

# OPTISCHE ERFASSUNG DER TRITTFREQUENZ

Langer J.<sup>1</sup>, Unterweger C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> FH Technikum Wien, Wien, Österreich

## Kurzfassung

*Für ein sinnvolles Radtraining ist die Trittfrequenz ein sehr wichtiger Leistungsparameter. Da im beim Radtraining im Freien durch äußere Umwelteinflüsse oft keine permanente Trittfrequenzkontrolle möglich ist, nutzen Radsportler die Möglichkeit während dem Indoortraining besonders trittfrequenzorientiert zu trainieren.*

*Ziel dieses Projektes war eine Möglichkeit eine einfache Analyse des Trittfrequenzverhaltens beim stationären Rad fahren ohne elektronisches Zubehör am Trainingsgerät zu montieren.*

*Realisiert wurde dies mit einer optischen Trittfrequenzfassung mit Hilfe eines handelsüblichen Camcorders und nur einem Marker, der am Schuh platziert wird.*

*Auf die Trittfrequenz wird über Farberkennung des Markers in den Einzelbildern des Videos geschlossen. Aus den gemessenen Daten ist es dann auch möglich einen Verlauf der Trittfrequenz während des Trainings graphisch darzustellen, welcher für die Trainingsanalyse essentiell ist.*

## Einleitung

Grundlage für dieses Projekt war eine möglichst einfache Möglichkeit zu finden um die Trittfrequenz während dem Indoor-Radtraining zu bestimmen.

Die Trittfrequenz ist vor allem beim stationären Radtraining ein wichtiger Leistungsparameter, da im Gegensatz zum Rad fahren im Freien nicht auf den Verkehr oder andere Umwelteinflüsse geachtet werden muss und so ein qualitativ hochwertiges, trittfrequenzbasierendes Training ermöglicht wird.

Unter einer - für den Benutzer - einfachen Lösung ist zu verstehen, dass der Benutzer weder elektronisches Zubehör an sein gewähltes Trainingsgerät (Ergometer oder jegliche Art von Rollentrainer) anbringen muss, noch eine Kalibrierung vornehmen muss.

Um unter diesen Voraussetzungen eine adäquate Lösung zu realisieren, wurde eine optische Erfassung der Trittfrequenz gewählt.

Ziel war es mit einer handelsüblichen Kamera für den Heimbetrieb, das Training aufzuzeichnen, um daraus den Trittfrequenzverlauf, Maxima beziehungsweise Minima und Mittelwert zu ermitteln.

Der Benutzer sollte dazu nur einen Marker an seinem Schuh anbringen müssen und keinen an seinem Trainingsgerät. Weiters sollte er die Kamera, ohne Messgeräte, normal auf den für den Trittvorgang relevanten Bereich richten. Zu beachten ist, dass der Marker einen möglichst hohen Grad an Kontrast zur aufgenommenen Umgebung liefert.

Die weitere Verarbeitung sollte informatisch gelöst werden und für den Benutzer keinen Aufwand bedeuten.

Eine Messung in Echtzeit ist in diesem Projekt nicht angedacht.

## Material und Methoden

Für die informatische Realisierung sollte keine Marker-Tracker Software verwendet werden, um einen hohen Grad an Flexibilität zu halten und alle geforderten Vorgaben einzuhalten.

Die Realisierung erfolgte mit dem Programm MATLAB 7.11 (R2010b) (The MathWorks Inc., Natick, Massachusetts, USA) erstellt. Nach dem Einlesen der Videodatei wird in Einzelbilder (Frames) aufgespaltet. Es werden für jedes Frame 3 Matrizen in der Größe der Auflösung erstellt, wobei jeder Wert für einen Pixel steht. Der Wert, der zwischen 0 und 255 liegt, der ersten Matrix, gibt den Rotanteil des Pixels an. Die zweite Matrix die Grünwerte, die Dritte die Blauwerte. Hierbei bedeutet 0 keinen Anteil. Ein Wert von 255 bedeutet, dass der Pixel einen maximalen Anteil an der jeweiligen Farbe hat. Der Mittelwert der drei Farbanteile gibt die Helligkeit eines Pixels an.

Für ein erfolgreiches Marker-Tracking wurde eine Toleranz für die Farbwerte von  $\pm 5$  gewählt, um keine Messfehler zu erhalten.

Als Aufnahmegerät wurde ein Canon LEGRIA HF S21 Camcorder (Canon Inc., Tokio, Japan) mit

einer Bildrate von 60Hz. Die Größe wurde auf 640x480 Pixel verkleinert.

