

Weitergehende Informationen zu *Titan* – Warum?

Im Folgenden stellen wir Ihnen die vier gebräuchlichsten Rahmenmaterialien Stahl, Aluminium, Carbon und Titan sowie ihre Eigenschaften im Vergleich vor. Sie finden Vor- und Nachteile der einzelnen Werkstoffe sowie unsere Begründung, warum wir von MILES den Werkstoff Titan für den Rahmenbau favorisieren.

Vergleich der Eigenschaften der vier Rahmenmaterialien auf einen Blick

Der Einstufung liegt nicht das theoretische Potential des jeweiligen Materials zugrunde, sondern die in der Praxis realisierten Eigenschaften der höchst entwickelten Rahmen.

	Stahl (neueste Legierungen)	Aluminium	Carbon	Titan
Gewicht fahrbarer Rahmen	hoch	mittel	gering	mittel
Widerstandsfähigkeit, Alltagstauglichkeit unter realen Gebrauchseinflüssen	hoch	niedrig	niedrig bis nicht befriedigend	sehr hoch
Langlebigkeit unter realen Gebrauchseinflüssen	hoch	Niedrig	Noch keine Langzeit-Erfahrung vorhanden	sehr hoch
Steifigkeit (STW-Wert)	niedrig	hoch	sehr hoch	mittel
Fahrkomfort	mittel	nicht befriedigend	mittel bis nicht befriedigend	hoch

Weitere Informationen zu den Materialien finden Sie auf den folgenden Seiten

Fazit des Materialvergleichs

Die Wahl des Materials für Ihren Rennrahmen hängt davon ab, welche Prioritäten Sie setzen. Wenn Sie einen besonders günstigen Rahmen suchen, wird Ihre Wahl auf einen Alurahmen fallen. Wollen Sie hingegen vor allem einen superleichten Rahmen mit dennoch exorbitanter Steifigkeit, dann kommen Sie nicht an einem Carbonrahmen nicht vorbei.

Doch für alle Radsportler, die ihre oberste Priorität weder auf den Anschaffungspreis noch auf maximale Steifigkeit setzen, ist Titan unserer Meinung nach das beste Material. Das gilt erst recht, wenn Sie einen optimal auf Sie abgestimmten Rahmen, einen Maßrahmen, haben wollen. Denn die Möglichkeiten zur technischen wie optischen Individualisierung sind nirgends so groß wie bei Rahmen aus diesem Werkstoff. Und vor dem Hintergrund der lebenslangen Garantie und des Werterhalts relativiert sich auch der Anschaffungspreis.

Bei all diesen Vorzügen stellt sich natürlich die Frage, warum man speziell im deutschsprachigen Raum nicht häufiger Titanräder auf der Straße sieht.

Ein Grund hierfür ist sicherlich die praxisfremde Behandlung des Themas durch die Fachpresse mit ihrem Fokus auf maximale STW-Werte. Oft wird die Meinung vermittelt, Titanrahmen seien zu weich und daher nur etwas für Fahrkünstler oder echte „Titan-Maniacs“, die darin mehr ein Schmuckstück als eine echte Fahrmaschine sehen.

Zudem wird kein namhaftes Profiteam von einem Titanhersteller ausgerüstet, weil die Kosten des Sponsorings eines Profiteams die Etats der kleinen Hersteller bei Weitem übersteigen. Damit entfällt eine geeignete werbewirksame Maßnahme, um nachzuweisen, dass man auch auf der höchsten Ebene des Sports mit einem Titanrahmen gegen Gegner bestehen kann, die Carbonrahmen fahren.

Warum sollte sich also der Fachhandel mit einem beratungsintensiven, von den Medien nicht gepushten, zudem auch noch zeitlosen und äußerst langlebigen Produkt belasten?

Der Fahrkomfort, die Widerstandsfähigkeit und die Langlebigkeit des Materials sowie die Möglichkeiten zur technischen und optischen Individualisierung haben uns von MILES hingegen überzeugt. Seit rund 20 Jahren verfolgen wir die Entwicklung der Titan-Rahmen und deren Einsatz im Radsport. Für uns ist der Werkstoff Titan in der Summe der Eigenschaften die beste Wahl für einen Rennrahmen.

