



Methodik – Papier zum Handlungsfeld Planung und Bau: Verkehr und Verkehrsinfrastruktur – Hangmurengefährdung an Schienenwegen

Grundlagen

Vor dem Hintergrund immer häufiger und intensiver auftretender Starkregenereignisse stellen Murgänge als hochdynamische Naturgefahren eine ernst-zunehmende Bedrohung nicht nur für Mensch und Umwelt, sondern auch für Verkehr und Infrastruktur dar. Zur bundesweiten Gefährdungsabschätzung des deutschen Schienennetzes durch Hangmuren und Murgänge veröffentlichte das Deutsche Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF) 2023 eine Projektstudie, aus dem eine Gefahrenhinweiskarte für ca. 51.000 Kilometer Gleisstrecke hervorging. Diese Karte stellt ein wichtiges Hilfsmittel dar, um die schienenrelevante Gefährdungssituation abschätzen und Risikogebiete sichtbar machen zu können, was eine gezieltere Planung und Priorisierung in der Klimafolgenanpassung ermöglicht.

Datenbasis und Kartenerstellung

Die Gefahrenhinweiskarte für Hangmuren und Murgänge wurde vom Deutsche Zentrum für Schienenverkehrsforschung erstellt und veröffentlicht. Die Methodik zur Kartenerstellung gliedert sich in mehrere Schritte. Abbildung 1 zeigt eine Übersicht über die Schritte der Ableitung der Gefahrenhinweiskarte für Hangmuren und Murgänge.

