

# Nachhaltiges Anlagenmanagement für Eisenbahninfrastruktur

smart maintenance @ ETH Zürich

Matthias Landgraf

04.09.2018

Strategisches AM

Anlagen- und  
Kostendaten



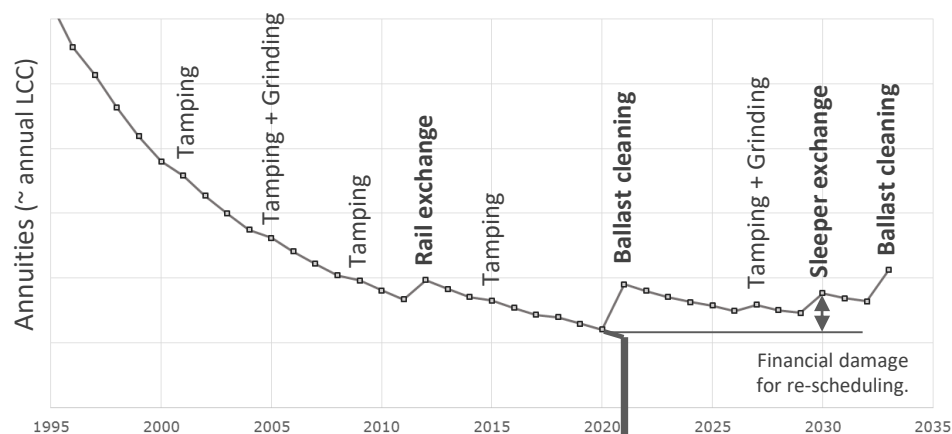
Spezifischer Zustand u.  
Verschleissprognose

Technisches AM

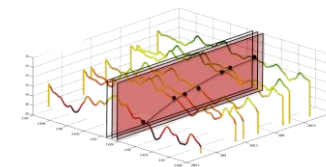
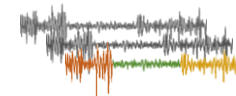
# Life Cycle Management



Jahr	1	2	3	4	5	6	...	24
HC1			x					
HC2	x			x				
HC3					x			
Ende der Reife								



Ideal point in time for reinvestment.



Messdaten

Strategien und  
netzweite Mengen

Strategisches AM

Anlagen- und  
Kostendaten



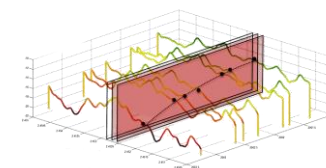
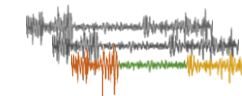
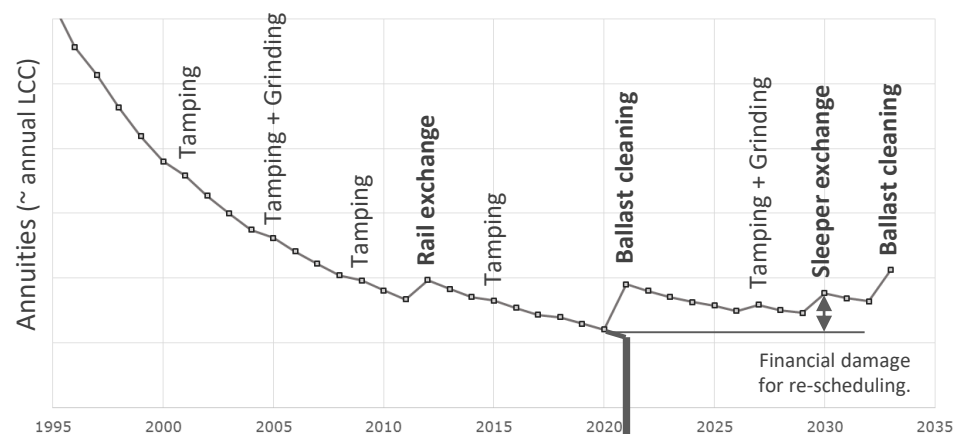
Spezifischer Zustand u.  
Verschleissprognose

Technisches AM

# Life Cycle Management



Jahr	1	2	3	4	5	6	...	24
HC1			x					
HC2	x			x				
HC3					x			
Ende der Reife								



Strategien und  
netzweite Mengen

Messdaten

# Strategisches Anlagenmanagement Methodology

**1** Netz parametrisieren,  
nach vergleichbaren  
Instandhaltungszyklen  
und Nutzungsdauern

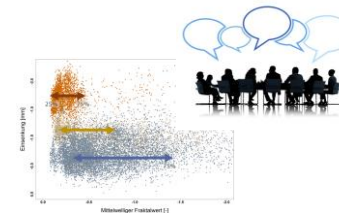


## Bsp. Gleis

- Schwellentyp
- Schienentyp (Profil – Güte)
- Radienklasse
- Belastung
- Geschwindigkeit
- Unterbau

**2** Instandhaltungszyklen  
und Nutzungsdauer für  
Parametersets erarbeiten

Anlagengattung		Nutzungsdauer [Jahre]											
Parameterspezifikationen		x											
Maßnahmen		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...
Errichtung		1	1										...
Wartung		6			1		1		1			1	...
Inspektion		22		2	2	2	2	2	2	2	2	2	...
Instandhaltungstätigkeit 1		3				1				1		1	...
...		0											...



