



## **Сравнительные замеры РПИ/RAILab Февраль 2013**

---

**DB Netz AG, Fahrwegmessung Minden**

---

**Jörg Schmeister**

---

**I.NPI23(M)**

---

**Минден, 8.4.2013**

## **ВВЕДЕНИЕ**

Специалисты Fahrwegmessung Minden (подразделение Германской железной дороги, занимающееся диагностикой), находясь в поисках потенциального партнера для дальнейшего совершенствования измерительной техники RAILab и оснащения новых измерительных поездов, впервые встретились со специалистами фирмы ИНФОТРАНС осенью 2012 г. на международной выставке «INNOTRANS-2012» в Берлине.

Российская фирма еще в 90-х годах определила свою сферу деятельности как разработка измерительной и информационной техники для железнодорожной инфраструктуры и предложила инженерам, работающим в космической и авиационной сферах страны, которые находились в стадии застоя, новые перспективы. С тех времен фирма ИНФОТРАНС выросла и превратилась в самого крупного поставщика Российских железных дорог благодаря сотням поездов и ручных измерительных средств. К их диагностическим комплексам относится «ЭРА» – многофункциональный, полностью оборудованный, флагманский корабль измерительного флота Российских железных дорог, который был отмечен премией ОАО «РЖД» в сфере инноваций.

Чтобы продемонстрировать свои возможности и зарекомендовать себя перед Германской железной дорогой в качестве поставщика оборудования, в феврале 2013 года на участке Германской железной дороги фирмой ИНФОТРАНС были подготовлены и произведены сравнительные замеры с использованием ручного измерительного устройства РПИ, а также сравнение с измерительным комплексом RAILab. Предварительно для проведения прямых сравнительных испытаний RAILab-РПИ фирмой ИНФОТРАНС была произведена адаптация параметров, формируемых системой ручных измерений РПИ под требования Германской железной дороги (DB), выполнена сверка алгоритмов обработки, определены погрешности измерения параметров, необходимых для DB, на основании измерительных данных комплекса «ЭРА», полученных на участке Российской железной дороги.

## **ОПЫТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ**

Ручное измерительное устройство РПИ по своим функциям сопоставимо с прибором Krabbe (Firma Ruzicka), используемым DB в настоящее время. За счет модульной конструкции РПИ может быть дооснащено для проведения не только замеров геометрии рельсового пути, но также замеров габаритов приближения строений, положения контактной сети в плане и по высоте. В систему диагностики Российских железных дорог, разработанную во многом именно фирмой ИНФОТРАНС, внедряются и используются как результаты измерений поездов (например, «ЭРА»), так и данные ручных средств диагностики, подобно тому, как это делается в интегрированной системе инспектирования (IIS) DB.

Оба ручных средства диагностики (РПИ и Krabbe) при переходе с одного блок-участка на другой вызывают замыкание в работе средств железнодорожной автоматики. Поэтому перед ними эти средства диагностики необходимо снимать с пути, а затем снова устанавливать на рельсы. Кроме того, РПИ, в связи с особенностями конструкции стрелочных переводов на DB, не может самостоятельно проходить некоторые контррельсы.

По сравнению с Krabbe размеры и вес РПИ значительно меньше, благодаря чему проявляется лучшая управляемость в пути. В отличие от Krabbe в процессе выполнения замеров в состав измерений РПИ интегрируются данные о положении относительно инерциальной системы координат, полученные приемником GPS/ГЛОНАСС. Для корректировки системы координат фирмой ИНФОТРАНС на месте проведения замеров была установлена станция dGNSS.

При проведении измерений с 26-го по 27-ое февраля 2013 года использовались:

- РПИ фирмы ИНФОТРАНС, включая операторов и станцию dGNSS;
- ручное средство Krabbe фирмы PETHOPLAN;
- средства обеспечения безопасности железнодорожного пути фирмы EPB;
- данные замеров RAILab-I в двух регулярных проверках 12.02.2013 и 11.10.2012 г.

