

# Gleislagebewertung mit Hilfe von Fraktalanalysen

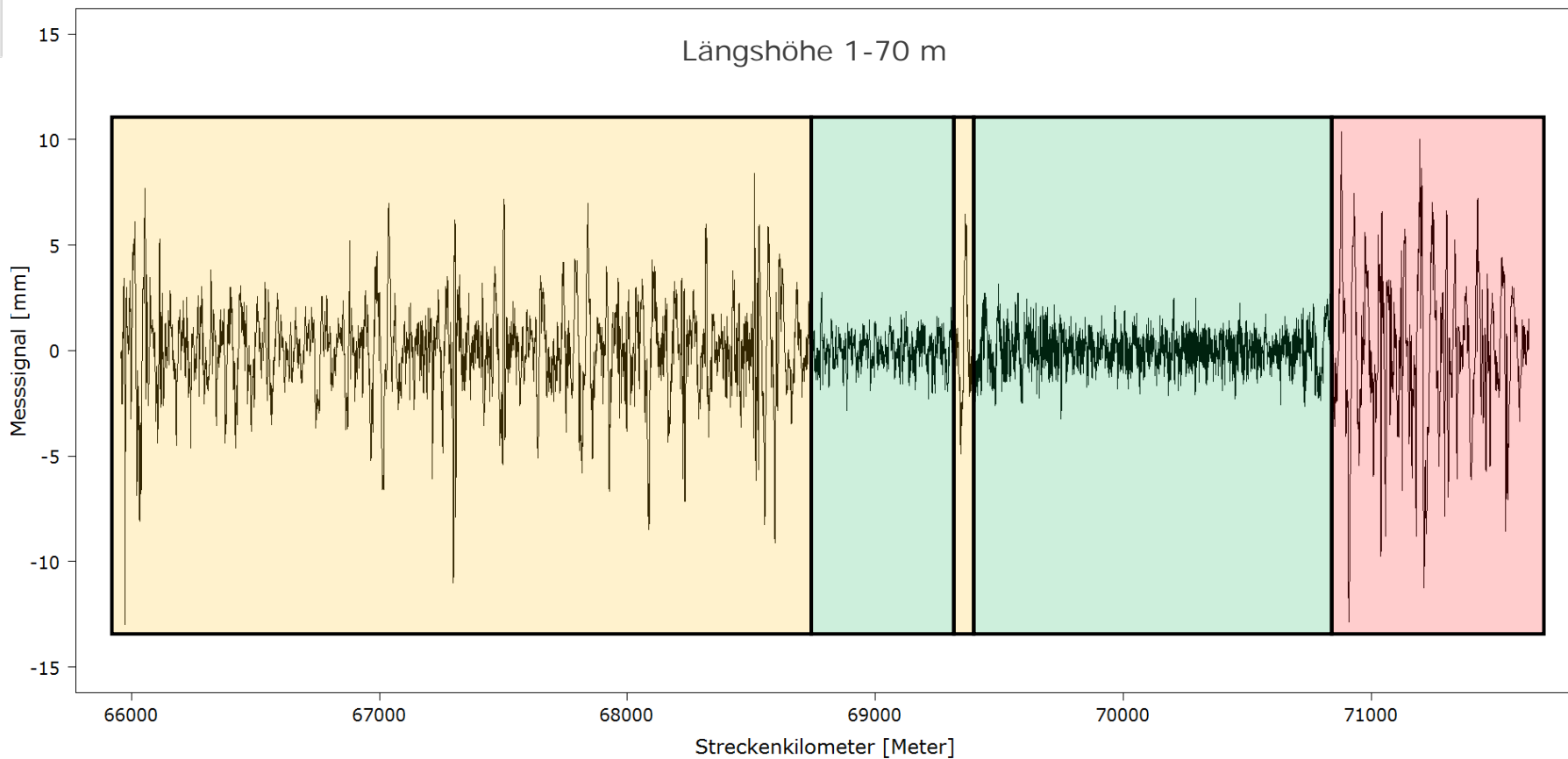
Track Geometry Evaluation using Fractal Analyses

Fabian Hansmann

Matthias Landgraf



# Von der Bedeutung der Rauigkeit ...



EN13848

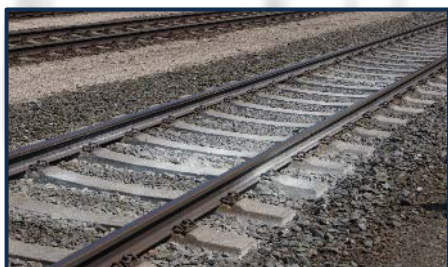
Standardabweichung

Leistungsdichte

# Die Herausforderung

Die gleichzeitige Berücksichtigung von Wellenlänge und Amplitude erlaubt es, zusätzliche Informationen über den Zustand des Untergrunds und des Schotters zu gewinnen.

- I Beschreibung der Gleislage hinsichtlich der Rauigkeit des Messsignales
- I Zuordnung der Rauigkeit zu unterschiedlichen Schadensbilder



