

## 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

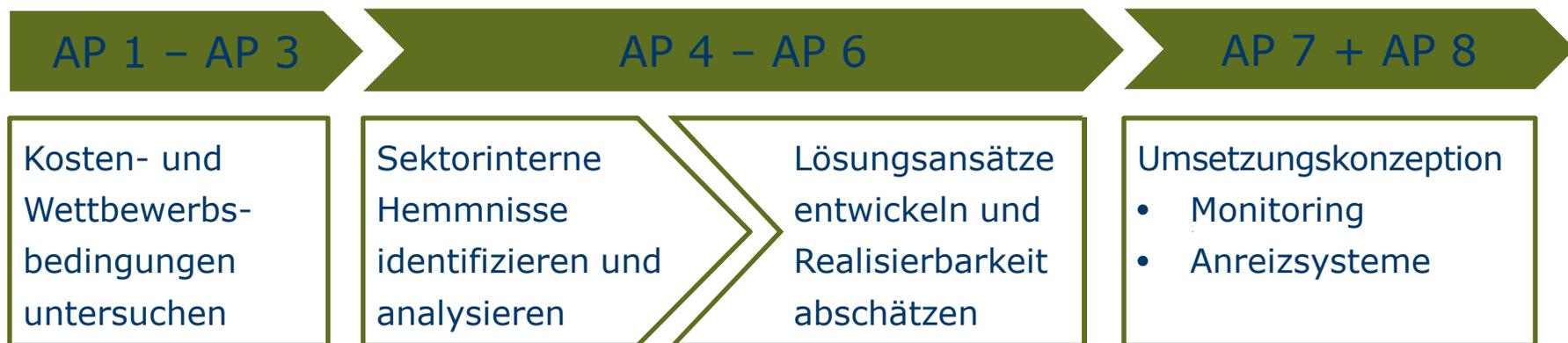


Prof. Pache

## Projektziele und Arbeitsplan

Beginn 10/2012

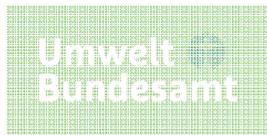
Abschluss 5/2016



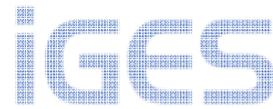
# Strategien zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms

## Vorhaben (UFOPLAN) 3712 54 100

- Auftraggeber
- Forschungsnehmer



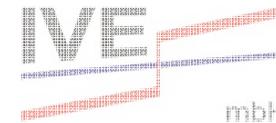
Dr. Weinandy



Prof. Mitusch



Prof. Hecht



Prof. Siefer

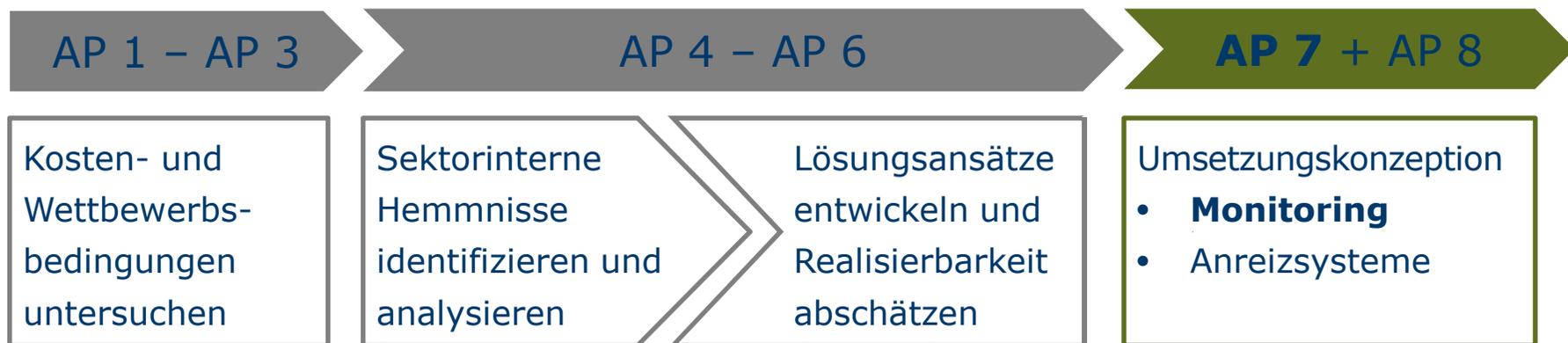


Prof. Pache

## 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**

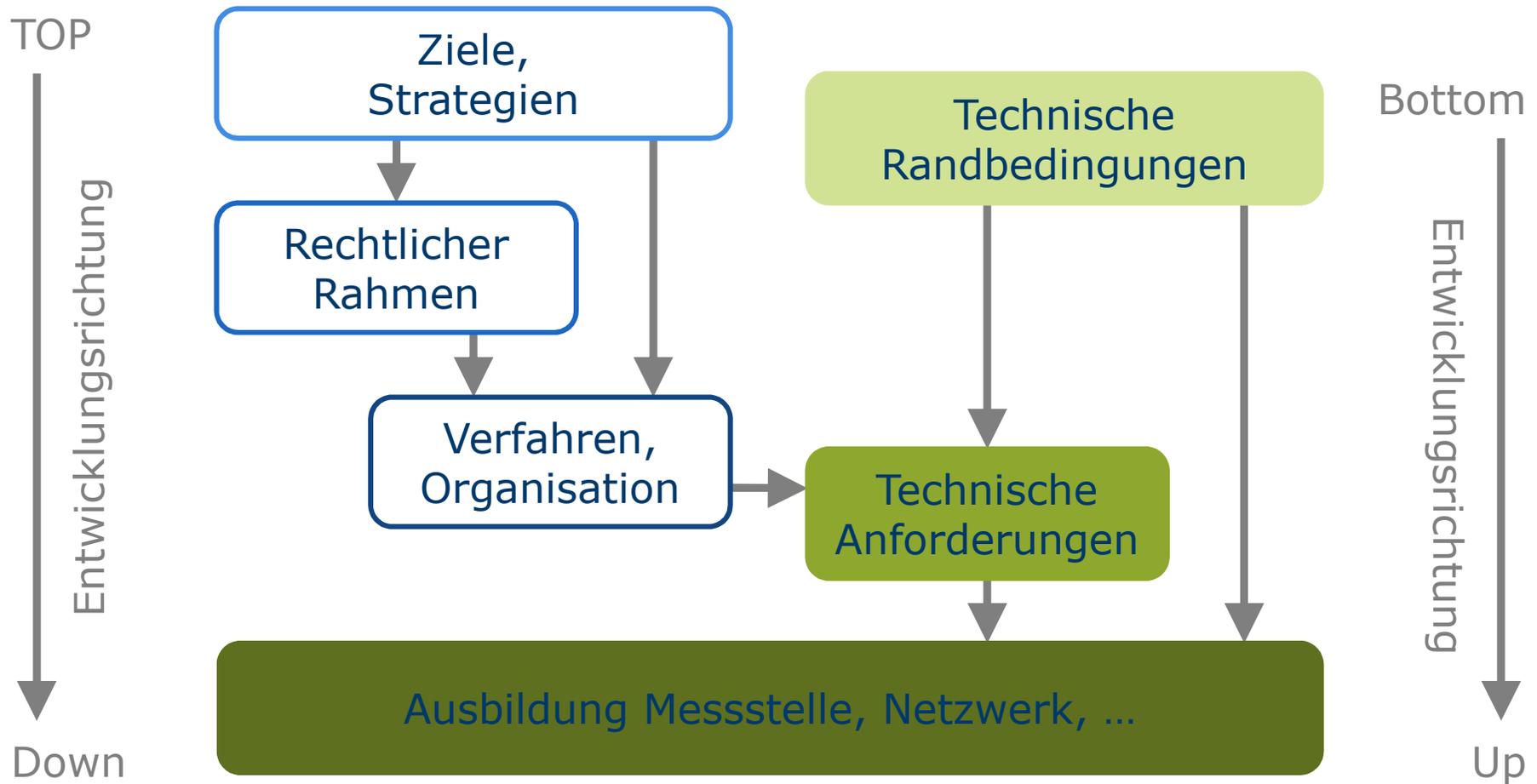
- Ziele und Randbedingungen
- Ableitung von Anforderungen

