sonst übliche Skaleneffekt zum Tragen kommt», resümiert Mérillat. Schlechte Karten für die Schweiz mit ihren hohen Lohnkosten also? «Nein, die Schweiz war noch nie uninteressant, die Branche wächst, vor allem in Nischenbereichen.» CFK-Spezialist Connova in Villmergen etwa produziert die innere Motorverkleidung des Porsche «918 Spyder», ein Bauteil, das Temperaturen bis 250 Grad Celsius widerstehen muss und dabei vierzig Prozent leichter ist als herkömmliche Teile. Und der Hersteller Biontec in St. Gallen baut Mountainbike-Bremshebel für die schwäbische Firma Magura. Sie setzt auf eine selbst entwickelte «Multi-Parallel-Technologie», bei der die Vorformlinge in einem automatisierten, stickereiähnlichen Prozess verschnittfrei entstehen. Biontec produziert so in der Schweiz kostengünstiger als chinesische Zulieferer, die in Handarbeit fertigen lassen.

Problemlos ist die Serienfertigung in der Schweiz indes nicht. Der Grenchner Fahrradhersteller BMC baute 2010 unter Andy Rihs mit viel Aufwand eine computergesteuerte Fertigung für den Karbonrahmen des Rennrads «Impec» auf siehe Hochparterre 1-2/11. Doch auf die nötige Auslastung kam die Anlage nie. Nun ist sie Teil des Impec Advanced R & D Lab und wird zur Prototypenfertigung und zu Forschungszwecken genutzt.

Partner statt Eigenregie

Auch Radiate hat mit «Oocycle» inzwischen einen anderen Weg eingeschlagen und das Patent an einen grossen Partner verkauft, mit dem die Firma das Laufradkonzept gemeinsam weiterentwickelt. Hergestellt wird es nicht mehr in der Schweiz. «Engineering, Produktion, Vermarktung und Vertrieb hätten unsere Ressourcen völlig absorbiert. Wir wollen aber Entwickler bleiben, denn Karbon ist einfach zu spannend», erklärt Habermacher. Das Material bietet enormes Potenzial, wenn das Thema richtig angepackt wird. Wie das geht, hat Radiate bereits gezeigt. ●

Das Material

Kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) sind Verbundwerkstoffe, die aus bis zu sechzig Prozent Kohlenstofffasern und aus Epoxidharz bestehen. CFK weisen eine hohe Festigkeit und Steifigkeit bei geringem Gewicht auf. Die Kohlenstofffasern werden durch einen thermochemischen Prozess aus Materialien wie Polyacrylnitril erzeugt. Die Einzelfasern können zu Fäden versponnen und auf Web-, Strick- oder Flechtmaschinen zu textilen Strukturen verarbeitet werden.

Quer zur Faser ist das Material weder besonders steif noch fest. Deshalb werden die einzelnen Faserlagen kreuzweise verlegt. Die Laminierung erfolgt maschinell oder von Hand. CFK-Bauteile sind nur beschränkt recycelbar: Die Fasern erfüllen nach der Aufbereitung nur noch mindere Anforderungen.

Die Hersteller

radiate.ch, oocycle.com, cleo.ch, hs-composite.ch, staempfli-boats.com, biontec.ch

