



Vergleichsmessung RPI/RAILab

Feb. 2013

DB Netz AG, Fahrwegmessung Minden

Jörg Schmeister

I.NPI23(M)

Minden, den 8.4.2013

Einleitung

Auf der Suche nach potentiellen Partnern bei der Weiterentwicklung der RAILab-Technik zur Ausrüstung neuer Messfahrzeuge, bekam die Fahrwegmessung Minden im Herbst 2012 erstmals Kontakt zu der Firma INFOTRANS. Das russische Unternehmen positionierte sich in den 1990'ern im Bereich der Entwicklung von Mess- und Informationstechnik für das System Bahn und bot Ingenieuren der stagnierenden Raumfahrt- und des Eisenbahnwesens des Landes eine neue Perspektive.

Seitdem wuchs die INFOTRANS und wurde mit Hunderten von Fahrzeugen und Handmessgeräten zum größten Ausrüster der russischen Bahnen. Zu ihren Fahrzeugen zählt der ERA, dem multifunktional ausgestatteten Flaggschiff der Messzugflotte der russischen Staatsbahn, ausgezeichnet mit dem Innovationspreis der  .

Um ihre Leistungsfähigkeit zu demonstrieren und sich der Deutschen Bahn als Ausrüster zu empfehlen, wurden von der INFOTRANS im Dezember 2012 Handmessungen mit dem Messgerät RPI auf eine DB-Strecke im Vergleich zum DB-Gleisgeometriemessfahrzeug RAILab ausgerichtet und durchgeführt. Die Vergleichsfahrten fanden im Februar statt. Zuvor wurde von der INFOTRANS für einen direkten RAILab-RPI-Vergleich die DB-Signalaufbereitung für das Handmesssystem verfügbar gemacht und die Algorithmen auch mit ERA-Messdaten von russischen Strecken verifiziert.

Der Feldversuch

Das Handmessgerät RPI ist in seiner Funktion der bei der DB eingesetzten KRABBE (Firma Ruzicka) vergleichbar. Es kann über die Gleisgeometriemessung hinaus zusätzlich modular um z.B. Lichttraummessung, Fahrdrachtlage- und Fahrdrachthöhenmessung erweitert werden. In das ebenfalls von INFOTRANS entwickelte Inspektionssystem der staatlichen russischen Eisenbahn  (vergleichbar dem IIS der DB) werden auch die Daten solcher dezentral operierender Handmesssysteme gleichwertig zu den Messungen zuggebundener Systeme (z.B. ERA) importiert und vorgehalten.

Beide Handmesssysteme Krabbe und RPI stören bei Überfahrt Gleisschaltmittel. So mussten sie z.B. an Bahnübergängen ausgehoben und neu ins Gleis eingesetzt werden. Zudem konnte das RPI nicht über Streckenabschnitte mit Radlenkern geführt werden.

Gegenüber der Krabbe sind Abmessungen und Gewicht des RPI deutlich kleiner, woraus sich eine bessere Handhabbarkeit im Gleis ergibt. Im Gegensatz zur Krabbe ist auch eine GPS/GLONASS-gestützte Inertialmesstechnik in die Messung integriert. Zur Korrektur der Stützungsordinate wurde von der INFOTRANS eine dGNSS-Referenzstation vor Ort installiert.

Zu den Vergleichsmessungen am 26./27.2.2013 standen zur Verfügung

- Handmessgerät RPI der Firma INFOTRANS inkl. Bedienpersonal und dGNSS-Referenzstation
- Handmessgerät KRABBE der Firma Pethoplan
- Gleissicherung der Firma EPB
- Daten des RAILab-I der Fahrwegmessung Minden aus den zwei Regelinspektionen 12.02.2013 und 11.10.2012

Die Vergleichsdaten wurden auf der Schwarzwaldbahn, Strecke 4250-1 im Bereich des Bahnhofs Hausach, KM 30-40 erhoben. Der Datenvergleich auf Basis der EN18348 wurde zum Teil im direkten Anschluss an den Streckenbegang durch die INFOTRANS selbst durchgeführt, zum Teil auch im Nachgang von DB und INFOTRANS gemeinsam hergestellt und diskutiert. Alle Auswertungen wurden im Einvernehmen befundet.

