

Die Rohlinge der Tune-Kurbeln entstehen auf Strickmaschinen, wo sonst Stoffe für die Haute Couture produziert werden.

Schwarzes Gold oder kalter Kaffee?

Die Herstellung von Carbon-Bauteilen ist extrem aufwändig: Mancher Rahmen wird aus rund 400 Teilen zusammengesetzt. Doch die Verarbeitungstechniken schreiten voran. Das ergibt neue Perspektiven für den Fahrradbau.

Text: Dipl.-Ing. Stephan Ottmar

V

Vermutlich hat Tom Ritchey damals in seiner legendären Garage die ersten Alu-Prototypen-Rahmen schneller von Hand zusammengebruzzelt als es heute dauert, einen Serienrahmen aus Carbon zu bauen. Glauben Sie nicht? Ist aber so. Die Herstellung eines vollgefederten Mountainbike-Carbon-Rahmens dauert heute rund 40 Stunden. Umgerechnet auf eine Person bedeutet diese Zahl: Ein Fabrikarbeiter schafft im Monat vier Rahmen, ganze 48 Stück im Jahr – ohne Urlaub und Krankheitstage. So vereinfacht wird schnell klar, warum Länder wie China, Indonesien und Vietnam die Hauptlieferanten für Produkte aus der Hightech-Faser sind. Nur mit Armen von Arbeitern, die für niedrige Löhne arbeiten, scheint der gewaltige Zeitaufwand

überhaupt wirtschaftlich darstellbar. Das liegt vor allem daran, dass die Geometrie- und Festigkeitsanforderungen an Bikes so komplex sind. Ein einfaches Rohr lässt sich auch automatisiert aus Carbon fertigen, doch auf den Rahmen eines Mountainbike-Fullys wirken überall unterschiedliche Kräfte, das Material muss nach festgelegten Regeln verteilt werden – je nachdem, wie hoch die Stelle beansprucht wird.

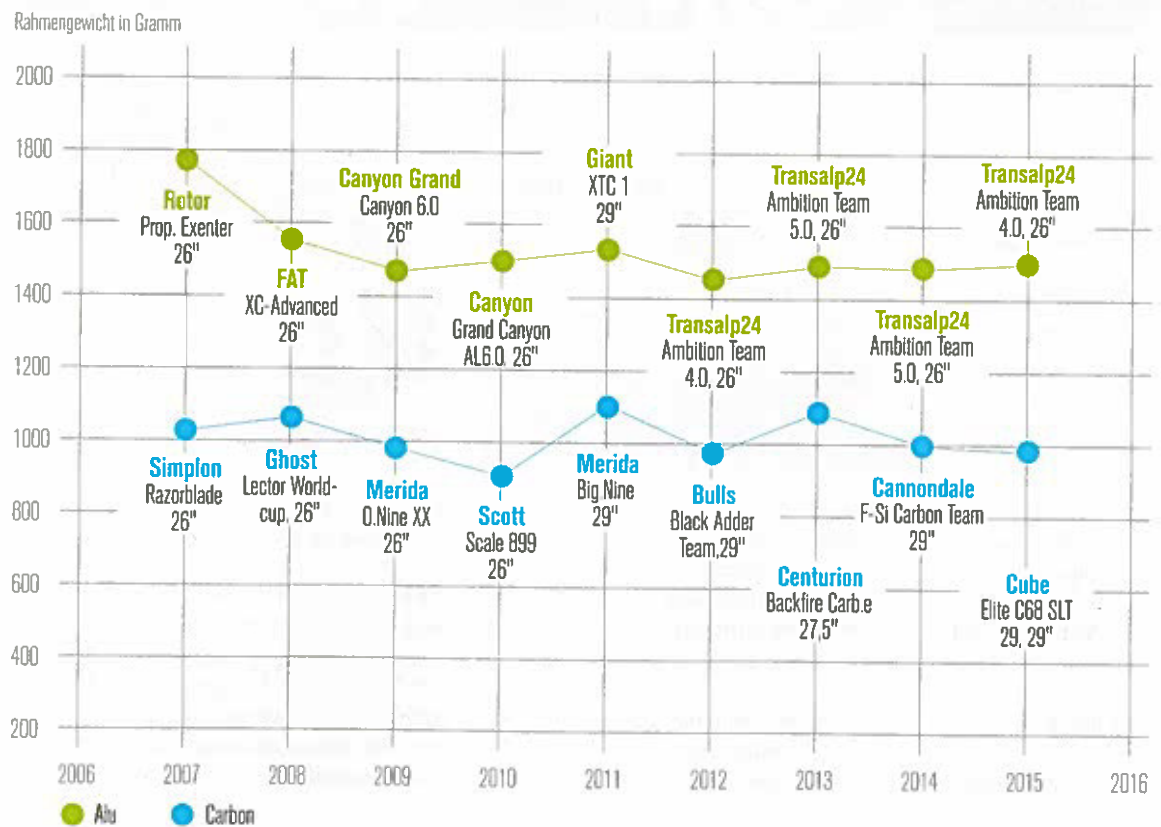
Ein weiterer Faktor treibt den Preis zusätzlich in die Höhe: Für die Produktion von Carbon-Fasern ist extrem viel Energie in Form von Hitze nötig: Bei 1500 Grad Celsius werden die Fasern in mehreren Stufen aufwändig gefertigt. Die Herstellung kostet jede Menge Strom und treibt den Preis zusätzlich hoch. In einer zweiten Verarbeitungsstufe entstehen aus den Fasern Matten, sogenannte Prepregs, bis heute das Ausgangsmaterial für den Fahrradbau. Doch Werkstoffalternativen zu Carbon gibt es keine, wenn es um maximalen Leichtbau und höchste Stabilität geht. Titan ist selten, teuer und ebenfalls nicht einfach zu verarbeiten. Stahl ist viel zu schwer. Alu eignet sich schon besser, ist gut zu verarbeiten, aber im direkten Vergleich chancenlos bei Steifigkeitswerten und Gewicht. Um herauszufinden, wie groß die

