



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Verkehr BAV

Ittigen, Dezember 2015

Synthesebericht

BAV-Projekt Fahrbahn Normalspurstrecken





Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	4
1 ZUSAMMENFASSUNG	5
2 AUSGANGSLAGE.....	8
3 PROJEKTZIEL UND VORGEHEN.....	9
3.1 ABGRENZUNG	9
3.2 ZIELE	9
3.3 STRUKTUR	10
3.4 VORGEHEN	13
4 ERGEBNISSE.....	15
4.1 ERGEBNISSE DER ANALYSEPHASE.....	15
4.1.1 Teilprojekt 1.....	15
4.1.1.1 Vorgehen	15
4.1.1.2 Erkenntnisse	17
4.1.1.3 Fazit.....	19
4.1.2 Teilprojekt 2.....	20
4.1.2.1 Vorgehen	20
4.1.2.2 Spezifische Charakteristik der NBS im Gegensatz zum Gesamtnetz	20
4.1.2.3 Erkenntnisse	21
4.1.2.4 Fazit.....	22
4.1.3 Teilprojekt 3.....	22
4.1.4 Teilprojekt 4.....	23
4.1.4.1 Vorgehen	23
4.1.4.2 Erkenntnisse: NetzBe SBB.....	23
4.1.4.3 Erkenntnisse: NetzBe BLS	24
4.1.4.4 Erkenntnisse NetzBe SOB.....	26
4.1.4.5 Fazit: Vergleich der Netzzustandsbericht von SBB, BLS und SOB.....	27
4.1.5 Teilprojekt 5.....	28
4.1.5.1 Vorgehen.....	28
4.1.5.2 Ergebnisse.....	28
4.1.5.3 Fazit des Teilprojektes 5.....	29
4.1.6 Teilprojekt 6.....	29
4.1.6.1 Vorgehen	29
4.1.6.2 Erkenntnisse	29
4.1.7 Fazit	34



4.2	ERGEBNISSE DER UMSETZUNGSPHASE	34
4.2.1	<i>Teilprojekt 3</i>	35
4.2.2	<i>Controlling-Massnahmen</i>	35
4.2.2.1	Einheitlich strukturierte Netzzustandsberichte	35
4.2.2.2	Einführung eines einheitlichen Prognosemodells	36
4.2.2.3	Aufnahme der Anlagenstrategie und deren Instrumente in den Zielen der künftigen Leistungsvereinbarungen	37
4.2.2.4	Anpassung Indikatoren und Kennzahlen für finanzielle Steuerung durch Bund	37
4.2.2.5	Anpassung der hoheitlichen Regelwerke	38
4.2.2.6	Vertiefung spezifischer Fachkenntnisse	38
4.2.3	<i>Massnahmen im Bereich Bau/Unterhalt der Infrastruktur</i>	38
4.2.3.1	Life-Cycle-Cost-Betrachtung	38
4.2.3.2	Einfachere Weichenkonzepte und verbesserte Trassierung	39
4.2.3.3	Verbesserung der Zustandserfassung der Fahrbahn	39
4.2.3.4	Technische Ausgestaltung der Fahrbahn	39
4.2.3.5	Vermeidung von Baumängeln	40
4.2.4	<i>Massnahmen im Fahrzeugbereich</i>	40
4.2.4.1	Zulassung von Fahrzeugen	40
4.2.4.2	Brancheninterne Abstimmung	40
4.2.4.3	Trassenpreis-Anpassung per 1.1.2017	40
4.2.4.4	Anreize zur Erzielung von Verbesserungen am bestehenden Rollmaterial	40
4.2.4.5	Mögliche Weiterentwicklungen des Trassenpreises	40
4.2.5	<i>Betriebliche Massnahmen</i>	41
4.2.5.1	Anpassung der Fahrgeschwindigkeit	41
4.2.5.2	Anpassung der Zugsläufe, der Zugskompositionen und der Fahrstrassen	41
4.2.5.3	Verbesserung der Kommunikation zwischen Infrastruktur und Verkehr	42
4.2.5.4	Spurkranzschmierung	42
4.2.6	<i>Auswirkung auf die Finanzierung</i>	42
5	ÜBERGEORDNETE THESEN	43
6	EMPFEHLUNGEN ZUR UMSETZUNG	45
7	ABSCHLUSS	47
	ANHANG 1: BEZEICHNUNG DER KATEGORIEN UND EINFLUSSPARAMETER	48
	ANHANG 2: HERLEITUNG DER MASSNAHMEN-PRIORISIERUNG	52



Abkürzungsverzeichnis

AB-EBV	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung
BAV	Bundesamt für Verkehr
BaRe	Bahnreform
BehiG	Behindertengleichstellungsgesetz
DFZ	Diagnosefahrzeug
DOSTO	Doppelstockwagen/-zug
EBV	Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen
FABI	Finanzierung und Ausbau der Bahninfrastruktur
ISB	Infrastrukturbetreiberinnen
LCC	Life-Cycle-Cost
LV	Leistungsvereinbarung
NBS	Neubaustrecke Mattstetten – Rothrist
NetzBe	Netzzustandsbericht
NNTV-CH	Schweizerischen Notifizierten Nationalen Technischen Vorschriften
RTE	Regelwerk Technik Eisenbahn
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SOB	Südostbahn
STEP	Strategisches Entwicklungsprogramm Bahninfrastruktur
TPF	Transports publics fribourgeois
TSI	Technische Spezifikationen für die Interoperabilität
Vmax	Höchstgeschwindigkeit
VöV	Verband öffentlicher Verkehr



1 Zusammenfassung

Die SBB hat im Mai 2013 festgestellt, dass sich der Anlagenzustand der Fahrbahn deutlich verschlechtert hat. Sie hat in der Folge verschiedene Studien ausgelöst. Die Ergebnisse wurden in einem Bericht zum Zustand Fahrbahn zusammengefasst. Der zusätzliche Mittelbedarf für die Fahrbahn ist beträchtlich. Die SBB hat verschiedene Massnahmen evaluiert und teilweise bereits beschlossen. Aufgrund der Bedeutung der Fragestellung für die Sicherheit und Verfügbarkeit sowie aufgrund der grossen finanziellen Auswirkungen hat das Bundesamt für Verkehr (BAV) im Februar 2014 entschieden, das Projekt Fahrbahn Normalspurstrecken mit einem Zeithorizont von rund zwei Jahren zu starten. Im Projekt sind folgende Ziele zu erreichen:

1. Bestehende Gutachten kritisch hinterfragen
2. Vorhandene Dokumente und internes Wissen zusammentragen, vernetzen, aufbereiten
3. Zusammenhänge besser verstehen und Know-how im BAV verbessern
4. Technische Verbesserungsvorschläge erkennen
5. Grundlage schaffen für Handlungsanweisungen und Inputs an BAV-Fachsektionen
6. Lösungsvorschläge zur langfristig gesicherten Finanzierung des Substanzerhalts der Bahn-Fahrbahn

Zur Erreichung dieser Ziele wurden folgende Vorgehensschritte bestimmt:

- Analysephase – Auslegeordnung erstellen:
Bestehende Unterlagen und Gutachten sind zu prüfen; Unklarheiten und vermeintliche Widersprüche sollen geklärt werden. Vergangene Entwicklungen im Bereich Fahrbahn, Rollmaterial und Betrieb werden transparent aufgezeigt. In einer Fallstudie werden für die Neubaustrecke Mattstetten - Rothrist vertiefte Abklärungen vorgenommen.
- Umsetzungsphase – Massnahmen entwickeln und prüfen sowie Finanzierungsvarianten aufzeigen:
Bereits beschlossene Massnahmen werden auf ihre Zweckmässigkeit und Vollständigkeit überprüft. Abhängigkeiten und Auswirkungen von Massnahmen werden aufgezeigt. Es wird geprüft, welche zusätzlichen technischen oder finanziellen Massnahmen im Zuständigkeitsbereich des BAV liegen. Die Massnahmen werden bewertet bezüglich Effizienz, Effektivität, Umsetzbarkeit und Zeithorizont.

Die Ergebnisse der Analysephase zeigen, dass die ermittelten Zusammenhänge der Hauptursachen und Hauptwirkungen umfangreich und komplex sind. Es lassen sich aber wichtige Erkenntnisse und Kernaussagen bezüglich der betrieblich-technischen Wirkungskette zwischen Beanspruchung und Widerstandsfähigkeit formulieren:



- Die Beanspruchung der Fahrbahn hat infolge von Angebotsverdichtungen, Geschwindigkeitserhöhungen sowie schwererem Rollmaterial, welches aufgrund von Markt- und Kundenanforderungen eingeführt wurde, in den letzten 20 bis 25 Jahren stark zugenommen.
- Die Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn hat auch bedingt durch mangelnde Zustandserfassungen, nicht konsequent umgesetzte Anlagenstrategien, fehlende Personalressourcen und Kostendruck in der gleichen Zeit nicht Schritt halten können. In der Folge hat sich das Verhältnis zwischen Widerstandsfähigkeit und Beanspruchung der Fahrbahn verschlechtert.

Aufgrund der relevanten Einflussparameter, deren Hauptwirkungen und unter Berücksichtigung ihrer Veränderung lassen sich für die Fallstudie Neubaustrecke Mattstetten - Rothrist folgende Aussagen machen:

- Die für das Gesamtnetz ermittelten Zusammenhänge der Hauptursachen und Hauptwirkungen werden für die Neubaustrecke bestätigt oder lassen sich im Falle von Abweichungen klar begründen.
- Die für die Beanspruchung der Fahrbahn massgebenden Einflussparameter waren als Folge des Systemscheiters für den Bau der Neubaustrecke bekannt und haben sich seither nicht mehr in relevantem Mass verändert.
- Die Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn hat sich aufgrund der beim Bau aufgetretenen Mängel sowie des nicht bedarfsgerecht ausgeführten Unterhalts vorzeitig verschlechtert.

Generell lässt sich feststellen, dass die Ursache-Wirkungs-Ketten nicht einfach und monokausal sind. Es besteht ein vielfältiges Zusammenspiel von zahlreichen Einflussparametern, was die Wirkung von einzelnen isolierten Massnahmen einschränkt. Erschwerend kommt hinzu, dass Wirkungen oft nur mit mehrjähriger zeitlicher Verzögerung eintreffen oder erkannt werden. Gerade im Fall von auftretenden Schäden bleibt die Situation längere Zeit mehr oder weniger stabil, bevor sich der Zustand exponentiell verschlechtert. Grundlagendaten über mehrere Jahre fehlen jedoch teilweise, was eine Analyse erschwert.

Für folgende Bereiche wurden Massnahmen geprüft und zusammengestellt:

- Controlling-Massnahmen
- Massnahmen im Bereich Bau/Unterhalt der Infrastruktur
- Massnahmen im Fahrzeugbereich
- Betriebliche Massnahmen

Der Projektausschuss hat im Lichte der Erkenntnisse der Analyse und aufgrund eines thematisch breiteren Erfahrungsschatzes übergeordnete, neben der Fahrbahn auch andere Fachgebiete betref-



fende Thesen entwickelt. Diese sollen mithelfen, die Entwicklungen der vergangenen Jahre einzuordnen, Lehren daraus zu ziehen und für das Gesamtsystem zweckmässige Massnahmen zu bestimmen.

Der Projektausschuss empfiehlt folgende Massnahmen mit hoher oder mittlerer Priorität zur Umsetzung bei den verschiedenen Akteuren:

Handlungsbedarf bei den amtsinternen Fachstellen:

- Anlagenstrategie und deren Instrumente in den Zielen der künftigen Leistungsvereinbarungen aufnehmen
- Anreize setzen zur Erzielung von Verbesserungen am bestehenden Rollmaterial
- Instrumente für die finanzielle Steuerung durch den Bund anpassen
- Hoheitliche Regelwerke anpassen
- Zulassung von Fahrzeugen mit streckenspezifischen Einschränkungen prüfen

Handlungsbedarf bei den Infrastrukturbetreiberinnen:

- Umfassende Life-Cycle-Cost-Betrachtung vornehmen und umsetzen
- Zustandserfassung der Fahrbahn verbessern
- Qualität sichern dank optimierten Abnahmeprozessen nach Bauarbeiten
- Langfristig einfachere Weichenkonzepte und verbesserte Trassierung anstreben
- Optimierte Fahrbahnkomponenten einbauen und abgestimmt auf die Beanspruchung die Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn sichern

Handlungsbedarf bei Verkehrsunternehmen unter Einbezug der Infrastrukturbetreiberinnen:

- Kommunikation zwischen den Sparten Infrastruktur und Verkehr verbessern
- Geschwindigkeitsreduktionen von Güterzügen und bei Fahrten über Weichenbereiche vor Bahnhöfen situativ überprüfen
- Linienkonzepte überprüfen, bessere Anpassung der Länge der Zugkompositionen an die Nachfrage und Reduktion von Fahrstrassen über zahlreiche Weichen auf Ablenkung
- Spurkranzschmierung beim Befahren von Strecken mit engen Bögen optimieren

Handlungsbedarf bei allen beteiligten Partnern:

- Fachkenntnisse und fahrbahn-spezifische, wissenschaftliche Forschung vertiefen



2 Ausgangslage

Die SBB hat im Mai 2013 festgestellt, dass sich der Anlagenzustand der Fahrbahn gegenüber dem Netzzustandsbericht 2012 deutlich verschlechtert hat. In der Folge fanden zwischen SBB und dem Bundesamt für Verkehr (BAV) Besprechungen zum weiteren Vorgehen statt. Es galt für die SBB bis Ende 2013 die Ursachen vertieft zu analysieren und Fragen zu klären.

Die SBB hat in der Folge verschiedene Studien ausgelöst. Die Ergebnisse wurden in einem Bericht zum Zustand Fahrbahn vom September 2013 zusammengefasst. Im Januar 2014 hat die SBB dem BAV zudem ein 'Integrales Gutachten zum Substanzerhaltungsbedarf Fahrbahn der SBB' eingereicht, welches die Teilgutachten zusammenfasst. Es werden darin verschiedene Ursachen als Grund für die Verschlechterung des Anlagenzustandes angeführt:

- Fahrzeugseitige Einflussfaktoren auf die Fahrbahn
- Unterschätzte Auswirkungen der Belastungszunahmen auf den Gleisoberbau
- Ungeeignete Unterhaltsstrategie in den Jahren bis 2010

Der zusätzliche Mittelbedarf für die Fahrbahn ist beträchtlich. Gegenüber den in der geltenden Leistungsvereinbarung (LV) LV 13–16 vereinbarten Zahlungen werden zusätzliche Unterhaltsmassnahmen von jährlich 70 bis 100 Millionen Franken geltend gemacht. Durch die Verkürzung der Nutzungsdauern sollen ab 2017 auch die Erneuerungsmassnahmen um jährlich 100 bis 160 Millionen Franken ansteigen. Insgesamt weist die SBB einen jährlichen Mehrbedarf für die Fahrbahn ab 2017 von 170 bis 260 Mio. Franken aus.

Die SBB hat verschiedene Massnahmen, mehrheitlich im kurativen aber auch präventiven Bereich, evaluiert und teilweise bereits beschlossen. So sollen in den Jahren 2014 bis 2016 insgesamt 220 Millionen Franken zusätzlich für Unterhaltsmassnahmen bei der Fahrbahn ausgegeben werden.

Die SBB untermauert ihre Forderungen und die ergriffenen Massnahmen mit mehreren Gutachten. Aufgrund der Bedeutung der Fragestellung für die Sicherheit und Verfügbarkeit sowie aufgrund der grossen finanziellen Auswirkungen ist es die Aufgabe des BAV, die dargestellten Entwicklungen zu hinterfragen. Dies umso mehr als sich auch bei andern Infrastrukturbetreiberinnen in jüngster Zeit Probleme mit dem Substanzerhalt der Fahrbahn abzeichnen. Die Thematik hat somit für das BAV eine hohe finanzielle und politische Bedeutung.



3 Projektziel und Vorgehen

Die Zusammenhänge des Mehrbedarfs sind komplex und betreffen mehrere Fachbereiche und Abteilungen des BAV. Die BAV-Direktion hat im Februar 2014 entschieden, ein Projekt mit einem Zeithorizont von rund zwei Jahren zu starten. Christoph Herren, Abteilung Politik, Sektion Direktionsgeschäfte, wurde als Projektleiter bestimmt.

Im Rahmen der Projekt-Initialisierung zeigte sich, dass BAV-intern an verschiedenen Stellen vertieftes Know-how vorhanden ist und Einzelaspekte in spezifischen Gremien und Arbeitsgruppen beleuchtet wurden und werden. Was hingegen fehlt, sind die Verknüpfung, der Gesamtüberblick über die Wirkungen und die Handlungsmöglichkeiten des BAV im Controlling-Regelkreis.

3.1 Abgrenzung

Das Projekt ist wie folgt abzugrenzen:

1. Sachliche Abgrenzung:

Das Projekt ist sachlich abzugrenzen auf den Substanzerhalt des Infrastruktur-Teiles "Fahrbahn" gemäss Definition. Zum Verständnis der Ursachen und Zusammenhänge ist jedoch der Blickwinkel zu öffnen auf die gesamte Wirkungskette im Zusammenspiel Rad - Schiene.

