



# AEROTUNING

Gleiche Leistung, höhere Geschwindigkeit: Mit Aero-Laufrädern kann man Watt – und damit Zeit einsparen. Wir haben acht Laufräder von 1000 bis 2000 Euro im Labor und auf der Bahn getestet – mit überraschenden Ergebnissen.

Text und Bilder Dipl.-Ing. Volker Buchholz Fotos Buchholz, Greber

**W**att pro Kilogramm – das ist, was im Radsport wirklich zählt. Wenn es um das Material geht, lautet die für viele entscheidende Formel: Watt pro Euro. Denn das effektivste Tuning ist in der Regel die Verbesserung der Aerodynamik. Gleiche Leistung – höhere Geschwindigkeit. Durch Aero-Laufräder lassen sich einige Watt Leistung sparen. Wie viele, zeigt unser Test.

### Grundlagen

Der gesamte Luftwiderstand des Systems „Fahrer plus Rennrad“, in der Unterlenkerposition, teilt sich auf in rund 75 Prozent für den Fahrer und 25 Prozent für das Rennrad. Betrachtet man hier den Luftwiderstand des Rades allein, entfallen auf die beiden Laufräder 58 Prozent. Diese teilen sich auf in: 44 Prozent für das Vorderrad und nur 14 Prozent für das Hinterrad, da es im Windschatten des Rahmens dreht. Am gesamten Luftwiderstand von Fahrer und Rennrad haben die Laufräder somit nur einen Anteil von 15 Prozent. Das ist wenig. Es lässt sich deshalb an dieser Stelle schon festhalten, dass auch die große, oft kostenintensive Optimierung der Aerodynamik von Laufrädern nur eine maßvolle Senkung des gesamten Luftwiderstands ergibt.

Wer mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 30 Kilometern pro Stunde unterwegs ist, wird mit dem Umrüsten von üblichen Laufrädern (22 Millimeter Felgenhöhe) auf Aerolaufräder mit Höhen von 50 bis 60 Millimetern im besten Fall ein Geschwindigkeitsplus von 0,5 Kilometer pro Stunde erzielen. Das klingt nach recht wenig. Auf 100 flachen Kilometern ergibt sich dennoch ein Einsparpotenzial von drei Minuten. Oder anders dargestellt: Man kann einen Vorsprung von 1,7

Kilometern herausfahren. Dies sind Welten, im Profi- wie im Hobbyradsport. Wichtig ist jedoch: Bei höheren Geschwindigkeiten nehmen die Vorteile überproportional zu, da der Leistungsbedarf in dritter Potenz mit der Geschwindigkeit zunimmt. Einfach formuliert: Eine Verdoppelung der Geschwindigkeit erfordert die achtfache Leistung.

### Der Testablauf

Bei der Zusammenstellung des Testfeldes legten wir großen Wert auf Vielfalt. Ein Test von Aero-Laufrädern mit 50 Millimeter hohen Felgen aus Vollcarbon und sehr geringen Differenzen beim Luftwiderstand wäre wenig aussagefähig gewesen. Im Test finden sich daher Laufräder von 1000 bis 2000 Euro für Faltreifen (Clincher), Felgenhöhen von 46 bis 62 Millimetern und drei Felgen aus Vollcarbon sowie fünf Felgen, die in der Hybridbauweise hergestellt wurden. Beim Test der aerodynamischen Qualitäten hat uns das Trainingswissenschaftliche Zentrum Koblenz (TWZK) unterstützt. Die Bezugsgeschwindigkeit der Zeitfahrer und Triathleten beträgt 45 Kilometer pro Stunde. Alle aerodynamischen Messungen und Erkenntnisse beziehen sich wegen der Vergleichbarkeit auf diese Geschwindigkeit. Folglich benötigten wir für unseren Test einen Fahrer, der diese Geschwindigkeit konstant über eine längere Strecke halten kann. Daniel Westmattmann, Profi beim Team Kuota-Lotto, übernahm diesen Part. Er ist ein Zeitfahrerspezialist – das zeigten sein 4. Platz bei der Profi-DM 2014 sowie seine beiden 5. Plätze 2015 und 2016 – und damit ein idealer Testfahrer. Der praktische Aerotest fand auf der überdachten Radrennbahn in Büttgen statt. Das Holzoval dort misst 250 Meter. Daniel Westmattmann fuhr mit

