

Simulation und Messtechnik führen gemeinsam zum Erfolg

Strömungsverluste minimieren

Neben Kraft und Ausdauer ist die Aerodynamik bei Radrennen von entscheidender Bedeutung. Dabei geht es gar nicht mal so sehr um die Optimierung des Fahrrads, sondern vielmehr um die Haltung und Position des Fahrers sowie die richtige Kleidung einschließlich Helm. Um dies gezielt zu optimieren, kombiniert das Schweizer Unternehmen streamwise gmbh spezialisierte Messtechnik und Strömungssimulation.



Die Aerodynamik spielt im Profisport in vielen Disziplinen eine entscheidende Rolle. In letzter Zeit hat insbesondere die Möglichkeit zur Widerstandsreduktion durch gezielte Beeinflussung der Strömung mit strukturierten Texturen in der Bekleidung breite Anwendung gefunden. Dabei wird gezielt eine turbulente Grenzschicht erzeugt, was eine Ablösung der Strömung verzögert und den Druckwiderstand senkt (Golfballeffekt). Der Gesamtwiderstand eines Athleten kann so je nach Geschwindigkeit drastisch (>10%) gesenkt werden. Lediglich die Optimierung der Haltung des Athleten lässt ähnliche Verbesserungen zu, weshalb sich entsprechende Aktivitäten auf diese beiden Bereiche konzentrieren sollten.

Im Radrennsport wird seit langem großer Wert auf die Position des Fahrers gelegt. So werden die Körperhaltung sowie die Lenkerposition und der Winkel des Helms sorgfältig optimiert. Gerade die Formen der einzelnen Komponenten, deren Positionierung und die gegenseitige Beeinflussung lassen sich sehr gut in einer Strömungssimulation (CFD – Computational Fluid Dynamics) abbilden. Viele Konfigurationen können effizient verglichen werden, was bei Versuchen mit sehr viel Aufwand verbunden wäre. Zudem ermöglicht der CFD-Einsatz ein sehr gutes Verständnis der globalen Strömungstopologie sowie der gegenseitigen Abhängigkeiten.

Gezielte Optimierung mit komplexen Oberflächen

Gezielte Optimierung mit komplexen Oberflächen

Strukturierte Oberflächen zur Reduktion des Widerstandes sind im Leistungssport hingegen erst seit ein paar Jahren im Einsatz, und das Potenzial für weitere Verbesserungen ist entsprechend groß. Zwar ist der Golfballeffekt seit langem bekannt, die Wirkung ist aber abhängig von der Geschwindigkeit und der Form des umströmten Körpers, insbesondere aber auch von der feinkaligen Textur der Oberfläche. Letzteres verhindert bis auf weiteres den Einsatz von Simulationen zur Optimierung, da eine korrekte Nachbildung der Textilstrukturen unter Berücksichtigung

der Deformation von einzelnen Fasern und der Luftdurchlässigkeit des Gewebes nicht im Bereich des Machbaren liegen.

Den Golfballeffekt im Sport gezielt zur Widerstandsreduktion einzusetzen, ist aufgrund der komplizierten Geometrie der Athleten eine große Herausforderung. Grundsätzlich geht es darum, durch Verwendung von unterschiedlich texturierter Kleidung die Geschwindigkeit, bei der der Golfballeffekt wirkt, in den Bereich der Fortbewegungsgeschwindigkeit zu verschieben. Da sich die Geometrie und auch die Strömungsgeschwindigkeiten am Athleten örtlich stark unterscheiden, muss lokal die optimale Strukturierung (Rauigkeit) gefunden werden. Ohne geeignete Messtechnik ist das jedoch nicht machbar.