2. Perimeter-Abgrenzung:

Die Betrachtung ist auf das schweizerische Normalspurnetz zu begrenzen, wobei der Fokus auf den stark belasteten Strecken liegt. Eine Eingrenzung - z.B. auf das SBB-Netz - wäre zu eng und nicht zielführend, ebenso wenig eine Erweiterung auf die Schmalspurbahnen, welche sich in verschiedener Hinsicht deutlich unterscheiden.

3.2 Ziele

Im Projekt sind folgende Ziele zu erreichen:

1. Bestehende Gutachten kritisch hinterfragen
2. Vorhandene Dokumente und internes Wissen zusammentragen, vernetzen, aufbereiten
3. Zusammenhänge besser verstehen und Know-how im BAV verbessern
4. Technische Verbesserungsvorschläge erkennen
5. Grundlage schaffen für Handlungsanweisungen und Inputs an BAV-Fachsektionen
6. Lösungsvorschläge zur langfristig gesicherten Finanzierung des Substanzerhalts der Bahn-Fahrbahn



Der Substanzerhalt der Fahrbahn ist nicht isoliert zu optimieren, sondern mit Blick auf das Gesamtsystem Eisenbahn. Der Fokus liegt in der Zukunft und nicht in der Vergangenheit:

3.3 Struktur

Projektorganisation:

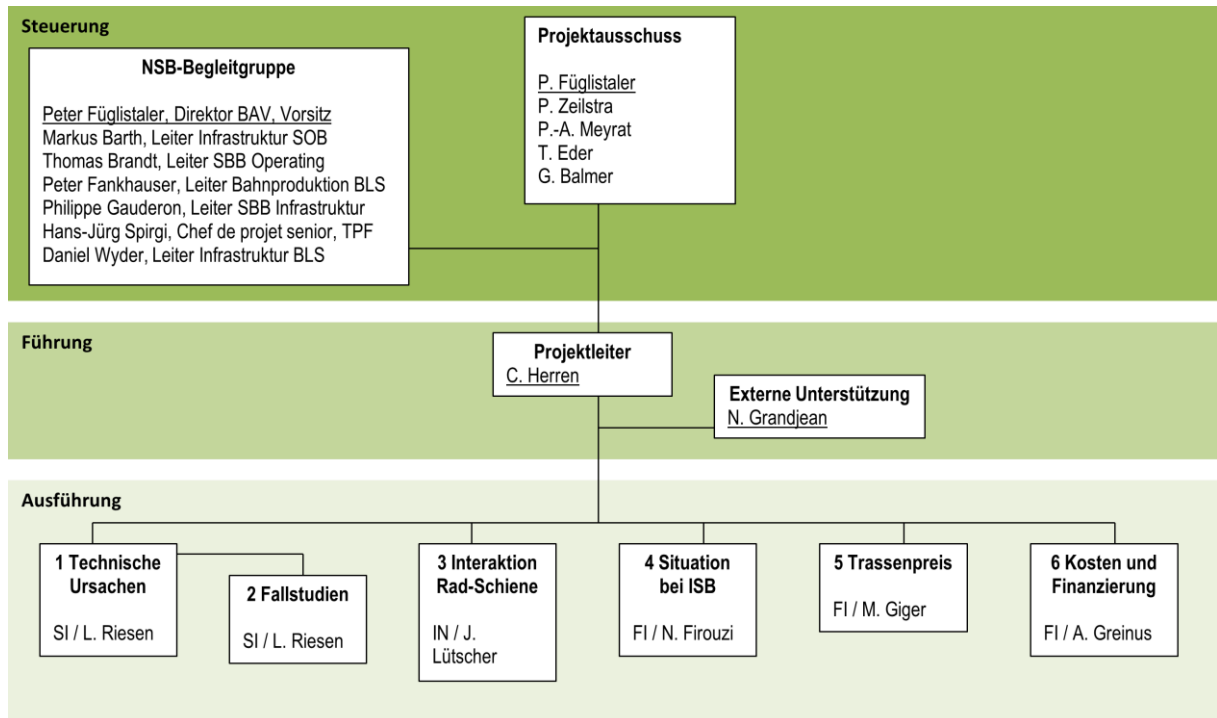


Abbildung 1: Projektorganisation

NSB-Begleitgruppe: Begleitgruppe mit Vertretern von Normalspurbahnen

Die Mitglieder und die Ziele der sechs einzelnen Teilprojekte sind in den folgenden Abschnitten aufgeführt.

Teilprojekt 1, Technische Ursachen

Mitglieder

Lorenz Riesen, Leitung
T. Schlusemann, Stv.
F. Fischer
M. Kohler
M. Hanhart
J. Lütscher

Ziele

- Aufzeigen der verschiedenen technischen und betrieblichen Einflussparameter und deren Wirkweise / Einfluss auf die Belastung resp. Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn.
- Aufzeigen der Veränderungen dieser Einflussparameter in den letzten ca. 20 – 25 Jahren (d.h. ab „vor Bahnreform 1“) und der Folgen dieser Veränderungen.



(C. Maurer)
(A. Greinus)
J. Edmaier, SBB
J. Holzfeind, SBB
U. Reichmann, SBB
P. Geiser, BLS
S. Hunn, SOB
Sekretariat: KPZ, Samstagern

- Qualitative Gewichtung des Einflusses dieser Einflussparameter auf die Belastung resp. Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn.
- Beseitigen von eventuell vorhandenen Missverständnissen und Unklarheiten bezüglich dieser Einflussparameter

Teilprojekt 2, Fallstudien

Mitglieder

Lorenz Riesen, Leitung
J. Edmaier, SBB
J. Holzfeind, SBB
H. Gartmann, BLS/SOB
Sekretariat: KPZ, Samstagern

Ziel

- Aufzeigen der Wirkweise der Einflussparameter auf die Belastung resp. Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn an konkreten, abgrenzbaren Beispielen.

Teilprojekt 3, Interaktion Rad-Schiene

Mitglieder

Jürg Lütscher, Leitung
U. Brotschi, Stv.
D. Kiener
L. Riesen
T. Schlusemann
T. Falk, SBB
T. Grossenbacher, SBB
J. Steingraber, SBB
W. Kling, BLS
Sekretariat: EBP, Zollikon

Ziele

- Umsetzung der Erkenntnisse aus den TP1 (und TP2) für den zukünftigen Betrieb von Normalspurbahnen.
- Konkrete Massnahmen zur kurzfristigen Verbesserung der Situation.
- Konkrete Szenarien für die zukünftige Entwicklung des Schweizer Normalspurbetriebs und Darstellung des Einflusses auf den Substanzerhalt Fahrbahn:
 - Empfehlungen für die technische Weiterentwicklung der Infrastruktur
 - Empfehlungen für die Ausgestaltung der Fahrzeuge
 - Empfehlungen für betriebliche Massnahmen
 - Empfehlung zur Anpassung der Regelwerke (Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen [EBV] / Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung [AB-EBV])

Das Teilprojekt 3 ist inhaltlich und personell eng verknüpft mit der bestehenden Arbeitsgruppe Fahrtechnik.



Teilprojekt 4, Situation bei Infrastrukturbetreiberinnen (ISB)

Mitglieder

Neshat Firouzi, Leitung
P. Jaggi, Stv.
M. Giger

Ziele

- Die Einflussparameter aus den heutigen Netzzustandsberichten sind analysiert und mit den Ergebnissen der verschiedenen Teilprojekte verglichen.
- Die Erkenntnisse für allfällig veränderte Anforderungen an künftige Netzzustandsberichte sind identifiziert.

Das Teilprojekt 4 ist inhaltlich und personell eng verknüpft mit der bestehenden Arbeitsgruppe Netzzustandsberichte vom Verband öffentlicher Verkehr (VöV).

Teilprojekt 5, Trassenpreis

Mitglieder

Markus Giger, Leitung
K. Kolden, Stv.
L. Riesen
T. Schlusemann
L. Mumenthaler
R. Schletti
B. von Känel

Ziele

- Die Wirkung der einzelnen Fahrzeugtypen auf den Verschleiss soll bekannt sein und in den Trassenpreisen abgebildet werden, um einen längerfristigen Anreiz zu schaffen, die Fahrzeuge "gleisschonender" zu konstruieren. Andererseits sollen die tatsächlich auf einer Strecke verkehrenden Fahrzeuge einen Trassenpreis zahlen, der nahe dem effektiven Verschleiss ist.
- Gewonnene Erkenntnisse des TP5 fliessen ins Gesamtprojekt ein und sind bei der Trassenpreis-Anpassung per 2017 oder bei späteren Anpassungen aufzunehmen.

Das Teilprojekt 5 ist inhaltlich und personell eng verknüpft mit der bestehenden Arbeitsgruppe Verschleissfaktor.

Teilprojekt 6, Kosten und Finanzierung

Mitglieder

Anne Greinus, Leitung
M. Giger, Stv.
N. Firouzi
M. Jampen
R. Schletti

Ziele

- Die vergangene Entwicklung der Kosten für den Unterhalt (Erfolgsrechnung) und die Erneuerung der Fahrbahn (Investitionsrechnung) der Anlagenkategorie Fahrbahn (Ober- und Unterbau) ist soweit möglich aufbereitet.
- Der künftige Finanzierungsbedarf ist plausibilisiert und die Finanzierungsvarianten sind aufgezeigt.



3.4 Vorgehen

Rahmenbedingungen

Das Projekt ist effizient und im Rahmen der verfügbaren personellen Ressourcen durchzuführen. Dies bedingt ein Aufbauen auf bereits bestehenden Grundlagen und eine enge Koordination mit anderen laufenden Projekten und Aufträgen mit Nahtstellen zum vorliegenden Projekt.

Vorgehensschritte

In der Konzeptphase wurden folgende Vorgehensschritte bestimmt:

- Analysephase – Auslegeordnung erstellen:
Bestehende Unterlagen und Gutachten sind kritisch zu hinterfragen und auf ihre Konsistenz hin zu prüfen; Unklarheiten und vermeintliche Widersprüche sollen geklärt werden. Vergangene Entwicklungen im Bereich Fahrbahn (Bau und Unterhalt), Rollmaterial (Bau und Unterhalt) und Betrieb werden transparent aufgezeigt. In einer Fallstudie werden für die Neubaustrecke Mattstetten - Rothrist (NBS) vertiefte Abklärungen vorgenommen.

Der umfassenden Auslegeordnung dienen auch die Erkenntnisse aus Arbeiten, Abklärungen und Projekten mit Anknüpfungspunkten zum Substanzerhalt der Fahrbahn. Dazu gehören insbesondere die Arbeitsgruppe Fahrtechnik, die Abklärungen bezüglich Trassenpreis, die Netz-zustandsberichte der Bahnen sowie die Controlling-Gespräche bezüglich der Leistungsvereinbarungen.

- Umsetzungsphase – Massnahmen entwickeln und prüfen sowie Finanzierungsvarianten aufzeigen:
Zu den einzelnen Teilprojekten werden Berichte mit Massnahmenvorschlägen zuhanden des Projektausschusses erstellt.

Bereits beschlossene Massnahmen werden auf ihre Zweckmässigkeit und Vollständigkeit überprüft. Abhängigkeiten und Auswirkungen von Massnahmen werden aufgezeigt. Es wird weiter abgeklärt, welche zusätzlichen Massnahmen im Zuständigkeitsbereich der Bahnen (nicht beschränkt auf Infrastruktursparte) liegen. Die Massnahmen werden bewertet bzgl. Effizienz, Effektivität, Umsetzbarkeit und Zeithorizont.

Es wird geprüft, welche zusätzlichen technischen oder finanziellen Massnahmen im Zuständigkeitsbereich des BAV liegen. Die Massnahmen werden bewertet bzgl. Effizienz, Effektivität, Umsetzbarkeit und Zeithorizont.



Für die Finanzierung des Mehrbedarfs werden Möglichkeiten und Vorgehensvarianten aufgezeigt und bewertet.

Zeitplan

Termin	2014												2015									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Meilenstein 1: Projektfreigabe in DS	07.04.14	◆																				
Konzeptphase		■	■	■																		
Meilenstein 2: Abschluss Konzeptphase	30.06.14			◆																		
Analysephase				■	■	■	■	■	■	■	■	■										
Meilenstein 3: Abschluss Analysephase	30.03.15											◆										
Umsetzungsphase													■	■	■	■	■	■	■			
Meilenstein 4: Abschluss Umsetzungsphase	30.08.15																	◆				
Synthesebericht																		■	■			
Meilenstein 5: Projektabschluss in DS	31.10.15																		◆			

Der Zeitplan konnte weitgehend eingehalten werden. Die Konzeptphase wurde vom Projektausschuss am 2. Juli 14 abgeschlossen, die Analysephase am 18. Mai 15 und die Umsetzungsphase am 4. November 15. Der Projektabschluss ist für den 23. November 15 geplant.

Arbeitsweise

Jedes Teilprojekt arbeitete selbständig und dokumentierte die Vorgehensschritte und die gewonnenen Erkenntnisse in Standberichten und internen Teilprojektberichten. Die Koordination mit der Projektleitung und unter den Teilprojekten erfolgte insbesondere im Rahmen der Projektteam-Sitzungen. Vorgehen und Inhalte wurden jeweils in der Begleitgruppe und im Projektausschuss beraten und konsolidiert.



4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der Analysephase

4.1.1 Teilprojekt 1

4.1.1.1 Vorgehen

Zusammentragung von Expertenwissen

Es wurde nicht eine wissenschaftlich vollständige Aufzählung aller Einflussparameter gesucht, sondern das Herausschälen der in der Schweiz relevanten Parameter und deren Wirkweise im Sinne eines expert judgement.

Zuerst wurde das beim BAV und den Bahnen vorhandene Expertenwissen mittels einer breiten strukturierten Umfrage abgeholt. Auf der Basis der Umfrageergebnisse wurden die 217 erhaltenen Aussagen nach 58 massgebenden Einflussparametern geordnet, die nach ihrem Einfluss auf die Beanspruchung resp. Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn gewichtet wurden. Diese Parameter wurden in den folgenden Kategorien zusammengefasst:



Abbildung 2: Kategorien der Einflussparameter

Die vollständige Liste der Einflussparameter findet sich im Anhang 1.



Schnittstelle zu den nicht-technischen Parametern

Es gibt nicht-technische Parameter, die ausserhalb des betrachteten technisch/betrieblichen Systems "Beanspruchung / Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn" liegen, die auf das System einen Einfluss haben oder von diesem beeinflusst werden. Dies sind die Finanzierung, welche sowohl auf die Beanspruchung durch Züge als auch auf die Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn wirkt, und die Anforderungen der Kunden des Personen- und Güterverkehrs. Diese Parameter sind ausgewiesen, wirken aber auf das System über eine Schnittstelle, wie auf der Abbildung 3 dargestellt:

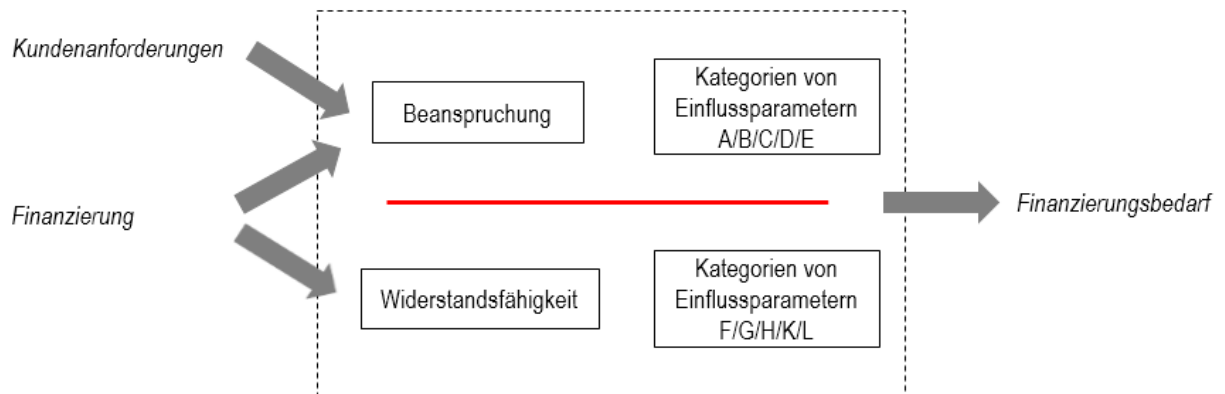


Abbildung 3: Schnittstelle zwischen nicht-technischen Parametern und technisch/betrieblichem System

Wirkweise und Veränderung der Einflussparameter

Die Wirkungen der Veränderungen von jedem Parameter auf die anderen wurden untersucht und graphisch dargestellt. Dabei wurde auch untersucht, mit welchen Einflussparametern die Ursache resp. die Wirkung beeinflusst werden kann, wie auf Abbildung 4 beispielhaft gezeigt:

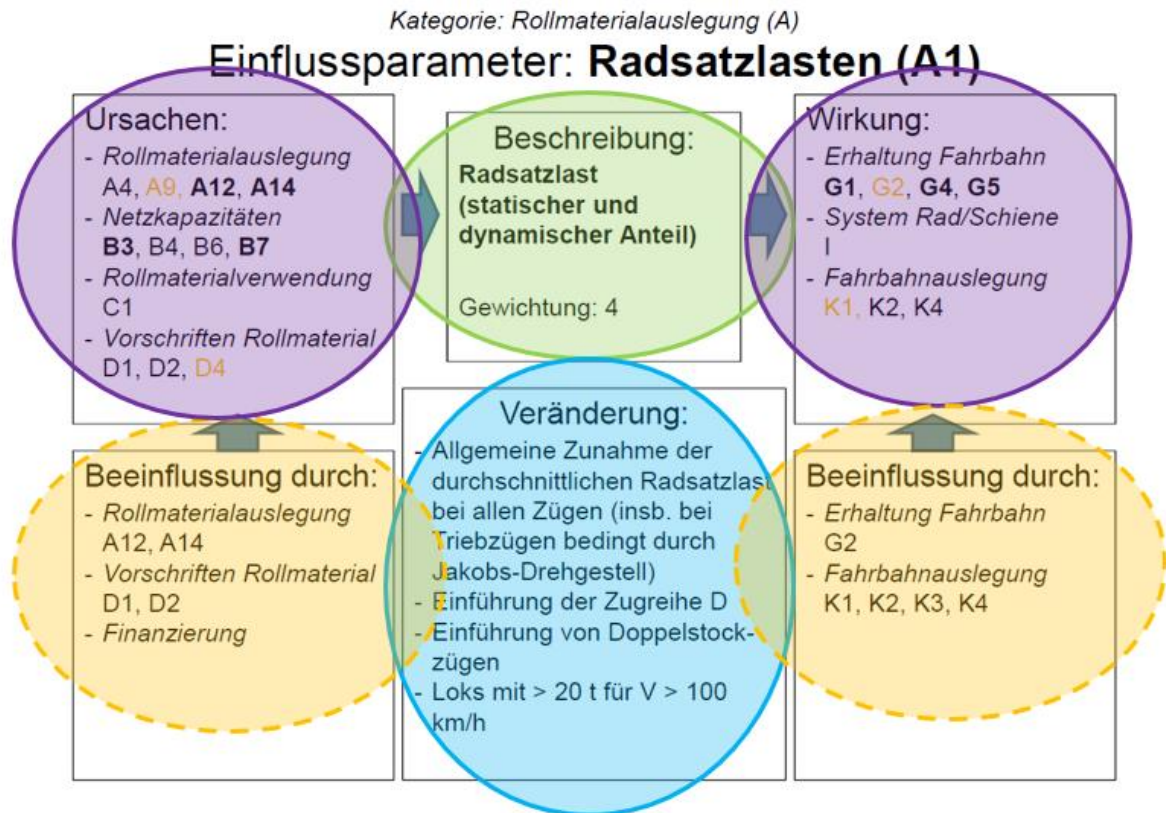


Abbildung 4: Beispiel eines beschriebenen Parameters mit Darstellung von Veränderung, Ursachen und Wirkung

4.1.1.2 Erkenntnisse

Hauptzusammenhänge

Für verschiedenste technische und betriebliche Einflussparameter konnten die Wirkweise und deren Einfluss auf die Beanspruchung resp. Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn detailliert dargestellt werden. Weiter wurden die Veränderungen der Einflussparameter über die letzten 20 bis 25 Jahre qualitativ dokumentiert.

Die mit Abstand stärksten Wirkungen der wichtigen Einflussparameter auf Seite Beanspruchung konzentrieren sich nicht unerwartet bei den Einflussparametern Schienenfehler (G1), Unterhalt Technik (G2) und Aktueller Zustand Fahrbahn (G4). Letzterer wirkt dann direkt wieder auf die Einflussparameter Schienenfehler (G1) und Unterhalt Technik (G2).

Die Einflussparameter Schienenfehler (G1), Unterhalt Technik (G2) und Aktueller Zustand Fahrbahn (G4) stehen in einer Wechselwirkung zueinander. Schienenfehler (G1) wirken (negativ) auf den Zu-



stand der Fahrbahn (G4) und verlangen technischen Unterhalt (G2). Auf der anderen Seite können über den technischen Unterhalt der aktuelle Zustand (G4) verbessert und Schienenfehler (G1) eliminiert werden.

Diese Massnahmen verursachen Kosten für den Unterhalt (G3), welcher einen Finanzierungsbedarf auslöst. Wird z. B. von der „Finanzierung“ zu wenig Geld für die zu erwartenden Kosten zur Verfügung gestellt, so beeinflusst dies wiederum den technischen Unterhalt (G2). Eine zeitliche Verschiebung von Unterhaltsarbeiten beeinflusst den aktuellen Zustand der Fahrbahn (G4) negativ.

Kernaussagen

- Die Pflichtenheftanforderungen und der Fahrzeugpreis des Rollmaterials beeinflussen die Beschaffung des Rollmaterials und haben eine massgebende Wirkung auf die Drehgestellkonstruktion und die Radsatzlasten. Kostengünstiges, schweres Rollmaterial mit technisch einfachen Drehgestellen kann die Infrastruktur übermässig belasten und häufiger zu Schienenfehlern führen.
- Die Markt- / Kundenanforderungen, welche in der Regel sehr früh in einem Änderungsprozess definiert werden, haben einen grossen Einfluss auf die Beanspruchung der Fahrbahn. Eine Fahrplanverdichtung und die höhere Netznutzung verlangen Geschwindigkeitserhöhung und die Ausnutzung der lokalen Maximalgeschwindigkeit. Dies löst unmittelbar Schienenfehler aus. Attraktivere Fahrpläne mit kürzeren Reisezeiten belasten tendenziell die Eisenbahninfrastruktur stärker.
- Die Einführung des S-Bahnbetriebes hat in gewissen Regionen aufgrund einheitlicher Rollmaterialflotten, standardisierten Haltepunkten und Fahrweisen dazu geführt, dass Schienenfehler an bestimmten Orten aufgrund des artreinen Verkehrs zunehmen. Diese Ursachen haben zur Folge, dass mehr Unterhalt in Form von Schienenschleifen gemacht werden muss, mit entsprechend höheren Unterhaltskosten.
- Der Einbau des geeigneten Fahrbahnmaterials beeinflusst massgeblich den aktuellen Zustand der Fahrbahn. Aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsdauer der einzelnen Komponenten kann unter Umständen nicht schnell genug auf die Veränderungen der Rollmaterialauslegung und -verwendung reagiert werden, was zu erhöhtem Unterhalt führt. Insbesondere beim Unterbau wirken sich kurzfristiges Denken (Minimalstandard) und mangelhafte Einbauqualität bei einer angestrebten Nutzungsdauer von 40 bis zu 100 Jahren letztlich kostentreibend aus.
- Wird aus kurzfristiger finanzieller Optimierung der Fahrbahnunterhalt vernachlässigt, führt dies bei gleichzeitig höherer Belastung durch das Rollmaterial oder bei Einsatz von nicht optimalem Rollmaterial zu einem finanziellen Teufelskreis.



Veränderung der wichtigsten Einflussparameter

In den letzten 20 bis 25 Jahren haben sich wichtige Einflussparameter zum Teil stark verändert. Zusammengefasst kann man sagen, dass die Beanspruchung der Fahrbahn systematisch zugenommen hat, so etwa durch Zunahme der durchschnittlichen Radsatzlast durch Doppelstockzüge und schwere Güterzüge, Erhöhung der Geschwindigkeiten und Fahrplanverdichtungen.

In der gleichen Zeit wurde die Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn nicht in gleichem Masse erhöht. Gewisse Veränderungen gingen gar in die entgegengesetzte Richtung, so der Wechsel von präventivem auf kurativem Unterhalt aufgrund von geänderter Substanzerhaltungsstrategie, Verschieben von Unterhaltsarbeiten wegen fehlenden Ressourcen und Reduktion der Überwachung.

Das Verhältnis zwischen Widerstandsfähigkeit und Beanspruchung der Fahrbahn hat sich kontinuierlich verschlechtert.

Weiter zu beachten ist der Einfluss der in den letzten Jahren vollzogenen Organisationsänderung der Infrastrukturbetreiber mit der Tendenz zu Outsourcing von Arbeiten und gleichzeitiger Einsparung bei Bauüberwachung und Bauabnahmen. Dies kann zu einer schlechteren Anfangsqualität führen, was die Lebenszeit der Anlage verkürzt.

4.1.1.3 Fazit

Die ermittelten Zusammenhänge der Hauptursachen und Hauptwirkungen sind umfangreich und komplex. Es lassen sich daraus aber wichtige Erkenntnisse und Kernaussagen bezüglich der betrieblich-technischen Wirkungskette zwischen Beanspruchung und Widerstandsfähigkeit formulieren:

- Die Beanspruchung der Fahrbahn hat infolge von Angebotsverdichtungen, Geschwindigkeitserhöhungen sowie schwererem Rollmaterial, welches aufgrund von Markt- / Kundenanforderungen eingeführt wurde, in den letzten 20 bis 25 Jahren stark zugenommen.
- Die Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn hat auch bedingt durch mangelnde Zustandserfassungen, nicht konsequent umgesetzte Anlagenstrategien, durch fehlende Ressourcen (Personen / Maschinen / Intervalle) und Kostendruck in der gleichen Zeit nicht Schritt halten können. In der Folge hat sich das Verhältnis zwischen Widerstandsfähigkeit und Beanspruchung der Fahrbahn verschlechtert.

Dies hat einen negativen Einfluss auf die kurzfristig notwendigen Aufwendungen zur Gewährleistung eines sicheren Bahnbetriebs. Es bestätigt sich, dass einseitige und kurzfristige Kostenoptimierungen und der fehlende Einbezug der Gesamtsystem-Wirkungen (u.a. Rad-Schiene-Interaktion) langfristig zu einem grossen Nachholbedarf führen können.

Die im TP1 aufgezeigten Wirkungsketten der Einflussparameter auf die Belastung und die Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn werden im TP2 am Fallbeispiel der Neubaustrecke Mattstetten - Rothrist (NBS) nachvollzogen.



4.1.2 Teilprojekt 2

4.1.2.1 Vorgehen

Ausgehend von den Arbeiten von TP1 hat das TP2-Projektteam die relevanten Veränderungen sowie die massgebenden Hauptursachen und Hauptwirkungen exemplarisch für die Fallstudie an der Neubaustrecke Mattstetten – Rothrist (NBS) ermittelt. Die 2004 in Betrieb genommene NBS ist eine gut dokumentierte, klar abgrenzbare Strecke.

Die Kategorien und die Unterteilung in 58 Einflussparameter wurden unverändert vom TP1 übernommen (vgl. Anhang 1).

In der Folge wurden die für die NBS massgebenden Hauptursachen, Hauptwirkungen und Veränderungen pro Einflussparameter tabellarisch zusammengefasst. Parallel dazu wurde durch das Projektteam die Gewichtung der aus Sicht NBS massgebenden Einflussparameter überprüft und wo nötig angepasst.

4.1.2.2 Spezifische Charakteristik der NBS im Gegensatz zum Gesamtnetz

Eine Charakteristik der NBS ist die Tatsache, dass für den Bau und Betrieb der NBS die folgenden Aspekte durch das gewählte Konzept klar bestimmt sind:

- Streckenkapazität gemäss Anforderungen von Bahn 2000 (NBS als Herzstück des Konzeptes Bahn 2000).
- Anforderungen an Trassierung und Aufbau der Fahrbahn für eine betriebliche Höchstgeschwindigkeit von $V_{max} = 200$ km/h.
- Unterhaltskonzept „Fahren oder Erhalten“ und damit (teilweisen) Ersatz des Streckenwärters durch die Funktionalitäten des Diagnosefahrzeuges (DFZ).
- Bau neuer Fahrzeuge resp. Ertüchtigung bestehender Fahrzeuge für den Personenverkehr für $V_{max} = 200$ km/h.
- Güterverkehr mit Zugreihe D bei $V_{max} = 100$ km/h

Diese für die NBS typischen Merkmale werden unter dem Begriff „Systementscheid NBS“ zusammengefasst.



4.1.2.3 Erkenntnisse

Hauptzusammenhänge

Aufgrund der für die NBS massgebenden Einflussparameter und deren Hauptursachen und Hauptwirkungen wurden diese analog zum TP1 dargestellt und beurteilt.

Kernaussagen

Einfluss Rollmaterial:

Das auf der NBS für die Geschwindigkeiten bis 200 km/h zugelassene Rollmaterial wurde dafür ausgelegt respektive angepasst. Dabei hat der dynamische Anteil der Radsatzlasten aufgrund von höheren Geschwindigkeiten eine höhere Beanspruchung der Fahrbahn zur Folge. Dies wirkt auf den aktuellen Zustand der Fahrbahn und führt rascher zu gewissen Schienenfehlern.

Einfluss Fahrbahn:

Grundsätzlich wurde die NBS-Fahrbahn auf die durch den obgenannten „Systementscheid NBS“ gegebene Erhöhung der Beanspruchung der Fahrbahn ausgelegt.

Die heterogene Bauweise mit vier sich laufend abwechselnden Oberbausystemen, die mangelnde Einbauqualität (z.B. Übergänge Feste Fahrbahn - Schotter, überdimensionierte Schotterbettdicken mit steilen Flanken) und unklare Bauabnahmen führen zu einer vorzeitigen Verschlechterung der Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn.

Einfluss Überwachungs- und Unterhaltskonzept:

Bezüglich der Einflussparameter Unterhalt Technik und Überwachung Fahrbahn ist festzuhalten, dass aufgrund der kurzen, fixen Unterhaltsintervalle (Konzept „Fahren oder Erhalten“), dem auf ein Minimum reduzierten kurativen Unterhalt sowie der nicht oder zu spät entdeckten Schienenfehler nicht genügend auf die höhere Beanspruchung und die Effekte der unterschiedlichen Gesamtsteifigkeiten der Fahrbahn reagiert wurde.

Die oben beschriebene Beanspruchung und die reduzierte Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn wurden bei der Planung und Durchführung einer entsprechenden Überwachung und eines adäquaten präventiven Unterhalts nicht respektive zu wenig berücksichtigt. Dies führte auf der NBS zu einer starken Verkürzung der Lebensdauer der Anlage.



Veränderung der für die NBS wichtigsten Einflussparameter

Auf der Seite der Beanspruchung der Fahrbahn waren die massgebenden Einflussparameter als Folge des Systemscheides für den Bau der NBS bekannt und haben sich seither nicht mehr in relevantem Mass verändert.

Aufgrund den gegenüber dem Gesamtnetz höheren dynamischen Kräften als Folge des höheren Geschwindigkeitsniveaus kommt dem Zustand des Rollmaterials eine grössere Bedeutung zu. Die NBS profitiert hier von den Massnahmen für das Gesamtnetz, wie z.B. Radsatzcheckpoints und Überwachungsmassnahmen Rollmaterial.

Auf Seite der Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn kann festgehalten werden, dass sich diese aufgrund der beim Bau aufgetretenen Mängel sowie dem nicht bedarfsgerecht ausgeführten Unterhalt vorzeitig verschlechtert hat. Umstritten bleibt, inwieweit das beim Bau der NBS gewählte Totalunternehmer-Modell und der teilweise ungenügende Einbezug der Fachbereiche Auswirkungen auf die Qualität der Projektausführung hatte.

4.1.2.4 Fazit

Aufgrund der relevanten Einflussparameter, deren Hauptwirkungen und unter Berücksichtigung ihrer Veränderung lassen sich für die Fallstudie NBS folgende Aussagen machen:

- Die im TP1 für das Gesamtnetz ermittelten Zusammenhänge der Hauptursachen und Hauptwirkungen werden für die Fallstudie NBS bestätigt oder lassen sich im Falle von Abweichungen klar begründen.
- Die für die Beanspruchung der Fahrbahn massgebenden Einflussparameter waren als Folge des Systemscheides NBS für den Bau der NBS bekannt und haben sich seither nicht mehr in relevantem Mass verändert.
- Die Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn hat sich aufgrund der beim Bau aufgetretenen Mängel sowie des nicht bedarfsgerecht ausgeführten Unterhalts vorzeitig verschlechtert.

4.1.3 Teilprojekt 3

Teilprojekt 3 befasste sich schwergewichtig mit der Umsetzung. Vorgehen und Ergebnisse sind daher im folgenden Kapitel 4.2 dargestellt.



4.1.4 Teilprojekt 4

4.1.4.1 Vorgehen

Das Ziel eines Netzzustandsberichtes (NetzBe) ist es, den aktuellen Zustand der Infrastrukturanlagen darzulegen. Die Entwicklung des Zustands soll helfen, die Einflussparameter und die daraus gezogenen Handlungsfelder zu identifizieren, die Prioritäten zu setzen und zu sehen, wie gut die definierten Ziele erreicht wurden. Es soll somit hauptsächlich als Führungs- und Kontrollsystem für die ISB eingesetzt werden und nur subsidiär für die Berichterstattung an das BAV dienen.

Die Bedeutung einer systematischen Zustandserfassung und -beurteilung der verschiedenen Fahrbahnkomponenten hat in den letzten Jahren stark zugenommen, auch im Zusammenhang mit den Verhandlungen zu den Leistungsvereinbarungen.

