

***Untersuchung verschiedener Oberbauarten bei Hochgeschwindigkeitsversuchsfahrten mit einem Triebzug ICE der DB-AG bis zu 300 Km/h auf der Westbahn der ÖBB, Standardschotteroberbau und Feste Fahrbahn***

***Bericht: 2004 - Im Auftrag der HL-AG, teilweise veröffentlicht als :***

***KOPP, Erich; PRAGER, Günter; STEINER, Ekkehard:***

***Schnellfahrversuche bei den ÖBB***

***ETR: Heft 11 November 2005, Seiten 716 - 723***

***Zusammenfassung der Veröffentlichung:***

**Aufgabenstellung**

Für die Zulassung für eine Geschwindigkeit von 200 km/h wurden im Jahre 2001 im Bereich der Neubaustrecke der Westbahn zwischen den Bahnhöfen Prinzersdorf und Pöchlarn Messungen im Zuge von Versuchsfahrten durchgeführt.

Im August 2002 fanden im gleichen Abschnitt wieder Versuchsfahrten statt. Dabei wurden Wiederholungsmessungen im Bereich Markersdorf vorgenommen und eine Weiche im Bahnhof Pöchlarn untersucht. Das Institut für Eisenbahnwesen und Öffentlichen Verkehr der Universität Innsbruck <http://eisenbahnwesen.uibk.ac.at/> übernahm dabei den Bereich des Eisenbahnoberbaues. Außerdem wurde im Jahre 2002 in einem Versuchsabschnitt im Melker Tunnel eine Schiene bei Verwendung von speziellen Befestigungen ohne Niederhaltekraft aber mit einem Kippschutz bei Überfahrten mit einer Versuchslok studiert.

Für weitere Überlegungen im Hinblick auf eine Geschwindigkeitserhöhung fanden im August des Jahres 2004 im Bereich der Neubaustrecke der Westbahn zwischen Prinzersdorf und Ybbs a.d. Donau erneut Versuchsfahrten statt. Das Institut für Eisenbahnwesen und Öffentlichen Verkehr der Universität Innsbruck übernahm dabei wieder die Beurteilung des Eisenbahnoberbaues. In Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, der HL-AG und den Österreichischen Bundesbahnen wurden vom Institut für Eisenbahnwesen und Öffentlichen Verkehr Messungen vorgeschlagen und entsprechend diesem Vorschlag durchgeführt.

**Durchführung der Messungen**

Für die im Bereich der Neubaustrecke der Westbahn vorgesehenen Messfahrten 2004 wurden durch das Institut für Eisenbahnwesen und Öffentlichen Verkehr die im weiteren beschriebenen Untersuchungen vorgeschlagen und durchgeführt.

### **Versuchszug und Versuchsfahrten**

Als Versuchszug war der Messzug ICE der DB-AG in 3-teiliger (ICE-kurz) und in einer zweiten Messserie in 9-teiliger Konfiguration (ICE-lang) im Einsatz.

Die Messungen erfolgten bei allen Messquerschnitten unter mehrmaligen Überfahrten in beiden Richtungen mit verschiedenen Geschwindigkeiten.

Es wurden Fahrten mit einer Geschwindigkeit von 200 km/h bis zu einer Geschwindigkeit von über 300 km/h durchgeführt.

### **Messungen am Schotteroberbau im Roggendorfer Bogen (MQ2)**

Im Roggendorfer Bogen, einem Bogen, der mit großer Geschwindigkeit und mit großem Überhöhungsfehlbetrag durchfahren wurde, wurden

- Schienenspannungen in Schienenfußmitte der Innen- und Außenschienen und
- Verschiebungsmessungen des Gleisrostes in Richtung waagrecht quer durchgeführt.

Das Bild zeigt den Bereich der Messstellen im Roggendorfer Bogen

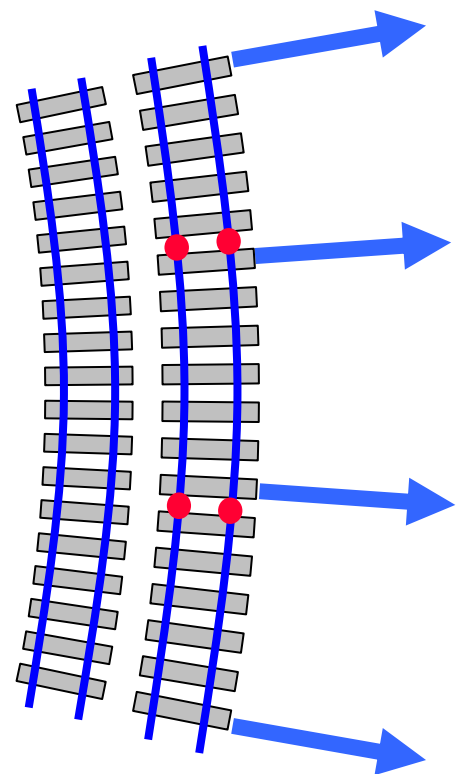


## Messstellen und Messgrößen

Sie liegen in der Mitte des Roggendorfer Bogens (km 80,4 bis km 80,9) in einem Abschnitt zwischen zwei Fahrleitungsmasten. Die Länge des Bogens beträgt 551 m, sein Halbmesser 2853 m, die Überhöhung liegt bei 95 mm. An diesen 4 Messpunkten wurden die Bewegungen des Gleisrostes in Richtung waagrecht-quer bei Überfahrt der Versuchszüge und einiger Regelgüterzüge gemessen. Außerdem wurden bei den mittleren 2 Messpunkten (MP2 und MP3) zusätzlich die Spannungen in Schienenfußmitte sowohl der Innen- als auch der Außenschienen gemessen.

