

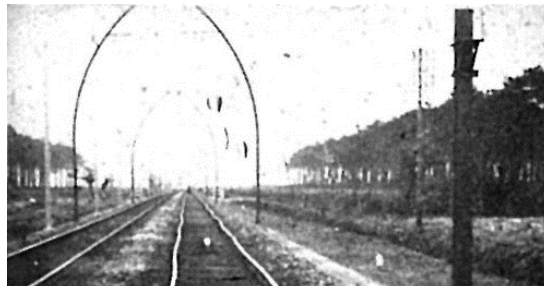
LCC Fahrzeuge – Fahrweg

Nachhaltigkeit im System Eisenbahn - *warum?*

Univ.- Prof. Dipl.-Ing. Dr. Peter Veit
Luzern, 15.11.2012



Anforderung:



Fahrplan Tokio – Osaka

$V = 230 \text{ km/h} - 280 \text{ km/h}$



SNCF 1955: 331 km/h

1 Stunde

„400 km/h auf Schotter“
Tagung Moderne Schienenfahrzeuge 2011

hohe Geschwindigkeiten
führen zu geringen Fehlertoleranzen
und damit
hohem Instandsetzungsbedarf

Verfügbarkeit?

Instandhaltbarkeit?

Anforderung erfüllt

07

Österreich-Schweiz Anforderung Europa erfüllt



Verfügbarkeit?
Instandhaltbarkeit?



USA: Achslasten bis 40 metrische Tonnen

RSA: Achslast 27 t

Zuggewicht 24.000 t

hohe Anforderungen an den Instandhaltung

hohe Achslasten (bis zu 216 Wagen)

hohe Achslasten (bis zu 216 Wagen)

steigende Geschwindigkeiten und steigende

SCHNELL

Streckenbelastungen

hohem Instandsetzungsbedarf

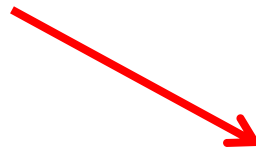
Nachhaltigkeit im System

Fahrzeuge und Fahrweg
technisch *und* wirtschaftlich



Qualitätsverhalten

Lebenszykluskosten



Bewertung der Nachhaltigkeit

Wie reagiert der Fahrweg auf unterschiedliche Fahrzeuge?

Wie reagiert der Fahrweg überhaupt?

wegen der langen Nutzungsdauern sind Kapitalbindungskosten zu berücksichtigen
→ dynamische Bewertung der Lebenszykluskosten

Gleislagequalität

Ein gutes Gleis verhält sich gut,
ein schlechtes verfällt schneller.

Forschungsansatz Kostenfunktion

Verschlechterungsrate hängt vom aktuellen Qualitätslevel ab

Forschungsansatz Qualitätsverhalten

$$Q_{(t)} = Q_0 \times e^{b \times t}$$

Investition

+

Instandhaltung

≠

Betriebserschwer-
niskosten

= LCC

$$Q_{(t)} = Q_0 \times e^{b \times t}$$

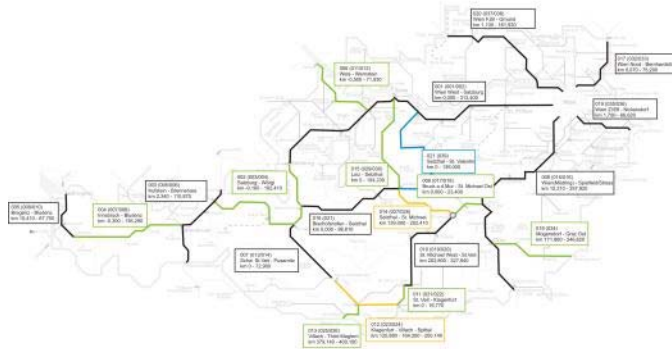
Investition

Instandhaltung

1. Investition und Instandhaltung dürfen bei den langen Nutzungsdauern der Eisenbahn nicht getrennt betrachtet werden.

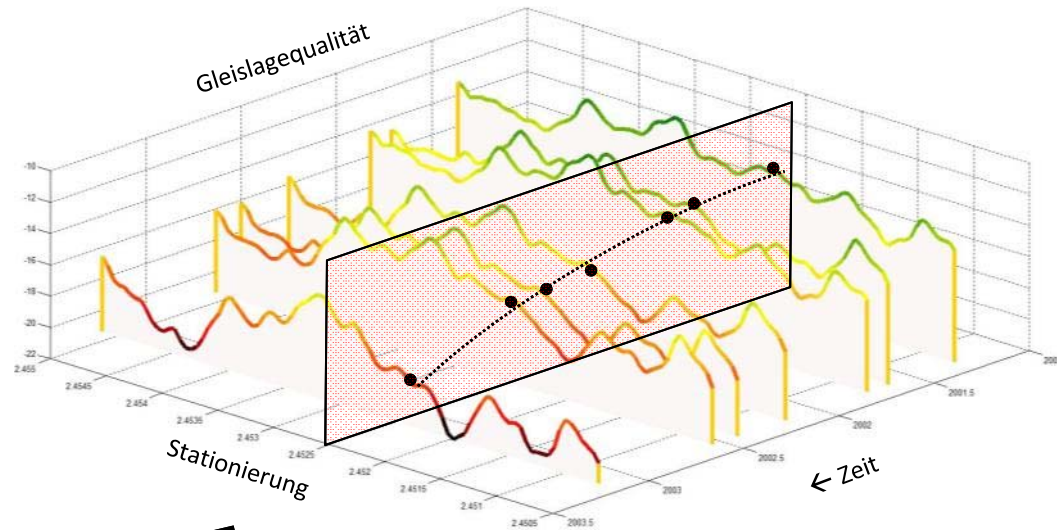
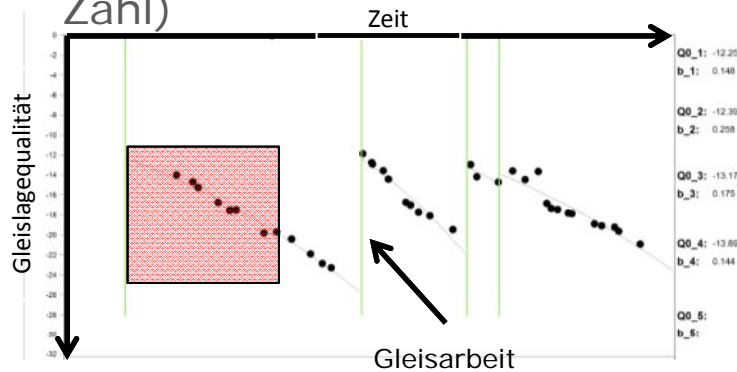
Technische Analyse - Datenbasis