Das TP4 hat daher die Beurteilungsmethodik, die Zustandsentwicklung, die Einflussparameter und das Mengengerüst aus den NetzBe 2011-2013 für SBB, BLS und SOB zusammengefasst und analysiert.

4.1.4.2 Erkenntnisse: NetzBe SBB

Methodik

Die SBB bewertet den Zustand Ihrer Anlagen nach drei Kriterien: **Substanz** (beispielsweise Restlebensdauer), **Verfügbarkeit** (beispielsweise Zeiten ausser Betrieb) und **Sicherheit** (beispielsweise Sicherheitsereignisse).

Die SBB hat für die Zustandsbewertung ihrer rund 50 Anlagenarten **40 verschiedene Kennzahlen** identifiziert. Diese werden in einem gewichteten Bewertungssystem zu Noten aggregiert.

Zustandsentwicklung (Nutzungsdauer)

Bei der SBB ist festzuhalten, dass sich der Anlagezustand der Fahrbahn gesamthaft zwischen 2011 und 2012 um 0.2 Punkte auf 4.71 Punkte verbessert hat, jedoch unter dem von den SBB selber festgelegten Soll-Wert von 4.81 bleibt. Im Jahre 2013 wurde eine deutliche Verschlechterung auf 4.15 Punkte festgestellt. Dieser Wert soll den tatsächlichen Zustand der Anlagen realistischer widerspiegeln, da ab 2013 neue Prognosemittel und Messinstrumente zum Einsatz gekommen sind.

Gemäss SBB ist ein wesentlicher Grund für die schlechteren Werte die allgemeine Überalterung der Gleisanlagen, welche das Kriterium Substanz beeinflusst.

Was die Verfügbarkeit angeht, verschlechterte sich die Situation im Jahre 2013 durch die Häufung von Schienenfehlern und den daraus folgenden Unterhaltsarbeiten und Sicherheitsmassnahmen.



Einflussparameter

Die Parameter, die laut SBB diese Entwicklung beeinflussen, decken sich in den groben Zügen mit denjenigen, die im Rahmen von TP1 und TP2 identifiziert wurden. Die SBB nennt hauptsächlich die Netzbelastung, die seit 1995 um rund 30 Prozent gestiegen ist, und gleichzeitig die Entwicklung des leistungsstärkeren Rollmaterials (Doppelstockzüge, höhere Geschwindigkeiten, grössere Beschleunigungen). Gleichzeitig nahmen die Substanzerhaltungsmengen ab.

Mengengerüst

Gemäss NetzBe SBB wurde der kalkulierte Nachholbedarf 2013 gegenüber 2012 um 47 % auf 1'275 Millionen Franken erhöht. Weil die veralteten Anlagen immer mehr Mittel benötigen, entziehen sie den weniger alten Anlagen mehr und mehr die Unterhaltungsmittel. Diesen Trend gelte es zu brechen.

Um das Substanzniveau zu halten, wurde in der Periode 2013–2016 die jährlichen Erneuerungsmengen auf 190 km gesteigert, was 10 km über der Vorgabe der Leistungsvereinbarung 2013–2016 liegt. Es ist geplant, die Erneuerungsmengen ab 2017 progressiv bis zu jährlich 245 km zu erhöhen, um den Nachholbedarf innerhalb von 20 Jahren erheblich zu reduzieren.

Um von der reaktiven zur proaktiven Substanzerhaltung zurückzufinden, sollen die Mengen im laufenden Unterhalt (Stopfen, Schleifen) sofort erhöht werden. Beim Stopfen sind im Jahr 2019 rund 925 km geplant (2013: rund 420 km), beim Schleifen rund 1725 km (2013: rund 800 km).

4.1.4.3 Erkenntnisse: NetzBe BLS

Methodik

Der NetzBe der BLS Netz AG fokussiert wie bei der SBB auf **Zustand, Sicherheit und Verfügbarkeit** der Anlagen. Obwohl die Zustandserfassung im NetzBe 2013 noch ohne Benotung erfolgt, ermöglicht dieser einen guten Überblick über die Einflussparameter mit dem daraus identifizierten Handlungsbedarf.

Zustandsentwicklung (Nutzungsdauer)

Der Zustand des Oberbaus wird anhand der bestehenden Altersstruktur bewertet. Im Allgemeinen wird der Zustand der Fahrbahn im Netz der BLS Netz AG als genügend bis gut bewertet. Eine finanzielle Herausforderung stellt der Lötschberg-Scheiteltunnel dar, dessen Fahrbahn erneuert werden muss.

Ein erwähnenswerter Punkt ist die erwartete Nutzungsdauer bei den Gleisanlagen und den Weichen, die im 2013 46 Jahre beträgt. Anders als bei der SBB, welche die erwartete Nutzungsdauer neu auf 33 Jahre festgelegt hat, wurde die geplante Nutzungsdauer nicht reduziert, obwohl bei der BLS die Belastung ebenfalls steigt.



Wie bei der SBB bewertet die BLS Netz AG die geplante Nutzungsdauer, zeigt aber gleichzeitig die bestehende Altersstruktur (siehe Abbildung 5). Die Hälfte der BLS-Gleise sind weniger als 13 Jahre alt (grün dargestellt). Die älteren Gleisanlagen sind gelb dargestellt, solche mit einem Alter über 46 Jahren rot.

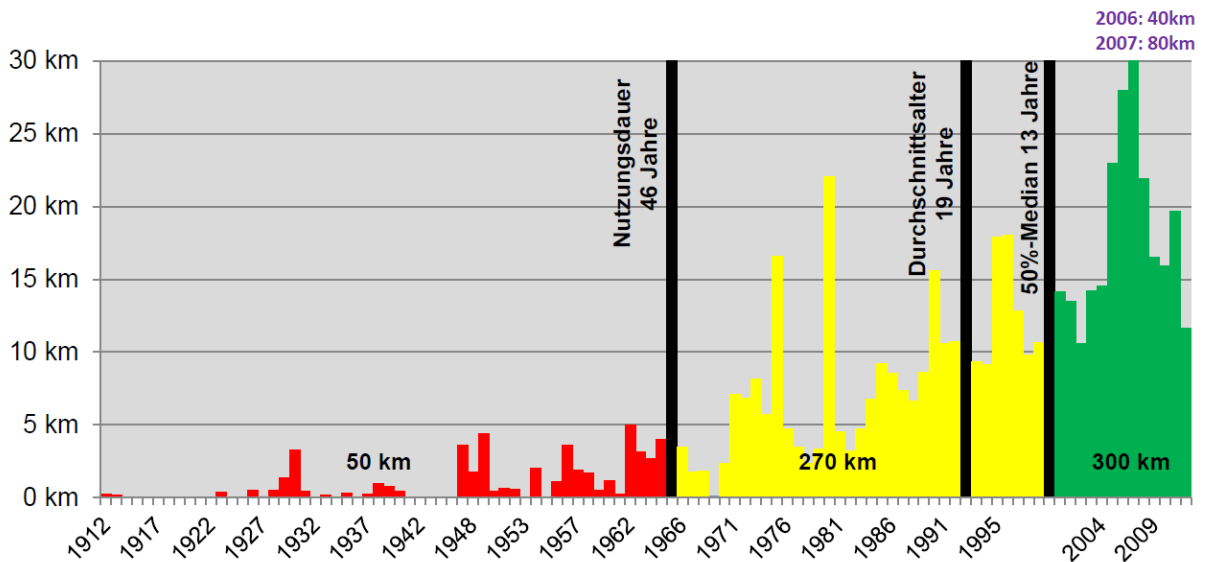


Abbildung 5: Altersverteilung der Gleise – Stand 2013 (Quelle: NetzBe BLS 2013)

Einflussparameter

Im NetzBe der BLS AG sind die Einflussparameter vielseitig und detailliert beschrieben. Gemäss BLS Netz AG besteht aufgrund **steigender Anforderungen infolge Mehrverkehrs**, grösserer Achslasten und ausgereizten Geschwindigkeiten ein Nachholbedarf.

Bei den Weichen wird ebenfalls auf vermehrten **Einsatz von Betonschwellen** gesetzt. Ein vielversprechendes Element sind gemäss BLS Netz AG **Schwellen aus Kunstholz**. Erste Einbauversuche zur Erlangung einer Betriebsbewilligung fanden auf dem BLS-Netz im 2014 statt.

Die BLS Netz AG leitet daraus den Handlungsbedarf hauptsächlich bei den Investitionen resp. Erneuerungen ab.

An den **Unterbau** wurden früher geringere Ansprüche gestellt. Nun bestehen strukturelle Mängel bezüglich teilweise fehlender Foundationsschichten und Entwässerungen oder fehlender Quergefälle für rasches Ableiten des Wassers.



Problematisch für den **Oberbau** sind die durch geografische Verhältnisse entstandenen Trassierungen mit Radien unter 250 Meter. In solch engen Verhältnissen sind Auflagen bezüglich der Materialanwendung (Schwellenart und Schienenprofil) zu berücksichtigen, was zu Widersprüchen mit übergeordneten Anforderungen, beispielsweise die Interoperabilität, führen kann. Streckenbegradigungen müssen deshalb überprüft werden, stossen aus wirtschaftlichen Überlegungen aber rasch an Grenzen.

Mengengerüst

Die BLS Netz AG hat die Menge an Fahrbahnkomponenten in den letzten zwei Jahren leicht gesenkt, indem sie Weichen ausgebaut, Bahnübergänge aufgehoben und die Strecken Sumiswald – Huttwil und Sumiswald – Wasen stillgelegt bzw. abgetreten hat. Besonders auffallend ist der **Rückgang der Holzschwellen bei den Gleisanlagen und Weichen**. Stark gestiegen ist jedoch der Anteil an Betonschwellen.

Bei der BLS Netz AG ist die Mittelverwendung für die Fahrbahn in den letzten Jahren gestiegen, hauptsächlich für die Investitionen resp. die Erneuerungen. Die Investitionsbeträge sollen gemäss BLS Netz AG in den nächsten Jahren erhöht werden, da vermehrte Unterbausanierungen notwendig sein werden und die Sanierung des Lötschberg-Scheiteltunnels CHF 70 Mio. kosten wird.

Mit Materialoptimierungen und Effizienzsteigerungen soll der gute Zustand des Fahrbahn-Oberbaus gehalten werden, ohne dass die Unterhaltskosten ansteigen.

Als Risiken erachtet die BLS die sinkenden Finanzierungsmittel für Investitionen und Unterhalt, die steigenden gesetzlichen Anforderungen (z.B. Lärmschutz) und die ineffizienten Unterhaltsintervalle wegen zunehmender Verkehrsdichte.

4.1.4.4 Erkenntnisse NetzBe SOB

Methodik

Grundlage für den NetzBe 2013 der Südostbahn (SOB) bilden die Daten und Informationen aus dem Projekt „Ermittlung Erhaltungsbedarf Infrastruktur“, das im Jahr 2011/2012 durch die SOB durchgeführt wurde.

Die Zustandserfassung der SOB basiert hauptsächlich auf der Altersstruktur. Für Gleise und Weichen wird bei allen Schwellentypen und Gleiskategorien ein lineares Alterungsverhalten über die gesamte Nutzungsdauer angesetzt. Der aktuelle Zustand von Gleis und Weichen wird vom Schwellenalter der Fahrbahn abgeleitet.



Zustandsentwicklung (Nutzungsdauer)

Es ist aus den Daten erkennbar, dass der Zustand stabil ist und sich leicht verbessert hat. Dies wurde v.a. durch die Verringerung der Gleisabschnitte der Zustandsklasse 4 durch Fahrbahnerneuerungen erreicht. Der Anteil nahm gegenüber dem Jahr 2011 um 7% ab. Der allgemeine Zustand verbesserte sich gegenüber dem Jahr 2011 um 0.2 Punkte.

Einflussparameter

Im Prognosemodell wird zu Gleisen und Weichen als einzige Massnahme die Oberbauerneuerung am Ende der jeweiligen Nutzungsdauer angesetzt. Diese führt zu einem neuwertigen Zustand der Gleise und Weichen. Der NetzBe 2013 gibt diesbezüglich keine zusätzlichen Angaben.

Mengengerüst

Der leicht verbesserte Zustand ist mit den realisierten Fahrbahnerneuerungen auf einer Länge von 6,6 Kilometern mit zahlreichen Weichen erklärt, wodurch die Alterung etwas überkompensiert werden konnte. Nachdem der Nachholbedarf bis ins Jahr 2020 aufgeholt sein dürfte, rechnet die SOB für die folgenden Jahre mit einer allmählichen Verschlechterung des Zustandes. Der Finanzmittelbedarf wird nach dem Jahr 2020 parallel zum Zustand sinken und voraussichtlich in rund 19 Jahren wieder ansteigen, wenn eine Welle von Erneuerungen ansteht.

4.1.4.5 Fazit: Vergleich der Netzzustandsbericht von SBB, BLS und SOB

Ein direkter Vergleich unter den verschiedenen ISB ist kaum möglich, da nicht nur Unterschiede in der Darstellungsform der verschiedenen NetzBe, in der Definition der Anlage „Fahrbahn“, in der Beurteilungsmethodik und der Kostenstruktur der ISB bestehen, sondern auch die Beanspruchung, der heutige Zustand, die Strecken- und Fahrzeugeigenschaften sowie die Geschwindigkeiten eine grosse Rolle spielen. Der Vergleich der NetzBe der drei grössten Bahnen zeigt jedoch in einzelnen Bereichen deutliche Unterschiede auf, welche vertiefter Abklärungen bedürfen. So beträgt die Nutzungsdauer der Gleisanlagen bei den SBB 33 Jahre, während die Gleisanlagen bei den BLS eine Nutzungsdauer von 46 Jahren aufweisen. Bezüglich des Finanzierungsbedarfs für die Erneuerung ergeben sich daraus signifikante Unterschiede.

Die Einflussparameter sind in den NetzBe nicht immer berücksichtigt oder quantifiziert, obwohl sie in Zukunft beim neuen Trassenpreis mit dem Verschleissfaktor und der Umsetzung des Regelwerks Technik Eisenbahn (RTE) 29900 eine wesentliche Rolle spielen werden. Diese Einflussparameter spielen eine zentrale Rolle bei der Zustandsbewertung, die sich auf die erwartete Nutzungsdauer stützt. Alle drei analysierten ISB haben solche Prognosemodelle entwickelt, wenn auch mit unterschiedlichen Grundlagen.



Der Verband öffentlicher Verkehr (VöV) legte mit dem Anfang 2015 erschienenen [RTE 29900](#) die Minimalanforderungen fest, wie die zukünftigen NetzBe strukturiert und aufgebaut werden müssen. Dies ist für die interne Verwendung der NetzBe als Führungsinstrument für die ISB und für die Vergleichbarkeit ein wesentlicher Fortschritt.

4.1.5 Teilprojekt 5

4.1.5.1 Vorgehen

Parallel zum Projekt Fahrbahn liefen im BAV Arbeiten zum Verschleissfaktor im Trassenpreis. Es besteht eine Arbeitsgruppe, die sich mit allen Trassenpreisfragen befasst, darunter auch dem Verschleissfaktor. Diese Arbeiten wurden genutzt, um die notwendigen Grundlagen zu beschaffen.

4.1.5.2 Ergebnisse

Vorbemerkungen

Nach schweizerischen Gesetzgebung muss jeder Zug mit dem Trassenpreis mindestens die direkt durch ihn verursachten Kosten der Infrastruktur decken. Anfänglich wurden diese Kosten nach nur zwei Parametern verteilt, nämlich den Zugkilometern und den Bruttotonnenkilometern.

Der Neuaufbau der Kostenrechnung bei der SBB und die Verfügbarkeit diverser statistischer Daten erlaubte, per 2013 den Trassenpreis in diversen Punkten differenzierter zu gestalten.

Auf den 1.1.2017 folgt eine weitere Änderung, welche auch positive Folgen für die Optimierung des Rad-Schiene-Systems haben soll: Der Basispreis Gewicht wird zum Basispreis Verschleiss weiterentwickelt. Es galt dabei, einen möglichst korrekten „Verschleissfaktor“ zu ermitteln, um passende Anreize zu setzen.

Erkenntnisse der technischen Abklärungen

Die Auswertung der bekannten wissenschaftlichen und ökonomischen Daten zeigte auf, dass das Gewicht in Form der Achslast eine entscheidende Rolle spielt bei der Schädigung des Oberbaus der Eisenbahn. Dabei ist nicht allein das Gesamtgewicht massgebend ist, wie dies im jetzigen Trassenpreis durch die Bruttotonnenkilometern zum Ausdruck kommt, sondern vielmehr dessen Verteilung auf die einzelnen Räder.

In der Gesamtwirkung an zweiter Stelle kommt die Geschwindigkeit, mit der die Achslast auf die Infrastruktur einwirkt. Dabei ist die Zunahme (mit steigender Geschwindigkeit) nicht linear, sondern exponentiell. Weitere wesentliche Einflussfaktoren sind die Kurvenradien der Strecke, die Bauweise des Fahrwerks, die im Triebfahrzeug installierte Leistung, die zu befahrenden Weichen sowie die ungefederte Masse, die auf einer Achse sitzt.