Unterschiede sind, haben wir diese in einer Grafik sichtbar gemacht und dafür unsere BIKE-Testfelder der letzten neun Jahre durchforstet. Die leichtesten Rahmen unserer Tests stellten wir auf dem Zeitstrahl gegenüber. So wird Stillstand sichtbar: Eigentlich ist in den vergangenen neun Jahren gewichtsmäßig nicht viel passiert – weder bei Alu, noch bei Carbon. Allerdings blendet man bei dieser Betrachtung aus, dass die neuen Leichtbauahmen für 29-Zoll-Räder ausgelegt sind, ohne, dass dafür das Gewicht nennenswert gestiegen wäre.

Deutlicher Ausreißer nach unten ist das Scott Scale, das wir im Jahr 2010 mit einem Rahmengewicht von 860 Gramm bei 26 Zoll in unsere Bücher schrieben. Das aktuelle Cube Elite in 29 Zoll liegt mit 989 Gramm immer noch 13 Prozent darüber. Zieht man den Vergleich zu Alu, lässt sich vereinfacht sagen: Carbon macht einen Hardtail-Rahmen um rund 500 Gramm leichter. Ähnliches gilt fürs Fully. Das leichteste Modell unserer Tests war beide Male ein Cannondale Scalpel in 26 Zoll. 2007 zeigte die Waage bei der Alu-Version 1804 Gramm und vier Jahre später 1372 Gramm für die Carbon-Variante der Team-Version. Natürlich haben die Rahmen und Komponentenbauer in den vergangenen

AUF KUNSTSTOFF-DIÄT: ALU IST CHANCENLOS GEGEN CARBON

Ein Blick in die Testprotokolle der letzten Jahre beweist: Die Kluft zwischen Alu und Carbon am Rahmen ist groß. Hier stehen die leichtesten Modelle aus neun Jahren Bike-Tests im direkten Vergleich.



REKORD IN 2010

Den Gewichtsrekord der getesteten Bikes hält Scott mit dem Scale. 860 Gramm bei 44 cm Rahmenhöhe – alle Achtung. Warum kam in fünf Jahren nichts mehr nach? Ganz einfach: Die Ultraleicht-Bikes rollen ab 2011 auf 29-Zoll-Rädern, das erfordert größere Rahmen. Doch die Gewichtsspirale dreht sich weiter. Es scheint nur eine Frage der Zeit, wann das erste 29er den 26-Zoll-Rekord von 2010 einstellt. Mit Alu lassen sich die Werte der Kohle-faser-Bikes definitiv nicht erreichen. Rund 500 Gramm mehr schleppt derjenige mit, der Metall bevorzugt. Bei den Fullys liegt der Wert sogar bei etwa 600 Gramm.