TU
Graz
TUG-Datenbank



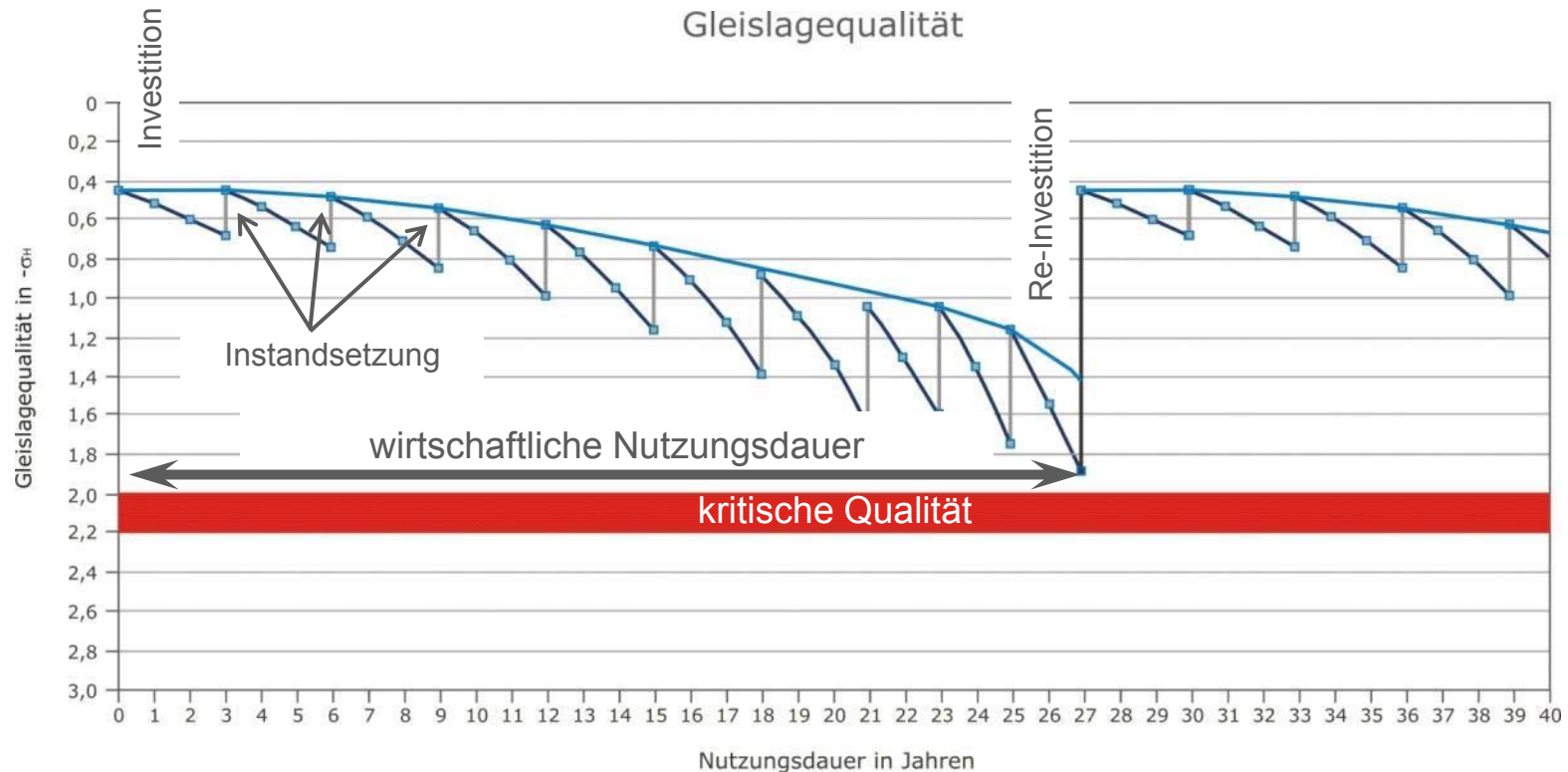
- Messwagendaten seit 2000
- ~ 4.000 km durchgehendes Hauptgleis (Kernnetz) der ÖBB

Qualitätsverlauf aus Regression der Messwerte (Standardabweichung und MDZ-Zahl)



$$Q(t) = Q_n \times e^{b_n t}$$

Ziel: LCC-optimierte Fahrwegstrategie



Gleislagequalität angegeben in Standardabweichung der Längshöhe (σ_H) als gleitender Mittelwert über 100 m Einflusslänge.

Gleislagequalität nimmt in der Darstellung nach unten ab.

$$Q_{(t)} = Q_0 \times e^{b \times t}$$

Parameter – Parameternix – Standardelemente

Parameternix

Verkehrsbelastung - Achslast, Gesamttonnen, Geschwindigkeit

Trassierung - Radien, Längsneigung, Gleiszahl

Schiene - Güte, Profil, verschweißt, Stoßgleis

Schwelle - Holz, Beton, Beton besohlt

Entwässerung - vorhanden, gewartet

Unterbau - Tragfähigkeit



→ Prognose

Arbeitszyklen

Parameterset des Arbeitszyklus

Investition

Nutzungsdauer

Gleis auf gutem Unterbau	400<R<600	zweigleisig																					
GBT/Tag und Gleis	Schienenprofil	Stahlgüte																					
80.000	60E1	R260																					
Nutzungsdauer	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Neulage	1																						
Durcharbeitung	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		
Kleinteilewechsel									1								1						
Schleifen					1				1								1				1		
Schienenwechsel												0,3											
Stoßpflege																							
Zwischenlagenwechsel																							
Mängelbehebung	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

geplante Instandhaltung

ungeplante Instandhaltung

Parametermix → 50 Standardelemente Gleis, 80 Standardelemente Weichen ...

Berechnung aller Gleisarbeiten inklusive der verursachten
Betriebserschwerungskosten → Lebenszykluskosten

