

**TOUR DE FRANCE**

Cav is back – die Bilder
der ersten Woche

**NEUER SPONSOR**

Team Bora auf dem
Weg in die WorldTour

**GROSSER LAUFRAD-TEST**

Mit Lars Teutenberg auf der Bahn
– 13 Spezialisten im Aero-Vergleich

AUGUST 2016

€ 5,90

A-€ 6,50

CHF 10,80

Lux-€ 6,50

www.procycling.de

Pro cycling

Aus dem Herzen des Peloton

EXKLUSIV-INTERVIEW

KITTEL



„ICH HABE
GROSSES VERTRAUEN
IN MICH UND
MEINE STÄRKE“

OLYMPIA- VORSCHAU

Tony Martin & Co.
über ihre Chancen
in Rio

SPRINTKÖNIGE

Wo steht Marcel Kittel im
Vergleich mit den Besten?

GIRO D'ITALIA

Der späte Triumph
des Vincenzo Nibali

CRITÉRIUM DU DAUPHINÉ

Schlagabtausch
der Tour-Favoriten

MONT VENTOUX

Der Riese der Provence
und seine Geschichte

wom
MEDIEN



4 197078 305901

08

BREITE IN DER TIEFE

Zum dritten Mal in Folge testet Lars Teutenberg für *Proccycling* Laufräder auf der Radrennbahn in Büttgen. Dieses Jahr besteht das Testfeld in erster Linie aus Spezialisten mit tiefer Felge – die Ergebnisse fallen dennoch höchst unterschiedlich aus.

Text Caspar Gebel Fotografie Andreas Meyer, Caspar Gebel

Wie extrem sich der Luftwiderstand beim Radfahren auswirkt, zeigt das Verhältnis von Geschwindigkeit und Leistung. Rollt man in Oberlenkerhaltung mit 20 km/h dahin, reicht es, nur die Beine fallen zu lassen – mehr als 70 Watt muss ein normal großer, mittelschwerer Fahrer dafür nicht aufbringen. Doch das ist nicht mal Bummeltempo, also los. Auch 25 km/h sind noch leicht zu schaffen; die dazu notwendige Leistung beträgt bei unveränderter Sitzposition 125 Watt. Da geht noch was, denkt sich der Radsportler: Tempo 30 fordert ihm allerdings bereits knapp über 200 Watt ab. Wer schneller fahren will, sollte sich von der Oberlenkerhaltung verabschieden; bei 35 km/h treibt diese die Vortriebsleistung nämlich auf bereits 315 Watt hoch, während es am Unterlenker nur knapp 230 Watt sind. Auch wer in dieser aerodynamisch günstigen Position bleibt, muss in die nächsten 5 km/h noch einmal 100 Watt investieren und bewegt sich damit in Leistungsbereichen, die nur sehr gut trainierte Sportler erreichen.

Ein solcher ist Lars Teutenberg, der *Proccycling* bereits seit Jahren beim Testen von Laufrädern unterstützt. Der Ex-Radprofi, der vor zwei Jahren noch Dritter der Deutschen Zeitfahrmeisterschaft war (Sieger Tony Martin konnte dem 15 Jahre Älteren auf dem 44 Kilometer langen Kurs kaum mehr als eine Minute abnehmen), beherrscht das extrem gleichmäßige Fahren in perfekter Aero-Position wie kein Zweiter und ist damit bestens geeignet zur Durchführung von Materialtests auf der Bahn. Denn jede minimale Veränderung der Sitz-

haltung kann das Messergebnis beeinflussen und den Test verfälschen.

Das dritte Jahr in Folge nahm Teutenberg die Performance unterschiedlicher Laufräder auf der Radrennbahn in Büttgen unter die Lupe, diesmal allesamt Spezialisten in der Disziplin „Aero“ mit Felgenhöhen zwischen 40 und 60 Millimeter. Einziger Ausreißer: ein preiswerter Semi-Aero-Radsatz mit 30 Millimeter tiefer Alu-Felge von DT Swiss. Modelle für Schlauchreifen nahmen der besseren Vergleichbarkeit wegen diesmal nicht am Test teil; alle Kandidaten waren mit Conti Grand Prix TT in 23 Millimeter Breite ausgestattet, die auf 8 bar aufgepumpt waren. Die 23er lassen sich übrigens auch auf Felgen sicher montieren, die breiter sind als die ETRTO-Norm 622 x 15c, denn letztlich kommt es darauf an, wie breit der Reifen in der Realität ausfällt. In unserem Test lagen die gemessenen Reifenbreiten zwischen 24 und 27 Millimetern.

