



Einfluss nicht-kreisförmiger Kettenblätter auf die Fahrrad-Leistung

Einleitung

Die sporadische Verwendung von nicht-kreisförmigen Kettenblättern im Profisport gibt wenig Aufschluss über die tatsächlichen Effekte, daher soll das vorliegende Dokument den Nutzen nicht-kreisförmiger Kettenblätter auf die Fahrrad-Leistung verständlicher darstellen.

Der theoretische Vorteil nicht-kreisförmiger Kettenblätter basiert auf der Annahme, dass die Kraftübertragung während des gesamten Trittzklus optimiert wird.

Bereits in den 80er Jahren kam die Idee zu nicht-kreisförmigen Kettenblättern, unter anderem das damalige „Biopace“ Kettenblatt von Shimano. Die Effekte blieben aus. Problem war die falsche und somit ineffiziente Ausrichtung des Kurbelarms zum Kettenblatt, sodass an den beiden Totpunkten im Tretzyklus ein größerer Widerstand aufgrund des höheren Übersetzungsverhältnisses wirkte.

Die heutigen nicht-kreisförmigen Kettenblätter (Q-Ring, AbsoluteBlack, Osmetric) haben das ovale Blatt so platziert, dass es den Radius und den Kraftaufwand, der erforderlich ist, um den oberen „Totpunkt“ im Pedalhub zu überwinden, reduziert und den nutzbaren Radius während des Kraftteils des Abwärtschubs der Kurbel erhöht. Trotz dieser plausiblen Argumentation und Herstellerangaben von Leistungssteigerungen zwischen 3 und 12% sind die Effekte nicht-kreisförmiger Kettenblätter aus wissenschaftlicher Sicht auf die Fahrrad-Leistung nicht eindeutig.

Einfluss der Ovalität und Kurbelausrichtung

Die Ovalität ist als das Verhältnis von Haupt zu Nebenachse definiert und die Kurbelausrichtung als Winkel zwischen der senkrecht aufgerichteten Hauptachse des nicht-kreisförmigen Kettenblatts und des Kurbelarms im Uhrzeigersinn (Abb. 1).

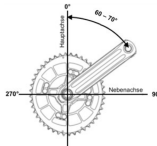


Abb. 1 Optimale Kurbelausrichtung (nach mathematischer Berechnung)



Abb. 2 (a) Q-Ring (Ovalität von 1:1,10), (b) Osmetric (Ovalität von 1:1,215)

Die Erhöhung der **Ovalität** (Abb. 2) ermöglichte es, die Auswirkungen eines nicht-kreisförmigen Kettenblattes zu verstärken (Strutzenberger et al., 2014). Sowohl die Form als auch die Ausrichtung des verwendeten Osmetric-Kettenblatts ähnelt der theoretisch optimalen Kettenblattform, die von (Rankin & Neptune, 2008) in einer dynamischen Simulation zur Maximierung der Kurbelkraft vorgeschlagen wurde. Die Autoren zeigten, dass das theoretisch optimale, nicht-kreisförmige Kettenblatt (Ovalität von 1:1,29) die Kurbelkraft signifikant erhöhen konnte (2,9%). Die Verringerung der Kurbelgeschwindigkeit während der effektiven Abwärtsphase ermöglichte es den Muskeln länger Kraft zu erzeugen und mehr externe Arbeit zu leisten. Somit ist ein bestimmtes Maß an Ovalität erforderlich, um gewünschte Effekte zu erzielen.

Samozino et al. (2007) schlussfolgern, dass für eine **optimale Kurbelausrichtung** der Kurbelarm im Tretvorgang eher hoch positioniert werden muss. Off sind die vom Hersteller vorgegebenen Kurbelausrichtungen relativ tief und somit nahe an oder bereits in den weniger effektiven Bereichen des Tretvorgangs, wodurch der erhöhte Radius ineffizienter ausgenutzt wird (Malfait et al., 2012). Mathematischen Berechnungen zufolge liegt die optimale Kurbelausrichtung zwischen 60 und 70° (Abb. 1), die Position ist abhängig vom Sitzwinkel, hier 73° (Malfait et al., 2010).