## Standardelemente Gleis (Bsp. ÖBB)

- Theoretisch 7000 Kombination
- 100 davon beschreiben ~ 95% des Netzes
- Startpunkt Gleis
- Mittlerweile 12 Anlagengattungen
- U.a. SBB, BaneNor, TRV, HŽ

**3** Lebenszykluskosten  
ermitteln, inkl. Betriebs-  
erschwerniskosten (BEK)

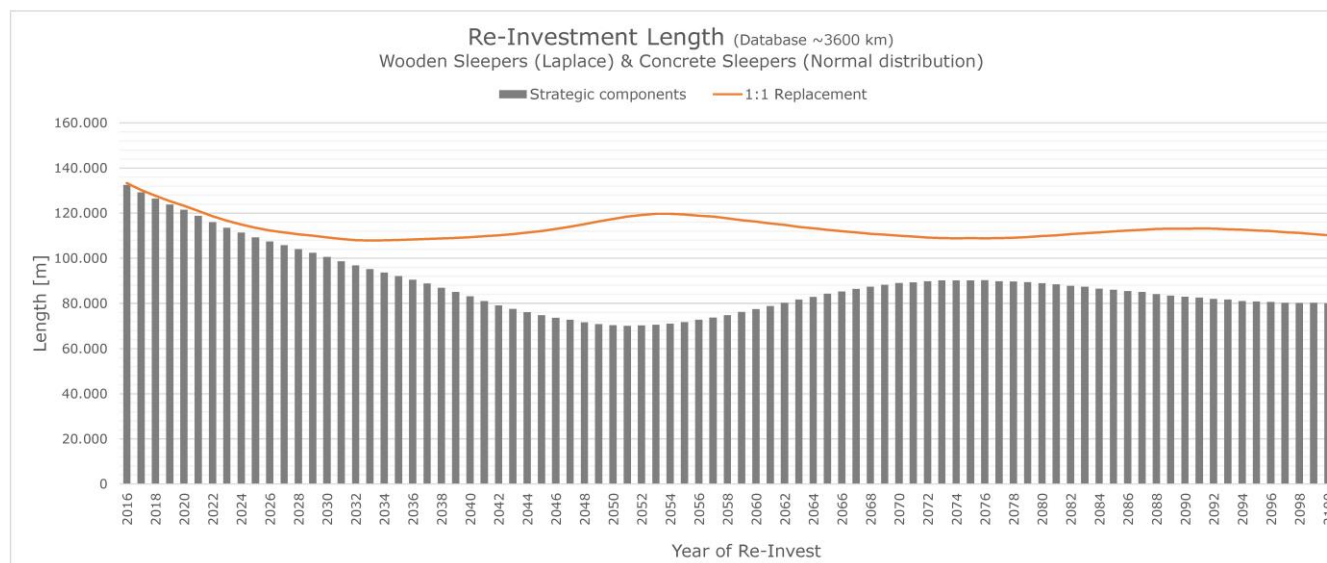
Anlagengattung		Nutzungsdauer [Jahre]											
Parameterspezifikationen		x											
Maßnahmen		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...
Errichtung		€	€										...
Wartung		€			€		€		€		€		€
Inspektion		€		€	€	€	€	€	€	€	€	€	...
Instandhaltungstätigkeit 1		€				€				€			€
...		€											...

# Strategisches Anlagenmanagement Output

Definition des jährlichen Erneuerungs- und Instandhaltungsbedarfs

Berücksichtigung unterschiedlicher Strategien sowie zukünftige Änderung von Parameter

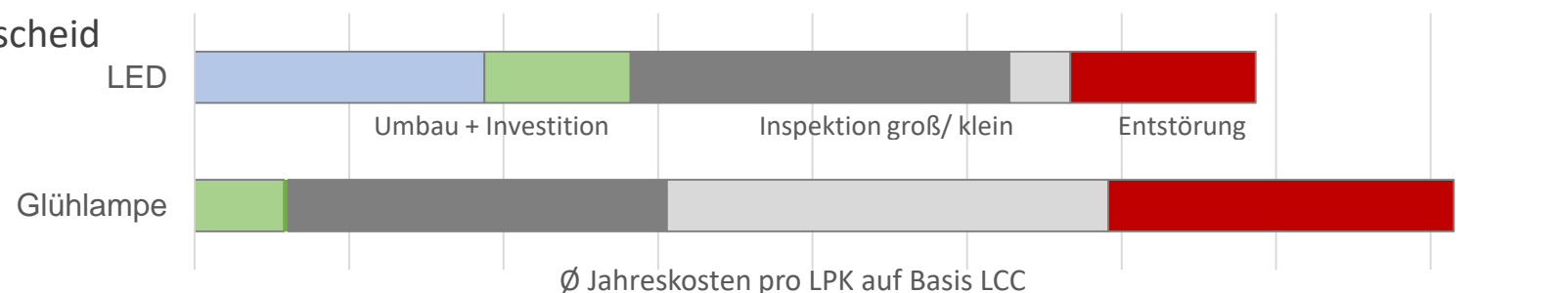
(Bsp. 1:1-Ersatz vs. Einbau innovativer Komponenten)



## Komponentenstrategie/ Komponentenentscheid

Auf Basis Lebenszykluskosten

(Bsp. Potentialabschätzung LED vs. Glühlampe)