Für den Messaufbau muss ein Marker am Schuh des Probanden platziert werden. Um außer der Kreisbewegung andere Bewegungen zu eliminieren, ist der Marker so nahe wie möglich an der Pedalachse aufgebracht wie in Abbildung 1 veranschaulicht wird.



Abbildung 1: Markerplatzierung am Schuh

Die Kamera ist in einem Abstand von 3m (+-30cm), normal (+-5°) zum Aufnahmebereich platziert worden, wie man schematisch in Abbildung 2 erkennt.

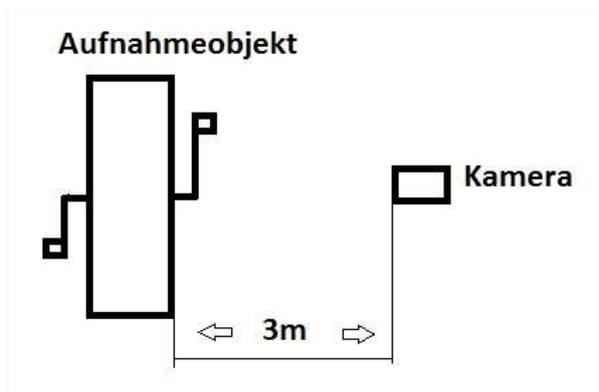


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Kameraposition zum Aufnahmeobjekt

Um aus der Matrix Koordinaten zu bekommen, die eine Bewegung des Markers beschreiben, wurde ein Algorithmus angewendet, der Farbwerte in einem gewissen Bereich sucht und mit dem Referenzwert – inklusive der gewählten +-5 Toleranz – vergleicht und gegebenenfalls als relevanter Punkt erkennt. Um einen Punkt zu erhalten, wird aus dem erkannten Bereich ein Mittelpunkt über den Mittelwert der einzelnen Koordinaten ermittelt. Dieser Punkt tritt in jedem Frame an einer anderen Stelle auf, und über die Subtraktion der voran gegangenen Koordinaten kann der jeweilige Bewegungsvektor bestimmt werden.

Zu beachten ist, dass jeder der drei Farbwerte übereinstimmen muss. Daher müssen drei Matrizen parallel verarbeitet werden.

Erscheint ein Punkt zyklisch in einem definierten Bereich wieder, kann über die Anzahl der Bilder zwischen dem Erscheinen und der Bildrate auf die Trittfrequenz geschlossen werden. Die Trittfrequenz ergibt sich aus dem Kehrwert der vergangenen Zeit. Dieser Wert wird mit 60 multipliziert um auf die im Radsport übliche Einheit „Umdrehungen pro Minute“ zu gelangen.

Die Verlaufsdarstellung wird über eine Matrix definiert, die jede errechnete Trittfrequenz aufnimmt und dann plottet.

### Ergebnisse

Nach erfolgreicher Definition der Toleranzen für Farbwerte und den relevanten Bereichen in den Einzelbildern war es möglich, die Kreisbewegung des Markers zu verfolgen wie in Abbildung 3 dargestellt wird.

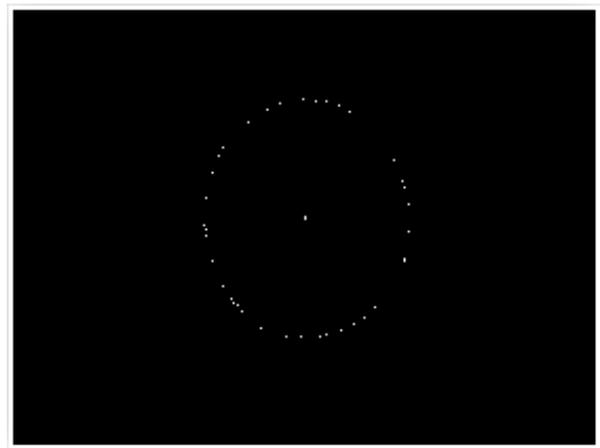


Abbildung 3: Kennzeichnung der erfassten Positionen des Markers während einer Kurbelumdrehung

Aus den Werten die erhalten wurden konnten die Trittfrequenzen für jede Umdrehung errechnet werden. Ein Beispiel für den Verlauf der Trittfrequenz während der Messung ist in Abbildung 4 zu sehen. Hier wurden allerdings zu Testzwecken nur sieben Einzelumdrehungen graphisch dargestellt.

