

Rollwiderstandskoeffizienten von Mountainbike Cross Country Reifen: kleine Zahlen von grosser Bedeutung

Beat Müller^{1,2}, Thomas Maier¹, Lucas Schmid¹, & Jon P. Wehrlin¹

¹Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen EHSM

²Swiss Cycling Federation, Grenchen

Kontakt: beat.mueller@baspo.admin.ch



Einleitung

Die Hauptwiderstände beim Mountainbike Cross Country (MTB XC) sind der Luftwiderstand, Rollwiderstand und die Hangabtriebskraft, des Weiteren muss bei Beschleunigungen das Trägheitsmoment überwunden werden (siehe Abbildung 1). Auf einem ruppigen Untergrund kann der Rollwiderstand bis zu 69% des Gesamtwiderstands betragen [1, 2]. Obschon der Rollwiderstand beim MTB XC leistungsbestimmend ist, liegen keine Daten zu führenden MTB XC Reifen, wie sie an internationalen Rennen verwendet werden, vor.

Ziel

Das Ziel der Studie war es, den Rollwiderstand von führenden MTB XC Reifen zu vergleichen, um Swiss Cycling bei der Materialwahl für die Olympischen Spiele zu unterstützen.

Methode

Elf MTB XC Reifen wurden auf einem Rundkurs bestehend aus 40% Wiese, 30% Kies und 30% Waldboden von demselben Testfahrer getestet. Mit allen Reifen wurden 5-6 Testläufe zu je 5 Runden mit gleichem Luftdruck durchgeführt (0.019 Bar / kg Systemgewicht). Mittels Virtual Elevation Methode wurde ausgehend von der gemessenen Leistung, Geschwindigkeit, Systemgewicht und Luftdichte der Rollwiderstandskoeffizient (C_r) bestimmt [3]. Die Unterschiede im C_r wurden zudem mit der folgenden Formel in Zeitgewinne und Leistungsparsnisse umgerechnet:

$$P = (m g \sin a v + C_r m g \cos a v + 0.5 C_d A \rho v^3) / \text{ETA}$$

(P = Leistung, m = Masse, g = Gravitationskonstante, a = Steigungswinkel, v = Geschwindigkeit, C_r = Rollwiderstandskoeffizient, $C_d A$ = Widerstandsfläche, ρ = Luftdichte, ETA = Antriebseffizienz)

Resultate

Der mittlere C_r aller Reifen betrug 0.0218 ± 0.0010 . Die C_r -Werte reichten von min. 0.0205 bis max. 0.0237 (16%, $p < 0.001$). Der tiefste gegenüber dem höchsten C_r führt zu einem Zeitgewinn von 158 s (2.9%) bzw. einer mittleren Leistungsparsnis von 15 Watt bei einem MTB XC Rennen.

