

Fahrbahnformen: Empfehlungen für die Meterspur

Matthias Landgraf

Schulung RAILplus P4
03./04. April
Fribourg, CH

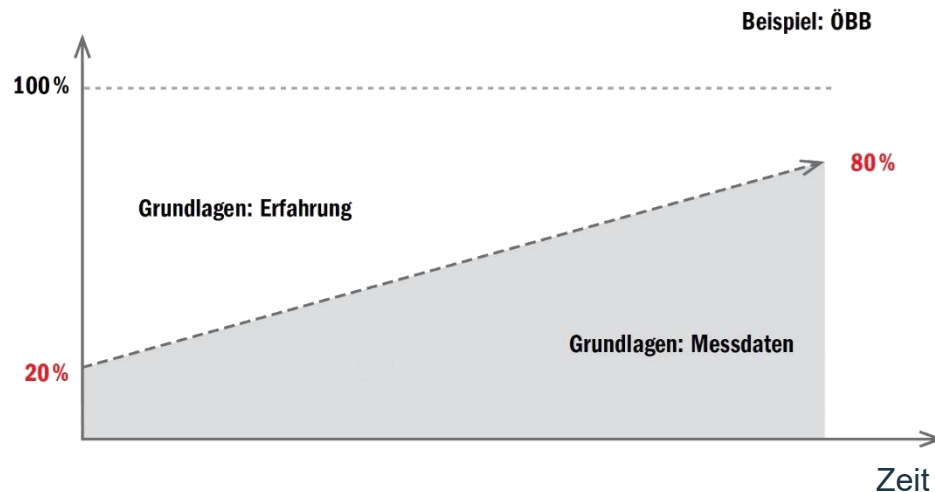


ANLAGENMANAGEMENT.

Operatives Anlagenmanagement

Mittlerweile sind (Un-)Mengen an unterschiedlichsten Messdaten vorhanden

- Wie können diese zu sinnvollen Informationen verknüpft werden?
- Welche Daten braucht es eigentlich?
- Welche zusätzlichen Informationen können aus vorhandenen Daten gewonnen werden?
(Bevor: Welche zusätzlichen Messungen kann man durchführen?)
- Welche Anlagen können/ müssen überhaupt messtechnisch beschrieben werden?



ANLAGENMANAGEMENT.

Operatives Anlagenmanagement

Mittlerweile sind (Un-)Mengen an unterschiedlichsten Messdaten vorhanden

- Wie können diese zu sinnvollen Informationen verknüpft werden?
- Welche Daten braucht es eigentlich?
- Welche zusätzlichen Informationen können aus vorhandenen Daten gewonnen werden?
(Bevor: Welche zusätzlichen Messungen kann man durchführen?)
- Welche Anlagen können/ müssen überhaupt mit Messdaten versorgt werden?



Vorangegangene Blöcke konnten zeigen, dass hier schon eine Vielzahl an sinnvollen und hilfreichen Werkzeugen vorhanden sind – auch in der Meterspur!



ANLAGENMANAGEMENT.

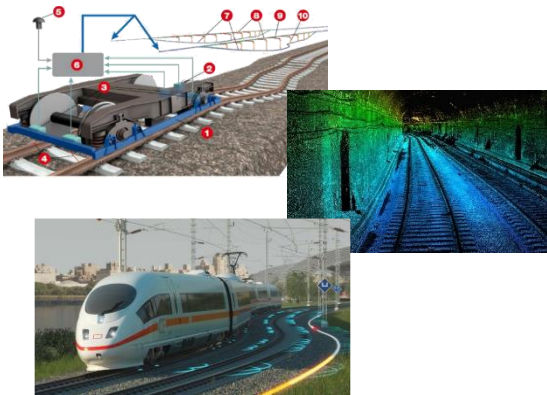
Operatives Anlagenmanagement

Input

Verortete Messdaten

Regelmäßige Zustandsevaluierung

Grenzwerte/ Eingriffsschwellen

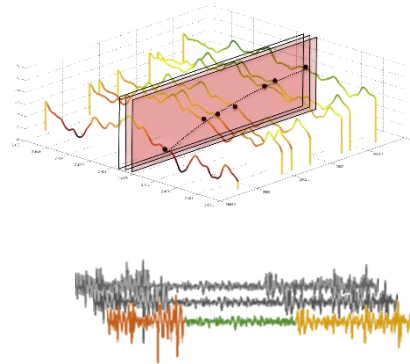


Analyse

Messdatenanalyse

Zeitreihenanalyse/ Prognose

Validierung/ Kalibrierung

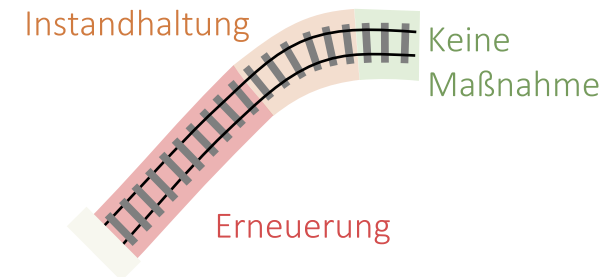


Output

Zustands- und ortsabhängige Prognose des Anlagenverschleiss.

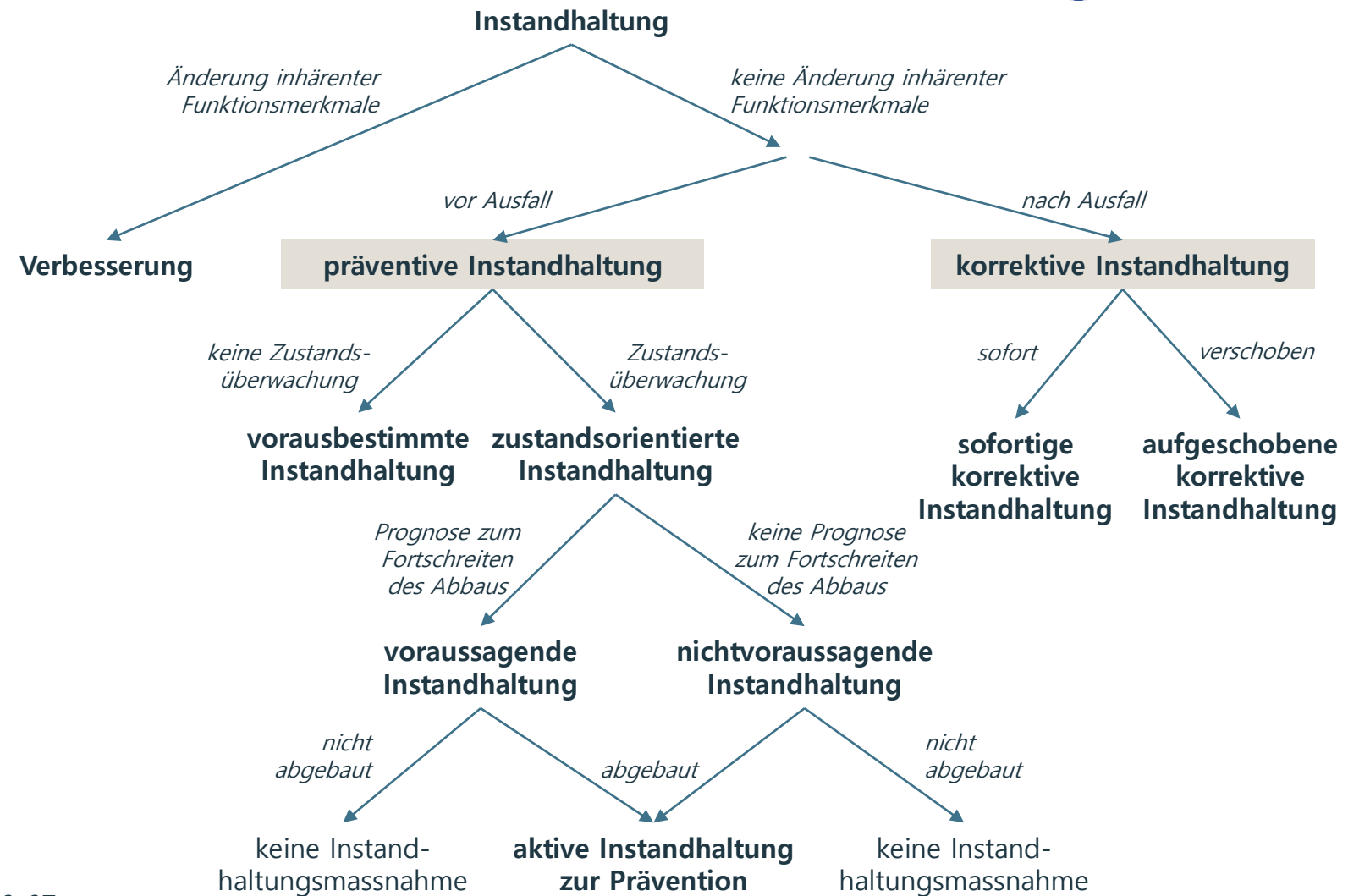
Abschnittsspezifische Prognose der IH-Tätigkeiten basierend auf technischem Zustand der Anlage.