# Strategisches Anlagenmanagement Limitations

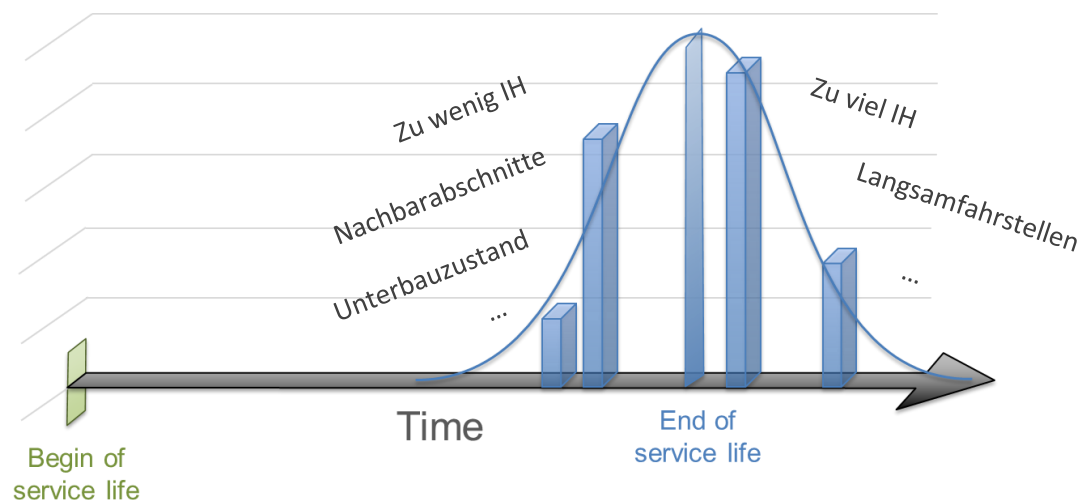
Es lässt sich ein erwartbares Verhalten eines Parametersets über den gesamten Lebenszyklus beschreiben.

(Bsp. Gleis – Holzschwelle; Schiene 54E2; R260; 300m<Radius<450m; 100.000 GesBt/Tag)

Integriert man Verteilfunktionen der einzelnen Parametersets in die Methodik, so lässt sich das Verhalten beschreiben, welches wahrscheinlich auf den einzelnen Abschnitt zutrifft.



Der spezifische Streckenabschnitt kann jedoch nicht technisch exakt beschrieben werden. Daher können diese Analysen nur auf netzweiter (budgetärer) Ebene durchgeführt und keine Maßnahmen für spezifische Abschnitte abgeleitet und geplant werden.





Strategisches AM

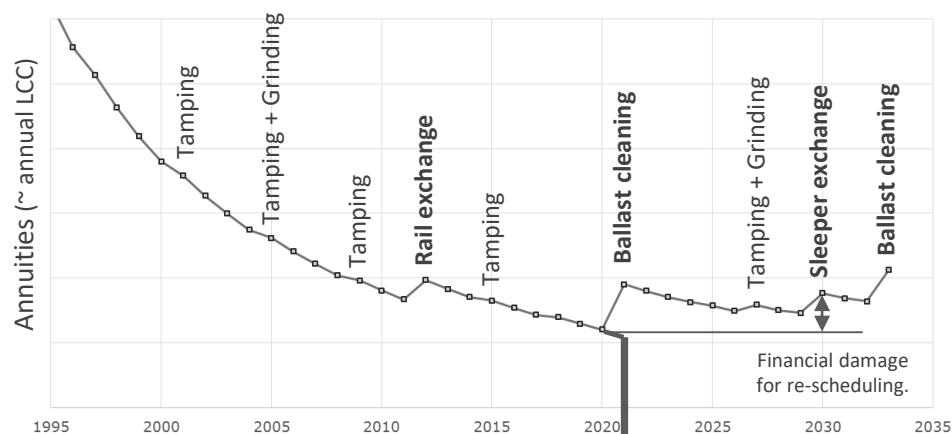
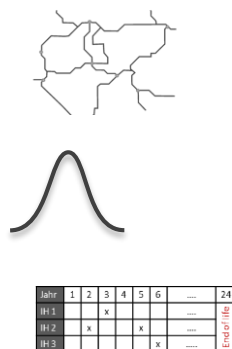
Anlagen- und  
Kostendaten



# Life Cycle Management

Spezifischer Zustand u.  
Verschleissprognose

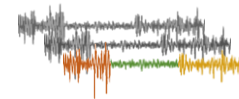
Technisches AM



Ideal point in time for reinvestment.

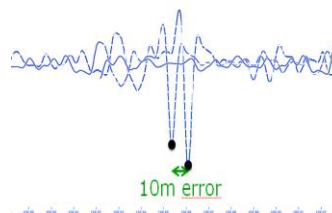
Messdaten

Strategien und  
netzweite Mengen



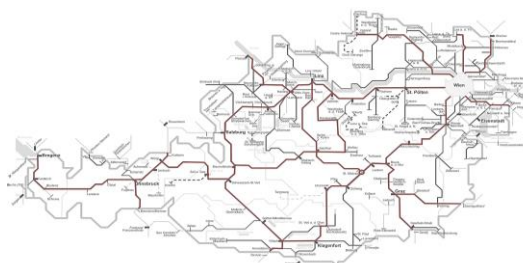
# Technisches Anlagenmanagement Methodology

1 Messungen durchführen und möglichst genaue Verortung sicherstellen.



- Messwagen
- Laserscanner
- Fibre Optic Sensing
- Stationäre Messungen, Sensorik
- Punktueller (geotechnischer) Untersuchungen
- ...

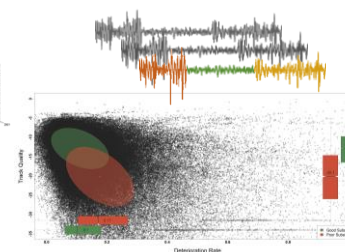
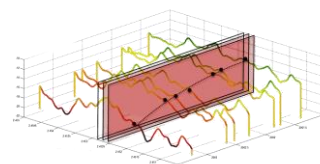
2 Sämtliche Messinstrumente verwalten, um verknüpfte Auswertungen zu garantieren.