seiner Zeitfahrmaschine, die über ein SRM-Leistungsmesssystem verfügt. Der Lenkeraufsatz gewährleistete die erforderliche reproduzierbare Sitzposition. Sven Faber, Leiter des TWZK, führte den Test methodisch objektiv und valide durch: Alle Messungen wurden mit einem einzigen Satz Reifen (Continental GP 4000 S II, 25 Millimeter breit, 7 bar) durchgeführt, um Serienstreuungen auszuschließen – sowie mit einem einzigen Ritzelpaket. Außerdem wurde der Abrollumfang jedes Laufradsatzes gemessen. Hier ergaben sich Differenzen von bis zu zehn Millimetern, resultierend aus den unterschiedlichen Felgenbreiten. Vor jeder Testfahrt wurden Fahrer und Zeitfahrmaschine gewogen, um das Systemgewicht festzuhalten. Dieses floß in die Berechnung der Rollreibung ein.

### Der Praxis-Test

Gefahren wurden zwölf Runden mit konstant 45 Kilometer pro Stunde. Die dafür benötigte Durchschnittsleistung ist jene Leistung, die benötigt wird, um den Luft- und den Rollwiderstand zu überwinden. Bei der Auswertung wurde diese Leistung auf einen exakten Durchschnitt von 45 Kilometern pro Stunde hochgerechnet, da man in der Praxis diesen Wert selten genau trifft. Weil bei den Messungen nur die Laufräder getauscht wurden, weisen die kleinen Leistungsunterschiede auf die aerodynamischen Qualitäten der Laufräder hin. Beispielsweise ergab sich für den „windschnittigsten“ Laufradsatz, den Novatec R5, eine Durchschnittsleistung von 302,2 Watt. Im Vergleich dazu lieferte der Shimano R81 mit 311,0 Watt den höchsten Wert. Mit dem Shimano-Laufradsatz müsste man also eine um 8,8 Watt höhere Leistung erbringen, um auf die gleiche Geschwindigkeit zu kommen.

Aber um wie viel sind Aero-Laufräder nun schneller als Standard-Laufräder mit flachen Felgen? Zum direkten Vergleich montierten wir Tune TSR 22 Laufräder mit 22 Millimetern Felgenhöhe – den Testsieger unseres letzten Tests von Allround-Laufrädern, aus der RennRad-Ausgabe 6/2016. Die Auswertung ergab für die Tune: 316,7 Watt. Das sind 14,5 Watt mehr als die schnellsten Aerolaufräder im Test und nur 5,7 Watt mehr als die langsamsten. Die Tune TSR 22 sind mit ihren 24,3 Millimeter breiten Felgen in Kombination mit den 25 Millimeter breiten Conti-Reifen im aerodynamischen Sinne bestens aufgestellt: Am Übergang von Reifen zu Felge ergeben sich nur sehr kleine Absätze beziehungsweise Kanten. Diese erzeugen Luftverwirbelungen und „kosten“ damit Leistung. Das gilt für alle Laufräder.

Um die Unterschiede der Aero-Laufräder praxisnäher zu beschreiben, rechneten wir mit den gemessenen Werten weiter. Dabei wurden die Zeit und die Durchschnittsgeschwindigkeit errechnet, die unser Testfahrer mit seiner Zeitfahrmaschine auf 100 flachen, windstillen Kilometern mit maßvollen 150 Watt benötigen würde. Mit einem „normalen“ Rennrad mit „normalen“ Laufrädern benötigt man hier rund 50 Watt mehr. Mit den Novatec R5 ist die Strecke in 3:11:09 Stunden bei 31,39 Kilometern pro Stunde zu schaffen. Zum Vergleich: Mit den „normalen“ leichtgewichtigen Tune TSR 22 Laufrädern hätte unser Testfahrer dafür exakt 3:13:59 Stunden gebraucht – bei 30,93 Kilometern pro Stunde, also knapp drei Minuten mehr. Eine Welt.