Zustandsbasierte Erneuerungsplanung →
Nutzungsdaueroptimierung eingesetzter Komponenten



ANLAGENMANAGEMENT.

Operatives Anlagenmanagement



Das langfristige Ziel sollte eine aktive Instandhaltung zur (Fehler)Prävention darstellen.

Dadurch benötigt man jedenfalls eine Zustandsüberwachung!

Gepaart mit Prognose können Entscheidung frühzeitig getroffen, gebündelt und damit effizient geplant werden.

SN EN 13306, 2018-07

ANLAGENMANAGEMENT.

Operatives Anlagenmanagement



Limitierung operatives Anlagenmanagement:

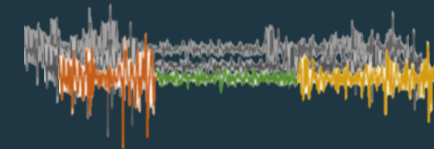
Wirtschaftlichkeitsberechnung und langfristige Budgetplanung nicht möglich!

- ▶ Erfassung und Prognose des Anlagenzustandes
- ▶ Abschnittsspezifische Planung von Massnahmen
- ▶ Frühzeitige Abschätzung des Umfangs von Erneuerungsmassnahmen

Instandhaltungsplanung

Messdaten

Algorithmen/ Prognosen

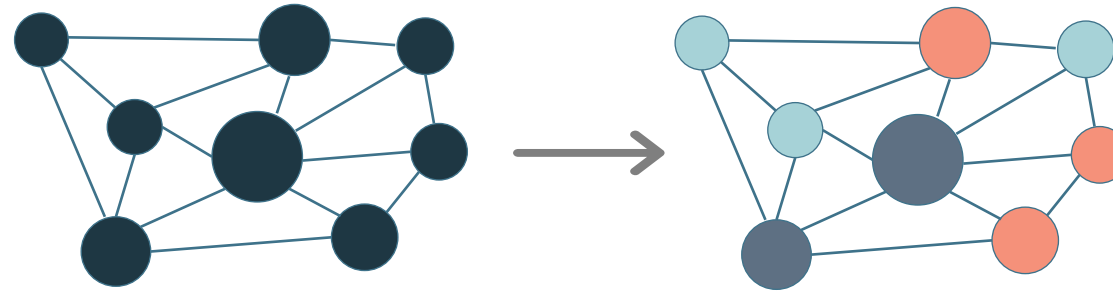


Operatives Anlagenmanagement (Bottom Up)

ANLAGENMANAGEMENT.

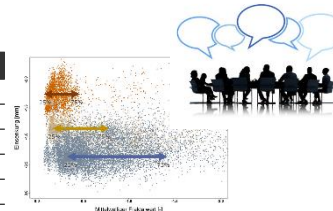
Strategisches Anlagenmanagement

1 Netz auf der Grundlage vergleichbarer Wartungszyklen und Nutzungsdauern clustern.



2 Ableitung von parameter-spezifischen Wartungszyklen und Lebensdauer.

Anlagengattung		Nutzungsdauer [a]											
Spezifische Randbedingungen		x											
Massnahmen	no.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...
Neubau/ Erneuerung	1	1											...
Wartung	6		1		1		1		1		1		...
Inspektion	22		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	...
Instandhaltungstätigkeit 1	3				1				1		1		...
...	0												...



3 Erarbeitung der Kostensätze (LCC).

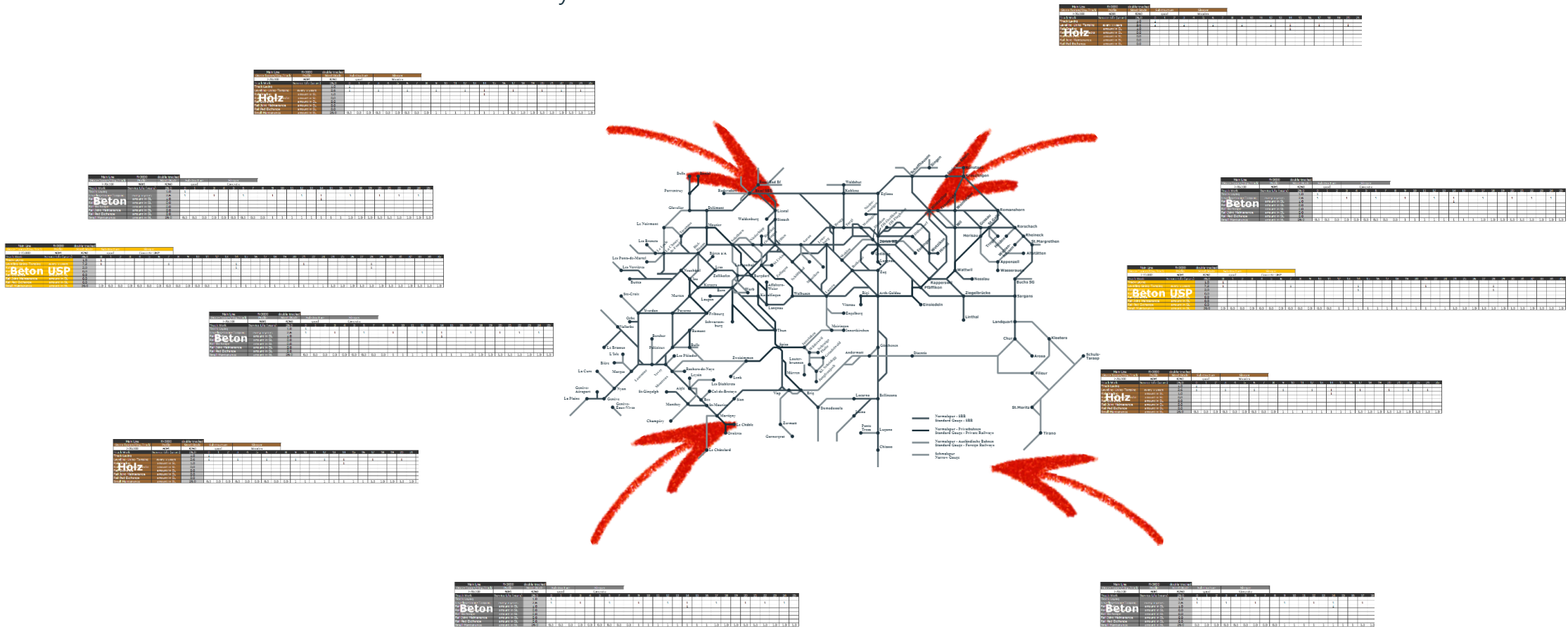
Anlagengattung		Nutzungsdauer [a]												
Spezifische Randbedingungen		x												
Massnahmen		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	
Neubau/ Erneuerung	€	€											...	
Wartung	€		€		€		€		€		€		€	...
Inspektion	€		€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	...	
Instandhaltungstätigkeit 1	€				€				€			€	...	
...	€												...	

→ Lebenszykluskosten (LCC)

ANLAGENMANAGEMENT.

