

Gegenwind stärkt den Charakter, sagt man oft. Er bereitet selten Vergnügen, und im Unterschied zum Bergauffahren gibt es nicht mal einen Gipfel, über den man irgendwann hinweg ist – mit etwas Pech hört der Wind bis zum Ende der Tour nicht auf.

Automatisch suchen Radfahrende daher Deckung, um die Körperfläche, die wie ein Windfang wirkt, möglichst klein zu halten. Schon auf Bildern aus den Anfängen des Radsports sieht man sie tief über die Lenker ihrer Hochräder gebeugt. Die Bedeutung der Aerodynamik für das schnelle Radfahren war also schon früh klar. Aber es fehlten die Möglichkeiten für Messungen, um das Phänomen Aerodynamik zu fassen. Mittlerweile

nutzen die Hersteller Windkanaltests und wissen genau, was ihre Produkte leisten.

Fließender Widerstand. Bewegt sich ein Körper, verdrängt er Luft. Sie hat zwar gegenüber zum Beispiel Wasser oder Öl eine geringere Viskosität, aber dennoch entsteht ein Strömungswiderstand, der überwunden werden muss. Luftmoleküle bilden dabei eine Randschicht, die die Bewegung des Körpers mitgeht und sich an den vorbeifließenden Luftströmen reibt. So entstehen unterschiedlich schnelle Luftströmungen, deren innere Reibung Wärme erzeugt – auf Kosten der Bewegungsenergie. Sie heißen laminare Strömungen, >

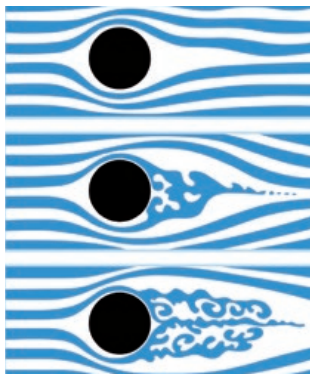
LUFTNUMMER

AERODYNAMIK AM RAD. Jahrelang war das Mantra der Fahrradbranche: Sportliche Räder müssen leicht sein, um schneller zu werden. In den letzten Jahren ist die Aerodynamik in den Fokus gerückt, und jetzt heißt es: Windschnittigkeit schlägt Leichtigkeit.



Rahmen, Laufräder, Helm, Kleidung: Jedes Detail wird optimiert, um beim Kampf gegen den Wind Sekunden herauszuholen.

Foto: stevensbikes.de/pd-f



oben Die Fläche, auf die der Wind trifft, wird Stirnfläche genannt. Je kleiner sie ist, desto besser. unten links Ab einer bestimmten Geschwindigkeit kommt es zum Strömungsabriss. Aerodynamisch optimierte Körper zögern diesen Moment möglichst lange hinaus. unten rechts Velomobile minimieren den Luftwiderstand durch kleine Stirnflächen und aerodynamische Verschalung.

› solange sie ohne abzureißen einen Körper umfließen. Genau das passiert aber beim Radfahren: Sie reißen an einer Stelle ab und bilden Luftwirbel. Diese turbulenten Strömungen erhöhen den Luftwiderstand enorm. Daher ist bei der Entwicklung aerodynamischer Bauteile das Ziel, die Luftströmung möglichst spät abreißen zu lassen und die Verwirbelungen klein zu halten. Das Maß für die Windschnittigkeit ist der Strömungswiderstandskoeffizient oder c_w -Wert.

Zusammen mit anderen Werten wie der Dichte des Fluides, dessen Geschwindigkeit und der Stirnfläche lässt sich der Strömungswiderstand berechnen. Oder übersetzt für Radfahrende: Wie anstrengend es wird, hängt davon ab, wie stark der Gegenwind ist, wie groß die gegen den Wind gerichtete Fläche ist, die Mensch und Fahrrad bilden, und wie strömungsgünstig Fahrrad und Körper geformt sind.