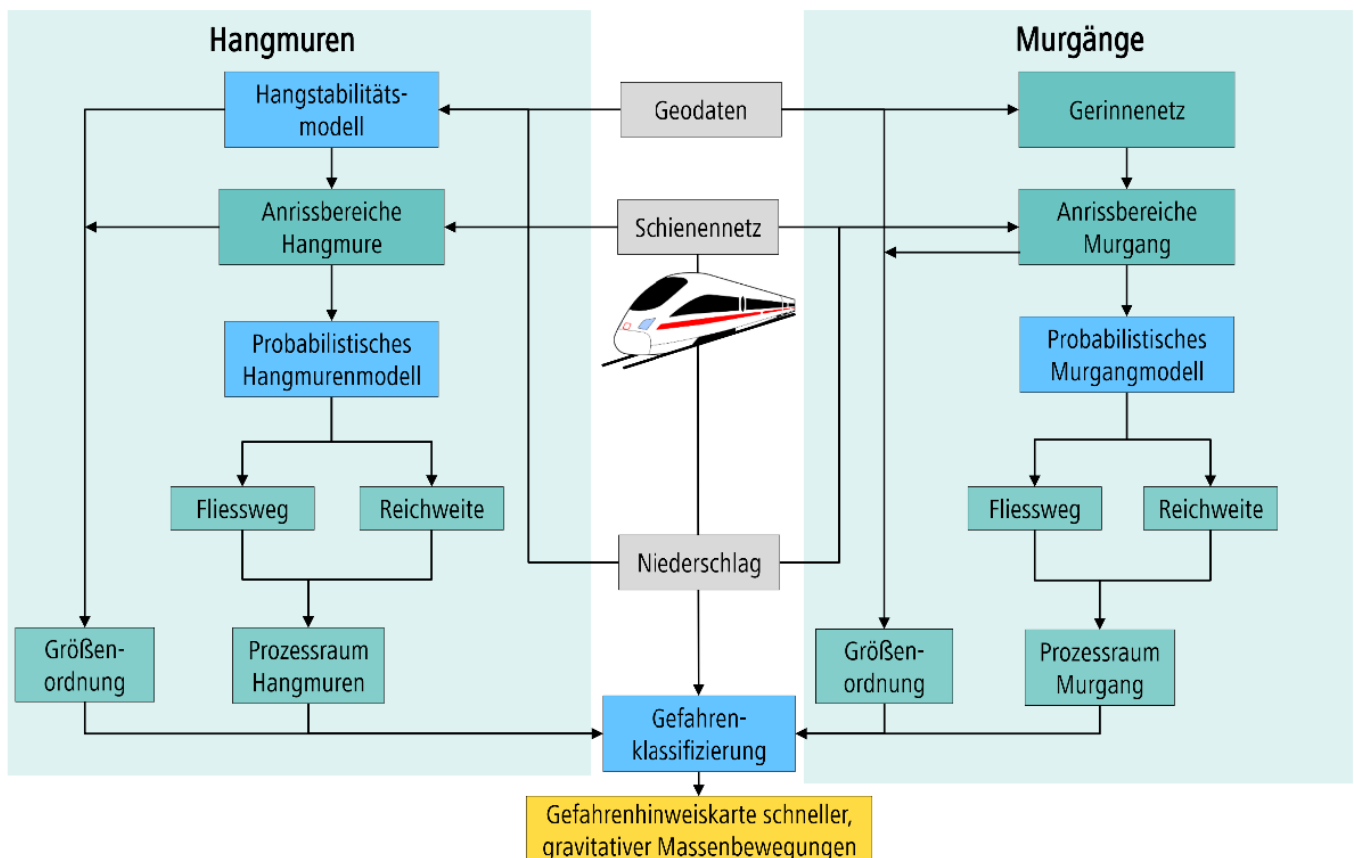


Abbildung 1: Überblick über das generelle Vorgehen bei der Erstellung der Gefahrenhinweiskarte schneller, gravitativer Massenbewegungen durch Simulation von Hangmuren und Murgängen entlang des deutschen Schienennetzes. Grau dargestellt sind Modell-Inputdaten, blau Teilmodelle, grün Ergebnisse der Teilmodelle und gelb schließlich das Endergebnis (RINDERER et al. 2023).

Zunächst wurden potenzielle Anrissbereiche für Hangmuren und Murgänge separat ermittelt. Für die Anrissbereiche von **Hangmuren** kam der physikalisch basierte Infinite-Slope-Stability-Ansatz (HAMMOND et al., 1992; MONTGOMERY & DIETRICH, 1994) zum Einsatz. Die Ergebnisse wurden sodann mit einem einfachen hydrologischen Modell zur Beschreibung der Hangwasserspiegellage (MONTGOMERY & DIETRICH, 1994) verschnitten (RINDERER et al. 2023). Die verwendeten Eingangsdaten umfassten neben

Daten zu Hangneigung und verschiedenen Bodeneigenschaften auch jene zum effektiven Niederschlag auf Basis der DWD-KOSTRA-Daten (JUNGHÄNEL et al. 2017). Eingangsdaten zur Landnutzung wurden aus dem Digitalen Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM) des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (Maßstab 1:25.000) bezogen. Die verwendeten bodenphysikalischen Parameter wurden aus der Bodenübersichtskarte 1:200.000 (BÜK200) der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) abgeleitet. Die Anrissbereiche von **Murgängen** hingegen wurden empirisch bestimmt: auf Grundlage der Gerinneneigung sowie der zugehörigen Einzugsgebietsfläche wurden Gerinne mit ausreichender Neigung und Einzugsgebietsgröße als murfähige Gerinne identifiziert und deren Anrissbereiche aus dem Digitalen Geländemodell (DGM5) abgeleitet.

Im nächsten Schritt wurden die potenziellen Fließwege und Reichweiten der Massenbewegungen modelliert. Dafür kamen probabilistische Multi-Flow-Modelle (z. B. „dfwalk“) zum Einsatz, bei denen Monte-Carlo-Simulationen (mehrere Rechenläufe pro Startpixel mit zufällig gesteuerten Richtungsänderungen; RINDERER et al. 2023) verschiedene Fließrichtungen von jedem Anrisspunkt aus berechneten. Ergänzend wurde das Reibungsmodell nach VOELLMY (1955) angewendet, um das dynamische Fließverhalten realitätsnah zu erfassen. So konnte eine Bandbreite möglicher Ausbreitungsräume sowohl für Hangmuren als auch für Murgänge abgebildet werden.