Schotterzustand

Wellenlänge 3-5m

Gleislage



Untergrund/Unterbau

Wellenlänge > 10m

# Wie lang ist die Küste Großbritanniens?

$$L(\lambda) \sim N\lambda^{1-D}$$



Benoît Mandelbrot  
1924-2010



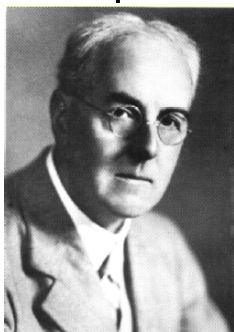
— Ruler Length 1



(b) — Ruler Length 2



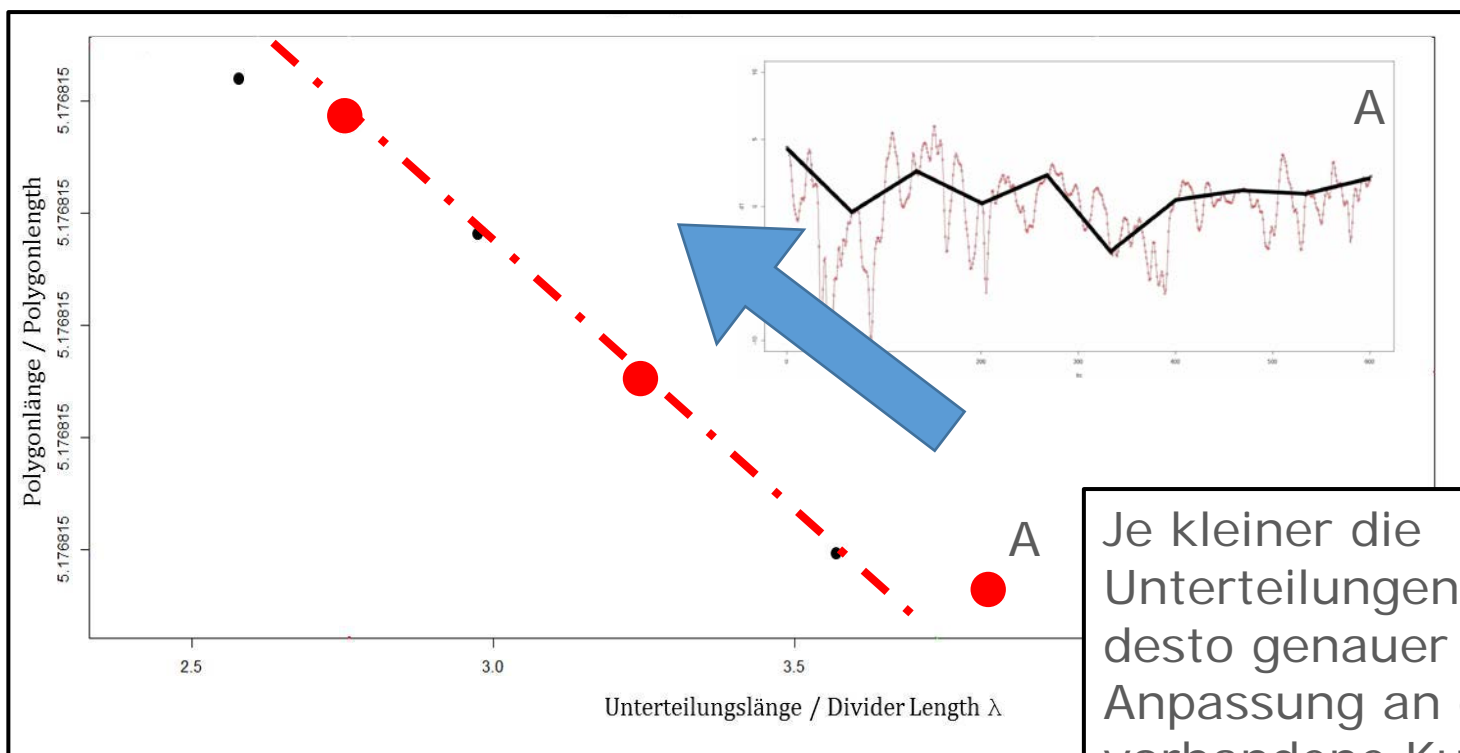
(c) — Ruler Length 3



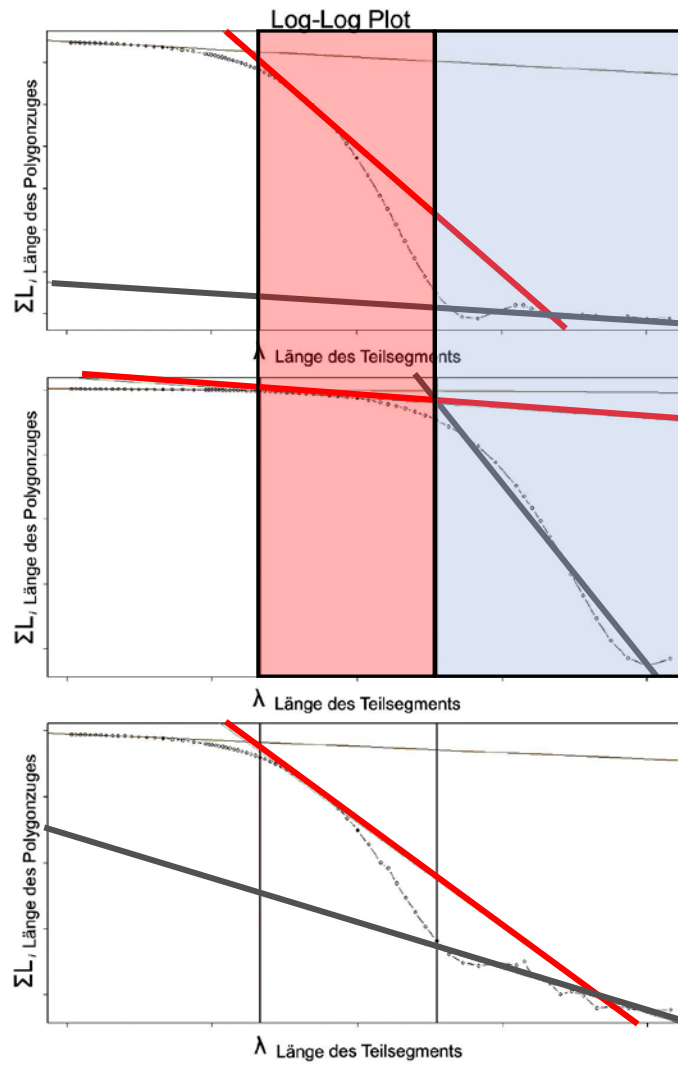
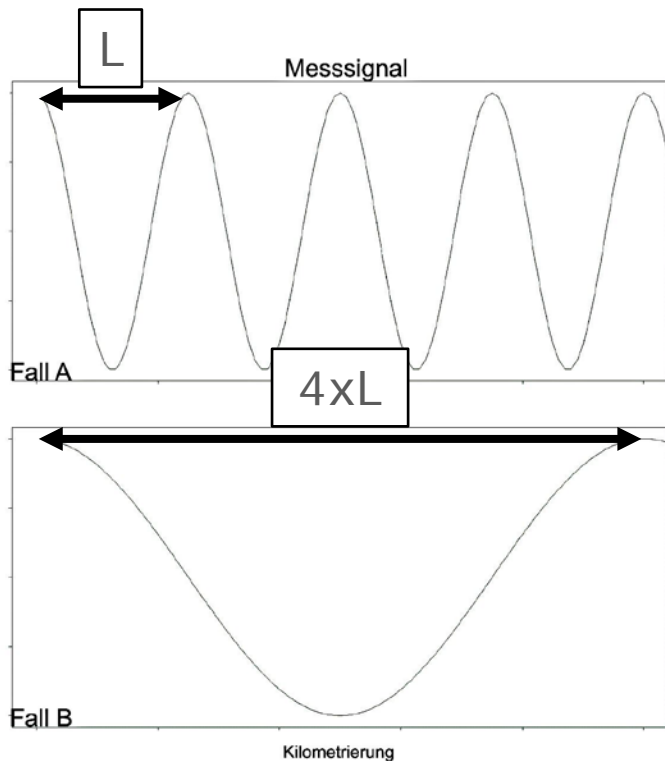
Lewis Fry Richardson  
1881-1953

# Der Richardson Plot

## Bestimmung der fraktalen Dimension



Je kleiner die Unterteilungen, desto genauer die Anpassung an die vorhandene Kurve