Der Mensch auf dem Fahrrad macht in etwa drei Viertel des Luftwiderstands aus, und bei 50 Kilometern in der Stunde müssen etwa 90 Prozent der Energie investiert werden, nur um ihn zu überwinden. Für den Wettkampf wird daher versucht, eine Position zu finden, in der die Stirnfläche möglichst klein ist. Im Extremfall ist das die geduckte Haltung von Zeitfahrenden oder Triathleten mit eng beieinanderliegenden Armen auf

**AERODYNAMIK
SPART KRAFT
UND IST OFT
WICHTIGER ALS
DAS GEWICHT.**

einem Zeitfahrenler. Für die Kraftersparnis spielt die Aerodynamik auf vielen Strecken sogar eine größere Rolle als ein geringes Gewicht. Gewicht fällt nur ins Gewicht, wenn es beschleunigt oder bergauf geschleppt werden muss. Deshalb nutzen viele Profis auch auf den Bergetappen großer Rundfahrten die etwas schwereren Hochprofilfelgen, denn ihre Windschnittigkeit ist auf die gesamte Strecke gesehen vorteilhafter als eine leichtere Felge.

Schnittige Details. Das Potenzial, über Anpassung der Sitzposition eine bessere Aerodynamik zu erreichen, ist begrenzt. Der Mensch auf dem Rad muss in der Lage sein, die Kraft effektiv einzusetzen und auch längere Distanzen schmerzfrei zu absolvieren. Zeitweises Ducken bei starkem Gegenwind ist unproblematisch, aber nicht über 100 Kilometer. Durch Detailarbeit kann man aber noch darüber hinaus Einfluss auf den c_w -Wert nehmen.

Laufräder mit Hochprofilfelgen sind windschnittiger als Standardversionen. Der Segeleffekt bei von hinten einfallendem Wind gibt zusätzlichen Schub. Werden die Felgen aber zu hoch, wird es schwierig, bei Seitenwind, dem Drag, die Spur zu halten.

Für Aero-Laufräder werden enorme Summen von etwa 1.000 bis über 2.500 Euro fällig. Die tatsächlichen Vorteile in Zahlen zu fassen, ist aufgrund der Komplexität schwierig. Ein Hersteller gibt zum Beispiel an, dass ein bestimmter Laufradsatz über eine Strecke von 40 Kilometern 80 Sekunden gegenüber einem Standardlaufradsatz spart. Das ist enorm, wenn es im Wettkampf um jede Sekunde geht.

Runde Rohrquerschnitte sind bei schnellen Rädern nur selten zu finden. Stattdessen wird jedes Rahmendetail möglichst windschnittig konstruiert. Weitgehend innerhalb des Rahmens verlaufende Züge verringern den Widerstand im Wind ebenfalls.

Ein weiterer Ansatzpunkt ist die Kleidung. Eng anliegende Trikots und Hosen sorgen für weniger Luftwiderstand. Hightechkleidung für Profis hat sogar spezielle Oberflächen, um die Windschnittigkeit zu erhöhen. Weitgehend geschlossene Helme sparen Kraft gegenüber herkömmlichen Helmen mit vielen Belüftungsöffnungen.

Aero beim Trekkingrad? Kann man auch auf dem Trekkingrad oder dem Pedelec durch verschiedene Maßnahmen dafür sorgen, leichter durch den Wind zu kommen und bei Elektrorädern dadurch womöglich die Reichweite erhöhen, weil der Akku so geschont wird? Denkbar wäre das. Aber durch die aufrechte Sitzposition ist der Anteil des Menschen am Windwiderstand enorm hoch. Die Arbeit an Details würde damit im Verhältnis nicht allzu viel bringen, vor allem, wenn man die enormen Entwicklungskosten betrachtet.

○ René Filippek

Fotos: Jürgen Telahr, iStockphoto.com/mel-nik/kruwt, Fotolia.com/barbulat



NACHGEFRAGT ...

