

Konzept-Bausteine für ein Monitoring des Schienenverkehrslärms

Dr.-Ing. Matthias Jelinski, IVE mbH, Hannover

Dipl.-Ing Sascha Nesterow, TU Berlin, FG Schienenfahrzeuge

Mainz, 9. Oktober 2014

Inhalt

Kurz-Vorstellung des Vorhabens (UFOPLAN) 3712 54 100

→ «Strategien zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms»

Unterscheidung von Konzept-Bausteinen

- Ziele und Randbedingungen
- Ableitung von Anforderungen

Beispiele für ausgewählte Konzept-Bausteine

- Festlegung: Anzahl und Lage erforderlicher Messstellen im Eisenbahnnetz
- Notwendige Systeme
- Messung und Auswertung der Zugvorbeifahrten

Inhalt

Kurz-Vorstellung des Vorhabens (UFOPLAN) 3712 54 100

→ «Strategien zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms»

Unterscheidung von Konzept-Bausteinen

- Ziele und Randbedingungen
- Ableitung von Anforderungen

Beispiele für ausgewählte Konzept-Bausteine

- Festlegung: Anzahl und Lage erforderlicher Messstellen im Eisenbahnnetz
- Notwendige Systeme
- Messung und Auswertung der Zugvorbeifahrten

Strategien zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms

Vorhaben (UFOPLAN) 3712 54 100

- Auftraggeber
- Forschungsnehmer



Dr. Weinandy



Prof. Mitusch



Prof. Hecht



Prof. Siefer

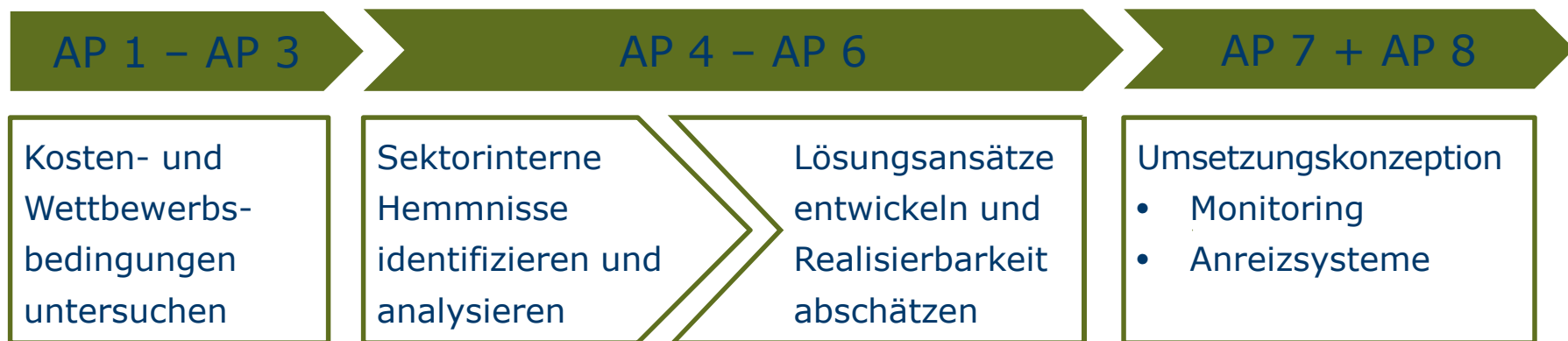


Prof. Pache

Projektziele und Arbeitsplan

Beginn 10/2012

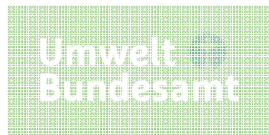
Abschluss 5/2016



Strategien zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms

Vorhaben (UFOPLAN) 3712 54 100

- Auftraggeber
- Forschungsnehmer



Dr. Weinandy



Prof. Mitusch



Prof. Hecht



Prof. Siefer

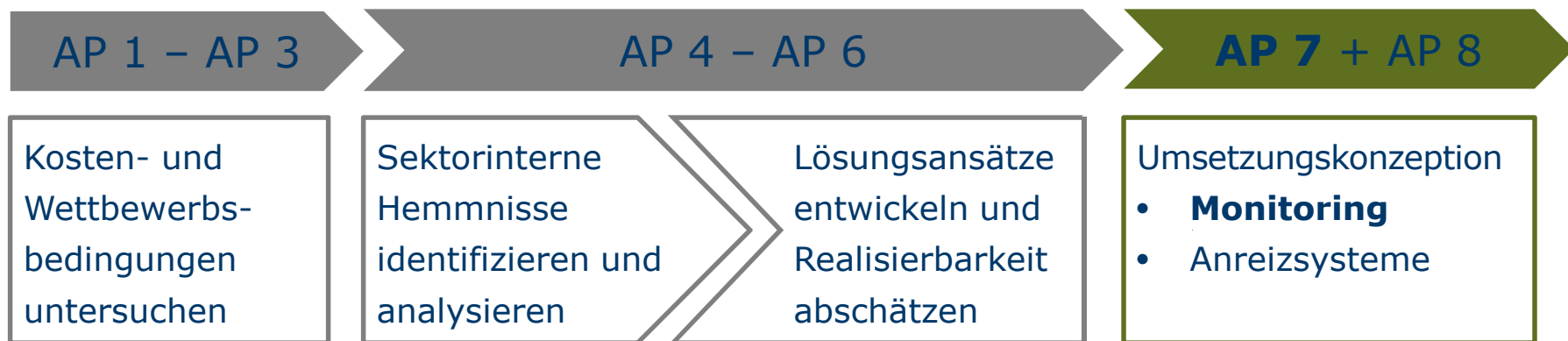


Prof. Pache

Projektziele und Arbeitsplan

Beginn 10/2012

Abschluss 5/2016



Inhalt

Kurz-Vorstellung des Vorhabens (UFOPLAN) 3712 54 100

→ «Strategien zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms»

Unterscheidung von Konzept-Bausteinen

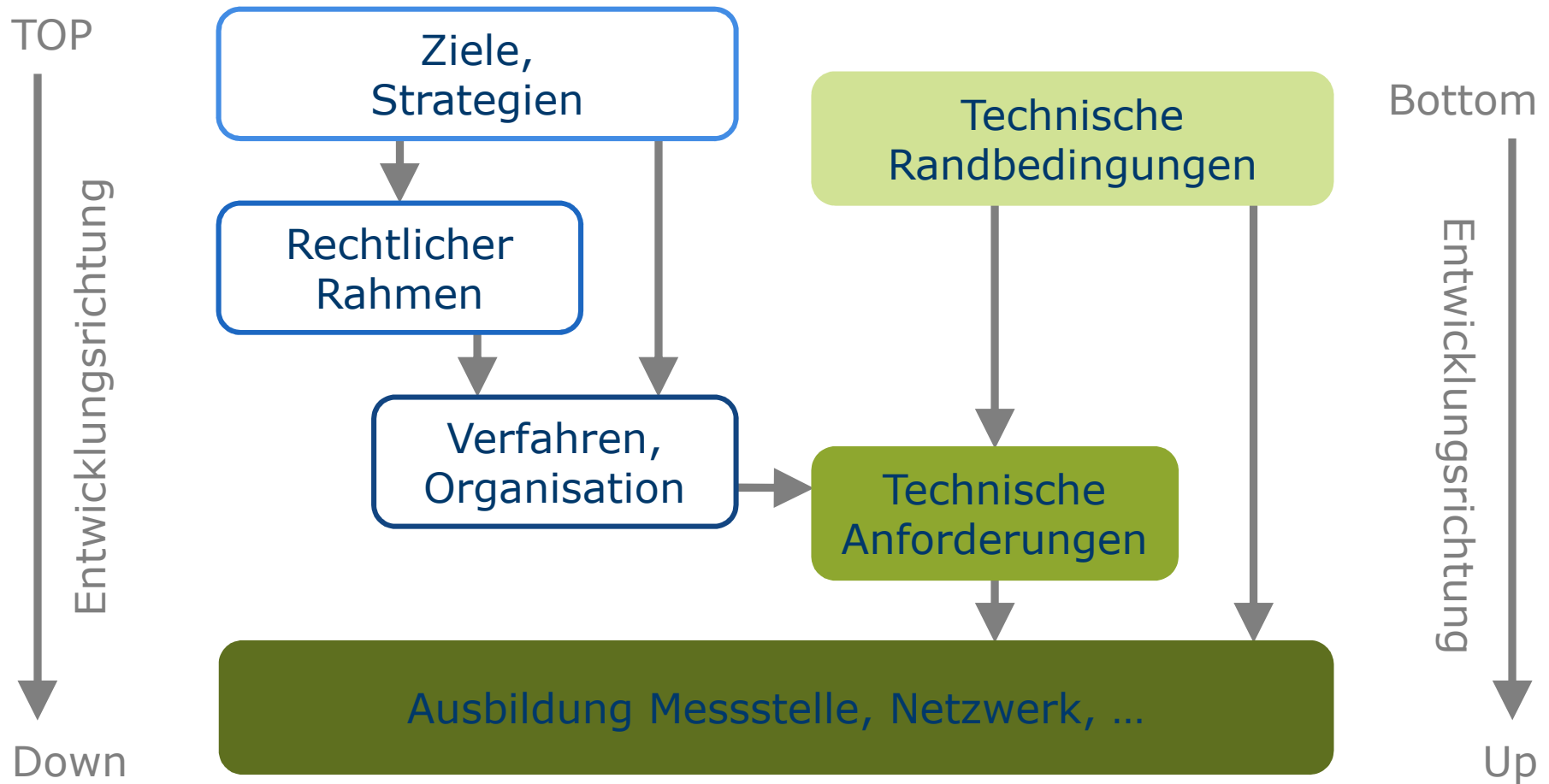
- Ziele und Randbedingungen
- Ableitung von Anforderungen