Strategisches Anlagenmanagement

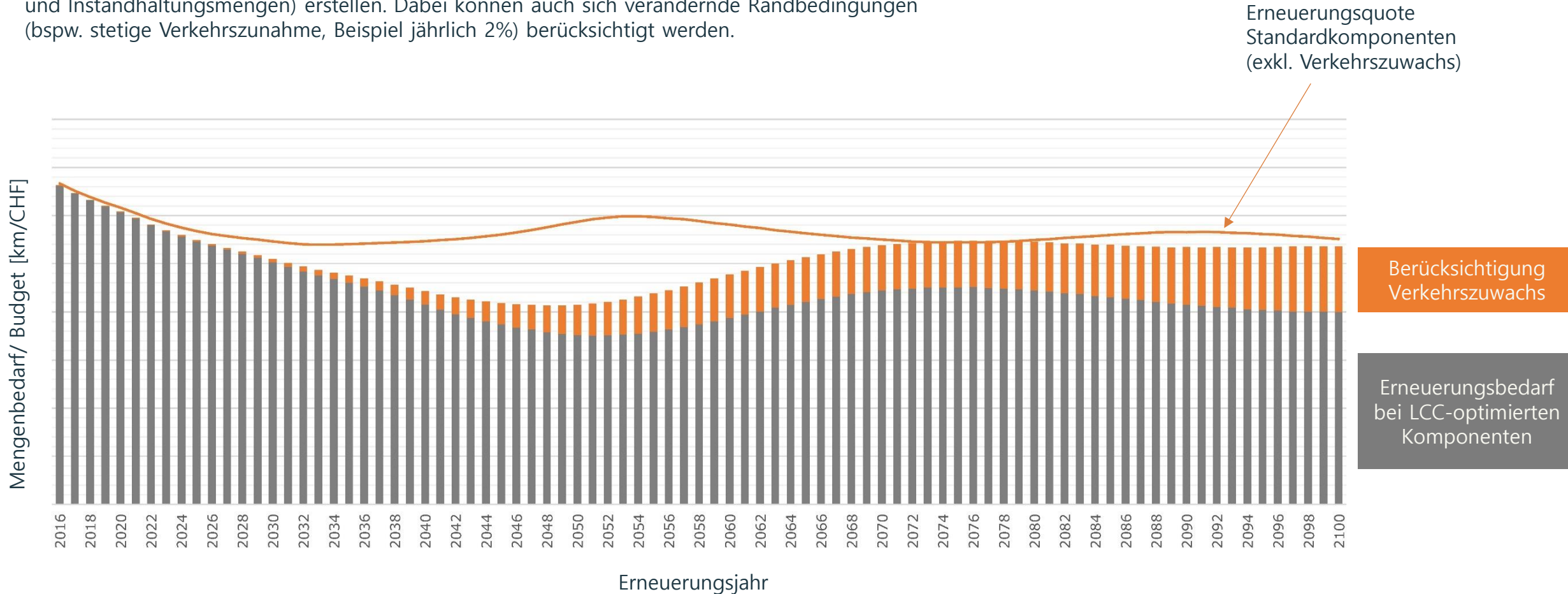
Eine Aggregation und Zuweisung der jeweiligen Standardelemente auf die spezifischen Abschnitte im Netz erlauben netzweite Analysen.



ANLAGENMANAGEMENT.

Strategisches Anlagenmanagement

Auf Basis der Standardelemente lassen sich langfristige Budgetplanungen (Erneuerungsmengen und Instandhaltungsmengen) erstellen. Dabei können auch sich verändernde Randbedingungen (bspw. stetige Verkehrszunahme, Beispiel jährlich 2%) berücksichtigt werden.



ANLAGENMANAGEMENT.

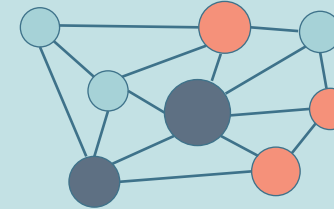
Gesamtheitliches Anlagenmanagement

Strategisches Anlagenmanagement (Top-Down)

Analysen

Erfahrung/ Expertise

Standardelemente



- ▶ Ableitung netzweiter Erneuerungs- und Instandhaltungsbedarf
- ▶ LCC-basierte Investitions- und Erneuerungsstrategien
- ▶ Budgetäre Auswirkungen von geänderten Randbedingungen (bspw. Verkehrszunahme)



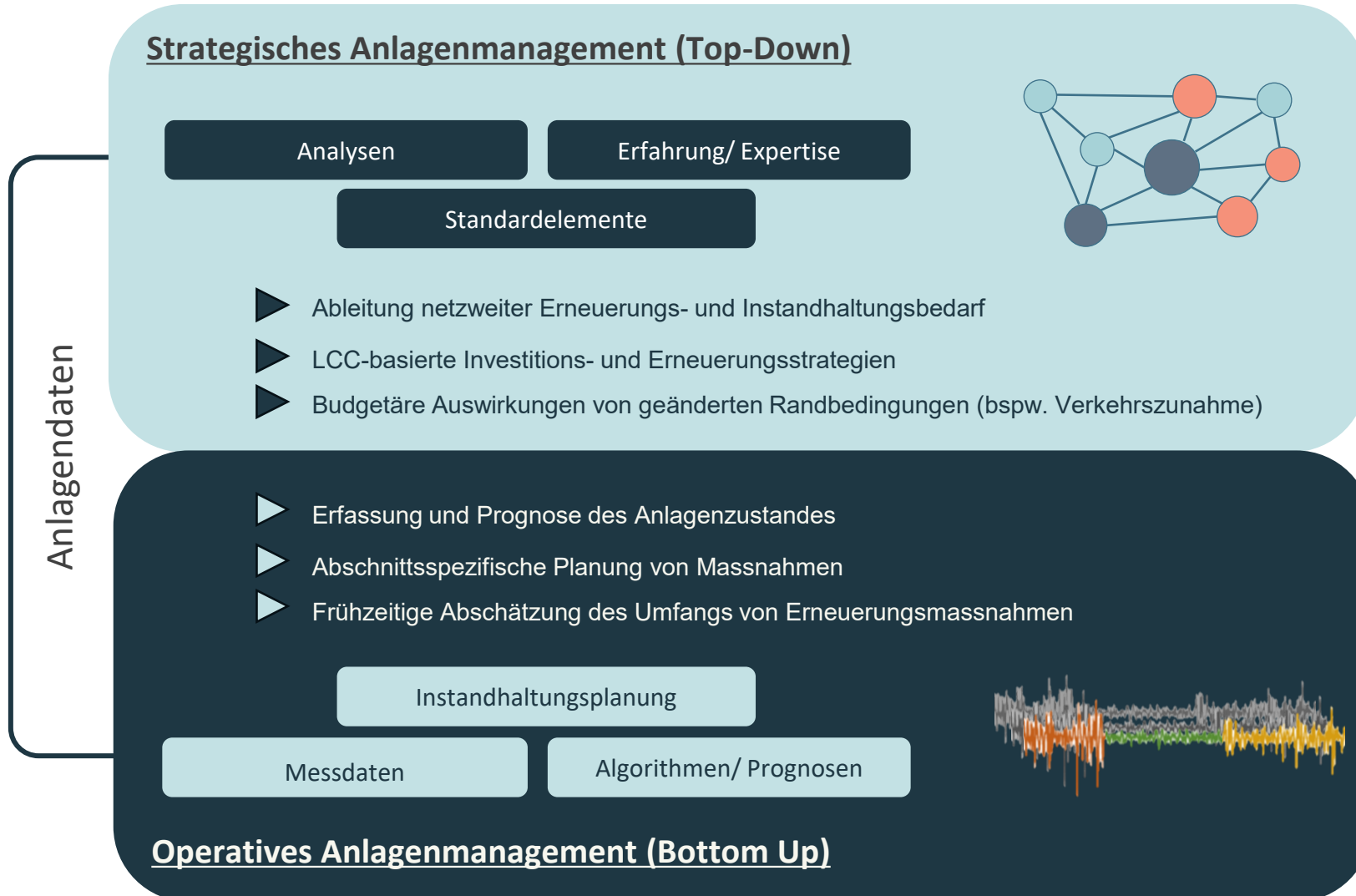
Limitierung strategisches Anlagenmanagement:

Abschnittsspezifisches Zustandsmonitoring und Instandhaltungsplanung nicht möglich!

Es können nur Komponenten bewertet werden, welche über ausreichende Daten verfügen!

ANLAGENMANAGEMENT.