Demzufolge sind fehlende Leistungssteigerungen auf zu geringe Ovalität und Fehlpositionierung der Kurbel zurückzuführen. Im Vergleich zu anderen nicht-kreisförmigen Systemen ist das Osmetric, wenn die Kurbel in der optimalen Position ausgerichtet ist, das leistungsstärkste handelsübliche nicht-kreisförmige Kettenblatt. (Malfait et al., 2010)

Einfluss auf die Effizienz

Die Effizienz wird als Verhältnis der verrichteten Arbeit zu verbrauchter Energie definiert (Ettema & Lorås, 2009).

Eine Übersichtsarbeit über nicht-kreisförmige Kettenblätter beobachtete sehr widersprüchliche Ergebnisse in Bezug auf die Effizienz. Einige Studien berichteten von leichten Effizienzsteigerungen (2 – 14%) (Bini & Dagnese, 2012). Dabei ist zu berücksichtigen, dass keine nicht-kreisförmigen Kettenblätter verwendet wurden, sondern Systeme die auf der gleichen Wirkungsweise (leichteres Überwinden der Totpunkte) beruhen. Demgegenüber berichteten weitere Studien, dass aufgrund unveränderter physiologischer Parameter, das Ausbleiben eines signifikanten Anstiegs der Effizienz nicht verwunderlich ist (O'Hara et al., 2012).

Einfluss auf die neuromuskuläre Leistung

Aus der Literatur geht heraus, dass ein nicht-kreisförmiges Kettenblatt potentielle Vorteile für Sprintleistungen haben kann. Vor allem Radsportler mit einer vorteilhaften schnell zuckenden Faserverteilung sollen von der nicht-kreisförmigen Kettenblattform profitieren (Rankin & Neptune, 2008).

Im Vergleich mit dem standardmäßigen Kettenblatt konnte während 20-sekündiger Maximalsprints das Q-Ring eine Tendenz einer bis zu 6,7% höheren Leistung erreichen (Cordova et al., 2014). Die Ergebnisse werden durch die signifikanten Leistungssteigerungen (Abb. 3) beim einem 1-km-Zeitfahren mit dem Q-Ring gestützt (O'Hara et al., 2012).

Week/ Chaining	Time (s)	Avg Power (W)	Max Power (W)	Avg Speed (kph)	Max Speed (kph)	Lactate (mmol/L)
4/Rotor	84.2 ± 1.8 *	440 ± 32 †	739 ± 110	42.8 ± 0.9 †	46.9 ± 1.6	11.7 ± 2.3
5/Circular	85.5 ± 2.4	422 ± 39	733 ± 118	42.2 ± 1.1	46.2 ± 1.2	11.6 ± 2.0
Values expressed as mean ± SD. *Significantly lower than Circular chaining (p < 0.05). † Significantly greater than Circular chaining (p < 0.05). n = 8.						

Abb. 3 Leistungsergebnisse des 1-km-Zeitfahrens

Weiteres war die maximale Kraftentwicklung an der Kurbel während des Sprints mit dem Osmetric Kettenblatt signifikant höher (+4.3%) als mit normalem Kettenblatt. Die erhöhte Kraftentfaltung ist auf eine modifizierte Pedal kinetik zurückzuführen: Die Kurbelgeschwindigkeit wird durch den größeren Radius des nicht-kreisförmigen Kettenblattes in der effektiven Kraftphase verlangsamt, dadurch kann einerseits die Hüfte eine größere Gelenkkraft (Extension/Flexion) erzeugen und andererseits die Muskeln länger Kraft produzieren und mehr externe Arbeit leisten. Trotz der marginal kleinen Effekte kann diese Verbesserung vor allem in explosiven Situationen ausschlaggebend sein. Rennradfahrer könnten ihre Beschleunigung bei Sprints verbessern und Mountainbiker bei kurzen Anstiegen eine höhere Leistung entwickeln. (Hintzy et al., 2016)

Beim BMX Start sprint konnte eine Verbesserung in der ersten kurzen Beschleunigung mit dem Q-Ring nachgewiesen werden (Mateo et al., 2010). In einer weiteren Studie kam die Forschungsgruppe zum Schluss, dass nur die leistungsstärksten sowie erfahrenen Radfahrer fähig sind, die erhöhten Kraftanforderungen zu bewältigen, die durch das nicht-kreisförmige Kettenblatt während des Abwärtschubs entstehen und somit die Leistung verbessern. (Mateo et al., 2012)

Gegensätzlich konnten Leong et al. (2017) keine Verbesserungen der maximalen Leistung mit zwei verschiedenen nicht-kreisförmigen Blättern (Q-Ring & Osmetric), sowie Elvira et al. (2020) der Gesamtleistung beim BMX-Startsprint mit dem Q-Ring herausfinden.