### Reifentest

Neben dem regulären Test nutzten wir die Zeit auf der Bahn auch für weitere Erkenntnisse. Leeze und Mavic liefern die Laufräder bereift aus, Leeze mit den bewährten Continental GP 4000 S II, Mavic mit dem hauseigenen Modell Yksion Pro. Im regulären Test erforderten die Mavic Cosmic Pro Exalith-Laufräder mit Continental-Bereifung auf der Bahn 306,0

## Das Gewicht spielt bei Aero-Laufrädern eine untergeordnete Rolle.

Watt, mit den Yksion Pro 322,4 Watt. Das sind rund 16 Watt mehr, also recht viel. Für die flache 100-Kilometer-Strecke, mit 150 Watt, würde man demnach mit Cosmic Pro Exalith Laufrädern und Mavic Yksion Pro Bereifung 3:11 Minuten mehr benötigen als mit der Continental-Bereifung. Anders ausgedrückt: Mit den Continental GP 4000 S II (25 Millimeter Breite) ergibt sich laut Berechnung eine um 0,5 Kilometer pro Stunde höhere Geschwindigkeit. Continentals neues Set aus den beiden Modellen GP Attack & Force würde hier weitere elf Sekunden sparen.

Mit der abnehmenden Höhe der Felgen nimmt in der Regel auch die Seitenwindempfindlichkeit ab. Dies gilt insbesondere für das Vorderrad. Bei vielen Herstellern können die Laufräder einzeln erworben werden. Die Sets sind in der Felgenhöhe frei kombinierbar. So bietet beispielsweise Leeze statt 60/60 Millimeter für Vorder- und Hinterrad die Variante 38/60 Millimeter an, desgleichen SwissSide mit 48/62 Millimeter. Die Sets mit den flacheren Vorderrad-Felgen sind zudem auch noch etwas leichter und preiswerter. Beide Varianten haben wir ebenfalls auf der Bahn getestet. Auch hier berechneten wir für die virtuellen 100 Kilometer nur einen kleinen Zeitverlust im Zehn-Sekunden-Bereich gegenüber den 60/60-Varianten.

Bei drei Laufrädern im Test fanden wir Aeroringe vor, die breiter sind als die Bremsflanke, bei SwissSide 23,5 und 27,3 Millimeter, bei Leeze 26,0 und 27,6 Millimeter und bei Novatec 24,0 und 24,4 Millimeter. Diese ballige oder bauchige Form sorgt bei seitlicher Anströmung dafür, dass der Wind verwirbelungsfreier und ohne größere Turbulenzen vom Felgenprofil abreißt. Dies wiederum spart messbar Leistung. Auch nimmt die Seitenwindempfindlichkeit auf diese Weise ab. Deutlich spürt man das bei den SwissSide Hadron 625.



Steifigkeit, Komfort, Verwindung – nach dem Labortest kam der auf der Bahn.  
Unser Testfahrer: Radprofi Daniel Westmattmann, ein Zeitfahrspzialist.



„Auch die Reifen bieten ein Wattsparpotenzial.“

...Kohlenhydrat-Power für unterwegs!



Mate/Zitrone • Waldbeere



**Aero-Räder können auch ein optisches Tuning bringen. Hier am Radon Ignite, das bereits rund 2000 Kilometer im Dauertesteinsatz ist.**

Für stürmisches Wetter ist jedoch kein Aerolaufrad optimal geeignet. Da wir auf der geschlossenen, windstillen Radrennbahn nur mit direkter Anströmung von vorn unsere Messfahrten absolvierten, können wir sicher davon ausgehen, dass besonders die Räder von SwissSide und Leeze draußen bei wechselnden Windverhältnissen gegenüber den anderen Testkandidaten Boden gut machen.

### **Gewicht und Beschleunigung**

Das Gewicht spielt bei Aero-Laufrädern in der Regel eine eher untergeordnete Rolle. Diese Laufradsätze werden meist auf flachem oder welligem Terrain eingesetzt, wo sie mit relativ konstanter Geschwindigkeit bewegt werden. In diesem Idealfall könnte das Rennrad auch 50 Kilogramm wiegen – auf die Fahrzeit hätte das keinen Einfluss. Das Gewicht macht sich nur beim Beschleunigen und beim Sammeln von Höhenmetern bemerkbar. Die Gewichte der acht Testkandidaten bewegen sich zwischen 1434 Gramm bei den Supreme 5c und 1881 Gramm bei den Shimano RS 81-C50. Nicht zufällig sind diese beiden Modelle auch die teuersten beziehungsweise preiswertesten Laufräder im Test.