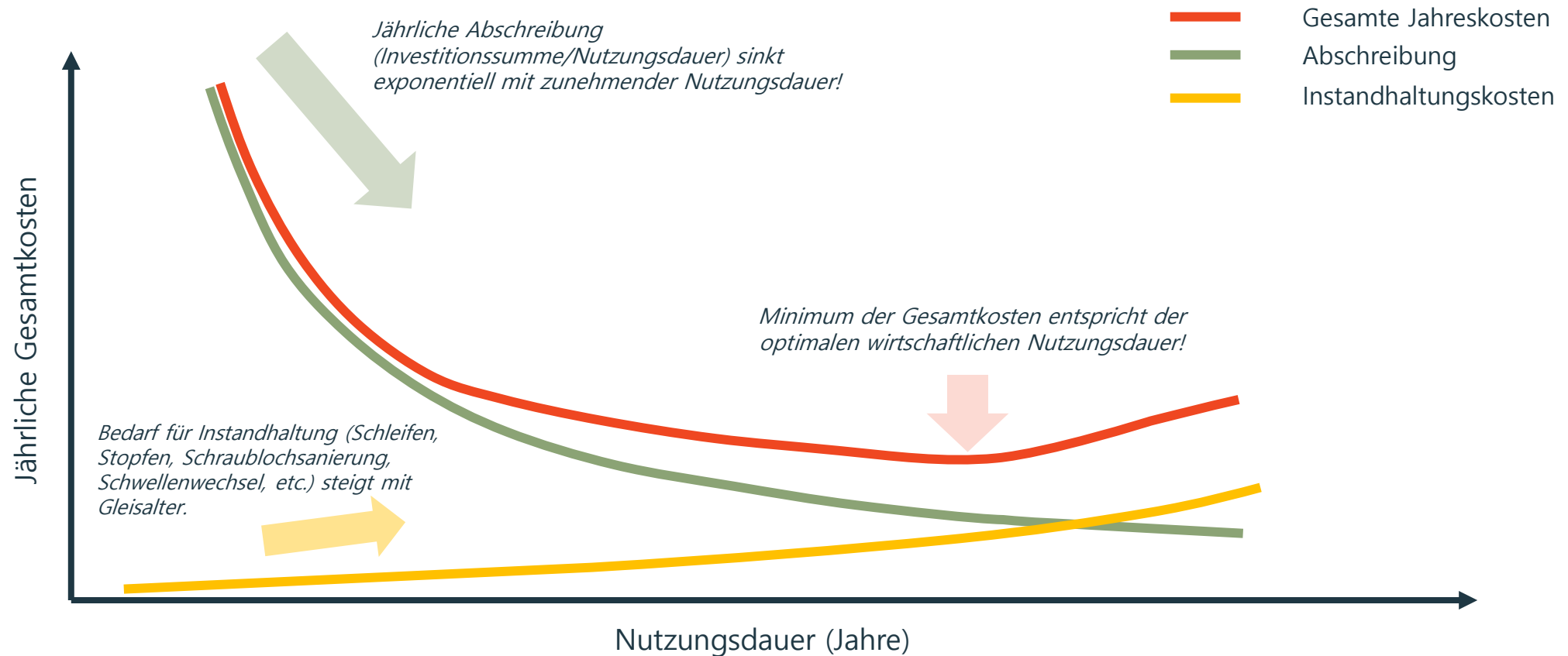
Gesamtheitliches Anlagenmanagement



ANLAGENMANAGEMENT.

Gesamtheitliches Anlagenmanagement | Erneuerungsplanung

Die Ermittlung des technisch-wirtschaftlichen Erneuerungszeitpunktes erfolgt durch Berechnung jenes Zeitpunktes, an welchem die positiven Effekte der abnehmenden Abschreibung durch die negativen Effekte der steigenden Instandhaltungskosten ausgeglichen werden.



ANLAGENMANAGEMENT.

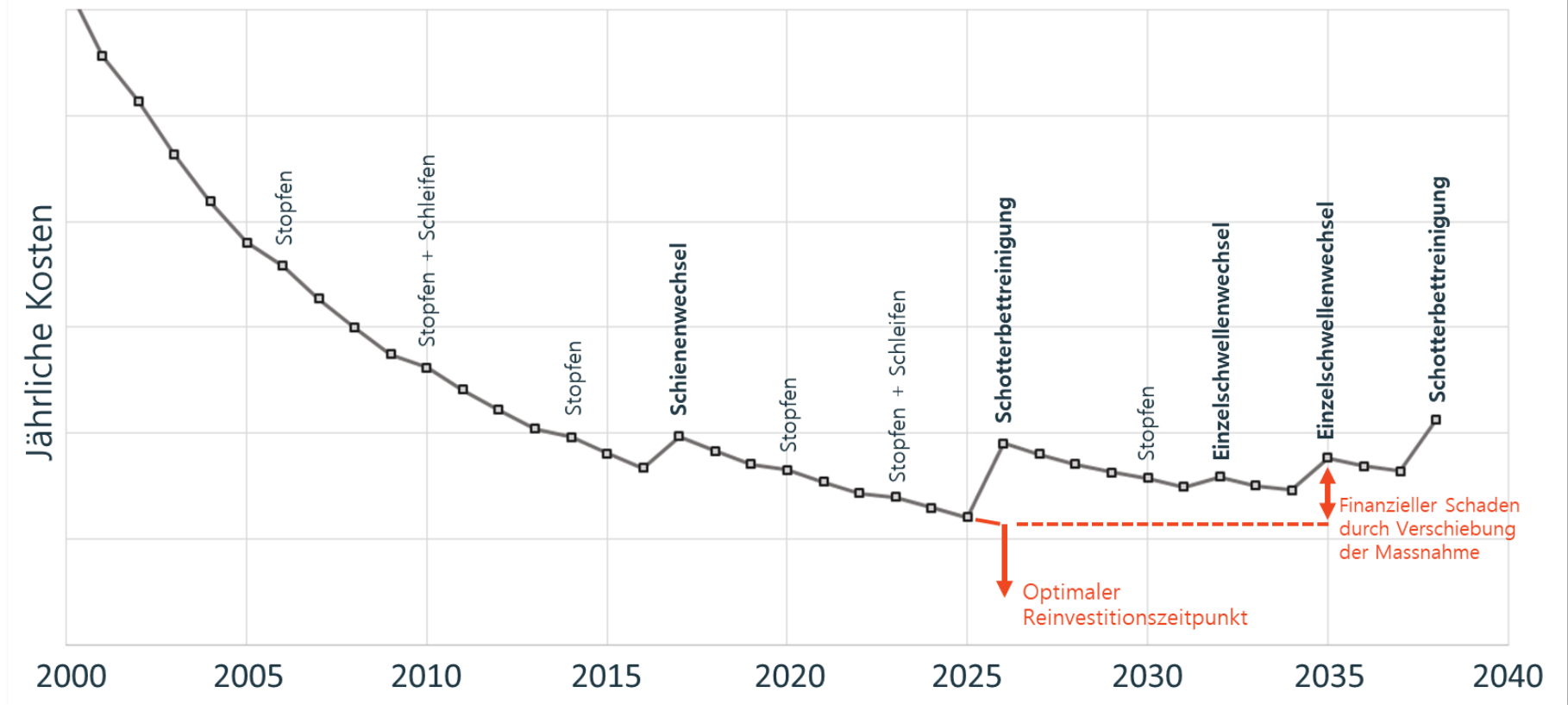
Gesamtheitliches Anlagenmanagement | Erneuerungsplanung

Der optimale Reinvestitionszeitpunkt befindet sich in jenem Jahr, in dem die nächste kostenintensive Instandhaltungstätigkeit stattfinden würde, welche den Anstieg der Gesamtkosten verursacht (Minimum der Gesamtkosten + 1 Jahr).

Die Prognose zukünftiger Tätigkeiten ist essentiell, um den Zeitpunkt bereits frühzeitig bestimmen zu können.

Aus der ermittelten Kurve der jährlichen Gesamtkosten lässt sich auch der finanzielle Schaden (aus Sicht LCC) ermitteln, welcher bei Verschiebung der Erneuerung verursacht wird.

Auf dieser Basis können auch Projekte nach deren Priorität gereiht werden.



ANLAGENMANAGEMENT.

Signifikanz der optimierten Erneuerungsplanung

Der überwiegende Teil des Budgets beläuft sich üblicherweise auf die Fahrbahnerneuerung. Aus diesem Grund ist eine datenbasierte und technische-wirtschaftliche Erneuerungsplanung jedenfalls zu empfehlen. Der wirtschaftliche Steuerungseffekt ist hier erheblich.



Anteil Fahrbahnerneuerung aktuell erhöht, da Nachholbedarf im Substanzerhalt vorhanden.