Einfluss auf die submaximale Leistung

In Bezug auf die aerobe Radfahrleistung zeigten die kinematischen Effekte von nicht-kreisförmigen Designs keine aussagekräftigen Auswirkungen. Fast alle Studien scheiterten beim Versuch, eine signifikante Verbesserung eines gängigen Parameters der Ausdauerleistung wie Herzfrequenz, Sauerstoffverbrauch, Ventilation, Laktatkonzentration oder maximale aerobe Leistung zu erreichen, unabhängig vom getesteten nicht-kreisförmigen System (Cordova et al., 2014; Peiffer & Abbas, 2010). Eine Erklärung kann die Fasertypverteilung, vorteilhaften langsamen zuckende Faserverteilung bei Ausdauer-sportern, sowie eine niedrigere durchschnittliche Leistung sein (Rankin & Neptune, 2008).

Nach einer einjährigen Adaptation mit dem AbsoluteBlack Kettenblatt konnte bei 7 Radfahrern eine verbesserte Leistung bei einer submaximalen Testung herausgefunden werden, welche auf eine bessere Trettechnik zurückzuführen ist (Fonda, 2018). Aufgrund der geringen Probandenanzahl sind die Ergebnisse jedoch mit Vorsicht zu genießen.

Einfluss auf die Kraftübertragung und Traktion („Schlupf“) beim Offroad Cycling

Mountainbiker berichten, dass sie mit nicht-kreisförmigen Kettenblätter mehr Traktion im Gelände haben, jedoch gibt es noch keine wissenschaftlichen Studien, die dies untersucht haben.

Einfluss auf die Gelenksbewegung / -kräfte

Das nicht-kreisförmige Kettenblatt hat eine signifikante Auswirkung auf die Tretrienematik der unteren Gliedmaßen. Studien mit mathematischen Modellierungsverfahren errechneten eine Reduzierung der Kniegelenkskraft von 1,5 bis 6% (Malfait et al., 2010) sowie der Kniebelastung um 7% (Bisi et al., 2010) und eine Erhöhung der Hüftgelenkskraft (Strutzenberger et al., 2014). Aufgrund der geringeren Belastung am Knie könnte das nicht-kreisförmige Kettenblatt im Rehabilitationsbereich an Bedeutung erlangen bzw. nach Verletzungen zum Einsatz kommen.

Weiteres könnten Athleten und Trainer davon profitieren, nicht-kreisförmige Kettenblätter in das Training zu integrieren, um die Hüftstreckermuskulatur zu stärken. Dies kann speziell für Kurzstreckenrennen von Vorteil sein, da diese einen höheren Kraftbeitrag des Hüftgelenks erfordern als ausdauernde Rennen. (Strutzenberger et al., 2014)

Einfluss auf die Messgenauigkeit beim Powermeter

Nicht-kreisförmige Kettenblätter verändern die Kurbelumdrehungsgeschwindigkeit während des Trittzklus. Dadurch, dass viele Powermeter für die Berechnung der Leistung eine konstante Geschwindigkeit für die Rotation voraussetzen, beeinflussen nicht-kreisförmige Kettenblätter ihre Genauigkeit. Meist fällt mit einem nicht-kreisförmigen Kettenblatt der Wert daher etwas höher (1 – 4%) aus: je ovaler das Kettenblatt, desto größer der Einfluss auf die Genauigkeit (Power Meter City, 2020). Eigenen Tests zufolge zeigt der Stages Powermeter 4 – 5% mehr Leistung an, wenn ein nicht-kreisförmiges Kettenblatt genutzt wird (Stages Cycling, 2016). Diese „Leistungssteigerungen“ sind lediglich Fehlmessungen der tatsächlichen Leistung.