### Lage der Messpunkte

- MQ2-MP1-GI.4: km 80,65
  - Messung der Bewegung des Bogens während der Überfahrt der Versuchszüge in Richtung waagrecht quer (blau)
- MQ2-MP2-GI.4: km 80,67
  - wie Messpunkt 1, zusätzlich
  - Messung der Schienenspannungen in Fußmitte der bogeninneren und der bogenäußeren Schiene (rot)
- MQ2-MP3-GI.4: km 80,68
  - wie Messpunkt 2
- MQ2-MP4-GI.4: km 80,70
  - wie Messpunkt 1



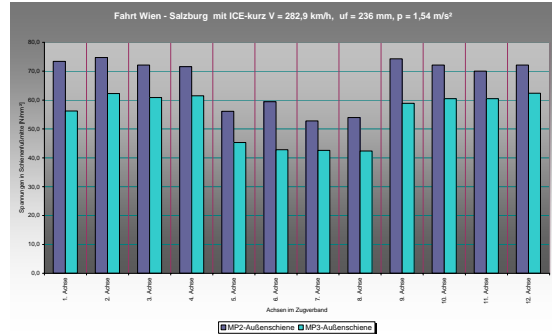
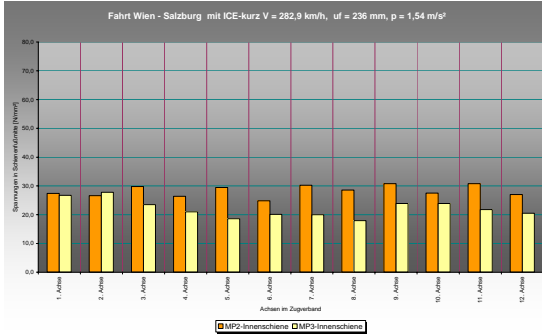
### Spannungsmessungen in Schienenfußmitte

Die absolut größten gemessenen Spannungswerte betragen  $75,6 \text{ N/mm}^2$  bei einer Fahrt mit dem ICE-kurz mit  $282,9 \text{ km/h}$  an der Außenschiene. Das war auch die im Roggendorfer Bogen höchste erreichte Geschwindigkeit. Zum Vergleich dazu lag die maximal gemessene Spannung bei Regelgüterzügen bei  $68,7 \text{ N/mm}^2$ . Alle Messfahrten und Regelzugsfahrten wurden nach den größten auftretenden Mittelwerten der Spannungen in Schienenfußmitte für alle überrollenden Achsen ausgewertet. Für die Beurteilung der Spannungen wurden die folgenden Untersuchungen durchgeführt.

- Beurteilung der Vergleichbarkeit der Spannungsmesspunkte

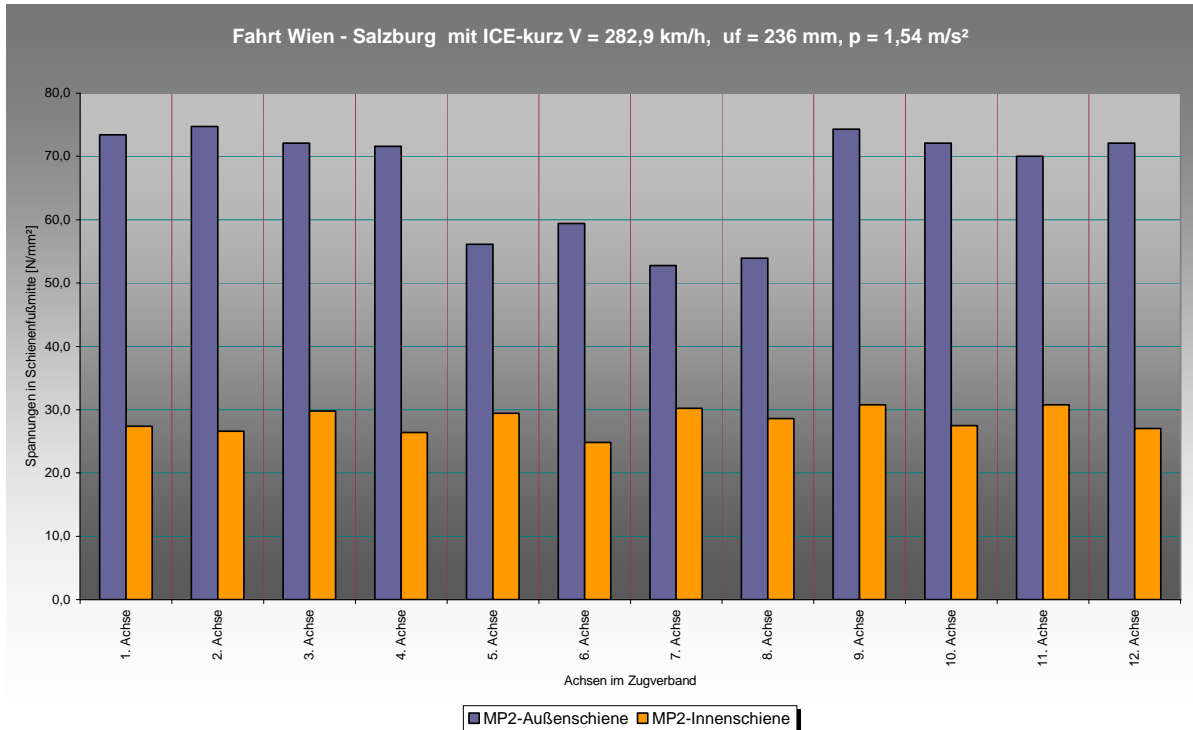
MP2 - Innenschiene  
MP3 - Innenschiene

MP2 - Außenschiene  
MP3 - Außenschiene



- Beurteilung der Fahrtrichtungsabhängigkeit
- Beurteilung des Geschwindigkeitseinflusses

Die Auswirkung der Geschwindigkeitssteigerung auf die Entlastung der Innenschiene und zusätzliche Belastung der Außenschiene auf Grund der Bogenfahrt mit großem Überhöhungsfehlbetrag zeigt die Übersicht für eine Fahrt mit 282,9 km/h,  $uf = 236$  mm und  $p = 1,54$  m/s<sup>2</sup>.