Die Wirkung der einzelnen Faktoren konnte anhand von Streckenvergleichen und Daten aus den Kostenrechnungen zugewiesen werden. Aus der Aufzählung der relevanten Faktoren ergibt sich, dass sich ein Teil auf die Eigenschaften des Fahrzeugs bezieht, ein anderer Teil auf die Eigenschaften der Strecke.

Durch die Abbildung der konkreten Streckenführung, erfordert das Setzen von Anreizen an den Fahrzeugeigentümer eine Abkehr vom landesweiten Einheitspreis pro Kilometer.

4.1.5.3 Fazit des Teilprojektes 5

Das Trassenpreismodell soll für die optimale Abstimmung von Rollmaterial und Streckeneigenschaften finanzielle Anreize schaffen. Es ersetzt damit teilweise die Abstimmung, welche innerhalb der integrierten Bahnunternehmen nicht genügend wahrgenommen wurde.

4.1.6 Teilprojekt 6

4.1.6.1 Vorgehen

In einem ersten Schritt wurde in Abstimmung mit TP4 eine Bestandsaufnahme durchgeführt. Für die Jahre ab 1980 (und soweit verfügbar) wurden für die drei grössten Normalspur-ISB in der Schweiz Gleislänge, Betriebsleistung und Verkehrsleistung aufbereitet. Gleichzeitig wurden die verfügbaren Daten zu den Massnahmen im Unterhalt und der Erneuerung (z.B. Länge gestopfter Gleise) und den finanziellen Mitteln für Unterhalt und Erneuerung gesammelt und aufbereitet.

Auch wenn sie ursprünglich vorgesehen war, wurde schnell klar, dass eine Plausibilisierung des künftigen Finanzierungsbedarfs im Rahmen des vorliegenden Projektes nicht erreichbar ist, da eine Plausibilisierung der notwendigen Massnahmen nicht möglich war.

In einem zweiten Schritt wurden die verschiedenen Finanzierungsvarianten im Teilprojektteam diskutiert. Grundsätzlich zu beachten ist, dass die Finanzierung nicht auf eine Anlagengattung bezogen wird, sondern im Rahmen der LV Anlagengattung übergreifend ist.

Die Überprüfung und Festlegung neuer Trassenpreise ist eine Finanzierungsvariante. Es muss daher eine enge Abstimmung mit TP5 sowie den bereits laufenden Arbeiten zur Überprüfung des Trassenpreissystems ab 2017 stattfinden. TP6 hat zudem einen engen Bezug zu den laufenden Vorbereitungen der LV 2017-2020 mit allen ISB.

4.1.6.2 Erkenntnisse

Aufgrund unterschiedlicher Definitionen, Abgrenzungen und Netzbelastungen sind quantitative Vergleiche zwischen den Bahnen nur eingeschränkt möglich und daher indikativ. Zudem sind Vergleiche zwischen den Jahren aufgrund methodischer Anpassungen ebenfalls eingeschränkt.



Betriebs- und Verkehrsleistung

Die Betriebsleistung je Gleiskilometer beträgt 2013 bei der SOB 27,0, bei der BLS 23,7 und bei der SBB 22,6 Tausend Zugkilometer.

Die Betriebsleistung je Gleiskilometer hat bei SOB in den letzten Jahren am stärksten zugenommen, wie Abbildung 6 zeigt:

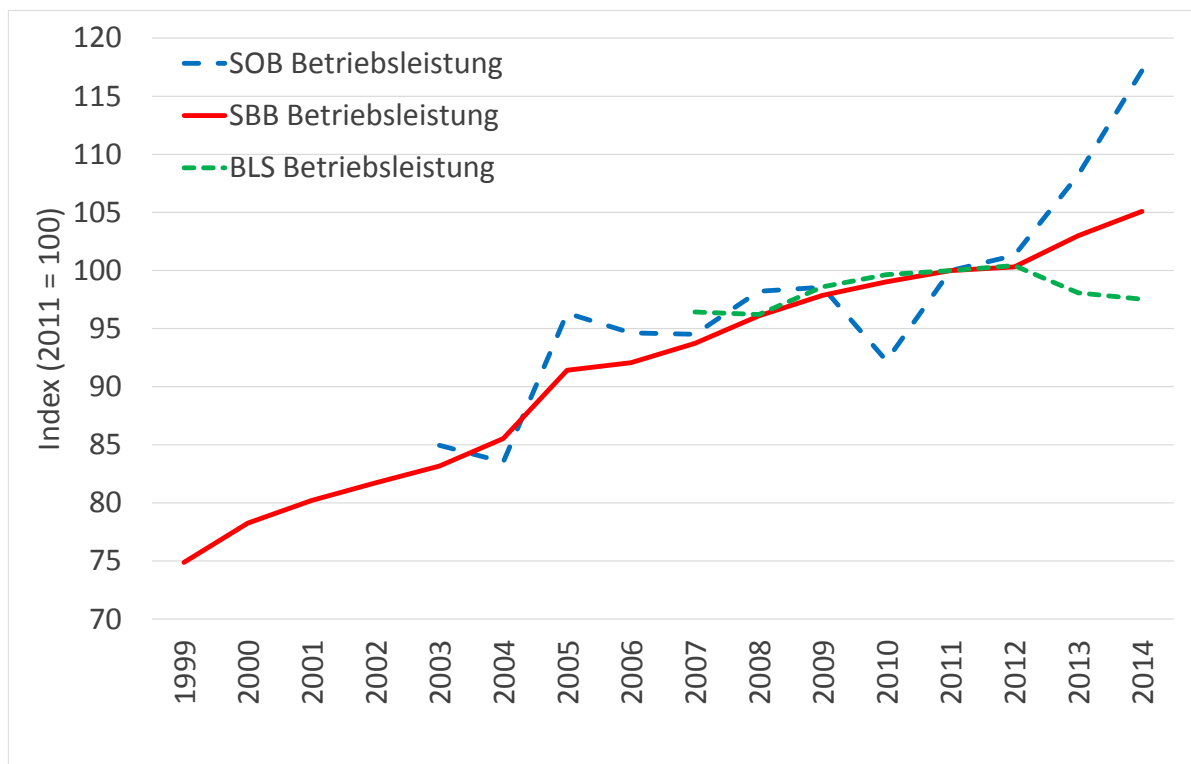


Abbildung 6: Entwicklung der Betriebsleistung (Zug-Kilometer) auf den Infrastrukturen der SBB, BLS und SOB (Index, 2011=100) (Quelle: Angaben SBB, SOB, TU-Verzeichnis sowie verschiedene Geschäftsberichte BLS)

Bezogen auf die Verkehrsleistung (in Bruttotonnenkilometer) je Gleiskilometer ist die SBB-Infrastruktur doppelt so stark belastet wie das Netz der SOB, was auf durchschnittliche schwerere Züge zurückzuführen ist.



Bestandsaufnahme

Abbildung 7 zeigt exemplarisch für das Jahr 2012 einen indikativen Vergleich der Unterhaltsmassnahmen Stopfen, Schleifen und Schienenwechsel sowie der Massnahmen zur Erneuerung des Oberbaus bezogen auf die Gleislänge (Kilometer). Bei den SBB wurden im Jahr 2012 im Durchschnitt die wenigsten Unterhaltsmassnahmen (Stopfen, Schleifen) durchgeführt. Der Unterschied zeigt sich vor allem beim Stopfen. Hingegen wurden bei SBB deutlich mehr Schienen gewechselt als bei SOB. Das Bild zeigt, dass die SOB und BLS mehr Leistungen im Bereich der kostengünstigen Unterhaltsmassnahmen Stopfen und Schleifen erbringen, dafür unterdurchschnittliche Leistungen im Bereich Schienenwechsel einplanen. Bei der Oberbauerneuerung, der kostenintensivsten Erhaltungsmassnahmen, wies die SOB 2012 die höchsten Werte auf, was sich damit erklärt, dass die SOB bis 2020 den Nachholbedarf aufholen will.

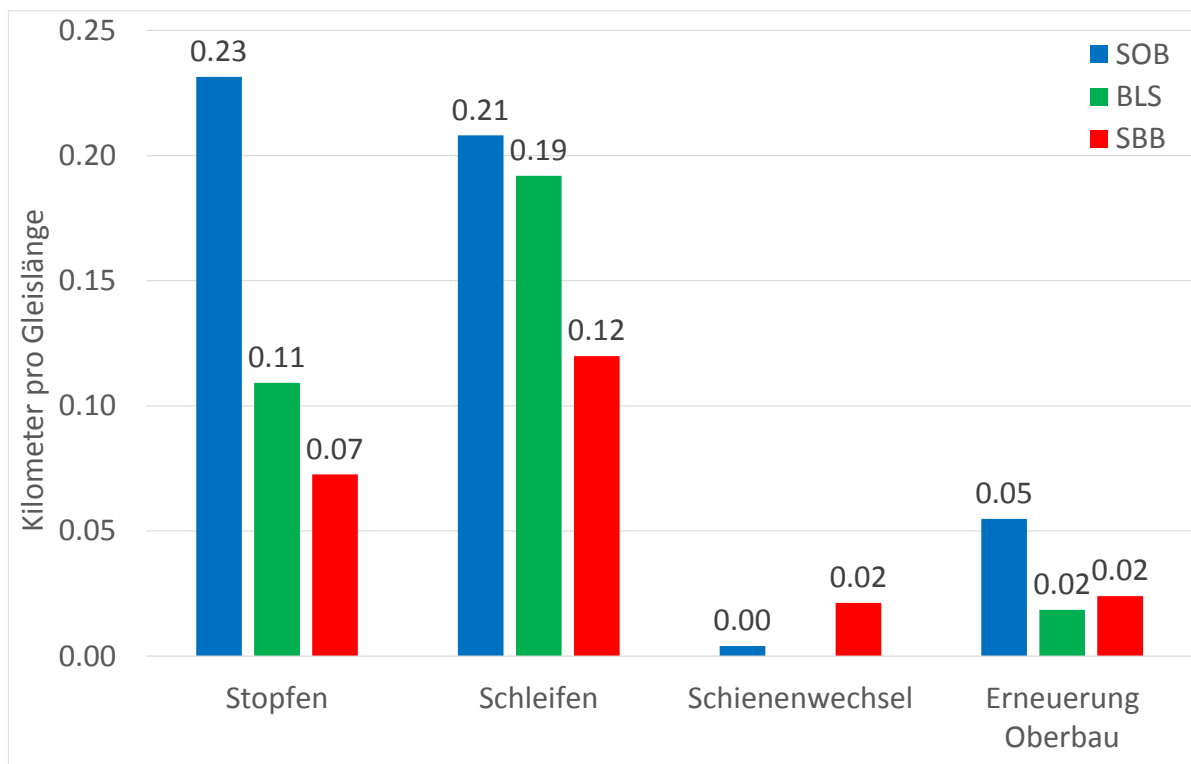


Abbildung 7: Unterhaltsmassnahmen und Oberbauerneuerung pro Gleiskilometer im Jahr 2012 (Quelle: Angaben SBB, SOB, TU-Verzeichnis sowie verschiedene Geschäftsberichte BLS)

In den 1980er Jahre wurde der Zustand der SBB-Anlagen durch eine intensive Unterhaltskampagne auf einen wesentlichen besseren Stand gehoben, um den steigenden Qualitätsansprüchen des beginnenden Bahnausbaus Rechnung zu tragen. Seit Anfang/Mitte der 90er Jahre wurden die Unterhalts-



mengen bei der SBB kontinuierlich gesenkt mit dem Ziel, den Gleiszustand konstant auf einem vorgegebenen Niveau halten zu können (von BLS und SOB liegen keine so langen Zeitreihen vor). In dieser Zeit hatte die SBB hohe Verluste zu verzeichnen und Parlament und Bundesrat erwarteten Effizienzsteigerungsmassnahmen. Nach der Bahnreform von 1999 wurde das tiefe Niveau beibehalten. Trotz einer kontinuierlich steigenden Verkehrsbelastung wurden die absoluten Mengen im Unterhalt nicht erhöht. Wie Abbildung 8 zeigt, ist seit 2007/2008 eine deutliche Erhöhung der Mengen im Unterhalt, insbesondere bei Stopfen und Schleifen, erkennbar. Bei den Erneuerungen haben sich die Mengen stabilisiert. Aus der Statistik ist weiter erkennbar, dass die Leistungen für den Schienenwechsel seit 2006 verdoppelt wurden, was ein Hinweis auf eine verkürzte Lebensdauer sein könnte.

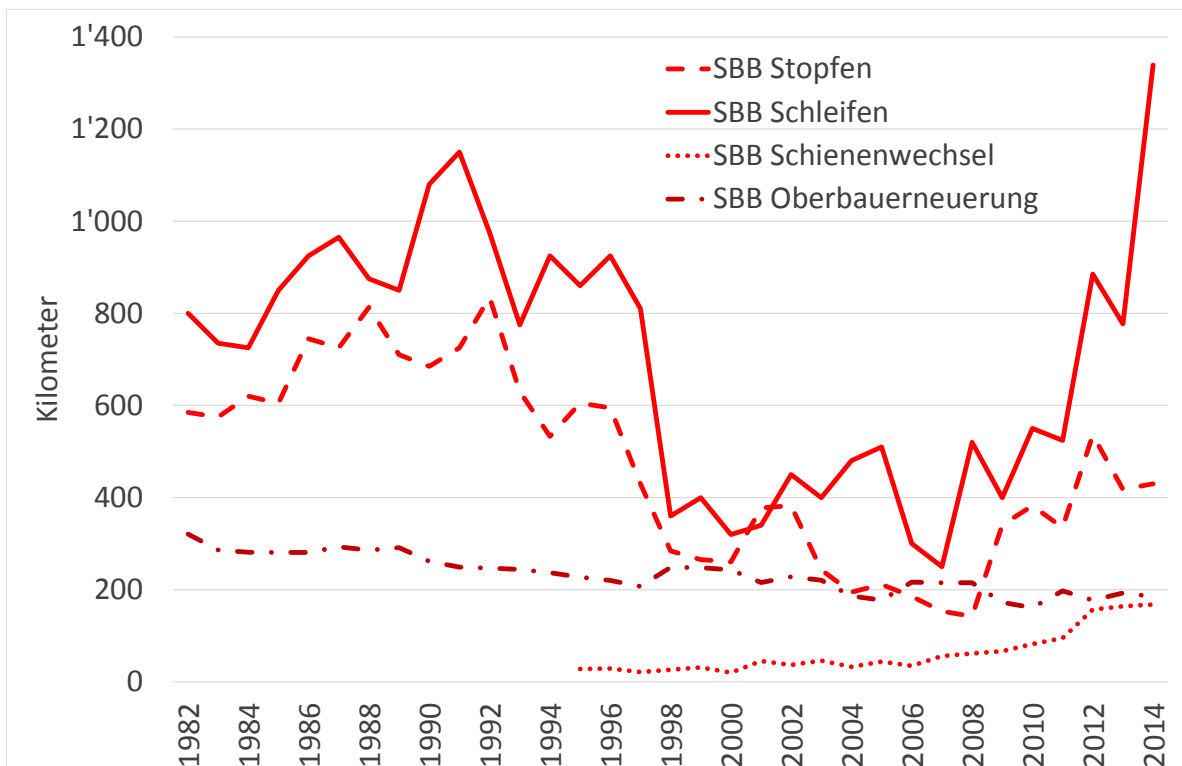


Abbildung 8: Stopfen, Schleifen, Schienenwechsel und Oberbauerneuerung SBB, 1982-2014
(Quelle: Angaben SBB)

Die für die Erneuerungen und den Unterhalt für alle Anlagengattungen eingesetzten Mittel sind zwischen 2007 und 2014 um rund 32 respektive 25 Prozent gestiegen. Aus wirtschaftlicher Sicht sind die Kosten der einzelnen Unterhaltmassnahmen zu berücksichtigen:



		2010	2011	2012	2013	2014	Ø LV 13-16 vereinbart	Ø LV 17-20 geplant
Stopfen	km	382	335	536	418	348	470	853
	Mio. CHF	27	24	38	24	18	34	47
	CHF/m	71	72	71	57	52	72	55
Schleifen	km	550	524	885	777	1'270	730	1'770
	Mio. CHF	11	11	12	17	21	15	26
	CHF/m	20	21	14	22	17	21	15
Schienenwechsel	km	82	95	157	164	152	43	170
	Mio. CHF	33	32	43	58	45	17	48
	CHF/m	402	337	274	354	296	395	282
Weichenbauteilwechsel	Stück	2'079	2'394	2'365	2'560	2'800	1'200	2'900
	Mio. CHF	50	66	66	74	76	30	82
	1'000 CHF/Stück	24	28	28	29	27	25	28
Erneuerung	km	161	198	200	201	187	180	215
	Mio. CHF	370	404	406	420	430	419	506
	CHF/m	2'298	2'040	2'030	2'090	2'299	2'328	2'353

Abbildung 9: Massnahmen, Kosten und Einheitskosten Unterhalt und Erneuerung (Quelle: Angaben SBB)

Die Angaben der SBB zeigen, dass die Kosten pro Laufmeter für Schleifen (14 bis 22 Franken) und Stopfen (52 bis 72 Franken) vergleichsweise gering sind. Diese qualitätssichernden und lebensverlängernden Massnahmen sind deshalb regelmässig und kontinuierlich durchzuführen. Altert die Anlage zu schnell, müssen die kostenintensiven Massnahmen des Schienenwechsels (274 bis 402 Franken pro Laufmeter) oder die vollständige Erneuerung der Fahrbahn (über 2'000 Franken pro Laufmeter) vorgezogen umgesetzt werden.