Beim Wechsel von runden auf nicht-kreisförmige Kettenblätter bzw. bei Labor- und Feldmessungen gilt es diese Inflation zu berücksichtigen. Die Schwelienleistung (FTP) sowie die Trainingszonen müssen folglich angepasst werden.

Einige Hersteller weisen jedoch auch daraufhin, dass es keinen Unterschied in der Messgenauigkeit zwischen der Verwendung eines regulären oder nicht-kreisförmigen Kettenblatts gibt (Power Meter City, 2020). Es wurden noch keine wissenschaftlichen Studien durchgeführt, die den Einfluss untersucht haben.

Weitere Gesichtspunkte

Aus mechanischer Sicht bergen nicht-kreisförmige Kettenblätter einige Probleme: Feineinstellung des Umwerfers, Schaltverhalten, Kettenabfall, etc. Es sollten Disziplinen ohne viele Schaltvorgänge oder das Verwenden einer 1-fach Übersetzung bevorzugt werden.

Je steiler der Berg und niedriger die Kadenz desto mehr macht sich ein nicht-kreisförmiges Kettenblatt bemerkbar. Eine niedrige Trittfrequenz von 70 U/min führte mit dem Osmetric Ring zu einem leichten Anstieg der muskulären Aktivierung des zweiköpfigen Wadenmuskels sowie inneren und äußeren Schenkelmuskels (5 – 15%), den beiden Hauptmuskeln, die während des Kurbelzyklus Kraft erzeugen. Wie auch vorherige Studien konnten keine Unterschiede in der Muskelaktivität bei hohen Trittfrequenzen (90 & 110 U/min herausgefunden werden (Duc et al., 2015).

Konklusion

Allgemeine Schlussfolgerungen bezüglich Leistungsänderungen beim Radfahren mit nicht-kreisförmigen Kettenblättern sind nur eingeschränkt möglich. Die Unterschiede in den methodischen Aspekten (Kettenblatt-Design, Arbeitsbelastung, Kadenz, etc.) könnten teilweise eine Erklärung für die widersprüchlichen Ergebnisse sein.

Die Ovalität und Kurbelausrichtung sind ausschlaggebend für den Erfolg nicht-kreisförmiger Kettenblätter (1). In Punkto Effizienz konnten keine eindeutigen Aussagen getroffen werden (2). Kräftigere Radfahrer sowie maximale Leistungen können von dem nicht-kreisförmigen Design profitieren (3). Dagegen können Leistungssteigerungen bei länger andauernden Disziplinen, bei denen kraftsparender gefahren wird, um die Strecke zu beenden, nicht hervorgerufen werden (4). Nach Verletzungen oder Problemen mit dem Knie, könnte es ebenfalls sinnvoll sein, da weniger Kräfte auf die Knie wirken (5).

Nicht-kreisförmiges Kettenblatt Ja oder Nein? Falls es Effekte gibt sind sie marginal klein, was im Radsport jedoch von bedeutender Wichtigkeit ist. Die Entscheidung hängt vom Einsatzgebiet ab, sollte aufgrund der hohen Variabilität von Athleten zu Athleten individuell getroffen werden und benötigt eine Eingewöhnungsphase!

Literatur

Bini, R. R., & Dagnese, F. (2012). Noncircular chainrings and pedal to crank interface in cycling: A literature review. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 14(4), 470–482. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2012v14n4p470>

Bisi, M. C., Stagni, R., Gnudi, G., & Cappello, A. (2010). Non-circular chain ring allows a reduction of joint loading in cycling. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 10(01), 113–122.

Cordova, A., Latasa, I., Seco, J., Villa, G., & Rodriguez-Falces, J. (2014). Physiological Responses during Cycling with Oval Chainrings (Q-Ring) and Circular Chainrings. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(2), 410–416.