Beim Beschleunigen der Laufräder kommt es auf die Massenverteilung im Laufrad an. Gewichtsveränderungen innen an Nabe oder Kassette beeinflussen die benötigte Drehenergie nur wenig. Ein Gewichtsplus bei Felge und Reifen lässt hingegen den Energiebedarf beim Beschleunigen deutlich steigen, weil sich die Verhältnisse im Quadrat ändern. In der Formel für die Massenträgheit der Drehbewegung steht der Radius, auf dem sich die Masse dreht, im Quadrat. In den Testbriefen findet man die Drehenergie, gemessen in Joule, die erforderlich ist, um die Laufräder ohne Reifen von null auf 30

Kilometer pro Stunde zu beschleunigen. Die Werte der acht Testkandidaten liegen zwischen 31,9 Joule bei den Supreme 5c (Vollcarbon) und 43,4 Joule bei den Mavic Cosmic Carbon Exalith (Alu-Carbon). Um diese Thematik praxisnah zu vertiefen, führten wir im Labor zusätzliche Messungen durch. Das Vorderrad der Leeze CC60 (Höhe 60 Millimeter, Gewicht 673 Gramm) benötigt hier 17,4 Joule Drehenergie, das nur in der Felgenhöhe (38 Millimeter, 599 Gramm) kleinere Vorderrad braucht nur 15,4 Joule – das ist beim Beschleunigen spürbar. Bei einer weiteren Messung bestückten wir das Hinterrad des Leeze CC60 (845 Gramm) mit einer Shimano Ultegra-Kassette (11-32 Zähne, 288 Gramm). Das Gesamtgewicht des Hinterrades nimmt so um 34 Prozent zu, die benötigte Drehenergie aber nur um sechs Prozent.

### **Bauweisen**

Der Begriff „Hybrid“ bedeutet, dass zwei technische Konzepte zum Einsatz kommen. Laufräder, die in der Hybrid-Bauweise gefertigt werden, werden aus zwei Werkstoffen gebaut: einer Alufelge mit einem auflamellierten inneren Carbonring. Aero-Laufradsätze mit reinen Alufelgen kämen wohl über die Zwei-Kilogramm-Marke. Leeze und SwissSide bieten bei gleicher Felgenhöhe beide Varianten an. Bei Leeze sind die Vollcarbon-Laufräder (60 Millimeter) 380 Gramm leichter und 150 Euro teurer als die Hybrid-Ausführungen. Die Vollcarbon-Räder (62 Millimeter) sind bei SwissSide 100 Gramm leichter und 630 Euro teurer als die Hybrid-Räder.

Auch wenn die Hybrid-Laufräder etwas schwerer sind als die Varianten aus Vollcarbon – für den Hobbyfahrer sind sie in der Regel die bessere Wahl. Die Alubremssattel sorgen in allen Situationen für ein sehr gutes bis gutes Bremsverhalten.

ten. Carbonbremsflanken verzögern speziell bei Nässe deutlich schlechter. Dazu erfordern sie spezielle Bremsbeläge. Für Spezialisten, wie Zeitfahrer und Triathleten, sind Vollcarbon-Laufräder hingegen ein vorzügliches Mittel bei der Jagd nach guten Zeiten. Den mit Abstand besten Eindruck beim Bremsen hinterließen die Mavic Cosmic Pro Carbon Exalith: Die Exalith-Bremsflanke sorgt bei trockenem wie auch bei nassen Straßen für beste Ergebnisse, bei Nässe verlängert sich der Bremsweg nur um rund zehn Prozent.

Bei den technischen Daten stehen sich Gewicht und Seitensteifigkeit gegenüber: Das eine in vollendeter Form gibt es nur auf Kosten des anderen. Es muss daher ein guter Kompromiss gefunden werden. Die Seitensteifigkeit von Laufrädern ist die Fähigkeit, seitlichen Belastungen standzuhalten. Diese treten im Wiegetritt, bei Spurrillen oder schrägen Fahrbahnen auf und nehmen mit dem Gewicht des Fahrers und der Neigung des Rades zu. Bei normaler Fahrt, einschließlich der Schräglage in Kurven, werden die Laufräder nur senkrecht belastet. Bei geringer Seitensteifigkeit können etwa im Wiegetritt die Bremsbeläge an den Felgen schleifen oder das Lenkverhalten kann unpräzise werden.

## Die Verwindung

Im Labor belasteten wir die Laufräder mit 50 Newton, was etwa fünf Kilogramm entspricht, seitlich und notierten den Weg der elastischen Verformung. Die Messwerte lagen zwischen 23 und 40 Newton pro Millimeter. Kleinere Werte sind ungünstiger, da weniger Kraft nötig ist, um die Felge um einen Millimeter zu bewegen. Wir geben bei den Hinterrädern zwei Werte an, da rechts die Speichen wegen der Kassette steiler stehen – dies ist die kritische Seite (der 2. Wert).

