

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für GEPRO /  
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten  
 genehmigt von DVV Media Group, 2018.

# Stand sicherheitsbeurteilung bestehender geotechnischer Bauwerke – Teil 1

Für die Geschwindigkeitsanhebung auf 200 km/h im Streckenabschnitt Erfurt–Eisenach war die Beurteilung der Stand sicherheit der geotechnischen Bauwerke erforderlich.

**DIRK WEGENER | RALPH FISCHER |  
 EBERHARD LIEBERMANN**

**Für den Ausbau des Streckenabschnitts Erfurt–Eisenach der Bahnstrecke 6340 Halle (Saale) Hbf–Guntershausen mit einer Geschwindigkeitserhöhung von 160 km/h auf 200 km/h waren Bewertungen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der bestehenden geotechnischen Bauwerke vorzunehmen. Um nicht für jedes einzelne Erdbauwerk entsprechende rechnerische Nachweise führen zu müssen, werden im vorliegenden Beitrag Grundsatzuntersuchungen geführt, ob es durch die Erhöhung der Geschwindigkeit der Reisezüge auf 200 km/h zu einer Erhöhung der quasistatischen bzw. dynamischen Beanspruchung kommt. Auf Basis dieser Untersuchungen wird in der folgenden *EI-Ausgabe 5/2018* eine Kategorisierung der Erd- und Stützbauwerke sowie Durchlässe vorgenommen.**

## Problemstellung

Der Streckenabschnitt Erfurt–Eisenach der Bahnstrecke 6340 Halle (Saale) Hbf–Guntershausen wird seit März 2017 sowohl von Triebwagenzügen (z. B. ICE 1 mit Triebköpfen und ca. 20 t Radsatzlast) als auch lokgezogenen Reisezügen (z. B. Lok BR 101 mit ca. 21,5 t Radsatzlast) mit  $v = 200$  km/h befahren. Derzeit beträgt die Geschwindigkeit der Personenzüge maximal  $v = 160$  km/h und die Strecke ist der Streckenklasse D4 (mit ca. 22,5 t Radsatzlast) zugeordnet. Die Stand sicherheit der Erd- und Stützbauwerke sowie Durchlässe sind für diese Erhöhung der Geschwindigkeit zu beurteilen.

Entsprechend Ril 836.7001 Abs. 3 (4) [1] „sind für den gesamten betroffenen Streckenabschnitt Bewertungen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der bestehenden geotechnischen Bauwerke und des Fahrwegunterbaus vorzunehmen“, da „Anhebungen der Geschwindigkeiten um mehr als 10 % gegenüber der bisherigen tatsächlich gefahrenen maximalen Geschwindigkeiten vorgenommen werden“. Die Geschwindigkeitsanhebung im Streckenabschnitt Erfurt–Eisenach beträgt  $(200 - 160) / 160 = 25\%$  und ist damit deutlich höher als 10 %.

Auch die Modifizierung der 10 %-Regel kann nicht angewendet werden, da entsprechend

TM 1-2014-10462 [2] für einen Geschwindigkeitssprung von 160 km/h auf 200 km/h die Radsatzlasten der schnell fahrenden Reisezüge maximal 18,5 t betragen dürfen. Die künftig mit 200 km/h verkehrenden Züge (z. B. ICE 1 mit Triebköpfen und ca. 20 t Radsatzlast und lokgezogene Reisezüge z. B. mit Lok BR 101 mit ca. 21,5 t Radsatzlast) haben jedoch eine höhere Radsatzlast als 18,5 t.

Entsprechend Ril 836.7001 Abs. 3 (4) [1] „darf ein bestehendes geotechnisches Bauwerk höhere Belastungen durch Eisenbahnverkehr erhalten, wenn die Bedingungen des Abs. 2 (1) eingehalten sind und die Auswirkungen der höheren Belastungen auf die Tragfähigkeit und auf die Gebrauchstauglichkeit [...] geotechnisch bewertet und als zulässig bestätigt wurden, bzw. entsprechende Nachweise geführt wurden.“ Entsprechend Ril 836.7001 Abs. 2 (1) gilt folgender Grundsatz: „Wenn ein Erdbauwerk in Gebrauch ist, dabei schadenfrei geblieben ist, nach Modul 836.8001 instand gehalten wird und die künftigen Beanspruchungen nicht höher als die bisherigen sind, darf davon ausgegangen werden, dass es für die weitere Nutzung ausreichend stand sicher und ausreichend gebrauchstauglich ist.“

Es sind deshalb entsprechende Untersuchungen für jedes geotechnische Bauwerk des Streckenabschnitts Erfurt–Eisenach notwendig, ob es infolge der Geschwindigkeitserhöhung von 160 km/h auf 200 km/h zu einer Erhöhung der Beanspruchung kommt.