Das neu entwickelte Visualisierungssystem ProCap ermöglicht, während Windkanalversuchen das dreidimensionale Geschwindigkeitsfeld in Echtzeit zu ermitteln und darzustellen. Geschwindigkeit und Druck werden dazu mittels einer von Hand geführten Messsonde erfasst. Die Position der Sonde wird gleichzeitig mit einem

3D-Kamerasystem aufgenommen und mit den Messdaten verrechnet um in Echtzeit das Strömungsfeld zu rekonstruieren. Auf diese Weise können schnell und effizient Messungen und Visualisierungen der Strömungen an komplizierten Körpern bzw. Athleten durchgeführt werden. Die Daten stehen zudem nach der Messung als 3D-Datensatz zur Verfügung, zum Beispiel für einen Vergleich zwischen Mess- und CFD-Ergebnis.

Zur Demonstration haben die Strömungsspezialisten von streamwise einen Zylinder im Windkanal mit verschiedenen Stoffen belegt und gezeigt, dass dadurch der Luftwiderstand bei Geschwindigkeiten von 30 bis 90 km/h um bis zu 20 Prozent reduziert werden kann. Parallel zu den Kraftmessungen am Zylinder über eine Waage setzte streamwise ProCap ein, das die Strömung dreidimensional vermisst und in diesem Fall klar aufzeigt, dass mit der optimalen Stoffoberfläche das Nachlaufgebiet hinter dem Zylinder minimal ist.

Interpolieren und Visualisieren in Echtzeit

Mit dem ProCap-System und der Simulationssoftware ANSYS CFD wird hier ein kombinierter Optimierungsansatz am Beispiel eines Radsportlers vorgestellt, der auch auf viele andere Sportarten übertragbar ist. Bei der von streamwise eingesetzten Methode wird die Strömung um den Sportler zunächst mit CFD-Berechnungen analysiert. Nach ersten Analysen der Simulationsergebnisse kann dann eine Optimierung der Oberkörperposition und des Helmwinkels erfolgen. Schon dieses ist nicht immer einfach, da durch Körperhaltung und Helmposition komplizierte Strömungen mit Hufeisenwirbeln um den Kopf herum entstehen können, die den Luftwiderstand erheblich beeinflussen.

Dazu erläutert Benjamin Rembold, Mitinhaber der streamwise gmbh: „Um jedes einzelne Körperteil besteht eine spezielle Strömungstopologie, die wir erfassen, um den optimalen Modus für den Einsatz des Körperteils zu finden. Dazu muss ich erst einmal wissen, wie die Strömung um die Körperteile überhaupt aussieht, und ich muss den Sportler natürlich optimal positionieren. Das funktioniert hervorragend mit der CFD-Strömungsanalyse. Als wir das Pilotprojekt gemeinsam mit der CADFEM Suisse AG durchführten, war ich selber sehr positiv überrascht, wie gut das passt. Die Feinoptimierung erfolgt dann mit unserer Messtechnik im Windkanal.“

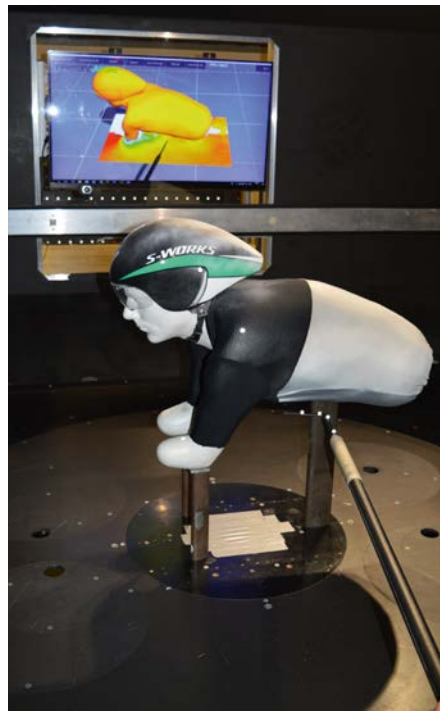


Bild 1: Bei ProCap wird die Strömung mit einer Sonde lokal vermessen und direkt visualisiert.

