

# BLACK POWER

Edelwerkstoff Carbon – faszinierend und rätselhaft zugleich. Wie stark ist die schwarze Faser wirklich? MB beantwortet die brennendsten Fragen.

TEXT: Dipl.-Ing. (FH) Rainer Sebal FOTOS: Benjamin Hahn

**S**ieht edel aus, steht für Luxus und trumpft mit hervorragenden technischen Eigenschaften auf: Carbon. Oder, korrekt ausgedrückt: kohlenstofffaserverstärkte Verbundwerkstoffe. Egal ob Rahmen, Lenker, Felge oder Sattel, nahezu alle Bike-Parts gibt es mittlerweile im schwarzen Edel-Look zu kaufen. Ob das in allen Fällen sinnvoll ist, sei dahingestellt. Dennoch verzichtet kaum noch ein Hersteller auf Kohlefaser in seiner Produktpalette. Doch Vorsicht: Carbon ist anders. Die Fertigung erfolgt überwiegend in Handarbeit und verlangt enormes Know-how. Auch die Pflege des Materials kennt eigene Regeln. Und: Carbon reagiert unter Belastung anders als etwa Aluminium. Selbst beim Bruch verhält sich der Faser-Harz-Verbund anders als metallische Werkstoffe. Grund genug für MB, die Entwicklung eines speziellen Prüfverfahrens für Carbonrahmen anzuregen, das 2007 unter Federführung des Prüfinstituts EFBe in Zusammenarbeit mit renommierten Industriepartnern entwickelt wurde.

Doch nicht nur bei der Entwicklung und Herstellung von Carbonteilen tauchen Fragen auf. Auch viele Biker sind verunsichert. Was kann das Material wirklich? Worauf gilt es zu achten? Drängende Fragen, auf die MB in diesem Artikel Antworten gibt.

## 1. Warum setzen immer mehr Hersteller auf den Edelwerkstoff Carbon?

Der Verbund aus Kohlefaser und Harz eröffnet völlig neue Möglichkeiten im Fahrradbau. Carbon glänzt mit enormem Leichtbau-

potenzial. Hardtail-Rahmen wiegen mittlerweile weniger als 1000 Gramm! Und das, obwohl die Rahmen unglaubliche Steifigkeitswerte aufweisen – Carbonrahmen setzen die Maßstäbe in Sachen Steifigkeits-Gewichts-Index. Aber nicht nur in diesem Punkt spielt das Material seine Stärke aus. Durch die spezielle Ausrichtung der Fasern schafft es der Rahmenbauer etwa, einen Hinterbau seitlich steif und in vertikaler Richtung dennoch flexibel zu bauen. Das bedeutet willkommenerweise: minimaler Energieverlust beim Antritt und dennoch Komfort beim Sitzen.

Neben all den technischen Vorteilen von Carbon spielt auch der Zeitgeist eine wichtige Rolle. Das unverwechselbare Design und die Faszination, die der Werkstoff ausstrahlt, schlägt sich nicht zuletzt in den Verkaufszahlen nieder. Carbon ist in. Das wissen auch die Hersteller, setzen gezielt Kohlefasern ein. Manchmal sogar an Bauteilen, an denen es technisch keinerlei Vorteile bringt.

## 2. Weshalb sind die meisten Carbonrahmen eigentlich so teuer?

Die Ursache ist zum einen das teure Rohmaterial, zum anderen die aufwendige Fertigung. Carbonfasern bilden das Endprodukt eines komplexen Wärmeverfahrens, als Ausgangsstoff dient meist der Kunststoff Polyacrylnitril. Die Rahmenhersteller kaufen die fertigen Fasern in Form von Matten teuer ein. Für den Bau des Rahmens müssen die Konstrukteure für jede einzelne Rahmengröße ein so genanntes Layup entwerfen. Ein aufwendiger Bauplan, der

zeigt, wie die einzelnen Lamine übereinanderliegen. Der Rahmenbauer benötigt diese Details für die Fertigung, damit der Rahmen anschließend auch die gewünschten Eigenschaften aufweist. Er legt die Lamine per Hand Stück für Stück in eine Form, bevor der Rahmen schließlich in einem speziellen Ofen ausbäckt. Anschließend erfolgt die aufwendige Lackierung. Bis zu zwei Stunden Handarbeit erfordert ein Rahmen, bis der Lack schließlich an jeder Stelle glänzt. Die Fertigung eines Pendants aus Metall hingegen benötigt vergleichsweise wenige Arbeitsstunden. Deshalb kosten Carbonrahmen in der Regel deutlich mehr als Alu-Modelle.

