

FORTSCHRITT-
BERICHTE

VDI

Dipl.-Ing. Carsten Bußmann, Berlin

**Vergleich von Theorien zum
quasistatischen Bogenlauf
und ihre Verifizierung durch
Versuche mit dem ICE**

Reihe **12**: Verkehrstechnik/
Fahrzeugtechnik

Nr. **338**

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen, Indizes, Koordinatensystem und Darstellungsarten	IX
1 Einleitung	1
2 Übersicht über den Stand der Erkenntnisse zu fahrdynamischen Berechnungen allgemein und zu Berechnungen zum quasistatischen Bogenlauf im Besonderen	3
2.1 Der heutige Stand der rechnerischen Behandlung allgemeiner fahrdynamischer Probleme	3
2.1.1 Lineare und nichtlineare Betrachtungsweise	5
2.1.2 Übliche nichtlineare Berechnungsfälle	6
2.1.2.1 Das nichtlineare Stabilitätsverhalten	6
2.1.2.2 Das nichtlineare Störverhalten	9
2.1.2.3 Das nichtlineare Führverhalten	10
2.2 Die historische Entwicklung der Berechnungsmethoden zum quasistatischen Bogenlaufverhalten bis zum heutigen Zeitpunkt	12
2.3 Die Beschreibung der Kontaktmechanik für fahrdynamische Berechnungen	13
3 Die Fragestellung und Zielsetzung der vorliegenden Arbeit	16
4 Überblick über bisher eingesetzte Verfahren zur Bogenlaufberechnung	17
4.1 Das Verfahren zur Bogenlaufberechnung nach Uebelacker/Vogel und Heumann	18
4.1.1 Das ursprüngliche Verfahren von Heumann	18
4.1.2 Das Verfahren nach Heumann in modifizierter Form	24
4.2 Das Berechnungsverfahren zum Bogenlauf von Boocock	36
4.2.1 Grundlagen der Theorie	36
4.2.2 Ergebnisse für ein Fahrzeugmodell	37
4.3 Berechnung des dynamischen Bogenlaufs	40
5 Die quasistatische Bogenlaufberechnung in MEDYNA	
5.1 Die Ermittlung der Rad/Schiene-Kontaktkräfte	42
5.2 Der Algorithmus zur Findung einer quasistatischen Gleichgewichtslage im Gleisbogen	45
5.3 Berechnungsergebnisse für ein Fahrzeugmodell	47

6 Vergleich der Ergebnisse aus Berechnungen mit den Verfahren nach Heumann, Boocock und MEDYNA	49
6.1 Vergleich der Ergebnisse aus Berechnungen von Boocock mit denen von MEDYNA	50
6.2 Vergleich der Ergebnisse von Heumann mit denen der in MEDYNA enthaltenen Programmmodule zur Bogenfahrtberechnung	54
6.2.1 Die Ergebnisse für die ausgeglichene Bogenfahrt	56
6.2.2 Die Ergebnisse für unausgeglichene Bogenfahrt	68
6.2.2.1 Vorderer Radsatz	69
6.2.2.2 Hinterer Radsatz	70
6.2.3 Die Ergebnisse für unterschiedlich wendesteife Radsatzanbindungen bei ausgeglichener Bogenfahrt	87
7 Reale Rad- und Schienenprofile und ihre Verwendung für Bogenlaufberechnungen	92
7.1 Rad- und Schienenprofile und kontaktgeometrische Größen	92
7.1.1 Die Darstellung gemessener Rad- und Schienenprofile durch Splinefunktionen	93
7.1.2 Die Ermittlung von Geometriefunktionen mit geglätteten Profilen	95
7.2 Die Anwendung von RSPROF und RSGEO	96
7.2.1 Die Anwendung von RSPROF auf reale Profile	96
7.2.2 Die Anwendung von RSGEO auf reale Rad/Schiene Profilkombinationen	98
7.3 Vergleich und Beurteilung von Schienenprofilen im Verlauf eines Gleisbogens	98
8 Beispielrechnungen für verschiedene Bogenfahrtsituationen	113
8.1 Die Fahrzeugmodellierung	113
8.2 Die durchgeführten Berechnungen	115
8.3 Die Ergebnisse der Modellberechnungen für verschiedene Bögen	116
8.3.1 Die Ergebnisse für die Profilvereinigung S1002/UIC60 mit unterschiedlichen Spurweiten	119
8.3.2 Die Ergebnisse für die Profilvereinigung S1002/UIC60 mit elastischen Schienen	122

8.3.3	Die Ergebnisse für unterschiedliche Profilabzeichnungen des Jahres 1987	125
8.3.3.1	Ergebnisse für den 698m Bogen	163 / A
8.3.3.2	Ergebnisse für den 462m Bogen	125
8.3.3.3	Ergebnisse für den 454m Bogen	166 / A
8.3.3.4	Ergebnisse für den 464m Bogen	128
8.3.3.5	Ergebnisse für den 451m Bogen	169 / A
8.3.3.6	Ergebnisse für den 1174m Bogen	172 / A
8.3.4	Die Ergebnisse für Profilabzeichnungen der Jahre 1987 und 1989 im Vergleich	131
8.3.4.1	Ergebnisse für den 698m Bogen	175 / A
8.3.4.2	Ergebnisse für den 462m Bogen	131
8.3.4.3	Ergebnisse für den 1174m Bogen	178 / A
9	Meßtechnik, Auswertung und Meßergebnisse durchgeführter Bogenlaufmessungen	134
9.1	Gemessene Versuchsgrößen und Meßtechnik	134
9.1.1	Gemessene Versuchsgrößen	134
9.1.2	Meßtechnik	134
9.2	Die Auswertung der Meßwerte	137
9.3	Ergebnisse der Auswertung für die einzelnen Bögen	138
9.3.1	Ergebnisse für den 698m-Bogen	181 / B
9.3.2	Ergebnisse für den 462m-Bogen	139
9.3.3	Ergebnisse für den 454m-Bogen	183 / B
9.3.4	Ergebnisse für den 464m-Bogen	141
9.3.5	Ergebnisse für den 451m-Bogen	185 / B
9.3.6	Ergebnisse für den 1174m-Bogen	187 / B
10	Vergleich von Rechen- und Meßergebnissen	143
10.1	Vergleich der für eine symmetrische Modellierung des Drehgestelles berechneten Radaufstandskräfte mit den gemessenen	143
10.2	Notwendige Änderungen des Rechenmodelles zur Anpassung an die Meßergebnisse als Folge des Vergleiches der Radaufstandskräfte	148
10.3	Vergleich der für eine angepaßte, unsymmetrische Modellierung des Drehgestelles berechneten Radquerkräfte mit den gemessenen	152

11 Schlußfolgerungen, Zusammenfassung und Ausblick	159
11.1 Ergebnisse aus den Vergleichen von Heumann, Boocock und MEDYNA	159
11.2 Ergebnisse aus den Vergleichen verschiedener realer Rad/Schiene- Profilkombinationen in Bögen	160
11.3 Ergebnisse und Schlußfolgerungen aus den Vergleichen von Messung und Rechnung	161
11.4 Darstellung offener Fragen und Ausblick auf weitere, notwendige Untersuchungen	161
<u>Anhang</u>	162
A Die Ergebnisse für unterschiedliche Profilabzeichnungen der Jahre 1987 und 1989	163
B Ergebnisse der Auswertung der Meßwerte für die einzelnen Bögen	181
C MEDYNA-Datensatz für das Boocock-Modell	189
D MEDYNA-Datensatz des MD52-Drehgestelles	191
Literatur	194