Die Maximalwerte der Schienenfußmittenspannungen traten im Messpunkt 2 bei dieser Fahrt mit dem ICE-kurz, Fahrtrichtung Wien-Salzburg mit einer Geschwindigkeit von  $V = 282,9$  km/h auf,  $uf = 236$  mm,  $p = 1,54$  m/s<sup>2</sup> auf.

Alle Spannungswerte liegen im erwarteten Bereich, vergleichbare Versuchsfahrten ergeben gleich große Spannungshorizonte.

Aus der Sicht der aufgetretenen Spannungen stellen auch die Fahrten mit den höchst gefahrenen Geschwindigkeiten kein Problem dar.

### **Verschiebungsmessungen in Richtung waagrecht-quer**

An 4 Messpunkten wurden die Bewegungen des Gleisrostes in Richtung waagrecht-quer bei Überfahrt der Versuchszüge und einiger Regelgüterzüge gemessen. Die Verschiebungsmessungen des Gleisrostes wurden mit Wegaufnehmern durchgeführt. Die Verschiebungen des Gleisrostes bei Überfahrt eines Zuges wurden nach den auftretenden Größtwerten beurteilt. Außerdem wurde untersucht, ob der Gleisrost nach Überfahrt der Züge wieder in seine ursprüngliche Lage zurückgeht.

Eine weitere Ursache für Gleisrostverschiebungen ist die Temperaturänderung der Schiene. Dabei bauen sich im Gleis bei Temperaturanstieg Druckkräfte auf, die in Abhängigkeit des Querverschiebewiderstandes zu Bewegungen nach bogenaußen führen. Bei Temperaturabnahme verkürzt sich das Gleis und führt damit zu einer Gleisbewegung nach bogeninnen.

Allgemein tritt bei Gleisrostverschiebungen zuerst eine Bewegung des Gleisrostes auf, die durch die Reibung im Schotterbett behindert wird. Erst nach einer Anfangsbewegung kann der Querverschiebewiderstand voll wirksam werden und behindert die weitere Bewegung. Die Verschiebungen des Gleisrostes während der Überfahrt eines Zuges hängen somit auch davon ab, in welchen Zeitabständen eine Messstelle befahren wird bzw. ob zwischen zwei Zugfahrten größere Temperaturänderungen stattfanden.

### **Ergebnisse der Verschiebungsmessungen**

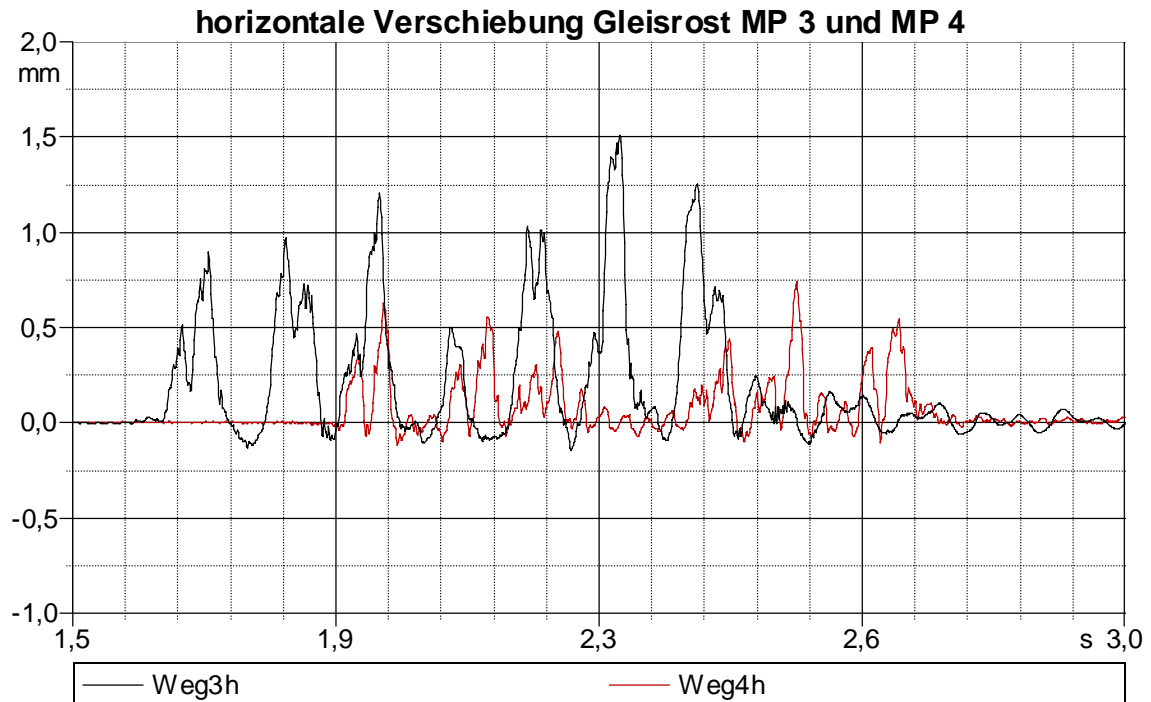
Die größte Verschiebung des Gleisrostes wurde mit 1,5 mm gemessen, bleibende Verschiebungen nach Überfahrt der Versuchszüge wurden nur im 1/10-mm Bereich gemessen. Die aufgetretenen Größtwerte bei Überfahrt von Regelgüterzügen lagen bei 1,1 mm.

Bei der größten gemessenen Verschiebung mit 1,5 mm handelt es sich um einen Versuchszug ICE-kurz mit 280,5 km/h, vor dem in einem Zeitintervall von nur 18 Minuten ein Rückgang der Schienentemperatur um 5,5°C auftrat (einsetzender Regen).

Das Bild zeigt den Messschrieb einer Fahrt mit dem Versuchszug ICE-kurz für die Messpunkte 3 und 4.

Schwarz dargestellt ist der Messschrieb mit dem aufgetretenen Maximalwert von 1,5 mm im Messpunkt 3.

ICE-kurz - Wien-Salzburg -  $V = 280 \text{ km/h}$ ,  $u_f = 230 \text{ mm}$ ,  $p = 1,5 \text{ m/s}^2$ .



