

UNTERSCHIEDE DER DRUCKVERTEILUNG AM FUSS ZWISCHEN NORMALEN- UND CLIPLESS PEDALEN BZW. DEREN EINFLUSS VON LAIE UND PROFIRADFÄHRER

A. Kozek¹, J. Langer¹, M. Kling¹, D. Höftberger¹, J. Obergruber¹

¹ Fachhochschule Technikum Wien, Wien, AUT

1 Kurzfassung

Ziel der Messung war die qualitative Messung der Druckverteilung am Fuß zwischen herkömmlichen Fahrradpedalen und Clipless Pedalen während der Kurbelbewegung beim Rad fahren auf einem Ergometer.

Weiters sollte der Unterschied zwischen einem Fahrrad-Profi und einem Laien ohne jegliche Erfahrung mit Clipless Pedalen, evaluiert werden.

Mittels einem Ergometer und FSR-Sensoren wurde eine qualitative Druckverteilung ermittelt. Es wurde jeweils mit selber Leistung und dabei gleichbleibender Trittfrequenz gefahren.

Zwei Hypothesen wurden aufgestellt. Erstens, gibt es eine messbare Entlastung auf die Fußsohle in der Pedalaufwärts-Phase aufgrund einer aktiven Zugphase. Zweitens, ist der Effekt bei Laien und Profi im selben Ausmaß zu beobachten.

Hypothese I konnte aufgrund einer qualitativen Messung, bestätigt werden. Die zweite Hypothese konnte wegen Auswertungsfehler nicht geprüft werden.

Aus den Messungen konnte man außerdem einen klaren Unterschied in Bezug auf den Ferseneinsatz und damit verbundenen Muskelaktivität im Unterschenkel erkennen.

2 Einleitung

Moderne Pedaltechnik im Rennrad- bzw. Race-orientierten Mountainbike-Sport ist heutzutage nicht mehr wegzudenken. Die Vorreiter, die sogenannten Käfigpedale, wie man sie von älteren Rennradmodellen kennt, markierten den ersten Schritt in diese Richtung, waren allerdings in Bezug auf Pedalliereffektivität heutigen Pedal-Plattformsystemen, wie man sie beispielsweise von Shimano®, Time® oder Crank Bros.® kennt, deutlich unterlegen. Die Idee dahinter ist, bereits im Vorfeld leistungsbeeinflussende Parameter wie Fußposition am Pedal, Lage des Druckpunktes oder Reibungsverluste zwischen Schuh und Pedal, auszuschließen. Darüber hinaus kann die auf die tiefste Pedalstellung folgende Aufwärtsbewegung durch die kraftschlüssige Verbindung von Schuh

und Pedal, im Gegensatz zu herkömmlichen Pedalen, zusätzlich Drehmoment erzeugen, was im Endeffekt zu dem so oft zitierten runden Tritt führt. Diesen Unterschied zwischen Standard-Pedalen ohne kraftschlüssige Verbindung und Clipless-Pedalen, hier am Beispiel von Shimano SPD®, anhand qualitativer Kraft-/ Pedalstellungsverläufe zu veranschaulichen soll eine Aufgabenstellung dieses Papers sein. Durch die Entlastungsphase (der Fußsohle) beim Ziehen des Pedals von der 6-Uhr- in die 12-Uhr-Stellung sollte sich dies demnach auch in den Fußsohlen-Kraftverläufen in einer sichtbaren Entlastung widerspiegeln (Hypothese I).

Eine zweite Fragestellung beschäftigt sich mit dem Einfluss von Clipless-Pedalen auf den Pedallierverlauf von ungeübten Radfahrern gegenüber wettkämpferprobten Profiradfahrern. Sanderson's Erkenntnisse über den Unterschied der Pedalliereffektivität von Profiradrennfahrer gegenüber Freizeitradfahrer besagen, dass dieser unterhalb von 300W vernachlässigbar sei, wobei die Untersuchungen stets mit Clipless-Pedalen durchgeführt wurden. „At the outside of this study, it was expected that there would be differences in the pedaling mechanics between riders with competitive experience and those without. The results presented herein have shown that for power up to 235W, there are no measurable differences between these two groups“ (Sanderson, 1991).