Was macht einen Radsatz schnell? Bewährte Zutat ist auf jeden Fall eine tiefe und dabei breite Felge mit U-Profil, wie unsere Ergebnisse zeigen: Die zwei Erstplatzierten kommen mit Felgen von 62 bzw. 64 Millimeter Tiefe daher, die mit 27 Millimeter (Swiss Side) bzw. 30 Millimeter (Roval) außerdem sehr breit ausfallen – in letzterem Fall so sehr, dass das Hinterrad nicht ohne Weiteres in eine Rennmaschine mit Tretlagerbremse montiert werden kann. Doch bereits der Profile-Radsatz auf Platz drei weicht von diesem Muster ab, denn seine Felgen sind „nur“ 24,5 Millimeter breit. Die Schlusslichter im Testfeld legen wiederum nahe, dass es auch auf das Verhältnis von Felgentiefe zu -breite ankommt,

denn hierzu gehören ebenso ein tiefes, schmales Modell wie eines mit mittelhoher, sehr breiter Felge.

Dass man beim Laufradkauf nicht allzu viel falsch machen kann, wenn die oben genannten Kriterien zutreffen, ist immerhin eine beruhigende Feststellung. Von den maximal zwölf Watt, die unsere Kandidaten bei 45 km/h auf der Bahn auseinanderliegen, bleiben bei Tempo 35 rein rechnerisch noch sechs Watt übrig, bei Tempo 30 vier Watt. Das gilt allerdings nur bei Windstille; schon bei leichtem Gegenwind muss deutlich mehr Leistung erbracht werden, sodass sich Aero-Laufräder bereits bei Geschwindigkeiten um 30 km/h auszahlen können. Nicht vergessen sollte man auch, dass tiefe Felgen durch den sogenannten Segeleffekt bei seitlicher Anströmung im Vorteil sind – und zwar vor allem bei mittleren Geschwindigkeiten um 35 km/h. Dabei sind gut konstruierte Exemplare nicht einmal sonderlich seitenwindanfällig.

Unser aktuelles Testfeld zeigt, dass rundum gute Aero-Performance inzwischen zu relativ günstigen Preisen erhältlich ist. Testsieger Swiss Side ruft keine 1.300 Euro für den Hadron 625 auf; dessen Alu-Bremsflanke mag zwar für ein recht hohes Gewicht sorgen, ist jedoch in Sachen Bremsperformance und Haltbarkeit von Vorteil. Auch Veltec und BH spielen beim Preis-Leistungs-Verhältnis vorne mit und liefern ziemlich leichte Vollcarbon-Radsätze mit guter Aerodynamik. Auf der Straße fühlt sich freilich auch ein preiswerter Allrounder wie der DT Swiss R32 schnell an, auch wenn er nicht die Leistungssparnis eines Spezialisten bringt.







BH EVO C55

Preis
1.299 €

Satzgewicht
1.663,7 g

Speichenzahl
20/24

Material
Carbon

Felgentiefe/-breite
55/21 mm

Leistung bei 40/45 km/h
233,1/320,4 W

Der spanische Radhersteller BH bietet unter dem Label Evo preislich interessante Carbon-Laufradsätze an. Beim neuen C55 fallen die Felgen etwas tiefer aus als bei den bisherigen Modellen, bieten aber ansonsten bekannte Technik: Das Vorderrad ist radial eingespeicht, hinten rechts wird zweifach gekreuzt. Unterschiedlich hohe Flansche an der Hinterradnabe sollen eine gleichmäßigere Speichenspannung bringen.

Testfahrer Lars Teutenberg konstatierte eine gewisse Trägheit beim Lenken, was auf eine nicht übermäßig hohe Seitensteifigkeit hindeutet. Was ihre aerodynamischen Eigenschaften angeht, liegen die spanischen Laufräder im breiten Mittelfeld; auch das Gewicht ist angesichts des günstigen Preises sehr ordentlich. Der Testreifen Conti TT fällt auf den Evo-Felgen vergleichsweise schmal aus, was den Rollwiderstand minimal erhöhen könnte.