## TUG-Datenbank

- 4000 km des ÖBB-Netzes
- Anlageinformationen
- Messdaten in Zeitreihe seit 2002
- Historie der Maschineneinsätze
- Georadarevaluierungen
- ...

3 Zeitreihen- und Korrelationsanalysen, um das Verständnis der Daten weiter zu schärfen.



- Korrelationsanalysen
- In-Situ Vergleich
- Machine Learning
- Regressionsanalysen
- Automatisierung/ AI
- ...

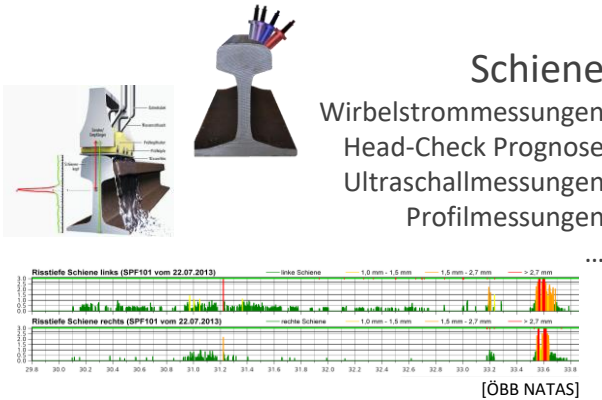


# Technisches Anlagenmanagement Output

Beschreibung und Prognose des komponentenspezifischen Anlagenzustandes.

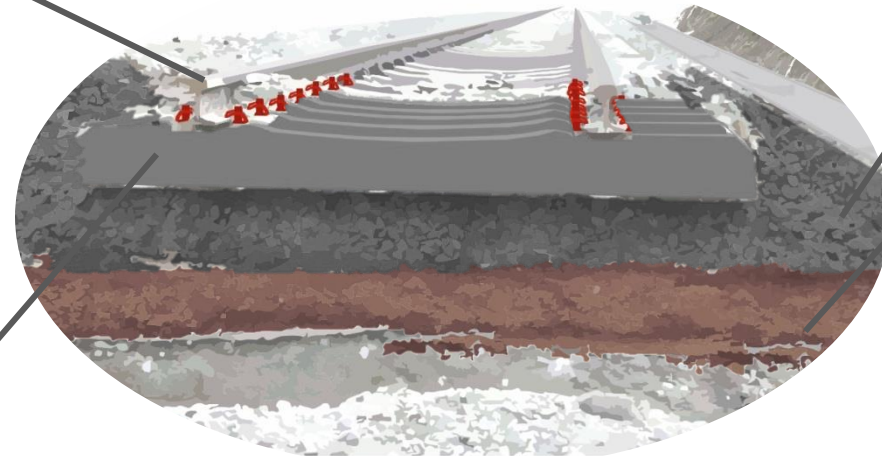
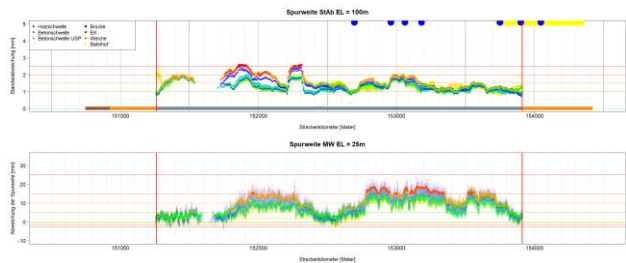
## Schiene

Wirbelstrommessungen  
Head-Check Prognose  
Ultraschallmessungen  
Profilmessungen



## Schwellenzustand (Kraftschluss/ Zwischenlage)

Standardabweichung der modifizierten Spurweite

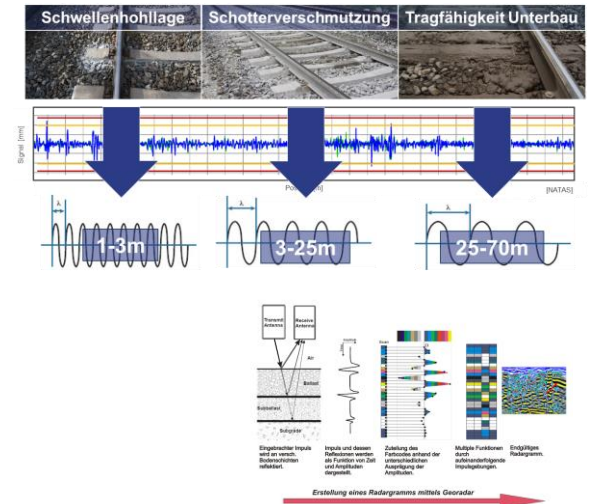


## Schotter/ Unterbau

Georadarbefahrungen

Geotechnische Untersuchungen

Fraktalanalyse der vertikalen Gleisgeometrie



Auf dieser Basis kann die richtige Maßnahme zum richtigen Zeitpunkt getroffen werden.

# Technisches Anlagenmanagement Research

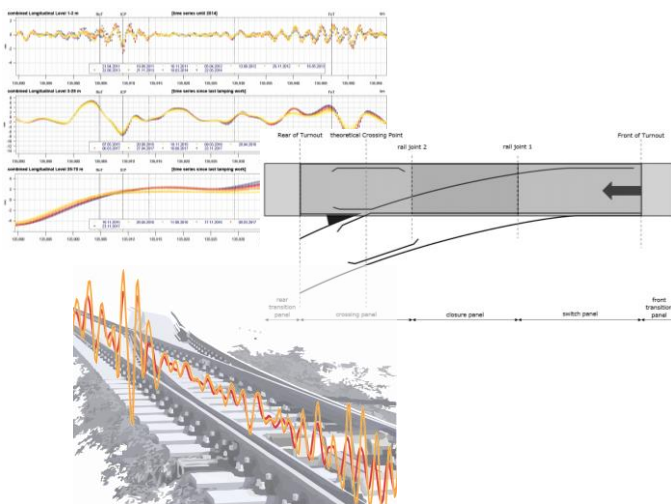
## GreenInfra

Umweltwirkungen als strategisches  
Werkzeug innerhalb LCM.