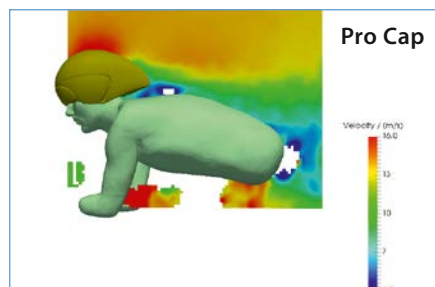
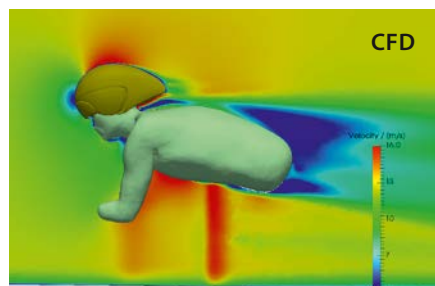
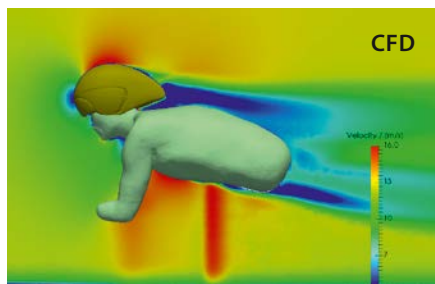


Bild 2: Die optimale Position des Helms wird mit CFD ermittelt (oben und Mitte) und anschließend via ProCap validiert.

Nach der Strömungsanalyse mit dem CFD-Modell wird der Strömungsverlauf mit ProCap überprüft. Hierbei ist es sehr wichtig, dass die Modelle exakt mit den vorher simulierten übereinstimmen. Deshalb verwendet streamwise dafür zum Beispiel einen Radfahrer-Dummy mit Zeitfahrhelm, der auch als CFD-Modell via 3D-Scan exakt erfasst wurde. Mit den für ProCap im Einsatz stehenden Kameras lässt sich dann auch die relative Position zwischen Helm und Kopf hochgenau erfassen. Die Messungen im Windkanal mit ProCap erfolgten bei einer Geschwindigkeit von 45 km/h mit drei unterschiedlichen Helmpositionen. Der anschließende Vergleich zeigte, dass die Ergebnisse der Simulationen und Messungen sehr gut übereinstimmen.

Übereinstimmung von Simulation und Messung

Im finalen Schritt wurde mit den Messungen der Einfluss von verschiedenen Texturen an der Oberfläche des Rennanzugs untersucht. Dabei wurde mit unterschiedlichen Oberflächentexturen an verschiedenen Positionen gearbeitet, um den Luftwiderstand zu reduzieren. Da die lokale Strömung großen Einfluss auf den Luftwiderstand hat, erfolgten die Messungen zielgerichtet dort, wo Veränderungen zu erwarten waren. Hierbei floss das im Vorfeld aus den CFD-Analysen gewonnene Wissen über die Strömungstopologie ein.

Die Experten von streamwise konnten bei einem Vergleich eines Standardanzugs mit einem Rennanzug, der spezielle Texturen an den entscheidenden Stellen enthält, feststellen, dass z.B. das Nachlaufgebiet der Strömung um den Arm deutlich kleiner ist. Bezüglich Gesamtwideerstand (bezogen auf Fahrerdummy, Helm und Aufhängung) übersetzte sich dies in eine Widerstandsreduktion um 20%. Dies demonstriert, wie eine äußerlich kaum wahrnehmbare Modifikation mit einer richtig gewählten Vorgehensweise in eine massive Widerstandsreduktion übersetzen lässt.

STREAMWISE

InfoUnternehmen

streamwise gmbh
www.streamwise.ch

InfoAnsprechpartner | streamwise

Benjamin Rembold
rembold@streamwise.ch

InfoAnsprechpartner | CADFEM

Markus Dutly
Tel. +41 (0) 52-368 01-02
markus.dutly@cadfem.ch