



DIPLOMARBEIT
Master Thesis

**Einfluss der Fahrbahnoberflächen auf die Geschwindigkeitswahl
von RadfahrerInnen**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

(Betreuer/-innen) Ao.Univ.Prof. Mag. Dr. Günter Emberger

DI Tadej Brezina

E230

Institut für Verkehrswissenschaften
Forschungsbereich für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

(Verfasser/-in)

Marko Toljić

0926905
Huttengasse 89
A-1160 Wien

Wien, am 10.01.2017

Marko Toljić

Kurzfassung

In vorliegender Arbeit wird der Einfluss der Fahrbahnoberflächen auf die Geschwindigkeitswahl von RadfahrerInnen untersucht. Dafür werden zunächst verschiedenste Zahlen und Fakten zu den Themen Sicherheit, Fahrradnutzung, Fahrradverfügbarkeit, Infrastruktur, Geschwindigkeit und Fahrbahnoberfläche sowie die Grundzüge der Fahr(rad)dynamik recherchiert, analysiert und kurz zusammengefasst.

Um weitere Umgebungsbedingungen, welche einen maßgebenden Einfluss auf die Geschwindigkeitswahl von RadfahrerInnen haben, zu erfassen, wurde eine Umfrage erstellt und durchgeführt. Die Ergebnisse und daraus resultierenden Schlussfolgerungen dieser Befragung werden vorgestellt.

Darauf folgend wurden im Raum Wien Versuchsstrecken mit unterschiedlichen Oberflächen (glatter Asphalt, rauher Asphalt, flächige Radwegmarkierung, Beton, kleine ungleichmäßige und große gleichmäßige Pflastersteine sowie Schotter) ausgewählt, auf denen anschließend Geschwindigkeitsmessungen – von insgesamt 3750 zufällig vorbeifahrenden RadfahrerInnen – mit Hilfe einer Radarpistole durchgeführt wurden. Schlussendlich kann mit den gemessenen Geschwindigkeiten und der/dem angenommenen durchschnittlichen Körpergröße/-gewicht, die freiwillig aufgebrachte Leistung ermittelt und verglichen werden.

Zusätzlich wurde auf den Versuchsstrecken mit Hilfe des eingebauten Beschleunigungssensors eines am Fahrrad fixierten handelsüblichen Mobiltelefons die Rauheit der Oberfläche bestimmt. Aus den gemessenen Beschleunigungen wird die zufolge von Vibrationen zurückgelegte Strecke des Mobiltelefons in drei Richtungsachsen bestimmt und verglichen.

Die Auswertung der gesammelten Daten ergibt, dass auf den untersuchten Fahrbahnoberflächen folgende Geschwindigkeiten zu erwarten sind: $19,4 \leq v_{50} \leq 20,7$ km/h bzw. $23 \leq v_{85} \leq 25,5$ km/h. Lediglich am Schotterweg ($v_{50} = 17,4$ km/h) und auf der Betonoberfläche ($v_{50} = 23,7$ km/h) weichen die Geschwindigkeiten stärker ab, jedoch kann diese Abweichung auf den psychologischen Einfluss der unmittelbaren Umgebung der Fahrbahn zurückgeführt werden. Das Ergebnis zeigt, dass womöglich andere nicht berücksichtigbare bzw. unbekannte Faktoren den Einfluss der Fahrbahnoberfläche überwiegen.

Abstract

The purpose of this paper is to examine the influence of the roughness of different roadway surface types on cyclists' velocity choices. After researching the relevant facts and figures on infrastructure, speed, the impact of the roadway surface and bicycle dynamics, they are analysed and summarised. Additionally, a survey is employed to identify which environmental conditions have the biggest impact on velocity choices of cyclists.

The main part of the paper analyses the speed measurements of 3750 cyclists, which were performed using a radar gun and were taken on seven different surface types: smooth and rough asphalt, painted bicycle lanes, concrete, large and small cobblestones and gravel. The voluntarily expended power is calculated using the average cyclist's weight and height.

Additionally, by utilising the built-in accelerometer of an off-the-shelf smartphone and affixing it to a bicycle, the roughness of the surface types is determined by measuring three-dimensional accelerations over a fixed measuring distance. In order to investigate the impact of the suspension, a bicycle with a lockable suspension fork is used.

After processing the three dimensional data, the vertical component – in contrast to lateral and longitudinal accelerations – reveals to be of the highest quality and approximates the total accelerations best. A numerical integration approach is used to convert the acceleration data to covered distances. One aggregated value per surface type and fork stiffness remains to be used for comparison.

The analysis of the collected data shows the following ranges of the fifty and eighty-five percentile speeds of cyclists on different surface types: $19,4 \leq v_{50} \leq 20,7$ km/h, $23 \leq v_{85} \leq 25,5$ km/h, respectively. The only significant deviation, that was measured between gravel (17,4 km/h) and concrete surfaces (23,7 km/h), can be explained by the differing surroundings of the selected measurement tracks. Furthermore, the data shows no strict correlation between measured velocity and surface roughness, which suggests that other, in part unknown factors, which cannot be taken into account, outweigh the influence of the road surface.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	9
1.1	Motivation, Problemstellung & Zielsetzung.....	9
1.2	Methodik & Übersicht.....	10
2	Literaturrecherche.....	12
2.1	Zahlen & Fakten.....	12
2.1.1	Fahrrad & Sicherheit.....	12
2.1.2	Fahrrad & Nutzung.....	14
2.1.3	Fahrrad & Verfügbarkeit.....	16
2.1.4	Fahrrad & Infrastruktur.....	17
2.1.5	Fahrrad & Geschwindigkeit.....	18
2.1.6	Fahrrad & Fahrbahnoberfläche.....	20
2.2	Grundlagen der Fahr(rad)dynamik.....	20
2.2.1	Fahrradtypen.....	21
2.2.2	Das Laufrad.....	25
2.2.3	Widerstände.....	27
2.2.4	Andere Effekte.....	34
3	Umfrage.....	38
3.1	Aufbau.....	38
4	Standortwahl & relevante Einflüsse.....	39
4.1	Glatter Asphalt.....	42
4.2	Rauer Asphalt.....	43
4.3	Flächige Radwegmarkierung.....	44
4.4	Beton.....	45
4.5	Große, gleichmäßige Pflastersteine.....	46
4.6	Kleine, ungleichmäßige Pflastersteine.....	47
4.7	Schotter.....	48
4.8	Gewachsener Boden.....	49
4.9	„TerraWay“- bzw. „Stabilizer“-Belag.....	49

5	Versuchsaufbau & Datenerhebung	50
5.1	Messgeräte	50
5.2	Vergleichsmessungen	51
5.3	Geschwindigkeitsmessungen	52
5.4	Bestimmung der Oberflächenrauheit über die Beschleunigung	52
6	Ergebnisse.....	54
6.1	Auswertung & Interpretation der Umfrageergebnisse	54
6.1.1	Primäre Umfrageergebnisse.....	55
6.1.2	Sekundäre Umfrageergebnisse	60
6.2	Auswertung & Interpretation der Vergleichsmessungen	64
6.3	Auswertung & Interpretation aller Geschwindigkeitsmessungen	67
6.4	Auswertung & Interpretation der Beschleunigungsmessungen Bestimmung & Bewertung der Oberflächenrauheit.....	73
6.5	Gegenüberstellung der Auswertungsergebnisse	76
7	Schlussfolgerung & Ausblick.....	79
8	Abbildungsverzeichnis.....	82
9	Tabellenverzeichnis	88
10	Literaturverzeichnis	89
11	Anhang.....	91