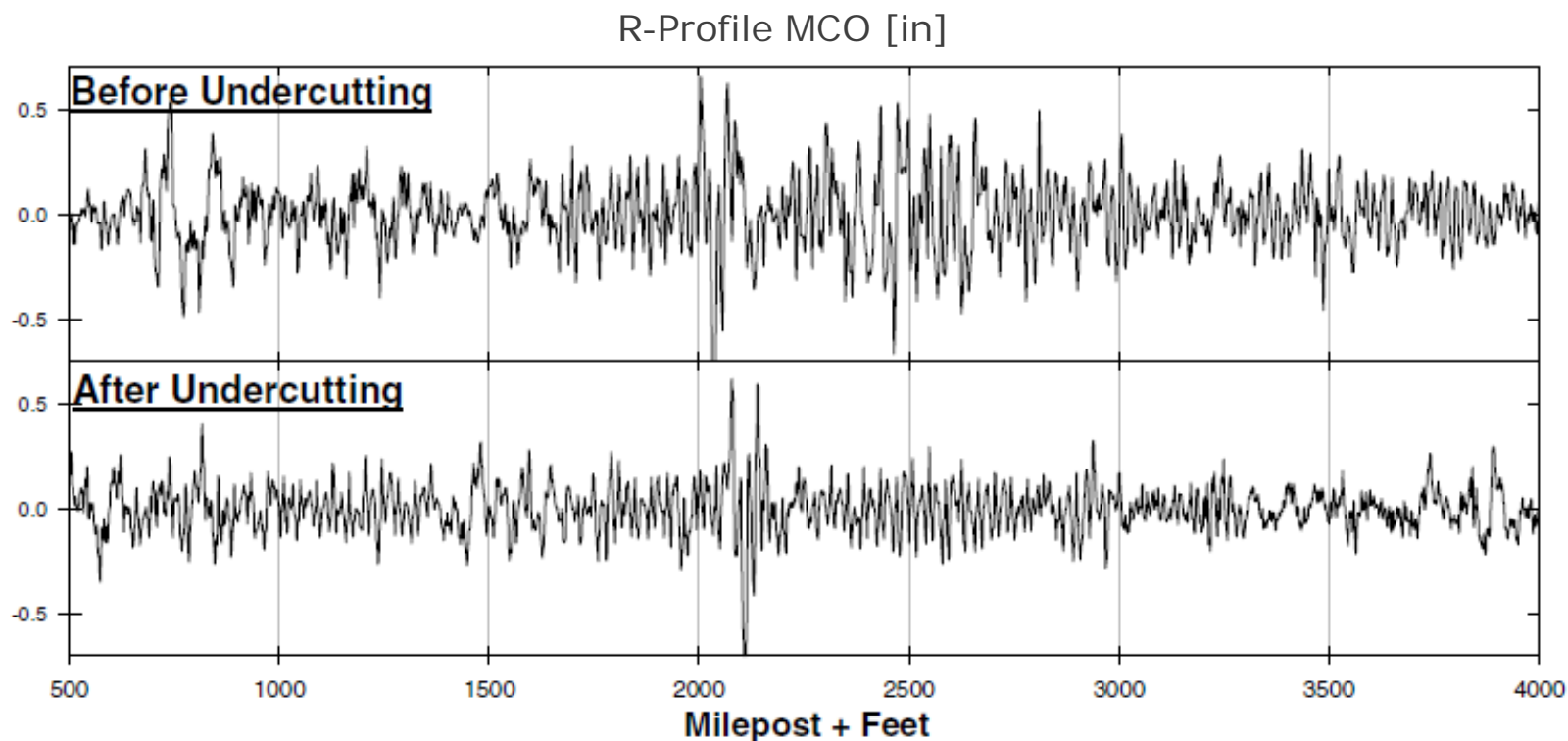
Je rauer das Signal,  
desto größer die  
Steigung der Tangente  
an die Kurve im  
jeweiligen Sektor.