Lebenszykluskosten → Strategien durch Vergleich der Kostenannuitäten

ABER

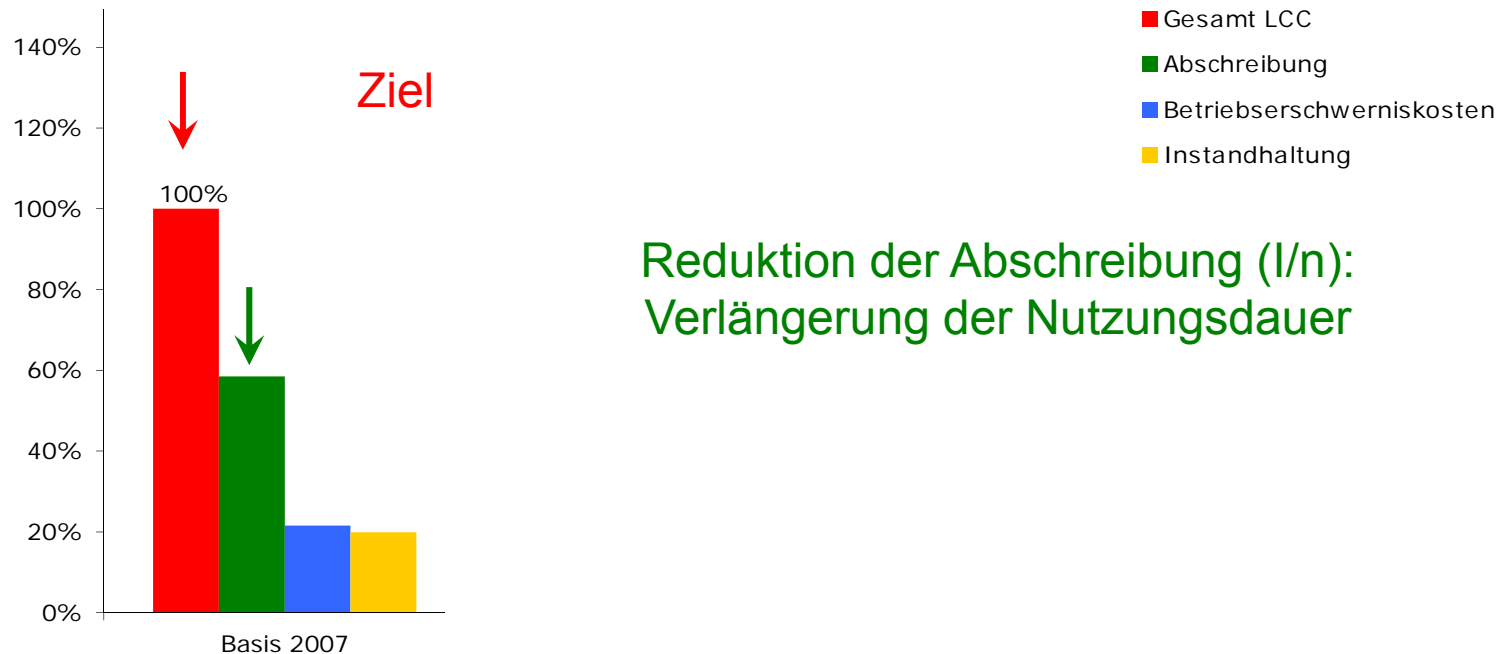
Lebenszykluskosten können nicht stabil sein
(Kostenentwicklung in den nächsten 30 – 40 Jahren!)

Zwar sind die Lebenszykluskosten nicht stabil, aber die auf diesen Lebenszykluskosten basierende Reihung der technischen Optionen ist stabil, weil die unbekannten Kostenänderungen alle Optionen betreffen.

Damit kann auf Basis von Lebenszykluskosten heute eindeutig gesagt werden, welche technische Option die wirtschaftlichste ist.

Kostenzusammensetzung Fahrweg

Zusammensetzung der normalisierten Jahreskosten



Hoch belasteste , zweigleisige Strecke (> 70.000 GesBt/Tag,Gleis)

Optimierungsansätze

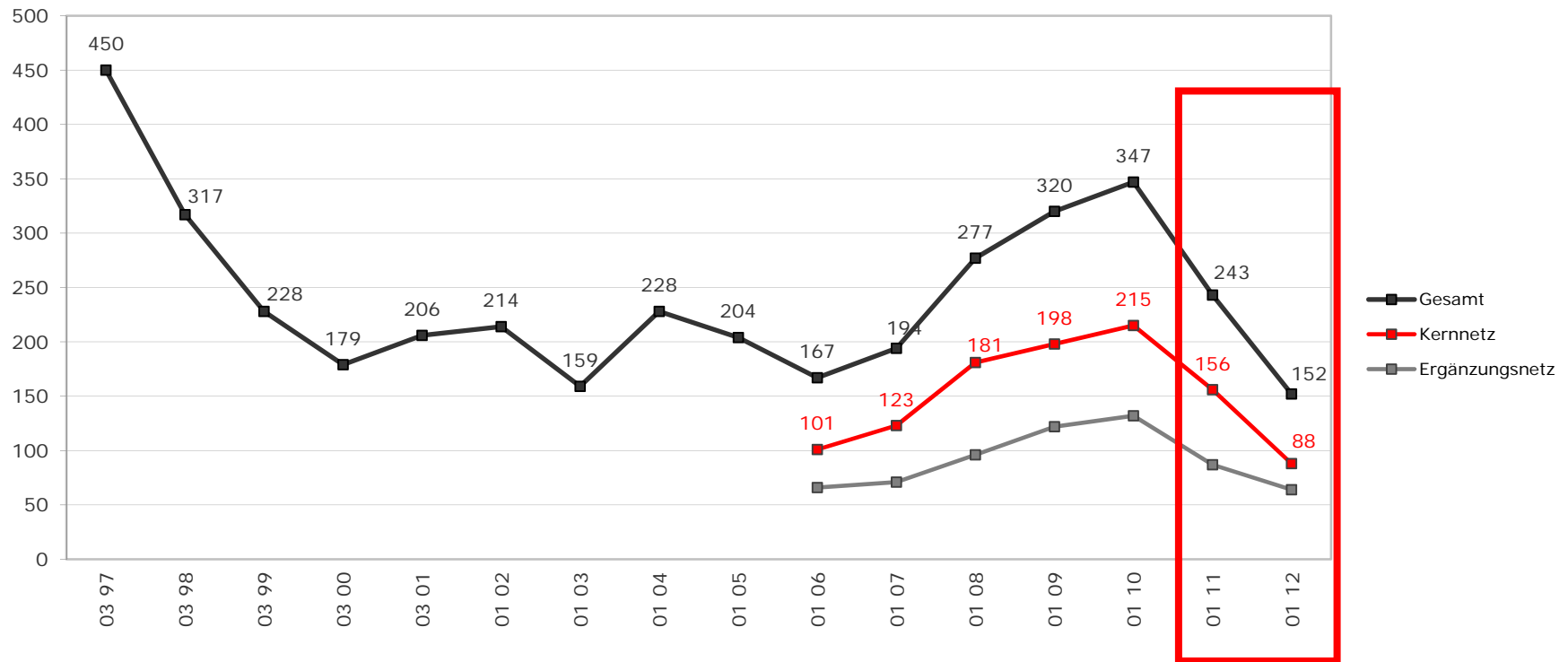
Zusammensetzung der normalisierten Jahreskosten



Hoch belasteste , zweigleisige Strecke (> 70.000 GesBt/Tag,Gleis)