Die Messstrecke „Hausach“ wurde von der INFOTRANS mit dem RPI mehrfach und von der Krabbe seitens eines Bedieners von Pethoplan zweimal begangen. In jeweils Fahrtenpaarungen wurden die einzelnen Systeme in den gemessenen Gleisgeometrieparametern

- Spurweite (SPW)
- Gegenseitige Höhenlage (GH)
- Längs- und Pfeilhöhe (LH/PH), und
- Krümmung

sowohl

- untereinander
 - o in gleicher Fahrtrichtung (Wiederholbarkeit) und
 - o in entgegengesetzter Fahrtrichtung (Reproduzierbarkeit), als auch
- miteinander bei gleicher Fahrtrichtung (Vergleichbarkeit)

verglichen.

Gemäß der EN18348 wurden die Abweichungen eines jeweiligen Vergleichs wie folgt charakterisiert

- Mittelwert (μ) der Differenz
(z.B. bedingt durch Justierfehler, ggf. fahrtrichtungsabhängig oder zwischen den Systemen)
- 95%-Quantile (2σ) plus μ -Betrag
(Fehlergrenze eines Vergleich, welche von 95% aller Einzelmesswerte eingehalten wird).

Die große Anzahl von Einzelanalysen wurde später durch eigene Analysen berichtigt, bestätigt, ergänzt und geeignet zusammengefasst. So wurden

- Justierfehler erkannt und bei den generellen Schlussfolgerungen entsprechend ignoriert
(eine RAILab-Fahrt zeigt $\Delta SPW=0.8\text{mm}$, $\Delta GH=0.3\text{mm}$ und eine RPI-Fahrt $\Delta GH=1\text{mm}$)
- die Verwendung einer missverständlichen Pfeilhöhe PH der Krabbe behoben und
- Kennzahlen aus unterschiedlichen Quellen (INFOTRANS/eigene Analysen) und zu unterschiedlichen Streckenabschnitten (stark variierende Längen der Fahrtenpaarungen) durch Mittelungen auf wenigen einheitliche, aussagekräftigen Kennzahlen reduziert

In eigenen Einzelanalysen wurden über jeweils linke und rechte Schienenprofile gemittelt. Bei allen Vergleichen waren die Signale optimal zueinander ausgerichtet: d.h. die abweichende Abtastschrittweite der KRABBE wurde durch Interpolation ausgeglichen, Aufpunkte und schlupfbedingte Stationierungsfehler der Systeme wurden korrigiert.

Zusammenstellung der Auswertungen

		SPW	GH	GHHP	PH	Y70	LH	Z70
RAILab	RAILab	0.35 0.8	0.30 0.3		0.55	0.70	0.60	1.04
	RPI	0.48 -0.1	0.63 -0.1	0.45	0.59	0.65	1.17	1.20
RPI	RPI-	0.05 0.1	0.25 0.1	0.17	0.50	0.54	0.34	0.94
	RPI+	0.04 0.0	0.08 0.1	0.07	0.10	0.26	0.23	0.66
	KBABBE-	0.16 1.3	0.38 1.3	0.24	1.26		0.64	
KRABBE	KBABBE-	0.10 -0.2	0.28 0.2	0.19	2.54		0.45	
geometr. Anregung		2	4		1.6	1.6	3.2	4

In der oben stehenden Tabelle finden sich die 95%-Quantile (2σ) und ggf. Offsetfehler (grau) zu den Parametern:

SPW = Spurweite

GH, GHHP = Gegenseitige Höhenlage und deren Hochpassfilterung

PH, Y70= Pfeilhöhe aus Wandersehne und 70m-Profil Y

LH, Z70= Längshöhe aus Wandersehne und 70m-Profil Z

Zu den Größen GHHP, PH, LH, Y70 und Z70 erübrigt sich die Offset-Angabe, da diese Signale per Definition keine Offsets aufweisen können.

Bei der Zusammenstellung ist zu beachten

1. die große Achslast des RAILab im Gegensatz zu beiden Handmessgeräten
2. der Zeitabstand zwischen den Daten im RAILab/RAILab-Vergleich
3. dass die Kenngrößen aus
 - Einzelanalysen zu unterschiedlichen langen Streckenabschnitten und
 - Einzelanalysen von INFOTRANS und der DB-Netz gemittelt wurden
4. Beim RAILab/RPI-Vergleich wurden RPI-Daten aus beiden Befahrungsrichtungen gemittelt, beim RPI/RPI-Vergleich aber wird nach Messungen in gleicher Befahrungsrichtung (RPI+) und in gegenläufiger Befahrungsrichtung (RPI-) unterschieden.