Finanzierung und finanzielle Steuerung

Bereits seit 2011 erhalten die Infrastrukturbetreiberinnen mehr Mittel zur Finanzierung der ungedeckten Kosten des Betriebs, Unterhalts und Erneuerungen im Vergleich zu den vorherigen Jahren. Mit der Trassenpreisrevision 2013 wurden die jährlichen Trassenpreiseinnahmen um 200 Millionen Franken gesteigert, 2017 folgt eine weitere Erhöhung um 100 Millionen Franken. Damit werden die Mittel, welche aus Trassenpreisen stammen, um jährlich 300 Millionen Franken erhöht. Diese Mittel sind unter anderem für den zusätzlichen Anlagenunterhalt einzusetzen. Für die LV-Periode 2017-2020 hat das BAV zusätzlich zur Erhöhung der Trassenpreiseinnahmen eine Erhöhung der Betriebsabgeltungen und Investitionsbeiträge vorgesehen. Zwischen 2013 und 2020 werden diese Subventionen gemäss aktuellem Planungsstand um jährlich rund 400 Millionen Franken erhöht.



4.1.7 Fazit

Generell lässt sich feststellen, dass die Ursache-Wirkungs-Ketten nicht einfach und monokausal sind. Es besteht ein vielfältiges Zusammenspiel von zahlreichen Einflussparametern, was die Wirkung von einzelnen isolierten Massnahmen einschränkt. Erschwerend kommt hinzu, dass Wirkungen – im positiven oder negativen Sinn – oft nur mit mehrjähriger zeitlicher Verzögerung eintreffen oder erkannt werden. Gerade im Fall von auftretenden Schäden bleibt die Situation längere Zeit mehr oder weniger stabil, bevor sich der Zustand exponentiell verschlechtert. Grundlagendaten über mehrere Jahre fehlen jedoch teilweise, was eine Analyse erschwert.

Bei den Unterhaltsstrategien fehlte in den letzten 20 Jahren eine einheitliche Doktrin unter den Bahnen und zum Teil fehlte auch die Kontinuität. Teils wurden kostengünstige Massnahmen wie Stopfen und Schleifen reduziert. Ein Grund könnte sein, dass solche Massnahmen unmittelbar ergebniswirksam sind. Bei den investiven Massnahmen wie Oberbauerneuerung und Schienenwechsel werden weniger Schwankungen festgestellt. Es ist allerdings festzuhalten, dass die vorliegenden Daten nur grobe Abschätzungen oder Vergleiche zwischen den Bahnen erlauben.

Insgesamt werden die finanziellen Mittel für den Anlagenunterhalt über höhere Trassenpreise und Subventionen signifikant erhöht. Diese Mittel sind über geeignete Massnahmen effizient für den Erhalt der Bahnanlagen einzusetzen mit dem Ziel, die geplante und effektive Nutzungsdauer der Anlagen zu verlängern.

4.2 Ergebnisse der Umsetzungsphase

In diesem Kapitel werden die aus der Analyse hergeleiteten Massnahmen dargestellt. Die Gliederung erfolgt nicht wie im Kapitel 4.1 entsprechend den Teilprojekten, sondern nach folgenden thematischen Bereichen:

- Controlling-Massnahmen
- Massnahmen im Bereich Bau/Unterhalt der Infrastruktur
- Massnahmen im Fahrzeugbereich
- Betriebliche Massnahmen

Einzelne Massnahmen sind bereits umgesetzt oder beschlossen, andere sind erst geplant oder prüfungswürdig. Die Adressierung und Priorisierung der Massnahmen erfolgt im anschliessenden Kapitel 6.



4.2.1 Teilprojekt 3

Im Teilprojekt 3 ‚Interaktion Rad-Schiene‘ wurde als Grundlage für die Massnahmenentwicklung auf folgendem Wirkungsmodell aufgebaut (siehe Abbildung 10). Im Zentrum des Wirkungsmodells steht die Fahrbahn mit den Komponenten ‚Schiene/Weiche‘, ‚Oberbau (Schwelle, Schotter)‘ und ‚Unterbau‘, welche ein unterschiedliches Alterungsverhalten aufweisen. Die Alterung der Fahrbahnkomponenten wird durch verschiedene Einflussfaktoren aus den drei Wirkungsbereichen ‚Beanspruchung‘, ‚Widerstand‘ und ‚Erhaltung‘ bestimmt.

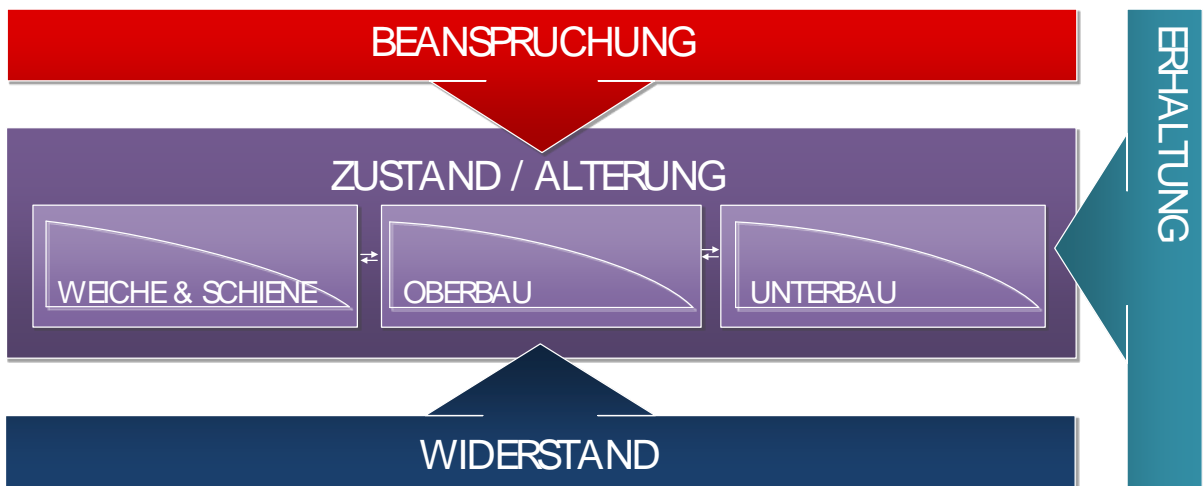


Abbildung 10: Wirkungsmodell zur qualitativen Darstellung der massgebenden Einflussfaktoren auf das Alterungsverhalten der Fahrbahn

Auf Basis der vorliegenden Unterlagen und des Erfahrungswissens der beteiligten Fachleute wurde semiquantitativ die Grösse des Einflusses der massgebenden Faktoren auf das Alterungsverhalten der Fahrbahnkomponenten abgeschätzt.

4.2.2 Controlling-Massnahmen

4.2.2.1 Einheitlich strukturierte Netzzustandsberichte

Der VöV legte mit dem Anfang 2015 erschienenen [RTE 29900](#) die Minimalanforderungen fest, wie die zukünftigen NetzBe strukturiert und aufgebaut werden müssen. Dies ist für die Verwendung der NetzBe als Führungsinstrument für die ISB und für die Vergleichbarkeit ein wesentlicher Fortschritt. Die NetzBe der ISB werden somit von der Terminologie her einheitlicher und vergleichbarer und damit als Analyse- und Steuerungsinstrument wertvoller.



4.2.2.2 Einführung eines einheitlichen Prognosemodells

Das TP4 formuliert Empfehlungen an die Branche, welche die Einführung eines einheitlichen Prognosemodells zum Ziel haben. Der VöV als Branchenverband soll prüfen, ob es Sinn machen würde, die Erfahrungen aller ISB zu konsolidieren und mit einer einheitlichen Methodik für die Schätzung der Nutzungsdauer der Fahrbahn in einem RTE einfließen zu lassen.

Das neue RTE könnte z.B. Tabellen zum Alterungsverhalten mit den wesentlichen Einflussparametern beinhalten:

Alterungsverhalten (Beispiel 1)

	Einflussparameter 1	Einflussparameter 2	Nutzungsdauer
Gleis	A	C	30 Jahre
	A	D	45 Jahre
	B	C	45 Jahre
	B	D	50 Jahre
Weichen	A	C	25 Jahre
	A	D	30 Jahre
	B	C	45 Jahre
	B	D	50 Jahre

Beispiele für die Einflussparameter: 1= Schwellentyp A oder B und 2 = Beanspruchung C oder D.

Alterungsverhalten (Beispiel 2)

Nutzungsdauer		Einflussparameter 1		
Gleis		A	B	C
Einflussparameter 2	D	20 Jahre	30 Jahre	35 Jahre
	E	25 Jahre	35 Jahre	40 Jahre
	F	30 Jahre	40 Jahre	50 Jahre
Einflussparameter 3	G	...		
	H			
	I			
Weichen		...		

Beispiele für die Einflussparameter: 1 = zugelassene Geschwindigkeit A, B oder C, 2= Beanspruchung D, E oder F, 3 = Unterhaltungsmengen G, H oder I.

Die Branche möchte die Verantwortung für die Berechnung der Nutzungsdauer der ISB überlassen und lehnt somit die Empfehlungen, ein einheitliches Modell für die Berechnung der Nutzungsdauer einzuführen, ab. Die ISB können sich aber vorstellen, dass das BAV in enger Abstimmung mit der Branche die bestehenden Kennzahlen überarbeitet und ein klares und überschaubares Kennzahlen-Set definiert. Die wesentlichen Einflussfaktoren sollten auch streckenbezogen ausgewertet werden, um den Zusammenhang mit der Nutzungsdauer besser darzustellen und analysieren zu können.



4.2.2.3 Aufnahme der Anlagenstrategie und deren Instrumente in den Zielen der künftigen Leistungsvereinbarungen

Ziel der Anlagenstrategie einer Unternehmung ist es, langfristig den grössten Nutzen pro eingesetzten Franken zu erreichen. Um die Anlagen jederzeit nachhaltig und effizient betreiben zu können, müssen die ISB jederzeit den Umfang, den Zustand und die Hebel kennen. Daher ist es wichtig, dass dies systematisch erfasst wird. Nur dann können die Anlagen über ihre gesamte Lebensdauer betrachtet optimiert werden.

Die Anlagenstrategie und das darauf gestützte Anlagenmanagement werden ohne Zweifel in den nächsten Jahren stark an Bedeutung gewinnen. Deswegen wurden diese zwei Führungsinstrumente bereits im Rahmen der Vorkonsultation zur Leistungsvereinbarung 2017-2020 thematisiert, um dem BAV eine Einsichtsmöglichkeit in die Anlagenstrategien der ISB zu geben.

4.2.2.4 Anpassung Indikatoren und Kennzahlen für finanzielle Steuerung durch Bund

Die Entwicklung der Kosten und Massnahmen sowie der Einheitskosten der Anlagengattung Fahrbahn sind jeweils im Rahmen der Vorbereitungen der 4-jährigen Leistungsvereinbarungen vertieft zu überprüfen.

Vor dem Hintergrund der vergangenen Entwicklung ist zu prüfen, inwieweit Indikatoren und Kennzahlen für die finanzielle Steuerung des Bundes mittels Leistungsvereinbarungen angepasst werden sollten:

- Die Netzzustandsindikatoren für die Fahrbahn können als geeignet beurteilt werden. Es ist zu überprüfen, ob grössere Bahnen wie z.B. BLS und SOB die gleichen Kennzahlen zum Netzzustand wie die SBB übernehmen, um ein Benchmarking aufzubauen. Hierfür sind die Definitionen festzulegen.
- Das harmonisierte Kennzahlensystem ist im Hinblick auf die Leistungsvereinbarungen ab 2021 zu überprüfen. Insbesondere ist abzustimmen, welche Informationen im Rahmen von Kennzahlen und im Rahmen weiterer Berichterstattung (insbesondere Netzzustandsbericht) von den ISB regelmässig an das BAV zu berichten sind. Für die Kennzahlen sind die Definitionen mit der Branche (VöV) abzustimmen.
- Neben der Erfassung der Kosten und Zustandsnoten nach Anlagengattungen sowie wirkungsbaasierte Kennzahlen sollten die durchgeführten Massnahmen (z.B. Anzahl Kilometer Schleifen, Stopfen etc.) kontinuierlich ex post erhoben werden. Dies wurde bereits im BAV-Leitfaden Netzzustandsbericht im Jahr 2013 vorgeschlagen und wird im RTE 29900 zum Netzzustandsbericht als Einflussfaktor verstanden. Damit soll ein Abgleich zwischen Kosten, Leistungen und Qualität ermöglicht werden. Dies könnte bei einer Revision der RTE zum Netzzustandsbericht berücksichtigt werden.



4.2.2.5 Anpassung der hoheitlichen Regelwerke

Hoheitliche Regelwerke können dafür genutzt werden, aufgrund von gesicherten Erkenntnissen und klar definierter Vorgaben die gewünschten regulativen Rahmenbedingungen für ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Rollmaterial und Fahrbahn zu schaffen. Die hierfür wichtigsten Regelwerke sind die EBV/AB-EBV sowie die Schweizerischen Notifizierten Nationalen Technischen Vorschriften (NNTV-CH). Folgende Handlungsempfehlungen sind dazu geeignet:

- Klare Zulassungsanforderungen an das Rollmaterial nicht nur in Bezug auf die Sicherheit, sondern auch in Bezug auf die Beanspruchung der Fahrbahn, z. B. Standards nach Streckenklassen und Korridoren.
- Vermeidung von Ausnahmegewilligungen für Rollmaterial und Infrastruktur (z. B. Achslastbegrenzung bei Reisezügen).
- Nutzungsgerechte und differenzierte Harmonisierung mit internationalen Standards zur Sicherstellung der Interoperabilität.
- Präzisierung der hoheitlichen Regelwerke auf Grundlage der Erkenntnisse aus laufenden und künftigen Untersuchungen zur Interaktion Rad-Schiene.

4.2.2.6 Vertiefung spezifischer Fachkenntnisse

Das im Kapitel 4.2.1 vorgestellte Wirkungsmodell könnte einschliesslich Kalibrierung unter Verwendung vorhandener Daten und Informationen quantifiziert werden. Damit kann eine belastbare Grundlage geschaffen werden, um die Auswirkungen künftiger Veränderungen der Einflussparameter quantitativ abschätzen und die Optimierung des Rad-Schiene-Systems vorantreiben zu können.

Im Übrigen können die technischen Fachkenntnisse verbessert und das Grundwissen vertieft werden, durch spezifische Forschungsarbeiten in

- der Ermittlung der zulässigen maximalen Belastung in engen Bögen
- der beanspruchungsgerechten Abstimmung der Rad- und Schienenmaterialien
- der Erarbeitung von Vorgaben für die Laufwerksauslegung beim Rollmaterial

Bei Fachpersonen und Entscheidungsträgern gilt es das Qualifikations- und Wissensniveau bezüglich Rad-Schiene-Interaktion langfristig sicherzustellen.

4.2.3 Massnahmen im Bereich Bau/Unterhalt der Infrastruktur

4.2.3.1 Life-Cycle-Cost-Betrachtung

Der präventive Unterhalt der Fahrbahn (inklusive Entwässerung) soll bedarfsgerecht im Rahmen einer bezüglich Life-Cycle-Cost (LCC) optimierten Substanzerhaltungsstrategie erfolgen, um eine optimale Nutzungsdauer zu erreichen. Bei Neubauten und Erneuerungen der Infrastruktur muss die Wirtschaftlichkeit im Sinne einer LCC-Optimierung berücksichtigt werden.



4.2.3.2 Einfachere Weichenkonzepte und verbesserte Trassierung

Die Anzahl der Weichen im Netz sollte auf das aus Sicht Betrieb und Erhaltung notwendige Minimum reduziert werden, wobei mögliche Störungsfälle zu berücksichtigen sind. Das Weichenkonzept ist im Hinblick auf Verminderung der Beanspruchung festzulegen, so etwa durch Einbau von Weichen in den geraden Streckenabschnitten. Damit wird auch den geltenden Empfehlungen in den Vorschriften entsprochen.

Die folgende Massnahme ist in einem langfristigen Umsetzungshorizont zu betrachten:

Wenn möglich soll die Trassierung unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten optimiert werden (z. B. Begradigung von Kurven, anstreben von Regelüberhöhungen), denn enge Bögen sind grundsätzlich hohem Verschleiss ausgesetzt und damit unterhaltsintensiv.