Beispiele für ausgewählte Konzept-Bausteine

- Festlegung: Anzahl und Lage erforderlicher Messstellen im Eisenbahnnetz
- Messung und Auswertung der Zugvorbeifahrten
- Notwendige Systeme

Konzeption Monitoring Schienenverkehrslärm

Konzept-Bausteine



Monitoring des Schienen(güter)verkehrslärms für...

Ziele, Strategien

Ziel 1: Erfassung des Schienenlärms

- **Ist-Zustands**, Langzeittrends
- Darstellung (zukünftiger) **Verbesserungen**
 - Technische Innovationen
 - Ergriffene Maßnahmen
- Überprüfung der Lärmkartierung

Ziel 2: Identifikation lauter Güterwagen

- **Zuordnung**: Schalldruckpegel – Wagen
- **Information** der EVU/Wagenhalter → Fahrzeug-Instandhaltung
- **Überwachung** im laufenden Bahnbetrieb
 - Sanktionsregime: Boni, Strafzölle
 - Betriebsbeschränkungen

Monitoring des Schienen(güter)verkehrslärms für...

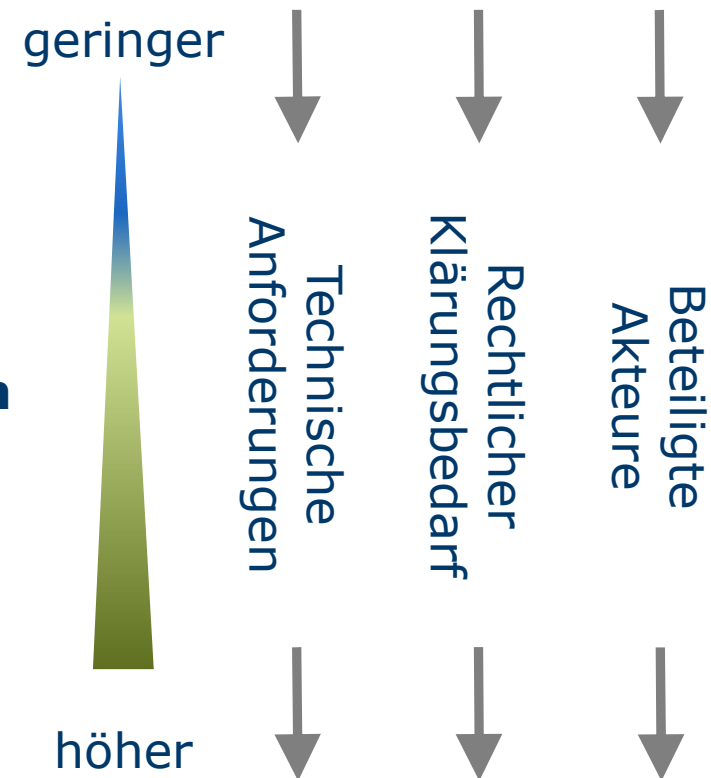
Ziele, Strategien

Ziel 1: Erfassung des Schienenlärms

- **Ist-Zustands**, Langzeittrends
- Darstellung (zukünftiger) **Verbesserungen**
- Überprüfung der Lärmkartierung

Ziel 2: Identifikation lauter Güterwagen

- **Zuordnung**: Schalldruckpegel – Wagen
- **Information** der EVU/Wagenhalter
- **Überwachung** im laufenden Bahnbetrieb



Monitoring des Schienen(güter)verkehrslärms durch...

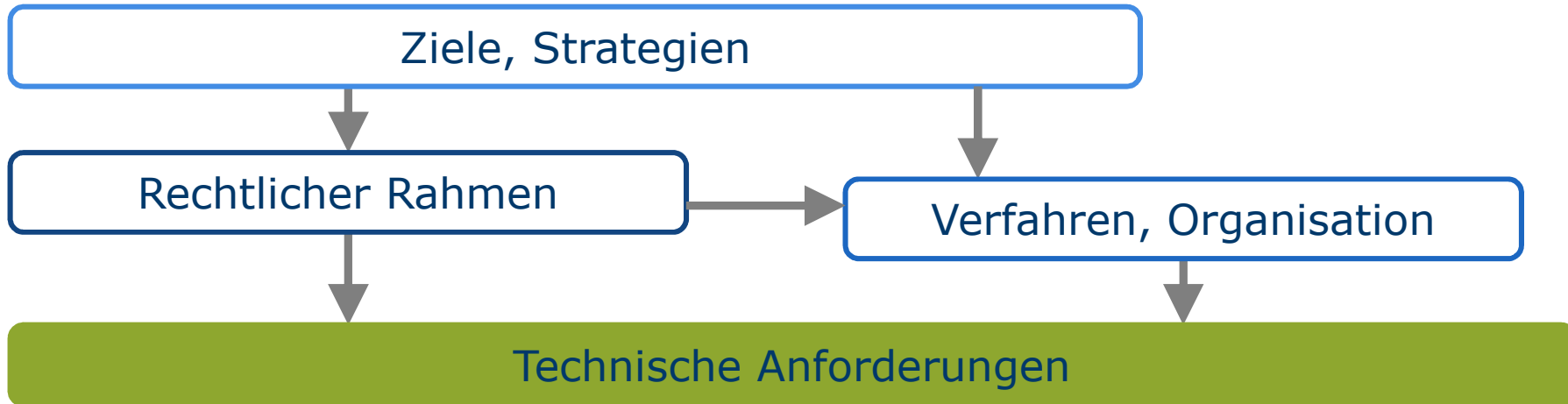
Technische Randbedingungen

Fahrwegseitige Messung → Verkehrsaufkommen
→ Züge, Wagen

Notwendige Systeme: Grundausstattung einer Messstelle

- Schallmessung durch 2 Mikrofone
- Achsdetektoren
 - Steuerung des Auswertezeitraums
 - Bezug Schallmessung – Zugvorbeifahrt
 - Erkennen von Gv, Pv, Wagen
- Auswertesystem und -algorithmen
 - Grenz-/ Eingreifwerte für Lärm
 - Achsabstände
- Kommunikationssystem → Schnittstellen für Vernetzung

Anforderungen an ein Monitoringsystem – Top-Down



Betreibermodelle

- Empfehlung: Öffentlicher Betreiber
→ Daten-Zugriff, Datenschutz

Überwachungsdichte

- Anzahl und Lage
der Stationen im Netz

Reproduzierbarkeit der Messungen

- Doppel-/ Mehrfach-Auswertung
→ Zentrale Datenhaltung
- Beobachtungszeitraum
→ Datenarchivierung