# USA (AMTRACK) [Hyslip 2002]

## 📍 Northeast Corridor

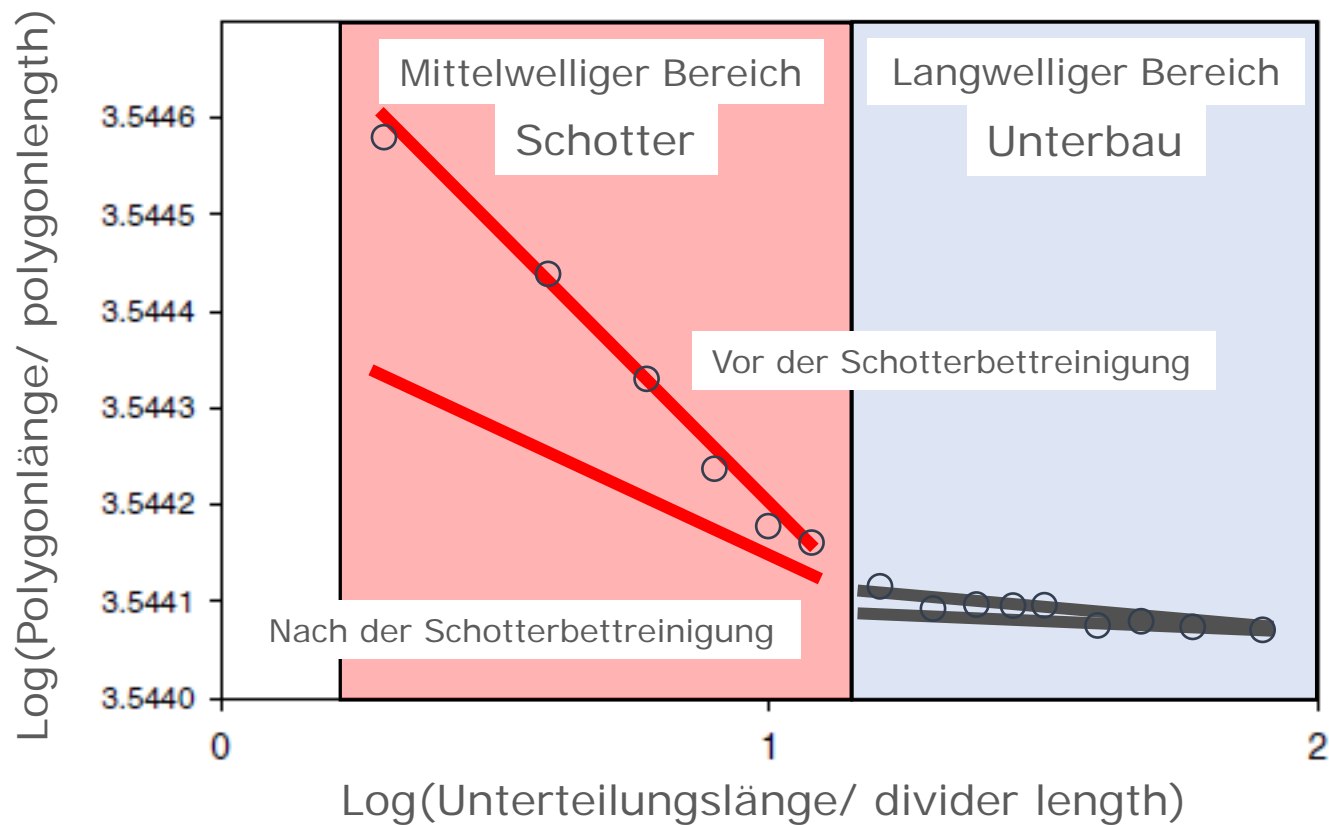
📅 1994 bis 2001

📏 734 km



# USA (AMTRACK) [Hyslip 2002]

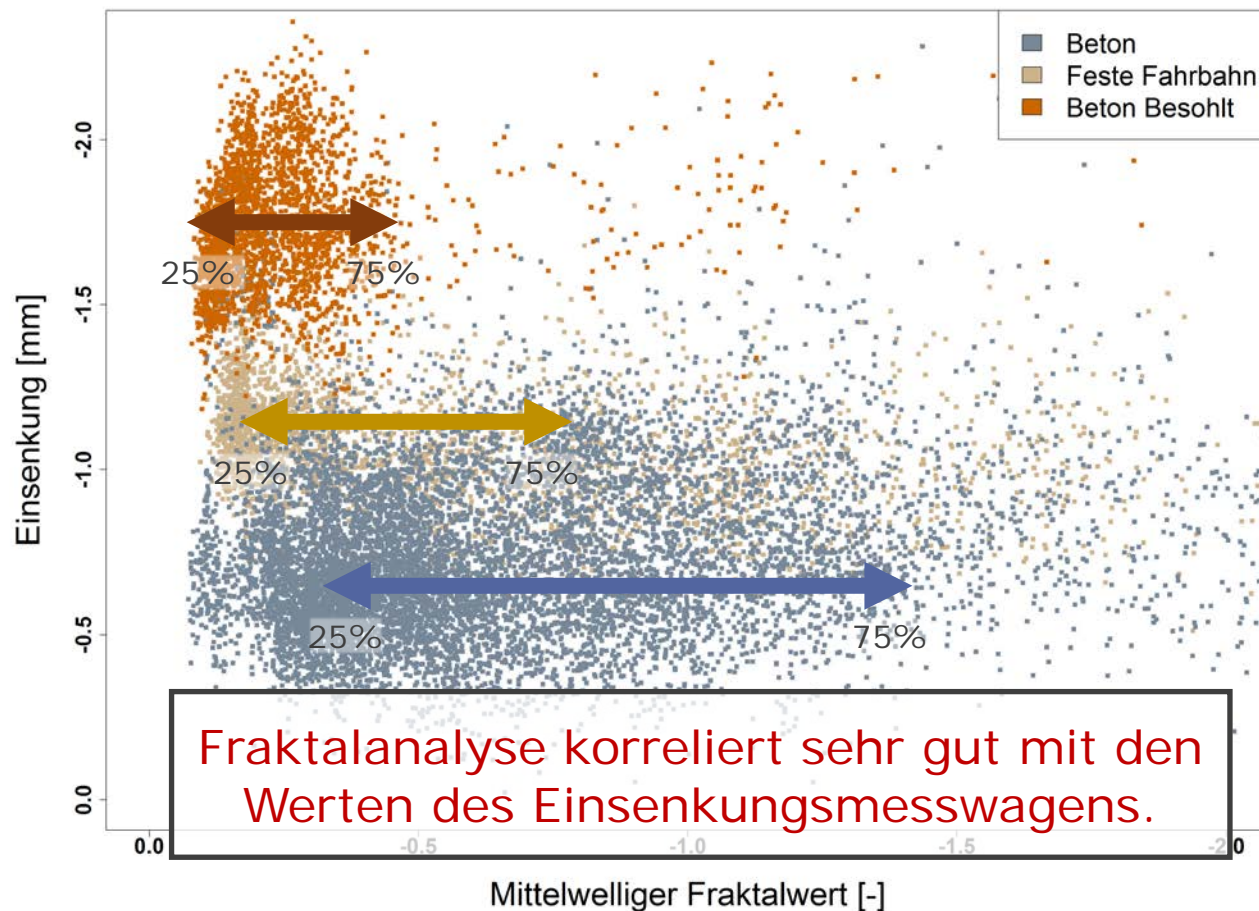
## 📍 Effekt einer Schotterbettreinigung





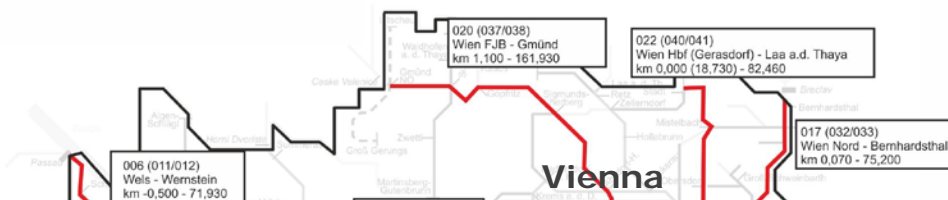
# Schweiz (SBB)

- 100 Gleiskilometer einer zweigleisigen Strecke.
- Messung der relativen Einsenkung (belastet – unbelastet) vorhanden.



# Österreich (OeBB)

4.000 Gleiskilometer



800.000 Querschnitte alle 5 m

**Anlagen**

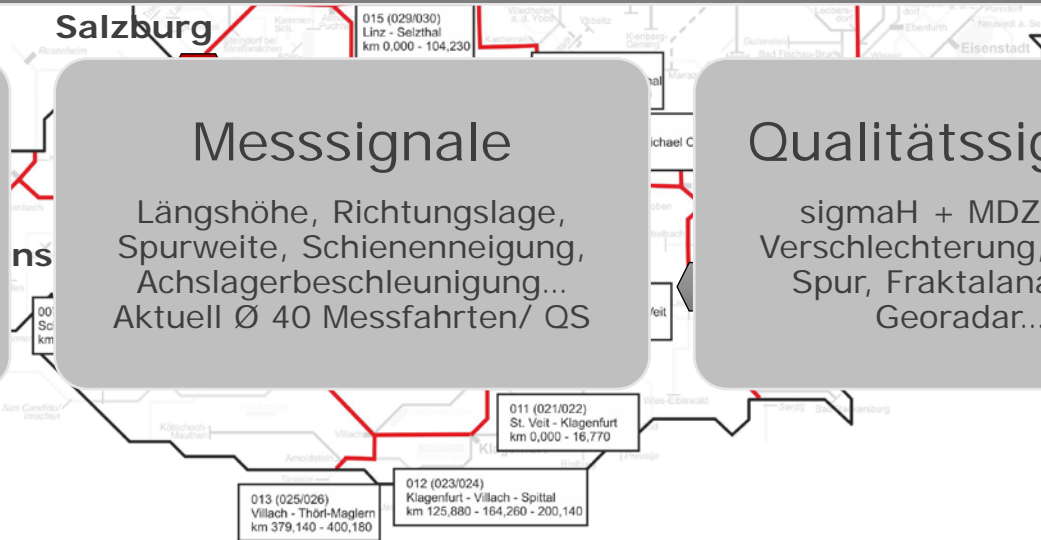
Alter, Oberbauform, Trassierung, Belastung, Maschineneinsätze, Standardelemente...