ROVAL CLX64

Preis
2.898 €

Satzgewicht
1.591,8 g

Speichenzahl
16/7+14

Material
Carbon

Felgentiefe/-breite
64/30 mm

Leistung bei 40/45 km/h
226,7/311,6 W

Der Laufradhersteller spielt seit seiner Reanimierung durch Specialized aerodynamisch ganz vorne mit: Im Bahntest liegt das aktuelle Topmodell mit 64-Millimeter-Carbon-Felgen praktisch gleichauf mit Spitzenreiter Swiss Side. Kein Wunder, wenn man die zwei Radsätze vergleicht: Die Felgen sind fast gleich tief und ähnlich geformt, wobei die Roval-Carbon-Felge so breit ausfällt, dass sie nicht durch die Aero-Bremse an Lars Teutenbergs Scott-Rad passt. Mit 16 vorne und 7/14 weisen die CLX sehr wenige Speichen auf, wobei die 2:1-Einspeichung hinten für ausgeglichene Spannung sorgt. Die Carbon-Felgen, die dem Radsatz zu einem Gewicht unter 1.600 Gramm verhelfen, ziehen den 23er-Conti-Reifen extrem in die Breite. Das dürfte sich positiv auf den Rollwiderstand auswirken und mit zum sehr guten Ergebnis beitragen. Specialized empfiehlt seine hauseigenen Reifen in 22 Millimeter Breite vorne und 24 Millimeter hinten.



OVAL CONCEPTS 950 CARBON CLINCHER

Preis
1.599 €

Satzgewicht
1.619,2 g

Speichenzahl
20/24

Material
Carbon

Felgentiefe/-breite
50/24,5 mm

Leistung bei 40/45 km/h
232,7/319,8 W

Oval hat einen Carbon-Radsatz mit den typischen Merkmalen im Programm: Der 950 kommt mit 50 Millimeter tiefen Felgen und 20 bzw. 24 Speichen, die radial eingelegt bzw. hinten rechts zweifach gekreuzt sind. Wie Lars Teutenberg erfreut feststellt, fühlt sich der Radsatz ziemlich schnell an, wozu das recht geringe Gewicht beitragen mag. Im Wind schlagen sich die Oval 950 gut; mit knapp 320 Watt bei 45 km/h liegen sie im oberen Mittelfeld. Insgesamt ergibt sich der Eindruck eines hochwertigen, funktionellen Allrounders, der auf jedem Terrain glänzen sollte; dazu stimmt auch der Preis. Allerdings hat der Radsatz starke Konkurrenz durch die günstigen Alu-Laufräder von Oval Concepts, die auf der Bahn bereits Bestwerte erzielen konnten, bei Seitenwind aber freilich weniger gut abschneiden dürften.



PROFILE DESIGN 58 TWENTY FOUR FULL CARBON

Preis
1.799 €

Satzgewicht
1.667,4 g

Speichenzahl
20/24

Material
Carbon

Felgentiefe/-breite
58/24,5 mm

Leistung bei 40/45 km/h
229/314,8 W

Profile Design gehört zu den Herstellern mit jahrzehntelanger Aero-Erfahrung und ist gerade bei Triathleten bekannt und beliebt. Mit Laufrädern wie den 58 Twenty Four können sich freilich auch reine Radsportler anfreunden: Der mit tiefen Felgen ausgestattete Radsatz fühlt sich steif und direkt an; beim Antreten dürften sich die Hammerkopfspeichen an der Zahnkranzseite positiv bemerkbar machen. Dazu vermittelt er ein angenehmes Lenkverhalten, auch Preis und Gewicht gehen in Ordnung. Zudem soll das verwendete Harz besonders hitzebeständig sein und das Bremsverhalten der Felgen verbessern.

Mit knapp 315 Watt bei Tempo 45 gehören die Profile-Laufräder zu den besten drei Radsätzen im Test. Der Abstand zur Spitze könnte von drei Faktoren herrühren: ein paar Speichen mehr, etwas schmalere Felgen sowie eine geringere Reifenbreite, die den Rollwiderstand beeinflusst.