Nachweise zur Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit bestehender geotechnischer Bauwerke sind insbesondere deshalb aufwen-

dig, weil entsprechende Material- und Querschnittskennwerte ermittelt werden müssen und dazu zumeist auch Boden- und Bauwerks erkundungen notwendig sind.

Um nicht für jedes einzelne Erdbauwerk entsprechende rechnerische Nachweise führen zu müssen, wird untersucht, ob es durch die Erhöhung der Geschwindigkeit der Reisezüge auf 200 km/h zu einer Erhöhung der quasi-statischen bzw. dynamischen Beanspruchung kommt. Dazu wurden entsprechende Grundsatzuntersuchungen geführt und eine Kategorisierung der Erd- und Stützbauwerke sowie Durchlässe nach einer einheitlichen Methodik vorgenommen [3]. Erst wenn sich nach dieser Kategorisierung ergibt, dass es zu einer entsprechenden Erhöhung der Beanspruchung kommt, die nicht durch die Ril 836 abgedeckt ist, werden entsprechende rechnerische Einzelnachweise für diese Erdbauwerke notwendig.

## Grundsatzuntersuchungen zur quasistatischen Beanspruchung Maßgebende Lastbilder

Zur Untersuchung der quasistatischen Beanspruchung erfolgen FE-Berechnungen mit dem FE-Programm Plaxis 2D. Dabei werden folgende Radsatzlasten berücksichtigt, siehe auch Tab. 1.

Für den gegenwärtigen Zugverkehr:

- Güterzüge: Lastbild der Streckenklasse D4 mit  $v = 100$  km/h, 4-achsige Wagen mit 22,5 t Radsatzlast und 8,0 t/m Laufmeterlast,
- Reisezüge: Lokgezogener Reisezug mit  $v = 160$  km/h, 4-achsige Lok BR 101 mit 21,5 t Radsatzlast und 4,55 t/m Laufmeterlast oder

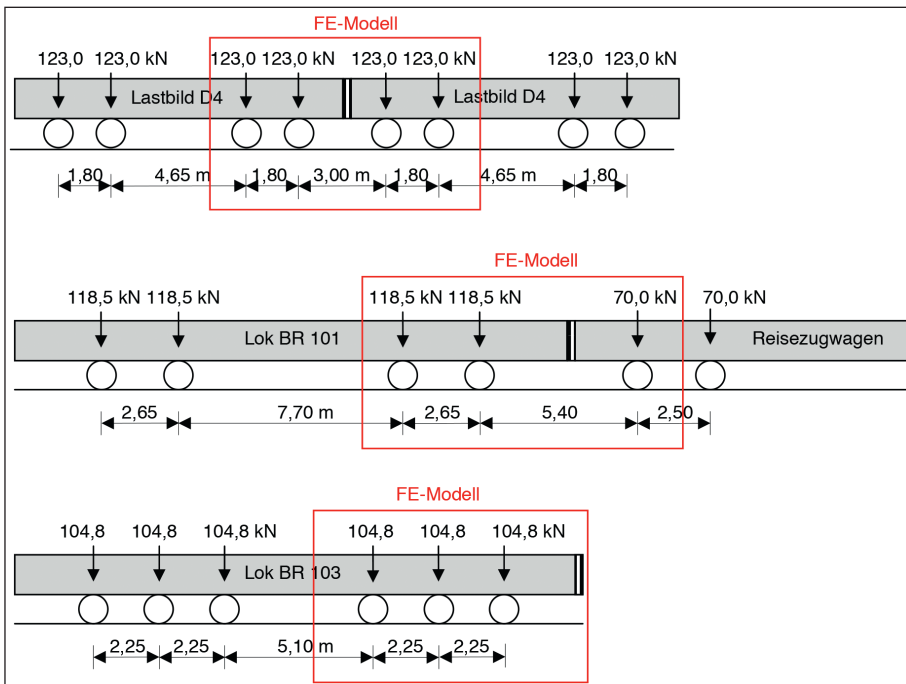
Bereich	Lastbild D4	Lok BR 101	Lok BR 103
Zuggeschwindigkeit	100 km/h	200 km/h	200 km/h
Radsatzlast	22,5 t	21,5 t	19,0 t
Gleislagequalität $n^1$	0,15 (gut)	0,15 (gut)	0,15 (gut)
Geschwindigkeitsbeiwert $\varphi^2$	1,25	1,37	1,37
Standardabweichung $s = n \cdot \varphi$	0,19	0,21	0,21
Erhöhungsfaktor $(1 + 0,5s)^3$	1,09	1,10	1,10
erhöhte Radkraft	123,0 kN	118,5 kN	104,8 kN

<sup>1)</sup> gemäß Oberbauberechnung [4]

<sup>2)</sup>  $\varphi = 1 + 0,5 \cdot (v - 60) / 190$  für Reisezüge bzw.  $\varphi = 1 + 0,5 \cdot (v - 60) / 80$  für Güterzüge gemäß [4]

