

# MASTER-ARBEIT

## Ableitung eines Verschleißgesetzes für die Fahrfläche von Weichenherzstücken

### BEARBEITER



Name: Suwittha Kanteewong  
Studium: Master Bahnsystemingenieurwesen

### BETREUER

Wissenschaftl. Betreuer: Dr.-Ing. Ulf Gerber  
M.Sc. Franziska Kluge

### 1. AUFGABE

Beim Übergang von der Flügelschiene auf die Herzstückspitze weist der Weichenbereich eine kurze Lebensdauer auf. Um die Lebensdauer des Herzstücks zu verlängern ist die auswirkenden Faktoren zu erkennen.

Hier wurde die Verschleißentwicklung der drei Herzstücken (Herzstücken 04, 05 und 07) einbezogen. Die Fahrfläche von Weichenherzstücken wird durch die Herzstückgeometrie festgelegt und hat eine ungleiche Verschleißentwicklung und Lebensdauer zur Folge.

Die Masterarbeit beschäftigt sich mit der Ableitung eines einheitlichen Verschleißgesetzes. Die Verschleißflächenraten wurden in Form einer Kontaktspannung, die von der Kraftmatrix und der Kontaktfläche abhängig ist, ermittelt. Die Aufgabe ist die Identifikation der

Modellparameter bzw. Verschleißgesetz:  $\frac{dA_v}{dB} = f(\sigma_k) = b \cdot \sigma^n$

### 2. BELASTUNG

Die Kontaktspannung ( $\sigma_k$ ) entspricht die Belastung der Schiene. Außerdem ist der Verschleiß in Verbindung mit der Kontaktspannung zwischen Rad und Schiene. Die Kontaktspannung ist der Quotient am Berührungspunkt zwischen der Radkraft und der Kontaktfläche. Die Radkraft und die Kontaktfläche beeinflussen die Längsgeometrie und Quergeometrie (siehe Abb.1).

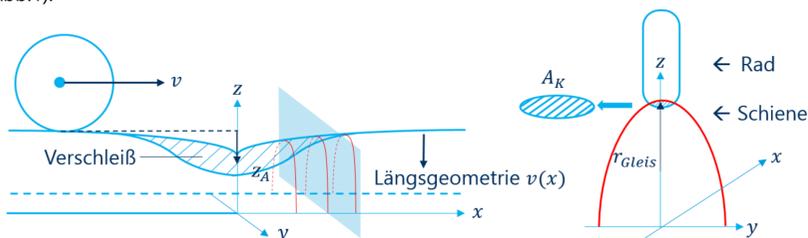


Abb.1 Radlauf entlang der Längs- und Querrichtung

Es ergibt sich zwei Schwingungssysteme, die sich auf die dynamische Radkraft auswirken. Erstens ist das Schwingungssystem Rad-Gleis. Wegen der Radabsenkung erzeugen die Wellentiefendifferenzen eine wellenförmige Anregung, die als weicher Schlag ( $F_W$ ) bezeichnet wird (siehe Abb.2). Zweites ist das Schwingungssystem Kontakt Rad/Schiene. Die plötzliche Richtungsänderung des Rades am Knickpunkt erzeugt eine stoßförmige Anregung, die als harter Schlag ( $F_H$ ) bezeichnet wird (siehe Abb.3).

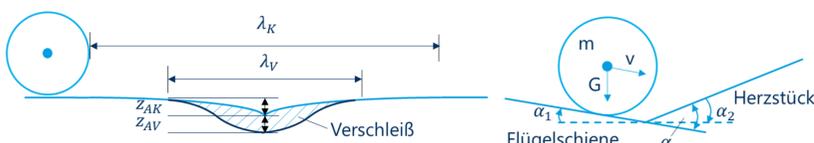


Abb.2 Seitenansicht der Radlauflinie

Abb.3 Richtungsänderung

### 3. VERSCHLEIß

Verschleiß ist auf Reibprozesse zurückzuführen und kommt an den Fahrflächen zwischen Rad und Herzstückschiene vor. Der Verschleiß wird aus Querprofilmessungen ermittelt. Diese Querprofile bestehen aus neun Messschnitten und wurden an sechs Messzeitpunkten (A0 bis A5) gemessen (siehe Abb.4).