GIANT SLR 0 AERO

Preis
1.849 Euro

Satzgewicht
1.585,9 g

Speichenzahl
16/7+14

Material
Carbon

Felgentiefe/-breite
55/23 mm

Leistung bei 40/45 km/h
231,6/318,3 W

Das Topmodell des Radherstellers präsentiert sich so schlicht und technisch wie die aktuellen Giant-Rennmaschinen. Dass bei den Carbon-Rädern mit 55 Millimeter tiefen Felgen auch aufs Detail geachtet wird, zeigt das Hinterrad mit seiner 2:1-Einspeichung für gleichmäßige Speichenspannung links und rechts. Technisch hochwertig ist auch der DT-Swiss-Zahnscheibenfreilauf.

Im Einsatz fühlt sich der Giant-Radsatz solide und neutral an; das vergleichsweise geringe Gewicht macht ihn spürbar agil. Die Aerodynamik ist sehr gut, wenn auch nicht hervorragend, und beschert den SLR 0 Aero einen Platz im Mittelfeld. Im Vergleich zur Spitze fallen die mit 23 Millimeter eher schmalen Felgen auf, die auch die Reifen weniger stark auseinanderziehen; dafür gibt es elegant versenkte Speichen-nippel. Auf einen Schlauch kann man übrigens verzichten, zumal die Giant-Laufräder mit Schlauchlosreifen kompatibel sind.



DT SWISS R32 SPLINE

Preis
478 €

Satzgewicht
1.749,2 g

Speichenzahl
20/24

Material
Aluminium

Felgentiefe/-breite
32/22 mm

Leistung bei 40/45 km/h
233,4/320,8 W

Als einziger Hersteller schickt DT Swiss einen Aluminium-Radsatz in den Test. Der neue R 32 Spline geht mit seiner 32-Millimeter-Felge stärker in Richtung Aerodynamik, was sehr gut funktioniert: Mit knapp 321 Watt bei 45 km/h liegen die Alu-Räder gleichauf mit diversen 50-Millimeter-Carbon-Laufrädern, die denn freilich viel teurer sind.

Auffällig sind die vergleichsweise breiten Aero-Speichen, die vorne radial in den Nabenkörper eingehängt werden, hinten tangential verlaufen und zweifach gekreuzt sind. Das sieht nach hoher Steifigkeit aus; das erwartungsgemäß recht hohe Gewicht um 1.750 Gramm wirkt sich freilich etwas auf die Agilität aus.

Die sehr sauber gefertigten Felgen sind Tubeless-kompatibel und die Montage von Schwalbe-Schlauchlosreifen geht reibungslos über die Bühne – damit werden die R 32 zum pannensicheren Allrounder mit guter Aerodynamik und geringem Preis.



CAMPAGNOLO BORA ULTRA

50

Preis
2.983 €

Satzgewicht
1.433,4 g

Speichenzahl
18/7+14

Material
Carbon

Felgentiefe/-breite
50/24 mm

Leistung bei 40/45 km/h
229,9/316 W

Bereits 1992 überraschten die Italiener mit ihren futuristischen Shamal, die mit tiefen Felgen und minimaler Speichenzahl einiges von dem vorwegnahmen, was heute Standard ist.

Die aktuellen Campagnolo-Räder sind dazu überaus leicht. Der edle „Bora Ultra 50“-Satz wiegt keine 1.450 Gramm. Und an der Steifigkeit eines Radsatzes, der André Greipel zum Sprintsieg trägt, muss nicht gezweifelt werden.

An der Zahnkranzseite kommt ein deutlich höherer Flansch zum Einsatz, der die Hammerkopfspeichen flacher stehen lässt; typisch Campa ist die G3-Einspeichung am Hinterrad mit nur sieben Speichen links, die vielleicht auch einen Anteil an der sehr guten Aerodynamik der Laufräder hat: Mit 316 Watt bei Tempo 45 kommen sie dicht an die Spitzenreiter heran. Wer auf Carbon-Nabenhülsen und Keramiklager verzichten kann, spart mit den fast baugleichen Bora One 50 übrigens rund 1.500 Euro – ohne echte Funktionseinbußen.



FFWD F6R FCC

Preis
1.998 €

Satzgewicht
1.579 g

Speichenzahl
20/24

Material
Carbon

Felgentiefe/-breite
60/23 mm

Leistung bei 40/45 km/h
235,1/323,1 W

Einen baugleichen Radsatz schickte der niederländische Hersteller bereits 2015 in den Test und damals schnitt er ziemlich gut ab. Aktuell müssen sich die FFWD jedoch mit erstarkter Konkurrenz messen; im Vergleich zu Swiss Side, Roval & Co. fallen sie deutlich ab. Gleichmäßig am Hinterrad verteilte Speichen und vergleichsweise schmale Felgen sind nur für rund 323 Watt bei Renn-tempo gut.