Auffälligkeiten

1. Messdaten in gleicher Befahrungsrichtung (RPI/RPI+) werden durch das RPI extrem gut reproduziert. Im Vergleich zum RAILab zeigen sich jedoch Abweichungen, größer als aus den RAILab/RAILab-Vergleichen selbst bekannt. Offenbar ist die Gleisgeometrie bei RAILab-Überfahrten mit der enormen Achslast generell eine andere, als bei den RPI-Befahrungen.

2. Das RPI zeigt im Vergleich +/- etwas größere Unsicherheiten als bei Messungen in derselben Richtung. Zudem ist dieser Vergleich kaum besser als der „schwere“ RAILab-RAILab Vergleich. Auffällig sind hierbei außer der Spurweite alle Messgrößen. Vermutlich würde bei einem ebenfalls „schweren“ RPI die geringfügige Anomalie bereits von den Unsicherheiten durch die Gleisreaktion überlagert sein. So aber weist sie auf ein gewisses Optimierungspotential hin. Diesbezüglich hatten auch schon in der Vorbereitungsphase Plausibilitätsprüfungen von linken und rechten Gleislage gegenüber dem Querschnittssignal Gegenseitiger Höhenlage Hinweise auf eine mögliche Schwäche der Algorithmen ergeben. Die Hinweise wurden von INFOTRANS aufgenommen.

3. Die Krabbe, dem DB-zugelassenen Handmessgerät, welches auch schon zur Referenzierung der RAILabs eingesetzt wurde, zeigt in den Vergleichsmessungen - für uns unerklärlich - verschiedene Schwächen:

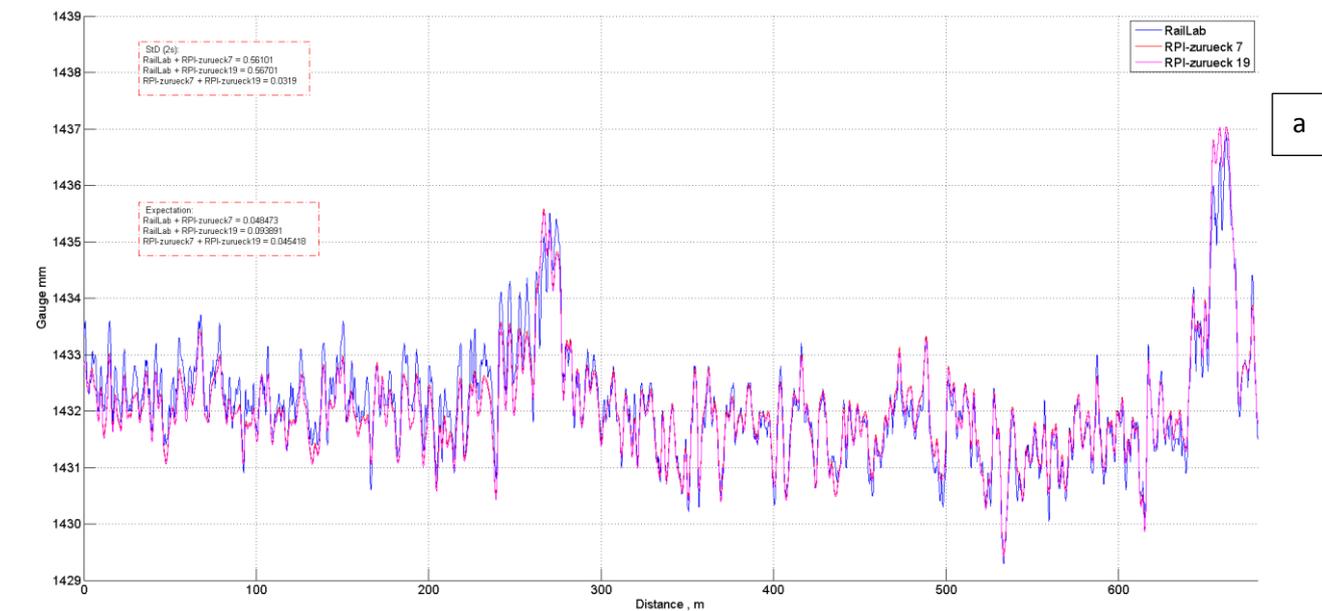
- der Vergleich der Krabbe mit sich selbst in gegenläufiger Befahrungsrichtung ist gut. Die gefundenen Unsicherheiten und Offsets zur Reproduzierbarkeit sind nur geringfügig schlechter als die des neuen Konkurrenten RPI +/-, für welchen sich aber wie oben erwähnt noch eine Optimierungsmöglichkeit andeutet.
- Im direkten Vergleich Krabbe/RPI zeigen sich erhebliche Justierfehler (Offsets in SPW und GHL)
- Die Messgröße Pfeilhöhe PH der Krabbe war bei unseren Vergleichen unbrauchbar. Die Unsicherheit im Vergleich Krabbe +/- war hier genau doppelt so groß, wie im Vergleich mit dem offensichtlich einwandfreien RPI.
- Keine 70m-Profile