<sup>3)</sup> mit  $s = 1,65$  Standardabweichung für 95% Unterschreitungswahrscheinlichkeit für die Beanspruchung von Unterbau/Untergrund entsprechend Tabelle 4.14 in [5]

**Tab. 1:** Zusammenstellung der quasistatischen Belastung für die maßgebenden Lastbilder



**Abb. 1:** Verwendete Lastbilder mit erhöhter Radkraft sowie Ausschnitte für die FE-Berechnung, oben: Streckenklasse D4, Mitte: 4-achsige Lok BR 101 und unten: 6-achsige Lok BR 103

6-achsige Lok BR 103 mit 19,0 t Radsatzlast und 5,85 t/m Laufmeterlast.  
 Für den künftigen Zugverkehr:

- Güterzüge: Lastbild der Streckenklasse D4 mit  $v = 100$  km/h, 4-achsige Wagen mit 22,5 t Radsatzlast und 8,0 t/m Laufmeterlast,
- Reisezüge: Lokgezogener Reisezug mit  $v = 200$  km/h, 4-achsige Lok BR 101 mit 21,5 t Radsatzlast und 4,55 t/m Laufmeterlast oder 6-achsige Lok BR 103 mit 19,0 t Radsatzlast und 5,85 t/m Laufmeterlast.

Abb. 1 zeigt die drei zugrunde gelegten Lastbilder sowie die jeweils verwendeten Ausschnitte für die FE-Modellierung. Es wird nur die Geschwindigkeit der Reisezüge von 160 km/h auf 200 km/h erhöht. Die Geschwindigkeit der Güterzüge bleibt jedoch unverändert und beträgt  $v = 120$  km/h. Auf der sicheren Seite wird jedoch nur eine Zuggeschwindigkeit des voll beladenen Güterzuges von  $v = 100$  km/h zugrunde gelegt, wodurch eine geringere

Beanspruchung ohne Geschwindigkeitsanhebung resultiert.

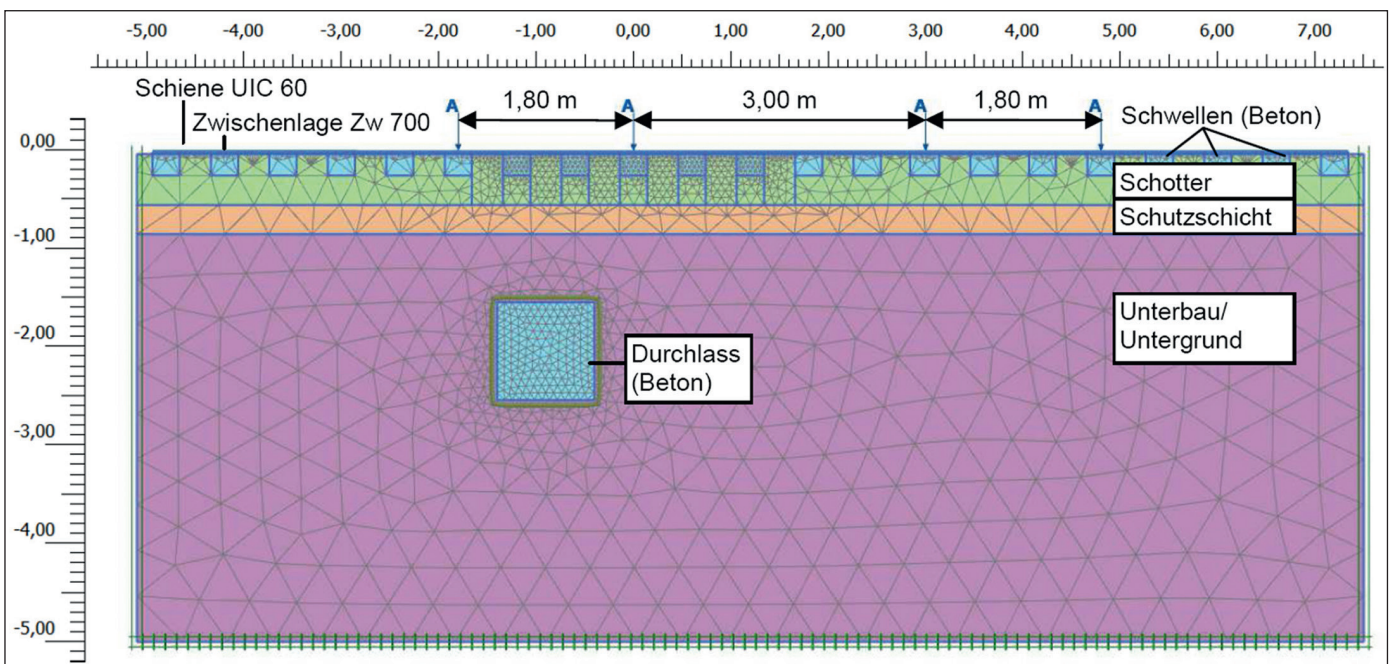
**Modellierung**

Die Modellierung erfolgt mittels eines ebenen 2D-FE-Modells in Gleislängsrichtung, bei der die erhöhte Radkraft entsprechend Tab. 1 auf 1,0 m Breite verteilt wird. Zur Ermittlung der Spannungen und Verformungen werden jeweils für die drei Lastbilder (D4, Lok Baureihe 101 und Lok Baureihe 101) vier FE-Modelle für die vier unterschiedlichen Situationen verwendet:

- homogener Damm (repräsentativ für Erd- und Stützbauwerke),
- Durchlass direkt unter dem Schotter mit einer Überdeckung  $h_U = 0,50$  m bis OK Schwelle (0,70 m unter SO),
- Durchlass mit einer Überdeckung  $h_U = 1,00$  m bis OK Schwelle (1,20 m unter SO) und
- Durchlass mit einer Überdeckung  $h_U = 1,50$  m bis OK Schwelle (1,70 m unter SO).

Die Durchlässe wurden aus Beton mit einer Breite und Höhe von jeweils 1,0 m modelliert. Die Laststellung wurde im FE-Modell so angeordnet, dass sich unmittelbar oberhalb des Durchlasses maximale Spannungen ergeben. Bei dem Durchlass mit einer Überdeckung  $h_U = 0,50$  m befindet sich die Radlast der hinteren Drehgestellachse 0,25 m von der Mitte des Durchlasses entfernt (Abb. 2). Bei dem Durchlass mit einer Überdeckung  $h_U = 1,50$  m befindet sich die Drehgestellachse bzw. die Mitte beider Radlasten über dem Durchlass.

Im Ergebnis der FE-Berechnungen wurde der Vertikalspannungsverlauf in horizontalen Schnitten in Gleislängsrichtung ermittelt. Zur Berücksichtigung der Lastausbreitung in Bahn-



**Abb. 2:** FE-Modell für einen Durchlass direkt unter dem Schotter mit  $h_U = 0,50$  m Überdeckung bis OK Schwelle und Belastung durch das Lastbild der Streckenklasse D4

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für GEPRO /  
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten  
 genehmigt von DVV Media Group, 2018.

Bodenschicht	Lastbild D4	Lok BR 101	Lok BR 103	Lastmodell 71
Zuggeschwindigkeit $v$	100 km/h	200 km/h	200 km/h	160 km/h
Radsatzlast $P_0$	225 kN	215 kN	190 kN	250 kN
Erhöhungsfaktor <sup>1)</sup>	1,09	1,10	1,10	1,00
Achsabstand $s$	1,80 m	2,65 m	2,25 m	1,60 m
Linienlast $q_{vk}$	137 kN/m	89 kN/m	93 kN/m	156 kN/m
Erddrucklast $e_{aqh,k}$ aus vertikaler Belastung <sup>2)</sup>	27,4 kN/m	17,8 kN/m	18,6 kN/m	31,2 kN/m
Horizontallast aus Fliehkraft $q_{tk}$ <sup>3)</sup> bei einem Radius $r = 2100$ m	5,1 kN/m	13,4 kN/m	13,9 kN/m	15,0 kN/m
<b>Summe Erddrucklast <math>e_{aqh,k}</math> und Horizontallast aus Fliehkraft <math>q_{tk}</math></b>	<b>32,5 kN/m</b>	<b>31,2 kN/m</b>	<b>32,5 kN/m</b>	<b>46,2 kN/m</b>

<sup>1)</sup> siehe Tab. 1, für das Lastmodell 71 ist nach Ril 836.2001 für Erd- und Stützbauwerke kein Erhöhungsfaktor erforderlich

<sup>2)</sup> Berechnung der Erddrucklast  $E_{aqh,k} = K_{aqh} \cdot q_{vk}$  mit Mindest-Erddruck mit  $K_{aqh} = 0,20$

<sup>3)</sup>  $q_{tk} = \frac{(v [km/h])^2}{127 \cdot r [m]} \cdot q_{vk}$  entsprechend DIN EN 1991-2 [6] Abs. 6.5.1

**Tab. 2:** Erddruck aus Eisenbahnverkehrslasten infolge vertikaler Belastung und Fliehkraft

querrichtung werden die entsprechenden tiefenabhängigen Verteilungsbreiten nach Ril 836.2001 Abs. 6 und dabei insbesondere Tab. 2 verwendet.

Anschließend wurde jeweils der über 1,0 m Abstand in Gleislängsrichtung gemittelte Maximalwert der Vertikalspannungen in 0,50 m, 1,00 m und 1,50 m unter OK Schwelle infolge der Verkehrsbelastung durch die Lastbilder D4, Lok Baureihe 101 und Lok Baureihe 103 infolge Eigengewicht Verkehrslast und Gesamtbeanspruchung bestimmt. Die so ermittelten Vertikalspannungen sind in Abb. 3 exemplarisch für die Durchlässe dargestellt.