Die Hersteller versuchen dies mit unterschiedlichen Speichenanordnungen rechts und links auszugleichen. Messwerte von über 35 Newton pro Millimeter betrachten wir als solide und stabil, Werte von unter 30 Newton sind für leichte Fahrer akzeptabel beziehungsweise für Fahrertypen mit einer ruhigen Fahrweise. Leichte Laufräder mit geringen Seitensteifigkeiten sind häufig auch nur für geringere „maximal Fahrergewichte“ zugelassen – häufig bis 80 oder 90 Kilogramm.

## Elastizität und Geräuschentwicklung

Im Labor prüften wir auch die senkrechte Elastizität, also die Nachgiebigkeit. Hier belasteten wir die Laufradachsen mit 100 Kilogramm und protokollierten den Weg. Wobei der Gesamtkomfort zweifellos größtenteils von Luftdruck und Reifenbreite bestimmt wird. Die senkrechte Elastizität liefert neben der Gabel, dem Hinterbau und der Sattelstütze auch einen kleinen Beitrag zum Ganzen. Im Test lag die Nachgiebigkeit der Laufradachsen zwischen 0,58 und 0,96 Millimeter. Große Werte bedeuten mehr Komfort.

Alle acht Aero-Laufräder werden mit aufgezo-genem Felgenband ausgeliefert, die angegebenen Gewichte beinhalten die Bänder. Übereinstimmungen ergaben sich auch bei den Speichen: Alle Aero-Räder sind mit dünnen, „windschnittigen“ Messerspeichen aus Stahl aufgebaut, wir geben Breite und Dicke an. Die dünnsten Speichen fanden wir bei Supreme, nur 0,7 Millimeter. Wir prüften auch die Seiten- und Höhen-

schläge. Da hier kein Rad mit Werten über 0,2 Millimeter patzte, verzichten wir hier auf diese Angaben. Leise oder laut metallisch klickend: Die Geräuschkulisse des Freilaufs ist eine Sache des persönlichen Geschmacks. So mancher Freilauf kann eine Fahrradklingel ersetzen, wie unsere Geräuschmessung zeigte. Geräusche ganz anderer Art entstehen beim Abrollen der Reifen, der großvolumige hohle Aeroring arbeitet hier als „Verstärker“. Mit der Rauigkeit des Asphalts nimmt der Geräuschpegel zu. Es lässt sich auf der Straße jedoch oft eine „glatte Spur“ finden, was wiederum noch einige Watt einsparen kann. Am lautesten rollten die Hadron 625 von SwissSide gefolgt von den Leeze CC 60. Die anderen Testkandidaten waren deutlich leiser.

## Das Fazit

In diesem wohl einmaligen, weil extrem aufwendigen Aero-Laufradtest liegen die Modelle von SwissSide und Novatec vorn, gefolgt von einem dicht zusammenliegenden Mittelfeld mit Citec, Leeze, Supreme und Campagnolo. Mavic punktet mit dem besten Bremsverhalten. Shimano fällt mit der besten Stabilität und einem attraktiven Preis auf. Die auf der Radrennbahn ermittelten Werte liegen alle recht dicht zusammen. Ausschlaggebende Kaufkriterien können aber auch die Steifigkeit, das zulässige Fahrergewicht, die Optik, Gewicht, Beschleunigung sein – und natürlich der Preis. Jeder Laufradsatz hat einen individuellen Charakter. //

## DAS TRAININGSWISSENSCHAFTLICHE ZENTRUM KOBLENZ

Sven Faber vom TWZK, studierter Physiker und Rennradfahrer, ist dort der Spezialist für die Optimierung der Sitzposition. Neben den aerodynamischen werden auch die biometrischen Eigenschaften berücksichtigt, denn was nützt eine strömungsoptimierte Sitzhaltung, wenn sich die vorhandene Leistung nicht umsetzen lässt.