Auf der anderen Seite werden die Laufräder mit hochwertigen Komponenten aufgebaut. Als Nabensatz kommen die aufwendig gelagerten und gedichteten DT Swiss 240S inklusive hochwertigem Zahnscheibenfreilauf zum Einsatz; die 60-Millimeter tiefen Felgen müssen recht leicht sein, zumal der komplette Radsatz nur 1.579 Gramm wiegt. Die steifen Laufräder rollen weich ab und hinterlassen den Eindruck solider Allrounder mit hoher Qualität, die allerdings nicht allzu preisaggressiv daherkommen.



SHIMANO DURA-ACE C50

Preis
2.159 €

Satzgewicht
1.801,2 g

Speichenzahl
16/7+14

Material
Aluminium/Carbon

Felgentiefe/-breite
50/23 mm

Leistung bei 40/45 km/h
233,1/320,4 W

Gerade mal acht unterschiedliche Ausführungen umfasst das Laufrad-Sortiment von Shimano. Die Faltreifen-Versionen sind dabei als Alu-Carbon-Verbund konzipiert, was gute Aerodynamik mit solidem (Nass-) Bremsverhalten vereint.

Mit innen liegenden Speichenrippeln und grau schimmerndem Carbon sind die Shimano-Laufräder eine elegante Erscheinung. Dazu können die extrem hochwertigen, sehr gut gedichteten Kugellager überzeugen – von eingepressten Industriellagern will man bei der Dura-Ace nichts wissen. Außerdem geizt man mit den Speichen – nur 16 bzw. 21 sind es, hinten im Sinne ausgeglichener Speichenspannung 2:1 verteilt. Mit rund 320 Watt bei Tempo 45 liegen die japanischen Laufräder im Mittelfeld; eine bessere Platzierung verhindern vielleicht die mit 22 Millimeter ziemlich schmalen Felgen. Dabei sind die Laufräder extrem steif, was für ein sehr direktes Lenkverhalten sorgt.



VELTEC SPEED 6.0 FCC

Preis
1.190 €

Satzgewicht
1.646,3 g

Speichenzahl
20/24

Material
Carbon

Felgentiefe/-breite
55/23,5 mm

Leistung bei 40/45 km/h
230,8/317,2 W

Der deutsche Laufradspezialist liefert mit dem Speed 6.0 FCC ein in mehrerer Hinsicht attraktives Produkt ab: Der Carbon-Radsatz ist preiswert, relativ leicht und mit guter Aerodynamik gesegnet.

Zum Einsatz kommen 55 Millimeter tiefe Felgen mit auffällig gerundeter Innenseite, die mit 23,5 Millimetern nicht sehr breit ausfallen. Das wirkt sich auch auf die Reifen (gut 24 Millimeter breit) aus – ein minimaler Rollwiderstandsnachteil? Mit 317 Watt bei 45 km/h rollen die Veltec-Räder jedenfalls auf einen der vorderen Plätze, auch wenn der Abstand zur Spitze deutlich ausfällt.

Mit knapp 1.650 Gramm liegt der Satz auch beim Gewicht im Mittelfeld. Die überschaubare Masse sorgt für einen neutral-agilen Charakter, wobei Lars Teutenberg eine gewisse Schwammigkeit anmerkte. Und zu guter Letzt ist es der günstige Preis von knapp 1.200 Euro, der die Veltec-Räder interessant macht – wenig Geld für einen Carbon-Radsatz.



SWISSIDE HADRON 625

Preis
1.268 €

Satzgewicht
1.789,9 g

Speichenzahl
18/8+16

Material
Aluminium/Carbon

Felgentiefe/-breite
62/27 mm

Leistung bei 40/45 km/h
226,4/311,2 W

Die Newcomer aus der Schweiz sind die große Überraschung des Tests: Mit 311,2 Watt bei Tempo 45 schlagen sie die Roval-Räder knapp im Rennen um den ersten Platz. Wie die Modelle des Specialized-Ablegers setzen die Hadron 625 auf gut 60 Millimeter tiefe, mit 27 Millimetern sehr breite Felgen. Die Schweizer sparen nicht mit Speichen – vorne sind es 18, hinten 8 links, 16 rechts. Der Flansch an der Zahnkranzseite ist größer, sodass die tangential eingehängten Speichen nicht so steil stehen.