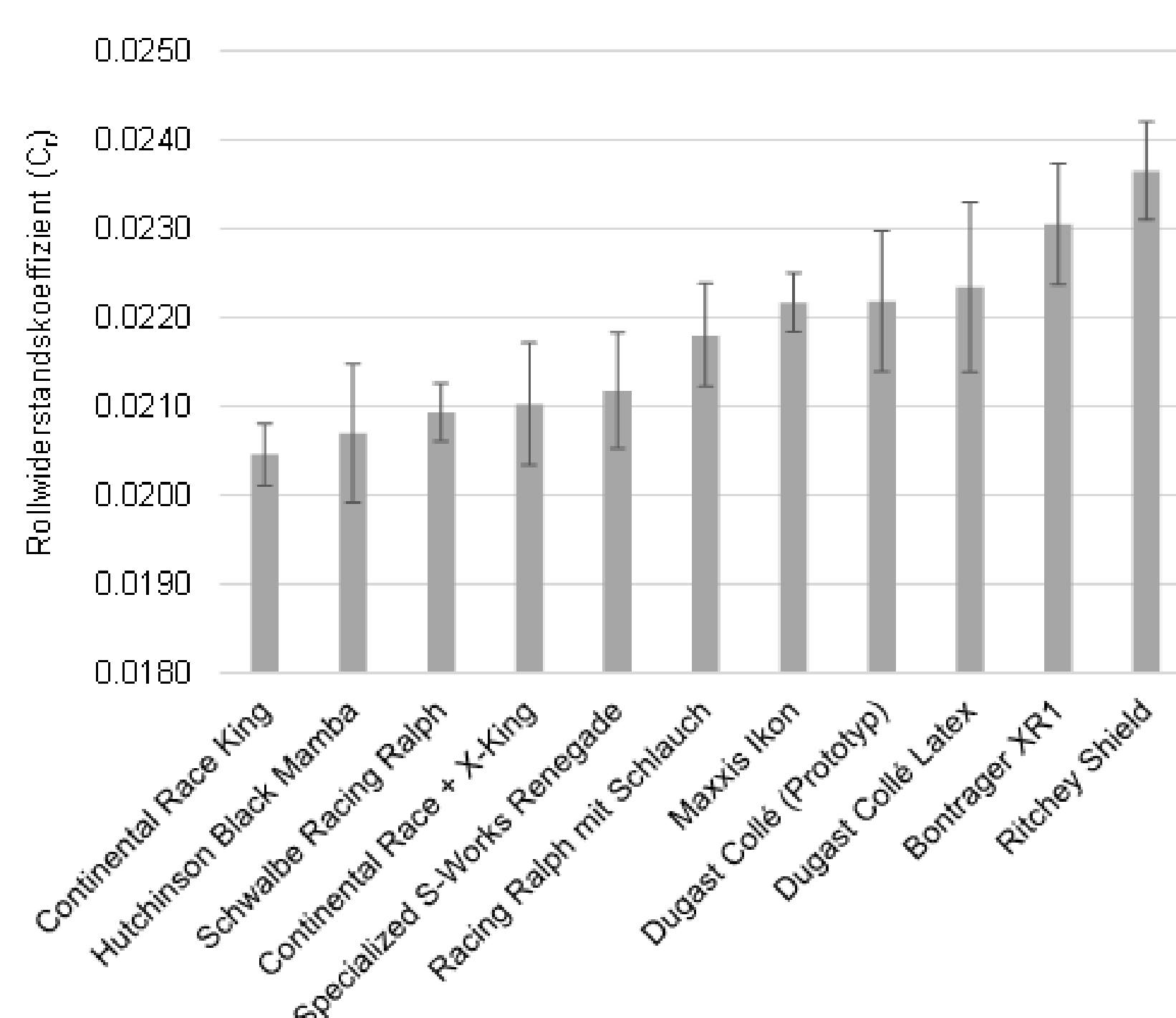


Abbildung 2. Rollwiderstandskoeffizienten, Mittelwerte und Standardabweichungen der untersuchten Reifen.



Abbildung 1. Physikalische Betrachtungsweise der Performance im Radsport.

Tabelle 1. Rollwiderstandskoeffizienten der untersuchten Reifen mit errechneter Zeit- und Leistungsparsnis am Beispiel des MTB XCO Weltcups auf der Lenzerheide 2015.

Hersteller, Modell 29"	C_r	SD	CV	Vergleich zu Dugast Collé (Prototyp)		
				Abweichung Cr	Zeitdifferenz [s]	Leistungs-differenz [Watt]
Continental, Race King ¹	0.0205	0.0003	1.7%	-8%	-85	-8
Hutchinson, Black Mamba ¹	0.0207	0.0008	3.8%	-7%	-73	-7
Schwalbe, Racing Ralph ¹	0.0209	0.0003	1.5%	-6%	-61	-6
Continental, Race (HR) + X-King (VR) ¹	0.0210	0.0007	3.3%	-5%	-57	-5
Specialized, S-Works Renegade ¹	0.0212	0.0006	3.1%	-5%	-49	-4
Schwalbe, Racing Ralph (mit Schlauch)	0.0218	0.0006	2.7%	-2%	-19	-2
Maxxis, Ikon ¹	0.0222	0.0003	1.5%	0%	-1	0
Dugast, Collé (Prototyp)	0.0222	0.0008	3.6%	0%	01:29:33	291
Dugast, Collé (Latex)	0.0223	0.0010	4.3%	1%	0	1
Bontrager, XR1 ¹	0.0230	0.0007	2.9%	4%	43	4
Ritchey, Shield ¹	0.0237	0.0006	2.3%	7%	73	7
MW	0.0218					
SD	0.0010					

Anmerkungen: ¹ = Reifen als Tubless mit 90 ml Dichtflüssigkeit montiert; C_r = Rollwiderstandskoeffizient; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; CV = Variationskoeffizient; HR = Hinterrad; VR = Vorderrad; Berechnungsbeispiel: MTB XCO Weltcup, Lenzerheide 2015; Wettkampfdauer = 1h 29min 33s; Durchschnittsleistung 291 Watt; Distanz = 29830 m; Anstieg = 997 m; Luftdichte = 0.996 kg/m³; Systemgewicht = 79.5 kg; $C_d A$ 0.512 m²; Antriebseffizienz = 97.7%.

Konklusion

Die Resultate zeigen, dass sich die Rollwiderstandswerte von führenden MTB XC Reifen wesentlich voneinander unterscheiden und zu einem relevanten Zeitgewinn bzw. einer Leistungsparsnis im Wettkampf führen. Daher ist der Rollwiderstand – nebst Gripp, Traktion und Pannensicherheit – ein relevanter Faktor, der bei der Reifenwahl berücksichtigt werden sollte.

Referenzen

- Bertucci W.M., & Rogier S. (2012). Effects of different types of tyres and surfaces on the power output in the mountain bike field conditions: a preliminary study. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*; 15: 234-236
- Bertucci W.M., Rogier S., & Reiser II R.F. (2013). Evaluation of aerodynamic and rolling resistances in mountain-bike field conditions. *J Sports Sci*; 31: 1606-1613
- Chung R. (2012). Estimating $C_d A$ with a power meter. [Electronic Article] anonymous.coward.free.fr/wattage/cda/indirect-cda.pdf: 112