4.2.3.3 Verbesserung der Zustandserfassung der Fahrbahn

Die Zustandserfassung und -beurteilung der verschiedenen Fahrbahnkomponenten (Schiene, Weiche, Oberbau, Unterbau) sollen systematisiert und vereinheitlicht werden, um mittels Kennzahlen die Alterung der Fahrbahnkomponenten auf nachvollziehbare Weise zu ermitteln und zu prognostizieren. Die Optimierung von Überwachung, Messtechnik und Diagnostik soll zu einer früheren Erkennung von Gleislage- und Schienenfehler führen. Eine verbesserte Nutzung von Zustandsdaten der Fahrbahnkomponenten würde dazu führen, die Prognosefähigkeit zur optimalen Bestimmung des erforderlichen Unterhalts zu verbessern. Dabei ist auf die entscheidungsrelevanten Daten und im Hinblick auf die Erhöhung der Prognosefähigkeit zu fokussieren.

4.2.3.4 Technische Ausgestaltung der Fahrbahn

In diesem Bereich können folgende Empfehlungen formuliert werden:

- Einbau von auf die Beanspruchung optimierten Fahrbahnkomponenten bei Erneuerungs- und Neubauprojekten im Hinblick auf lange Lebensdauer und minimale Life-Cycle-Kosten.
- Weiterentwicklung der Fahrbahnkomponenten im Hinblick auf Widerstandsfähigkeit, Langlebigkeit und Unterhaltsfähigkeit.
- Bei wachsender Belastung ist konsequent ein ausreichend tragfähiger Unterbau als Grundlage für eine grosse Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn zu realisieren.
- Vorantreiben der Standardisierung der Fahrbahn einschliesslich Planungsstandards, Vermeidung von Speziallösungen zur Reduktion der Systemkomplexität.



4.2.3.5 Vermeidung von Baumängeln

Nicht zu unterschätzen sind qualitativ hochstehende Bau-Abnahmeprozesse durch die ISB bei Unterhalts sowie bei Erneuerungs- und Erweiterungsprojekten (Qualitätssicherung und -kontrolle) sowie die umgehende Behebung von Baumängeln.

4.2.4 Massnahmen im Fahrzeugbereich

4.2.4.1 Zulassung von Fahrzeugen

Die uneingeschränkte, gesamtschweizerische Zulassung von Fahrzeugen ist zu hinterfragen. Eine Zulassung mit streckenspezifischen Einschränkungen von Fahrzeugen könnte sicherstellen, dass nur geeignete Fahrzeuge Nebenstrecken mit höherem Kurvenanteil und geringerer Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn befahren. Bei künftigen Fahrzeugbeschaffungen sind allenfalls auch reduzierte Achslasten prüfenswert.

4.2.4.2 Brancheninterne Abstimmung

Intensivierung der vorgängigen, strategischen Abstimmung zwischen Verkehrsunternehmen, Infrastrukturbetreiberinnen und Bestellern von Transportleistungen bei der Beschaffung von neuem Rollmaterial.

4.2.4.3 Trassenpreis-Anpassung per 1.1.2017

Im Rahmen der Trassenpreis-Anpassung per 1.1.2017 wird der Basispreis Gewicht durch einen Basispreis Verschleiss ersetzt. Diese signifikante Änderung bringt spürbare finanzielle Anreize für gleichschonendere Fahrzeuge und Komponenten. Die Vorlage wurde vom Bundesrat bereits am 24. Juni 2015 beschlossen.

4.2.4.4 Anreize zur Erzielung von Verbesserungen am bestehenden Rollmaterial

Mit Anreizen sollen geeignete Nachrüstungen am Rollmaterial gefördert werden. Veraltetes und schlecht unterhaltenes Rollmaterial erhöht den Verschleiss an der Fahrbahn.

4.2.4.5 Mögliche Weiterentwicklungen des Trassenpreises

Da Fahrzeugbeschaffungen mit einem Zeithorizont von 25 bis 50 Jahren erfolgen, müssen die Unternehmen sich darauf verlassen können, dass die Wirkungen eines Trassenpreissystems über längere Zeit stabil sind. Nur so können Anpassungen an den Fahrzeugen über die gesamte Lebensdauer betrachtet rentabel sein. Es ist deshalb wichtig, Vertrauen in die Beständigkeit des Systems zu schaffen.



Aus den Prämissen der jetzigen Anpassung lassen sich mögliche Weiterentwicklungen ableiten:

- Untersuchung der Auswirkung der Bauart der Fahrzeuge auf die Lebensdauer der einzelnen Anlagenkomponenten, also die Rückwirkung auf die Investitionsrechnung (Erneuerungsinvestitionen).
- Berücksichtigung der tatsächlichen Ausnützung der installierten Leistung eines Triebfahrzeugs. Es ist denkbar, aus dem Zug- und Streckenparametern zu errechnen, wie der Zugkraftverlauf ist und ob sich z.B. das Beistellen einer zweiten Lok verschleiss- resp. schädigungsseitig positiv oder negativ auswirkt.
- Berücksichtigung des effektiven Zustands der Fahrzeuge, namentlich, ob der Radzustand der Normalsituation entspricht und ob die Gewichtsverteilung innerhalb des Fahrzeuges gleichmässig ist. Hier wäre denkbar, Daten von den Zugkontrollleinrichtungen in die Bepreisung einfließen zu lassen.

4.2.5 Betriebliche Massnahmen

4.2.5.1 *Anpassung der Fahrgeschwindigkeit*

Im Rahmen der fahrplanmässigen Möglichkeiten ist zu prüfen, ob zur Verminderung der Beanspruchung der Fahrbahn die Züge in spezifischen Fällen mit weniger hohen Geschwindigkeiten fahren können. Bei Güterzügen wäre eine kontinuierliche Geschwindigkeit von 80 km/h einem „Stop-and-Go-Betrieb“ mit Maximalgeschwindigkeiten von 100 km/h vorzuziehen. Prüfwert ist auch die Verminderung der Einfahrgeschwindigkeit bei Bahnhöfen, insbesondere in Weichenbereichen. Der Geschwindigkeitsoptimierung muss bereits bei der Fahrplangestaltung Rechnung getragen werden.

4.2.5.2 *Anpassung der Zugsläufe, der Zugskompositionen und der Fahrstrassen*

Es ist zu prüfen, ob durch andere Linienkonzepte, das heisst dem Einsatz von geeignetem Rollmaterial auf definierten Strecken die Komplexität der Bahnanlage vereinfacht werden könnte. Insbesondere könnten komplexe Weichenstrassen reduziert werden. Mit solchen Linienkonzepten wäre allerdings ein vermehrtes Umsteigen verbunden.

Durch modulare und flexible Zugskompositionen und spezifische Randstundenkonzepte kann die Beanspruchung der Fahrbahn durch das Rollmaterial minimiert werden, so durch Vermeidung von langen, aber gering besetzten Zügen in den Randzeiten.

Die Fahrstrassen der Züge sollten wenn immer möglich so gewählt werden, dass möglichst wenig Weichen auf Ablenkung befahren werden müssen.



4.2.5.3 Verbesserung der Kommunikation zwischen Infrastruktur und Verkehr

Um die Optimierung des Rad-Schiene-System weiter voranzutreiben sollen Kommunikationsgefässe zwischen den Organisationseinheiten der Infrastruktur und des Rollmaterials auf- und ausgebaut werden.

4.2.5.4 Spurkranzschmierung

In der Begleitgruppe wurde von einem Bahnvertreter auf die erfolgreich eingeführte Spurkranzschmierung beim Fahrzeugeinsatz in kurvigen Strecken hingewiesen. Mit einer optimierten Steuerung und Einsatz von speziell ausgewählten Fetten lässt sich der Verschleiss an Schienen und Rädern signifikant reduzieren. Es gilt allerdings die Brandgefahr zu beachten und die mutmasslichen Probleme bei Steilrampen, wo zur Sicherstellung der Adhäsion gleichzeitig auch ein Einsatz von Sand nötig ist.

4.2.6 Auswirkung auf die Finanzierung

Eine Quantifizierung all dieser Massnahmen war im Rahmen der Projektbearbeitung nicht möglich, da verschiedene Basisdaten fehlen.

Der Bund ist sich bewusst, dass die über die Leistungsvereinbarungen zugesicherten Mittel gestützt auf einen nachvollziehbaren Bedarfsnachweis für jede 4-Jahresperiode neu zu verhandeln und festzulegen ist. Die FABI-Vorlage bringt per 2016 dazu eine gewisse Flexibilität. Der neue Bahninfrastrukturfonds dient sowohl dem Ausbau als auch dem Betrieb und Unterhalt der Infrastruktur. Die Mittelverwendung kann daher jeweils bedürfnisgerecht zugeschrieben werden. Sowohl für den Substanzerhalt wie für den Bahnausbau ist jedoch eine hohe Planungssicherheit bei der Entwicklung des Mittelbedarfs zwingend, damit eine kontinuierliche Entwicklung des Bahnsystems gewährleistet werden kann.



5 Übergeordnete Thesen

Im Kapitel 4 wurden mit dem Fokus „Fahrbahn“ die Ursachen-Wirkungsketten, Veränderungen und mögliche Verbesserungsmassnahmen aufgezeigt. Dies erklärt in einem gewissen Rahmen, wie sich Entwicklungen in einzelnen Einflussparametern auf das ganze System auswirken können und welche Wechselwirkungen bestehen. Darüber hinaus wird die Eisenbahninfrastruktur und damit die in dieser Studie im Zentrum stehende Anlagenkategorie Fahrbahn, auch durch Anreize und Abhängigkeiten im Gesamtsystem beeinflusst. Der gesetzliche Rahmen, die Organisation der Bahnen, betriebswirtschaftliche Anreize oder die Möglichkeit zu Subventionen beeinflussen das Verhalten der Akteure.

Der Projektausschuss hat deshalb im Lichte der Erkenntnisse der Analyse und aufgrund eines thematisch breiteren Erfahrungsschatzes übergeordnete, neben der Fahrbahn auch andere Fachgebiete betreffende Thesen entwickelt. Diese sollen mithelfen, die Entwicklungen der vergangenen Jahre einzuordnen, Lehren daraus zu ziehen und die für das Gesamtsystem zweckmässigen Massnahmen zu bestimmen.

Die insgesamt 12 Thesen sind:

1. Die Organisation der Bahnen in integrierte Unternehmen hat nicht im erwarteten und erforderlichen Umfang beigetragen, Optimierungspotentiale im Gesamtsystem Bahn (insbesondere Rad-Schiene) sicher zu stellen. Insbesondere bei den grossen Bahnunternehmen haben sich die Infrastruktur- und Verkehrssparten seit der Bahnreform von 1999 auseinander entwickelt.
2. Die finanziellen Anreize sind bei den Bahnen so gesetzt, dass ein integriertes Bahnunternehmen den Spielraum nutzen kann, um Kosten nicht in den ergebnisverantwortlichen Marktbereichen (Personenfernverkehr, Güterverkehr, Immobilien, Nebengeschäfte), sondern im subventionierten Bereich (Infrastruktur) anfallen zu lassen (Moral Hazard Problematik). Unternehmensinterne Ziel- und Lohnsysteme sind in einzelnen Fällen stark auf die Bereichsoptimierung ausgelegt.
3. Gesetzgeber und Besteller haben nach der Bahnreform kein Korrektiv zur Sicherstellung der Systemvorteile im integrierten Bahnsystem eingeführt. Es wurde davon ausgegangen, dass die integrierten Bahnen dies ohne externe Anreize sicherstellen. Mit Vorschriften (z.B. Netzzustandsberichte, Verschleissfaktor im Trassenpreis, Klärung und Stärkung von Systemführerschaften) wird zunehmend versucht, die Gesamtoptimierung zu unterstützen.



4. Durch das starke Nachfragewachstum konnte in den vergangenen Jahren ein Primat der Personenverkehrsbereiche beobachtet werden. Die Abwicklung des Personenverkehrs wurde so optimiert, dass die Bedürfnisse der Verkehrssparte (z.B. Verkürzung Reisezeiten durch Erhöhung Einfahrtgeschwindigkeit Bahnhöfe, höhere Streckengeschwindigkeiten) Vorrang hatten. Die Anforderungen an das Rollmaterial wurden so ausgelegt, dass Betriebskosten und Unterhalt (z.B. härtere Räder) für die eigene Sparte und für die Besteller optimiert wurden.
5. Die Güterverkehrssparten waren durch grossen wirtschaftlichen Druck geprägt und beschafften das wirtschaftlich günstigste und europaweit einsetzbare Rollmaterial (z.B. Verzicht auf Radialeinstellungen bei Loks, Einsatz älterer Loks im nationalen Verkehr, Güterwagen mit Einfachst-Drehgestellen). Zusätzlich wurde der Güterwagenunterhalt reduziert und die Güterwagenflotte nur zögerlich erneuert.
6. Mit der Bahnreform ab 1999 wollte der Bund von Effizienzgewinnen bei den vom engen staatlichen Korsett befreiten Bahnen profitieren und es wurde eine Stabilisierung der Staatsausgaben im Bereich öffentlicher Verkehr in Aussicht gestellt. Dieser finanzielle Druck wurde insbesondere über die Finanzierung des Betriebs der Bahninfrastruktur ausgeübt. Erst ab 2010 wurden die Mittel für die Infrastruktur massgeblich erhöht.
7. Die Infrastruktur stand extern und intern finanziell unter Druck. Insbesondere innerhalb grösserer integrierter Bahnen wurde ein kontinuierlicher finanzieller Druck auf die Infrastruktur ausgeübt (z.B. Wegfall Deckungsbeitrag Güterverkehr, Ermöglichung von Fernverkehrsgewinnen anstelle von höheren Deckungsbeiträgen des Fernverkehrs). Dies wurde teils über eine starke Reduktion der ergebniswirksamen Erneuerungs- und Unterhaltsleistung in den Infrastrukturbereichen umgesetzt.
8. In der Infrastruktur wurde die Unterhaltsmethodik nur verzögert den neuen Erfordernissen angepasst. Bis vor einigen Jahren wurde davon ausgegangen, dass eine neu in Betrieb genommene oder erneuerte Infrastruktur ohne weiteres und schadlos die geplante und realisierte Verkehrssteigerung verkraftet. Nach dem Bau lag der Fokus einseitig auf der möglichst hohen Nutzung und Auslastung der Strecken und nicht auf werterhaltendem Unterhalt.
9. Technische Änderungen wurden nicht konsequent umgesetzt (z.B. grösseres Schienenprofil nach Einführung der Zugreihe D (22.5 t), Einsatz von Betonschwellen inkl. Unterbausanierungen auf potentiellen Strecken mit Zugreihe W).



10. Die technischen Vorschriften orientieren sich zunehmend an europäischen Standards (Technische Spezifikationen für die Interoperabilität [TSI]), auf welche die Schweiz nur beschränkt Einfluss hat. Sie tragen teilweise den spezifischen Anforderungen des schweizerischen Netzes (kurvenreich, enge Radien, massgebliche Steigungen) ungenügend Rechnung. Die Rollmaterialindustrie produziert zunehmend Standardrollmaterial für den europäischen Markt und legt dessen Konstruktion konsequent auf die Fahrsicherheit und nicht die Fahrwegbeanspruchung aus.
11. Nachvollziehbare Erklärungsansätze und belastbare Modelle für die Beurteilung und Entwicklung des Anlagenzustandes sind noch nicht konsolidiert. Langfristig bewährte und "harte" Indikatoren liegen erst ansatzweise vor. Die Effektivität und die Effizienz des Fahrbahnunterhalts kann deshalb nur ungenügend abgeschätzt und gesteuert werden.
12. In den letzten zehn Jahren ist infolge von Reorganisationen, Stellenabbauten, Generationenwechsel und Fluktuation langjähriges Fahrbahn- und Betriebswissen bei verschiedenen Infrastrukturbetreibern verloren gegangen. Die fehlende Kontinuität bei Erneuerungs- und Unterhaltstrategien – generell bei der Anlagenstrategie – ist ein Abbild dieser Entwicklung.

6 Empfehlungen zur Umsetzung

Der Projektausschuss hat von den unter 4.2 genannten Massnahmen Kenntnis genommen. Unter Beachtung der obgenannten Thesen legt er folgende Prioritäten für die Folgearbeiten fest. Die Herleitung der Prioritäten und die vorgesehenen Umsetzungsinstrumente sind in Anhang 2 dokumentiert. Die Empfehlungen und Erwartungen richten sich an verschiedene Akteure.