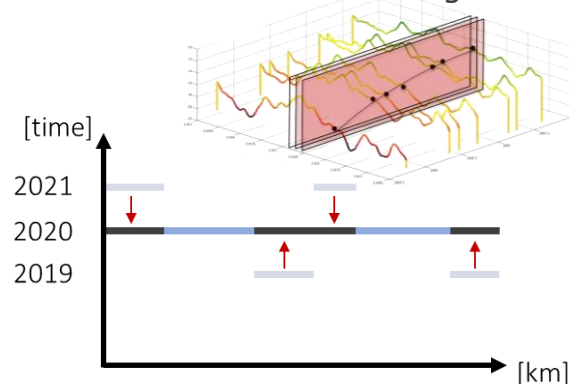
## TurnoutLab

Zustandsbeschreibung  
und -prognose Weichen.



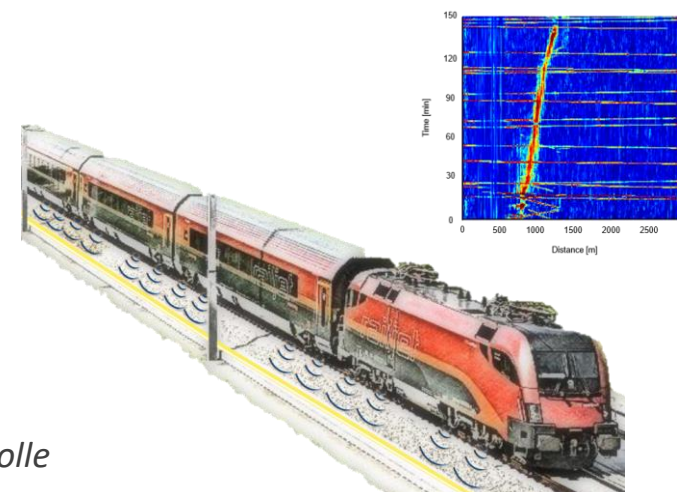
## TrackLab

Maßnahmenableitung 2.0  
*Technisch/wirtschaftlich sinnvolle  
Bauabschnittslängen.*



## Fibre Optic Sensing

Fokus: Instandhaltungsarbeiten und  
Zustandsbeschreibung des Fahrwegs.



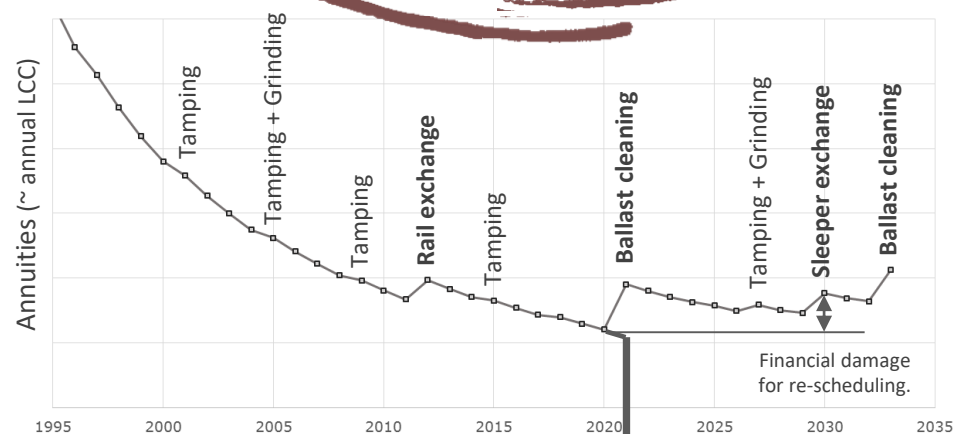
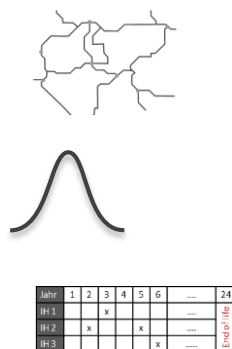
Strategisches AM

Anlagen- und  
Kostendaten



Spezifischer Zustand u.  
Verschleissprognose

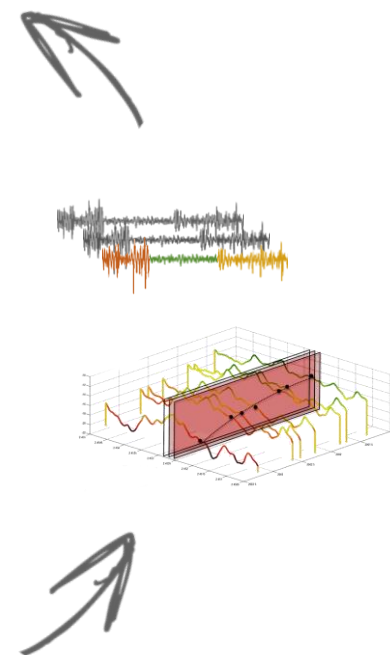
Technisches AM



Ideal point in time for reinvestment.