Сравнительные данные были получены на железной дороге Шварцвальд, участок 4250-1 в области вокзала Хаузах, 30-40 км. Анализ данных отчасти проводился самостоятельно фирмой ИНФОТРАНС в соответствии со Стандартом EN13848 в непосредственной привязке к пути сразу после выполнения замеров, дальнейший частичный анализ данных проводился DB и ИНФОТРАНС совместно, а также проводились совместные обсуждения результатов. Все оценки были согласованы.

Участок «Хаузах» был многократно пройден с использованием РПИ фирмы ИНФОТРАНС, а также дважды пройден с использованием Krabbe при участии оператора фирмы PETHOPLAN. В парных проездах производились сравнения отдельных систем по следующим параметрам геометрии пути:

- шаблон (Spw);
  - уровень (GH);
  - неровности рельсовых нитей в вертикальной и горизонтальной плоскости (LH/PH);
  - кривизна пути в горизонтальной плоскости,
- при этом системы сравнивались
- между собой:
    - в том же направлении движения (повторяемость);
    - в противоположном направлении движения (воспроизводимость);
  - друг с другом в одном направлении (сопоставимость).

В соответствии со Стандартом EN13848 разности измерений между двумя проездами оценивались следующим образом:

- по математическому ожиданию ( $\mu$ ) разности сигналов (разница может быть обусловлена юстировкой, зависимостью от направления пути или различиями между системами);
- по 95% квантилю ( $2\sigma$ ) +  $\mu$  (диапазону погрешности разности измерений, в котором содержатся 95% всех измерительных данных).

Позднее было выполнено, подтверждено, дополнено и согласовано большое количество отдельных результатов анализа. При этом

- были определены погрешности юстировки, которые не учитывались при подведении общих итогов (математическое ожидание сигнала составило для одного проезда RAILab Spw=0,8 мм, GH=0,3 мм, а для одного проезда РПИ GH=1 мм);
- были уточнены результаты измерения Krabbe неровностей в горизонтальной плоскости;
- данные, полученные из различных источников (анализ ИНФОТРАНС/собственный анализ DB) и с различных участков пути (длина участков значительно варьируется), были усреднены для получения однозначных и значимых показателей.

При проведении собственного анализа DB параметры левого и правого рельсов были усреднены. Сигналы при всех сравнительных замерах были максимально синхронизированы: это означает, что различие в шаге измерения Krabbe было ликвидировано за счет передискретизации, а также убраны погрешности определения положения, обусловленные проскальзыванием колеса.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ**

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

В приведенной выше таблице представлены 95% квантиль ( $2\sigma$ ) и математическое ожидание разности измерений (серый цвет) следующих параметров:

SPW – шаблон;

GH, GHNP – уровень и высокочастотная составляющая уровня;

PH, Y70 – неровности рельсовой нити в горизонтальной плоскости, полученные хордовым методом, и ограниченный 70 метровым фильтром горизон-

тальный профиль рельсовой нити, вычисленные в соответствии с требованиями DB;

LH, Z70 – неровности рельсовой нити в вертикальной плоскости, полученные хордовым методом, и ограниченный 70 метровым фильтром вертикальный профиль рельсовой нити, вычисленные в соответствии с требованиями DB.

Для параметров GННР, РН, LH, Y70 и Z70 не приводятся значения математических ожиданий разности измерений, так как для них математическое ожидание по определению равно нулю.

При анализе необходимо учитывать:

1. Большую осевую нагрузку RAILab в противовес ручным измерительным устройствам.

2. Временной отрезок между данными при сравнении RAILab/RAILab.

3. Определение средних величин производится на основе:

- отдельного анализа на отрезках разной длины,

- отдельного анализа ИНФОТРАНС и DB.

