

Ertüchtigungsmaßnahmen für Bahnstrecken auf weichen Böden: Ein Fallbeispiel

EINFÜHRUNG

Die Trasse einer Bahnstrecke in Norddeutschland verläuft auf einer Länge von ca. 44 km überwiegend auf wasser-gesättigten weichen und z.T. breiigen Klei- und Torflagerungen (Bild 1). Diese Weichschichten bedingen Untergrundsetzungen und führen zu einer instabilen Gleislage, die trotz häufiger Nachstopfarbeiten nicht mehr vollständig beherrschbar ist.

Zur Gewährleistung der langfristigen Streckenverfügbarkeit und Streckensicherheit ist eine Streckenertüchtigung auf ca. 40 km Länge erforderlich.

Ziel der Ertüchtigung ist die Wiederherstellung bzw. Gewährleistung der maximalen Streckengeschwindigkeit von 80 km/h für Güterzüge und 120 km/h für Reisezüge.

Das Projekt wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Institut und der Versuchsanstalt für Geotechnik an der TU Darmstadt und der Firma GuD Geotechnik und Dynamik Consult Berlin durchgeführt.

Aufgabe der TU Berlin bei diesem Projekt war eine ingenieurmäßige Prognose der Langzeitsetzungen der ertüchtigten Strecke.

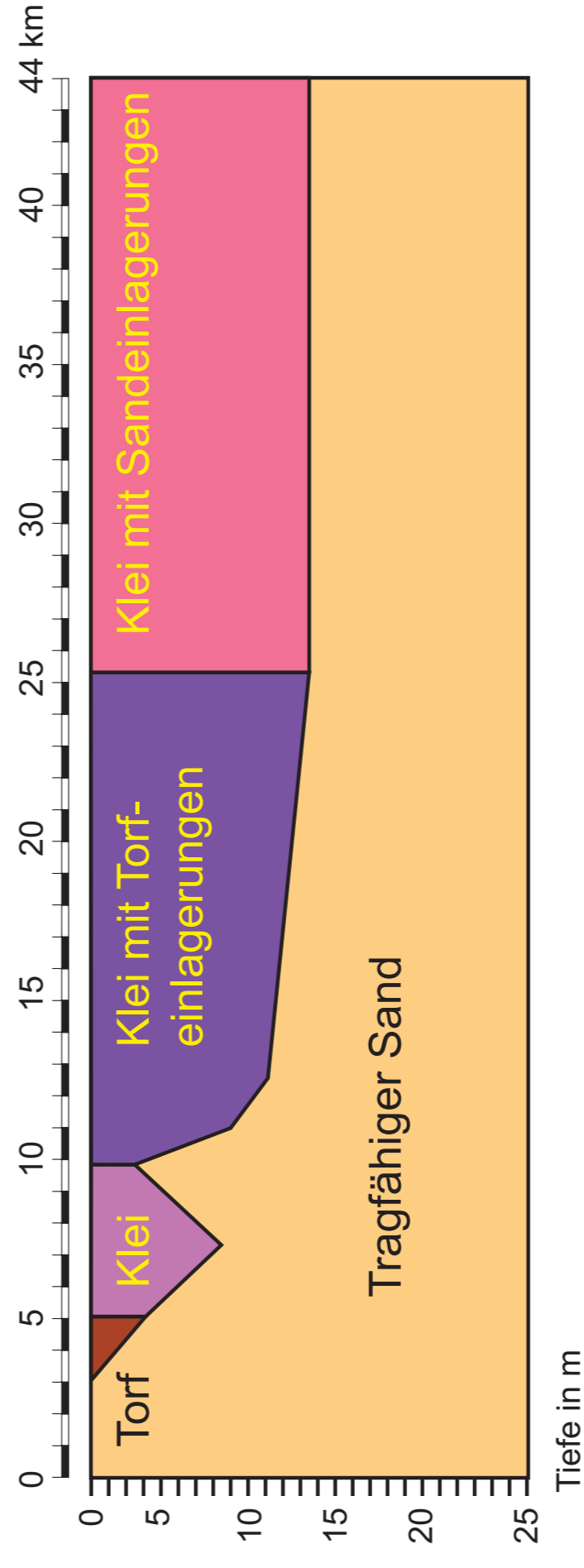


Bild 1: Bodenprofil im Längsschnitt

ERTÜCHTIGUNGSKONZEPT

Es ist vorgesehen, als Ertüchtigungsmaßnahme Kalk-Zement-Säulen (LCM, Lime-Cement-Mixture) in den Boden einzubringen. Dabei wird im Trokerverfahren ein Kalk-Zement-Gemisch unter hohem Druck in den Boden eingepresst. Für derartige Säulen liegen in Deutsch-

land keine Erfahrungen vor. Die Methode wurde aber bereits in Schweden und in Südstasien angewendet.