Durch die Simulation eines biegesteifen Durchlasses kommt es zu einer Lastkonzentration der Vertikalspannungen oberhalb des Durchlasses und zu einer Entlastung des nachgiebigeren Bodens neben dem Durchlass. Die Vertikalspannungen über einem Durchlass sind daher um ca. 30 – 40 % größer gegenüber dem homogenen Damm (Ergebnisse hierfür nicht dargestellt).

Abb. 3 zeigt, dass die Vertikalspannungen infolge der 4-achsigen Lok der BR 101 mit 21,5 t Radsatzlast in der Tiefe 0,50 m unter OK Schwelle (0,70 m unter SO) etwas größer sind, in der Tiefe 1,20 m unter SO in etwa gleich groß und in der Tiefe 1,70 m unter SO etwas kleiner gegenüber der 6-achsigen Lok der BR 103 mit 19,0 t Radsatzlast mit jeweils 200 km/h. Die größten Vertikalspannungen entstehen aber infolge des Lastbildes der Streckenklasse D4 mit  $v = 100$  km/h. Somit ist das Lastbild der Streckenklasse D4 maßgebend und die Geschwindigkeitserhöhung der Reisezüge von  $v = 160$  km/h auf 200 km/h ist für die maximale quasistatische Beanspruchung nicht von Bedeutung.

Im Ergebnis der Grundsatzuntersuchungen zur quasistatischen Vertikalbeanspruchung lässt sich daher feststellen, dass die Erhöhung der Geschwindigkeit der Reisezüge von  $v = 160$  km/h auf  $v = 200$  km/h keine Erhöhung der Vertikalbeanspruchung darstellt. Die schnelleren Reisezüge mit Lokomotiven der 4-achsigen Baureihe 101 mit 21,5 t Radsatzlast

bzw. der 6-achsigen Baureihe 103 bewirken gegenüber dem Lastbild nach der Streckenklasse D4 mit 22,5 t Radsatzlast keine höheren Vertikalspannungen im Damm bzw. oberhalb von Durchlässen.

**Ermittlung des Erddruckes aus Eisenbahnverkehrslasten**

Für Erd- und Stützbauwerke sowie Stirnwände von Durchlässen ist neben dem Erddruck infolge Bodeneigengewicht der Erddruck aus Eisenbahnverkehrslasten die wesentliche Beanspruchung. Entsprechend Ril 836.2001, Abs. 7 (3) dürfen bei Stützbauwerken, deren Wandrückseiten nicht näher als 2,5 m zur nächstgelegenen Gleisachse entfernt liegen, die Erddrucklasten aus vertikalen und horizontalen Anteilen von Eisenbahnverkehrslasten gemeinsam für jeweils ein Gleis vereinfacht rechteckförmig verteilt über eine vereinfacht ermittelte Verteilungshöhe, entsprechend Abb. 2 der Ril 836.2001, bestimmt werden.

Demnach setzt sich der Erddruck infolge Eisenbahnverkehrslasten aus der Erddrucklast  $e_{aqh,k}$  aus vertikaler Belastung sowie Fliehkraften  $q_{tk}$  und Seitenstoß  $q_{sk}$  zusammen. Durch die Geschwindigkeitsanhebung der Reisezüge von  $v = 160$  km/h auf  $v = 200$  km/h wird die

Linienlast aus Fliehkraften  $q_{tk}$  erhöht. Für die Erddrucklast  $e_{aqh,k}$  aus vertikaler Belastung ist jedoch das schwerere Lastbild für die Güterzüge der Streckenklasse D4 aufgrund der größeren Radsatzlast von  $P_0 = 22,5$  t und dem geringeren Achsabstand von  $s = 1,80$  m gegenüber den Lokomotiven mit  $P_0 \leq 21,5$  t und  $s \geq 2,25$  m maßgebend.

Eine Erhöhung des Erddruckes aus Eisenbahnverkehrslasten infolge der Geschwindigkeitserhöhung der leichteren Reisezüge kann daher nur bei geringer Erddrucklast  $e_{aqh,k}$  aus vertikaler Belastung bzw. geringem Erddruckbeiwert  $K_{aqh}$  sowie geringem Gleisbogenradius auftreten. Für die Berechnung wird daher der Mindest-Erddruck mit  $K_{aqh} = 0,20$  zugrunde gelegt.