Fazit

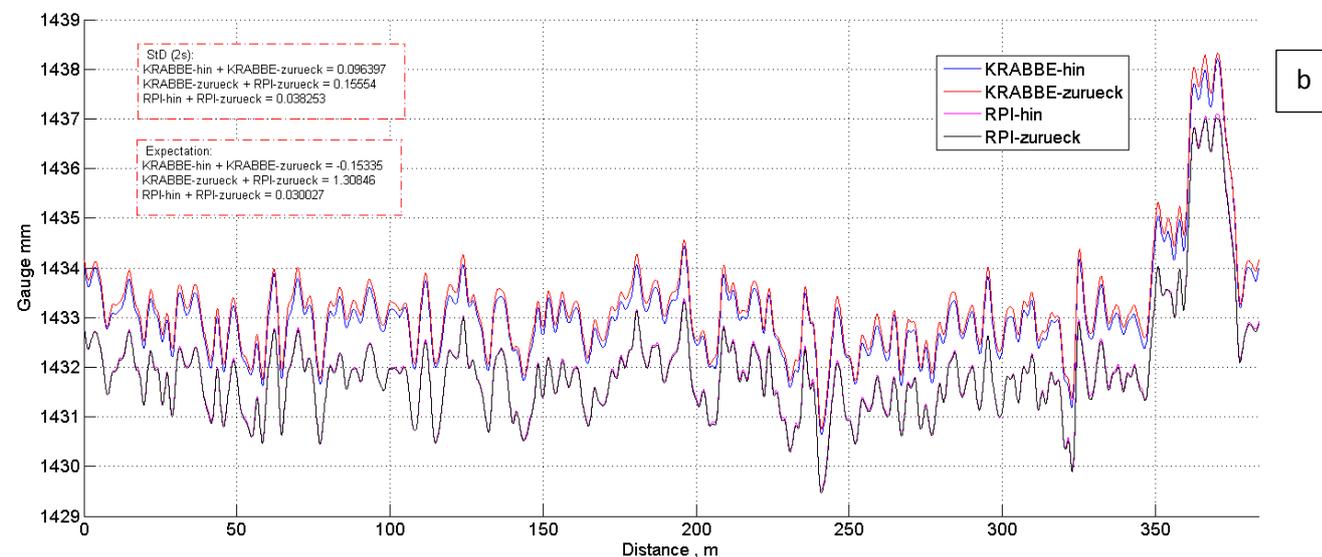
Das RPI der Firma INFOTRANS ist ein beeindruckendes Handmessgerät. Die Unsicherheiten seiner Messgrößen erreichen oder unterbieten leicht die des bisher zugelassenen Handmessgeräts der DB. Darüber hinaus erschließt es bei einer kompakten Bauweise den Wellenlängenbereich D2, offenbar direkt und ohne ein Signal-Recoloring einer im Grunde Wellenlängen-begrenzten Messanordnung. Die 70m-Profile des RPI sind darum gut vergleichbar mit denen der RAILabs. Deren formtreue Algorithmen wurden seinerzeit noch auf Rollenprüfstand und seit dem in etlichen Vergleichen mit geodätisch manuell erfassten Gleislagen verifizierten. Unterschiede im Vergleich zwischen RPI und RAILab folgen bei den Profilen, wie in den Querschnittsgrößen, zwanglos aus den stark unterschiedlichen Achslasten.