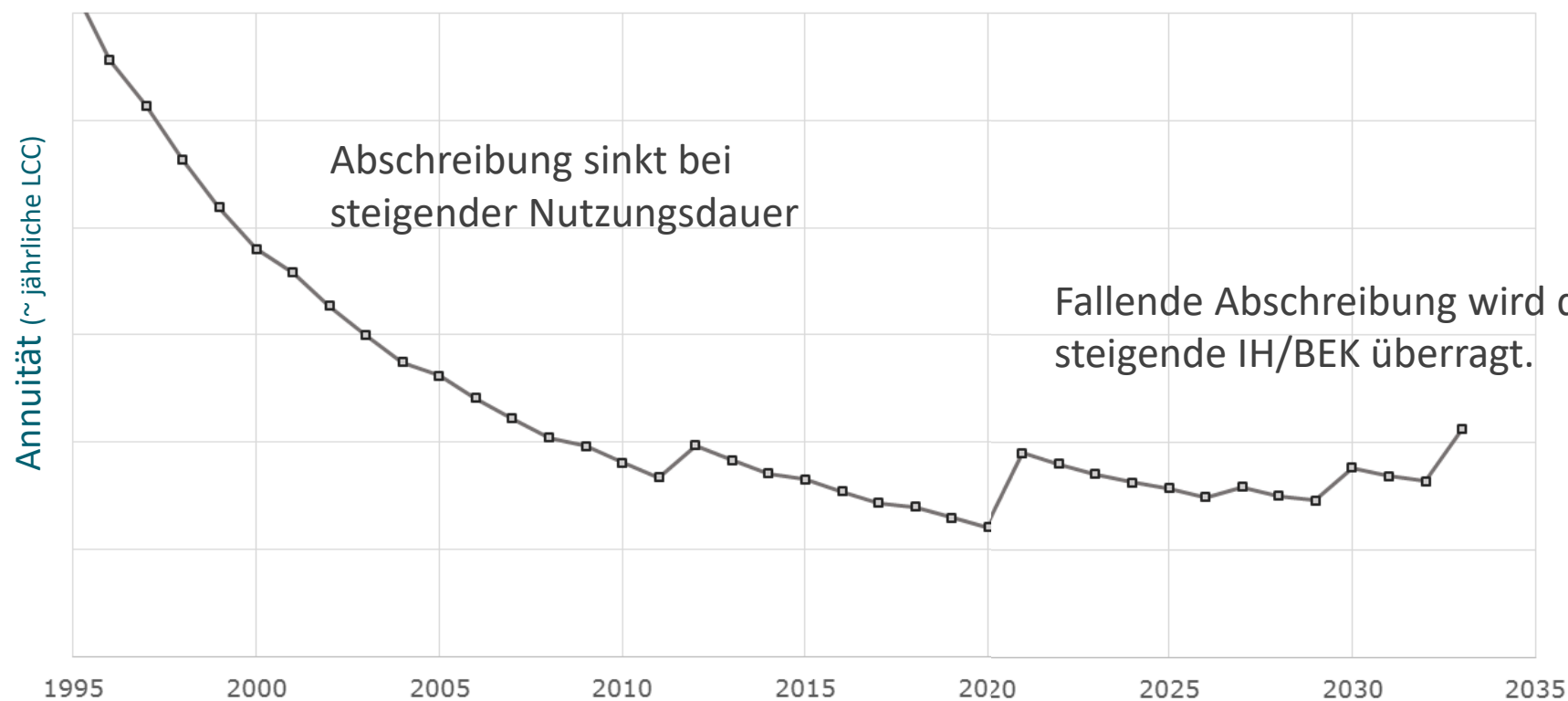
Messdaten

Strategien und  
netzweite Mengen

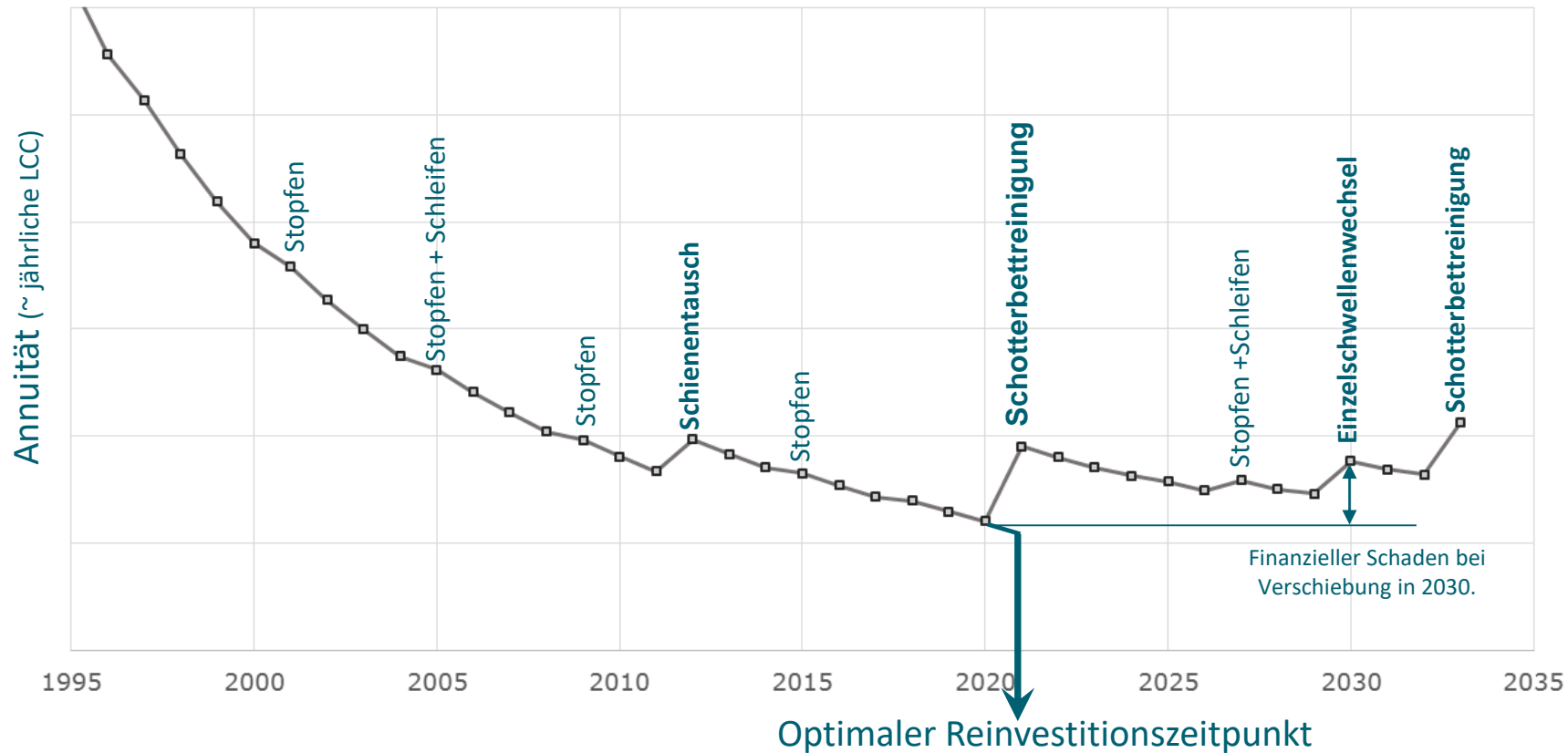


# Life Cycle Management

LCC beinhalten Kosten der Abschreibung, Instandhaltung (IH) und Betriebserschwerernisse (BEK - Monetarisierung der Nicht-Verfügbarkeit)



# Life Cycle Management



Technischer Input  
(Maßnahmenplanung) als Basis für  
wirtschaftliches Modell.

Kalkulation des optimalen  
(technisch/wirtschaftlichen)  
Erneuerungszeitpunktes.

Finanzieller Schaden einer „Nicht-  
Umsetzung“ kann ermittelt werden.  