Detaillierte Informationen zu den verschiedenen Rahmenmaterialien

Stahl

Stahlrahmen hatten seit dem Aufkommen von Alu- und Carbonrahmen im High-End-Rahmenbau nur noch für Liebhaber des Werkstoffs und Traditionalisten Bedeutung. Mit den bis dato verwendeten Stählen ließen sich keine Rahmen bauen, die auch nur in einem der in der Tabelle angeführten Kriterien Maßstäbe setzten.

Das hat sich geändert, seit extrem hochfeste Stähle wie beispielsweise Reynolds 953 im Rahmenbau Einzug gehalten haben. Diese sind zum Teil sogar rostfrei, so dass im Sinne minimalen Gewichts auch die Lackierung eingespart werden kann und die Langlebigkeit eines solchen Rahmens nicht durch Korrosion gefährdet wird. Rahmen aus diesen Legierungen können bei mittleren Rahmenhöhen in Gewichtsbereiche um die 1600 Gramm vorstoßen und sind dann für sportlich schlanke Fahrer allemal ausreichend steif. Versuche, mit solchen Rohrsätzen steifere Rahmen zu bauen, führen schnell zu Rahmengewichten deutlich über 2000 Gramm, weil die Wandstärken auch bei den dann notwendigen größer gewählten Durchmessern nicht weiter reduziert werden können. Sonst würde die Beulgefahr zu groß.

Stahl ist auch in Form dieser deutlich leistungsfähigeren Legierungen ein Werkstoff, aus dem sich im Vergleich nur die schwersten Rahmen bauen lassen. Diese sind generell sehr langlebig und vereinen bei geschickter Konstruktion eine vernünftige Steifigkeit mit spürbarem Fahrkomfort, wobei die Fähigkeit zur Dämpfung von Vibrationen im Vergleich nicht besonders gut ist.

Aluminium

Seit Ende der 80er Jahre haben Aluminiumlegierungen in der Fertigung von Rennrahmen dem Werkstoff Stahl den Rang abgelassen. Mit großvolumigen, dünnwandigen Rohren konnten nun Rahmen mit einem deutlich günstigeren Verhältnis von Steifigkeit zu Gewicht (STW-Wert) gebaut werden.

Dieser STW-Wert wurde von der Zeitschrift TOUR Anfang der 90er Jahre eingeführt und gilt laut TOUR noch heute als wichtigste Kenngröße zur Beurteilung der Güte von Rennrahmen. Aus für Aluminiummaßstäbe hochfesten Scandium-Legierungen lassen sich durchaus leichte Rahmen im Bereich um 1200 Gramm bauen. Sie erreichen auch eine respektable Lebensdauer, jedoch nur unter weitestgehendem Verzicht auf Fahrkomfort.

Im Materialvergleich ist bei Aluminium die Vibrationsdämpfung am schlechtesten, und das Material muss gegen Korrosion geschützt werden. Von allen drei metallischen Werkstoffen ist die Beulgefahr bei Aluminiumrahmen am größten, so dass ein sorgfältiger Umgang Pflicht ist.

Carbon: Kohlefaser-verstärkte Kunststoffe

Kohlefaser-verstärkte Kunststoffe, auch Carbon genannt, wurden schon in den 80er Jahren als Werkstoffe für Rennrahmen verwendet, doch die eigentliche Blütezeit des Materials im Rahmenbau begann erst 2003 mit Erscheinen des Scott Rahmens CR1. Mit einem Gewicht von unter 1000 Gramm konnte dieser den besten STW-Wert aller bis dato getesteten Rahmen erzielen.

Vorteile von Carbon bei der Verwendung im Rahmenbau:

- Carbon hat ein sehr großes Potential für den Bau sehr leichter und dennoch steifer und fester Bauteile. Wenn die – nach unserer Meinung zu einfache – Formel „minimales Gewicht bei höchster Steifigkeit“, also die Maximierung des STW-Werts das wichtigste Ziel ist, führt kein Weg an Carbon vorbei
- Carbon ermüdet unter idealen Bedingungen nicht. Wie es unter den realen Nutzungsbedingungen eines Fahrrads mit starker UV-Einstrahlung, häufigem Kontakt mit Wasser und schwachen Säuren (Schweiß, Streusalz) und Laugen (Reinigungsmittel) mit der Alterung des Materials aussieht, ist noch nicht ausreichend erforscht. Bekannt ist, dass beispielsweise der ständige Kontakt mit Wasser zu einer gewissen Reduzierung der Festigkeit führt
- Carbon verfügt über eine gute Fähigkeit zur Vibrationsdämpfung, die aber nicht mit dem Federungsvermögen gleichgesetzt werden darf. Die gute Vibrationsdämpfung ist nicht durch die Faserstruktur an sich bedingt, sondern durch den Aufbau eines Carbonbauteils aus verschiedenen Schichten des Fasermaterials, die durch eine Kunststoffmatrix, meist ein Epoxy-Harz, miteinander verbunden werden. Bei der Übertragung der Schwingungsenergie von einer Faserschicht auf die nächste geht durch innere Reibung viel an Energie verloren, so dass die Schwingung stark gedämpft wird.