PUZZLE FÜR FORTGESCHRITTENE

Darum sind Carbon-Bikes so teuer: Aus 400 Teilen wird ein Rahmen zusammengesetzt. Dazu kommen teures Rohmaterial und aufwändige Nacharbeiten.



Grundmaterial sind sogenannte Prepregs – weiche, klebrige Matten, in denen die Carbon-Fasern (gehalten durch Harz als Klebstoff) parallel nebeneinanderliegen. Je nach Stärke der Matte liegen mehrere Schichten von Fasern übereinander, immer verbunden durch das Harz. Damit die Matten transportiert und verarbeitet werden können, liegt auf beiden Seiten eine Schutzfolie. Ein weiterer Punkt, der die Prozedur erschwert: Nur tiefgekühlt sind die Prepreg-Matten haltbar, aber zu hart, um sie zu verarbeiten. In der Wärme wird das Material zunächst weich und lässt sich gut verarbeiten, vergeht zu viel Zeit, beginnt es auszuhärten.

1. ZUSCHNITT MIT DEM LASER: Ausgangsmaterial für einen Bike-Rahmen sind mit Harz getränkte flexible Fasermatten. Mit einem Laser-Schneider werden die Matten in Stücke zerschnitten. Wichtig: Für jeden Schnipsel müssen die Fasern in die richtige Richtung zeigen, damit später die Festigkeit stimmt. Damit möglichst wenig Material verloren geht, werden die Stücke mit Hilfe von Computern positioniert und anschließend sortiert, damit jeder Abschnitt an der richtigen Stelle im Bauteil landet.

2. TEILE SORTIEREN: Jeder Schnipsel wird von Hand an seine Position geklebt. Wie bei doppelseitigem Klebeband zieht der Arbeiter zunächst die Schutzfolie ab, dann befestigt er den klebrigen Abschnitt an der korrekten Stelle der Rahmenform. Position und Faserrichtung müssen stimmen.

3. POSITIVFORM: Aufblasbare Rahmenvorformlinge aus Silikon werden mit den Schnipseln beklebt. Alternativ gibt es auch Verfahren, bei denen die Matten direkt in die Negativform gelegt werden. Aus rund 400 Teilen entsteht ein Fully-Rahmen inklusive Hinterbau. Würden sämtliche Handgriffe von einem einzigen Arbeiter ausgeführt, wäre er damit eine Woche beschäftigt.

4. AB IN DEN OFEN: Zum Schluss kommt der Vorformling mitsamt der Fasermatten in den Ofen. Damit die Fasern optimal positioniert sind und eine glatte Oberfläche entsteht, wird während dem Backen der Rahmenvorformling aufgeblasen. Durch den Druck werden die Fasern in die Negativform aus Stahl gepresst. Innerhalb kurzer Zeit härtet das Harz zwischen den Fasern aus und gibt dem Material die Stabilität. Anschließend wird der Rahmen nachbearbeitet und geht in die Lackiererei.

20 Jahren viel dazugelernt, die Bauteile sind vor allem sicherer geworden und die Produktion effizienter. Das Grundproblem aber bleibt: Fast alle Bauteile werden von Hand aus sogenannten Prepreg-Matten gelegt. Dieser Vorgang gleicht einem sehr komplizierten Puzzle. Nur, wenn alle Teile an der korrekten Stelle liegen, ist das Bauteil perfekt und die Stabilität optimal. Handarbeit ist jedoch immer eine Quelle für Fehler:

Wird ein Teil falsch oder an der falschen Stelle eingelegt, nicht richtig befestigt oder zu lange bei der falschen Temperatur gelagert, besteht die Gefahr, dass das Bauteil nicht hält. Vor allem Luftschlüsse können zum Problem werden, wenn nicht sauber gearbeitet wird.