**Messsignale**

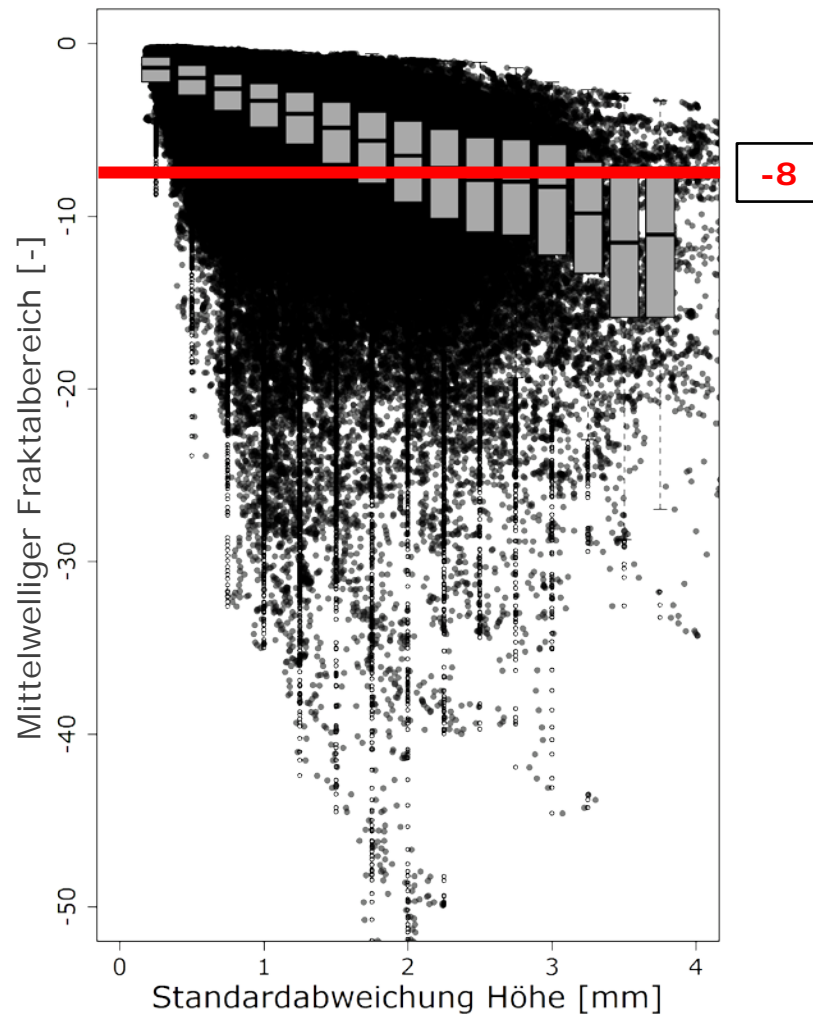
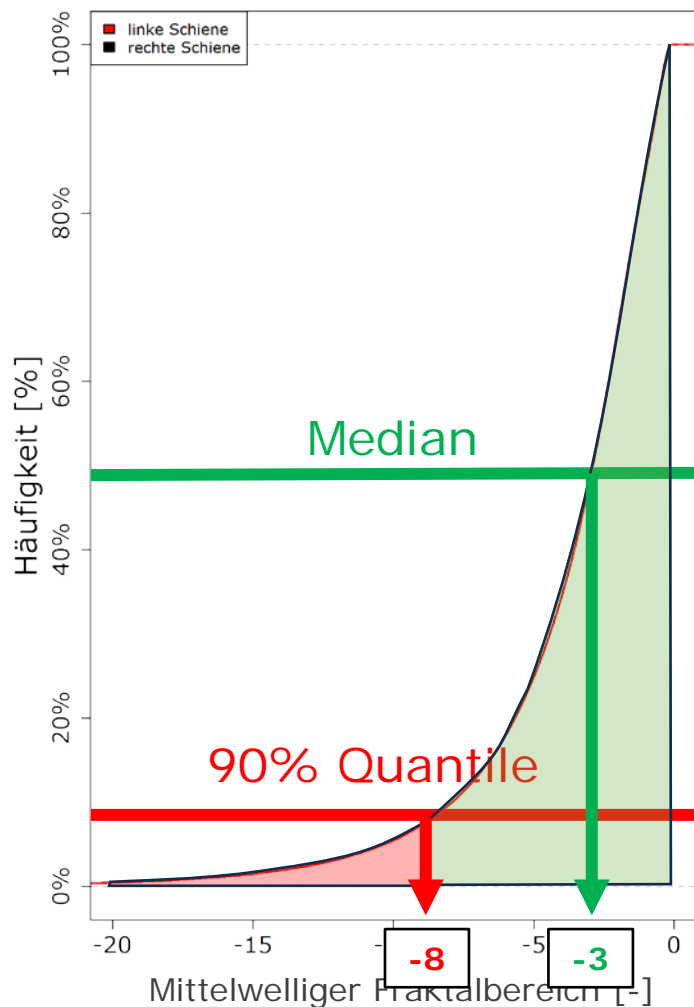
Längshöhe, Richtungslage, Spurweite, Schienenneigung, Achslagerbeschleunigung...  
Aktuell Ø 40 Messfahrten/ QS