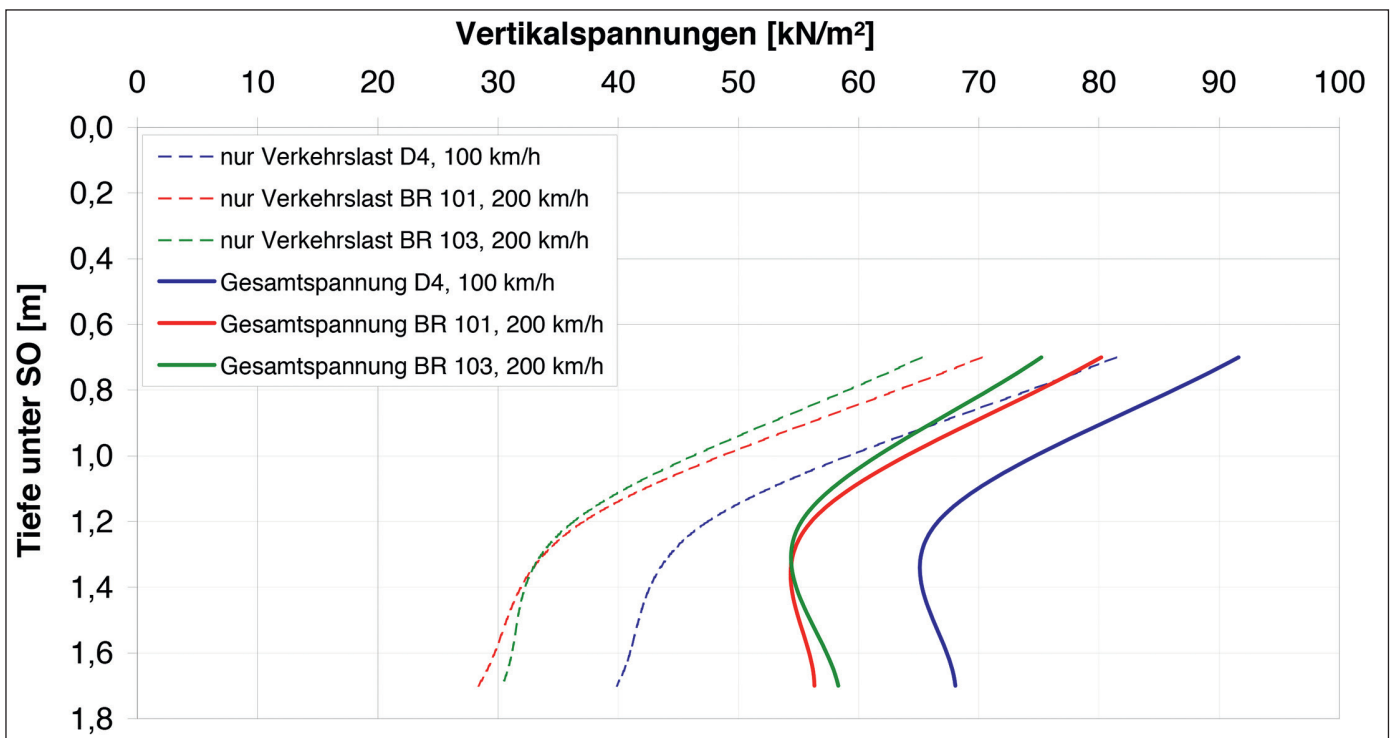
Im Folgenden wird untersucht, ob bzw. bei welchem Gleisbogenradius es zu einer Erhöhung des Erddruckes aus Eisenbahnverkehrslasten kommt. Die Ersatzlinienlast aus Seitenstoß ist entsprechend DIN EN 1991-2 Abs. 6.5.2 [6] unabhängig von Zuggeschwindigkeit und Radsatzlast und wird deshalb für diese Untersuchung nicht mit herangezogen.

Neben dem maßgebenden Lastbild D4 für den derzeitigen und künftigen Güterzugverkehr mit  $v = 100$  km/h sowie den maßgebenden Lastbildern für die Lokomotiven der Bau-

- Gutachterliche Studien und Zuarbeiten**  
 Beurteilung der Standsicherheit und der dynamischen Stabilität im Verkehrswegebau  
 FE-Modellierung, Verformungs-, Konsolidierungs- und Setzungsberechnung  
 Baugrundbegutachtung und Gründungsberatung
- Objekt- und Tragwerksplanung**  
 Verkehrs- und Tiefbau  
 Spezialtiefbau, Untergrundertüchtigung im Verkehrswegebau  
 Stützbauwerke, Bauweisen mit Geokunststoffen
- Baubetreuung**  
 Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen  
 Messtechnische Überwachung  
 Abfallrechtliche Betreuung  
 Bauüberwachung

**GEPRO**  
 Ingenieurgesellschaft für Geotechnik  
 Verkehrs- und Tiefbau und Umweltschutz mbH  
 Caspar-David-Friedrich-Straße 8  
 01219 Dresden  
 Tel. 0351 / 877 75 - 0  
 Fax 0351 / 877 75 - 55  
 Internet: www.gepro-dresden.de E-Mail: info@gepro-dresden.de





**Abb. 3:** Vertikalspannungen infolge alleiniger Verkehrslast und Gesamtspannung (Eigengewicht + Verkehrslast) in Abhängigkeit von der Tiefe unter SO jeweils oberhalb der Durchlässe

reihe 101 und 103 mit künftig  $v = 200$  km/h wird dafür das Lastmodell 71 mit der derzeitigen Geschwindigkeit von  $v = 160$  km/h herangezogen. Dadurch kann festgestellt werden, ob Erd- und Stützbauwerke, die entsprechend Ril 836 bemessen wurden, durch das Lastmodell 71 bereits abgedeckt sind. In Tab. 2 sind die Erddrücke aus Eisenbahnverkehrslasten infolge vertikaler Belastung und Fliehkraft für die maßgebenden Lastbilder zusammengestellt.