Anforderungen an ein Monitoringsystem – Top-Down + Bottom-Up



Ergänzungssysteme

- Kommunikationssysteme, notwendige Schnittstellen
- Datenarchivierung für Langzeit-Untersuchungen
- Identifikationssysteme: Zug, Fahrzeug, Wagen
- Technischer Daten-Server

Messstelle, Akustikmodul

- Örtlichkeit
- Infrastruktur der Station
- Gleislage
- Gleisabklingrate (TDR)
- Schienenrauheit
- Normiertes Umfeld
- Instandhaltung: Messstelle + Gleis

Inhalt

Kurz-Vorstellung des Vorhabens (UFOPLAN) 3712 54 100

→ «Strategien zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms»

Unterscheidung von Konzept-Bausteinen

- Ziele und Randbedingungen
- Ableitung von Anforderungen

Beispiele für ausgewählte Konzept-Bausteine

- Festlegung: Anzahl und Lage erforderlicher Messstellen im Eisenbahnnetz
- Notwendige Systeme
- Messung und Auswertung der Zugvorbeifahrten

Grobkonzeption fahrwegseitiges Monitoringsystem

Erforderliche Messstellen im Eisenbahnnetz

- Lage im Netz
 - Eisenbahnbetrieblich sinnvoll
- Anzahl der Messstellen
 - Zwei Ansätze
 - Ziele des Monitorings

Aufkommen des SGV

- Quellen: IVE, destatis, DB-Veröffentlichungen
- Stand 2013
- Anzahl Güterzüge:
ca. 895,61 Mio. Züge

Karte ohne Maßstab
Hannover Ortsname



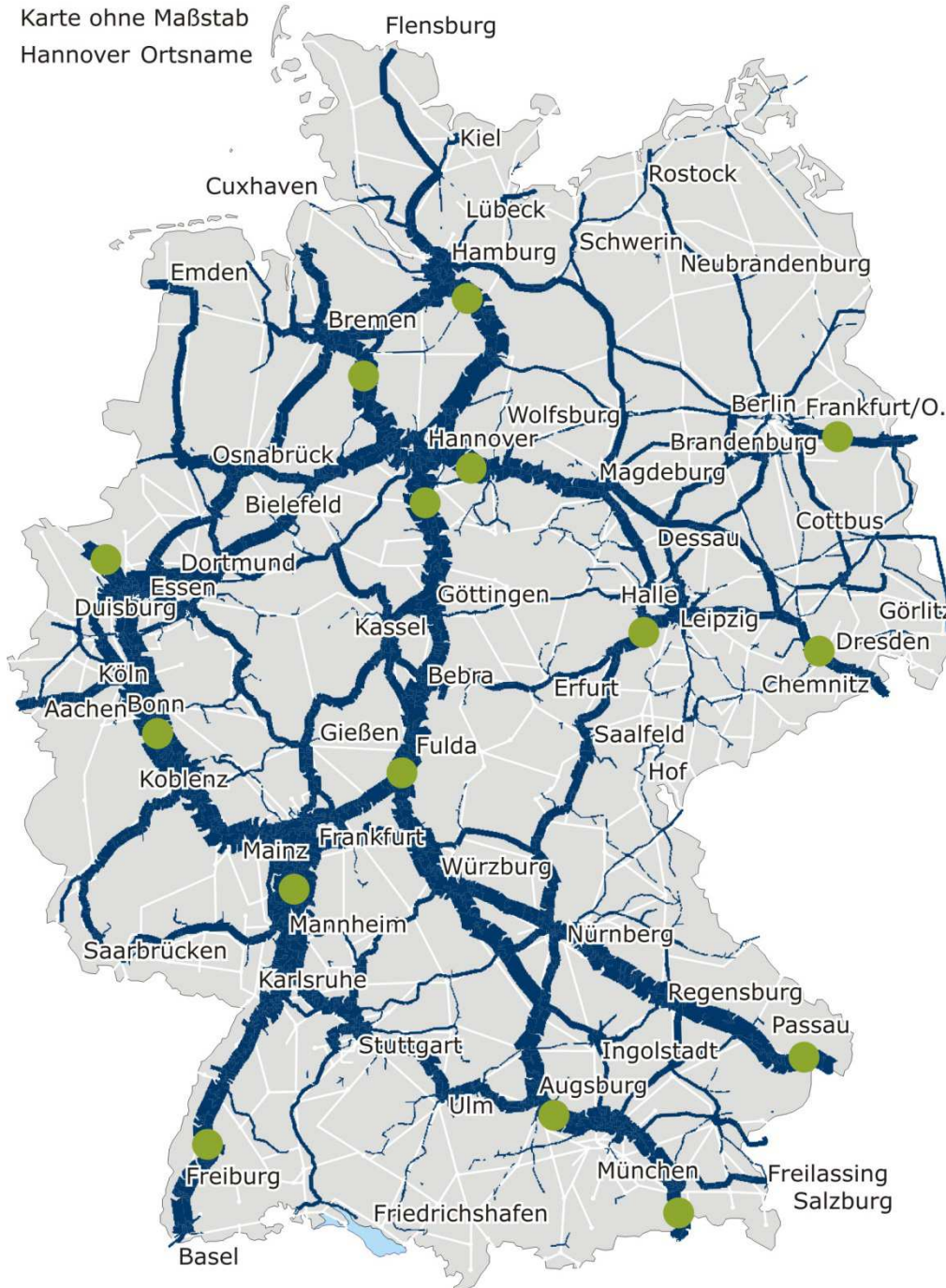
Grobkonzeption Monitoringsystem

Aufkommen des SGV

- Quellen: IVE, destatis, DB-Veröffentlichungen
- Stand 2013
- Anzahl Güterzüge:
ca. 895,61 Mio. Züge