1. Der Projektausschuss nimmt mit Befriedigung zur Kenntnis, dass folgende zwei Massnahmen zwischenzeitlich bereits beschlossen sind:
 - Netzzustandsberichte einheitlich strukturieren (4.2.2.1)
 - Verschleissfaktor im Trassenpreis berücksichtigen (4.2.4.3)
2. Der Projektausschuss sieht folgenden prioritären Handlungsbedarf bei den amtsinternen Fachstellen:
Hohe Priorität:
 - Anlagenstrategie und deren Instrumente in den Zielen der künftigen Leistungsvereinbarungen aufnehmen (4.2.2.3)
 - Anreize setzen zur Erzielung von Verbesserungen am bestehenden Rollmaterial (4.2.4.4)



Mittlere Priorität:

- Indikatoren und Kennzahlen für die finanzielle Steuerung durch Bund anpassen (4.2.2.4)
- Hoheitliche Regelwerke anpassen (4.2.2.5)
- Zulassung von Fahrzeugen mit streckenspezifischen Einschränkungen prüfen (4.2.4.1)

3. Der Projektausschuss sieht folgenden prioritären Handlungsbedarf bei den Infrastrukturbetreiberinnen:

Hohe Priorität:

- Umfassende Life-Cycle-Cost-Betrachtung vornehmen und umsetzen (4.2.3.1)
- Zustandserfassung der Fahrbahn verbessern (4.2.3.3)
- Qualität sichern dank optimierten Abnahmeprozessen nach Bauarbeiten (4.2.3.5)

Mittlere Priorität:

- Langfristig einfachere Weichenkonzepte und verbesserte Trassierung anstreben (4.2.3.2)
- Optimierte Fahrbahnkomponenten einbauen und abgestimmt auf die Beanspruchung die Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn sichern (4.2.3.4)

4. Der Projektausschuss sieht folgenden prioritären Handlungsbedarf bei Verkehrsunternehmen unter Einbezug der Infrastrukturbetreiberinnen:

Hohe Priorität:

- Kommunikation zwischen den Sparten Infrastruktur und Verkehr verbessern (4.2.4.2 und 4.2.5.3)

Mittlere Priorität:

- Geschwindigkeitsreduktionen von Güterzügen und bei Fahrten über Weichenbereiche vor Bahnhöfen situativ überprüfen (4.2.5.1)
- Linienkonzepte überprüfen, bessere Anpassung der Länge der Zugkompositionen an die Nachfrage und Reduktion von Fahrstrassen über zahlreiche Weichen auf Ablenkung (4.2.5.2)
- Spurkranzschmierung beim Befahren von Strecken mit engen Bögen optimieren (4.2.5.4)

5. Der Projektausschuss sieht folgenden prioritären Handlungsbedarf bei allen beteiligten Partnern:

- Fachkenntnisse und fahrbahn-spezifische, wissenschaftliche Forschung vertiefen (4.2.2.6)

Die übrigen Massnahmen werden als weniger prioritär betrachtet oder fallen wegen unerwünschten Zielkonflikten ausser Betracht.



7 Abschluss

Die Projektziele konnten überwiegend erfüllt werden. Im Projekt wurden die komplexen Zusammenhänge und Wirkungsketten primär qualitativ und nicht quantitativ aufgezeigt. Die gewonnenen Erkenntnisse und das zusammengestellte Wissen sind wertvoll für weitergehende Diskussionen und Entscheide. Einzelne Erkenntnisse sind bereits in Massnahmen (wie Netzzustandsberichte, Verschleissfaktor im Trassenpreis) umgesetzt. Weitere Analysen müssen folgen und über die bestehenden Prozesse in die Optimierung des Gesamtsystems einfließen. Bei dieser Optimierung sind nicht allein die Infrastrukturbereiche gefordert, sondern das komplexe Spannungsfeld ist in seinen Zusammenhängen zu verstehen. Das in diesem Bericht dargestellt Wirkungsmodell kann diesbezüglich unterstützen.

Die Finanzierung des Substanzerhalts der Bahn-Fahrbahn bleibt weiterhin ein Herausforderung und kann nur stabilisiert werden, wenn die Ursachen und Wirkungen noch besser verstanden und die Widerstandsfähigkeit der Fahrbahn mit stabilen und langfristig ausgerichteten Anlagenstrategien verbessert werden kann.

Bereits während der Projektbearbeitung konnte durch Abklärungsarbeiten, Fragen und Gespräche zwischen zahlreichen Fachleuten verschiedene Aspekte beleuchtet und erste Wirkungen erzielt werden. Verschiedene Massnahmen waren und sind bereits eingeleitet und dürften bereits in naher Zukunft Verbesserungen im Bereich des Substanzerhaltes der Fahrbahn bewirken und unliebsame Überraschungen reduzieren.

Am Schluss sei erwähnt, dass die Zusammenarbeit und die Vernetzung vom Know-how von Fachexperten aus verschiedensten Fachbereichen das gegenseitige Verständnis erhöht und viel zum Beseitigen von Unklarheiten und Missverständnissen beigetragen hat.



Anhang 1: Bezeichnung der Kategorien und Einflussparameter

Bezeichnung	Titel	Beschreibung / Beispiele
A	Rollmaterialauslegung	
A1	Radsatzlasten	Statische und dynamische Q-Kräfte
A2	Raddurchmesser	
A3	Beschleunigung	Technisches Beschleunigungs- und Bremsvermögen, Schlupfüberwachung...
A4	Ausnutzen Grenzwerte	Ausnutzung der Grenzwerte bei der Fahrzeugauslegung
A5	Spurkranzschmierung	
A6	Tempomat	Technische Implementierung der Geschwindigkeitsregelung in Triebfahrzeugen
A7	Fahrzeuggeometrie	Länge, Übergang, Drehzapfenabstand... (Achsabstand ist A12)
A8	Radmaterial	Material (Stahlqualität, Härte...) der Räder der Fahrzeuge
A9	Fahrzeugpreis	Investitionskosten für die Fahrzeugbeschaffung
A10	Standardfahrzeuge	Standardisierte Fahrzeuge aus In-/Ausland; nicht auf Schweizer Verhältnisse ausgelegt
A11		<i>leer (wird nicht mehr verwendet)</i>
A12	Drehgestellkonstruktion	inkl. Radlagerung, Schlingerdämpfer, unabgefederte Masse, angetriebene Achsen (inkl. Leistung), Achsabstand dieser Parameter wird in einem 2. Schritt detaillierter angeschaut
A12a	Geometrie (Achsabstand)	Aspekt Geometrie (insb. Achsabstand) aus A12
A12b	Achs- / Drehgestelllagerung	Aspekt Achs- und Drehgestelllagerung aus A12
A12c	Unabgefederte Masse	Aspekt Unabgefederte Masse (inkl. angetriebene Achsen und Leistung) aus A12
A13	Radprofile	
A14	Pflichtenheftanforderungen	Einbau Klimageräte, Zusätze für Sicherungsanlagen, Mehrstromloks...



B	Netzkapazitäten	Zeitlich und mengenmässig für Passagiere und Güter
B1	Fahrplanverdichtung	Anzahl Züge Personen- und Güterverkehr
B2	längere Züge	
B3	Geschwindigkeitserhöhung (global)	Zur Erhöhung der Trassenkapazität (inkl. Cargo-Express Cex120 und VDmax100)
B4	bogenschnelles Fahren (N+W)	Einführung Zugreihen N und W (ohne Folgewirkungen auf andere Zugreihen)
B5		<i>leer (wird nicht mehr verwendet)</i>
B6	Einsatz von DOSTO	Einsatz von DOSTO zur Bereitstellung der Sitzplatzkapazitäten
B7	D-Züge (22.5 t)	Erhöhung der Kapazität im Güterverkehr
B8	Zugauslastung	Auslastung der Züge (Personen- und Güterverkehr)
B9	Ausnutzung Geschwindigkeit (lokal)	"Fahren am Limit", starkes Beschleunigen und Bremsen
B10	Netznutzung	Optimierung des bestehenden Netzes, Fahrzeitreserven, Zugfolgezeiten, Umsetzung Taktfahrplan
B11	Netzerweiterung	Streckenausbauten, Perronverlängerungen
B12	Haltestellenerweiterung	Einführung zusätzlicher Haltestellen
C	Rollmaterialverwendung	
C1	Verkehrsort	Artreiner Verkehr / Mischverkehr
C2	Fahrweise Lokführer	Verhalten des Lokführers aufgrund von Vorgaben (zeitlich, betrieblich) und Fahrstil
C3	Push-Pull Betrieb	Pendelzüge Personenverkehr, Nachschiebebetrieb Güterzüge
C4	allgemeiner Rollmaterialeinsatz	diverse Einflüsse
D	Vorschriften Rollmaterial	
D1	Betriebliche Vorschriften	
D2	Technische Vorschriften	Vorgaben für Zulassung und für Unterhalt
D3	Netzzugang	Vorgaben für die Erteilung des Netzzugangs
D4	BehiG	Vorgaben zur Erfüllung des BehiG
E	Unterhalt Rollmaterial	
E1	Unterhalt Rollmaterial	Zeitpunkt und technische Ausführung
E2	Überwachung Rollmaterial	inkl. Radlast-Checkpoint zur Detektion von unrunder Rädern
E3	Aktueller Zustand Rollmaterial	
F	Baustellenorganisation	Grösse der Baustelle, Anfahrtswege, Intervalllänge, Baumaschineneinsatz...



G	Erhaltung Fahrbahn	
G1	Schienenfehler	Ermüdung und Verschleiss von Gleisen und Weichen
G2	Unterhalt Technik	Zeitpunkt und technische Ausführung
G2a	Stopfen	Aspekt Stopfen aus G2
G2b	Schienenschleifen	Aspekt Schienenschleifen aus G2
G2c	Schienenwechsel	Aspekt Schienenwechsel aus G2
G2d	Weichenbauteilwechsel	Aspekt Weichenbauteilwechsel aus G2
G3	Kosten für Unterhalt	
G4	Aktueller Zustand Fahrbahn	Oberbau umfassend Gleis und Weichen (z.B. Gleislage) und Unterbau (z.B. Schlammlöcher)
G5	Belastungskollektiv	Als Grundlage für Unterhalt...
G6	Erneuerung Technik	Zeitpunkt und technische Ausführung
G7	Kosten für Erneuerung	
G8	Überwachung Fahrbahn	
H	Streckencharakteristik	
H1	Weichenkonzept	Weichenanzahl, Weichentypen, Spaltweichen, Bogenweichen, alte Bauarten...
H2	Fahrdynamische Grenzwerte	Ausnutzung der Grenzwerte bei der Auslegung
H3	Interaktion Brücke - Gleis	
H4	horizontale Trassierung	Geometrisch (Radienwahl...)
H5	vertikale Trassierung	Längsneigung
I	System Rad/Schiene	Technisches System Rad/Schiene (Hertz'sche Flächenpressung, Profilpaarung...)
K	Fahrbahnauslegung	
K1	Unterbau	inkl. Entwässerung
K2	Schienenprofil	Querschnitt / Gewicht und Kopfform
K3	Schienenstahlgüte	
K4	Schwellen und Befestigung	
L	Vorschriften Fahrbahn	
L1	Vorschriften Auslegung	Technische Vorgaben für Auslegung (Strecke und Material), Zulassung
L2	Vorschriften Unterhalt	Technische Vorgaben für Unterhalt



M	Organisation	
M1	Systembetrachtung	Organisatorisch wie BaRe 1 und Divisionalisierung der Bahnen
M2		<i>leer (wird nicht mehr verwendet)</i>
M3	Organisation Erhaltung Fb	Organisation Erhaltung (inkl. Outsourcing von Bau- und Unterhaltsarbeiten) Sicherstellung Fach Knowhow
	Schnittstelle zu "Finanzierung"	Keine eigenen Einflussparameter sondern nur als Ursache und Wirkung
	Markt- / Kundenanforderung	Anforderung vom Markt, den Kunden (inkl. Komfort) oder Resultat der Bestellungen im RPV, Fahrzeitemvorgaben
	Finanzierung	Geld ist Ursache einer Veränderung eines Einflussparameters oder beeinflusst diese, inkl. Kostensenkungen
	Finanzierungsbedarf	Aus Kosten entstehender Finanzierungsbedarf
	Anreizsystem (Finanzierung)	Alle Anreizsysteme (Steuerungsmechanismen) durch Finanzierung, z.B. Trassenpreissystem



Anhang 2: Herleitung der Massnahmen-Priorisierung

<i>Massnahme</i>	<i>Potential</i>	<i>Verantwortlich für die Umsetzung</i>	<i>Frist bis zum Zeitpunkt der Wirkung</i>	<i>Kosten/Aufwand für die Umsetzung</i>	<i>Umsetzungsinstrument</i>	<i>Priorität</i>
<i>Skala</i>	3 = hoch, 2 = mittel, 1 = niedrig		K = Kurz (1-3 Jahre) M = Mittel (4-8 Jahre) L = Lang	3 = hoch, 2 = mittel, 1 = niedrig		1 = hoch, 2 = mittel, 3 = niedrig
4.2.2 Controlling-Massnahmen						
4.2.2.1 Einheitlich strukturierte Netzzustandsberichte	2	VöV mit Einbezug von BAV	K	1	RTE	Beschlossen
4.2.2.2 Einführung eines einheitlichen Prognosemodells	1	VöV mit Einbezug von BAV	K	1	RTE	3
4.2.2.3 Aufnahme der Anlagenstrategie und deren Instrumenten in den Zielen der künftigen Leistungsvereinbarungen	3	BAV	M	2	LV	1
4.2.2.4 Anpassung Indikatoren und Kennzahlen für finanzielle Steuerung durch Bund	2	BAV	K - M	1	LV	2
4.2.2.5 Anpassung der hoheitlichen Regelwerke	2	BAV	K - M	1	EBV, AB-EBV	2
4.2.2.6 Vertiefung spezifischer Fachkenntnisse	1	BAV / EVU / ISB	M – L	3	Forschungsaufträge, Zusammenarbeit mit Hochschulen und ausländischen Experten, Weiterbildungskurse	2



<i>Massnahme</i>	<i>Potential</i>	<i>Verantwortlich für die Umsetzung</i>	<i>Frist bis zum Zeitpunkt der Wirkung</i>	<i>Kosten/Aufwand für die Umsetzung</i>	<i>Umsetzungsinstrument</i>	<i>Priorität</i>
<i>Skala</i>	3 = hoch, 2 = mittel, 1 = niedrig		K = Kurz (1-3 Jahre) M = Mittel (4-8 Jahre) L = Lang	3 = hoch, 2 = mittel, 1 = niedrig		1 = hoch, 2 = mittel, 3 = niedrig
<u>4.2.3 Massnahmen im Bereich Bau/Unterhalt der Infrastruktur</u>						
4.2.3.1 Life-Cycle-Cost-Betrachtung (Siehe auch 4.2.2.1 und 4.2.2.2)	3	ISB	M-L	2 In den Projekten am Anfang idR 3 (Investition statt Unterhalt)	Anlagenstrategie	1
4.2.3.2 Einfachere Weichenkonzepte und verbesserte Trassierung	2	ISB	L	3	Umsetzung bereits bestehender Empfehlungen in den Vorschriften	2
4.2.3.3 Verbesserung der Zustandserfassung der Fahrbahn	2	ISB	M	1	Auswertung der Messfahrzeug-Daten ergänzt mit Begehungen vor Ort	1
4.2.3.4 Technische Ausgestaltung der Fahrbahn	2	ISB	M - L	2	Forschung, Versuche → RTE	2
4.2.3.5 Vermeidung von Baumängeln	2	ISB	K – M – L	1	Umfassende, dokumentierte Bauabnahmeprozesse	1



<i>Massnahme</i>	<i>Potential</i>	<i>Verantwortlich für die Umsetzung</i>	<i>Frist bis zum Zeitpunkt der Wirkung</i>	<i>Kosten/Aufwand für die Umsetzung</i>	<i>Umsetzungsinstrument</i>	<i>Priorität</i>
<i>Skala</i>	3 = hoch, 2 = mittel, 1 = niedrig		K = Kurz (1-3 Jahre) M = Mittel (4-8 Jahre) L = Lang	3 = hoch, 2 = mittel, 1 = niedrig		1 = hoch, 2 = mittel, 3 = niedrig
4.2.4 Massnahmen im Fahrzeugbereich						
4.2.4.1 Zulassung von Fahrzeugen	2	BAV	L	2	Fahrzeug-Zulassungen	2
4.2.4.2 Brancheninterne Abstimmung	1	EVU / ISB	L	1	Kooperation, Austausch	1
4.2.4.3 Trassenpreis-Anpassung per 1.1.2017	3	BAV	L	2	NZV	Beschlossen
4.2.4.4 Anreize zur Erzielung von Verbesserungen am bestehenden Rollmaterial	2	BAV	M - L	1	Fahrzeug-Einpreisung gemäss NZV	1
4.2.4.5 Mögliche Weiterentwicklungen des Trassenpreises	2	BAV	L	2	NZV	3



<i>Massnahme</i>	<i>Potential</i>	<i>Verantwortlich für die Umsetzung</i>	<i>Frist bis zum Zeitpunkt der Wirkung</i>	<i>Kosten/Aufwand für die Umsetzung</i>	<i>Umsetzungsinstrument</i>	<i>Priorität</i>
<i>Skala</i>	3 = hoch, 2 = mittel, 1 = niedrig		K = Kurz (1-3 Jahre) M = Mittel (4-8 Jahre) L = Lang	3 = hoch, 2 = mittel, 1 = niedrig		1 = hoch, 2 = mittel, 3 = niedrig
4.2.5 Betriebliche Massnahmen						
4.2.5.1 Anpassung der Fahrgeschwindigkeit	2	ISB / EVU	M	2	Fahrplan, AB-EBV	2
4.2.5.2 Anpassung der Zugläufe, der Zugkompositionen und der Fahrstrassen	2	EVU / ISB	M	2	Überprüfung Linienkonzepte und Randstunden- konzepte	2
4.2.5.3 Verbesserung der Kommunikation zwischen Infrastruktur und Verkehr	2	EVU / ISB	K	1	Kooperation, Austausch	1
4.2.5.4 Spurkranzschmierung	1	EVU	K	1	Situativ Einsatz- möglichkeit prüfen	2