### Zusammenfassung der Ergebnisse der Verschiebungsmessungen

Die Größe der Werte ist allein auf Grund der gefahrenen Geschwindigkeit und der sich daraus ergebenden freien Seitenbeschleunigung nicht vorhersehbar. Zu berücksichtigen sind auch die Temperaturänderungen, die zwischen den jeweiligen Fahrten auftreten.

Alle Bewegungen lagen im elastischen Bereich.

Die aufgetretenen Größtwerte sind unbedenklich.

### Zusammenfassung der Ergebnisse Roggendorfer Bogen

Aus oberbautechnischer Sicht waren alle durchgeführten Untersuchungen im Roggendorfer Bogen im erwarteten und zulässigen Bereich und stellten keine unzulässigen Beanspruchungen des Gleises dar.

## Messungen an der Festen Fahrbahn im Melker Tunnel (MQ4)

Im Melker Tunnel wurden an ausgewählten Punkten der selben Messstelle wie bei den Versuchsfahrten des Jahres 2002 („Flying Rail“) Messungen von

- Schienenspannungen,
  - Einsenkungen und
  - Verdrehungen von Schienen,
  - Einsenkungen der Platten sowie
  - Beschleunigungsmessungen an Schienen
- durchgeführt.



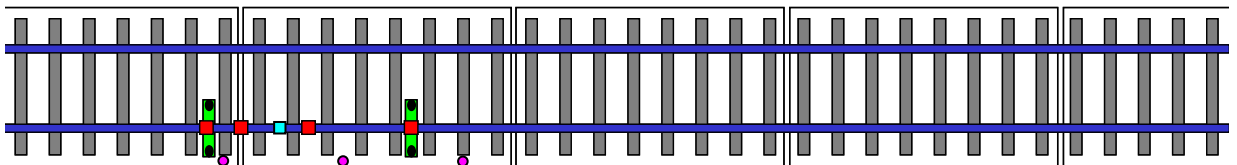
Im August 2002 wurden an der Festen Fahrbahn im Melker Tunnel Untersuchungen des Verhaltens des Oberbaues bei Überfahrt der Lok BR 1016-040-6 mit verschiedenen Geschwindigkeitsstufen, beginnend bei 5 km/h bis 160 km/h in beide Richtungen, untersucht. Diese Fahrten sollten jetzt im August 2004 Vergleichswerte bringen zu Überfahrten mit Geschwindigkeiten bis zu 300 km/h mit dem ICE mit geringerer Achslast als bei den Versuchen mit der Lok BR 1016-040-6 im Jahre 2002.

## Messstellen und Messgrößen

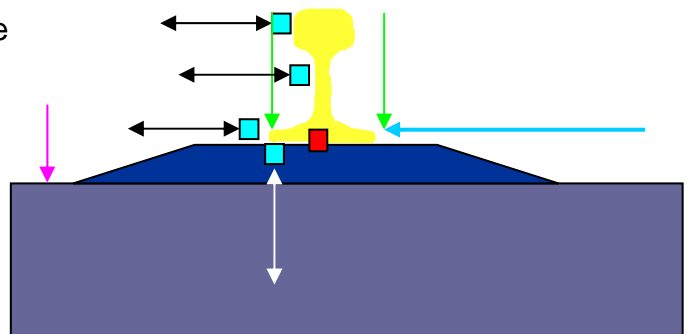
Folgende Messstellen wurden aktiviert und die unten beschriebenen Messgrößen unter den Überfahrten der Versuchszüge gemessen:

- 4 Spannungen in Schienenfußmitte mit Dehnungsmessstreifen, 2 davon zwischen 2. und 3. bzw. 5. und 6. Schienenstützpunkt einer Fahrbahnplatte, 1 am Plattenübergang und eine weitere Schienenspannung im Bereich der angrenzenden Platte
- 2 Einsenkungen und Verdrehungen der Schiene relativ zur Platte mit Wegaufnehmern, eine auf einer Platte und eine auf der Nachbarplatte,
- 3 Einsenkungen der Platte mit Wegaufnehmern,
- 1 vertikale Beschleunigung am Fuß der Schiene mit Beschleunigungsaufnehmern zwischen 2. und 3. Schienenstützpunkt der Platte
- 3 horizontale Beschleunigungen, 1 am Schienenkopf, 1 am Schienensteg und 1 am Fuß der Schiene mit Beschleunigungsaufnehmern zwischen 2. und 3. Schienenstützpunkt der Platte,

Die angegebenen Messgrößen wurden an den in der Skizze im Grundriss und Querschnitt dargestellten Stellen gemessen:



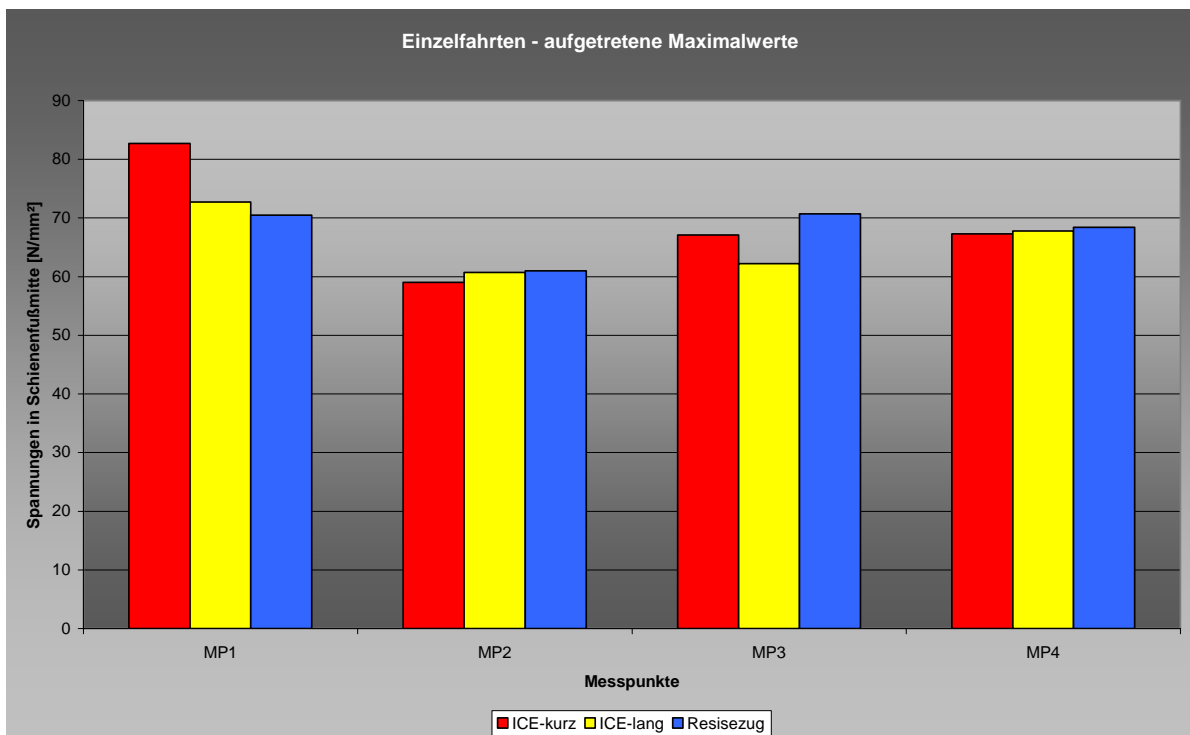
- 4 Spannungen in Schienenfußmitte
- ↔ 1 vertikaler und 3 horizontale Schwingbeschleunigungen der Schiene
- ↓ 2 Einsenkungen und 2 Verdrehungen der Schiene
- ↓ 3 Einsenkungen der Platte



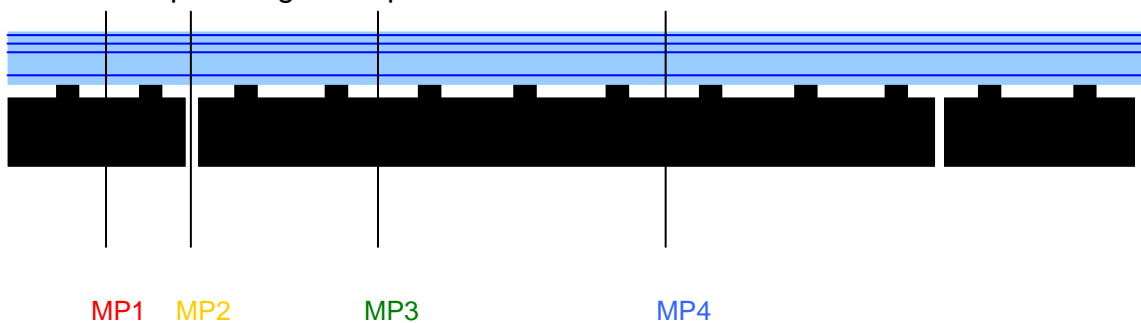


## Spannungen in Schienenfußmitte

Die Spannungen wurden in 4 Messstellen gemessen. Der absolute Größtwert aller aufgetretenen Schienenfußmittenspannungen beträgt 82,7 N/mm<sup>2</sup> bei einer Fahrt mit dem ICE-kurz mit 291 km/h. Dieser Einzelwert liegt etwa 5 N/mm<sup>2</sup> über den sonstigen Größtwerten des gleichen Versuchszuges mit 77 N/mm<sup>2</sup>. Der ICE-lang liefert Größtwerte von 73 N/mm<sup>2</sup> bei einer Geschwindigkeit von  $V = 261$  km/h, die Größtwerte der aufgenommenen lokbespannten Reisezüge liegen bei 71 N/mm<sup>2</sup> bei einer Geschwindigkeit von 130 km/h.