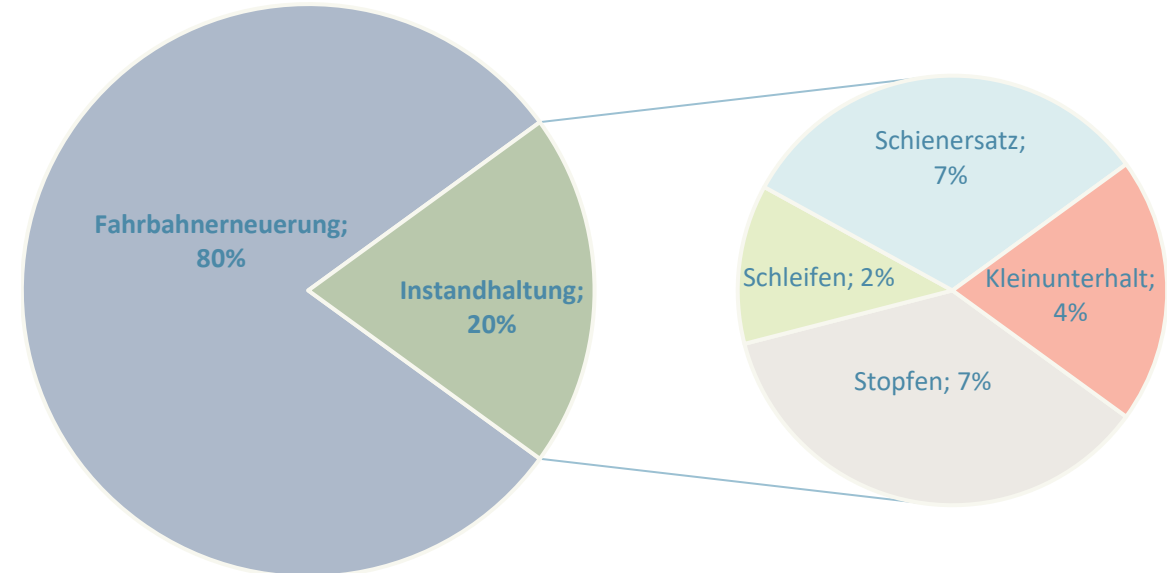
Kostenreduktion durch Erhöhung der Lebensdauer sowie eine zustandsabhängige Erneuerungsplanung.



Anteil Stopfen und Schleifen ist gering. Die Auswirkungen bei optimierter Instandhaltungsstrategie auf die Wirtschaftlichkeit jedoch wesentlich (erhöhte Nutzungsdauer verringert jährlichen Erneuerungsbedarf).

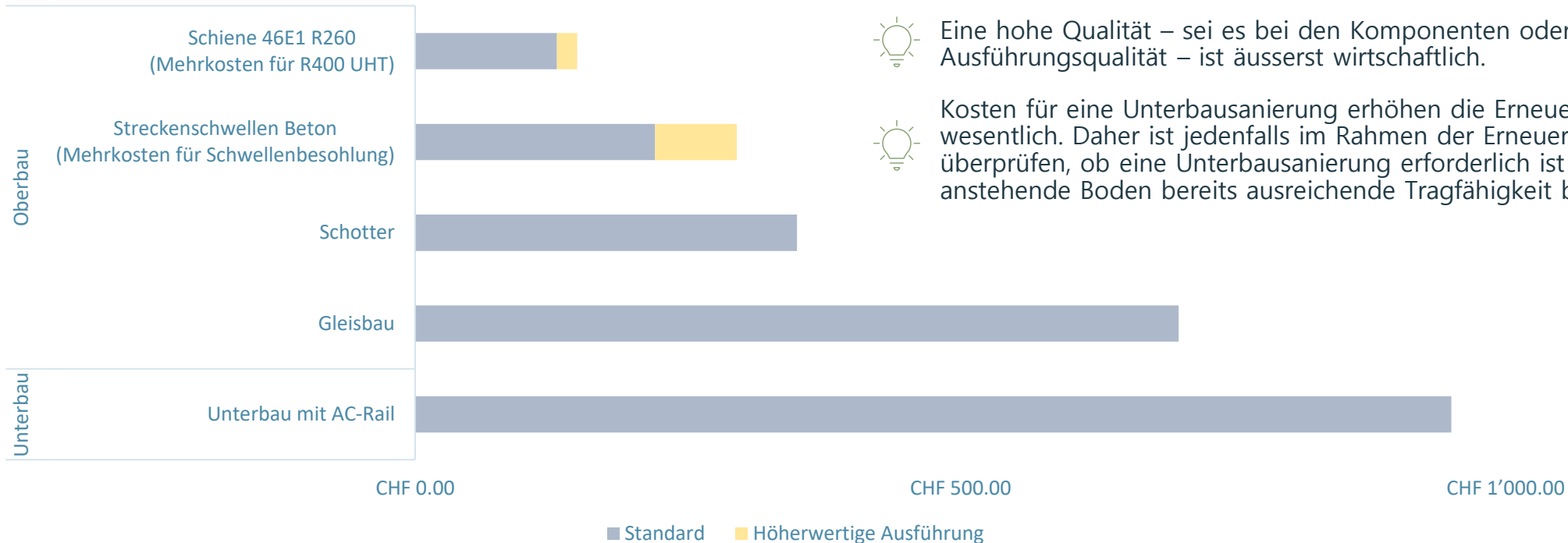


Setzt eine hohe Anfangsqualität (Substanz) gepaart mit einer ebenfalls zustandsorientierten Instandhaltungsstrategie voraus.



ANLAGENMANAGEMENT.

Kostenfaktoren im Rahmen der Erneuerung



- Die Kosten für Schiene und Schwellen sind bei allen RAILplus Bahnen vergleichbar.
- Aufgrund der Verfügbarkeit und den Transportkosten gibt es lokale Unterschiede bei den Kosten für den Schotter.
- Die Mehrkosten (4%) für höherwertige Ausführungen der Schienen (höherfeste Stahlsorte) und Schwellen (Schwellenbesohlung) sind moderat.
- Eine hohe Qualität – sei es bei den Komponenten oder in der Ausführungsqualität – ist äusserst wirtschaftlich.
- Kosten für eine Unterbausanierung erhöhen die Erneuerungskosten wesentlich. Daher ist jedenfalls im Rahmen der Erneuerungsplanung zu überprüfen, ob eine Unterbausanierung erforderlich ist oder der anstehende Boden bereits ausreichende Tragfähigkeit besitzt.

ANLAGENMANAGEMENT.

Gesamtheitliches Anlagenmanagement



Eine gesamtheitliche Planungs- und Kostentransparenz ermöglicht einen faktenbasierten Austausch mit Investoren und dem wirtschaftlichen Umfeld. Auf dieser Basis können langfristige Budgetplanungen vorgenommen werden.

Die Zusammenführung von operativem und strategischem Anlagenmanagement ermöglicht eine Lebenszyklus-basierte Optimierung im Sinne der ökonomischen Nachhaltigkeit.

Strategisches Anlagenmanagement ermöglicht eine langfristige Planung sowie die Formulierung von Erneuerungsstrategien auf Basis der Lebenszykluskosten.

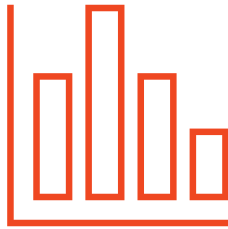
Operatives Anlagenmanagement ermöglicht eine zustandsbasierte Massnahmenplanung.

Standardelemente: Strukturierte Dokumentation des „Asset-Knowledge“
Gleismessdaten: Wissen über Zustand der Anlage
Anlagedaten: Abschnitts-spezifisches Wissen über eingebaute Komponenten, Alter, Trassierung, Belastung etc.

[ISO 55001-2024 Asset Management]

EINFLUSSMATRIX.