... bei Jürgen Telahr,

Produktentwickler bei Rose Bikes GmbH.

Der Bocholter Versender hat eigene

Aero-Laufräder aus Carbon entwickelt.

Bis ins kleinste Detail abgestimmt

Eineinhalb Jahre Entwicklungszeit sind in die neuen aerodynamischen Laufräder geflossen. Warum nimmt das so viel Zeit in Anspruch?

Allein die Herstellung unserer eigenen Carbonfelgen, die es in drei Varianten gibt, hat über ein Jahr Entwicklungszeit eingenommen. Vom Kickoff über Computeranalysen, Prototypenbau und Windkanaltests bis zum ersten fahrbaren Muster mussten einige Schleifen gedreht werden. Windkanaltests sind sehr aufwendig. Die nackten Zahlen von Drag und c_w -Wert sowie die Gewichtungen der unterschiedlichen Anströmwinkel und Lenkkräfte müssen richtig interpretiert werden. Jedes Detail wie Naben, Speichen, Nippel und natürlich die Felgen wurde zusammen mit Lieferanten aufeinander abgestimmt und getestet. Wichtig war auch das Feedback der Rennfahrer, die unsere Prototypen unter harten Bedingungen in der Praxis erprobt haben.

Bringen aerodynamisch optimierte Rahmen und Laufräder für alle Vorteile oder profitieren nur ambitionierte Sportlerinnen und Sportler?

Es spielt keine große Rolle, ob ein Rennradfahrer mit aerodynamisch optimiertem Material nun mit 30 oder 40 km/h unterwegs ist. Der Vorteil gegenüber nicht optimiertem Material ist bei beiden Geschwindigkeiten proportional gleich. Oft ist es für Hobby-Sportlerinnen und -sportler aber schwer zu erfüllen und zu verifizieren, ob das optimierte Material „schneller“ geworden ist.

Kann ein Laie erkennen, ob ein Laufrad eine gute Aerodynamik hat?

Es gibt einige Anhaltspunkte für eine gute, ausgewogene Aerodynamik am Laufrad. Ein Laufrad muss nicht nur durch den Wind schneiden, sondern auch die Balance bei Seitenwind halten. Ein unkompliziertes Fahrverhalten ist wichtig. Wenn seitliche Windböen mich zwingen, meinen Tritt auszulassen oder die Position auf dem Rad zu ändern, macht das den Aero-Vorteil wieder zunichte. Auch sollte der Reifen zum Felgenprofil passen. Aktuelle Aero-Felgen sind außen zwischen 24 und 27 Millimeter breit. Reifen zwischen 25 und 28 Millimetern Breite sind dann ideal, um das volle Potenzial auszuschöpfen. Weniger Speichen machen ebenfalls schneller. Zu wenige dürfen es aber nicht sein, denn die Steifigkeit des Systems ist wichtiger.



EINBLICK VERPASST?

ADFC-Mitglieder können alle Einblick-Artikel auf www.adfc.de kostenlos herunterladen. Zum Einloggen bitte Postleitzahl und Mitgliedsnummer eingeben.

E-Bike-Reisen für Entdecker

**Die Welt aktiv erleben – mit Genuss
und Komfort auf allen Kontinenten**

Bergauf ist wie bergab.
Gegenwind? Kenne ich nicht.
Ein völlig neues Fahrgefühl!

Gardasee | Toskana

Jakobsweg | Andalusien

Kroatien und Montenegro

Baltikum | Finnland

Cornwall | Marokko | Südafrika

Kuba | Vietnam

Thailand | Neuseeland

Höchstens 12 Gäste plus Reiseleiter

Inkl. Qualitäts-E-Bikes vor Ort



**Kostenlosen
Katalog
anfordern!**

Tel.: 030 786 000-124
info@belvelo.de | www.belvelo.de