**Qualitätssignale**

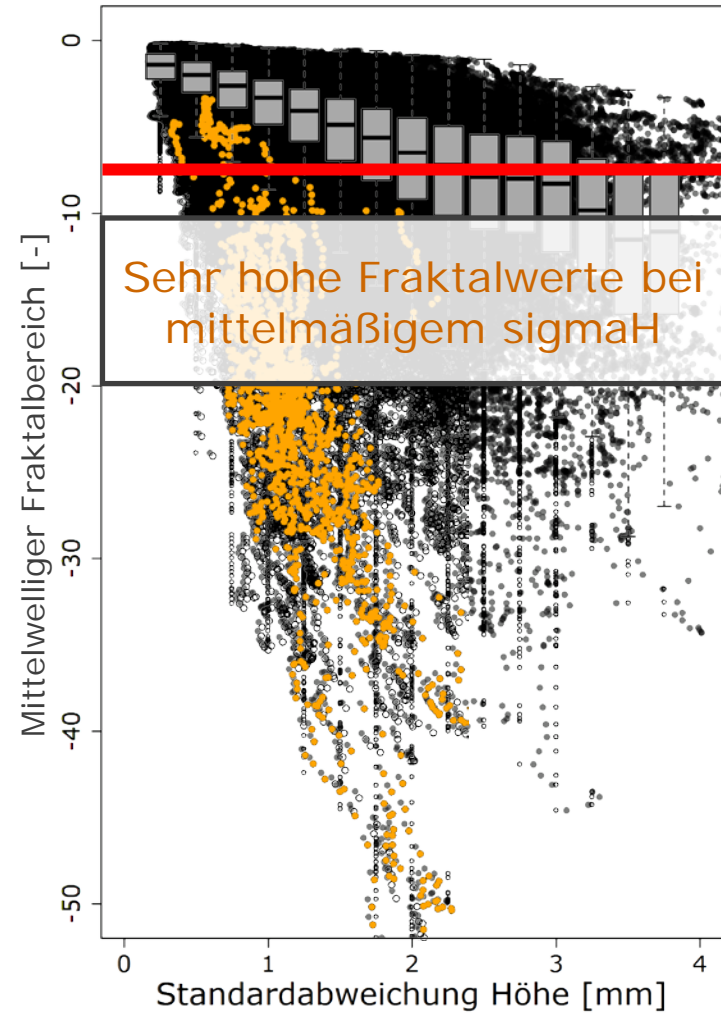
sigmaH + MDZ inkl. Verschlechterung, StAbw Spur, Fraktalanalyse, Georadar...



# Mittelwelliger Bereich (Schotterzustand)



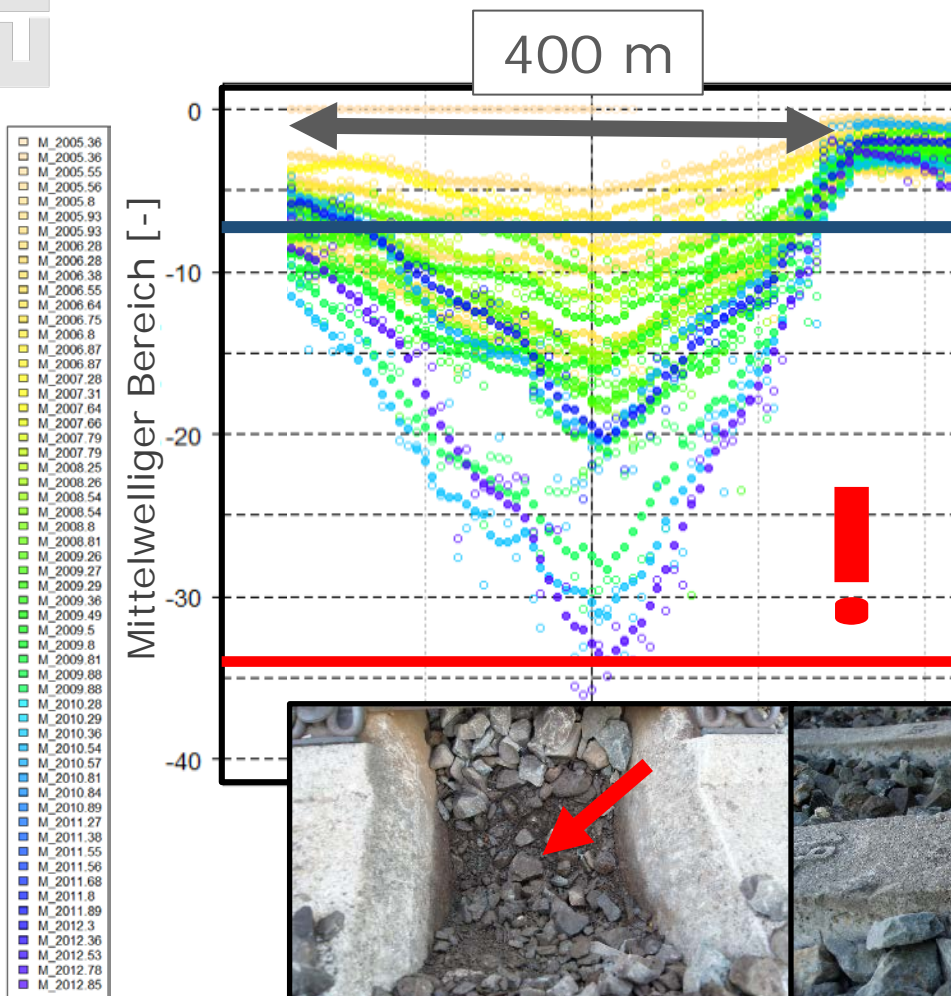
# Mittelwelliger Bereich (Schotterzustand)



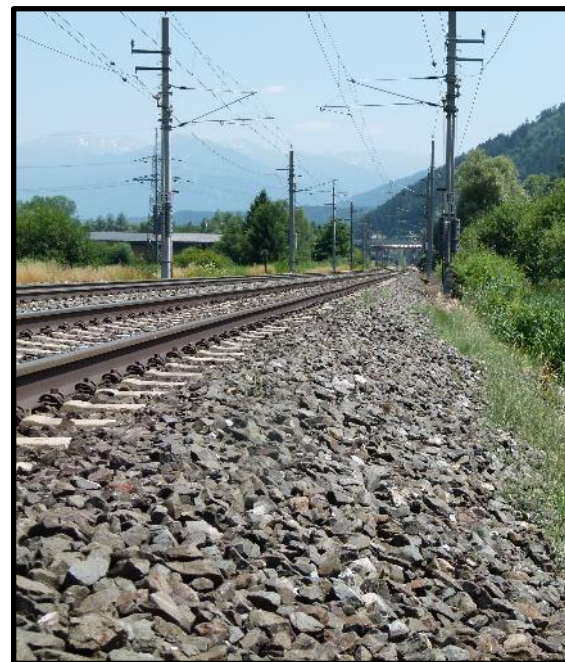
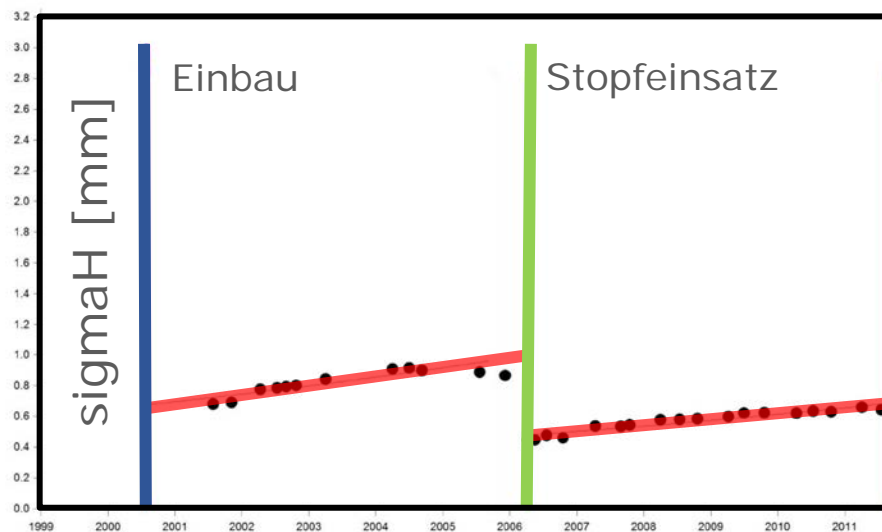
-8