Die Größenordnung der Ereignisse wurde auf Basis der Mächtigkeit des Lockermaterials (bei Hangmuren) bzw. des verfügbaren Geschiebepotenzials entlang des Gerinnes (bei Murgängen) abgeschätzt. Mehrfach überlagerte Fließwege führten zu einer summierten Volumenabschätzung pro Rasterzelle. Auf Grundlage der Simulationsergebnisse wurden alle Rasterzellen des Untersuchungsgebiets einer Gefährdungsklasse zugeordnet (RINDERER et al. 2023). Dabei wurden sowohl die Häufigkeit, mit der eine Zelle in den Monte-Carlo-Simulationen von einem Massenbewegungsprozess betroffen ist, als auch die geschätzte Belastung durch Fließwege und Volumina berücksichtigt. Die Einteilung der simulierten Kubaturen (Raumvolumina) erfolgte, für Hangmuren und Murgänge gleichermaßen, rasterbasiert in drei Klassen: Gefahrenklasse 1 ($< 100 \text{ m}^3$ – geringe Gefährdung), Gefahrenklasse 2 (100 m^3 - 1.000 m^3 – mittlere Gefährdung) und Gefahrenklasse 3 ($\geq 1.000 \text{ m}^3$ – hohe Gefährdung). Abschließend wurden die Modellergebnisse durch den Vergleich mit einem Ereigniskataster validiert und zusätzlich anhand von Detailstudien in ausgewählten Pilotregionen überprüft (RINDERER et al. 2023).

Insgesamt wurden drei Kartenversionen erstellt: eine Gesamtkarte, welche Hangmuren und Murgänge kombiniert, und jeweils eine separate Karte für Hangmuren und Murgänge. Im Klimaatlas NRW ist die synoptische Version für Hangmuren und Murgänge dargestellt.

Kartenbeschreibung

Die im Klimaatlas NRW bereitgestellte Karte zeigt die potenzielle Gefährdung des Schienennetzes durch schnelle, wasserhaltige gravitative Massenbewegungen (Murgänge und Hangmuren). Die Gefährdung durch Murgang und Hangmuren an Schienenwegen in NRW (Abbildung 2) wird in insgesamt fünf Kategorien dargestellt: „nicht betroffen“ (dunkelgrau), die drei Gefährdungsklassen der Murgang- und Hangmurengefährdung („kleines Ereignis“, „mittleres Ereignis“, „großes Ereignis“ von hell- bis dunkelrot) und „Tunnel“ (hellgrau). Ereignisse höherer Gefährdungsklassen treten vor allem in ländlicheren Regionen mit Hügelerkennung oder Mittelgebirgsregionen wie dem Sauerland auf. Aber auch im urbanen Raum gibt es gefährdete Streckenabschnitte, z. B. in Unterföhrungsbereichen.

