

Proband die Möglichkeit, unmittelbar eine Haltungsänderung beurteilen zu können. Außerdem wurden verschiedene Anströmwinkel gemessen, um besser den realen Bedingungen auf der Straße zu entsprechen.

Die Optimierung einer aerodynamischen Position ist ein Balanceakt. Viele verschiedene Anforderungen kommen zusammen und beeinflussen sich gegenseitig. Die Konstruktion muss sich im UCI-Reglement bewegen. Die Sitzhaltung darf keine ergonomischen Nachteile provozieren. Das Gewicht des Rades sollte möglichst gering sein. Gleichzeitig muss der Rahmen steif genug konstruiert werden, es soll ja schließlich keine Energie vergeudet werden.

Mit der Zeitfahrmaschine „P3C“ hat Cervélo den Durchbruch im Zeitfahr-Sektor erreicht. In der Ironman-Geschichte konnte das P3 über 30 Siege für sich verbuchen. Bereits 1999 stellten White und Vroomen auf der *Interbike* das erste P3 vor. Trotz einer Reihe von aerodynamischen Gestaltungen am Aluminiumrahmen bei gleichzeitiger Gewichtsersparnis kamen sie erst mit dem Wechsel zum Werkstoff Carbon in das richtige Fahrwasser.

Drei wichtige Bereiche ermöglichten den Bau des besten Zeitfahrrades der Welt: das Steuerkopfrohr, die Sattelrohrbefestigung und das um das Hinterrad gebogene Sattelrohr und dessen Profil. Mit der gestalterischen Freiheit, die Carbon bietet, war es möglich, ein strömungsoptimiertes Steuerrohr zu bauen, das die Luft optimal weiterleitet. Die übliche, aerodynamisch ungünstige Klemmung für das Sattelrohr konnte verschwinden auch die hintere Bremse wird an der best möglichen Stelle montiert und die Zugführung perfekt gelöst. Die Sattelkerze bekam ein tieferes Profil und sie wurde weiter nach hinten versetzt. Das erlaubt es, dem Luftstrom hinter den Beinen leichter zusammen zu führen.



Altus, der „radikalere“ Bruder des ersten P2-Zeitfahrrades (unten) - trotz fehlenden Unterrohrs war der Rahmen steif genug für die Anforderungen - allerdings war das Publikum schwer zu überzeugen. Nach der Messe tauchte dieses Modell nicht wieder auf.



Der erste P2-Renner, Vorläufer des P3.

Cervélo P4

Mit dem *P4* setzt *Cervélo* für die Saison 2009 einen weiteren Evolutionsschritt um. Drei Jahre nach Einführung der *P3* ist diese zum Referenzmodell avanciert und hat viele Zeitfahr- und Triathlonsiege eingefahren. Die Aufholjagd der Konkurrenten hat eine stürmische Entwicklung in Gang gesetzt und die Radsportszene wurde neugierig auf das zu erwartende Nachfolgemodell der Kanadier.

Das *P4* sollte deutlich schneller sein als das *P3*. Daher verbrachte man wieder viel Zeit im Windkanal und benutzte computergestützte Strömungssimulation (CFD - s. Physik-Kapitel). Sämtliche Rahmenrohre wurden neu gestaltet. Man verbesserte die Umströmung der Profile, um vorzeitige Ablösung und Turbulenz zu minimieren. Die asymmetrischen Kettenstreben erzielen auch bei Seitenwind gute Werte. Die Sattelstreben wurden weiter nach vorne geneigt, um die Frontanströmfläche zu reduzieren und der Ansatz am Sattelrohr verbessert. Die Gabel ist nahtlos in das Steuerrohr des Rahmens integriert. Schon 1995 hatte *Cervélo* dieses Prinzip entwickelt, es konnte aber erst jetzt umgesetzt werden. Der Abstand zwischen Reifen und Rahmen wurde optimiert. Dies ist ein sehr sensibler Bereich mit komplexen aerodynamischen Wechselwirkungen. Ein Rahmensegment am Unterrohr für das Vorderrad, ebenfalls bereits 1995 entwickelt, stellte sich in späteren Messungen nicht als die aerodynamischste Lösung heraus. Das ist auch nachvollziehbar, da das Vorderrad fast nie in der günstigen Position verbleibt, weil ein Radfahrer ständig kleinste Lenkbewegungen ausführt, die zu unterschiedlichen Anstellwinkeln für den Luftstrom führen. Die Hinterradbremse ist hinter dem Tretlager in einer Nische versteckt. Und schließlich bildet die neue Trinkflasche eine aerodynamische Einheit mit dem Rahmen und der Luftwiderstand ohne Trinkflasche ist höher als mit dieser. Verwirbelungen durch die pedalierenden Beine im Rahmendreieck werden damit weitgehend verhindert.

Man darf gespannt sein, wann die UCI solche Trinkflaschen verbietet. Denn prinzipiell könnte man eine Trinkflasche entwerfen, die das gesamte Rahmendreieck ausfüllt. Und dann sind wir wieder beim Lotusbike mit seinem Flächenrahmen.

Schließlich ist die Lücke zwischen dem gekrümmten um das Hinterrad geführten Sattelrohr und dem Hinterrad überarbeitet worden. Eine wohlgestaltete Lücke hat einen bedeutsamen Effekt auf die Windschlüpfrigkeit. Die „Kreditkartenregelung“ der UCI sagt nur aus, dass die Lücke 2,1 mm betragen muss, um eine Scheckkarte zwischen Rahmen und Hinterrad hindurchschieben zu können. Die tatsächlichen Auswirkungen der Lücke hängen von vielen Einflüssen ab, vor allem von den Einsatzbedingungen (trockene, saubere Fahrbahnoberfläche oder nasse Straßen). Der Abstand variiert in der Regel je nach Einsatzbedingung zwischen 3 bis 5 mm. Das hängt auch mit der verwendeten Reifengröße zusammen. Viele Zeitfahrmaschinen sind nur auf bestimmte Reifensorten und -größen optimiert. Macht der Mechaniker bei der Montage einen Fehler und steht das Rad nicht genau in der Flucht des Sattelrohres, hat man bedeutende Nachteile.