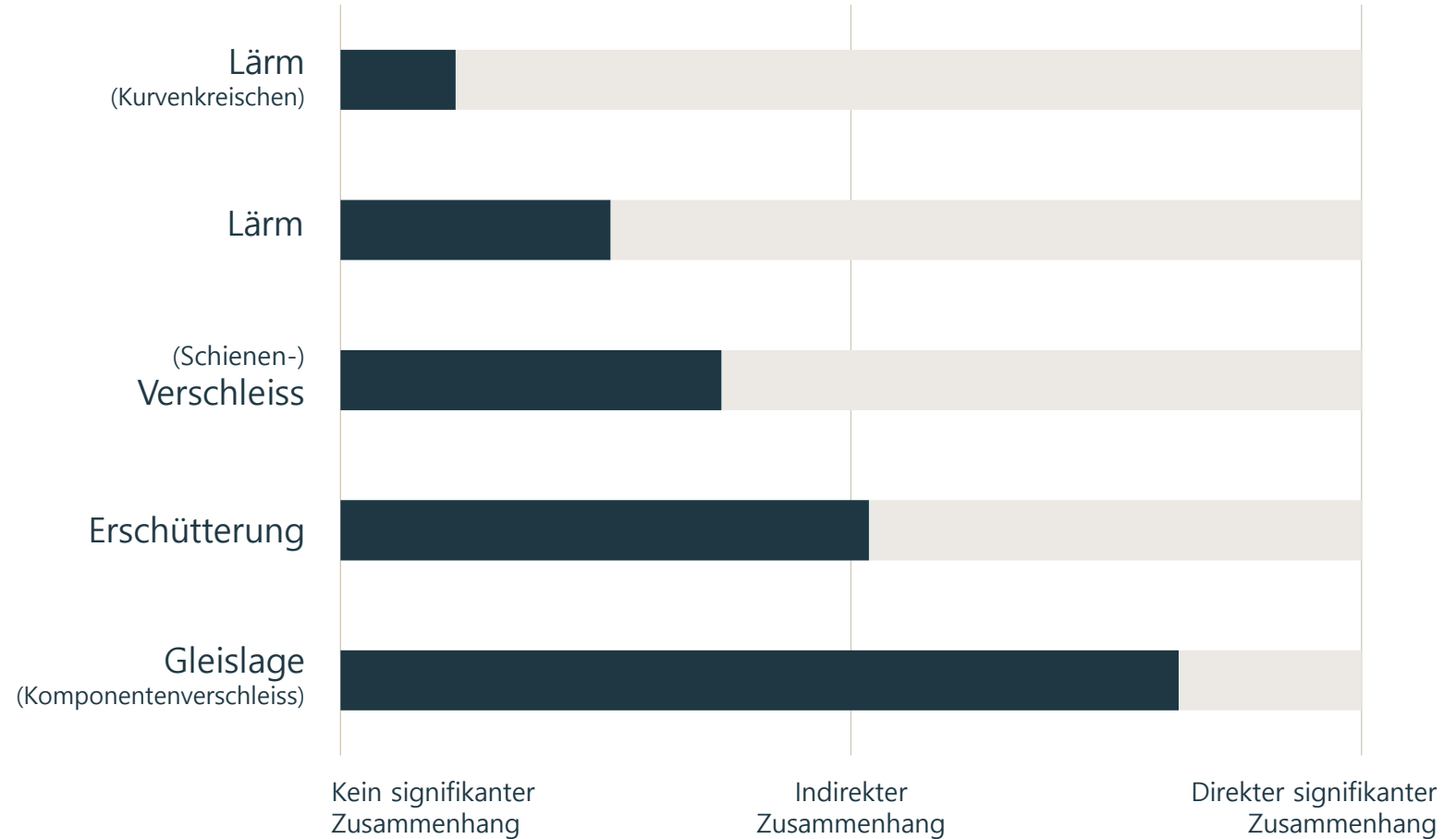
Optimierung durch Komponentenwahl



Signifikanzmatrix

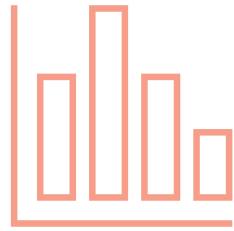
Wie stark ist der Zusammenhang zwischen den einzelnen Komponenten und den untersuchten Auswirkungen?

Wie stark können wir die Auswirkungen mit den Elementen der Fahrbahn beeinflussen?



EINFLUSSMATRIX.

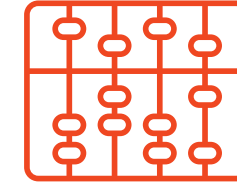
Optimierung durch Komponentenwahl



Signifikanzmatrix

Wie stark ist der Zusammenhang zwischen den einzelnen Komponenten und den untersuchten Auswirkungen?

Wie stark können wir die Auswirkungen mit den Elementen der Fahrbahn beeinflussen?



Einflussmatrix

Wie beeinflussen unterschiedliche Variationen der einzelnen Komponenten die untersuchten Auswirkungen?

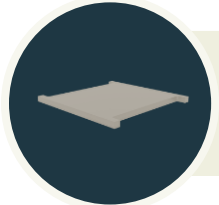
Mit welchen Komponenten können wir eine Optimierung der analysierten Auswirkungen vornehmen?

EINFLUSSMATRIX.

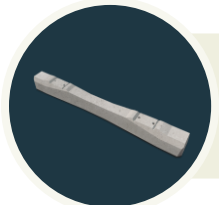
Optimierung durch Komponentenwahl



SCHIENE



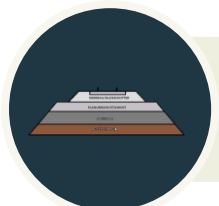
STÜTZPUNKT (ZW)



SCHWELLE



SCHOTTER



UNTERBAU/ UNTERGRUND

LÄRM

VERSCHLEISS

ERSCHÜTTERUNG

GLEISLAGE

EINFLUSSMATRIX.

Optimierung durch Komponentenwahl

Im Rahmen der Einflussmatrix wird erarbeitet, in welcher Form (positiv/negativ/keine Beeinflussung) die unterschiedlichen Variationen der Komponenten die Auswirkungen beeinflussen können.

Daraus können auch die Empfehlungen für die Komponentenwahl bei Erneuerung und Austausch von Komponenten abgeleitet werden.

Legende:

++	sehr positiver Einfluss
+	positiver Einfluss
?	keine generelle Aussage möglich
X	kein signifikanter Zusammenhang
B	Basisfall
-	negativer Einfluss
--	sehr negativer Einfluss

EINFLUSSMATRIX.



Optimierung durch Komponentenwahl



RAILplus Schulung, DB Systemtechnik, 10/2024, Aarau



- Kein direkter Einfluss von Schienengüte auf Kurvenkreischen.
 - Einheitliches Schienenprofil (Empfehlung 46E1) wirkt durch die bessere Abstimmungsmöglichkeit mit dem Radprofil positiv.
-
- Einheitliches Schienenprofil (Empfehlung 46E1) wirkt durch die bessere Abstimmungsmöglichkeit mit dem Radprofil positiv.
 - Im Bogen vermindern höhere Stahlgüten die Schlupfwellenbildung, was indirekt zu einer Lärminderung führt.
-
- Einheitliches Schienenprofil (46E1) wirkt durch die bessere Abstimmungsmöglichkeit mit dem Radprofil positiv. Weiterentwicklung verschleissangepasster Profilpaarungen unter Berücksichtigung der Kontaktmechanik empfohlen. (Analysen im Gange)
 - R350HT wird als Standard empfohlen, R400HT bei hohem Verschleiss im Bogen. Bainitische Schienenstähle sind für Meterspur nicht zu empfehlen.
-
- Es besteht aus heutiger Sicht kein signifikanter Zusammenhang zwischen Schienenprofil und -güte mit dem Erschütterungsverhalten.
-
- Aufgrund der grösseren Biegelinie wirkt das Profil 54E2 positiv im Sinne der Lastabtragung. In engen Bögen werden dadurch jedoch Spannungen erhöht.
 - Es gibt keinen direkten Zusammenhang zwischen der Stahlgüte und der Gleislage. Indirekt wirken höhere Stahlgüten in Bögen positiv, da ausgeprägte Schlupfwellen einen negativen Einfluss auf die Gleislage und Fahrbahnkomponenten ausüben.

	Schienenprofil		Schienengüte		
	46 E1	54 E2	R 260	350 HT	400 HT
Lärm (Kurvenkreischen)	+	-	X	X	X
Lärm	+	-	B	+	++
(Schienen-) Verschleiss	+	-	B	+	++
Erschütterung	X	X	X	X	X
Gleislage (Komp.-Verschleiss)	B	+	X	X	X

EINFLUSSMATRIX.