4. При сравнении RAILab/РПИ усреднялись данные РПИ, полученные при его движении в направлении, совпадающем с направлением движения RAILab, и в обратном направлении. При сравнении РПИ/РПИ речь идет об «однонаправленных» (РПИ+) и «противонаправленных» (РПИ-) замерах.

### **ВАЖНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

1. Измерительные данные РПИ обладают экстремально высокой воспроизводимостью в одном и том же направлении (РПИ/РПИ+). Отклонения при сравнении РПИ с RAILab больше, чем при сравнении RAILab/RAILab. Очевидно, что геометрия рельса при проездах RAILab с высокой нагрузкой отличается от проездов РПИ без нагрузки.

2. РПИ в сравнении +/- демонстрирует несколько большие погрешности, чем измерения в одном и том же направлении. К тому же, данное сравнение не лучше сравнения «тяжелых» RAILab-RAILab. Помимо ширины колеи различия заметны для всех измеряемых параметров. Вероятно, такие же результаты были бы получены для «тяжелой» РПИ. Они объясняются особенностями взаимодействия РПИ с рельсами, что свидетельствует об определенном потенциале оптимизации погрешностей измерений РПИ.

На этапе подготовки к испытаниям при проведении проверки взаимного соответствия измерений профилей правого и левого рельса в вертикальной плоскости и измерения уровня были выявлены возможные недостатки алгоритмов, приводящие к незначительным фазовым сдвигам. Данные замечания приняты ИНФОТРАНС к рассмотрению для их дальнейшего устранения.

3. Ручное измерительное устройство Krabbe, сертифицированное для использования на DB и используемое также для проверки и настройки RAILab, демонстрирует различные недостатки, причина которых для нас не известна:

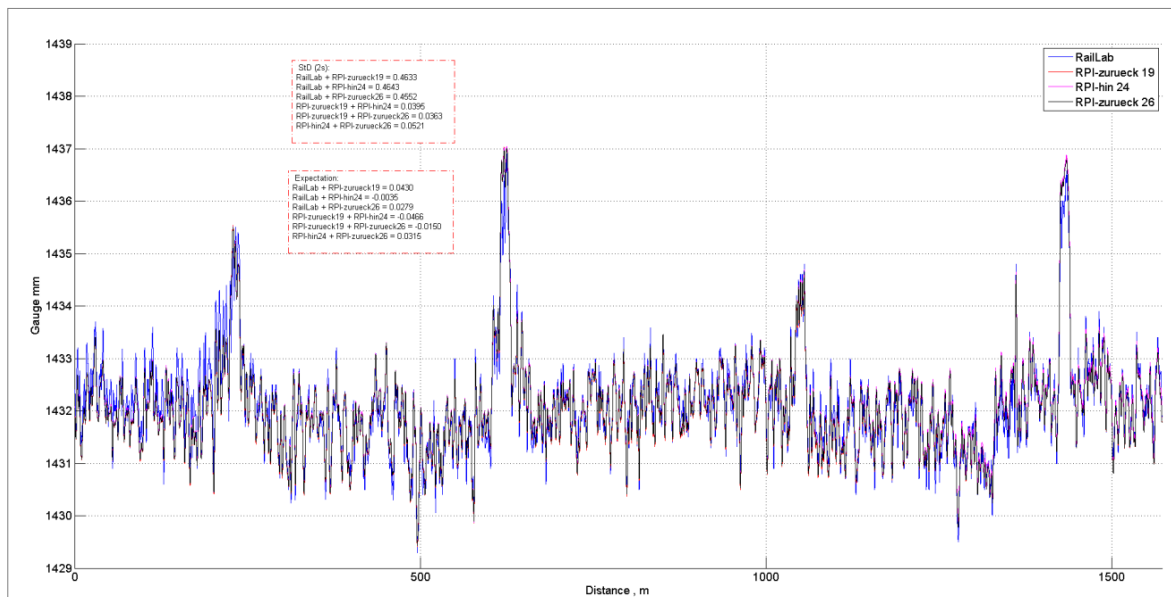
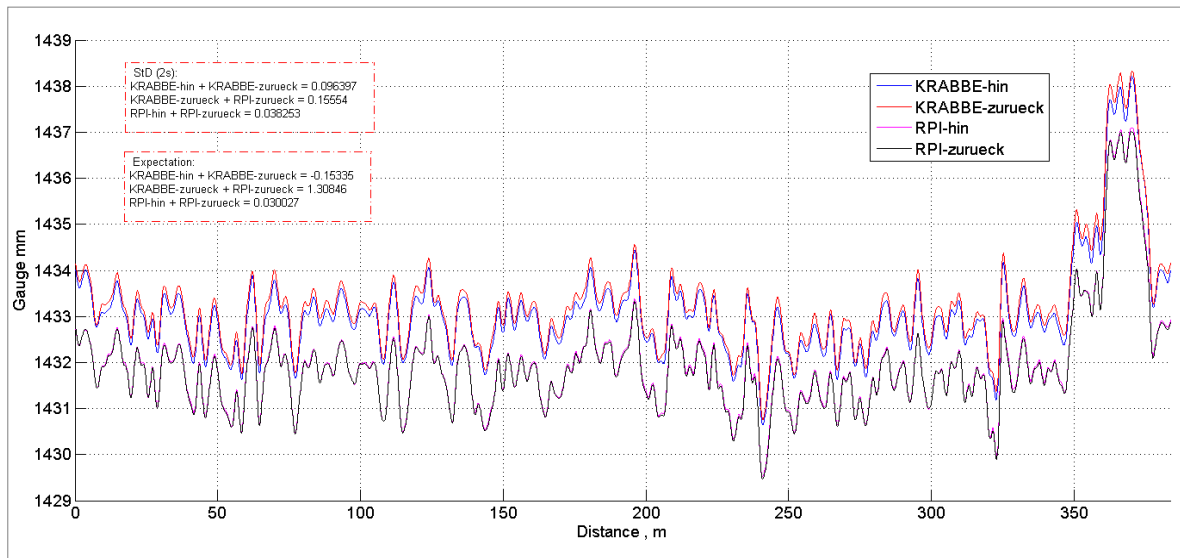
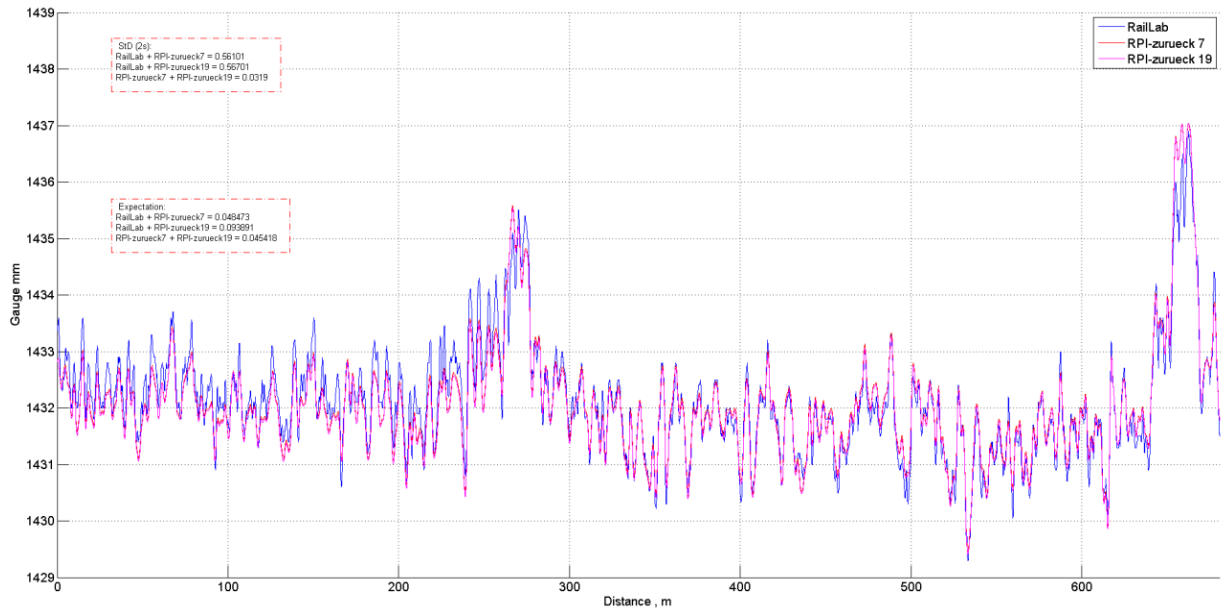
- результаты поездок Krabbe в разных направлениях были в норме. Обнаруженные погрешности повторяемости измерений были немного хуже, чем погрешности нового конкурента РПИ +/-, для которого еще необходима и возможна оптимизация точности измерения параметров;
- при непосредственном сравнении Krabbe/РПИ проявляются значительные различия в юстировке;
- при проведении наших замеров не было необходимости в получении на Krabbe параметров неровностей рельсовых нитей в вертикальной и горизонтальной плоскости. Вместе с тем, погрешности при сравнении Krabbe +/- были вдвое больше, чем у РПИ, результаты которого были безупречны;
- Krabbe не получает ограниченные 70 метровым фильтром горизонтальный и вертикальный профили рельсовых нитей.