Sehr hohe Fraktalwerte bei mittelmäßigem sigmaH

# Theorie trifft Praxis Mittelwellig (Schotterzustand)

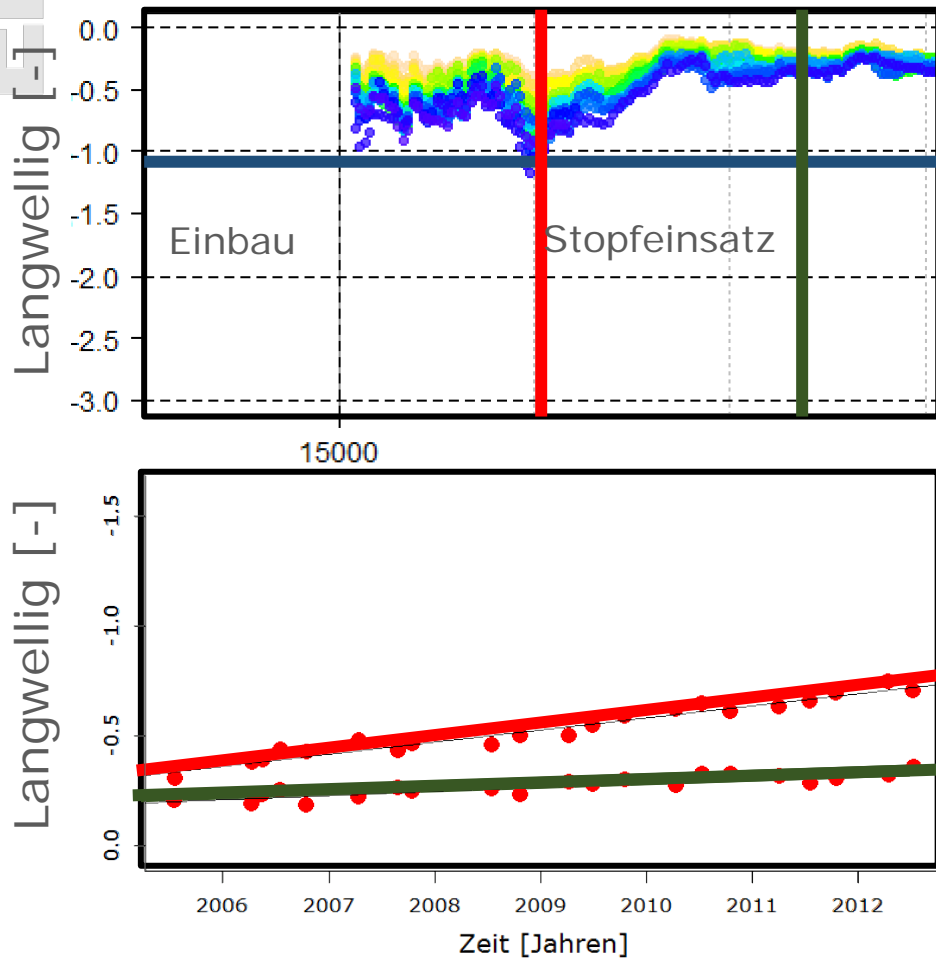


# Theorie trifft Praxis Langwellig (Unterbauzustand)



Sehr guter Zustand lt. Gleislage!

# Theorie trifft Praxis Langwellig (Unterbauzustand)

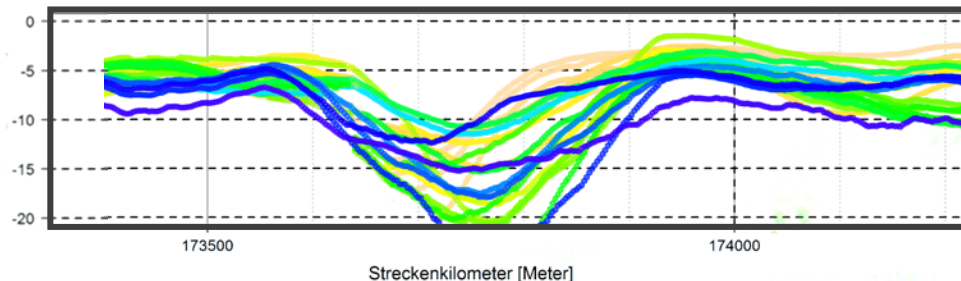


Wasserandrang kombiniert mit Dammgewicht verursacht Setzungen.

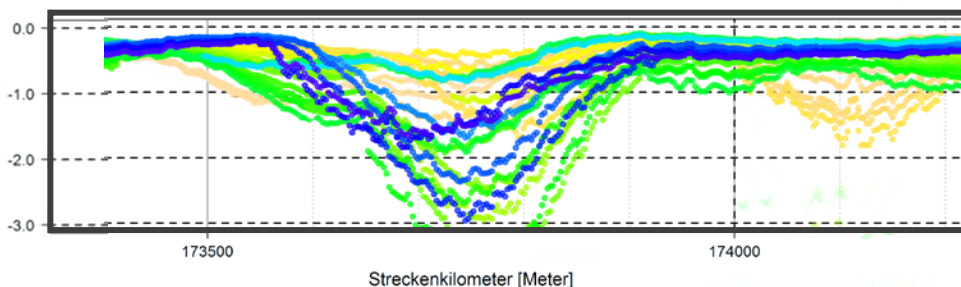
Fraktalanalyse erkennt Setzungen im Unterbau!

# Theorie trifft Praxis Überlagerung

Mittelwelliger Bereich



Langwelliger Bereich



Georadar		<b>Feuchtigkeit Gleisschotter</b>	<b>6/7</b> „feucht bis nass“
		<b>Verschmutzung Gleisschotter</b>	<b>5/5</b> „stark verschmutzt“
		<b>Welligkeit Planum</b>	<b>3/7</b> „gering gewellt/ gewellt“
		<b>Feuchtigkeit Zwischenschichte</b>	<b>6/7</b> „feucht bis nass“
		<b>Welligkeit Zwischenschichte</b>	<b>4/7</b> „gewellt“
		<b>Verlehmung</b>	<b>3/3</b> „Verlehmung im Schotterbett“



# Anwendungsbereich der Fraktalanalyse

## State-of-the-art Zustandsbeschreibung Schotter/ Unterbau

Längshöhensignal oder dessen Standardabweichung werden mit verschiedenen Grenzwertniveaus verglichen.