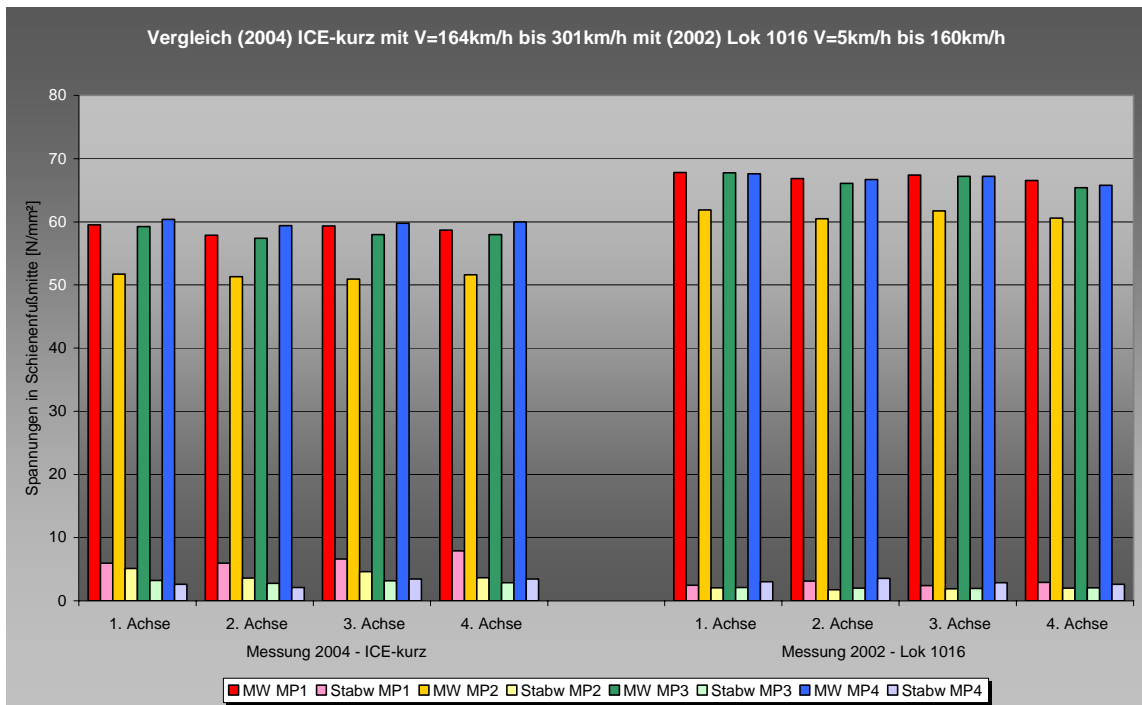


## Skizze der Spannungsmesspunkte



## Vergleich zu den Messfahrten vom August 2002 mit der Lok der BR 1016

Das folgende Diagramm zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen für die ersten 4 Achsen von 30 Fahrten mit dem ICE-kurz aus den Messungen vom August 2004 mit Geschwindigkeiten von 164 km/h bis 301 km/h und im Vergleich dazu die Mittelwerte und Standardabweichungen der 4 Lokachsen der Versuchslok aus 18 Fahrten der BR 1016 aus den Messungen vom August 2002 mit Geschwindigkeiten von 5 km/h bis 160 km/h in den selben Messpunkten. Die Mittelwerte der Größtwerte der schnelleren Fahrten mit dem ICE-kurz (Achslast des Triebkopfes = 19,5 t) aus dem Jahre 2004 liegen um etwa 5 bis 10 N/mm<sup>2</sup> unter den Spannungswerten der Lok BR 1016 (Achslast = 21,0 t) aus den Versuchsfahrten 2002. Dieses Ergebnis war zu erwarten.



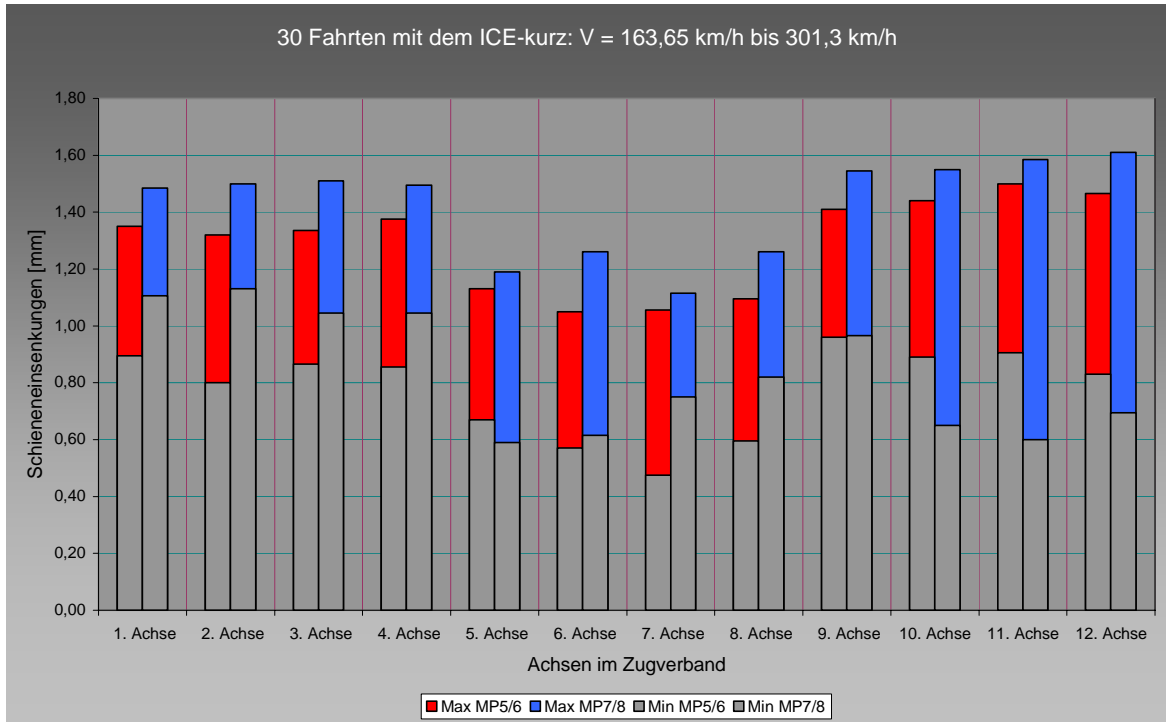
### Einsenkungen rel. zur Platte und Verdrehungen der Schiene

In 2 Messpunkten wurden die Einsenkungen und Verdrehungen der Schiene gemessen. Dabei wurde jeweils ein Wegaufnehmer exakt am Fußaußenrand und am Fußinnenrand installiert und der Abstand zur Betonplatte gemessen. Der Mittelwert dieser beiden Messungen ergibt die Schieneneinsenkung, außerdem kann aus dem Unterschied der Einsenkung außen und der Einsenkung innen die Schienenfußverdrehung errechnet werden.