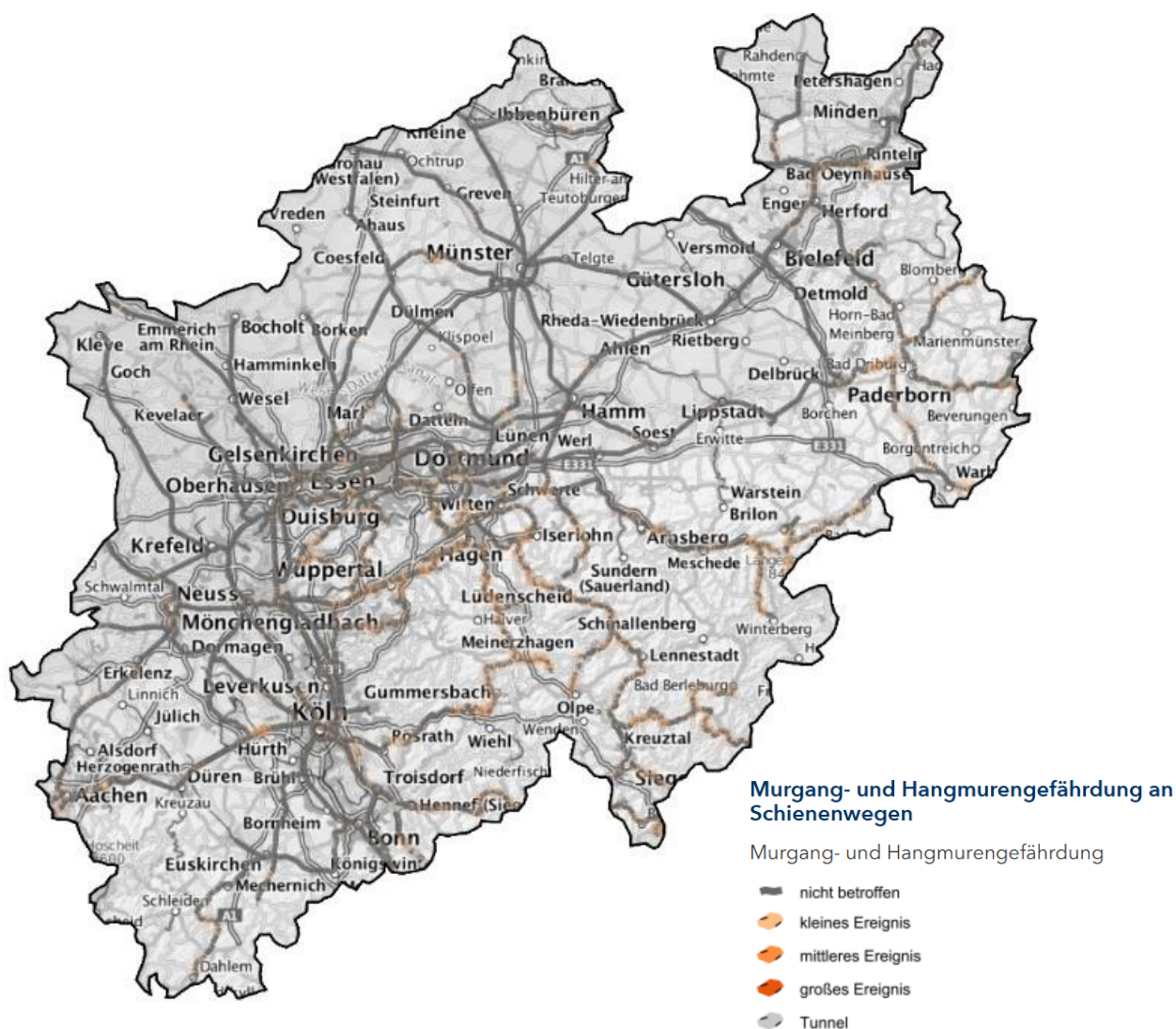


Abbildung 2: Murgang- und Hangmurengefährdung an Schienenwegen in NRW.

Fazit

Hangmuren und Murgänge gelten als besonders gefährlich, weil sie plötzlich, schnell und mit großer Zerstörungskraft auftreten. Im vorgestellten Forschungsprojekt des DZSF wurde eine Gefahrenhinweiskarte zur Gefährdung gegenüber solchen wasserhaltigen Massebewegungen erarbeitet. Zur Erstellung der Karte hat sich laut RINDERER et al. (2023) die Verwendung zweier Modelle für die differenzierte Betrachtung von Hangmuren und Murgängen als zielführend erwiesen. Durch die Kombination geowissenschaftlicher Modellierung, hochaufgelöster Geodaten sowie validierten Simulationsverfahren konnten potenzielle Gefährdungsbereiche durch Hangmuren und Murgänge flächendeckend identifiziert werden. Die Gefahrenhinweiskarte bietet somit eine solide Grundlage zur Einschätzung der Exposition der Schieneninfrastruktur gegenüber klimawandelbedingt zunehmender Naturgefahren, insbesondere infolge häufiger Starkregenereignisse.

Literatur

- Hammond, C., Hall, D., Miller, S. & Swetik, P. (1992): Level I Stability Analysis (LISA) documentation for version 2.0. General Technical Report, INT-285. Ogden, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station.
- Junghänel, T., Ertel, H. & Deutschländer, T. (2017): KOSTRA-DWD-2010R – Bericht zur Revision der koordinierten Starkregenregionalisierung und -auswertung des Deutschen Wetterdienstes in der Version 2010. In: Deutscher Wetterdienst Abteilung Hydrometeorologie, Offenbach.
- Montgomery, D., Dietrich, W. (1994): A physically based model for the topographic control on shallow landsliding. In: Water Resources Research 30, S. 1153 – 1171.
- Rinderer, M., Berger, C., Zimmermann, F. & Mertin, M. (2023): Analysen zu schnellen wasserhaltigen Massenbewegungen – Bundesweite Untersuchungen zur Exposition des deutschen Schienennetzes und Modellierungen der räumlichen Ausbreitung. BZSF, Forschungsbericht 48. DOI: <https://doi.org/10.48755/dzsf.230018.01>
- Voellmy, A. (1955): Über die Zerstörungskraft von Lawinen. In: Bauzeitung 73, Schweiz, S. 159 – 165, 212 – 217, 46 – 249 und 280 – 285.