Nachteile von Carbon bei der Verwendung im Rahmenbau:

- Carbon ist spröde. Eine Carbonfaser hat keinerlei Verformungsreserve, wie sie nahezu jeder metallische Konstruktionswerkstoff hat. Ein Bauteil aus Carbon hält einer Überlast also entweder stand oder es reißt irgendwo. Eine kleine plastische Verformung, die beispielsweise bei einem Aluminiumrahmen eine Beule im Rohr bedeutet, den Rahmen damit aber nicht unbrauchbar werden lässt, gibt es bei Carbon nicht. Wenn das Material überlastet wird, reißt zumindest eine Faserlage ein. Das Bauteil büßt dadurch deutlich an Festigkeit ein und sollte keinesfalls weiter benutzt werden
- Strukturelle Schäden an Carbonbauteilen sind oft nur schwer festzustellen. Der mehrlagige Aufbau bringt mit sich, dass eine oder mehrere Lagen bereits gerissen sein können, ohne dass man an der Oberfläche davon etwas sehen muß. Bleibt ein solcher Überlastschaden unentdeckt, kann es sein, dass das Bauteil bei einer ähnlichen Überlast plötzlich versagt.
Einen Carbonrahmen sollten Sie daher, auch wenn er als stabil gilt, weil er im Labor Langzeitbelastungstests mit Bravour bestanden hat, sehr pfleglich behandeln. Sie sollten die Bedienungsanleitung unbedingt beherzigen und müssen darauf vorbereitet sein, den Rahmen nach einem Sturz im Interesse Ihrer Sicherheit austauschen zu müssen, auch wenn Sie ihm keinen Schaden ansehen
- Die meisten der aktuellen Carbonrahmen bieten eher bescheidenen Komfort. Allenfalls gegenüber den geradezu sprichwörtlich knallharten Aluminiumrahmen vermittelt ein solcher Rahmen aufgrund der besseren Vibrationsdämpfung einen besseren Komforteindruck
- Oftmals gibt es keine über die gesetzlich vorgeschriebene Frist hinaus gehende Garantiezeit

Titanlegierungen

Die ersten in Serie produzierten Titanrahmen entstanden Anfang der 80er Jahre aus Rohren, die für Hydraulikleitungen in Flugzeugen produziert wurden. Diese Rahmen begeisterten ihre Fahrer mit einem bis dahin unbekanntem Fahrkomfort und deutlich geringerem Gewicht gegenüber den damals üblichen Stahlrahmen.

Optimal zum Tragen kamen die Eigenschaften des Materials aber erst, als speziell für den Rahmenbau hergestellte Rohre verwendet wurden. Die aufwändige Gewinnung des Rohstoffs, die komplizierte Weiterverarbeitung und die dadurch hervorgerufenen höheren Preise gegenüber Rahmen aus anderen Materialien begrenzten jedoch, trotz aller Vorzüge, die Verbreitung der Titanrahmen.

- **Das Rohmaterial**

Die im Rahmenbau bevorzugte Titanlegierung ist TiAl3V2.5. Diese Bezeichnung drückt aus, dass dem Rohtitan 3% Aluminium und 2,5% Vanadium zugesetzt werden, unter anderem um die Festigkeit zu erhöhen.

Nur eine Nebenrolle spielt die härtere, sehr viel schwieriger zu verarbeitende Sorte TiAl6V4. Einige Hersteller verwenden diese für die hoch belasteten Ausfallenden. Es werden aber auch Rohre aus 6/4er Material in teuren Rahmenmodellen verbaut.