Duc, S., Puel, F., Jarlot, B., & Bertucci, W. (2015). EFFECT OF NONCIRCULAR O-SYMETRIC CHAINRING ON MUSCULAR ACTIVATION DURING STEADY-STATE PEDALLING. *ISBS - Conference Proceedings Archive*. <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/6359>

Elvira, J. L. L., Mateo-March, M., Zabala, M., & Blasco-Lafarga, C. (2020). The use of accelerometry to evaluate the BMX cycling starting hill. Effect of the Q-Ring™ on the acceleration profile. *Sports Biomechanics*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1770323>

Ettema, G., & Lorås, H. (2009). Efficiency in cycling: A review. *European journal of applied physiology*, 106, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1008-7>

Fonda, B. (2018). *Cycling performance improvement with oval chainrings after 1 year of adaptation.* /paper/Cycling-performance-improvement-with-oval-after-1-Fonda/47389905fad177023c896a9526f714d3dac7cb

Hintzy, F., Grappe, F., & Belli, A. (2016). Effects of a Non-Circular Chaining on Sprint Performance During a Cycle Ergometer Test. *Journal of Sports Science & Medicine*, 15(2), 223.

Leong, C.-H., Elmer, S. J., & Martin, J. C. (2017). Noncircular Chainrings Do Not Influence Maximum Cycling Power. *Journal of Applied Biomechanics*, 33(6), 410–418.

Malfait, L., Storme, G., & Derdeyn, M. (2010). *Comparative biomechanical study of circular and non-circular chainrings for endurance cycling at constant speed.* <http://www.noncircularchaining.be/pdf/Biomechanical%20study%20chainrings%20-%20release%202.pdf>

Malfait, L., Storme, G., & Derdeyn, M. (2012). *Why do appropriate non-circular chainrings yield more crank power compared to conventional circular systems during isokinetic pedaling?* /paper/Why-do-appropriate-non-circular-chainrings-yield-to-Malfait/0d97fe438494dc82595f0e12dd262f0ec8b99690

Mateo, M., Blasco-Lafarga, C., Fernández-Peña, E., & Zabala, M. (2010). Effects of the Q-Ring non-circular pedaling system on sprint performance in the BMX cycling discipline. *European Journal of Human Movement*, 25, 31–50.

Mateo, M., Zabala, M., & Gonzalez-Badillo, J. (2012). Effects of the orientation of the maximum torque point with a Q-Ring™ non-circular chaining system on the BMX cycling sprint performance. *Science & Sports*, 27(3), e15–e19. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2012.03.002>

Mateo, Manuel, Fernández-Peña, E., Blasco-Lafarga, C., Morente-Sánchez, J., & Zabala, M. (2014). Does a Non-Circular Chaining Improve Performance in the Bicycle Motocross Cycling Start Sprint? *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(1), 97.

O'Hara, C., Clark, R., Hagobian, T., & McLaughley, K. (2012). Effects of Chaining Type (Circular vs. Rotor Q-Ring) on 1km Time Trial Performance Over Six Weeks in Competitive Cyclists and Triathletes. *International Journal of Sports Science and Engineering*, 8(1), 25–40.

Peiffer, J. J., & Abbas, C. R. (2010). The influence of elliptical chainrings on 10 km cycling time trial performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(4), 459–468.

Rankin, J. W., & Neptune, R. R. (2008). A theoretical analysis of an optimal chaining shape to maximize crank power during isokinetic pedaling. *Journal of Biomechanics*, 41(7), 1494–1502. <https://doi.org/10.1016/j.biomech.2008.02.015>

Power Meter City. (2020). *Power Meters and Oval Chainrings*. Power Meter City. <https://powermetercity.com/2016/07/24/power-meters-oval-chainrings/> Zugriff am 25.01.2021

Samozino, P., Hovais, N., & Hintzy, F. (2007). Why does power output decrease at high pedaling rates during sprint cycling? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(4), 680–687.

Stages Cycling. (2016). *Ist es möglich einen Stages Powermeter mit ovalen oder asymmetrischen Kettenblättern zu fahren?* Stages Cycling. <https://support.stagescycling.com/helpsupport/solutions/articles/1000158537-ist-es-m%C3%B6glich-einen-stages-powermeter-mit-ovalen-oder-asymmetrischen-kettenbl%C3%A4ttern-zu-fahren-> Zugriff am 25.01.2021

Strutzenberger, G., Wunsch, T., Kroell, J., Dastl, J., & Schwameder, H. (2014). Effect of chaining ovality on joint power during cycling at different workloads and cadences. *Sports Biomechanics*, 13(2), 97–108. <https://doi.org/10.1080/14763141.2014.908946>