



Abb. 7: Lastabtragungspfade (Kraftketten) im Schotter für unterschiedliche Beistellzeiten Quelle: [5]

onsmethoden verglichen werden, was präzise Prognosen bei Variation von Stopparametern und vertiefte Einblicke ins Schotterverhalten ermöglicht.

In einer bereits durchgeführten Studie [5, 6] wurde der Einfluss der Beistellzeit (0,6, 1,2 und 2,5 Sekunden) auf die Spannungsverteilung und Ausbildung von Lastabtragungspfaden innerhalb einer sauberen Schotterstruktur mittels Simulation untersucht. In Abb. 7 sind die Ergebnisse der einzelnen Stopfvorgänge abgebildet, zugehörig zu den jeweiligen Beistellzeiten [5, 6]. Die Stärke der Kraftketten wird durch die Linienstärke und Farbwahl dargestellt, um die übertragene Kraft zu verdeutlichen. Während der Verdichtung wurden bei stark beanspruchten Kornstrukturen zwei Grenzfälle betrachtet. Ein Fall führt zu einer ungleichmäßigen Verdichtung, die durch ungeeignete Parameterwahl entstehen kann. In diesem Szenario ist die Kraftverteilung im Korngefüge unregelmäßig, was zu wenigen, aber stark ausgeprägten Kraftketten führt. Dies zeigt sich in den Simulationen mit kurzen Beistellzeiten (ungefähr 0,6 Sekunden) und verursacht zweifellos vermehrten Kornbruch und erhöhten Verschleiß im Schotterbett. Der andere Fall repräsentiert eine gleichmäßige Verdichtung, bei der die Kräfte im Korngefüge keine starken individuellen Spitzen aufweisen. Dies tritt bei Beistellzeiten von etwa 1,2 Sekunden auf. Bei längeren Beistellzeiten zeigt sich in detaillierten Analysen eine noch geringere Streuung von Kraftspitzen, jedoch ohne signifikanten Unterschied [5, 6]. Die Ergebnisse der numerischen Simulation stehen damit im Einklang mit den Erkenntnissen, die in diesem und dem in Heft 11/23 [1] veröffentlichten Beitrag vorgestellt wurden. Zu geringe Beistellzeiten führen zu deutlich erhöhten Belastungen im Schottergefüge, während längere Beistellzeiten zu einer homogeneren Lastverteilung und folglich auch zu einer geringeren Kornbruchgefahr führen. Dadurch ist eine deutlich längere Beständigkeit der Gleislage zu erwarten.

Zusammenfassung

Die umfassende Analyse der von den Smart Rocks und dem Smart Tamper aufgezeichneten Daten eröffnet wertvolle Einblicke in das Verhalten des Gleisschotters während des Stopfvorgangs. Die Smart-Rock-Daten verdeutlichen, dass längere Beistellzeiten zu einer stabileren Schotterstruktur führen, während kürzere Zeiten eine geringere Verdichtung zur Folge haben. Die Kontaktspannungen zwischen den Schotterkörnern geben zusätzlich Aufschluss über die Veränderungen im Schottergefüge während des Stopfvorgangs. Die Analyse der Reaktionskraftdaten der Stopfmaschine zeigt anfänglich einen Anstieg der maximalen Kraft, gefolgt von einer annähernd konstanten Phase. Aus den gemessenen Beistellbewegungen konnte der Übergang zwischen Verfüllung und Verdichtung während des Beistellens bestimmt werden. Die Veränderung der Steigung in den Beistellbewegungskurven kann genutzt werden, um die Verfüllung während des Stopfprozesses zu überwachen. Die Gegenüberstellung der Daten verdeutlicht den Mehrwert von Smart-Rock-Messungen für ein umfassenderes Verständnis des Schotterverhaltens während des Stopfprozesses. Die Kombination dieser Datenquellen, idealerweise verknüpft mit numerischen Simulationen, ermöglicht es, die Effekte von Beistellzeit und Kornumlagerung auf die Schotterstruktur genauer zu untersuchen und somit die Gleisstoppfung effizienter und wirkungsvoller zu gestalten. Wissenschaftliche Forschungsprojekte wie das hier präsentierte bilden das Fundament für eine erfolgreiche Produktentwicklung. Durch die Verknüpfung von Daten sowohl von der Stopfmaschine als auch vom Schotter entsteht ein umfassendes Verständnis für das Gleisverhalten. Diese ganzheitliche Herangehensweise ebnet den Weg für fundierte Innovationen in der Stopftechnologie und trägt letztendlich zur Verbesserung der Gleisqualität bei. ■

QUELLEN

- [1] Barbir, O. et al.: „Smart Rock trifft Smart Tamper – Teil 1: Stopfen aus Sicht des Schotters“, EI – DER EISENBAHNINGENIEUR 11/2023
- [2] Barbir, O.: „Development of condition-based tamping process in railway engineering“, Dissertation, Technische Universität Wien, Institut für Geotechnik, (2022)
- [3] Zhou, Y. et al.: „Investigation of Tamping Strategies based on SmartRock-measured Ballast Particle Motion and Stress Response“. Mechanical systems and signal processing (im Revisionsprozess)
- [4] Hansmann, F.; Zhou, Y.: „Smart Rock Meets Smart Tamper – Improved Tamping for Track Durability“. Heavy Haul Seminar, WRI 2023, Minneapolis, USA, June 2023
- [5] Demml, M. et al.: „Von der Spitzhacke zur emissionsfreien Gleisstoppmaschine“, EI – DER EISENBAHNINGENIEUR 5/2023
- [6] Barbir, O. et al.: „Von der Idee zum Produkt: Digitale Produktentwicklung im Bahnbau“, EIK 2023



Dipl.-Ing. Dr. techn. Olja Barbir
System Engineer
Plasser & Theurer, AT-Wien
olja.barbir@plassertheurer.com



Dipl.-Ing. Dr. mont. Christian Koczvara
R&D Scientist
Abt. Research und Simulation
Plasser & Theurer, AT-Linz
christian.koczvara@plassertheurer.com



Dipl.-Ing. Bernhard Antony, B.Sc.
Head of
Technology Centre Purkersdorf
Plasser & Theurer, AT-Wien
bernhard.antony@plassertheurer.com



Dipl.-Ing. Dr. techn. Fabian Hansmann
Head of Marketing
Plasser & Theurer, AT-Wien
fabian.hansmann@plassertheurer.com