Life Cycle Management - LCM

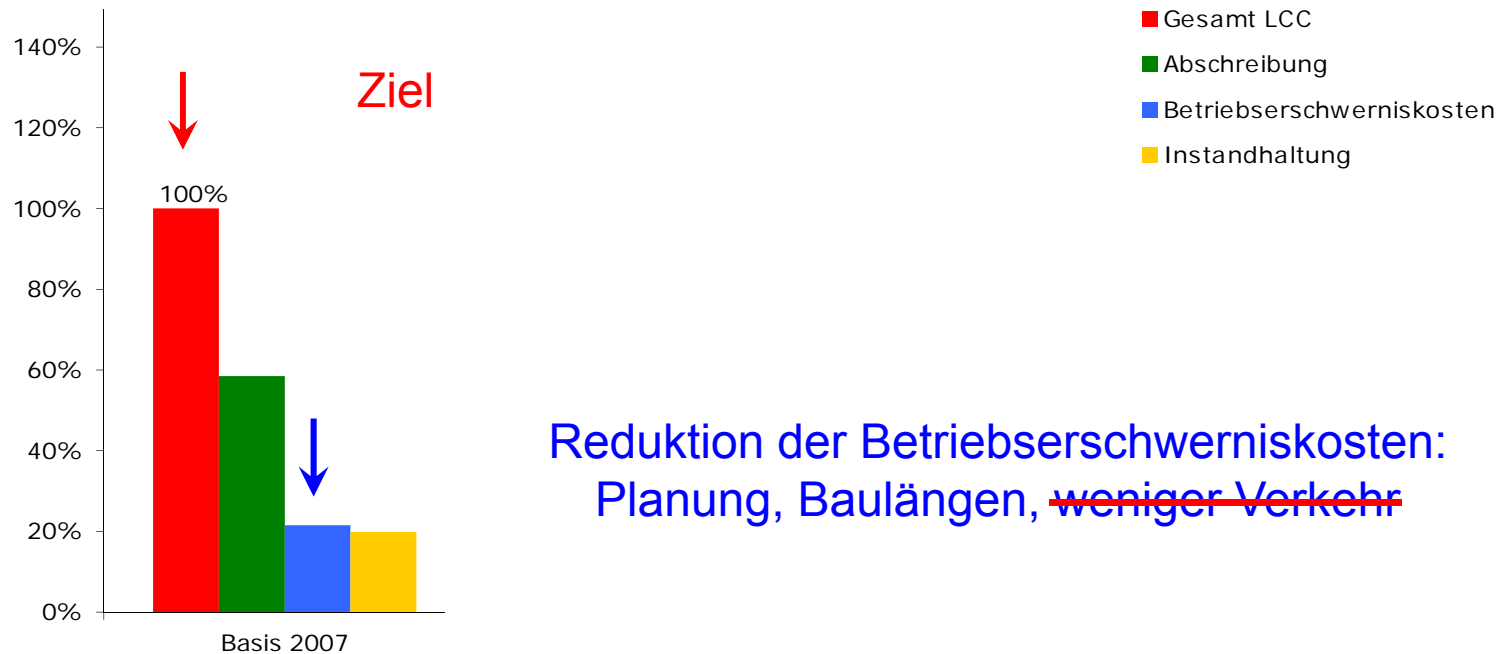
Entwicklung von Langsamfahrstellen im Netz der ÖBB - nur IST
Anzahl der LA (nur Infrastrukturanlagen, ohne EK, keine BaustellenLA)



Anzahl der Dauerlangsamfahrstellen wurde seit 2010 drastisch reduziert,
Einsparung an Betriebserschwerungskosten durch LA-Reduktion 2011: ~ 25 Mio. €/Jahr

Optimierungsansätze

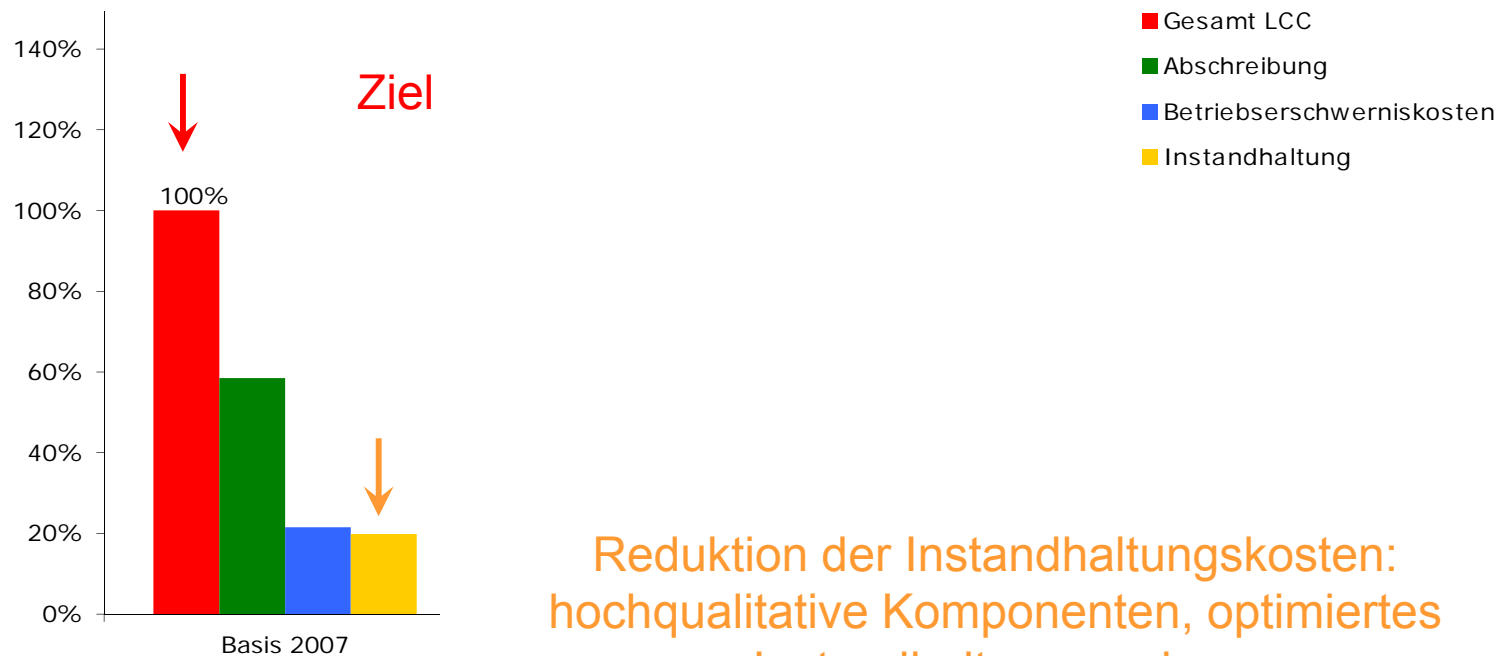
Zusammensetzung der normalisierten Jahreskosten



Hoch belastete , zweigleisige Strecke (>70.000 GesBt/Tag,Gleis)