Hier liegt ein weiterer Kostentreiber verborgen: Um Fehler aufzudecken, wird jedes einzelne Bauteil separat sehr genau ge-

wogen, noch bevor der Rahmen gebacken wird. Zeigt sich eine Abweichung, wandert das Bauteil zum Ausschuss. Daher arbeiten die Hersteller bereits während der Entwicklung mit Sicherheitsfaktoren, die Raum für Abweichungen geben. Sind alle Faktoren erfüllt, muss der Rahmen mit viel Aufwand nachbearbeitet werden, damit die Oberfläche auch kritischen Ansprüchen der Endverbraucher genügt.

Anhand dieser Fakten wird verständlich, warum Carbon-Bikes noch immer so teuer sind. Aber die Innovationskraft der Fahrrad-Branche war schon immer stark. Und weil zusätzlich das Lohn-Niveau an den Produktionsstätten in Fernost immer höher steigt, arbeiten einige innovative Firmen mit Hochdruck an Lösungen, wie sich Carbon-Bauteile ohne viel Handarbeit – also automatisiert – produzieren lassen. Ein kompletter Serienrahmen lief jedoch noch nirgends vom Band, doch bei einigen jungen Unternehmen purzeln bereits Bike-Komponenten in Serie aus neu entwickelten Carbon-Fertigungsanlagen. Zu ihnen zählen die Firmen Biontec aus Sankt Gallen in der Schweiz und Munich Composites aus München. Aber was genau läuft hier anders?

Der erste große Unterschied: Es wird direkt von der Faser produziert. Carbon-Fasern sehen aus wie extrem dünne, schwarze Haare, und sie fühlen sich auch ähnlich an. Von großen Spulen laufen die Carbon-Fasern in Bündeln direkt in den Herstellprozess. Bei Munich Composites gleiten die Fäden von zahlreichen Spulen parallel in eine riesige, kreisrunde Flechtmaschine. Im Zentrum dieser Maschine befindet sich ein Kern,

der von einem Roboterarm gehalten und geführt wird. Auf diesem Kern werden die Fasern in definierten Mustern aufgebracht. Später wird der Kern wieder entfernt. Während die Flechtmaschine ein gleichmäßiges Netz spinn, hält der Roboterarm den Kern so, dass die Fasern an der richtigen Position landen. Dafür ist keinerlei Handarbeit nötig, Flechtmaschine und Roboter sind perfekt aufeinander abgestimmt. Das textile Fasergeflecht besitzt noch keine Stabilität, die bekommt es erst durch das Harz, das die Fasern miteinander verklebt und dadurch stützt. Dazu werden die Bauteile in eine Form aus Metall gelegt, und das flüssige Harz wird unter hohem Druck bei hoher Temperatur eingespritzt. Zusätzlich wird der Kern, den zuvor der Roboter gehalten hat, mit hohem Druck aufgepumpt und die Fasern von innen an die Form gepresst. Wenn sich die Form öffnet, ist das Bauteil so gut wie fertig. Die Entwicklung solcher Fertigungsprozesse birgt auch hohe Risiken. Mit großem technischen und finanziellem Aufwand baute die Schweizer Bike-Schmiede BMC eine eigene Fertigungsstraße in ihrem Impec Lab in Grenchen. Auf ähnlicher Basis wie bei Munich Composites sollten geflochtene Rah-

FALTEN LASSEN DEN RAHMEN BRECHEN.

PETER DENK, VORDENKER BEI CARBON, ENTWICKLER BEI SPECIALIZED



Wann wurde Dir klar, dass Carbon der richtige Werkstoff für Highend-Fahrräder ist?

Ich war mir immer sicher, dass wir aus Carbon hervorragende Rahmen bauen können. Aber der Weg, bis

es geklappt hat, war steinig. Nach einer kurzen Goldgräberstimmung haben viele Firmen Ende der 1990er-Jahre ihre Ambitionen wieder auf Eis gelegt. Die Entwicklung war extrem teuer und die Rahmen leider schlechter als Alu-Rahmen. 1999 entwickelten wir dann das Scott Strike (Anm. der Red: Denk arbeitete früher für Scott). Der Rahmen war für damalige Verhältnisse fast unglaublich leicht, steif und stabil.

Wo lagen die Probleme?