Im Rahmen eines Großversuches sollte eine optimale Säulen-anordnung gefunden werden. Dazu wurden fünf Testfelder von jeweils etwa 30 m Län-

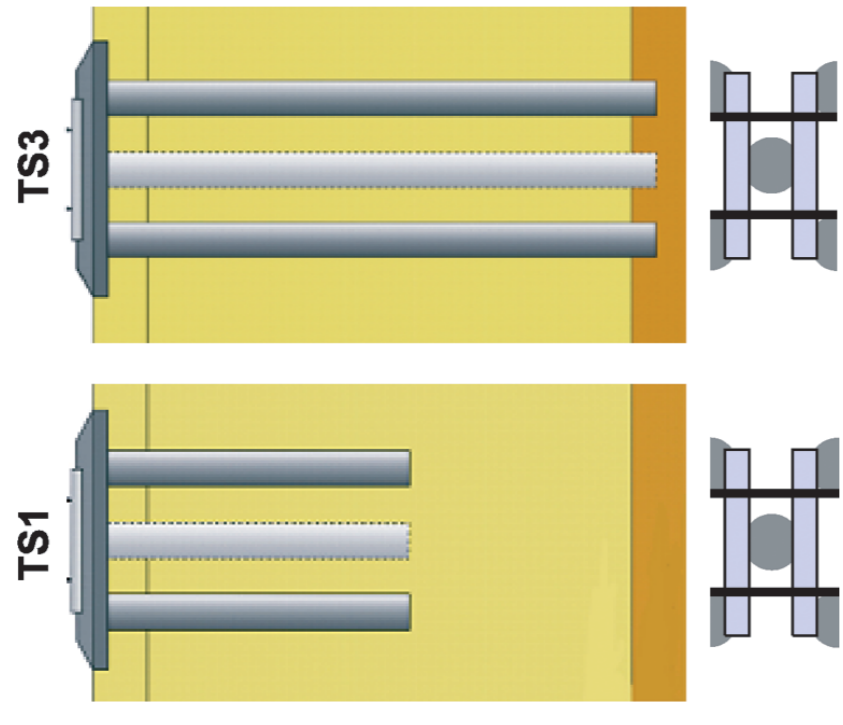


Bild 2: Beispiele für die Anordnung der LCM-Säulen in einem Testfeld

ge hergestellt. Die Anordnung der Säulen zeigt Bild 2 beispielhaft für zwei Testfelder t. Bei allen Testfeldern wurde zunächst das vorhandene Schottergleis entfernt. Danach wurden die Säulen eingebracht und ein umfangreiches Messprogramm in-

stalliert. Die messtechnische Instrumentierung aller Testfelder zeigt Bild 3.