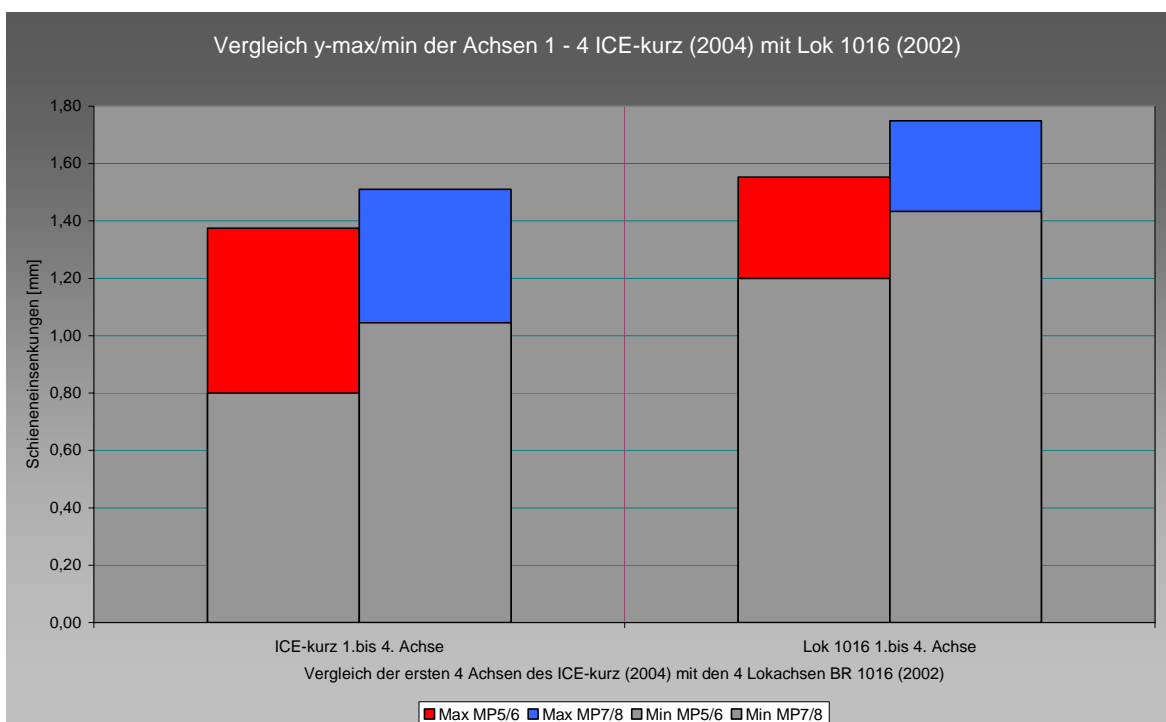
Diese Verdrehungen der Schiene sind bei allen Fahrten sehr klein und betragen maximal 0,25 °.

Die größten Einsenkungen der Schiene lagen bei 1,61 mm.

Maximal und minimal aufgetretene Schieneneinsenkungen aus 30 Messfahrten des ICE-kurz in beide Fahrtrichtungen.

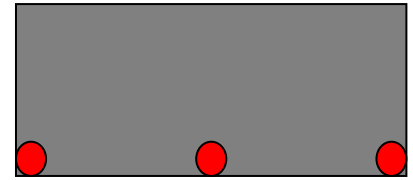


Maximal und minimal aufgetretene Schieneneinsenkungen der ersten 4 Achsen aus 30 Messfahrten des ICE-kurz (2004) in beide Fahrtrichtungen im Vergleich zu 18 Messfahrten mit der Lok 1016 im Jahre 2002.

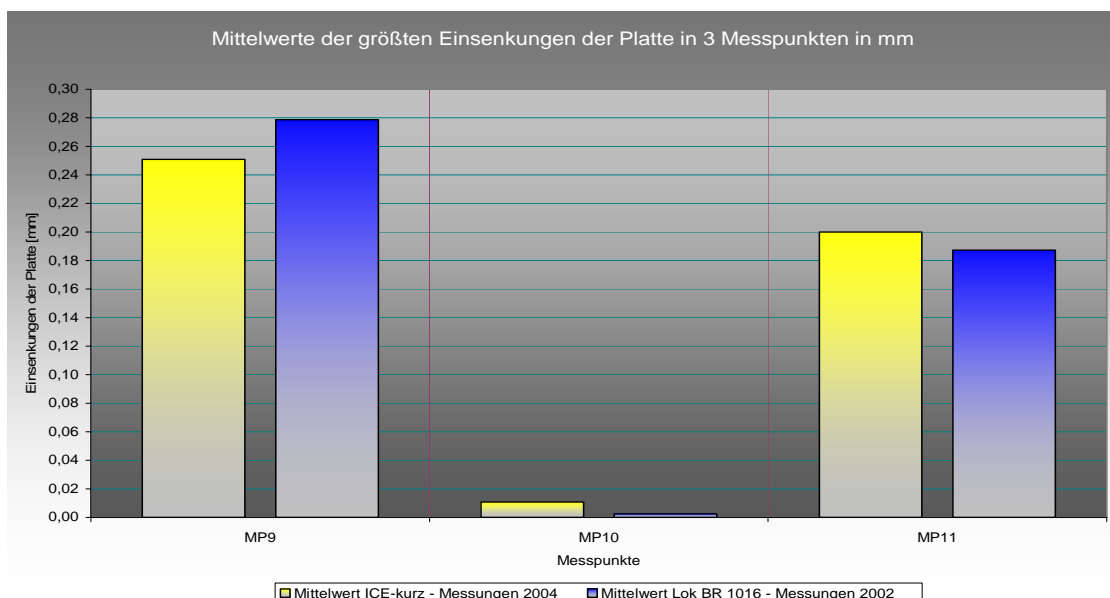
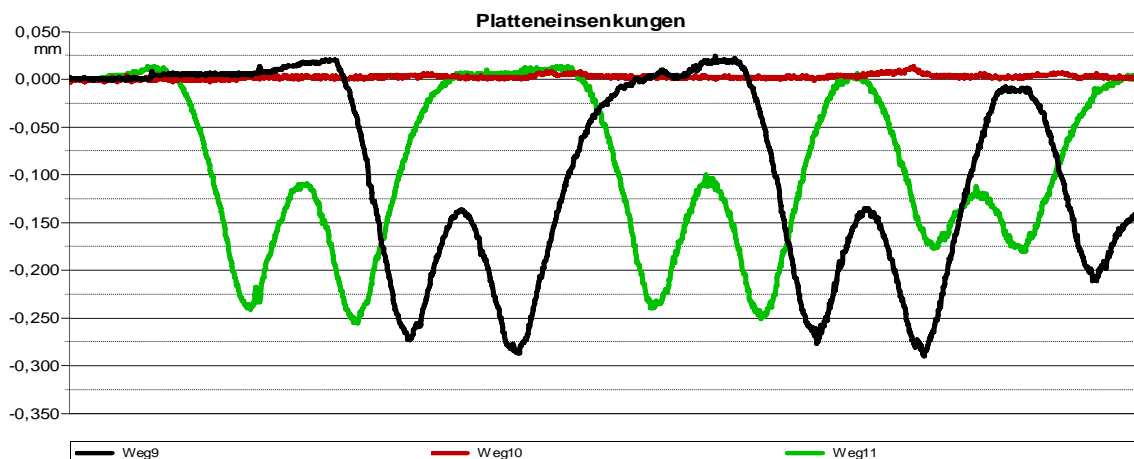