Das TWZK erarbeitet für jeden Radsportler einen individuellen Plan zur Steigerung der Leistungsfähigkeit. Dabei wird die Grundlage durch verschiedene diagnostische Möglichkeiten gelegt:

1. Leistungsdiagnostik zur Einschätzung der physischen Leistung und zur Erstellung eines individuellen Trainingsplans
2. Spirometrische Untersuchungen in Ruhe, Einschätzung der Fähigkeit, Fette verbrennen zu können und die Grundumsatzbestimmung
3. Erarbeiten der individuell optimalen Sitzposition unter Berücksichtigung der biometrischen und aerodynamischen Eigenschaften.
4. Labordiagnostik:
  - Stoffwechsel: Beurteilung und Beantwortung der Frage, ob sich ein Low/NO-Carb-Training eignet
  - Ernährungsempfehlungen, etwa zu Thema Vitalstoffe beziehungsweise Nahrungsergänzungen

Die Leistungsdiagnostik und die Labordiagnostik werden nur von wenigen Instituten verknüpft und gelten in dieser Kombination als Alleinstellungsmerkmal. Das Institut betreut seit Jahren den WorldTour-Fahrer Max Walscheid und das Team Müising Lotto.

[www.twzk.de](http://www.twzk.de)

## LAUFRADTEST

FABRIKAT	SHIMANO	CITEC	MAVIC
INTERNET	www.paul-lange.de	www.citec.de	www.mavic.de
MODELL	WH - RS 81 - C50	Citec 8000 CX 63	Cosmic Pro Carbon Exalith
PREIS (EMPFOHLENER VK)	1099 Euro	1899 Euro	1300 Euro
LIEFERUMFANG	Ssp (125g), Wkz, R10, Vvl	Wkz, R10, Vvl	Ssp (125g), Wkz, R10, Bb, Reifen u. Schläuche Mavic: Yksion Pro Powerlink, 25mm, Yksion Pro Griplink, 25mm
GEWICHT	827 / 1054 / 1881 g	752 / 923 / 1675 g	799 / 998 / 1797 g
SEITENSTEIFIGKEIT (VORNE// HINTEN)	40,3 // 35,1 / 35,1N/mm	24,8 // 32,2 / 31,9N/mm	25,1// 32,2 / 30,5N/mm
NACHGIEBIGKEIT (=KOMFORT)	0,67 / 0,58 mm	0,84 / 0,76 mm	0,84 / 0,71 mm
BESCHLEUNIGUNG (0 - 30 KM/H)	19,9 / 21,9 / 41,8 J	17,6 / 18,0 / ,35,6 J	20,0 / 23,4 / 43,4 J
ANZAHL SPEICHEN	16 / 21	16 / 21	16 / 20
SPEICHENBREITE U. -DICKE	2,7 / 1,1 mm	2,0 / 1,3 mm	3,4 / 1,0 mm
FELGENMATERIAL	Alu, innen Carbonring	Alu, innen Carbonring	Alu, innen Carbonring
BREMSFLÄCHE	Alu	Alu	Alu-Exalith
FELGENHÖHE	50 mm	61,7 mm	46,0 mm
FELGENBREITE (AUSSEN)	22,7 mm	22,5 mm	24,0 mm
FREILAUFGERÄUSCH	leise	leise	laut
LEISTUNGSBEDARF BEI 45 KM/H, BAHN / STRASSE	311,0 W / 348,8 W	304,8 / 342,6 W	306,0 / 344,0 W
ZEIT FÜR EBENE 100 KM MIT 150 W / DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT	3:12:52 h / 31,11 km/h	3:11:34 h / 31,32 km/h	3:11:53 h / 31,27 km/h
MAX. FAHRERGEWICHT	keine offizielle Gewichtsbeschränkung	Systemgewicht 110 kg	Systemgewicht 120 kg
FAZIT	<b>Der stabilste Laufradsatz im Test – zudem ist der Preis attraktiv</b>	<b>Die besten Werte für Gewicht und Beschleunigung bei den Hybrid-Laufrädern</b>	<b>Bezogen auf die Felgenhöhe von 46 Millimeter recht gute Werte beim Aerotest, überragendes Bremsverhalten</b>



In den Testbriefen finden Sie – wie beschrieben – die Leistung, die unser Testfahrer auf der Holzbahn mit seiner Zeitfahrmachine bei 45 Kilometer pro Stunde benötigte. In der gleichen Zeile notieren wir die (höhere) Leistung, die auf Asphalt für diese Geschwindigkeit erforderlich gewesen wäre. Wir setzen in der Berechnung lediglich einen anderen Rollreibungskoeffizient ein. Vergleichsweise rauerer Asphalt erfordert hier eine Mehrleistung von rund 38 Watt.