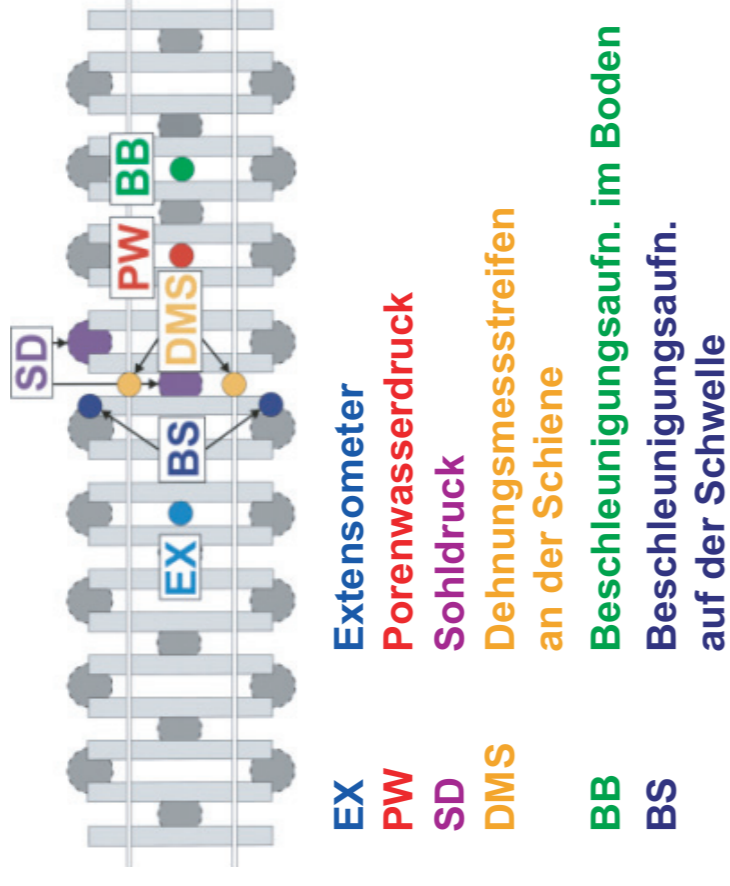


Bild 3: Messtechnische Instrumentierung aller Testfelder

Nach dem Neuaufbau des Gleises wurde der Verkehr wieder aufgenommen, wobei die Testfelder mit vorgegebenen Geschwindigkeiten zu durchfahren waren.

PROGNOSEKONZEPT

Das Vorgehen zur Prognose der Langzeitsetzungen kombiniert in-situ-Messungen, Laborversuche und numerische Berechnungen (Bild 4). Letztere dienen dazu, eine Extrapolation der Messergebnisse aus Test-

fahrten mit geringerer Geschwindigkeit auf die geplante Streckengeschwindigkeit zu ermöglichen. Sie wurden an den Messergebnissen geeicht. Das benutzte FE-Modell zeigt Bild 5.

