NATURE-DEMO: Naturbasierte Lösungen für eine klimaresiliente Schieneninfrastruktur

Der Klimawandel erhöht die Belastung der Schieneninfrastruktur durch Hitze, Überflutungen und Böschungsinstabilität. Das EU-Projekt NATURE-DEMO untersucht, wie naturbasierte Lösungen als Ergänzung konventioneller Ingenieurbauweisen zur Erhöhung der Resilienz der Schieneninfrastruktur eingesetzt werden können.

1. Einleitung

Die Auswirkungen klimabedingter Extremereignisse auf die Schieneninfrastruktur nehmen in Europa spürbar zu [1]. Hitzeperioden, lang anhaltende Trockenheit und Starkregenereignisse führen zunehmend zu betrieblichen Einschränkungen sowie zu erhöhtem Instandhaltungsaufwand.

Konventionelle technische Maßnahmen stellen etablierte Lösungen dar, stoßen jedoch unter sich verändernden Rahmenbedingungen an ihre Grenzen. Neben steigenden Bau- und Instandhaltungskosten zeigen sich zudem Grenzen bei der Anpassung an veränderte klimatische Bedingungen sowie bei der ökologischen Verträglichkeit.

Naturbasierte Lösungen bieten hier einen ergänzenden Ansatz, indem sie technische Funktionen mit ökologischen Prozessen kombinieren [2]. Vegetationsbasierte Maßnahmen können beispielsweise zur Stabilisierung von Böschungen beitragen und zugleich zusätzliche Ökosystemleistungen bereitstellen [3]. Trotz dieses Potenzials ist ihre Anwendung im Schienenbereich bislang nur begrenzt etabliert, sodass weiterer Erprobungs- und Bewertungsbedarf besteht [4, 5].



1: Beispiel eines NbS-Steckbriefs für eine begrünte Holzstützwand Quelle: NATURE-DEMO [7]



2: Strukturierte Darstellung von Funktionen und Eigenschaften einer begrünten Holzstützwand Quelle: NATURE-DEMO [7]



Shahriar Mohammadzadeh
Wissenschaftlicher Referent
Fachbereich Klimaschutz, Umwelt und Nachhaltigkeit
Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt (DZSF), Dresden
Mitarbeit im Projekt NATURE-DEMO
MohammadzadehS@dzsf.bund.de



Dr. Lars Symmank
Wissenschaftlicher Referent
Fachbereich Klimaschutz, Umwelt und Nachhaltigkeit
Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt (DZSF), Dresden
Projektleiter NATURE-DEMO am DZSF
SymmankL@dzsf.bund.de

Im Unterschied zu rein technischen Lösungen entwickeln naturbasierte Maßnahmen ihre Wirkung mit der Zeit und passen sich an standortspezifische Bedingungen an.

Nutzung unter https://nature-demo.eu/, www.dzsf.bund.de sowie researchgate.net mit freundlicher Genehmigung durch DVV Media Group, 2026



3: Konventionelle Böschungssicherung (graue Infrastruktur) Quelle: KI-generiert



4: Begrünte Holzstützwand in der Anfangsphase Quelle: KI-generiert

2. NATURE-DEMO im Kontext der Schieneninfrastruktur

Im Horizon Europe-Projekt NATURE-DEMO untersuchen 23 Partner aus europäischen Ländern, wie naturbasierte Lösungen zur Anpassung kritischer Infrastrukturen an klimabedingte Risiken in Europa beitragen können [6]. Im Fokus stehen insbesondere lineare Infrastrukturen wie Straßen und Schienenwege, die aufgrund ihrer räumlichen Ausdehnung und funktionalen Anforderungen für Extremwetterereignisse besonders anfällig sind.

Im Schienenbereich bestehen spezifische Anforderungen an Sicherheit, Verfügbarkeit und Regelkonformität. Gleichzeitig ergeben sich für die Infrastruktur vielfältige Schnittstellen zu natürlichen Systemen, etwa bei Böschungen oder Entwässerungsanlagen. Diese Bereiche bieten Potenziale für den gezielten Einsatz naturbasierter Maßnahmen, beispielsweise zur Hangsicherung, Kühlung oder zur Verbesserung des Wasserhaushalts.

NATURE-DEMO verfolgt einen anwendungsorientierten Ansatz, bei dem naturbasierte Lösungen mit bestehenden technischen Systemen kombiniert werden. Ziel ist es, Entscheidungsgrundlagen für Infrastrukturbetreiber zu schaffen, die technische und ökologische Kriterien berücksichtigen. Hierzu werden Daten zu Gefährdungen, Exposition und Schadensanfälligkeit mit Informationen zu geeigneten Schutzmaßnahmen verknüpft.