## **ВЫВОД**

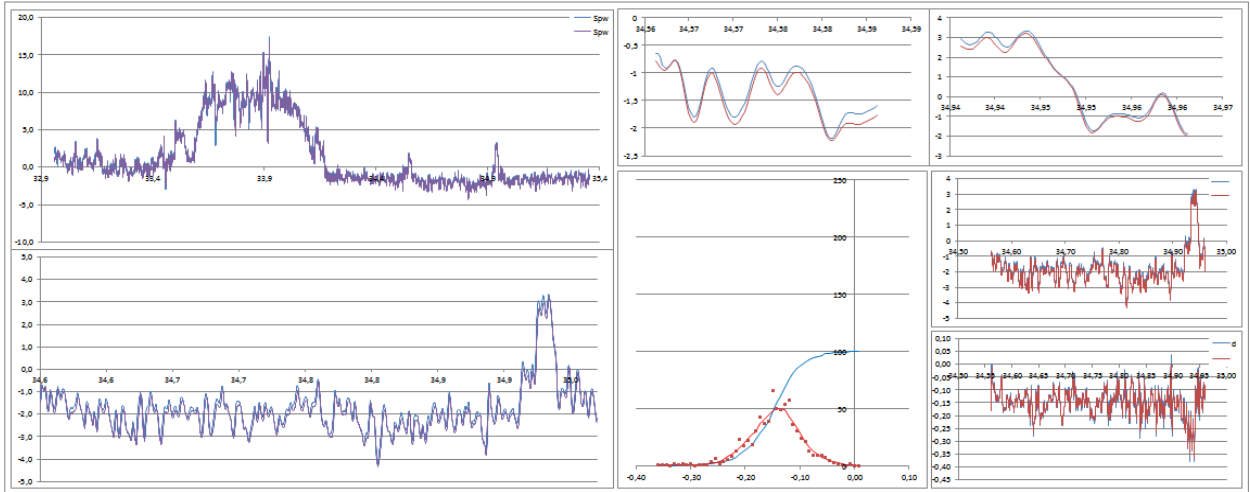
РПИ фирмы ИНФОТРАНС является впечатляющим ручным измерительным средством. Погрешности измеряемых им величин равны или ниже показателей ручных измерительных средств, до сих пор сертифицированных DV. При этом, несмотря на компактную конструкцию, данное устройство может работать в диапазоне длин волн D2, проводя измерения напрямую и без ограничения волнового диапазона или искажения измерений, обусловленных геометрическими размерами измерительного устройства. 70 м профиль РПИ хорошо сопоставим с профилем RAILab. В свое время, алгоритмы RAILab, ориентированные на определение реальных отклонений, были подтверждены на испытательном стенде, а также выверены в сравнительном анализе с геодезическими данными геометрии рельсового пути, полученными ручными устройствами. Имеющиеся различия между РПИ и RAILab в вертикальном и горизонтальном профилях связаны только с сильными отличиями в осевой нагрузке.