→ Verkehrsleistung: Zug-km

Karte ohne Maßstab
Hannover Ortsname



Erforderliche Messstellen

Aufkommen des SGV

- Stand 2013

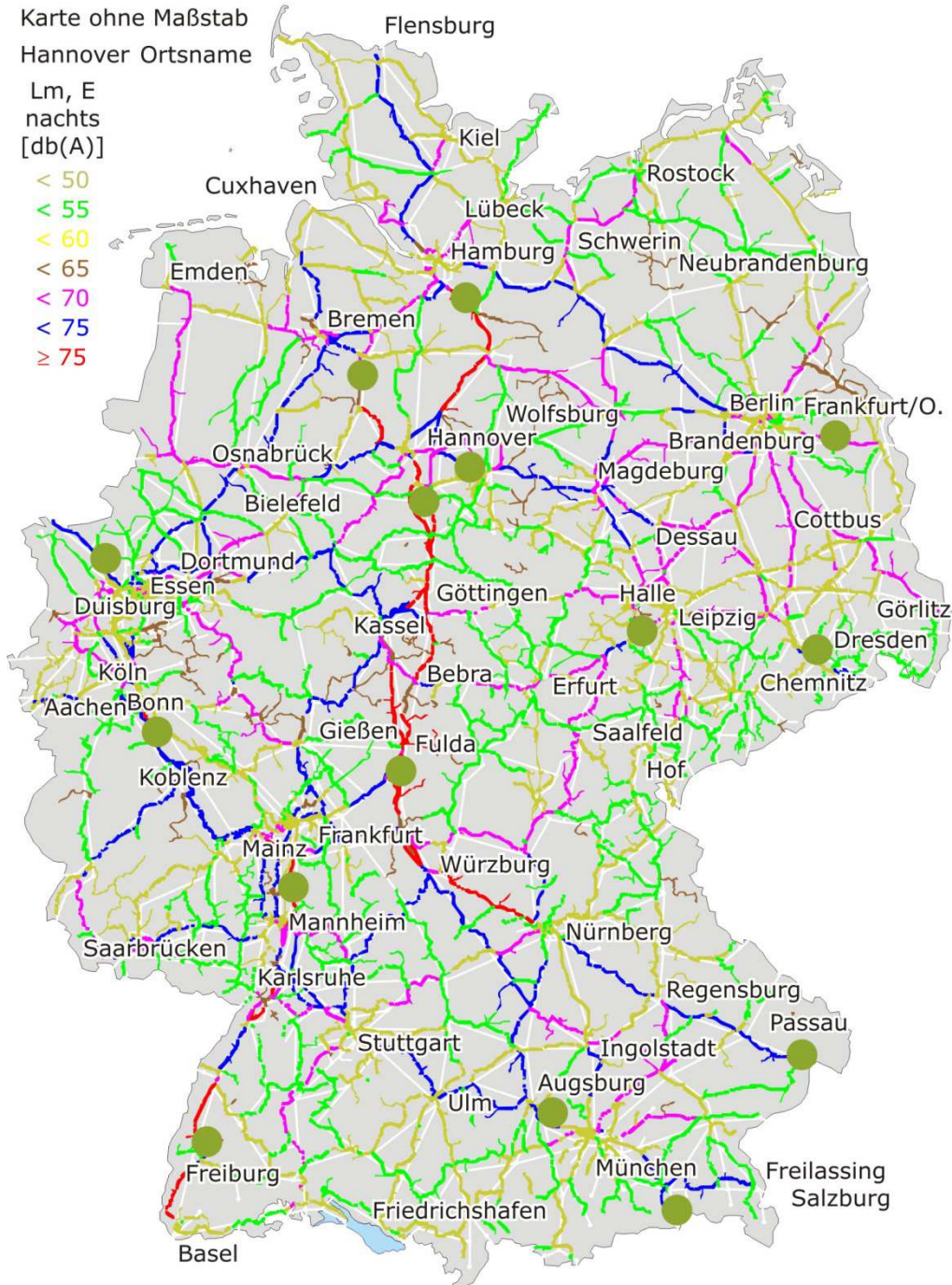
1. Ansatz: 15 Stationen

- Verteilung im Netz
- **Ziel 1:** Erfassung des Lärms

Karte ohne Maßstab
Hannover Ortsname

Lm, E
nachts
[db(A)]

