

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird ein neues Verfahren zur Berechnung von Bogenwiderständen freilaufender Güterwagen in Zugbildungsanlagen entwickelt.

Die Notwendigkeit einer Neuentwicklung begründet sich durch gestiegene Genauigkeitsanforderungen moderner rangiertechnischer Steuerungsverfahren, wie z.B. der Laufzielbremsung, an die Berechnung und Prognose von Laufwiderständen freilaufender Güterwagen. In vorangegangenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass bezüglich des Bogenwiderstands diese Anforderungen mit aktuell verwendeten Modellansätzen nicht erfüllt werden können. Grund dafür ist, dass häufig wichtige Annahmen klassischer Bogenwiderstandsmodelle, wie starre Achsen oder quasistatischer Bogenlauf, im genannten Einsatzbereich verletzt sind. Zwar existieren moderne Fahrdynamiksimulationen, welche auf dem Mehrkörperformalismus basieren und mit denen sich Widerstandsgrößen exakt berechnen lassen, allerdings eignen sich diese Simulationen aufgrund der benötigten Berechnungszeit nicht für den Einsatz in Anlagensteuerungen.

Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit ein Verfahren entwickelt, welches einerseits innerhalb der gegebenen zeitlichen Anforderung berechenbar ist und andererseits dennoch wichtige dynamische Zusammenhänge der Bogenfahrt abstrahiert berücksichtigt. Hierfür wird zunächst das dynamische Bogenlaufverhalten exemplarisch an zwei ausgewählten Laufwerksbauarten, dem Y25-Drehgestell und dem Doppelschakenlaufwerk, in für Zugbildungsanlagen typischen Gleistopologien untersucht. Diese Untersuchung wird anhand von validierten Mehrkörpermodellen durchgeführt. Um geeignete Referenzdaten für die Validierung der Mehrkörpermodelle zu erhalten, wurde eine Messkampagne in der Zugbildungsanlage Maschen Süd-Nord durchgeführt, bei der fahrzeugseitig an zwei Güterwagen wichtige fahrdynamische Größen, wie Geschwindigkeit, Drehgestellauslenkung und Gierrate, während des Ablaufvorgangs kontinuierlich aufgezeichnet wurden.

Anhand von Variationsrechnung mit den validierten Mehrkörpermodellen wird anschließend beurteilt, welche Bogenlaufparameter in einem abstrahierten Modell zwingend berücksichtigt werden müssen und welche Parameter zu Gunsten eines guten Kompromisses zwischen Genauigkeit und Berechnungszeit vernachlässigt werden können.

Das nach den Resultaten der Variationsrechnungen entwickelte Modell basiert auf einem Divide-and-Conquer-Ansatz mit Entscheidungsbaum. Über den Entscheidungsbaum werden wagen- und streckenspezifisch definierte Bogenlaufphasen identifiziert. Jede der definierten Bogenlaufphasen ist dabei durch ein eigenes Submodell mit einfacher Struktur modelliert, um die Anforderungen an die Berechnungszeit zu erfüllen.

Die Güte des entwickelten Berechnungsverfahrens wird im Anschluss anhand realer Prozessdaten nachgewiesen. Dabei kann auf eine Stichprobe von rund 16000 anlagenseitig protokollierten Datensätzen aus der ZBA Maschen Süd-Nord zurückgegriffen werden. Es wird gezeigt, dass die Schätzgenauigkeit der Bogenwiderstände für Wagen mit Doppelschakenlaufwerk um rund 19 % und für Wagen mit Y25-Drehgestellen um rund 12 % verbessert werden kann. Der größte Wirkungseffekt entsteht allerdings durch eine getrennte Laufwerksbehandlung. Auf die gesamte Stichprobe bezogen, können so Verbesserungen von bis zu 50 % erzielt werden.