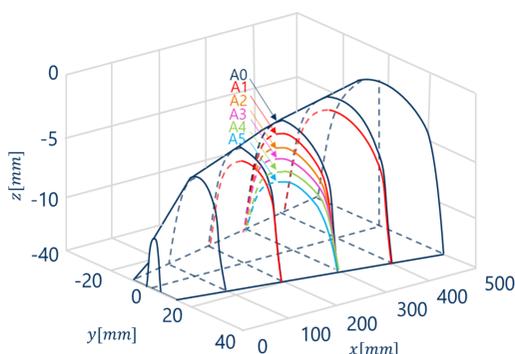


Abb.4 Geometrie und Messzeitpunkte des Herzstücks

Die Verschleißfläche entspricht die Differenz zwischen dem Bezugzustand (A0) und Zustand i (Ai):

$$A_{Vi} = A_{Vi} - A_{V0} \text{ [mm}^2\text{]} \text{ (siehe Abb.5).}$$

Die Verschleißflächenrate ist der Quotient der Änderung von Verschleißfläche und akkumulierter

$$\text{Verkehrsmasse: } \bar{A}_v = \frac{dA_v}{dB} \left[ \frac{\text{mm}^2}{\text{Mt}} \right]$$

(siehe Abb.6).

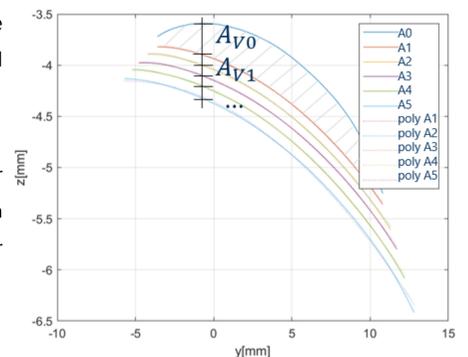


Abb.5 Verschleißfläche  $A_{Vi}$

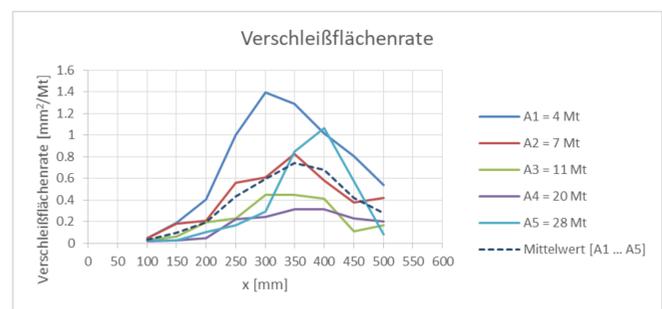


Abb.6 Verschleißflächenrate

### 4. VERSCHLEIßGESETZ

Um den Zusammenhang zwischen den gemessenen und den berechneten Verschleißraten zu finden, müssen die gemessenen Verschleißraten mit den Kontaktspannungen verglichen werden. Der Zusammenhang ist in der folgenden Gleichung dargestellt:

$$\text{Verschleißrate}_{\text{berechnet}} = b \cdot \sigma^n.$$

Um die Qualität des Verschleißgesetzes zu erkennen ist die Summe der Fehlerquadrate zu beweisen. Je kleiner die Summe der Fehlerquadrate ist, desto genauer ist das Verschleißgesetz (siehe Tab.1).

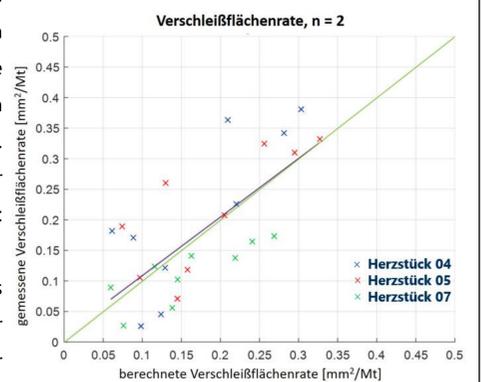


Abb.7 Gleichartigkeit der gemessenen und berechneten Verschleißflächenrate der Herzstücke 04, 05 und 07 mit  $n = 2$

Tabelle 1: Summe der Fehlerquadrate aus getrennten Betrachtungen der Radkräfte

Potenz	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4
$F_{\text{statisch+weich+hart}} (F_{SWH})$	0,22713	<b>0,14216</b>	0,14600	0,17731
$F_{\text{statisch+weich}} (F_{SW})$	0,30607	0,19896	<b>0,17338</b>	0,18556
$F_{\text{statisch+hart}} (F_{SH})$	0,34262	0,17778	0,10710	<b>0,10134</b>

Die drei geringsten Summe der Fehlerquadrate reagieren auf unterschiedlichen Potenzen. Dies führt zu unterschiedlichen Modellparameter (b,n).

Hinzu kommt den Lösungsvorschlag: Es soll das dreigliedrige Verschleißgesetz statt eingliedriges Verschleißgesetzes genutzt werden.

$$\text{Verschleiß}_{\text{berechnet}} = \frac{dA_v}{dB} = b_1 \cdot \sigma_S^{n_1} + b_2 \cdot \sigma_W^{n_2} + b_3 \cdot \sigma_H^{n_3}$$