Wie bei den Roval-Laufrädern fällt der 23er-Conti-Reifen auch bei den Hadron 625 mit 27 Millimetern sehr breit aus, was den Rollwiderstand verringert. Das bauchige Felgenprofil sorgt für viel Laufruhe bei wechselnden Winden, mit profilierten Reifen sollte es laut Hersteller noch besser funktionieren. Auch wenn sie nicht sehr leicht sind, fühlen sich die Hadron recht agil an. Gut ist die Bremswirkung der Alu-Flanke, auffällig der Sound durch die Carbon-Verkleidung.



FULCRUM RACING QUATTRO CARBON

Preis
1.209 €

Satzgewicht
1.484,8 g

Speichenzahl
18/7+14

Material
Carbon

Felgentiefe/-breite
40/24

Leistung bei 40/45 km/h
232,4/319,5 W

Campagnolo-Tochter Fulcrum bietet den Racing Quattro Carbon zu Recht als Allrounder an. Denn der 40-Millimeter-Radsatz kann eigentlich alles. Zunächst einmal bleibt er als einer von nur drei Sets im Test unter 1.500 Gramm – ein sehr guter Wert, der sich zusammen mit der ordentlichen (gefühlten) Steifigkeit positiv auf die Fahreigenschaften auswirkt. Weiter geht's mit den „halbhohen“ 40-Millimeter-Carbon-Felgen, die einen guten Kompromiss aus Aerodynamik und Agilität darstellen und mit sehr gutem Bremsverhalten glänzen. Sie sind leicht genug, um im Wiegetritt nicht träge zu wirken, und dabei ziemlich schnell, wie das Ergebnis des Bahntests zeigt: Knapp 320 Watt bei Renntempo sind mehr als anständig für einen Radsatz, der kein ausgewiesener Spezialist sein soll.

Schließlich ist es der sehr attraktive Preis um 1.200 Euro, der die Racing Quattro Carbon auszeichnet – ein viel genutzter Allrounder sollte ja nicht zu teuer sein ...



AX LIGHTNESS

Preis
1.799 €

Satzgewicht
1.214,1 g

Speichenzahl
20/24

Material
Carbon

Felgentiefe/-breite
41/26 mm

Leistung bei 40/45 km/h
235,5/323,6 W

Nur 1.200 Gramm bringt der Radsatz mit in Deutschland hergestellten Felgen auf die Waage, was für ein Clincher-Modell sehr, sehr wenig ist. Das geringe Gewicht ist den AX Lightness deutlich anzumerken: In Aero-Position auf der Bahn verzeichnet Lars Teutenberg eine gewisse Nervosität, die sich von den teils mehr als ein Pfund schwereren Aero-Spezialisten abhebt; auf der Straße erfreut der Radsatz mit großer Agilität beim Handling und guter Beschleunigung. Die breiten Carbon-Felgen von AX Lightness ziehen die 23er-Conti-Reifen auf ganze 27 Millimeter auseinander. Das beschert dem Radsatz einen leichten Rollwiderstandsvorteil, dem gegenüber die mäßige Aerodynamik steht – trotz innen liegender Speichennippel. Interessant ist aber, dass ein Radsatz mit weitgehend identischen Felgen im vergangenen Jahr aerodynamisch den Spitzenplatz belegte – das zeigt, wie gut die AX Lightness sind, nun aber stärkere Konkurrenten haben.

SO HABEN WIR GETESTET

Lars Teutenberg fuhr jeden Radsatz mehrere Kilometer auf der Bahn bei konstanter Geschwindigkeit. Am Rechner wurden die vom SRM ermittelten Leistungswerte dann geglättet und auf exakt 40 und 45 km/h umgerechnet. Die Wattzahl gibt den Gesamtwiderstand an, an dem die Laufräder einen vergleichsweise geringen Anteil haben. Aufgrund der leichten Pendelbewegungen entspricht das Fahren auf der Bahn einer Anströmung zwischen null und fünf Grad. Bei stärkerer seitlicher Anströmung steigt der Widerstand bei flachen Felgen in der Regel an, während er bei gut konstruierten tiefen Felgen abfällt („Segeleffekt“). Dieses Verhalten lässt sich auf der Bahn nicht überprüfen, sondern nur im Windkanal. Tiefe Felgen, die auf der Bahn gut abschneiden, sind dort erfahrungsgemäß auch überlegen.