- < 50
- < 55
- < 60
- < 65
- < 70
- < 75
- ≥ 75



Erforderliche Messstellen

Aufkommen des SGV

- Stand 2013

1. Ansatz: 15 Stationen

- Verteilung im Netz
- **Ziel 1:** Erfassung des Lärms

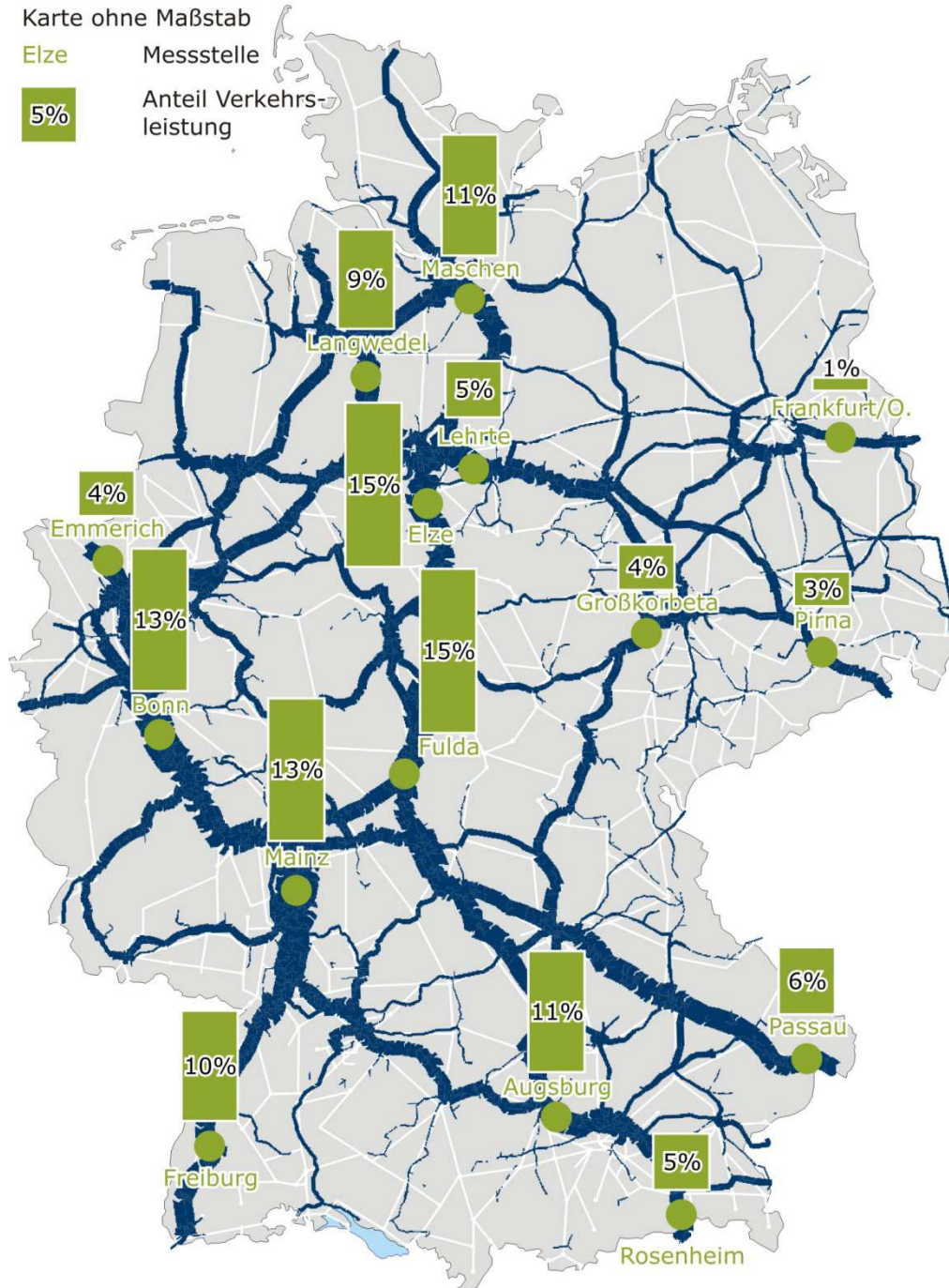
Abgleich Schienenverkehrslärm

- Nächtliche Schall-
emissionen 2012
- Quelle: DB Umwelt-
zentrum, ISU LENA

Karte ohne Maßstab

Elze Messstelle

5% Anteil Verkehrsleistung



Erforderliche Messstellen

1. Ansatz: 15 Stationen

- Verteilung im Netz
- **Ziel 1:** Erfassung des Lärms

Anteil der erfassten Verkehrsleistung

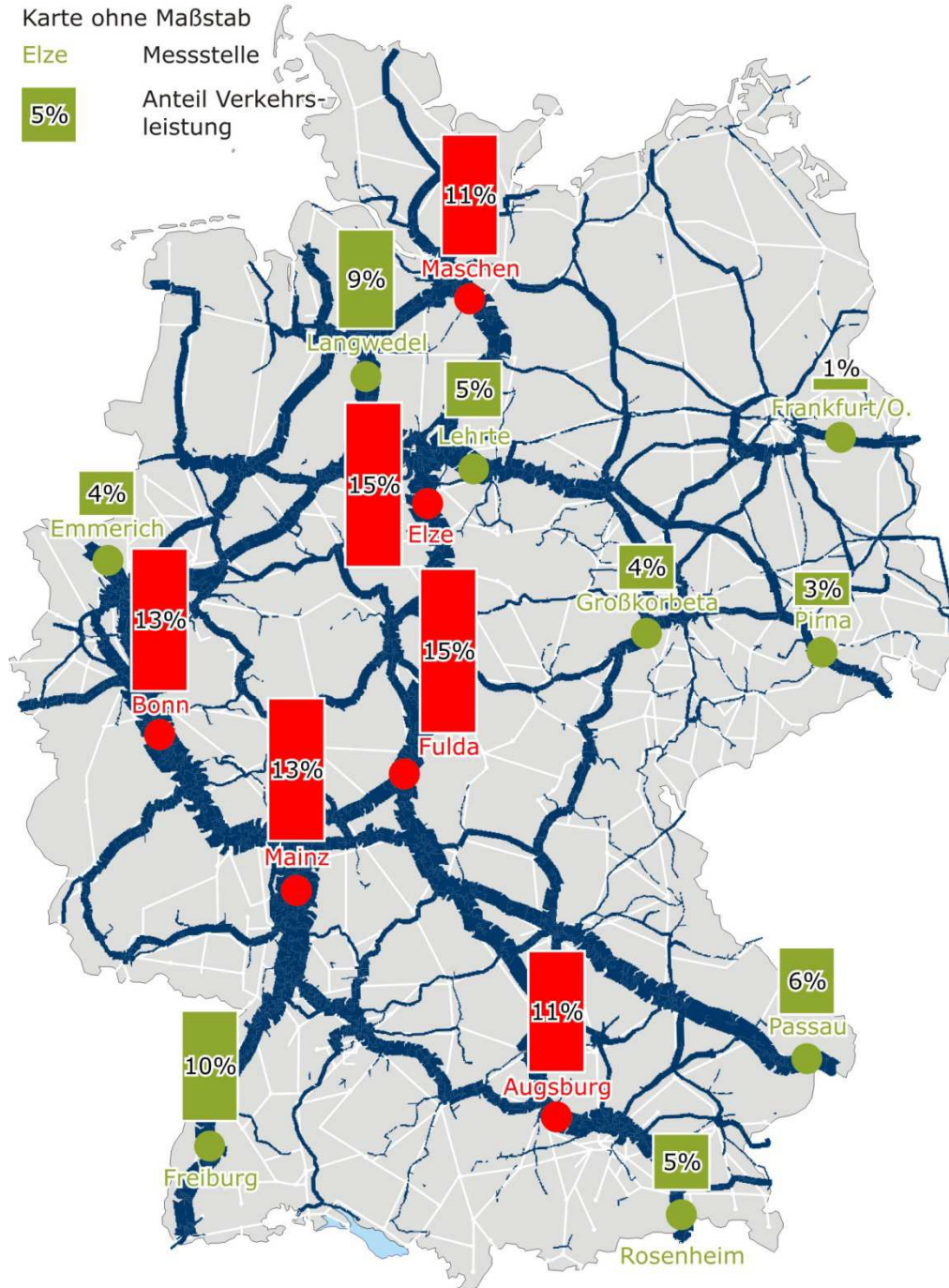
- Verkehrsleistung: Zug-km
- Keine Beachtung von Mehrfach-Messungen

→ 15 Stationen: 69% der Zug-km

Karte ohne Maßstab

Elze Messstelle

5% Anteil Verkehrsleistung



Erforderliche Messstellen

1. Ansatz: 15 Stationen

- Verteilung im Netz
- **Ziel 1:** Erfassung des Lärms

Anteil der erfassten Verkehrsleistung

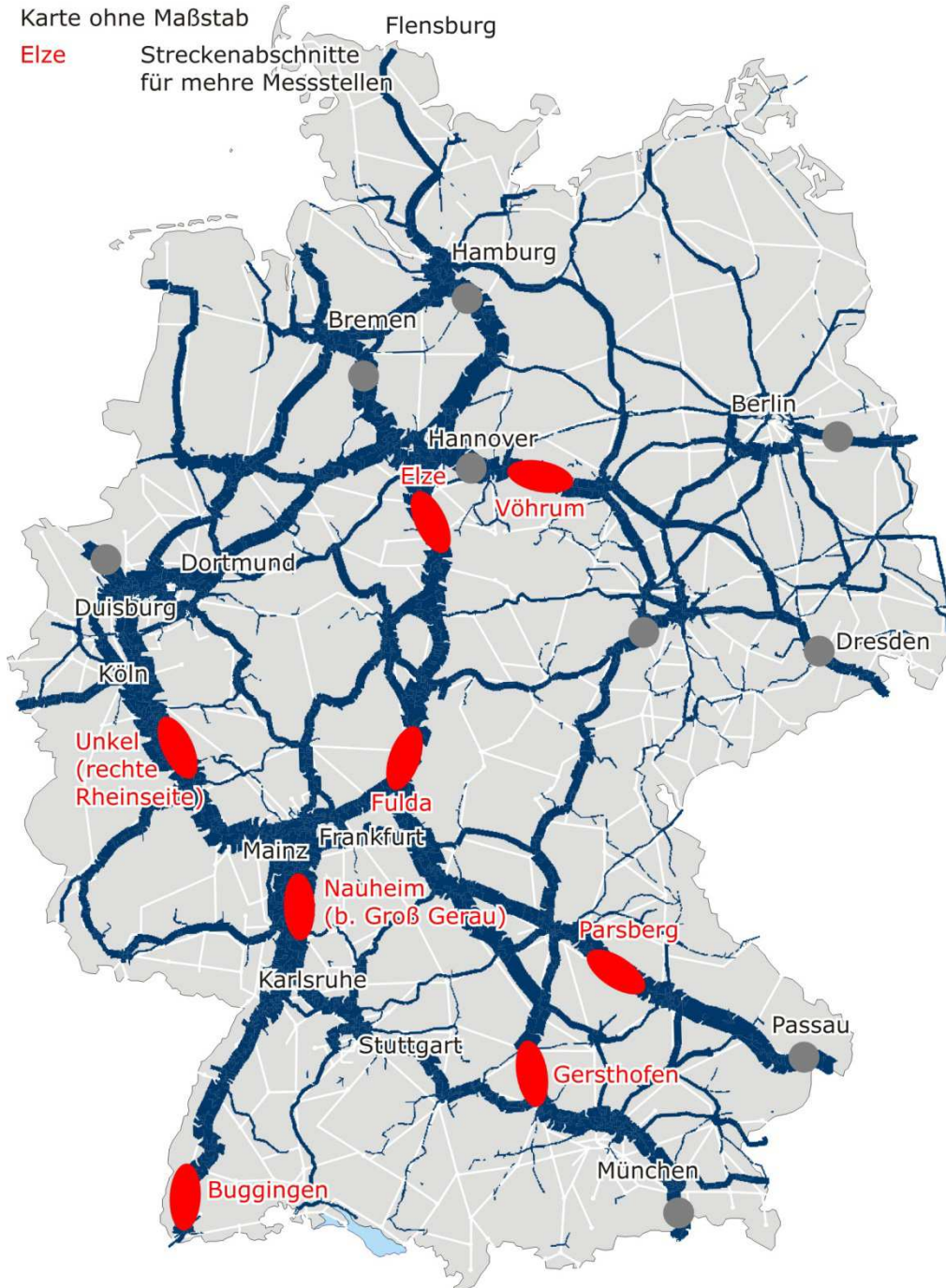
- Verkehrsleistung: Zug-km
- Keine Beachtung von Mehrfach-Messungen