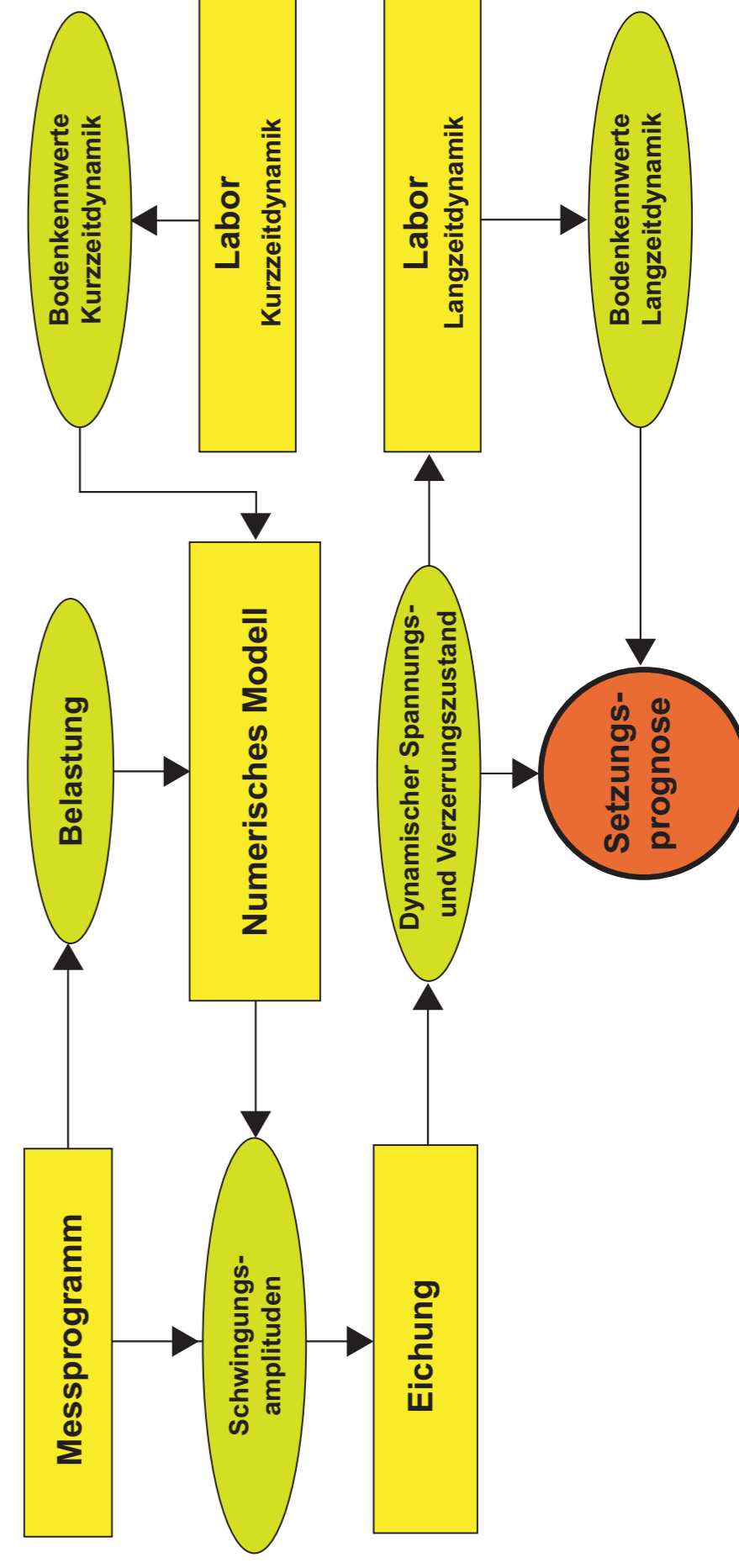


Bild 4: Prognosekonzept für die Langzeitsetzungen

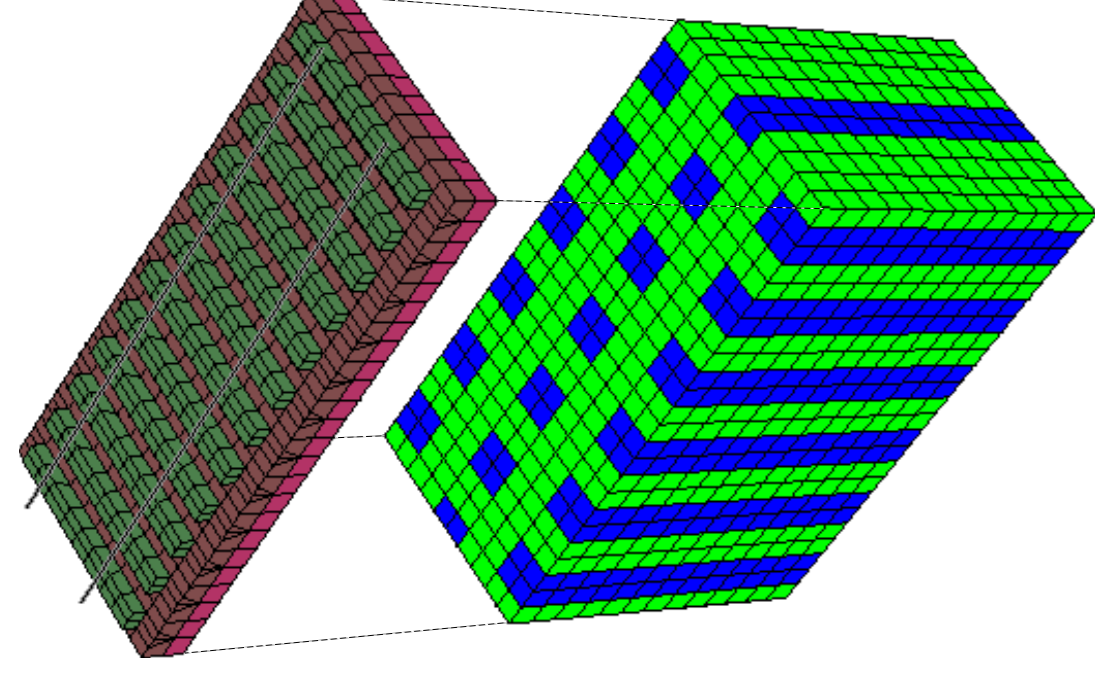


Bild 5: FE-Modell am Beispiel von Testfeld TS3

Der Nachweis der Setzungen infolge Langzeitdynamik erfolgt ähnlich dem Vorgehen von Hu et al¹⁾. Es wird dabei die Beobachtung ausgenutzt, dass sich Böden bei geringen dynamischen Scherdehnungen linear elastisch verhalten, dass jedoch mit größer werdenden Scherdehnungen bei großer Anzahl von Belastungszyklen eine nicht mehr zu vernachlässigende volumetrische Verformung auftritt. Die Größe der Scherdehnungen, ab der sich ein