Legende: **Ssp** = Schnellspanner, **Wkz** = Werkzeug, **R10** = Distanzring für 10-fach-Kassetten, **Vvl** = Ventilverlängerung, **Tv** = Tubeless-Ventile, **Fb** = Felgenband, **Lrt** = Laufradtaschen, **Bb** = Bremsbeläge, **VR** = Vorderrad, **HR** = Hinterrad



LAUFRADTEST

SWISSIDE	LEEZE	SUPREME	CAMPAGNOLO	NOVATEC
<a href="http://www.swisside.com">www.swisside.com</a>	<a href="http://www.leeze.de">www.leeze.de</a>	<a href="http://www.supremebikeparts.com">www.supremebikeparts.com</a>	<a href="http://www.campagnolo.com">www.campagnolo.com</a>	<a href="http://www.messingschlagel.com">www.messingschlagel.com</a>
Hadron 625	CC 60	5c	Bullet Ultra	R5
1268 Euro	1299 Euro	1998 Euro	1600 Euro	1599 Euro
Ssp (103g), Wkz, Vvl, R10, 3 Speichen, 2 Trinkflaschen, Ceramic-Lager (+ 130 Euro)	Ssp (121g), R10, Bbl, Titan-Ssp (44g, + 20 Euro), individuelles Dekor, Conti GP 4000 S II, 25mm	Ssp (75g), 2 Lrt, Bbl, individueller Aufbau möglich, Speziallager,	Ssp (119g), 2 Lrt, Wkz, Vvl,	Ssp (51g), Vvl, R10, Bbl,
818 / 994 / 1812 g	673 / 845 / 1518 g	660 / 774 / 1434 g	741 / 962 / 1703 g	752 / 943 / 1695 g
26,2 // 26,9 / 28,2 N/mm	22,9 // 26,9 / 29,9 N/mm	24,0 // 30,5 / 30,8 N/mm	37,6 // 34,7 / 34,2 N/mm	26,9 // 25,6 / 25,1 N/mm
0,66 / 0,80 mm	0,96 / 0,82 mm	0,67 / 0,69 mm	0,76 / 0,65 mm	087 / 0,92 mm
20,8 / 22,2 / 43,0 J	17,4 / 18,7 / 36,1 J	15,4 / 16,5 / 31,9 J	17,3 / 19,0 / 36,3 J	17,3 / 18,3 / 35,6 J
18 / 24	18 / 24	20 / 24	18 / 21	20 / 24
2,1 / 1,2 mm	2,1 / 1,2 mm	3,0 / 0,7 mm	2,0 / 1,0 mm	2,02 / 1,0 mm
Alu, innen Carbonring	Vollcarbon	Vollcarbon	Alu, innen Carbonring	Vollcarbon
Alu	Carbon	Carbon	Alu	Carbon
62,2 mm	60,0 mm	50,0 mm	50,0 mm	50,3 mm
23,5 / max. 27,3 mm	26,0 / max. 27,6 mm	23,0 mm	21,0 mm	24,0 / max. 24,4 mm
laut	laut	mittel	sehr leise	mittel
303,5 / 341,8 W	305,7 / 343,5 W	304,7 / 342,5 W	304,7 / 342,6 W	302,2 / 340,9 W
3:11:20 h / 31,36 km/h	3:11:53 h / 31,27 km/h	3:11:34 h / 31,32 km/h	3:11:31 h / 31,33 km/h	3:11:09 h / 31,39 km/h
Fahrrergewicht 105 kg	Fahrrergewicht 100 kg	Systemgewicht 120 kg	Fahrrergewicht 109 kg	Fahrrergewicht 90 kg
Sehr gute Aerodynamik gepaart mit geringer Empfindlichkeit bei Seitenwind und guter Preis-Leistung	Die preiswertesten Vollcarbonräder, bezogen auf die Felgenhöhe von 60 Millimeter geringes Gewicht	Top-Werte bei Gewicht und Beschleunigung	Ein Alleskönner, der in allen Disziplinen mit vorne liegt. Sehr robust und voll wettkampftauglich	Sehr gute Aerodynamik. Jedoch nur für leichtere Fahrer geeignet
<b>RennRad</b> TESTSIEGER <sup>5</sup> <sub>2017</sub>				<b>RennRad</b> KAUFTIPP <sup>5</sup> <sub>2017</sub>

Bilder: 1. Der Unterschied zwischen Standardlaufrad (im Bild Tune TSR 22 mit 22 Millimetern Felgenhöhe) und Aero-Laufrad (im Bild SwissSide Hadron 625 wird hier deutlich). 2. Auch wenn die Hybrid-Laufräder etwas schwerer sind als die Varianten aus Vollcarbon, für den Hobbyfahrer sind sie die bessere Wahl. 3. Mavic und Leeze liefern die Aero-Laufräder mit Reifen und Schlauch aus. Ein Tipp: Vergessen Sie nicht vor Ihrer ersten Ausfahrt mit Aero-Laufrädern einen Ersatzschlauch mitzunehmen, der ein ausreichend langes Ventil besitzt.