## 3. Wo liegen die Schwierigkeiten in der Fertigung von Carbon-Teilen?

Die Probleme entstehen vorwiegend durch die Handarbeit. Menschen machen Fehler. So können eine falsche Anordnung der Lamine oder zu kurz abgeschnittene Fasermatten zu völlig anderen Eigenschaften des Endprodukts führen. Auch das Positionieren der Matten an den Rohrverbindungen macht häufig Schwierigkeiten. Schnell entstehen Falten an den Übergängen, die die Festigkeit und Haltbarkeit des Rahmens empfindlich schwächen. Eine lückenlose Fertigungsüberwachung ist deshalb unumgänglich. Aber auch bereits vor der Fertigung tauchen Probleme auf. Faserverbundwerkstoffe lassen sich nicht so einfach berechnen wie Konstruktionen aus Metall. Vor allem die komplexen Übergänge von einem Rohr auf das andere – dazu sind kaum realistische Berechnungen mittels einer Computersimulation möglich. Der Konstrukteur muss deshalb viel Know-how und Erfahrung mitbringen, sonst mutiert das fertige Carbon-Teil zum unkalkulierbaren Risiko.

## 4. Wie verhält sich Carbon im Vergleich zu Aluminium unter Belastung?

In der Regel besitzen Carbonrahmen eine höhere Steifigkeit als Alu-Rahmen. Durch äußere Kräfte verwindet sich der Rahmen deshalb weniger. Erreichen die Belastungen jedoch ein Maß, das weit über das Normale hinausgeht, kann ein Carbonrahmen völlig unvermittelt, ja teilweise sogar explosionsartig brechen. Dieser so genannte Sprödbruch kündigt sich häufig nur durch leichtes Knacken an, ein Geräusch, das der Fahrer während der Fahrt kaum wahrnimmt. Aluminium verformt sich in der Regel zäher: Dem Bruch geht meist eine plastische Verformung voraus, das Bruchverhalten wird als „gutmütiger“ bezeichnet. Unterschiede zwischen Alu und Carbon gibt es auch im Ermüdungsverhalten. Tests im Prüfinstitut EFBe zeigen, dass bei hoch angesetzten Dauerbelastungstests jeder zweite Alu-Rahmen bricht, während bei den Carbon-Varianten nur jeder siebte seinen Dienst quittiert. Fazit: Carbonrahmen überstehen in der Regel Dauerbelastungen besser, brechen aber spröder als Rahmen aus Aluminium.

## 5. Verlangen Rahmen aus Carbon eine andere Behandlung als Aluminium-Modelle?

Ja! Grundsätzlich sollte man mit Carbonrahmen einen bewussteren Umgang pflegen als mit Alu-Rahmen. Der Verbund aus Kohlefaser und Harz steckt zwar Dauerbelastungen locker weg, reagiert aber bei Druckbelastungen sehr empfindlich. Tipp: Sorgen Sie dafür, dass die Carbonteile nicht gegen harte Gegenstände prallen. Beschädigungen sind oft von außen gar nicht zu erkennen. Bei Alu-Teilen entsteht in solchen Fällen meist nur eine kleine Delle, die lediglich ein optisches Problem darstellt. Vorsicht auch beim Chainsuck. Eine Kette, die sich zwischen kleinem Zahnkranz und Kettenstrebe verklemmt, kann den

## Wie reagieren Carbonrahmen bei Überlast? Ein neues Prüfverfahren schafft endlich Gewissheit.



Manfred Otto, Geschäftsführer von EFB Prüftechnik.

Das Prüfinstitut EFB entwickelte in Zusammenarbeit mit MB und Rotwild zwei neue Überlasttests speziell für Carbonrahmen. Auslöser war ein Hardtail-Rahmen, der im Renneinsatz explosionsartig brach (siehe Bericht im Heft 10/07). Die neuen Tests simulieren Überlasten und decken mögliche Konstruktions- und Fertigungsfehler frühzeitig auf.

### MB: Wie reagierte die Industrie auf die neue EFB-Prüfnorm?

**Manfred Otto:** Durchweg positiv. Es gab bereits viele interessante Gespräche mit den Herstellern. Der Großteil findet die neuen Überlasttests für Carbonrahmen notwendig, um ein möglicherweise gefährliches Bruchverhalten aufzudecken.