Optimierungsansätze

Zusammensetzung der normalisierten Jahreskosten

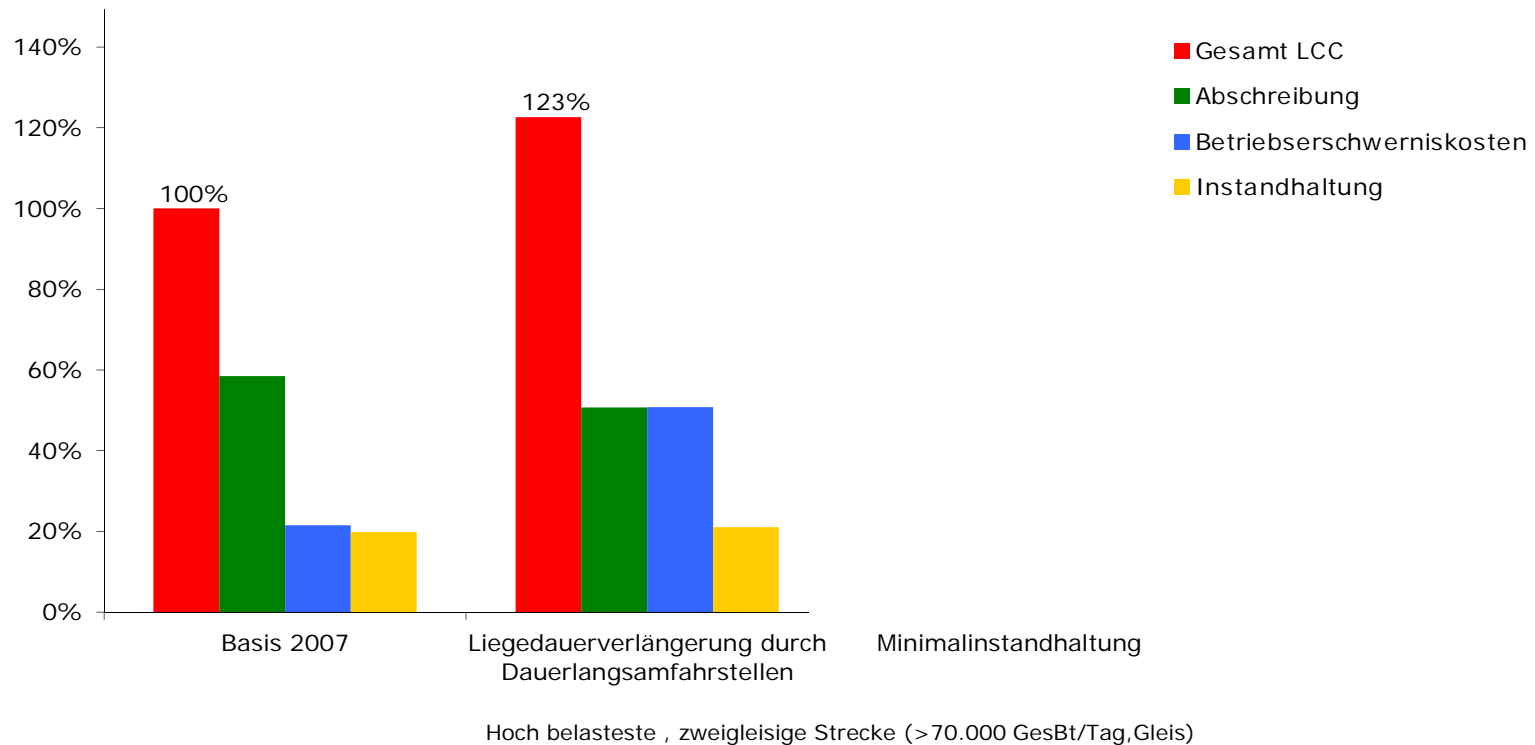


Reduktion der Instandhaltungskosten:
hochqualitative Komponenten, optimiertes
Instandhaltungsregime

Hoch belasteste , zweigleisige Strecke (> 70.000 GesBt/Tag,Gleis)

Optimierungsansätze

Zusammensetzung der normalisierten Jahreskosten

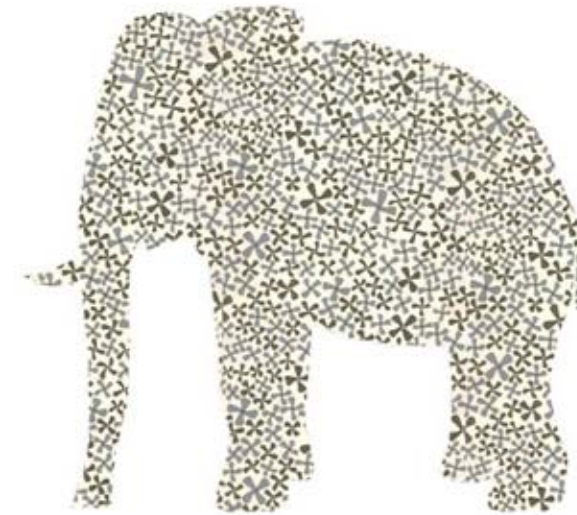
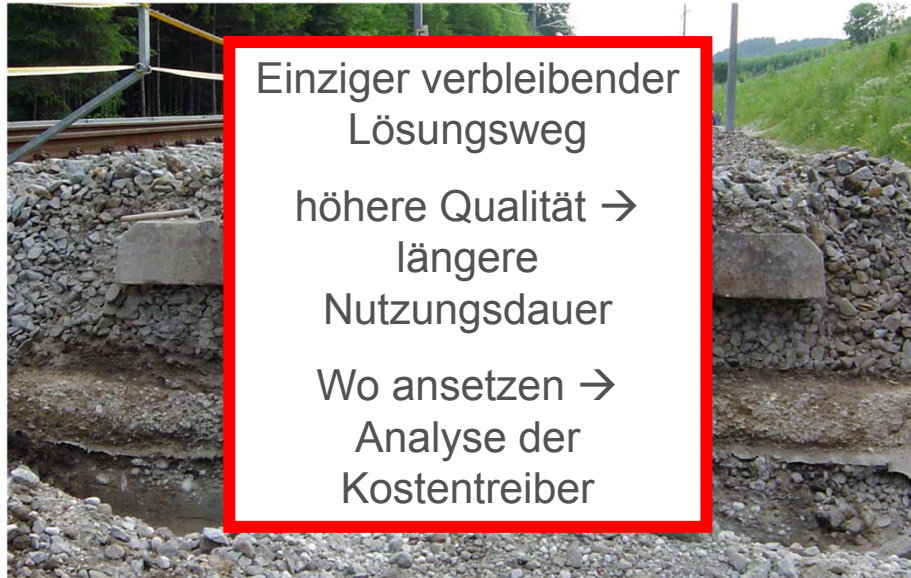


Qualitätsreduktion ist der falsche Weg!

Realität



Modell



Das Gleis ist ungemein geduldig und reagiert nicht sofort auf unzureichende Pflege.
Das Gleis hat aber ein enormes Gedächtnis. Es merkt sich unzureichende Pflege.
Und wenn das Gleis einmal reagiert, ist es für zusätzliche Pflege zu spät.

Wir werden den Elefanten nicht ändern können,
wir müssen auf seine Eigenschaften reagieren - ODER

Kurzfristsparen auf Kosten der Qualität ist gefährlich, wenn der Elefant einmal tot ist...