# CAMPAGNOLO

BULLET ULTRA



**Felgenmaterial:** Alu, innen Carbonring  
**Felgenhöhe:** 50 Millimeter  
**Felgenbreite (außen):** 21,0 Millimeter  
**Preis:** 1600 Euro  
**Gesamtgewicht:** 1703 Gramm

- Plus**
- + stabil & leicht
  - + gute Aerodynamikwerte
  - + robust & gutes Bremsverhalten
- Minus**
- sehr schmale Felge

# CITEC

8000 CX 63



**Felgenmaterial:** Alu, innen Carbonring  
**Felgenhöhe:** 61,7 mm  
**Felgenbreite (außen):** 22,5 Millimeter  
**Preis:** 1899 Euro  
**Gesamtgewicht:** 1675 Gramm

- Plus**
- + recht leicht
  - + gute Beschleunigung
  - + gute Aerodynamikwerte
- Minus**
- Preis

## LEEZE CC 60



**Felgenmaterial:** Vollcarbon  
**Felgenhöhe:** 60 Millimeter  
**Felgenbreite (außen):** 26,0 Millimeter  
**Preis:** 1299 Euro  
**Gesamtgewicht:** 1518 Gramm

- Plus**
- + leicht & relativ preiswert
  - + gute Aerodynamikwerte
  - + Lieferung mit Conti-Reifen
- Minus**
- Seitensteifigkeit Vorderrad



## MAVIC COSMIC PRO CARBON EXALITH



**Felgenmaterial:** Alu, innen Carbonring  
**Felgenhöhe:** 46,0 Millimeter  
**Felgenbreite (außen):** 24,0 Millimeter  
**Preis:** 1300 Euro  
**Gesamtgewicht:** 1797 Gramm

- Plus**
- + sehr gutes Bremsverhalten
  - + gute Aerodynamikwerte
  - + Lieferung mit Mavic-Reifen
- Minus**
- Beschleunigung
  - Gewicht



# NOVATEC

R5

**RennRad**  
KAUFTIPP  
5  
2017



**Felgenmaterial:** Vollcarbon  
**Felgenhöhe:** 50,3 Millimeter  
**Felgenbreite (außen):** 24,0 Millimeter  
**Preis:** 1599 Euro  
**Gesamtgewicht:** 1695 Gramm

**Plus** + sehr gute Aerodynamikwerte  
 + hoher Komfort  
**Minus** - maximales Fahrergewicht

# SHIMANO

WH - RS 81 - C50



**Felgenmaterial:** Alu, innen Carbonring  
**Felgenhöhe:** 50 Millimeter  
**Felgenbreite (außen):** 22,7 Millimeter  
**Preis:** 1099 Euro  
**Gesamtgewicht:** 1881 Gramm

**Plus** + stabil & preiswert  
 + hohe Belastbarkeit  
**Minus** - Aerodynamikwerte  
 - Gewicht



**Felgenmaterial:** Vollcarbon  
**Felgenhöhe:** 50 Millimeter  
**Felgenbreite (außen):** 23,0 Millimeter  
**Preis:** 1998 Euro  
**Gesamtgewicht:** 1434 Gramm

- Plus**
- + gute Aerodynamikwerte
  - + leicht & beschleunigungsstark
- Minus**
- Seitensteifigkeit Vorderrad
  - Preis

## SUPREME

5C



**Felgenmaterial:** Alu, innen Carbonring  
**Felgenhöhe:** 62,2 Millimeter  
**Felgenbreite (außen):** 23,5 Millimeter  
**Preis:** 1268 Euro  
**Gesamtgewicht:** 1812 Gramm

- Plus**
- + sehr gute Aerodynamik
  - + geringe Seitenwindempfindlichkeit
  - + vergleichsweise preiswert
- Minus**
- Gewicht
  - Beschleunigung

**RennRad**  
 TESTSIEGER  
 5  
 2017

## SWISS SIDE

HADRON 625