### I Muss ab sofort jeder Rahmen die Überlasttests bestehen, um das Prüfzertifikat zu erlangen?

Ja. Seit 1. 1. 2008 verlangt die neue EFB-Norm, dass jeder Carbonrahmen die neuen Überlastkriterien erfüllt. Dabei spielt es keine Rolle, ob der Rahmen zum Standard-, High- oder Top-Performance-Test antritt.

### I Wie schnitten die bereits getesteten Rahmen bei den Überlasttests ab?

In den letzten zweieinhalb Monaten haben wir bereits an die zwanzig Carbonrahmen getestet. Der Großteil des Testfeldes bestand die neuen Überlastprüfungen mit Bravour. Einige Modelle hielten jedoch den geforderten Mindestlasten nicht stand. Das waren durchgehend Rahmen mit sehr geringem Gewicht und enormer Steifigkeit.

Rahmen stark beschädigen.

Spezielle, zähe Kunststoffstreifen, die bei einigen Herstellern an der gefährdeten Stelle kleben, schützen aber sehr zuverlässig. Vorsicht auch beim Transportieren. Wenn Sie das Bike am Autodach fixieren, sollte dabei die Vorrichtung nicht den Rahmen klemmen. Oft besitzen die Rohre konstruktionsbedingt sehr dünne Wandstärken und brechen schnell durch zu hohe Klemmkraft. Auch bei Arbeiten am Montageständer heißt es: Vorsicht! Das Bike am besten nur an der Sattelstütze fixieren. Besteht diese ebenfalls aus Carbon, einfach ein schützendes Tuch herumwickeln und mit möglichst wenig Kraft klemmen. Oder noch besser: eine alte Alu-Stütze verwenden. Gehen Sie vorsichtiger mit Carbon-Teilen um! Rahmen und Parts danken es mit Langlebigkeit.

## 6. Wie lässt sich erkennen, ob ein Carbonrahmen durch einem Sturz beschädigt wurde?

Ein sehr heikles Thema, das in der Vergangenheit immer wieder zu Diskussionen führte. Grundsätzlich sollte der Fahrer nach jedem Sturz seinen Rahmen auf Beschädigungen, wie Risse, Knicke oder Löcher, untersuchen. Leider brechen Carbonfasern aber häufig zuerst an der Rohrrinnenwand. Solche Beschädigungen lassen sich von außen nicht erkennen! Nach schweren Stürzen sollten Sie deshalb den Rahmen einschicken. Der Hersteller kann oft feststellen, ob noch alle Sicherheitskriterien erfüllt werden. Ist das nicht mit Sicherheit möglich, empfehlen viele Hersteller, den Rahmen zu tauschen. Einige namhafte Hersteller, wie etwa Trek, bieten ein so genanntes Crash-Replacement an. Sie erhalten einen neuen Carbonrahmen für den Bruchteil des ursprünglichen Kaufpreises. Eine weitere Option bietet das Prüfinstitut Velotech an. Die Schweinfurter setzen das Spezialverfahren Impuls-Thermografie ein, um Carbonrahmen auf Beschädigungen zu kontrollieren. Mehrere Wärmebildkameras scannen dabei den kompletten Rahmen und decken Einschlüsse, Delaminationen und Wanddickenunterschiede zuverlässig auf.

## 7. Kann man einen beschädigten Carbonrahmen auch selbst reparieren?

Rein theoretisch wäre es möglich, kleinere oberflächliche Schäden mit Fasern und Epoxidharz zu reparieren. Das funktioniert aber nur an Stellen am Rahmen, an denen keine hohen Belastungen wirken. Diese unkritischen Stellen von den kritischen zu unterscheiden ist für Laien praktisch unmöglich. Deshalb: Finger weg und den beschädigten Rahmen lieber einschicken.

## 8. Geben Hersteller für ihre Carbonrahmen Gewichtsbeschränkungen an?

Die meisten Anbieter setzen eine Gewichtsobergrenze. Scott etwa begrenzt seine Rahmen auf ein Fahrergewicht von 110 Kilo und auf ein Systemgewicht, inklusive Fahrer, Bike und Gepäck, von 125 Kilo. Meistens gelten solche Begrenzungen aber nicht nur für die Carbon-, sondern auch für die Alu-Rahmen im Sortiment. Schwergewichte sollten deshalb beim Kauf, unabhängig vom Material, immer auf eventuelle Gewichtsbeschränkungen achten.