SCHNELLER FÜR WENIG GELD

Gegen den Wind sind nicht die Laufräder der größte Bremsen, sondern der Radfahrer selbst. Bis zu 80

Prozent des zu überwindenden Luftwiderstandes gehen auf sein Konto, entsprechend groß ist das Einsparpotenzial. Sehr viel bringt natürlich die Sitzhaltung – der Wechsel von Ober- zu Unterlenker kann bereits an die 25 Prozent Leistung sparen. Viel mehr geht nicht ohne Triathlon-Aufsatz, es sei denn, man macht's wie die Profis und stützt sich mit den Unterarmen auf den Oberlenker, was für Ungeübte freilich eine etwas wackelige Sache ist. Hilfreich sind dabei übers Handgelenk reichende Aero-Handschuhe mit einer Gummierung an der Unterseite, die gut am Lenker haftet. Ist die Sitzposition und damit die „kostenfreie“ Aero-Optimierung ausgereizt, kommen Bekleidung und Fahrerausrüstung ins Spiel. Faltige, flatternde Trikots und Jacken sind nicht nur modisch, sondern auch aerodynamisch ein No-go; optimal ist ein Rennanzug, der von manchen Herstellern inzwischen auch mit Rückentaschen angeboten wird. Selbst in Radschuhen mit

Kletttrien und Drehverschlüssen verfängt sich der Fahrtwind; sie sollten, wo es auf Sekunden ankommt, unter Aero-Überschuhen verschwinden. Bei Tempo 45 lassen sich damit an die drei Watt sparen, haben Tests im Windkanal ergeben. Deutlich mehr bringt ein aerodynamisch optimierter Rennradhelm: Der neue Scott Cadence, mit dem Lars Teutenberg auf der Bahn fuhr, soll im Vergleich zu einem Standard-Radhelm bei Renntempo bis zu 15 Watt sparen. In Relation zu den Kosten ist der Kopfschutz damit effizienter als jeder Laufradsatz.



Modell	Material Felge	Felge/mm (T/B)	Speichen V/H	Gewicht/g	Preis/€	Watt/45 km/h
Swiss Side Hadron 625	Alu/Carbon	62/27	18/8+16	1.790	1.268	311,2
Roval CLX64	Carbon	64/30	16/7+14	1.592	2.898	311,6
Profile Design 58 Twenty Four Full Carbon	Carbon	58/24,5	20/24	1.667	1.799	314,8
Campagnolo Bora Ultra 50	Carbon	50/24	18/7+14	1.433	2.983	316
Veltec Speed 6.0 FCC	Carbon	55/23,5	20/24	1.646	1.190	317,2
Giant SLR O Aero	Carbon	55/23	16/7+14	1.586	1.849	318,1
Fulcrum Racing Quattro Carbon	Carbon	40/24	18/7+14	1.485	1.209	319,5
Oval Concepts 950 Carbon Clincher	Carbon	50/24,5	20/24	1.619	1.599	319,8
BH Evo C55	Carbon	55/21	20/24	1.663	1.299	320,4
Shimano Dura-Ace C50	Alu/Carbon	50/23	16/7+14	1.801	2.159	320,4
DT Swiss R32 Spline	Alu	32/22	20/24	1.749	478	320,8
FFWD F6R FCC	Carbon	60/23	20/24	1.579	1.998	323,1
AX Lightness	Carbon	41/26	20/24	1.214	1.799	323,6

▲ Das Testfeld in Aero-Rangfolge: Trotz ähnlicher Konzepte sind die Unterschiede teils sehr deutlich.