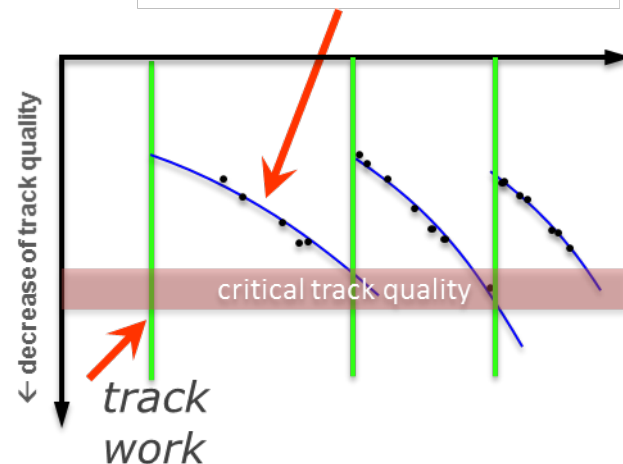
Do something!

## Nächster Schritt sind Zeitreihenanalysen quality behaviour

When to do something...

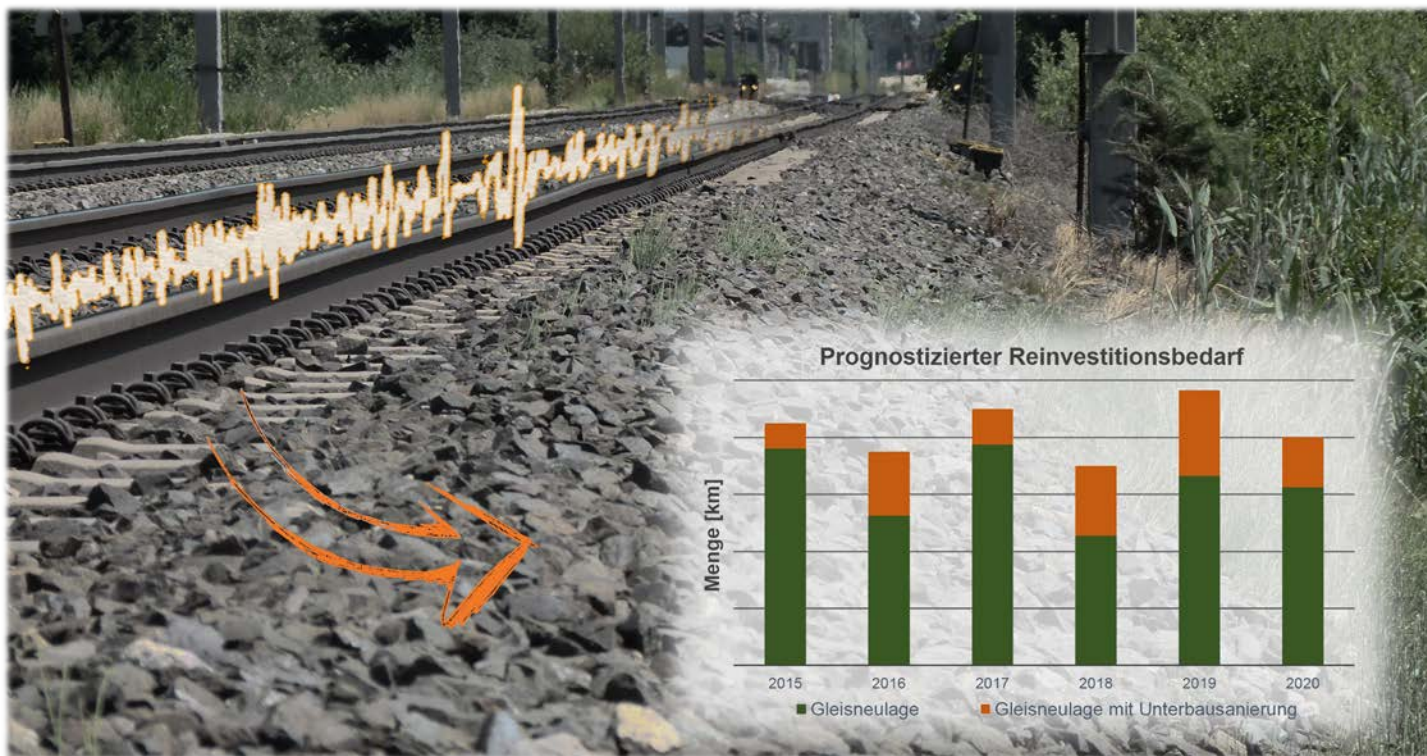
## Fraktalanalyse

What to do...



# Anwendungsbereich der Fraktalanalyse

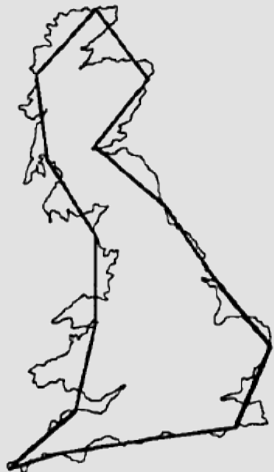
- 1 Frühzeitige Abschätzung der Reinvestitionsmengen inkl. Unterbausanierungsquote.



Technische Bewertung → Wirtschaftliche Bewertung → LCM

*„Das Ziel der Wissenschaft ist es immer gewesen, die Komplexität der Welt auf simple Regeln zu reduzieren“*

[Mandelbrot]

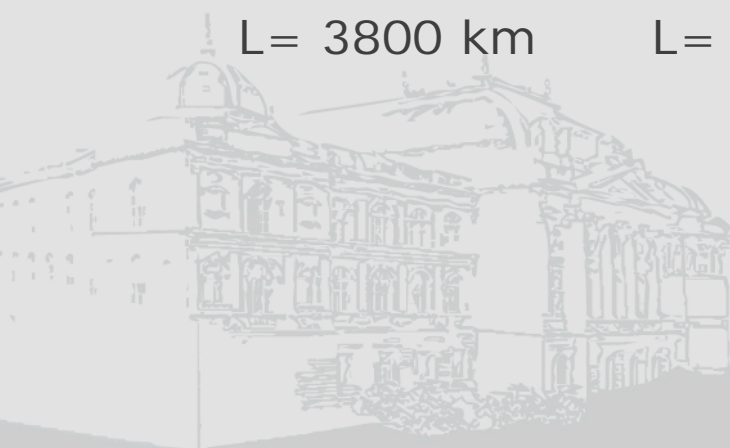


$\lambda = 100 \text{ km}$   
 $L = 3800 \text{ km}$



$\lambda = 50 \text{ km}$   
 $L = 5770 \text{ km}$

...  $L = 12.500 \text{ km}$



[fabian.hansmann@plassertheurer.com](mailto:fabian.hansmann@plassertheurer.com)

[m.landgraf@tugraz.at](mailto:m.landgraf@tugraz.at)