Dies erlaubt eine Reihung der  
Maßnahmen nach Dringlichkeit.  
(Beste Entscheidung bleibt nach wie vor alle  
Projekte zum optimalen Zeitpunkt auszuführen!)

Strategisches AM

Anlagen- und  
Kostendaten



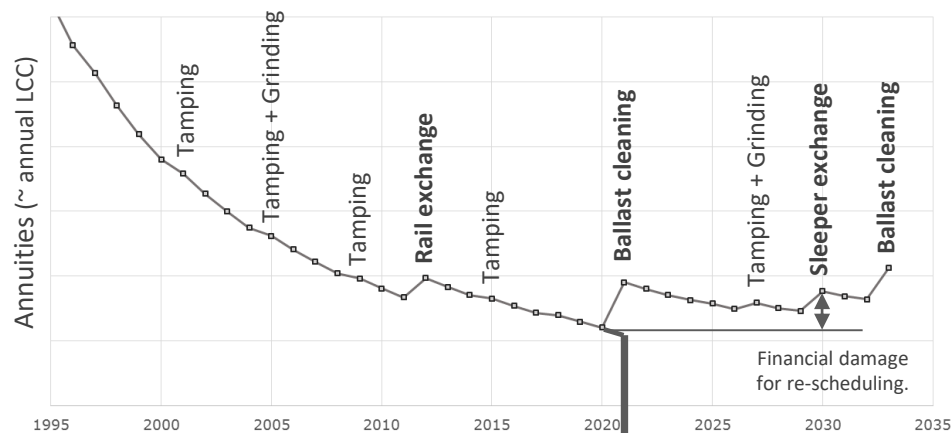
# Life Cycle Management

Spezifischer Zustand u.  
Verschleissprognose

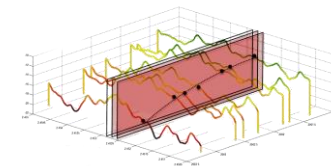
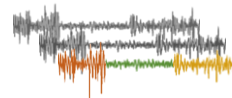
Technisches AM



Jahr	1	2	3	4	5	6	...	24
HC1			x					
HC2	x			x				
HC3					x			
Ende der Abg.								



Ideal point in time for reinvestment.