Kostentreiber

1:9

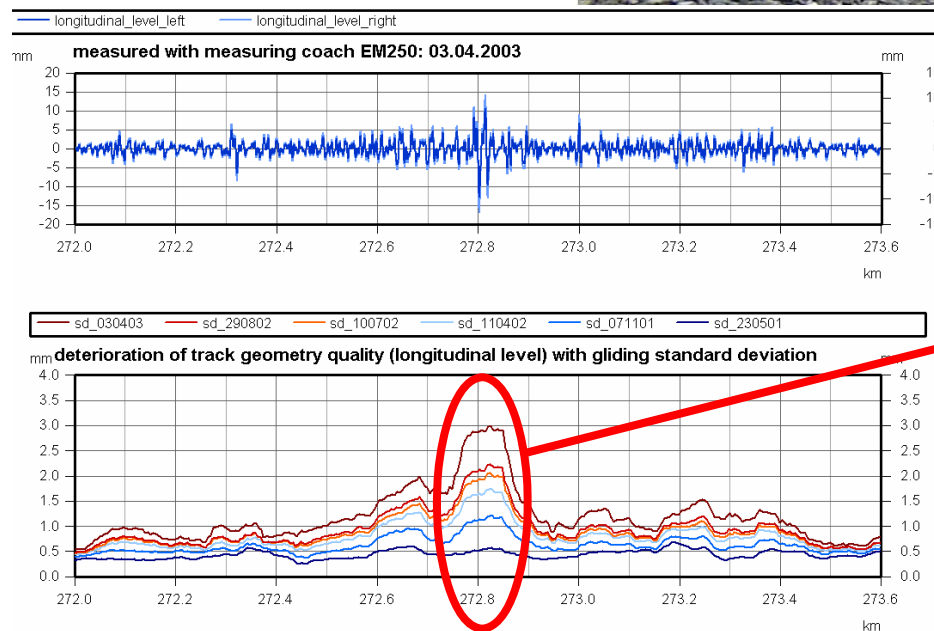
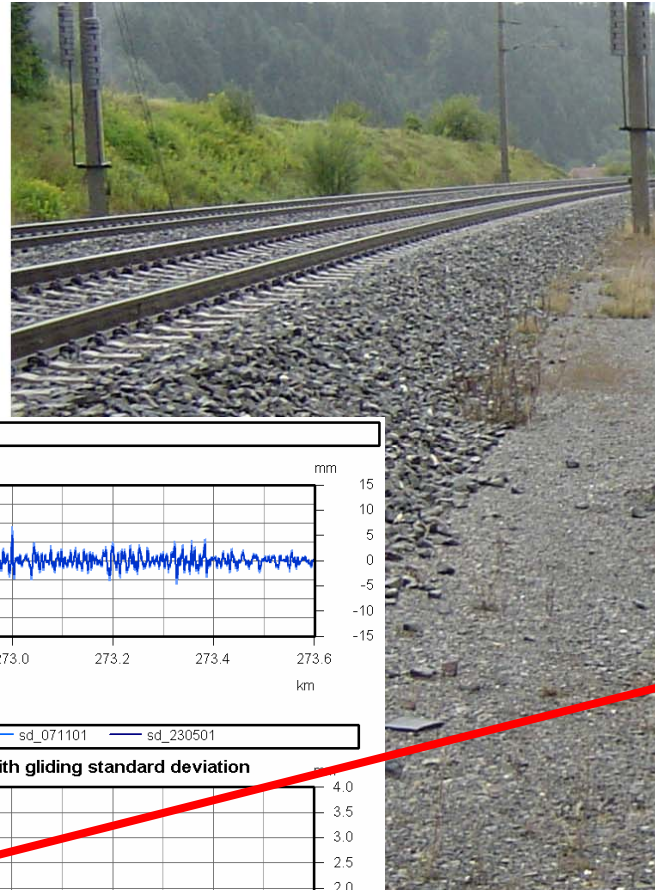
1. Ausgangsqualität

Voraussetzung: Unterbauqualität und funktionsfähige Drainage

Schlechter Unterbau



Unzureichende Entwässerung



Kostentreiber

1. Ausgangsqualität

1:9

Voraussetzung: Unterbauqualität und funktionsfähige Drainage

2. Weichendichte

1 m Weiche = 13 m Gleis

3. Schotterqualität

ND bis $\pm 20\%$

4. Radius

1:3

5. Betriebserschwerungskosten

bis zu 30%

6. Bauabschnittslängen

bis zu 20%

7. Verkehrsdichte

unterlinear!

8. Qualität der Fahrzeuge

$\pm 10\%$

Falls Unterbau und/oder Wasserableitung in ihren Qualitäten nicht entsprechen ist eine Optimierung des Oberbaus nicht möglich.

Kostentreiber

1. Ausgangsqualität

1:9

Voraussetzung: Unterbauqualität und funktionsfähige Drainage

2. Weichendichte

1 m Weiche = 13 m Gleis

3. Schotterqualität

ND bis $\pm 20\%$

4. Radius

1:3

5. Betriebserschwerniskosten

bis zu 30%

6. Bauabschnittslängen

bis zu 20%

7. Verkehrsdichte

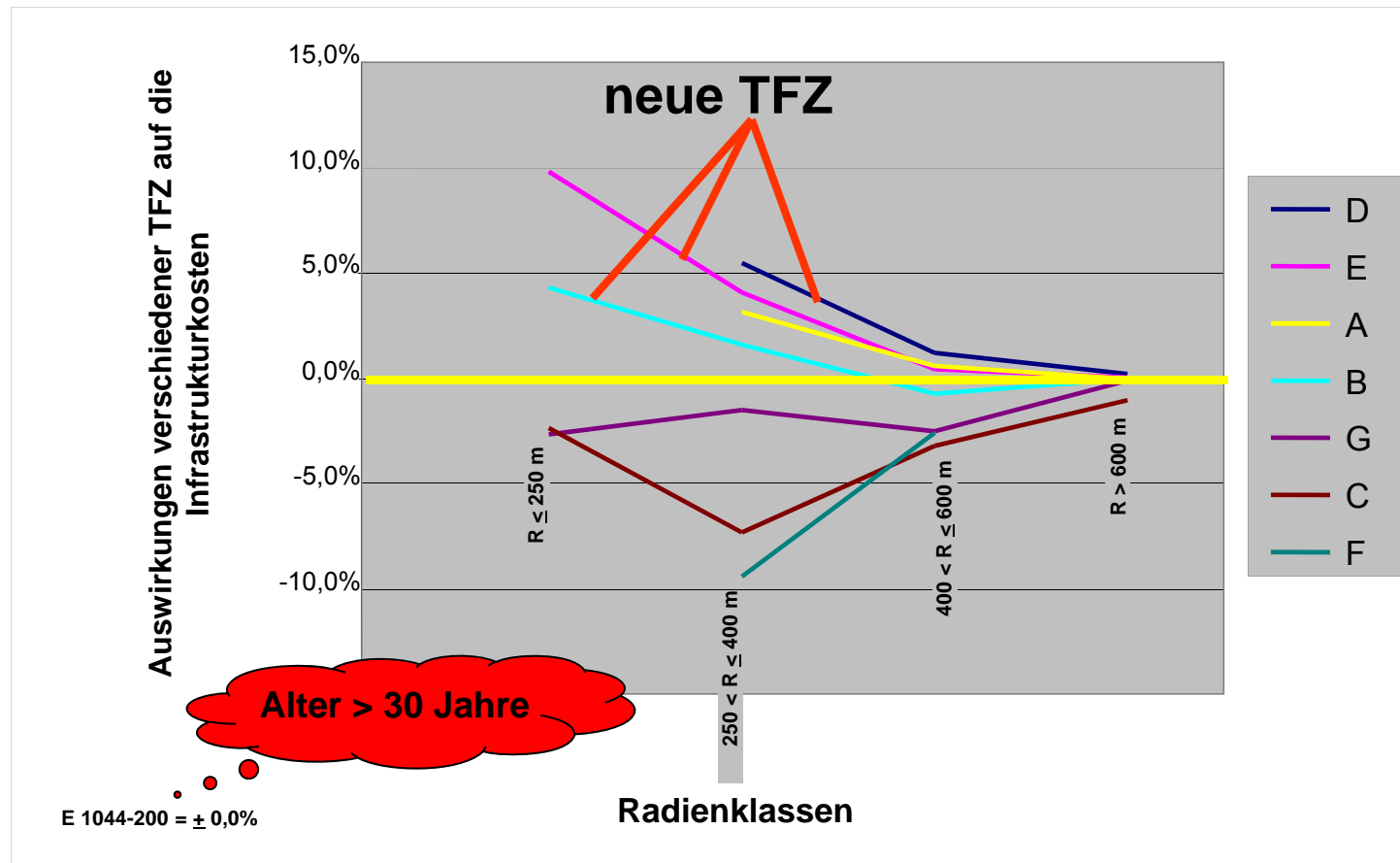
unterlinear!