Zu überprüfen ist nun, ob dieses Ergebnis, das keinen signifikanten Unterschied zwischen den genannten Probandenleistungsklassen ergab, auch bei Verwendung von herkömmlichen Pedalen zu beobachten ist, oder ob es sich hier anders verhält. Postuliert wird aufgrund der erhöhten Freiheitsgrade beim herkömmlichen Pedal gegenüber dem Clipless, welche sich beim Freizeitradfahrer mangels Erfahrung deutlicher auswirken sollten als beim Profiradfahrer ein deutlicherer Unterschied im Kraftverlauf (Effektivität des Pedallierens) erkennbar sein müsste, als dies mit Clipless-Pedalen der Fall ist (Hypothese II).

3 Methoden

Um die Druckverteilung in der Fußsohle zu messen, wurde das X-Press System 2x08 des Technikums Wien verwendet. Das System setzt sich aus folgenden Teilen zusammen:

Videokamera Sony MiniDV DCR-TRV80E
Network Handycam, Funkempfänger mit Mono-Mikrofon-Ausgang, Funksender (433 Mhz) mit Anschlüssen für rechten und linken Sensorstrang.

Dieses System verfügt über 16 Kanäle, aufgeteilt auf zwei Messstränge zu je acht Drucksensoren (FSR). Von den Sensoren werden die Daten an den Sender übermittelt, welcher diese per Funk (433 Mhz) an den Empfänger sendet. Die Abtastung selbst erfolgt mit der Audiofrequenz des Mikrofoneinganges (44.1 kHz) der Kamera mit welchem der Empfänger verbunden wird. Vor der Messung wurden alle Drucksensoren erfolgreich auf ihre Funktionalität überprüft. Dabei konnten 4 defekte Sensoren identifiziert werden, was jedoch aufgrund der Tatsache, dass für den Versuch lediglich acht der insgesamt 16 Sensoren verwendet wurden, nur bei der Auswahl der Messkanäle eine Rolle spielte. Mit Hilfe eines Neoprensockens mit vorgegebenen Applikationsstellen (Befestigung mittels Klettverschluss) wurden jeweils vier FSR-Sensoren pro Fuß angebracht. Die Positionen für die Sensoren sind Abb. 1 zu entnehmen. Aufgrund der Positionierung im Schuh traten Probleme auf, welche uns zwangen nur zwei der vier Sensoren für die Auswertung zu verwenden. Dies waren sowohl links als auch rechts die Sensoren S2 und S4. Es wird vermutet, dass durch Verrutschen der Sensoren beim Anziehen der Schuhe die Werte verfälscht wurden.

Linker (L) u. rechter (R) Fuß

- S1:** große Zehe (hallux)
- S2:** Ballen innen (torus metacarpalis medialis)
- S3:** Ballen außen (torus metacarpalis lateralis)
- S4:** Ferse (calcaneus)

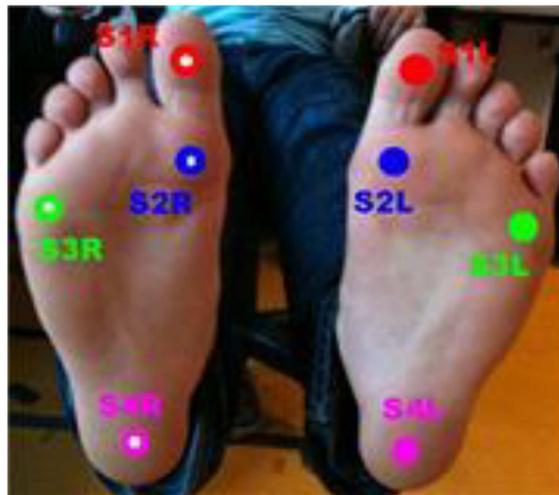


Abb. 1 Positionen für die Platzierung der einzelnen FSR-Sensoren (Abbildung ohne Neoprensocken)