→ 15 Stationen: 69% der Zug-km

→ 6 Stationen: 49% der Zug-km

Karte ohne Maßstab

Elze
Streckenabschnitte
für mehrer Messstellen



Erforderliche Messstellen

2. Ansatz: Zugverfolgung

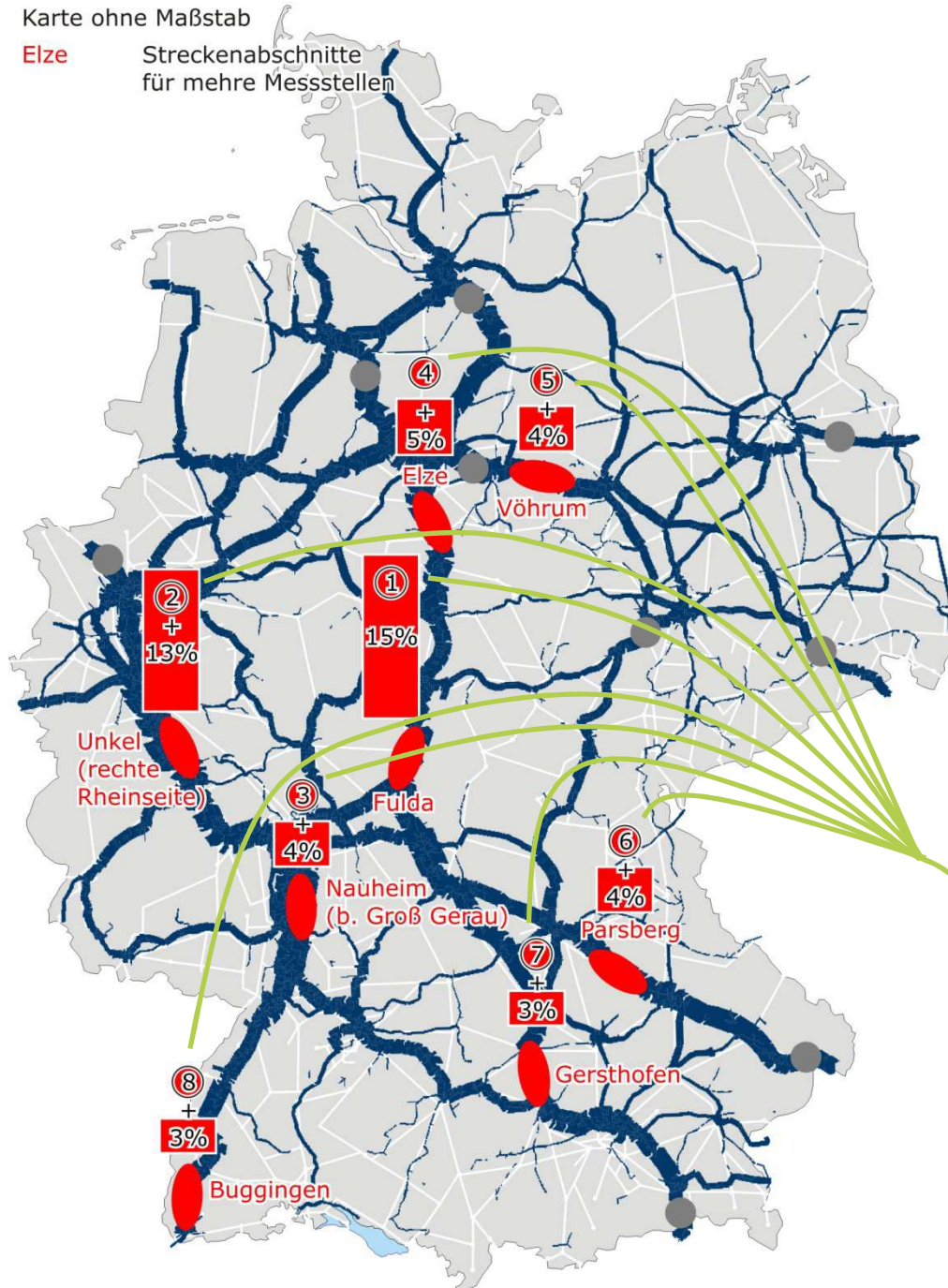
- Doppel- / Mehrfach-Auswertung
- **Ziel 2:** Identifikation
→ Streckenabschnitte

Anteil der erfassten Verkehrsleistung

- Verkehrsleistung: Zug-km

Karte ohne Maßstab

Elze
Streckenabschnitte
für mehr Messstellen



Erforderliche Messstellen

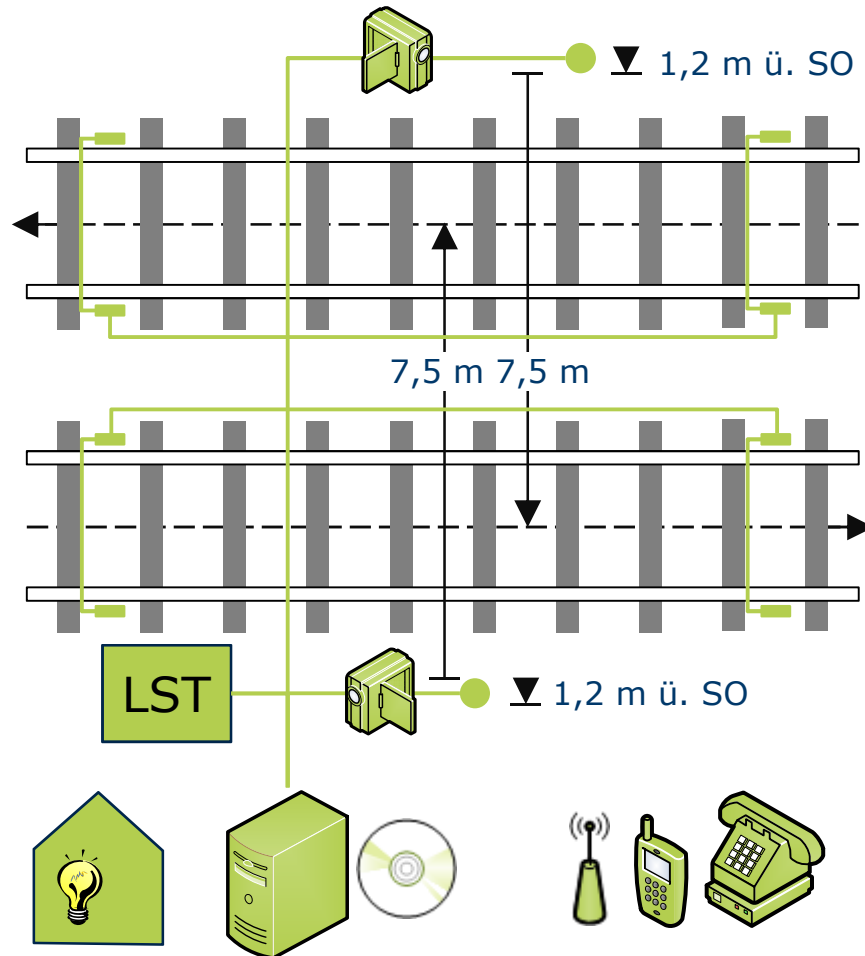
2. Ansatz: Zugverfolgung

- Doppel- / Mehrfach-Auswertung
- **Ziel 2:** Identifikation
→ Streckenabschnitte

Anteil der erfassten Verkehrsleistung

- Verkehrsleistung: Zug-km
→ Anteil an der Gesamtleistung
→ 8 Abschnitte: 52 % der Zug-km
→ 16 Stationen

Ausstattungsvarianten der Messstelle



Subsysteme an einer Messstelle

- Energie + Infrastruktur
- Akustikmodul
- Kommunikationssystem
- Identifikationssystem
 - Schnittstellen, z. B. LST

Notwendige Arbeiten

- Kalibrierung + System-Check
- Instandhaltung Gleis

Netzwerk-Umgebung für alle Messstellen

Alle Messstellen

- Ergebnisse
- Lebenszeichen



Einmal-Entwicklungen

- Bildauswerte-Software
- Schnittstellen
Fahrzeug-/ Wagen-Datenbanken

Subsysteme der Umgebung



- Datenbank «Akustik»
- Auswerte-Server
«Überwachung»



- Technischer
Daten-Server

Personale

- Auswertung Akustik
- Verwaltung / Instandhaltung
des Systems

Lösungsansätze

Ziel 1: Erfassung des Schienenlärms

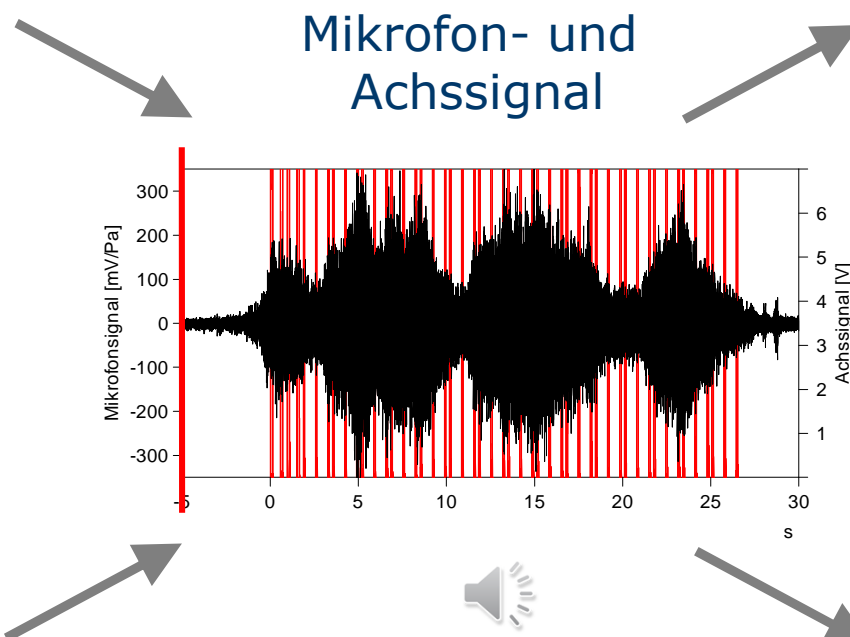
- Empfehlung: Messaufbau nach TSI Noise
 - Akustischer Zustand des Gleises nach TSI Noise nicht zwingend notwendig
- Bestimmung des Vorbeifahrtpegels L_{Aeq} für gesamten Zug nach TSI Noise
 - «Leise» Wagen kaum einen Einfluss auf Vorbeifahrtpegel
- Bestimmung des Tag-, Abend-, Nacht-Pegel L_{DEN} nach TA Lärm