Das Deutsche Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt (DZSF) untersucht die Übertragung dieser Ansätze auf den Schienenbereich und bewertet deren praktische Anwendbarkeit.

3. Aktueller Projektstand und Ergebnisse

Seit dem Projektstart im Jahr 2024 liegt ein wesentlicher Arbeitsschwerpunkt auf der Entwicklung eines strukturierten Katalogs naturbasierter Lösungen für verschiedene Infrastrukturanwendungen. Dieser bündelt Informationen zu relevanten Eigenschaften, Funktionen, Einsatzbereichen und potenziellen Zusatznutzen sowie zugehörigen ökonomischen Aspekten und Kosten-Nutzen-Überlegungen verschiedener Maßnahmen [7]. Die standardisierte Darstellung in Form von Steckbriefen (Abb. 1 und 2) erleichtert die vergleichbare Bewertung und unterstützt ihre Einordnung in Planungs- und Entscheidungsprozesse.

Parallel dazu entsteht eine digitale Entscheidungsunterstützung, in welche die im Katalog strukturierten Informationen und die zugrunde liegende Methodik integriert werden. Gleichzeitig führt sie Informationen zu Gefährdungen, Exposition, Schadensanfälligkeit sowie infrastrukturspezifische Daten zusammen. Dadurch sollen standortbezogene Risiken bewertet und geeignete Maßnahmen nachvollziehbar priorisiert werden.

Ein weiterer Fokus liegt auf der praktischen Erprobung naturbasierter Lösungen an Demonstrationsstandorten in mehre-



5: Begrünte Holzstützwand nach Etablierung der Vegetation Quelle: KI-generiert

Nutzung unter https://nature-demo.eu/, www.dzsf.bund.de sowie researchgate.net mit freundlicher Genehmigung durch DVV Media Group, 2026

ren europäischen Ländern. Dabei werden standortspezifische Risiken, etwa Erosion, Überflutungen oder Hitze, unter realen klimatischen und infrastrukturellen Bedingungen untersucht. Zum Einsatz kommen Vor-Ort-Erhebungen, sensorbasierte Messungen sowie Fernerkundungsdaten.

Außerdem werden Ansätze entwickelt, um die gewonnenen Erkenntnisse auf weitere Regionen und Infrastrukturen zu übertragen und die Anwendung naturbasierter Lösungen über einzelne Pilotvorhaben hinaus zu erleichtern.

4. Praxisbeispiel: Begrünte Holzstützwand

Ein konkretes Anwendungsbeispiel für naturbasierte Lösungen im Bereich der Schieneninfrastruktur ist die Verwendung begrünter Holzstützwände zur Stabilisierung von Böschungen. Diese Bauweise kombiniert konstruktive Holzelemente mit Vegetation und ermöglicht dadurch eine funktionale Sicherung von Hängen bei gleichzeitiger Stärkung ökologischer Funktionen.

Im Vergleich zu konventionellen technischen Sicherungsmaßnahmen (Abb. 3) basieren solche Systeme nicht ausschließlich auf statischen Eigenschaften, sondern entwickeln ihre Funktionalität im Zeitverlauf weiter.

In der Anfangsphase übernimmt die konstruktive Struktur der Holzstützwand die primäre Stabilisierungsfunktion (Abb. 4). Mit fortschreitender Entwicklung übernehmen zunehmend Pflanzen die Stabilisierungsleistung. Die Durchwurzelung des Bodens trägt langfristig zur Sicherung der Böschung bei und wirkt sich positiv auf den Wasserhaushalt im Böschungsbereich aus (Abb. 5).

5. Vergleich: Graue und naturbasierte Lösungen

Konventionelle Sicherungsmaßnahmen gehen häufig mit einem hohen Material- und Instandhaltungsaufwand einher und verursachen bei Produktion und Bau Treibhausgasemissionen. Im Gegensatz dazu fallen diese bei naturbasierten Lösungen aufgrund der verwendeten natürlichen Baustoffe (z. B. Holz) deutlich geringer aus. Zusätzlich binden die eingesetzten Pflanzen CO_2 in Form von Biomasse und schaffen zugleich neue Lebensräume und Nahrungsquellen für verschiedene Tierarten [8].