Anschließend wurden die Messungen an den beiden Probanden durchgeführt. Um gleiche Ausgangsbedingungen zu schaffen wurden die Probanden instruiert mit einer Trittfrequenz von 75 U/min zu pedallieren (optische Kontrolle durch Proband lt. Anzeige des Ergometers). Des weiteren war der Pedallier-Widerstand bei beiden Probanden auf 150 Watt eingestellt. Es wurden von jedem Probanden zwei mal 30 Sekunden Videomaterial aufgenommen, wobei darauf geachtet wurde, erst nach einer Einfahrphase von 1-2 min mit der Aufnahme zu beginnen. Die erste Messung erfolgte mit normalen Straßenschuhen und die zweite wurde mit SPD Konfiguration (Rennradschuh Diadora® SpeedRacer Carbon (2009) mit Shimano SPD-Cleats, Pedal Shimano SPD-Norm) durchgeführt.

Die Videos wurden mittels USB-Kabel transferiert und mit einer zur Kamera gehörenden Software Image Mixer Version 1.5 eingelesen und der für die Auswertung relevante Bereich anhand einer weiteren Software Sonic MY DVD ARC Soft Show BIZ geschnitten. Zur Auswertung wurden von jeder Konfiguration fünf Umdrehungen der Fahrradkurbel zur weiteren Bearbeitung herangezogen. Zusätzlich übernahm Show BIZ das Resampling der auf der Audiospur vorhandenen Daten aus der FSR-Messung von 44100Hz auf 25Hz. Damit wurde eine Synchronisation mit dem Bildmaterial, welches ebenfalls mit 25Hz aufgezeichnet wurde, erreicht. Mit der Gang-Analyse Software (FH Technikum, Wien) wurden die Werte der Druckverteilung im Fuß vom Video getrennt. Folgende Kanaluweisung erfolgte:

Rechts: K1 Ferse, K2 gr. Zehe, K3 innerer Ballen, K4 äußerer Ballen

Links: K1 Ferse, K2 gr. Zehe, K4 innerer Ballen, K5 äußerer Ballen

Für die Auswertung wurde aufgrund vorher genannter Probleme mit verrutschenden Sensoren nur Kanäle K1 und K4 des linken Fußes zur Auswertung herangezogen. Da an diesen Punkten die markanten Veränderungen zu erwarten waren, und man von einem symmetrischen Links-Rechts-Verhalten ausgehen kann, reichten diese Messstellen.

Die aus den Messungen resultierenden Daten wurden als ASCII-File ausgegeben und in Matlab Rb 2011 (MathWorks, Massachusetts) weiterverwendet und ausgewertet.

4 Ergebnisse

Festzuhalten ist, dass der gemessene Druck nur qualitativ aussagekräftig ist. Aufgrund der FSR Sensoren sind keine absoluten Werte messbar. Für die Versuche können allerdings nur relative Druckänderungen herangezogen werden, da der Grunddruck durch Schließen der Schuhe nicht auf einen Nullwert kalibriert worden ist.

In Abb.2 und Abb.3 ist der Druckverlauf auf den inneren Ballen (keine Radschuhe) während einer Kurbelumdrehung der beiden Probanden zu sehen.

Null Grad entsprechen dabei der Pedalstellung bei der das Pedal den tiefsten Punkt durchquert.

Beim Profi ist gegenüber dem Amateur ein deutlich stärkerer Druckunterschied zwischen der Pedal-Aufwärts-Phase (0°-180°) und der Druckphase (180°-360°) zu sehen.