Optimierung durch Komponentenwahl

- Der Einfluss von Zwischenlagen auf das Kurvenkreischen wird aktuell im Rahmen des Fahrbahnmodells durch das ViF untersucht. Ergebnisse sind für 2025 zu erwarten.
-
- Verringerung der Vibrationen und damit Lärm aus Rad-Schiene Kontakt durch steifere Zwischenlagen.
 - Verringerung der Lärmentstehung (Schienensingen) durch steifere Zwischenlagen.
 - Im Bogen führen weiche Zwischenlagen zu verringerter Schlupfwellenbildung, daher indirekte Lärminderung.
 - Offen ist die Frage der gegenseitigen Beeinflussung von Art der Schwellenbesohlung und Zwischenlage.
-
- Durch die verbesserte Entkopplung der Schienen- und Radschwingungen verzögern weiche Zwischenlagen die Schlupfwellenbildung signifikant.
-
- Die weichen Zwischenlagen führen zur teilweisen Entkopplung der Schienen- und Radschwingungen.
-
- Weiche Zwischenlagen verringern den Schwellenverschleiss. Darüber hinaus dämpfen sie die eingebrachte Last, wodurch weniger Last in das Schotterbett und den Untergrund abgetragen wird.
 - Weiche Zwischenlagen hingegen führen jedoch zu einer verkürzten Nutzungsdauer der Befestigungssysteme, da mehr Bewegung am Stützpunkt entsteht. Dies gilt vor allem für 54E2 aufgrund des Verhältnisses Höhe zu Breite und der damit resultierenden Krafrichtung.

	Stützpunkt, Zwischenlagen		
	Hoch-elastisch (weich)	Elastisch (mittelsteif)	Steif
Lärm (Kurvenkreischen)	?	?	?
Lärm	-	+	++
(Schienen-) Verschleiss	++	+	-
Erschütterung	++	+	-
Gleislage (Komp.-Verschleiss)	++	+	+

EINFLUSSMATRIX.

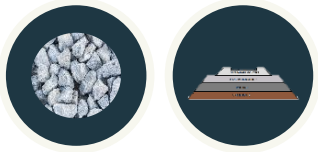


Optimierung durch Komponentenwahl

- Der Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Schwellentypen und dem Kurvenkreischen wird aktuell gerade untersucht. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass Stahlschwellen und besohlte Betonschwellen ein verbessertes Lärmverhalten aufweisen. Jedenfalls sollte sich der Einfluss der Schwellentypen eher gering darstellen.
-
- In Bogenbereichen vermindern besohlte Schwellen die Schlupfwellenbildung und damit indirekt die Lärmentstehung.
 - Ein direkter Zusammenhang der Schwellentypen und Lärmentstehung (Schienensingen) ist bisher noch nicht abschließend untersucht.
-
- Aktuelle Erkenntnisse deuten darauf hin, dass geringe Elastizitäten (bspw. unbesohlte Betonschwellen) das Schlupfwellenwachstum fördern.
 - Schwellenbesohlungen verhindern das Auftreten von partiellen Hohllagen und begünstigen Lastübertragung und wirken damit schlupfwellenhemmend.
-
- Insgesamt haben Schwellentypen einen sehr geringen Einfluss auf die Erschütterung.
 - Besohlte Betonschwellen mit weichen Besohlungen wirken positiv im Sinne der Erschütterung.
-
- Betonschwellen mit plastisch steifer Schwellenbesohlung zeigen die höchste Gleislagestabilität. Sie verringern Schotterzerstörung und erhöhen die Nutzungsdauer der Fahrbahn.
 - In engen Bögen weisen Schwellen mit plastischer Besohlung einen besseren Querschiebewiderstand als unbesohlte und elastisch besohlte Betonschwellen auf.
 - Betonschwellen weisen eine bessere Spurhaltung auf als Holzschwellen.
 - Y-Stahlschwellen sind rahmensteif, zeigen jedoch Probleme mit Überhöhung.

	Schwellentyp				
	Holz	Beton unbesohlt	Beton bes weich	Beton bes steif	Stahl
Lärm (Kurvenkreischen)	?	?	?	?	?
Lärm	?	?	?	?	?
(Schienen-) Verschleiss	+	B	+ / +++?	+	X
Erschütterung	+	-	++	X	+
Gleislage (Komp.-Verschleiss)	-	-	+	++	+

EINFLUSSMATRIX.



Optimierung durch Komponentenwahl

- Es besteht aus heutiger Sicht kein direkter signifikanter Zusammenhang zwischen Schotter sowie Unterbau/Untergrund und dem Kurvenkreischen.

- Es besteht aus heutiger Sicht kein direkter signifikanter Zusammenhang zwischen Schotter sowie Unterbau/Untergrund und der Lärmentstehung.

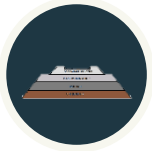
- Es besteht aus heutiger Sicht kein direkter signifikanter Zusammenhang zwischen Schotter sowie Unterbau/Untergrund und dem Schienenverschleiss.

- Wenn erforderlich (Übergänge, Tunnel, spezifische Brückenkonstruktionen) wirken Unterschottermatten jedenfalls positiv im Sinne der Erschütterung. Eine spezifische Dimensionierung der USM ist dabei erforderlich.
- Nicht ausreichend tragfähiger Untergrund wirkt negativ im Sinne der Erschütterung.

- In spezifischen Bereichen können Unterschottermatten jedenfalls das Gleislageverhalten und den Komponentenverschleiss verbessern.
- Der Unterbau ist einer der wesentlichen Kostentreiber im Rahmen der LCC-Fahrbahn. Ein schlechter Unterbauzustand führt zu inhomogenen Setzungen sowie zum Aufsteigen von Feinteilen in das Schotterbett. Dadurch wird die Gleislage verschlechtert und der Komponentenverschleiss signifikant erhöht.

	Schotter		Unterbau/Untergrund	
	Schotterbettung	Unterschottermatte	Gut	Schlecht
Lärm (Kurvenkreischen)	X	X	X	X
Lärm	X	X	X	X
(Schienen-) Verschleiss	X	X	X	X
Erschütterung	B	++	+	-
Gleislage (Komp.-Verschleiss)	B	+	++	--

EXKURS: ME-MESSUNG RhB.



ME-Messung gleisgebundener Wagen – Gilbert Zimmermann



EINFLUSSMATRIX.

Optimierung durch Komponentenwahl | Empfehlungen



Einheitliches Schienenprofil (46E1) empfohlen, um die Rad-/Schienenprofilpaarung bestmöglich aufeinander abstimmen zu können!

Als Standardgüte wird R350HT empfohlen. Sollten sich im Netz lange gerade Abschnitte ($R > 600\text{m}$) befinden, können auf diesen auch R260 sinnvoll sein. In engen Bögen (Radius $< 300\text{m}$; im Detail noch zu spezifizieren) wird R400HT empfohlen.

Schieneneinbauneigung (1:20,1:40) spielt mit verschleissoptimiertem Radprofil im Sinne der Berührgeometrie eine untergeordnete Rolle.



Weiche Zwischenlagen haben Vorteile in Bezug auf Schlupfwellenbildung und Lastabtragung – daher Einsatzbereich im Bogen.

Steifere Zwischenlagen reduzieren Lärmbildung (Schienensingen) und werden daher aktuell in der Geraden empfohlen.

Mögliche mittelfristige Weiterentwicklung: Hochdämpfende Zwischenlagen, welche eine optimierte Lastabtragung bei geringer Lärmentwicklung ermöglichen. Einsatzgebiete und Wirtschaftlichkeit sind noch über Feldtests zu untersuchen.



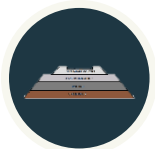
Als Standard werden besohlte Betonschwellen empfohlen – diese verbessern die langfristige Gleislagequalität und verlängern somit die Nutzungsdauer. Darüber hinaus verringern sie auch die Schlupfwellenbildung.

Bei geringen Belastungen und zu geringer Schotterbettdicke können Stahlschwellen (zukünftig Kunststoffschwellen?) eine Alternative darstellen.



Mit Besohlungen kann man die Kontaktpressung zwischen Schwelle und Schotter signifikant reduzieren.

Der Einsatz von Unterschottermatten ist bei spezifischen Randbedingungen (Tunnel, Steifigkeitssprüngen, etc.) sinnvoll.



Im Rahmen einer Erneuerungsmassnahme ist jedenfalls zu prüfen, ob eine Unterbauverbesserung notwendig ist.

Bei ausreichend tragfähigem anstehenden Boden (vgl. AB-EBV Art. 25 Ziff. 4.2.4) ist auf eine Unterbausanierung nicht wirtschaftlich.

Der Einsatz von PSS oder AC Rail wird auch von organisatorischen Randbedingungen (Totalsperre/maschineller Umbau) beeinflusst.