Messung und Auswertung einer Zugvorbeifahrt

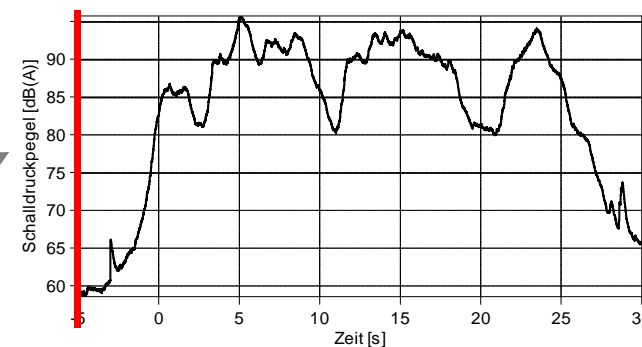
Achsdetektion



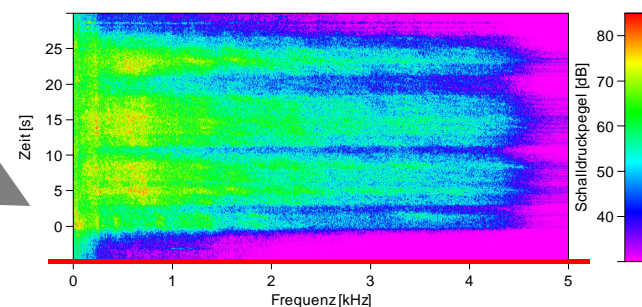
Mikrofon



Schallpegelverlauf

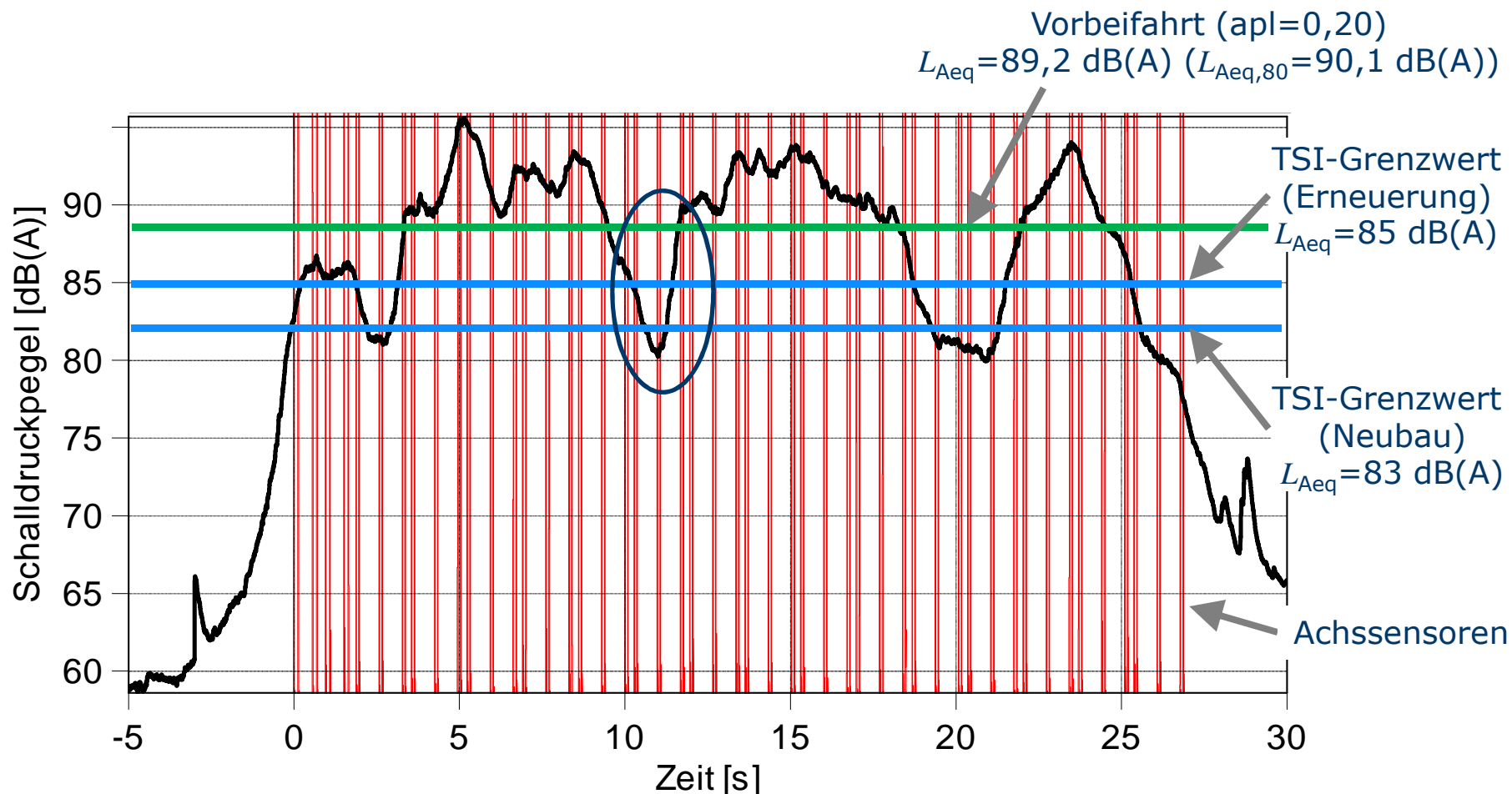


Frequenzverlauf



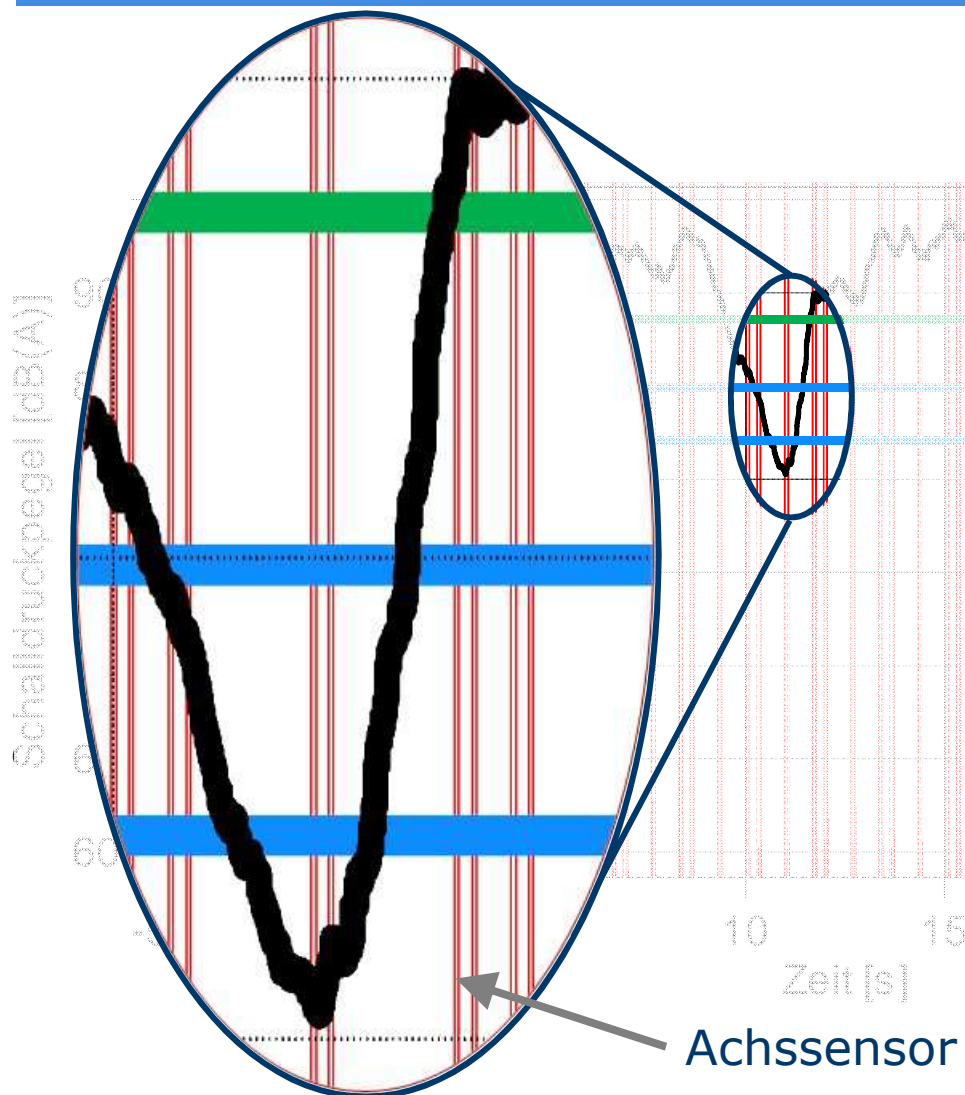
Beispiel: 4-achsige Lok, 1 × 4-achsiger Aufenthaltswagen, 15 × Sggrss-Wagen (6-achsige Gelenkwagen)
am 02.04.2014 zwischen Waidbruck und Klausen (Südtirol), $v \approx 75\text{km/h}$