## Einsenkungen der Fahrbahnplatte

Die vertikalen Einsenkungen der Platte zum Unterbeton wurden in 2 Eckpunkten und in der Mitte der Plattenlängsseite gemessen. Diese Einsenkungen wurden deshalb untersucht, weil es bei dieser schon erprobten und bewährten Oberbauart jene Größen sind, die auch bei sorgfältigem Bauen, durch Beschädigung der elastischen Zwischenschicht beim Transport der Platten oder bei deren Einbau, zu Unstetigkeitsstellen führen können. Das Diagramm zeigt die Mittelwerte der größten Platteneinsenkungen über 30 Fahrten des ICE-kurz (gelb) und im Vergleich dazu (blau) die Messergebnisse des Jahres 2002 an denselben Stellen (18 Fahrten mit der Lok der BR 1016), die mit Ausnahme vom Messpunkt 10 im üblichen Bereich zwischen 0,2 und 0,4 mm liegen.



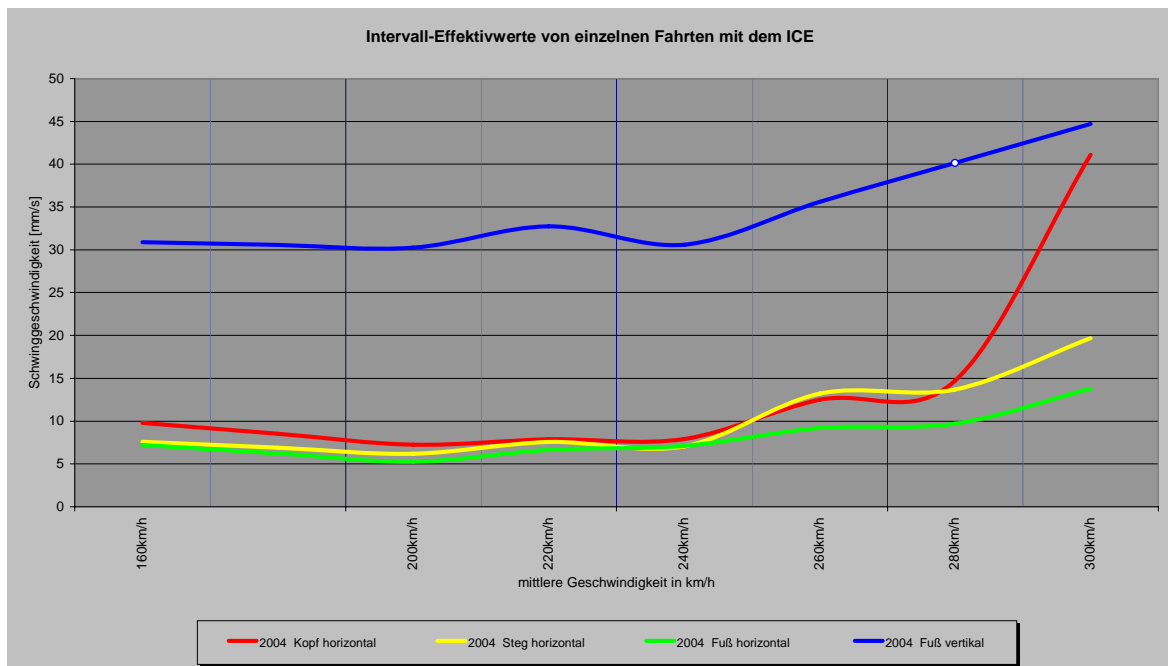
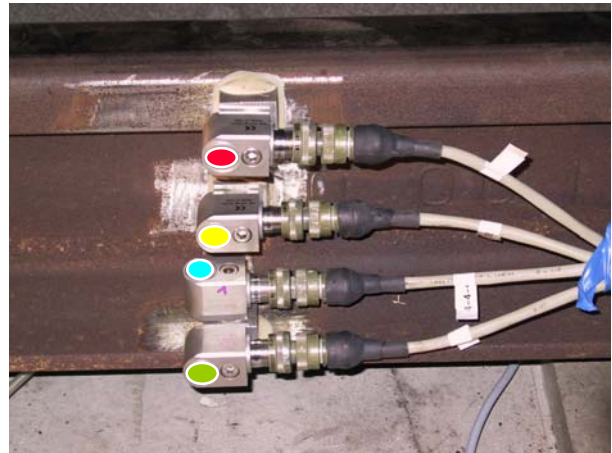
MP9                      MP10                      MP11



## Beschleunigungsmessungen

Die Beschleunigungsmessungen wurden im Drittelpunkt einer Platte durchgeführt.

Dabei wurde die horizontale Schwingbeschleunigung am Schienenkopf (rot), am Schienensteg (gelb) und am Schienenfuß (grün), sowie die vertikale Schwingbeschleunigung am Schienenfuß (blau) gemessen. Aus diesen Messergebnissen wurde der Intervall-Effektivwert der Schwinggeschwindigkeiten ermittelt und für verschiedene Geschwindigkeiten als Übersicht dargestellt. Die Werte bewegen sich alle im erwarteten Bereich.



## Zusammenfassung der Ergebnisse Feste Fahrbahn Melker Tunnel

Die auf Grund der geringeren Achslast des ICE gegenüber der Lok der BR 1016 erwarteten geringeren Schienenfußmittenspannungen und die erwarteten geringeren Schieneneinsenkungen haben sich bestätigt.

Alle an der Festen Fahrbahn im Melker Tunnel gemessenen Werte ergeben keine unzulässigen Beanspruchungen des Gleises.