Желательно, чтобы после оптимизации ходовых характеристик РПИ (для прохождения путевой аппаратуры железнодорожной автоматики и контррельсов) была подана заявка на предоставление допуска к эксплуатации РПИ со стороны Германской железной дороги. Также желательно, чтобы данное ручное средство диагностики использовалось ответственными за оборудование специалистами Fahrwegmessung Minden как многофункциональное ручное средство диагностики в ситуациях, когда использование поездов для проведения измерений является экономически не целесообразным. Результаты опытных испытаний показывают, что подтверждение метрологических возможностей РПИ не составит никаких проблем.

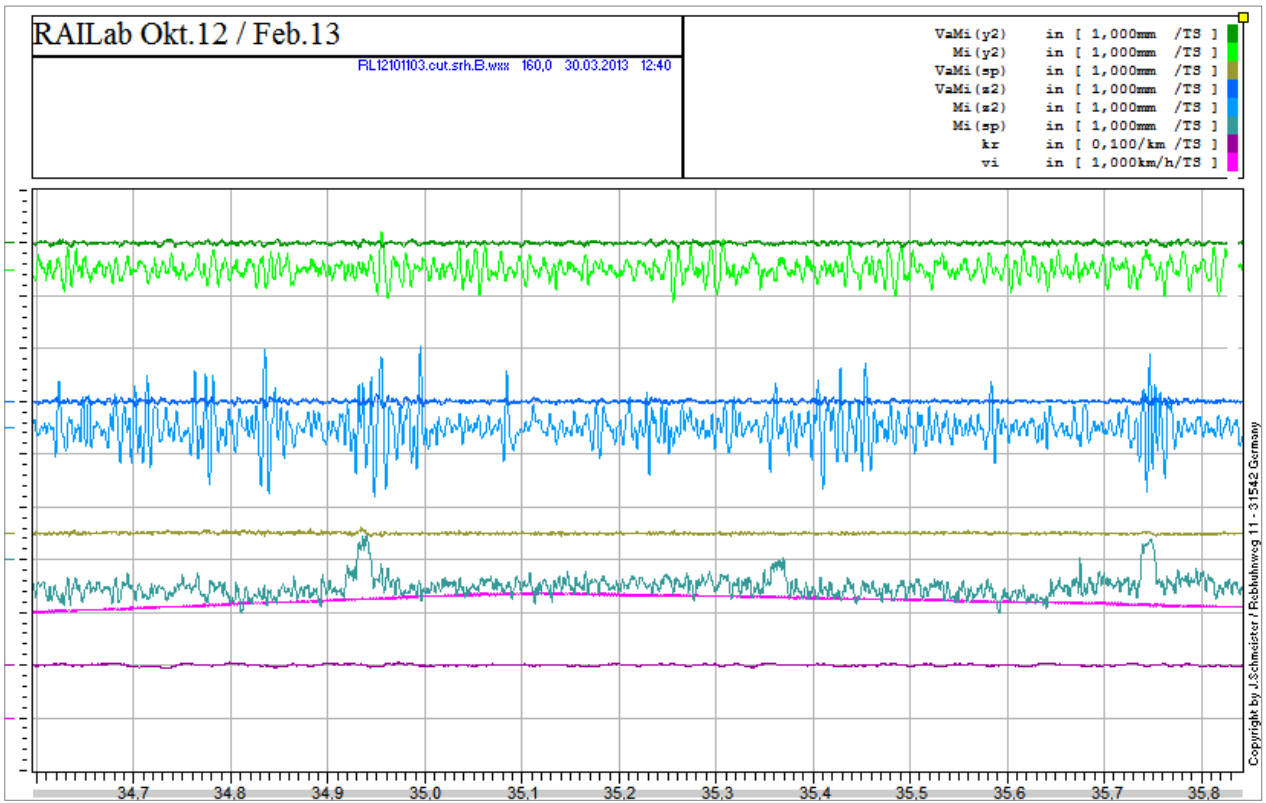
# Анализ ИНФОТРАНС



### Собственный анализ DB: Сравнение РПИ/КРАБВЕ

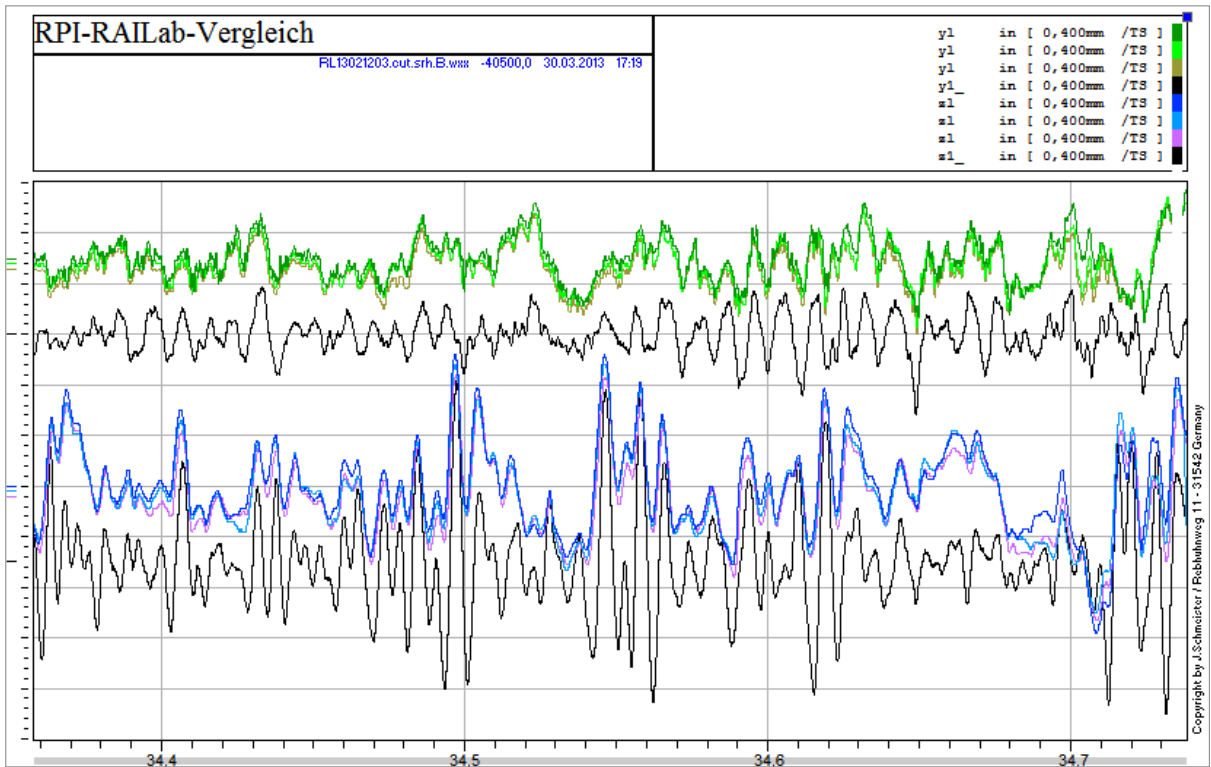
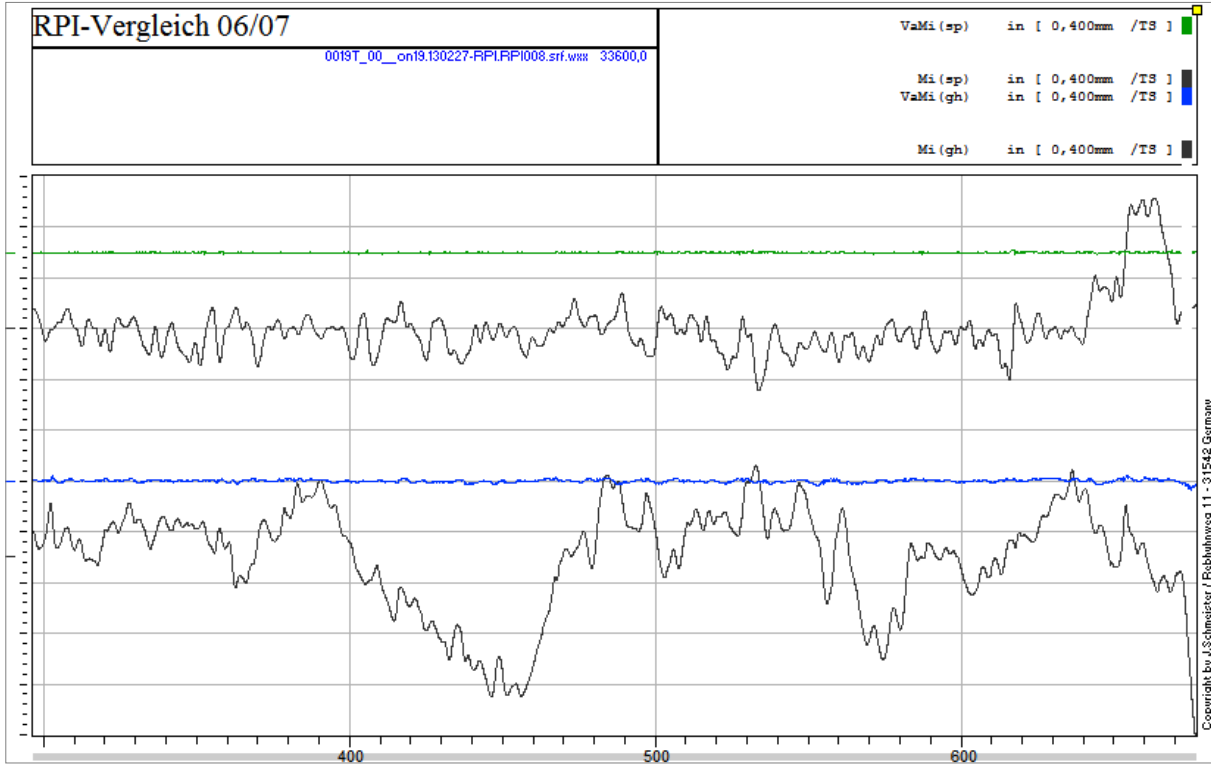


### Собственный анализ DB: Сравнение RAILab





# Собственный анализ DB: Сравнение RAILab/РПИ



# RPI-RAILab-Vergleich

RL13021203.cut.srh.B.wss -20500,0 31.03.2013 23:42

sp.07	in [ 0,250mm /TS ]	█
sp.19	in [ 0,250mm /TS ]	█
sp.RL	in [ 0,250mm /TS ]	█
gh.07	in [ 0,500mm /TS ]	█
gh.19	in [ 0,500mm /TS ]	█
gh.RL	in [ 0,500mm /TS ]	█