## 9. Muss man Carbonrahmen nach mehrjährigem Einsatz tauschen?

Rahmen aus Kohlefaser überstehen bei richtiger Konstruktion und Fertigung Ermüdungsprüfungen wesentlich länger als ihre Konkurrenten aus Aluminium. Eine frühzeitige Schädigung aufgrund von Dauerbelastungen tritt deshalb bei Carbon in der Regel nicht

auf. Ein großer Nachteil von Kunststoffen ist allerdings die hohe Empfindlichkeit gegenüber UV-Strahlen. Die einwirkende Sonne schädigt auf Dauer das bei Carbonrahmen verarbeitete Epoxidharz. Aber keine Angst: Um das Material so zu schädigen, dass der Rahmen ein Sicherheitsrisiko darstellt, müsste er monatelang an exponierter Stelle direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt sein. Die beruhigende Nachricht lautet deshalb: Die Lebenserwartung von Carbonrahmen liegt in der Regel nicht unter der von Aluminium-Modellen.

## 10. Was sollten Biker beim Klemmen von Carbon-Parts beachten?

Carbonrohre reagieren sehr empfindlich auf Klemmkraft. Häufig weisen die handgefertigten Teile keinen wirklich runden Querschnitt auf, was bei der Klemmung zu unerwünschten Spannungen und schlimmstenfalls zum Bruch führt. Ein großes Gefahrenpotenzial bergen vor allem Lenker, Vorbau und Sattelstützen aus Kohlefasern. Tipp: Verwenden Sie zum Anziehen der Schrauben immer einen Drehmomentschlüssel! Dieser begrenzt nach richtiger Einstellung das maximale Anzugsmoment und schützt somit die Teile vor zu hohen Klemmkraft. Das maximal erlaubte Anzugsmoment steht meist direkt am gefährdeten Bauteil. Eine spezielle Montagepaste für Carbon-Parts, etwa von Dynamic, entlastet die Bauteile zusätzlich: Die Paste erhöht die Reibung zwischen den Teilen und sorgt somit bereits bei geringem Anzugsmoment für genügend Halt.

## 11. Was sollten Biker bei der Pflege von Carbon-Parts beachten?

An Kontaktstellen zwischen Carbon und Aluminium, wie Zuganschlüsse am Oberrohr oder Gewindehülsen im Tretlager, kommt es schnell zur Korrosion. Es gilt also, den Rahmen deshalb häufig mit Wasser zu reinigen, damit sich etwa aggressive Salze nicht festsetzen können. Anschließend sollten die Carbonoberflächen mit Wachsspray versiegelt werden. Gewindehülsen im Rahmen am besten einmal jährlich reinigen und neu fetten. Niemals fetten sollten Sie Sattelstützen aus Carbon. Das verringert den Reibwert zwischen Sitzrohr und Stütze und erfordert dann eine höhere, eventuell sogar schädliche Klemmkraft durch den Schnellspanner. Stattdessen gibt es, wie bereits oben erwähnt, spezielle Montagepasten für Carbon-Teile, die den Reibwert erhöhen und die erforderliche Klemmkraft senken. Die Pasten funktionieren auch an Lenker und Vorbau. Auch scheuernde Bowdenzüge beschädigen den Rahmen auf Dauer. Platzieren Sie deshalb spezielle Klebefolien an den gefährdeten Berührungspunkten.

## 12. Wie sägt man einen Carbon-Lenker oder eine -Sattelstütze richtig ab?

Kürzen Sie den Lenker nur so weit, wie es der Hersteller erlaubt. Sonst klemmen Bremshebeln und Shifter anschließend an Stellen am Lenker, die nicht dafür ausgelegt sind. Beim Ablängen der Sattelstütze sollten Sie darauf achten, dass diese beim späteren Gebrauch noch weit genug im Sitzrohr steckt. Eine Markierung kennzeichnet die erforderliche Mindesteinstecktiefe. Für problemfreies Sägen wickeln Sie an der geplanten Trennstelle einen Streifen Klebeband um das Rohr. Das verhindert ein Aufspleißen der Carbonfasern. Fixieren Sie das Carbonrohr möglichst an der Abfallseite, am besten in V-förmigen Rohrspannbacken. Nach dem Absägen das Klebeband entfernen und die Schnittkante ganz vorsichtig mit feinem Schmirgelpapier entgraten. Ein paar Tröpfchen Sekundenkleber schützen die Carbonfasern gegen Aufspleißen.