Grade Rohre ließen sich auch damals schon problemlos fertigen. Die Schwierigkeit lag in den Verbindungspunkten. Hier schlichen sich bei der Verarbeitung ständig Falten in die Carbon-Struktur, und die Rahmen brachen. Das Geheimnis war, Fertigungsverfahren und Design aufeinander abzustimmen und Falten zu vermeiden. Wir haben dafür mehrere, neue Produktionsverfahren entwickeln müssen. Trotzdem ist der Aufwand für ein neues Top-Produkt immens: Bei Specialized bauen, testen und zerstören wir rund 250 Prototypenrahmen, bis das neue Modell zum Kunden darf.

Werden Carbon-Bikes eines Tages günstiger und auch für tiefere Preisklassen erschwinglich?

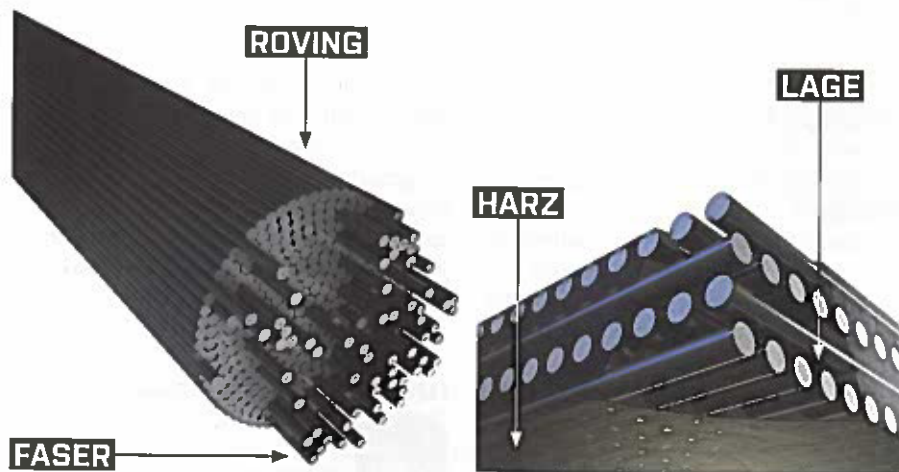
In der nahen Zukunft sicher nicht. Die Herstellung braucht teures Rohmaterial, sehr viel Handarbeit und eine aufwändige Produktionsüberwachung. Erst, wenn Roboter die Handarbeit übernehmen, kann da noch mal was passieren. Für einfache Bauteile laufen dazu ja bereits die ersten Anlagen. Rahmen sind komplex – das dauert noch.

Haben Alu-Rahmen noch eine Chance?

Im Highend-Segment ist Aluminium absolut chancenlos. Wenn es um maximale Performance geht, muss es Carbon sein. Sobald allerdings wirtschaftliche Aspekte eine Rolle spielen, eignet sich Alu bestens. Im mittleren und unteren Preissegment der perfekte Werkstoff. Mit cleveren Detaillösungen lässt sich auch hier das Potenzial sicher noch weiter ausreizen.

SO FUNKTIONIERT CARBON

Der Blick unter die Lackschicht zeigt: Die Eigenschaften von Carbon sind – anders als bei Metallen – richtungsabhängig. In Richtung der Faser kann der Kunststoff extreme Kräfte übertragen.