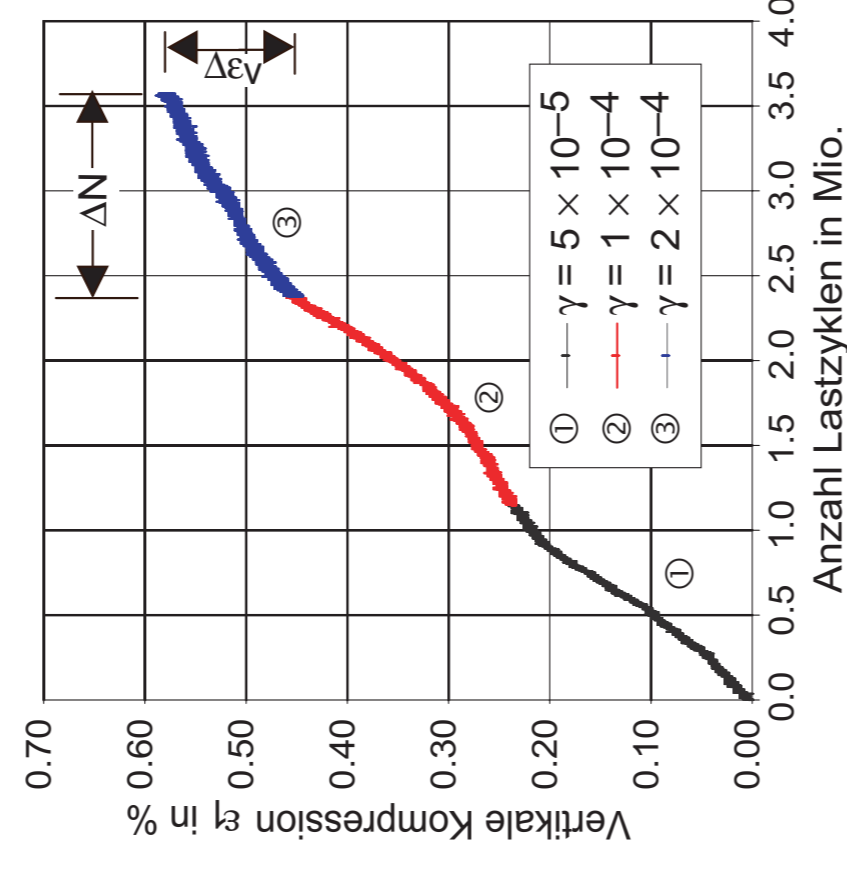


Bild 6: Vertikale Dehnung infolge dynamischer Scherbelastung Klei, stark tonhaltig, weich bis breiig

nichtlineares Langzeitverhalten einstellt, wurde für verschiedene Böden von Vučetić²⁾ bestimmt.

Zur Quantifizierung des Zusammenhangs zwischen dynamischen Scherdehnungen und volumetrischen Verformungen wurden modifizierte Resonanz-Column-Versuche konzipiert und durchgeführt. Die aus Messungen und numerischer Simulation ermittelten auftretenden Scherdehnungen wurden auf die Bodenprobe aufgebracht und die vertikalen Verformungen wurden gemessen.

ERGEBNIS

Wird als einzelner Belastungszyklus in der Realität die Überfahrt einer Achse ange-setzt, so sind bei den vorliegen-

den Schichtdicken maximale Setzungen von 1,2 cm/Jahr zu erwarten.

1) Y. Hu et al. (2003) Bewertung der dynamischen Stabilität von Erdbauwerken unter Eisenbahnverkehr. Geotechnik 26: 42-56

2) M. Vučetić (1994) Cyclic Threshold Shear Strains in Soils. J Geotech Engng 120: 2208-2228

Projekträger: DB ProjektBau GmbH

Bearbeiter/Kontakt:

Dipl.-Ing. Winfried Schepers
Technische Universität Berlin
Grundbau und Bodenmechanik
Sekt. TIB1-B7
Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin

Winfried.Schepers@tu-berlin.de

Fax: +49-30-314 72343
Tel.: +49-30-314 72341