JEAN-PAUL BALLARD

TECHNISCHER DIREKTOR VON SWISS SIDE

„Ein Aero-Radsatz macht immer schneller“



Ist optimale Aerodynamik nur über möglichst tiefe Felgen mit gerundetem Profil zu haben?
Für uns bedeutet optimale Aerodynamik einen niedrigen Widerstand und eine gute, aerodynamische Stabilität des Vorderrades. Das Lenkverhalten im Wind ist entscheidend für die Berechenbarkeit/Aero-Stabilität des Vorderrades. Das klassische V-Profil bietet geringe Verbesserungen des Basisluftwiderstandes (ca. 0,5 Watt bei null Grad Anströmwinkel), doch die Strömungsablösung vom Profil bei Seitenwind geschieht bei wesentlich geringeren Anströmwinkeln von acht bis zehn Grad. Dadurch geht der Großteil des „Segeleffekts“ (Luftwiderstandsreduktion mit zunehmendem Seitenwindwinkel) verloren. Bereits an leicht windigen Tagen sind die Luftwiderstandseinbußen des gesamten Systems deutlich höher als die geringe Verbesserung des Basisluftwiderstandes. Gute Aero-Profile können bis über 17 Grad Seitenwindwinkel erreichen, bevor sich die Strömung vom Profil ablöst.

Was hat es mit dem sogenannten Segeleffekt auf sich?
Ein aerodynamisches Fahrrad kann wie ein Boot segeln. Sobald es Seitenwind gibt, funktionieren die aerodynamischen Flächen des Fahrrades wie ein Segel. Laufräder und Rahmen erzeugen Auftrieb wie ein Flügel. Diese Auftriebskraft kann das Fahrrad tatsächlich nach vorne treiben, wodurch der Luftwiderstand des Gesamtsystems reduziert wird. Die Laufräder leisten 65 Prozent des gesamten Segeleffekts. Bei höheren Anströmwinkeln erzeugen gute Aero-Laufräder selber so viel Auftriebskraft, dass sie Vortrieb erzeugen und selbst keinen Luftwiderstand mehr haben. Diesen Effekt nennt man „Negative Drag“.

Wie stark wirken sich Zahl, Form und Anordnung der Speichen aus?
Aus aerodynamischer Sicht will man keine Speichen; mit den richtigen Speichen bleiben die Auswirkungen auf die Aerodynamik aber sehr gering. Das Ziel ist, die Fläche der Speichen zu reduzieren. Runde Speichen sind die schlimmste Form für die Aerodynamik, deshalb werden dünne

Messerspeichen verwendet. Die beste aerodynamische Lösung bieten Radialspeichen.

Wie groß sind die Auswirkungen der Reifen auf die Aerodynamik?
Wegen der kleineren Stirnfläche sind schmale Reifen bei null Grad Anströmung im Vorteil; wenn die Felge breit ist, ist dies jedoch weniger wichtig. Von großer Bedeutung für die Aerodynamik des Vorderrades ist aber die Seitenwandprofilierung des Reifens. Der Grund ist ein kompliziertes aerodynamisches Phänomen, die sogenannte Grenzschicht-Transition. Ohne den richtigen Reifen kann die Aerodynamik eines Laufrades (jeder Marke) nicht funktionieren. Nicht alle Reifen mit einer Seitenwandprofilierung funktionieren richtig; Slicks funktionieren nie. Bei einem Slickreifen findet die Strömungsablösung von der Felge bereits bei sieben bis acht Grad Anströmwinkel statt, (ähnlich wie mit v-förmigem Felgenprofil). Der gesamte Vorteil des Aero-Laufrades geht verloren, da es keinen Segeleffekt mehr gibt. Bei höheren Anströmwinkeln kann die Luftwiderstandseinbuße bis zu 20 Watt betragen!

Ein Reifen, der aerodynamisch sehr gut funktioniert, ist der Conti Grand Prix 4000 S II.

Bringt der Reifen allein schon etwas, auch bei einem Standard-Radsatz?
Nein. Dieser aerodynamische Reifeneffekt ist nur wichtig für Aero-Laufräder.

Wie wichtig ist das Zusammenspiel von Laufradsatz und Rahmen? Kann ein ungeeigneter Rahmen dazu führen, dass ein Aero-Radsatz bremst statt schneller zu machen?
Da wir auch die aerodynamische Entwicklung für einige Rahmenhersteller und Profi-Athleten durchführen, haben wir inzwischen sehr viele Rahmen aller Marken im Windkanal gemessen. Interessanterweise sind die Vorteile, die Aero-Laufräder bringen, größer bei Rahmen mit schlechter Aerodynamik, weil die Räder das Gesamtsystem verbessern. Ein Aero-Radsatz macht immer schneller. Es gibt sicher Vorteile, wenn man den Rahmen mit den Laufrädern zusammen entwickelt. □