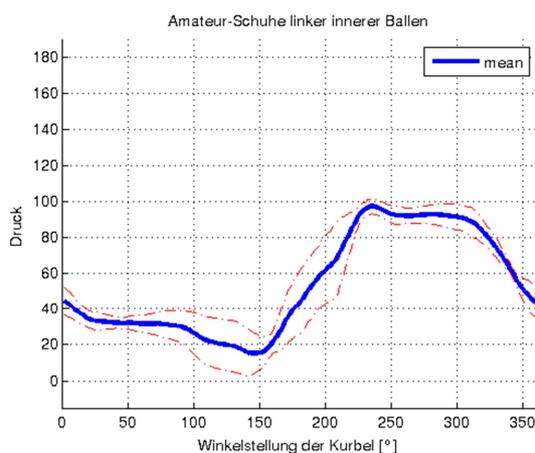


Abb.2 Druckverlauf am inneren Ballen des Laien ohne fixe Verbindung zum Pedal

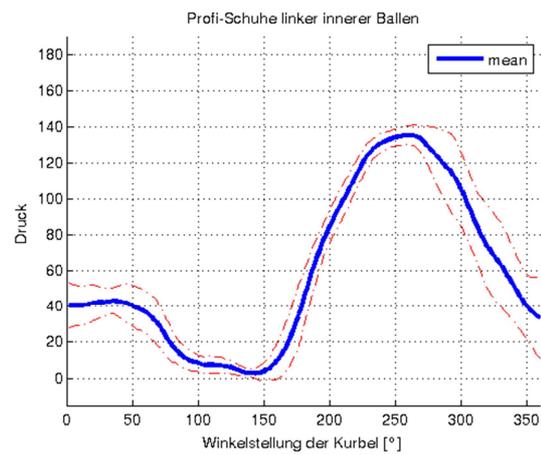


Abb.3 Druckverlauf am inneren Ballen des Profis ohne fixe Verbindung zum Pedal

In Abb.3 und Abb.4 ist der Druckverlauf auf den inneren Ballen (keine Radschuhe) während einer Kurbelumdrehung zu sehen.

Beim Laien kommt der Druck-Peak bereits bei 170°, beim Profi erst bei 220°. Weiters fällt auch der etwas geringere, relative, Maximaldruck auf die Ferse des Profis auf.

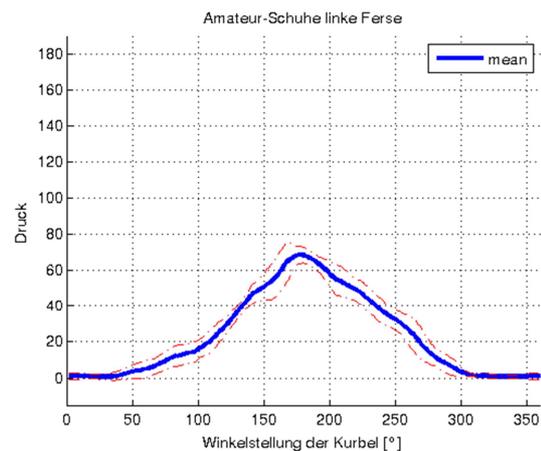


Abb.4 Druckverlauf der Ferse des Laien ohne fixe Verbindung zum Pedal

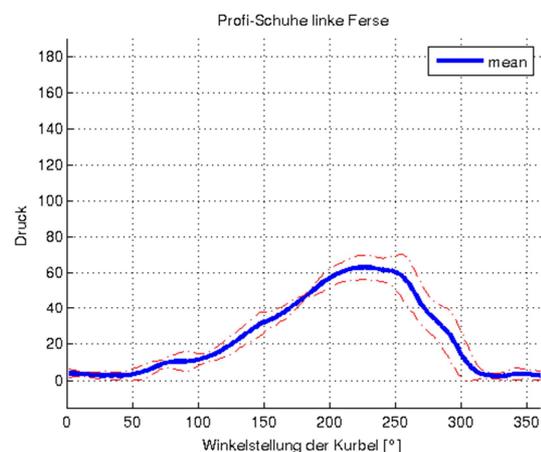


Abb.5 Druckverlauf an der Ferse des Profis ohne fixe Verbindung zum Pedal

Abb.6 und Abb.7 zeigen die Druckverläufe am inneren Ballen so wie an der Ferse mit Radschuhen (vertikal fixe Verbindung zum Pedal).