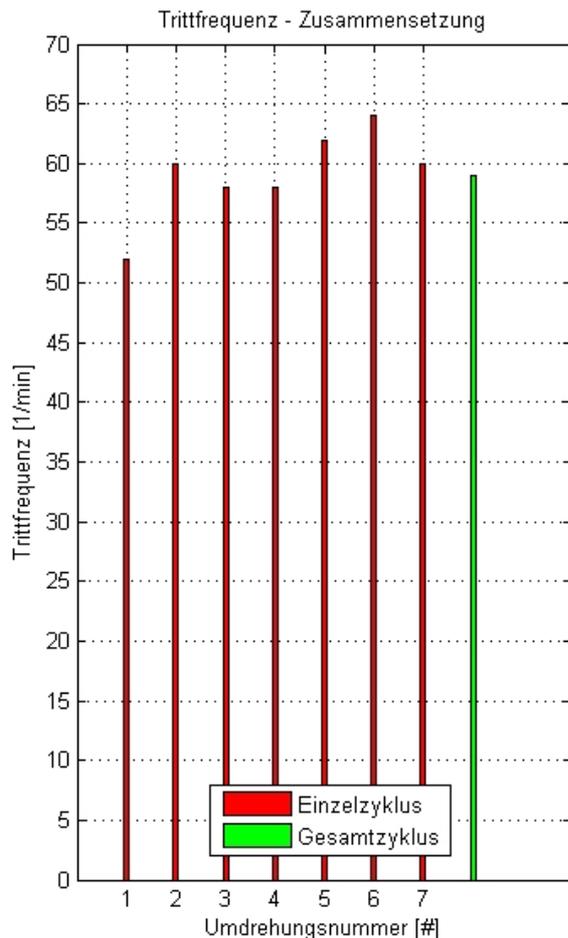


Abbildung 4: Beispiel für graphische Darstellung des Trittfrequenzverlaufs

## Diskussion

Die Qualität der Messung ist sehr stark abhängig vom Kontrast des Markers zur aufgezeichneten Umgebung und der möglichen Bildrate, die die Kamera zur Verfügung stellt.

Ersteres ist zwar durch die richtige Farbwahl des Markers beziehungsweise des Hintergrundes ohne großen Aufwand durchführbar, allerdings ist durch eine längere Aufnahmezeit ist nicht gewährleistet, dass die Belichtung konstant ist. Dies kann durch die Trittbewegung selbst bedingt sein, da sich der Winkel vom Marker relativ zur Lichtquelle, permanent ändert, oder durch eine Veränderung der übergeordneten Lichtquelle zum Beispiel durch eine Tageslichtänderung. In beiden Fällen kann die gewählte Toleranz zur Farberkennung zu gering ausfallen und zu nicht eindeutig definierbaren Ergebnissen führen.

Zukünftig kann angedacht werden die Markererkennung nicht auf Farben basieren zu

lassen, sondern mit einer Korrelationsfunktion zu arbeiten. Diese sollte unabhängig von der Farbe Muster erkennen und diese mit jedem Einzelbild des Videos abgleichen, um so die relative Positionsveränderung des Markers festzustellen.[1]

Zweitens kann die Chance signifikant auf Ausreißer der Messung erhöhen, da die Positionssprünge bei einer 25Hz Aufnahme deutlich größer sind als bei der verwendeten 60Hz Aufnahme. Dies betrifft allerdings nur Minima und Maxima. Auf den Mittelwert beziehungsweise den Kurvenverlauf sollte der Einfluss der Messfehler zu vernachlässigen sein. Für den Kurvenverlauf kann gegebenenfalls eine stärkere Glättung nötig sein, die aber qualitativ für den Benutzer kaum wahrnehmbar ist.

Ein weiteres Problem stellt die Definition einer Kurbelumdrehung dar. Diese ist unabhängig von der verwendeten Methode, Farberkennung oder Korrelation. Hierbei muss ein bestimmtes Toleranzfeld definiert werden, in dem bei einer zyklischen Markerbewegung ein wiederholtes Erscheinen in diesem eine komplette Umdrehung erkennt. In diesem Fall spielt die Bildrate eine Rolle, da sich das Toleranzfeld mit Abnahme der Bildrate indirekt proportional vergrößert.

## Literatur

- [1] Mathworks,  
<http://www.mathworks.de/help/toolbox/images/ref/impixel.html> (besucht am 30.3.2012)

## Danksagungen

Dank gilt Herrn FH-Prof. DI Dr. Reichel der als Betreuer des Projekts mit Ratschlägen und Informationen zur Seite stand.

## Autoren

Projektleiter

Langer Julian

FH Technikum Wien

[st10b030@technikum-wien.at](mailto:st10b030@technikum-wien.at)

Projektmitarbeiter

Unterweger Christoph

FH Technikum Wien

[st10b051@technikum-wien.at](mailto:st10b051@technikum-wien.at)