EINFLUSSMATRIX.

Optimierung durch Instandhaltung | Empfehlungen



Schleifen in der Gerade empfehlenswert, da damit die Anregung durch Irregularitäten an der Schienenoberfläche verringert und eine nachhaltige Gleislagequalität geschaffen werden kann. Auch, um konformes Profil für verschleissoptimiertes Radprofil zu erhalten.

Eine optimierte Instandhaltungsplanung auf Basis von Messdaten ist essentiell, um die Nutzungsdauer zu verlängern, da durch den Eingriff zum richtigen Zeitpunkt langfristige Auswirkungen auf den Komponentenzustand verhindert werden können.



Verschleissprofile bei hochfesten Güten beachten: Schienenbearbeitung bei Schlupfwellen sollte nur auf Innenschiene durchgeführt werden – bevor Schlupfwellen auf Aussenschiene übergehen.

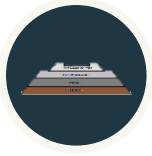
Eine optimierte und datenbasierte Planung der Schienenbearbeitung ermöglicht die Behebung von Schienenoberflächenfehler (bspw. Schlupfwellen) bevor diese auch Zwischenlagen, Schwellen und Schotter verschleissen. Damit kann eine signifikante Reduktion der Fahrbahnnutzungsdauer durch gezielte Schienenoberflächenbearbeitung verhindert werden.



Insbesondere in Bogenbereichen kann punktuell ein erheblicher Verschleiss der Zwischenlagen beobachtet werden. Dieser kann aufgrund der Spurweiten- und/oder Schienenneigungsmessung des Gleismesswagens detektiert, erkannt und dementsprechende Massnahmen geplant werden, um eine Überbeanspruchung des Systems zu verhindern.



Die Entwässerungsfähigkeit der Fahrbahn sollte zu jedem Zeitpunkt gegeben sein. Strukturelle Probleme im Schotterbett und Unterbau können über unterschiedliche automatisierte Verfahren (Spezifische Gleislageanalyse, Georadar, Einsenkungsmesswagen) detektiert werden. Werden diese strukturellen Schädigungen zu spät erkannt, ist meist keine Instandhaltungsmassnahme mehr möglich, sondern eine (Teil-) Erneuerungsmassnahme durchzuführen.



ZUSAMMENFASSUNG.



Die Fahrbahn muss mit dem Rollmaterial optimal abgestimmt werden, einschließlich Schienenprofil, Härte und Neigung.



Der Fahrbahnaufbau sollte entsprechend den spezifischen Anforderungen und Gegebenheiten sorgfältig ausgewählt werden.



Oberstes Ziel sollte die Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch Verlängerung der Liegedauer darstellen.



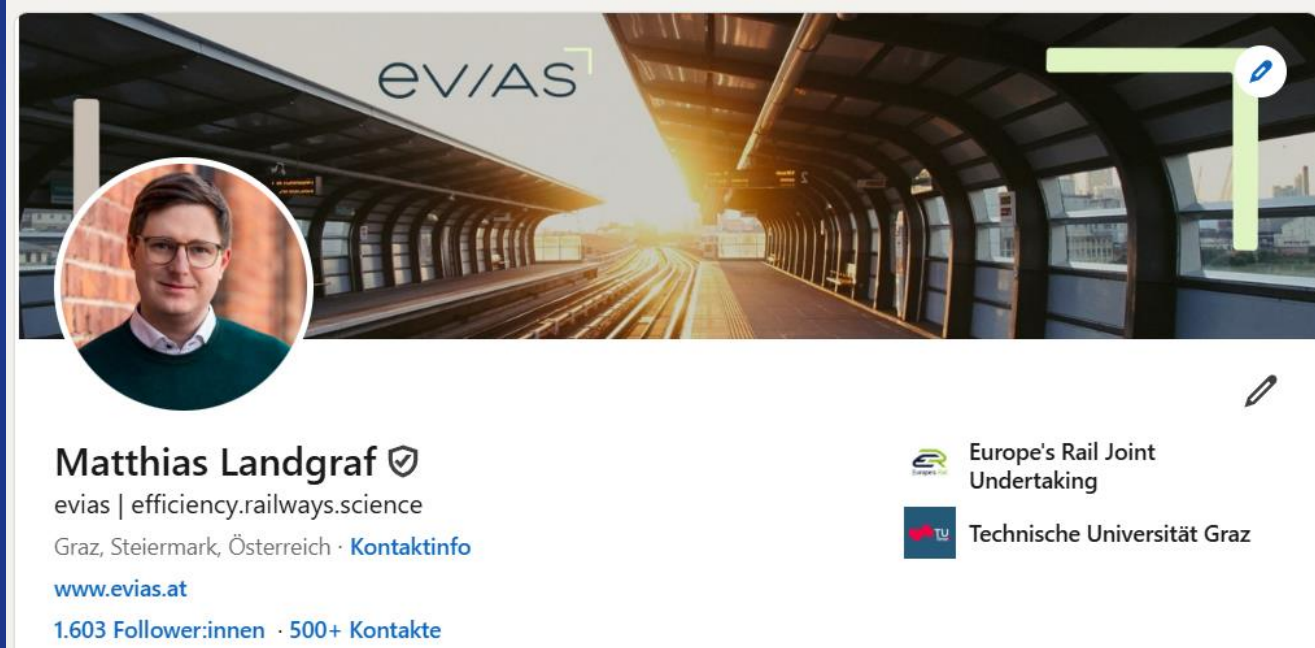
Für eine effektive Instandhaltungsplanung ist es essenziell, Unterhaltsdaten und Störungen präzise zu erfassen und zu dokumentieren.



Die Zustandsaufnahme der Fahrbahn erfolgt mithilfe von Messwagen, deren Auswertung wichtige Erkenntnisse liefert.



ZUKÜNFTIGE FRAGESTELLUNGEN.

- ① Finale Abgrenzung des Einsatzes unterschiedlicher Komponenten (bspw. hochfeste Stahlgüten) – *Fahrbahnmodell vif*
- ① Einsatz Fahrbahnkomponenten zur Verringerung der Spannungen am Unterbau/Untergrund – *Modell BG Dresden* **2025**
- ① Reduktion und Vergleichmässigung der Bogenatmung durch besohlte Betonschwellen (Einsatzbereiche analysieren)
- ① Verhalten und Einsatzbereiche von Kunststoffschwellen und hochdämpfenden Zwischenlagen analysieren. **mittelfristig**
- ① Anlagenmanagement: Datenmanagement, Auswertung, Analyse, Massnahmenableitung
- ① Automatisierte, datengestützte Evaluierung des Unterbau- und Schotterzustandes (Massnahmenableitung Erneuerung).
- ① Die Eingriffswerte der Gleisdaten des Messwagens sind für Meterspurbahnen zu überprüfen/validieren.
- ① Vorgehen zur Wiederverwendung von Schotter ist zu definieren.
- ① Ausbildung von Steifigkeitssprüngen: Brücken, Schwellen, Unterbau, ...
- ① Detailbetrachtung, Messdatenanalyse und Empfehlungen in Bezug auf Weichenbereiche. **langfristig**



The image shows a LinkedIn profile for Matthias Landgraf. The profile picture is a circular portrait of a man with glasses and a green sweater. The background of the profile banner is a photograph of a train station platform with tracks receding into the distance under a bright sky. The text 'evias' is visible in the top left of the banner. To the right of the banner is a green L-shaped cursor icon. Below the profile picture, the name 'Matthias Landgraf' is displayed with a verified badge. Underneath, it says 'evias | efficiency.railways.science'. The location is 'Graz, Steiermark, Österreich' with a 'Kontaktinfo' link. The website 'www.evias.at' is listed. At the bottom, it shows '1.603 Follower:innen · 500+ Kontakte'. To the right of the profile information are two logos: 'Europe's Rail Joint Undertaking' and 'Technische Universität Graz'.

Matthias Landgraf ✓
evias | efficiency.railways.science
Graz, Steiermark, Österreich · [Kontaktinfo](#)
www.evias.at
1.603 Follower:innen · 500+ Kontakte

 Europe's Rail Joint Undertaking
 Technische Universität Graz

matthias.landgraf@evias.at
Geschäftsführer
evias rail
www.evias.at



Fahrbahnformen: Empfehlungen für die Meterspur

Matthias Landgraf

Schulung RAILplus P4
03./04. April
Fribourg, CH