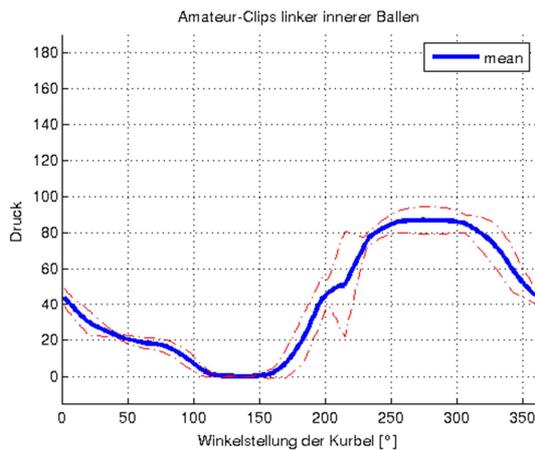


Abb.6 Druckverlauf am inneren Ballen des Laien mit fixer Verbindung zum Pedal

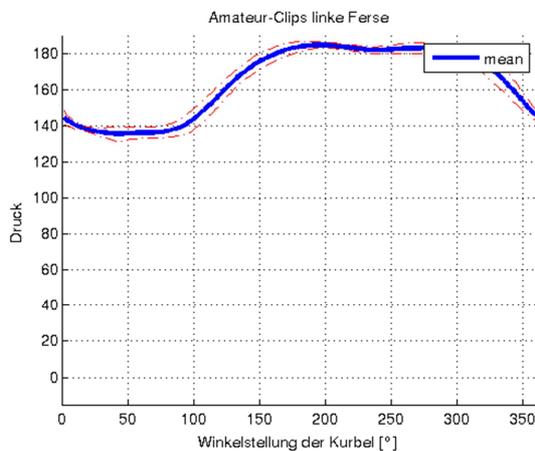


Abb.7 Druckverlauf auf die ferse des Laien mit fixer Verbindung zum Pedal

Abb.6 Zeigt die selbe Charakteristik des Verlaufes wie ohne Radschuhe. Einzige der Unterschied von Be- und Entlastung ist um fünf Prozent größer.

Der Verlauf der Ferse Abb.7 zeigt hingegen ein stark Abweichendes Verhalten mit einer fixen Pedalverbindung. Der Peak wird um 20° früher erreicht, welcher allerdings um 40% niedriger ist, dieser bleibt aber bis 300° weitgehend konstant.

Beim Profi trat bei der Auswertung der Druckverlauf-Messung (trotz unverändertem Algorithmus) mit Clipless Pedalen trat ein ungeklärtes Problem auf. Aufgrund Zeitmangels konnte eine erneute Messung bzw. umfangreiche Fehlersuche nicht durchgeführt werden.

5 Diskussion

Hypothese I konnte anhand des Laien nachgewiesen werden. Der Unterschied zwischen Zug- und Druckphase wurde durch Clipless Pedale größer. Allerdings geringer als gedacht. Dies kann

mit der Unerfahrenheit des Probanden mit derartigen Pedalen liegen. Einen Vergleich zum Profi war leider aufgrund der Auswertungsprobleme nicht möglich (Hypothese II)

Weiters kann aus den Messungen herausgelesen werden, dass der Laie viel stärker über die Fersen arbeitet. Durch den früheren und relativ stärkeren Fersendruck kann ein höherer Bewegungsumfang im Sprunggelenk abgeleitet werden. Die dadurch erhöhte Muskelaktivitäten im Bereich des Unterschenkels bringen eine Verschlechterung der Effizienz des Trittes mit sich.

Aufgrund der deutlich höheren Differenz des Drucks auf den Ballen, beim Profi ohne Clipless Pedale, kann eine gewisse Trittgewohnheit abgeleitet werden. Der Profi scheint durch Erfahrung, bei der Aufwärtsbewegung, automatisch den Fuß zu entlasten, da er im Falle einer fixen vertikalen Pedalverbindung bestrebt ist eine aktive Zugphase zu erzeugen.

6 Literaturverzeichnis

Sanderson, D. J. (19. July 1991). The influence of cadence and power output on the biomechanics of force application during steady-rate cycling in competitive and recreational cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 9, S. 191-203.