8. Qualität der Fahrzeuge

$\pm 10\%$

Systemfragen

Basisanalyse



Ursache: europäisches Trassenpreissystem!

Auswertung von Zulassungsmessfahrten

Radienklassen

$R \leq 250 \text{ m}$

$250 \text{ m} < R \leq 400 \text{ m}$

$400 \text{ m} < R \leq 600 \text{ m}$

$R > 600 \text{ m}$

$250 \text{ m} < R \leq 400 \text{ m}$
Masse [t]
Q dynamisch [kN]
Y quasistatisch [kN]
Summe Y
$R > 600 \text{ m}$
Q dynamisch [kN]
Y quasistatisch [kN]
Summe Y

$Q \rightarrow Q_{\text{statisch}} \rightarrow \text{Achslast}$

$Q_{\text{dynamisch}} \rightarrow \text{unrunde Räder, Flachstellen}$

$Y \rightarrow Y_{\text{quasistatisch}} \rightarrow \text{Lenkfähigkeit}$

Einlenken

Summe Y \rightarrow Lenkfähigkeit

Radialstellung

Leistung \rightarrow Schlupf \rightarrow Head Checks

Beispiele umgesetzter nachhaltiger Fahrwegstrategien

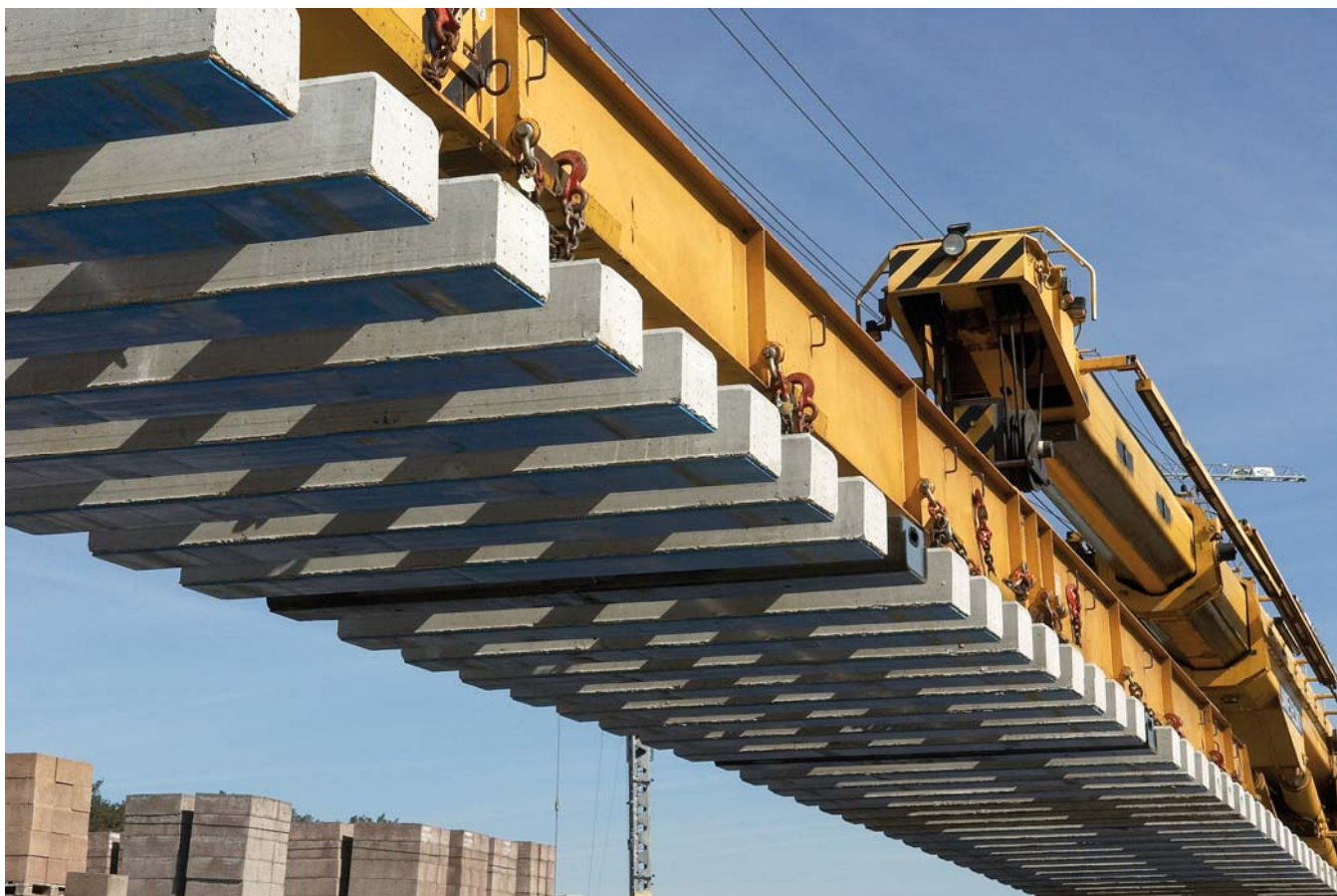


Strategie Schiene

Verkehrsbelastung [GBT/Tag, Gleis]	R>3000	1000<R<3000	600 <R<1000	600 <R<400	400 <R<250	R<250
> 70.000	60E1 260, B	60E1 350HT, B	60E1 350HT, B	60E1 350HT, B	60E1 350HT, B	60E1 350HT, H
45.000 - 70.000	60E1 260, B	60E1 350HT, B	60E1 350HT, B	60E1 350HT, B	60E1 350HT, B	60E1 350HT, H
30.000 - 45.000	60E1 260, B	60E1, 350HT, B	60E1 350HT, B	60E1 350HT, B	60E1 350HT, B	60E1 350HT, H
15.000 - 30.000	60E1 260, B	60E1 260, B	60E1 260, B	60E1 350HT, B	60E1 350HT, B	54E2 350HT, H