Es ist zu wünschen, dass für das RPI nach einer Optimierung seiner Laufeigenschaften (Befahrung von Gleisschaltmitteln und Radlenkern) eine DB-Zulassung beantragt wird und es dann den Anlagenverantwortlichen als multifunktionales Handmesssystem in jenen Situationen zur Verfügung steht, in denen die zuggebundene Inspektion durch die Fahrwegmessung Minden nicht wirtschaftlich durchgeführt werden kann. Die metrologische Bestätigung des RPI in einem Prüflabor scheint nach diesem Feldversuch problemlos möglich.

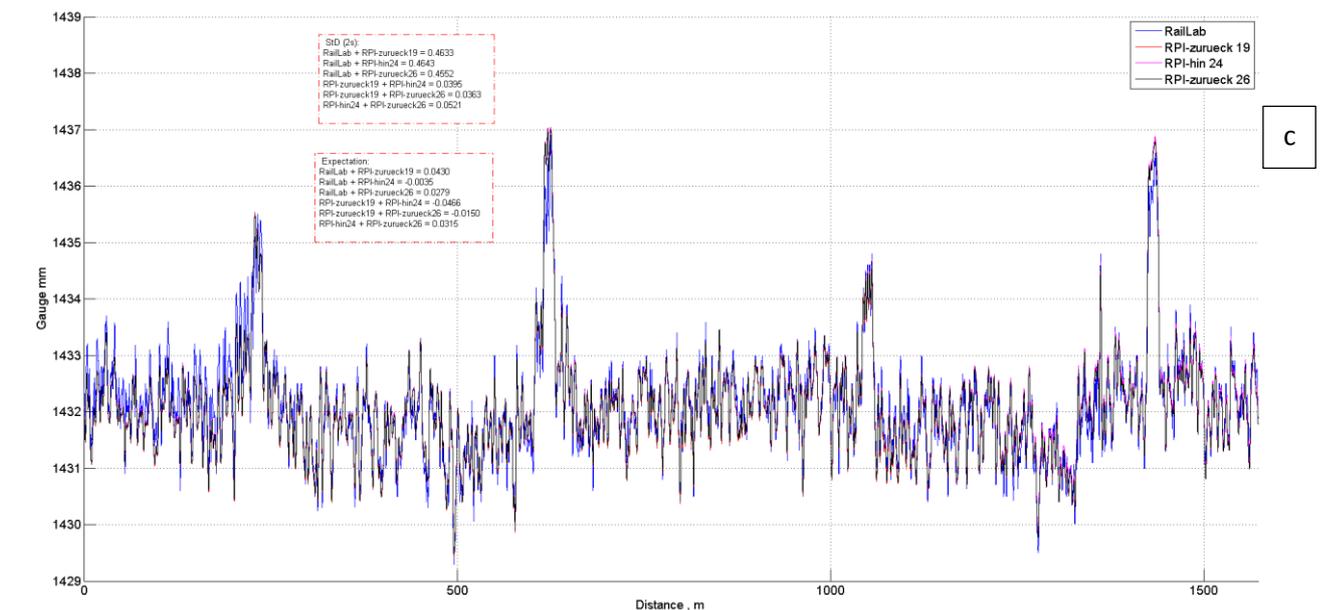
INFOTRANS-Auswertungen



a

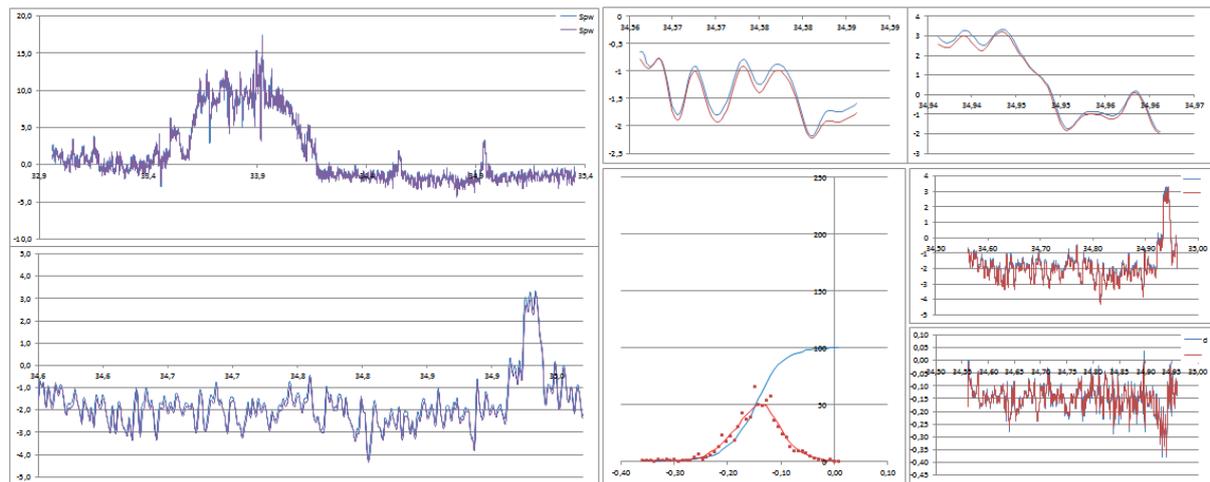


b

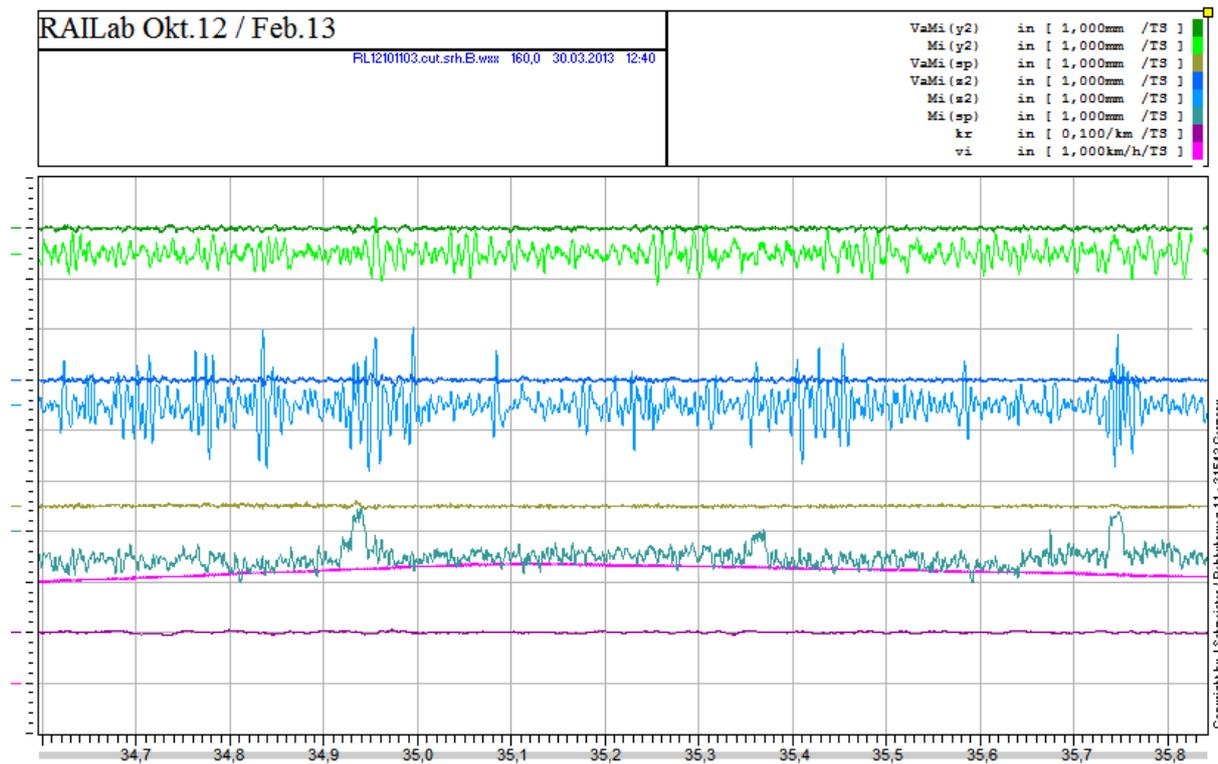


c

DB-eigene Auswertungen: RPI/Krabbe-Vergleich



DB-eigene Auswertungen: RAILab-Vergleich



DB-eigene Auswertungen: RAILab/RPI-Vergleiche