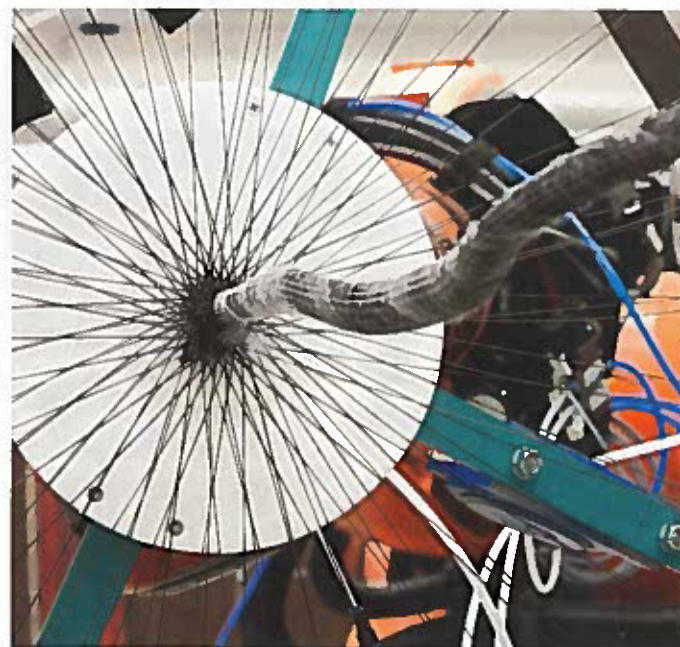
DIE FASER: Einzelne Fasern sind mit dem bloßen Auge kaum zu erkennen. Die Verarbeitung erfolgt in Rovings (Bündel). In der Bike-Fertigung bilden 1000–6000 Fasern ein Roving. Carbon besitzt eine enorme Stärke – allerdings nur unter bestimmten Bedingungen: Bei Metall ist die Festigkeit in allen Richtungen fast gleich. Bei einem Bauteil aus Carbon hängt es davon ab, wie die Fasern im Inneren angeordnet sind. Muss Carbon in allen Richtungen gleich stark sein, sinkt die Festigkeit schnell unter die Werte von Aluminium. Bei optimaler Bauteilkonstruktion übertrifft Carbon die Werte von Aluminium aber um das Zehnfache.

DAS HARZ: Das Harz stützt die Fasern und hält sie in Position. Für die Festigkeit spielt es eine im Prinzip untergeordnete Rolle, bei Fehlern in der Harzschicht kommt es jedoch zum Kollaps der Fasern.

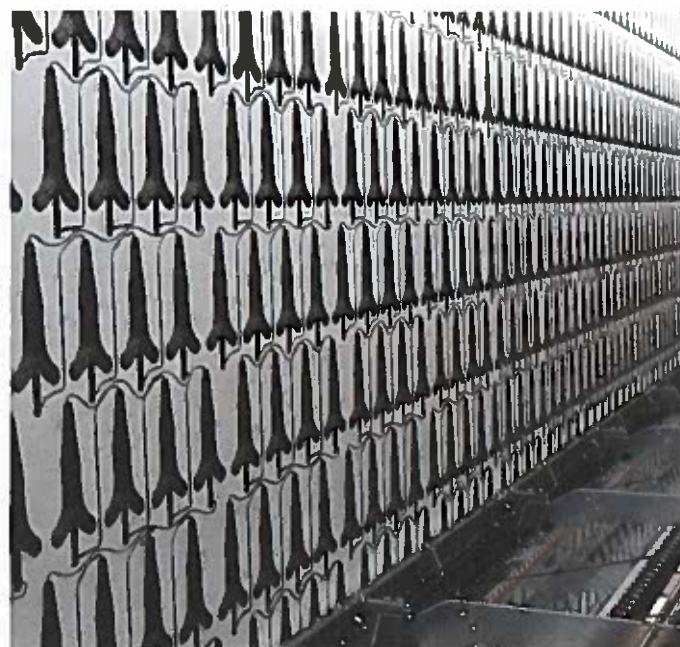
DIE LAGEN: Bauteile sind immer aus mehreren Lagen aufgebaut. Wirken Kräfte in verschiedenen Richtungen, müssen mehrere Fasermatten in exakten Winkeln übereinandergelagert werden. Sehr aufwändig sind Knotenpunkte am Rahmen wie Tretlager und Steuerrohr.

DIE ZUKUNFT WIRD HIGHTECH

Handarbeit bietet Raum für Fehler. Daher arbeiten einige Unternehmen an automatischen Fertigungsverfahren. Das macht die Bauteile zuverlässiger und damit leichter oder stabiler – vielleicht auch günstiger.