Einen Einblick in die Titanherstellung gibt Ihnen das Video der *Deutschen Titan GmbH*, welches Sie auf der Seite des Rahmenherstellers *Kocmo* unter <http://www.kocmo.de/de/kocmo/> finden.

- **Steifigkeit**

Aus den Anfängen des Titanrahmenbaus hat sich bis heute die verallgemeinerte „Erkenntnis“ gehalten, dass Titanrahmen zwangsläufig weich, sprich wenig steif, und damit für den ernsthaften Einsatz trittkräftiger Radsportler suboptimal geeignet seien. Die fühl- und auch messbare „Weichheit“ mancher Titanrahmen der 80er Jahre lag jedoch darin begründet, daß sich die Hersteller mit den Rohren begnügen mussten, die als Hydraulikrohre für Flugzeuge produziert wurden. Die Anforderungen an ein Hydraulikrohr sind aber komplett anders als die, die an ein Rahmenrohr gestellt werden.

In den 90er Jahren gingen dann alle renommierten Hersteller dazu über, speziell für Fahrradrahmen gefertigte Titanrohre zu verwenden. Mittlerweile ist ein breit gefächertes Spektrum an Rohren unterschiedlicher Durchmesser, zum Teil mit variablen Wandstärken verfügbar. Viele Hersteller modifizieren diese Rohre noch durch Ovalisieren, Konifizieren oder indem sie einzelnen Rohren des Rahmens eine ganz spezielle Form geben, um sie den Belastungen noch besser anzupassen.

Aus diesem Grund lassen sich heute Titanrahmen jeder gewünschten Charakteristik bauen, seien es extrem leichte Rahmen wie der *Litespeed Ghisallo*, der sogar das Gewicht der leichtesten Carbon- Serienrahmen unterbietet, aber auch betont komfortable oder extrem steife Rahmen für schwere Fahrer.

- **Komfort**

Jeder, oder sollten wir sagen nahezu jeder, der schon mal einen Titanrahmen gefahren hat, wird aus eigener Erfahrung bestätigen, dass dieser gegenüber anderen Rennradrahmen einen besseren Komforteindruck auf Straßen vermittelt, die keine perfekte Oberfläche aufweisen. Um das zu erfahren braucht man eigentlich keine Messgeräte.

Fahrkomfort ist ein hochgradig dynamisches „Phänomen“, für dessen Quantifizierung die von der Fachpresse in Tests verwendete statische Messung einer Federsteifigkeit nur unzureichend sein kann. Für die Absorption von Stoßenergie spielt eben nicht nur die Federsteifigkeit eine Rolle, sondern in mindestens ebensolchem Maße die Dämpfung. Denn erst durch diese innere Reibung wird Energie wirklich abgebaut. Und diese Dämpfung fällt bei Titan im Vergleich zu anderen Metallen besonders hoch aus. Aus diesem Material lassen sich daher nicht nur Rahmen bauen, die gewollt und in der gewünschten Richtung flexen, sondern auch solche, die Schwingungen schnell abklingen lassen.

- **Langlebigkeit**

Eine Eigenschaft von Titanlegierungen ist die Kombination aus hoher Festigkeit zu niedrigem Elastizitätsmodul. In der Praxis bedeutet dies, dass ein Titanrahmen einen Sturz oder eine andere Misshandlung viel wahrscheinlicher unbeschadet übersteht als ein Rahmen aus jedem anderen Material. Selbst bei sehr leichten Titanrahmen ist daher die Gefahr, eine Beule oder gar einen Riss ins Rohr zu drücken, deutlich geringer als bei Aluminiumrahmen vergleichbaren Gewichts oder Carbonrahmen.

Ebenso beeindruckend ist die chemische Resistenz des Materials. Vergessen Sie Korrosion, hervorgerufen durch das Fahren auf mit Salz gestreuten Straßen oder im Winter auf der Rolle, wo literweise Schweiß auf den Rahmen tropft. Beides ist übrigens nicht nur für Aluminium- sondern auch für Carbonrahmen schädlich. Die sollten Sie nach winterlichem Straßen- oder Rollentraining stets waschen.

Auch hinsichtlich der Materialermüdung liegen mit den im Rahmenbau verwendeten Titanlegierungen nur beste Erfahrungen vor, so dass die meisten Hersteller dem Erstbesitzer eine lebenslange Garantie gewähren.