Messung und Auswertung einer Zugvorbeifahrt



Beispiel: 4-achsige Lok, 1 × 4-achsiger Aufenthaltswagen, 15 × Sggrss-Wagen (6-achsige Gelenkwagen)
am 02.04.2014 zwischen Waidbruck und Klausen (Südtirol), $v \approx 75$ km/h

Messung und Auswertung einer Zugvorbeifahrt



- Beispiel: Sggrss
- Wagenscharfe Messung
 $L_{Aeq, Wagen} = 83 \text{ dB(A)}$
- Achsscharfe Messung
mit Impulszeitbewertung
→ nicht nach TSI

$$L_{Aeq,1} = 81,7 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq,2} = 81,9 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq,3} = 77,8 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq,4} = 77,8 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq,5} = 87,2 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq,6} = 87,5 \text{ dB(A)}$$

Ziel 2: Identifikation lauter Güterwagen

- Empfehlung: Messaufbau nach TSI Noise
- Gleiszustand nach TSI Noise (Schienenrauheit, Abklingrate)
- Wagen- oder Achsscharfe Detektion
- Bestimmung von Eingreifwerten
 - für die Information der EVU und Wagenhalter
 - für Boni oder Strafzölle
 - Grenzwerte nach TSI Noise nicht geeignet
 - Akustische Neutralität der Nachbarwagen kann nicht gewährleistet werden
- Kurzer Zeitbereich bei der Vorbeifahrt (neue Zeitbewertung)
 - Frequenzanalyse zur Detektion von tonhaltigen Geräuschen

Zusammenfassung Monitoringsystem

Konzept-Bausteine für ein Monitoringsystem

- Ableitung technischer Anforderungen

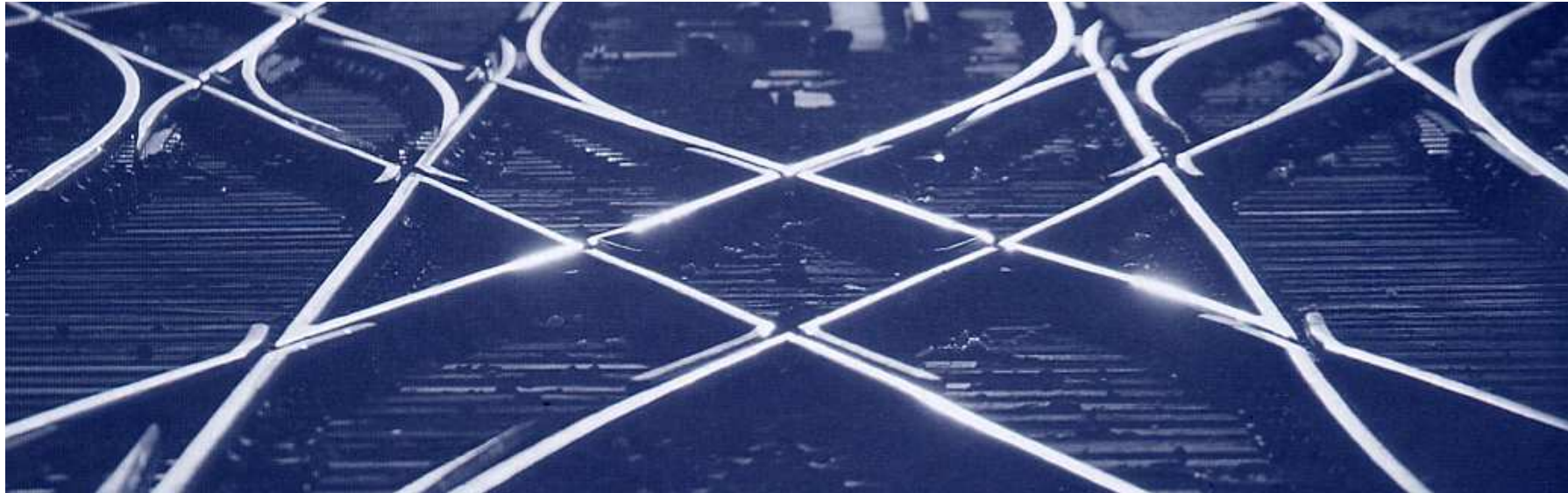
Grobkonzeption für ein fahrwegseitiges Monitoring

- Lage der Messstellen im Netz
- Notwendige Anzahl von Messstellen

→ Ausrichtung des Monitoringsystem auf die Zielsetzung

- Ziel 1 «Erfassung»
- Ziel 2 «Identifikation lauter Güterwagen»

→ Festlegung eines rechtlichen Rahmens und von Standards



Konzept-Bausteine für ein Monitoring des Schienenverkehrslärms

Dr.-Ing. Matthias Jelinski, IVE mbH, Hannover

Dipl.-Ing Sascha Nesterow, TU Berlin, FG Schienenfahrzeuge

Mainz, 9. Oktober 2014

Kostenhochrechnung für eine Messstelle

Subsystem	Investitions- kosten in [€]	Lebensdauer Revisions- zeitraum in [a]	Laufende Kosten in [€]
Energie und Infrastruktur	20.000	20	12.000
Akustikmodul, Erst-Kalibrierung und Installation	70.000	6	15.000
Identifikationssystem mit intelligenter Videotechnik	80.000	5	10.000
Kommunikationssystem mit netzwerkfähiger Datenverbindung	15.000	5	2.000
Instandhaltung der Messstelle mit Kalibrierung und System-Checks			2.000
Instandhaltung der Gleise			15.000
Kosten-Ansätze für eine Messstelle	185.000		56.000
Summe für 16 Messstellen	2,96 Mio.		896.000

Kostenhochrechnung Monitoringsystem

Subsystem	Investitions- kosten in [€]	Lebensdauer Revisions- zeitraum in [a]	Laufende Kosten in [€]
------------------	---	--	--------------------------------------

Ansatz Netzwerk-Umgebung

Datenbank Akustik	60.000	3	195.000
Auswerte-Server Überwachung	60.000	3	5.000
Entwicklung Bildauswerte-Software	100.000	4	
Schnittstellen zur Fz-Identifikation	50.000		250.000
Technischer Daten-Server	35.000	3	140.000
Summe	305.000		590.000

Kostenansätze Monitoring

Summen	3,265 Mio.		1,486 Mio.
---------------	-------------------	--	-------------------