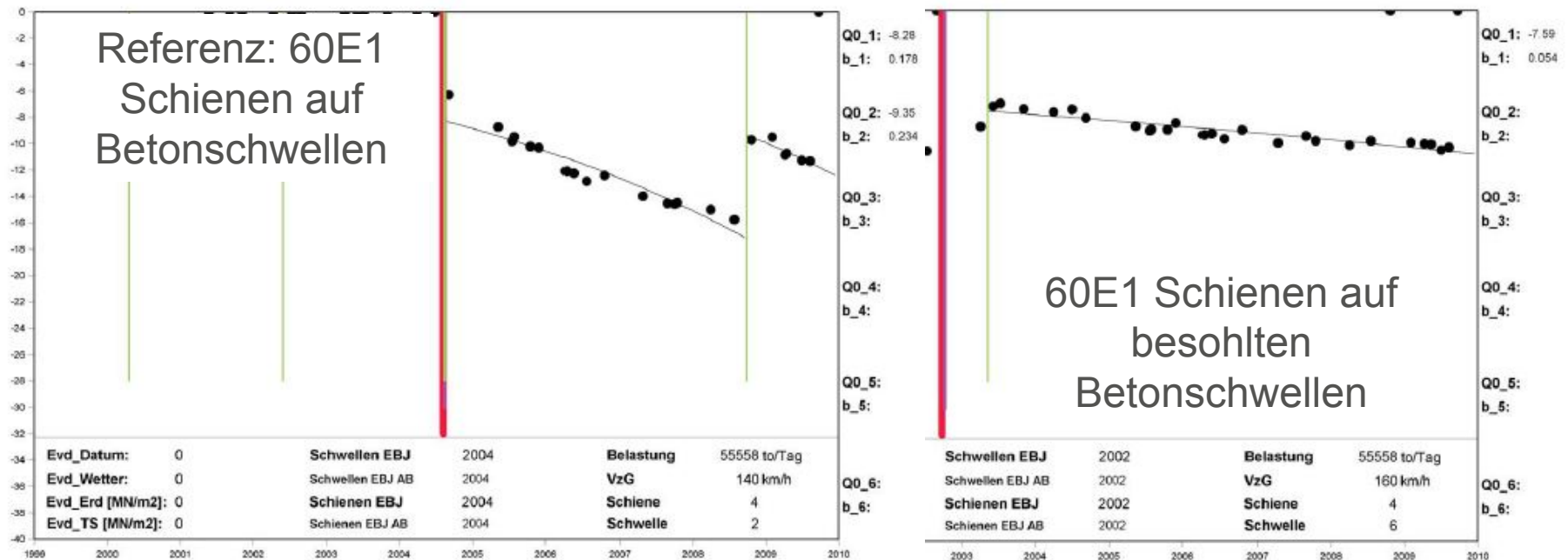
bis 2009 (blau): höhere Schienenstahlgüte zur Verschleißreduktion in engen Bögen, seit 2010 (rot) höhere Schienenstahlgüte zur Reduktion der RCF Problematik → *Qualität reduziert Instandhaltungsbedarf und verlängert Nutzungsdauer*

Strategie Besohlung Gleis



Strategie Besohlung Gleis

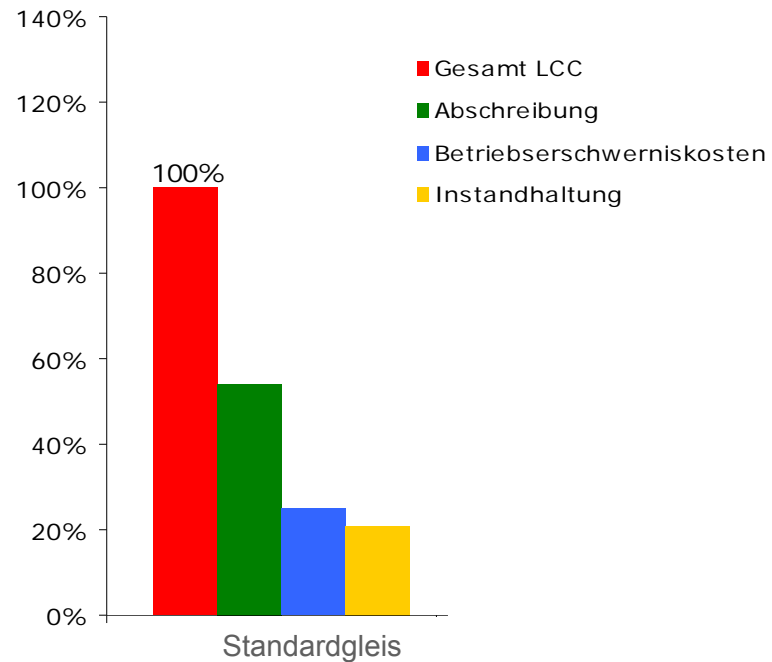
Erhöhung der Kontaktfläche Schwelle - Schotter von ~ 10% auf ~ 35%



netzweite Auswertung an 1.500 Querschnitten

Strategie Besohlung

Gleis



Ausgangsqualität um **18%** verbessert

b-Rate um **63%** abgesenkt

Stopfzyklus auf das **2,75-fache** verlängert

Nutzungsdauererwartung **+ 38%**

IRR bis zu 20%!

Nachhaltigkeit ist erforderlich,

- weil nur Nachhaltigkeit eine langfristige Kostenreduktion des Fahrwegs erlaubt
- weil nur Nachhaltigkeit zu einer Entschärfung der Intervallproblematik führt

Nachhaltigkeit wird erreicht

- durch eine generelle Qualitätssteigerung (Investition und Unterhalt)

Nachhaltigkeit wird verhindert

- durch zu Lasten der Qualität gehende Kurzfristeinsparungen

Nachhaltigkeit ... Qualität ... Kontinuität

Kontinuität

=

Kontinuität über Länge (geographisch)

+

Kontinuität über Zeitachse

+

Kontinuität der Entscheidungen (Strategien)

+

Kontinuität der Entscheidungsträger

Investieren in Qualität!

Es gibt kaum etwas auf dieser Welt, das nicht irgend jemand ein wenig schlechter machen und etwas billiger verkaufen könnte, und die Menschen, die sich nur am Preis orientieren, werden die gerechte Beute solcher Machenschaften. Es ist unklug, zu viel zu bezahlen, aber es ist noch schlechter, zu wenig zu bezahlen. Wenn Sie zu viel bezahlen, verlieren Sie etwas Geld. Das ist alles. Wenn Sie dagegen zu wenig bezahlen, verlieren Sie manchmal alles, da der gekaufte Gegenstand die ihm zugedachte Aufgabe nicht erfüllen kann. Das Gesetz der Wirtschaft verbietet es, für wenig Geld viel Wert zu erhalten. Nehmen Sie das niedrigste Angebot an, müssen Sie für das Risiko, das Sie eingehen, etwas hinzurechnen. Und wenn Sie das tun, dann haben Sie auch genug Geld, um für etwas Besseres zu bezahlen.

John Ruskin (1819 – 1900, Professor in Oxford)

Danke für die Aufmerksamkeit!

peter.veit@tugraz.at