Im Ergebnis der Grundsatzuntersuchungen zur quasistatischen Untersuchung zur Horizontalbeanspruchung bzw. zum Erddruck aus Eisenbahnverkehrslasten konnte festgestellt werden, dass die Erhöhung der Geschwindigkeit der Reisezüge von  $v = 160$  km/h auf  $v = 200$  km/h quasistatisch keine Erhöhung für Außenbögen mit einem Gleisbogenradius  $\geq 2100$  m darstellt. Die schnelleren Reisezüge mit Lokomotiven der 4-achsigen Baureihe 101 mit 21,5 t Radsatzlast bzw. der 6-achsigen Baureihe 103 bewirken bei  $r \geq 2100$  m gegenüber dem Lastbild nach der Streckenklasse D4 mit 22,5 t Radsatzlast keine höheren Erddrücke. Für Erd- und Stützbauwerke sowie Stirnwände von Durchlässen, die horizontal durch Erddruck aus Eisenbahnverkehrslasten beansprucht werden, kommt es damit für Außenbögen mit Radien  $\geq 2100$  m quasistatisch zu keiner Beanspruchungserhöhung durch die Geschwindigkeitserhöhung der Reisezüge von  $v = 160$  km/h auf  $v = 200$  km/h. Dies gilt für Erdbauwerke mit ausreichender Planumbreite und für Stützbauwerke mit einem Abstand der Wandrückseite von  $\geq 2,5$  m bis zur nächst-

gelegenen Gleisachse. Weiterhin sind diese Bauwerke, wenn sie entsprechend Ril 836 unter Berücksichtigung des Lastmodells 71 mit  $v = 160$  km/h bemessen wurden, auch für die Geschwindigkeit der Reisezüge mit  $v = 200$  km/h unabhängig vom Gleisbogenradius abgedeckt.

### Grundsatzuntersuchungen zur dynamischen Beanspruchung

Im Ergebnis von Untersuchungen zur dynamischen Beanspruchung der Erdbauwerke für die Geschwindigkeitserhöhung von 160 km/h auf 230 km/h auf der ABS Hamburg–Berlin konnte mittels Ermittlung der tiefenabhängigen effektiven Schwinggeschwindigkeit festgestellt werden, dass

- für die dynamische Belastung im Zielzustand nach der Geschwindigkeitserhöhung der ICE mit 230 km/h und mit einer Radsatzlast von 18,0 t entsprechend der technischen Spezifikation für Interoperabilität (TSI) maßgebend ist, aber auch
- die dynamische Belastung infolge TSI mit 18 t Radsatzlast und  $v = 230$  km/h in etwa so groß wie die dynamische Belastung infolge der ebenfalls verkehrenden lokgezogenen Reisezüge mit 21,5 t Radsatzlast und  $v = 200$  km/h ist, hingegen
- die dynamische Belastung infolge eines Güterzuges mit dem Lastbild D4 und 22,5 t Radsatzlast geringer ist,
- die Erhöhung der Geschwindigkeit auf 230 km/h auch in der Tiefe zu höheren effektiven Schwinggeschwindigkeiten führt, jedoch

- die elastische Zwischenlage Zw 700 gegenüber der Zw 687a eine Reduzierung der effektiven Schwinggeschwindigkeit um ca. 15 % in der Ebene UK Schwelle bzw. um ca. 5 % in der Tiefe 2,0 m unter UK Schwelle bringt und

- die effektive Schwinggeschwindigkeit infolge der dynamischen Belastung durch das Lastbild TSI mit 18 t Radsatzlast und  $v = 230$  km/h in einer Tiefe von 1,5 m unter OK Schwelle  $\leq 6$  mm/s beträgt, siehe auch Abb. 8 in [17].

Die vorgesehene Geschwindigkeitserhöhung der (teilweise auch lokgezogenen) Reisezüge von  $v = 160$  km/h auf  $v = 200$  km/h im Streckenabschnitt Erfurt–Eisenach ist hinsichtlich der dynamischen Beanspruchung vergleichbar mit der Geschwindigkeitsanhebung der leichten Triebwagenzüge von 160 km/h auf 230 km/h und der lokgezogenen Reisezüge von 160 km/h auf 200 km/h auf der ABS Hamburg–Berlin. Für den Streckenabschnitt Erfurt–Eisenach lässt sich daher Folgendes ableiten:

- maßgebend für die dynamische Beanspruchung (effektive Schwinggeschwindigkeit) ist der Reisezug mit der Lok Baureihe 101 mit  $v = 160$  km/h vor bzw.  $v = 200$  km/h nach der Geschwindigkeitserhöhung,
- infolge der Geschwindigkeitserhöhung auf  $v = 200$  km/h bzw. um 25 % ist auch eine Erhöhung der Schwinggeschwindigkeit im Oberbau, Unterbau und Untergrund um 25 % zu erwarten,
- durch den Austausch der Zwischenlagen entsprechend dem Oberbaustandard nach Ril 820.2010 [7] (vor Geschwindigkeitsan-

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für GEPRO /  
Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten  
genehmigt von DVV Media Group, 2018.

hebung  $v < 160$  km/h: Zw 687a, nach Geschwindigkeitsanhebung  $v \geq 160$  km/h: Zw 700) reduziert sich die effektive Schwinggeschwindigkeit um ca. 15 % in der Ebene UK Schwelle bzw. um ca. 5 % in der Tiefe 2,0 m unter UK Schwelle,

- unter Berücksichtigung der elastischeren Zwischenlage Zw 700 erhöht sich die effektive Schwinggeschwindigkeit im Oberbau und im Unterbau um ca. 10 – 20 %,
- die zu erwartende effektive Schwinggeschwindigkeit in einer Tiefe  $\geq 1,50$  m unter OK Schwelle beträgt in etwa  $v_{eff} \leq 6$  mm/s.

Im Ergebnis der Grundsatzuntersuchungen zur dynamischen Beanspruchung konnte festgestellt werden, dass die Erhöhung

der Geschwindigkeit der Reisezüge von  $v = 160$  km/h auf  $v = 200$  km/h dynamisch eine Erhöhung der Beanspruchung darstellt. Die Schwinggeschwindigkeiten infolge der Reisezüge mit Lokomotiven der Baureihe 101 bzw. 103 mit  $v = 200$  km/h sind trotz Verwendung der elastischen Zwischenlage Zw 700 aufgrund der höheren Fahrgeschwindigkeit um ca. 10 – 20 % höher als die Schwinggeschwindigkeit der Reisezüge mit der derzeitigen Geschwindigkeit von 160 km/h bzw. der Güterzüge der Streckenklasse D4 mit 100 km/h im Referenzzustand mit der harten Zwischenlage Zw 687 a.

Der zweite Teil des Artikels erscheint in *EI 05/2018*.

**QUELLEN**

[1] DB Netz AG: Richtlinie 836, Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten, Fassung vom 20.12.1999a einschließlich 1. – 4. Aktualisierung, gültig ab 01.12.2014  
 [2] DB Netz AG: TM: 1-2014-10462 I.NVT 4, Ril Anpassung – Als Handlungsanweisung gemäß Rahmenrichtlinie zu Ril 836: 7001 Bewertung geotechnischer Bauwerke bei Geschwindigkeitsanhebungen (Modifizierung der 10%-Regel), gültig ab 15.07.2014  
 [3] Gepro Ingenieurgesellschaft mbH: Beurteilung der Standsicherheit der Erdbauwerke, Teilheft 5, Beurteilung der Erdbauwerke für eine Erhöhung der Geschwindigkeit von  $v = 160$  km/h auf  $v = 230$  km/h; 14.03.2003, unveröffentlicht  
 [4] Deutsche Bundesbahn: Oberbauberechnung, Bundesbahn-Zentralamt München, 1992  
 [5] Göbel, C.; Lieberenz, K. (Hrsg.): Handbuch Erdbauwerke der Bahnen, Eurailpress Verlag, Hamburg, 2013  
 [6] DIN EN 1991-2 (2010-12): Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken; Deutsche Fassung EN 1991-2:2003 + AC:2010, Deutsches Institut für Normung  
 [7] DB NETZ AG: Richtlinie 820.2010 Ausrüstungsstandard Schotteroberbau für Gleise und Weichen, 5. Aktualisierung, gültig ab 01.06.2013



**Dr.-Ing. Dirk Wegener**  
Gepro Ingenieurgesellschaft mbH,  
Dresden  
dirk.wegener@gepro-dresden.de



**Dipl.-Geol. Ralph Fischer**  
FuE und Regelwerk  
Tunnel- und Erdbau  
DB Netz AG, Frankfurt/M.  
ralph.fischer@deutschebahn.com



**Dipl.-Ing. Eberhard Liebermann**  
Großprojekt VDE 8,  
Erfurt – Eisenach, Ausbau 200 km/h  
DB Netz AG, Erfurt  
eberhard.liebermann@deutschebahn.com

Herausforderung **Bahnbau**



**Netzwerke sind unsere Kernkompetenz**

Wir bieten Ihnen zertifizierte geotextile Lösungen für Tragschichten, Dammbasisbewehrungen, Tiefgründungen, Kunststoff-Bewehrte-Erde uvm. Entdecken Sie die Welt der Geokunststoffe, entdecken Sie HUESKER.