Für den Schienenbereich ergibt sich daraus ein erhebliches Potenzial für eine nachhaltigere Entwicklung der Infrastruktur [4]. Voraussetzung bleibt eine standortspezifische Bewertung unter Berücksichtigung technischer Anforderungen. Naturbasierte Lösungen können insbesondere dort einen Mehrwert bieten, wo neben der Sicherungsfunktion auch Aspekte der Anpassungsfähigkeit und Klimabilanz relevant sind.

> Gegenüber konventionellen Bauweisen haben naturbasierte Lösungen eine bessere CO_2-Bilanz, ökologische Mehrwerte und potenziell einen geringeren Instandhaltungsaufwand.

6. Ausblick für die Anwendung im Bahnsektor

Die Integration naturbasierter Lösungen in die Schieneninfrastruktur steht noch am Anfang und erfordert eine systematische Weiterentwicklung von Planungs- und Bewertungsansätzen [4, 5]. Insbesondere fehlen umfassende Erfahrungswerte sowie standardisierte Verfahren zur Beurteilung der technischen Eignung und langfristigen Wirksamkeit unter realen Betriebsbedingungen.

Bis 2028 möchte das Projekt NATURE-DEMO dazu beitragen, diese Wissenslücken zu schließen, indem naturbasierte Lösungen unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen untersucht und ihre Anwendbarkeit im Infrastrukturbereich bewertet werden [6]. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen eine stärkere Berücksichtigung solcher Maßnahmen in Planung und Betrieb ermöglichen.

Für den Bahnsektor ergibt sich daraus die Perspektive, naturbasierte Lösungen gezielt als ergänzendes Instrument in bestehende Prozesse zu integrieren. Dies kann dazu beitragen, die Resilienz der Schieneninfrastruktur gegenüber klimabedingten Einwirkungen zu stärken und deren Nachhaltigkeit zu fördern.

Weitere Informationen zum Projekt NATURE-DEMO sind unter www.nature-demo.eu verfügbar. ●

DOI 10.61067/260833

Literatur

[1] Szymczak, S., Backendorf, F., Blauhut, V., Bott, F., Fricke, K., Herrmann, C., Klippel, L., Walter, A.: Heat and drought induced impacts on the German railway network. Transportation Research Procedia 72, 696–703 (2023). https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.457.
[2] Blackwood, L., Renaud, F.G., Gillespie, S.: Nature-based solutions as climate change adaptation measures for rail infrastructure. Nature-Based Solutions 2, 100013 (2022). https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2022.100013.
[3] Capobianco, V., Palau, R.M., Solheim, A., Gisnås, K., Gilbert, G., Danielsson, P., van der Keur, P.: The potential use of nature-based solutions as natural hazard mitigation measures for linear infrastructure in the Nordic countries. Geoenvironmental Disasters 11, 27 (2024). https://doi.org/10.1186/s40677-024-00287-4.
[4] Blackwood, L., Renaud, F.G.: Barriers and tools for implementing nature-based solutions for rail climate change adaptation. Transportation Research Part D: Transport and Environment 113, 103529 (2022). https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103529.
[5] Blackwood, L.: A framework for the successful application of nature-based solutions for climate change adaptation on rail infrastructure developed through the examination of two case studies. Nature-Based Solutions 5, 100126 (2024). https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2024.100126.
[6] NATURE-DEMO Project: Nature-based Solutions Demonstrations for Climate Resilient Critical Infrastructure. Horizon Europe, Grant Agreement No. 101157448. Available at: https://nature-demo.eu/ (Zugriff: 08.04.2026, 15:30 Uhr MEZ).
[7] NATURE-DEMO Consortium: Deliverable 1.1 – Catalogue of suitable NbS for climate-resilient infrastructure. Horizon Europe Grant 101157448, Zenodo (2025). https://doi.org/10.5281/zenodo.18812283.
[8] Mohammadzadeh, S.; Scholz, T.; Symmank, L.: Bridging Ecology and Infrastructure: Evaluating the Integrated Benefits of Nature-based Solutions. ce/papers 8 (2025), H. 5, S. 134–141. https://doi.org/10.1002/cepa.3390.

Summary

NATURE-DEMO: Nature-based solutions for a climate-resilient rail infrastructure

Nature-based solutions (NbS) can complement conventional engineering to improve the climate resilience of railway infrastructure. The Horizon Europe project NATURE-DEMO develops a structured NbS catalogue, digital decision-support tools and demonstration cases. This article outlines current results and illustrates their application using a vegetated timber retaining structure.

Nutzung unter https://nature-demo.eu/, www.dzsf.bund.de sowie researchgate.net mit freundlicher Genehmigung durch DVV Media Group, 2026