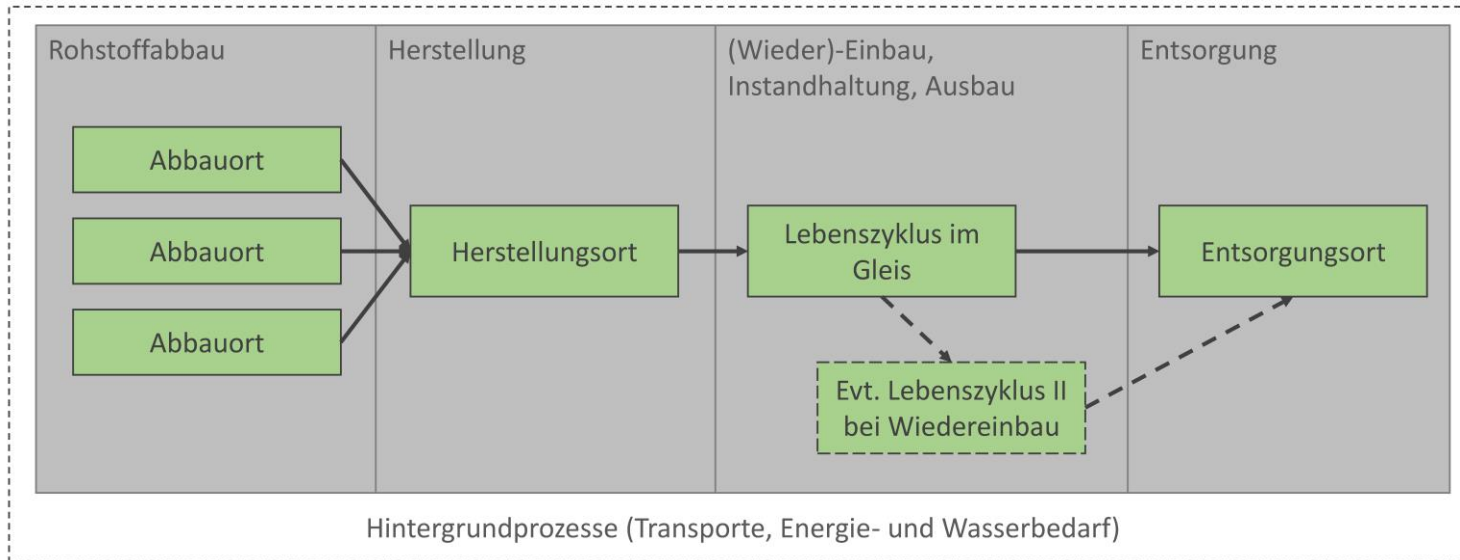


Messdaten

Strategien und  
netzweite Mengen

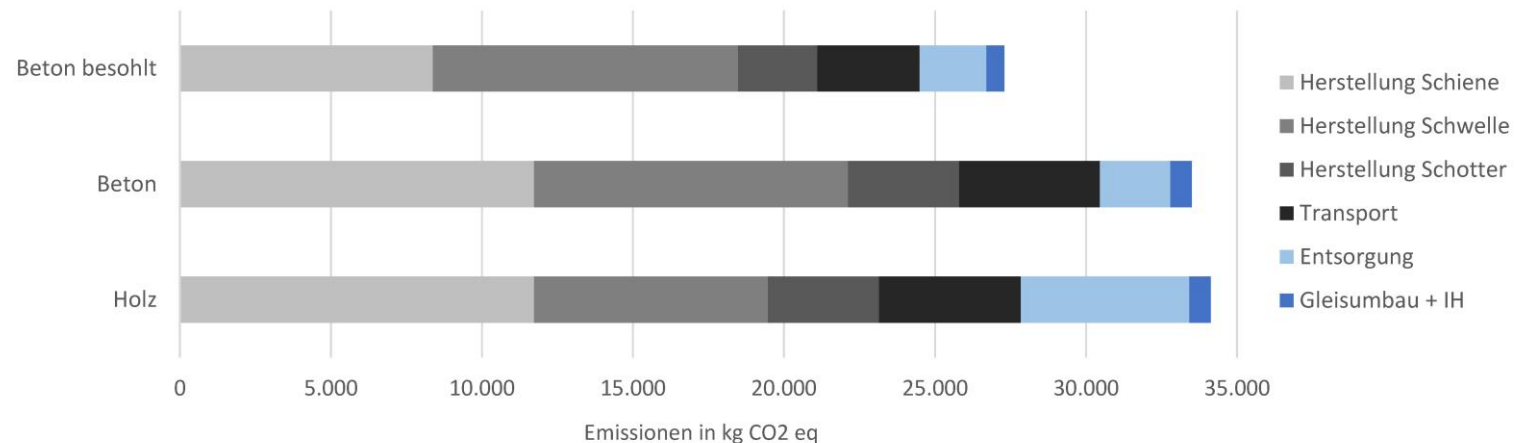


# Life Cycle Assessment



Aufgrund des Inputs aus dem strategischem Ansatz (Standardelemente) können Materialien, Nutzungsdauern und Instandhaltungsmaßnahmen für die spezifischen Randbedingungen berücksichtigt werden.

*Example: Global Warming,  
CML-IA baseline EU 25  
Per km and year*



# Nachhaltiges Anlagenmanagement für Eisenbahninfrastruktur

- Ableitung netzweiter Instandhaltungs- und Erneuerungsstrategien.
- Abschätzung der Auswirkungen zukünftiger Änderung der Rahmenbedingungen.  
(z.B. unterschiedliche Erneuerungsstrategien; Steigerung der Belastung/ Geschwindigkeiten)
- Beschreibung des technischen Zustandes.
- Prognose des komponentenspezifischen Zustandes des Gleises.
- Definition von Art und Umfang einer Instandhaltungs- und Erneuerungsmaßnahme.
- Kalkulation des optimalen Erneuerungszeitpunktes aus technisch/wirtschaftlicher Sicht.
- Ermittlung des finanziellen Schadens bei Nicht-Umsetzung eines Projektes.
- Ökobilanz der Infrastruktur als Teil des LCM-Modells.

... all dies unter Berücksichtigung der Kosten und Umweltwirkungen des gesamten Lebenszyklus.

# Railway Engineering

Predictive Maintenance

Open Access Operation  
Track Components

Track Lab

Ecology

WTMS

Innovative Track Data Analyses

Economic Evaluation Automated Train Operation

Sustainable Asset Management



Fractal Analyses

Life Cycle Assessment

► [www.ebw.tugraz.at](http://www.ebw.tugraz.at)

Investment Strategies

Integrated Timetable Fibre Optic Sensing

## Life Cycle Management

## Transport

Liberalisation

Turnout Lab Track Access Charging

## Economy

Track Behaviour

Strategic Infrastructure Development

## Innovation

Annuity Monitoring

smartTamp