FLECHTEN: Wer einen näheren Blick auf die Produktionsanlage bei Munich Composites werfen darf, dem schwimmt das Bild vor Augen: Beim Flechten sausen zahlreiche Spindeln mit Carbon-Fäden im Kreis, umrunden und umtanzen sich in scheinbar wirren Mustern. Erst mit etwas Abstand ordnet sich das Bild, und es wird klar: Hier ist eine hochpräzise Hightech-Maschine am Werk. Einzelne Carbon-Rovings (Faserbündel) werden auf einen Kern aus Kunststoff geflochten. Dadurch entsteht ein gleichmäßiges Muster, das optimal auf die Belastungen im Bauteil ausgelegt wird. Nach dem Flechten kommt das Bauteil in eine Negativform. Die Form wird fest verschlossen und das Harz eingespritzt, welches die Fasern in Position hält. Dieses Verfahren nennt sich Resin-Transfer-Molding (RTM). Hier entsteht ein SQLab-Lenker.



STICKEN: Auf meterlangen Stickmaschinen, tief verankert im Schweizer Fels, rattern in einer Tour die Nadeln. Mit Handarbeit hat das allerdings nichts zu tun. Wie Schweizer Uhrwerke fixiert die rechnergesteuerte Anlage Carbon-Faserbündel auf einem Trägerstoff. Der Clou: Die Fasern können genau so verlegt werden, wie es für das Bauteil optimal ist. Ist etwa an einer Stelle eine Bohrung vorgesehen, legt man die Fasern im Kreis, damit beim Bohren möglichst wenig Carbon-Fasern verletzt werden. Mit Bremshebeln für Magura ging es los bei Biontec: heute zählen bereits mehrere Bike-Hersteller zu den Kunden. Später wird der Trägerstoff entfernt und die Faserrohlinge im RTM-Verfahren mit Harz getränkt und ausgehärtet. So entsteht eine gute Oberfläche, die Genauigkeit der Fertigung ist extrem hoch.

men vom Band laufen – heute steht die millionenschwere Anlage still, wann und ob sie wieder anläuft, sei unklar, hieß es bei BMC. Interessant ist, dass sich aktuell ausgerechnet die Textilindustrie als Beschleuniger für die Carbon-Entwicklung erweist. Weil sich Faserbündel aus Carbon ähnlich verhalten wie textile Garne, kommen Maschinen zum Einsatz, mit denen sonst Stoffe produziert

werden. Inzwischen laufen Versuche mit allen Formen der textilen Herstellungsmöglichkeiten. Bei der Firma Biontec hat man den Stickprozess so angepasst, dass auf den gewaltigen CNC-gesteuerten Maschinen parallel die Rohlinge für mehrere Bauteile abgelegt werden. Auf einem Trägerstoff werden die Carbon-Fasern genau so abgelegt, dass es für die Bauteilfestigkeit optimal ist.

Genau wie bei Munich Composites wandern die Rohlinge anschließend in Formen und werden mit dem Harz durchtränkt und ausgehärtet. Auf den ersten Blick ist dieser Prozess zwar nur zweidimensional. Durch geschicktes Legen der Rohlinge gelingen jedoch auch komplexe 3D-Bauteile. So entstanden schon Bremshebel, Kurbeln, Sattelgestelle und Gabelkronen.

SÜNDTEUER UND ULTRALEICHT

Diese Komponenten sind die Spitze des Eisbergs und zeigen, was möglich ist. Aber Achtung: viel Geld mitbringen und immer das Kleingedruckte lesen.

BAUTEIL	HERSTELLER	MODELL	PREIS	GEWICHT*
KURBEL	Tune	Black Foot	729 Euro	ab 360 g ²
LENKER	Schmolke	TLO	229 Euro	Ab 60 Gramm ³
SATTELSTÜTZE	Schmolke	TLO	460 Euro	91 Gramm ⁴
LAUFRADSATZ	Bike-Ahead-Composites	Biturbo RS	3299 Euro	1100 Gramm

*Herstellergabe. ²Kurbel ohne Lager und Kettenblätter. ³Die 60 Gramm für das Lenker beziehen sich auf einen 460 mm breiten Stammelbowler. ⁴350 mm lang bei 31,6 mm Durchmesser

7 ANTWORTEN ZUM WERKSTOFF

Der Siegeszug von Alu begann in den 60ern. Dagegen ist Carbon jung, und es gibt viele Fragen – speziell bei Bikes:

- 1 Wie wird die Qualität von Bauteilen sichergestellt?**
Weil Carbon-Bauteile sehr viel Handarbeit erfordern, gibt es oft Schwankungen bei der Herstellung. Die Hersteller messen die Qualität über das Gewicht. Jedes Rohteil wird einzeln geprüft. Liegt das Bauteil im korrekten Bereich, ist das die halbe Miete. Zusätzlicher Indikator ist die Steifigkeit. Im Röntgenapparat lassen sich Schäden wie Risse oder Bläschen im Material erkennen – das ist jedoch aufwändig und sehr teuer.
- 2 Handling und Transport**
Das Klemmen der Rohre ist ein Problem, egal ob im Reparaturständer in der Werkstatt oder auf dem Autoträger. Speziell Systeme, die einen hohen Druck auf das Rohr bringen, sind unbedingt zu meiden. Ein einfacher und günstiger Weg ist die Fixierung an der Sattelstütze: statt der Ultraleicht-Stütze einfach eine alte Alu-Stütze verwenden.
- 3 Reparatur: Was ist möglich?**
Grundsätzlich gilt: Anbauteile wie Lenker und Sattelstützen sollen nicht repariert werden – also tauschen. Für Brüche an Rahmen gibt es inzwischen einige kompetente Instandsetzer. Ist das Rohr auf freier Strecke gebrochen, sind die Erfolgsaussichten hoch. **WEBCODE # 13975**
Für den Notfalleinsatz unterwegs gibt es das praktische und günstige Reparatur-Set von www.youfix.de. Damit lassen sich Brüche notdürftig schienen.
- 4 Was kostet Carbon?**
Ein Kilo Fasern in einer Qualität, die im Bike-Rahmenbau verwendet wird, kostet ab 25 Euro. Nach oben ist die Skala offen. Fasern für Highend-Rahmen kosten auch mal 100 Euro das Kilo, aber es gibt auch noch wesentlich teurere Fasern. Das Harz fällt nicht ins Gewicht.
- 5 Wie hoch ist die Lebenserwartung eines Carbon-Bikes?**
Bei entsprechender Pflege ist die Lebensdauer hoch. Lediglich bei unlackierten Modellen wirkt sich dauerhafte Sonneneinstrahlung negativ auf die Festigkeit aus. Bei Mountainbikes sind es eher Stürze, welche die Lebensdauer mindern. Hier liegt auch der Kern des Problems, warum viele den Kauf von Carbon-Bauteilen ablehnen: Ein Schaden im Material ist von außen nicht unbedingt erkennbar.
- 6 Lässt sich Carbon recyceln?**
Grundsätzlich nein. Sind die Kohlenstoff-Fasern mit dem Harz zusammengebracht, lässt sich diese Verbindung nicht mehr lösen. Es können lediglich aus alten, gehäuselten Carbon-Bauteilen neue Produkte entstehen – allerdings mit deutlich reduzierten Festigkeitseigenschaften. Es laufen Forschungen, in denen Bakterien das Harz zersetzen und die Fasern wieder freilegen. Verbrennen bleibt aktuell die gängige Methode.
- 7 Wie viel Carbon verbraucht die Rad-Branche?**
Im Vergleich zur Flugzeug-, Auto- oder Windkraftenergie-Branche machen Highend-Bikes wohl einen geringen Anteil aus – denken Sie? Falsch gedacht! Rund 15-20 Prozent der weltweiten Faserproduktion landet in Produkten für die Sport- und Freizeit-Branche. Daran haben Bikes, neben Surfmasten und Treckingstöcken, einen ordentlichen Anteil.

Foto: Daniel Simon

Fachzeitschrift oder Liebesnovelle?

Ja.



VWCLASSIC

Das Magazin für historische Volkswagen Nr. 11

DIE APAL-HISTORY
Kittar-Träume aus Belgien



60 Jahre Karmann Ghia
Kult-Figur Die Fahr...
KAUFBERATUNG
T1-BULLI FÜR 30.
Brasilien-Busse sind noch gü...
30 JAHRE VW SANTANA IN CHINA
Prof. Carl H. Hahn & Dr. Martin Post im Gespräch



DIGITAL-AUSGABE
unter Sonderhefte in der GUTE FAHRT-App!
English Version available



Direkt bestellen: ☎ 0521/55 99 33
abo.vwclassic@delius-klasing.de
delius-klasing.de/zeitschriften/auto

Ab 08. 10. am Kiosk!