## **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...

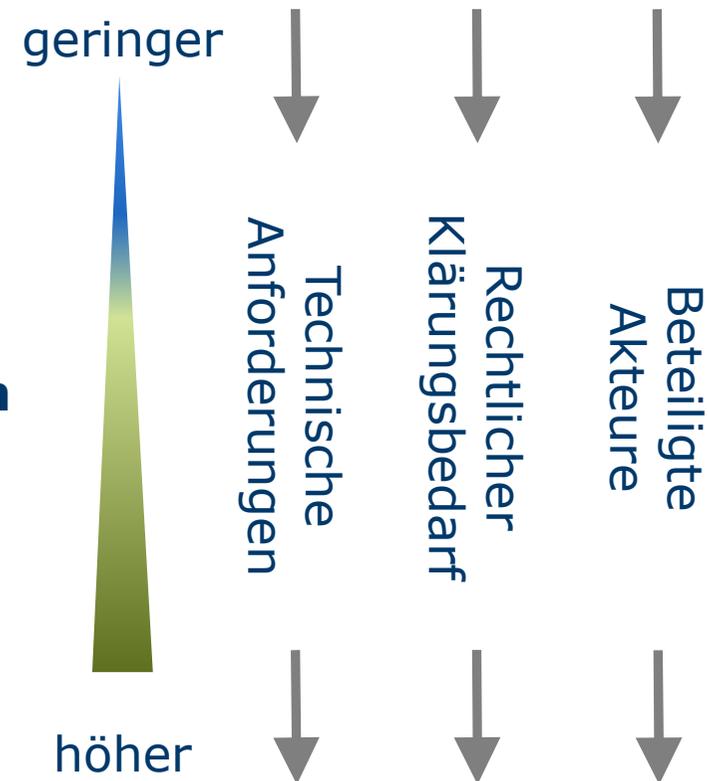
## Ziele, Strategien

### 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

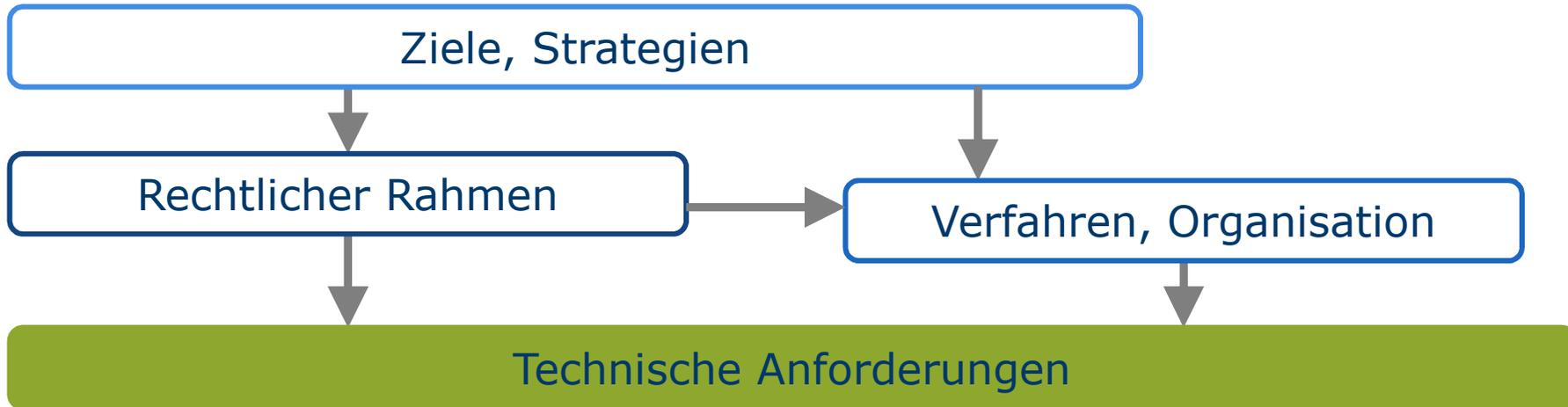
**Fahrwegseitige** Messung → Verkehrsaufkommen  
→ Züge, Wagen

### **Notwendige Systeme:** Grundausstattung einer Messstelle

- Schallmessung durch 2 Mikrofone
- Achsdetektoren
  - Steuerung des Auswertzeitraums
  - 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



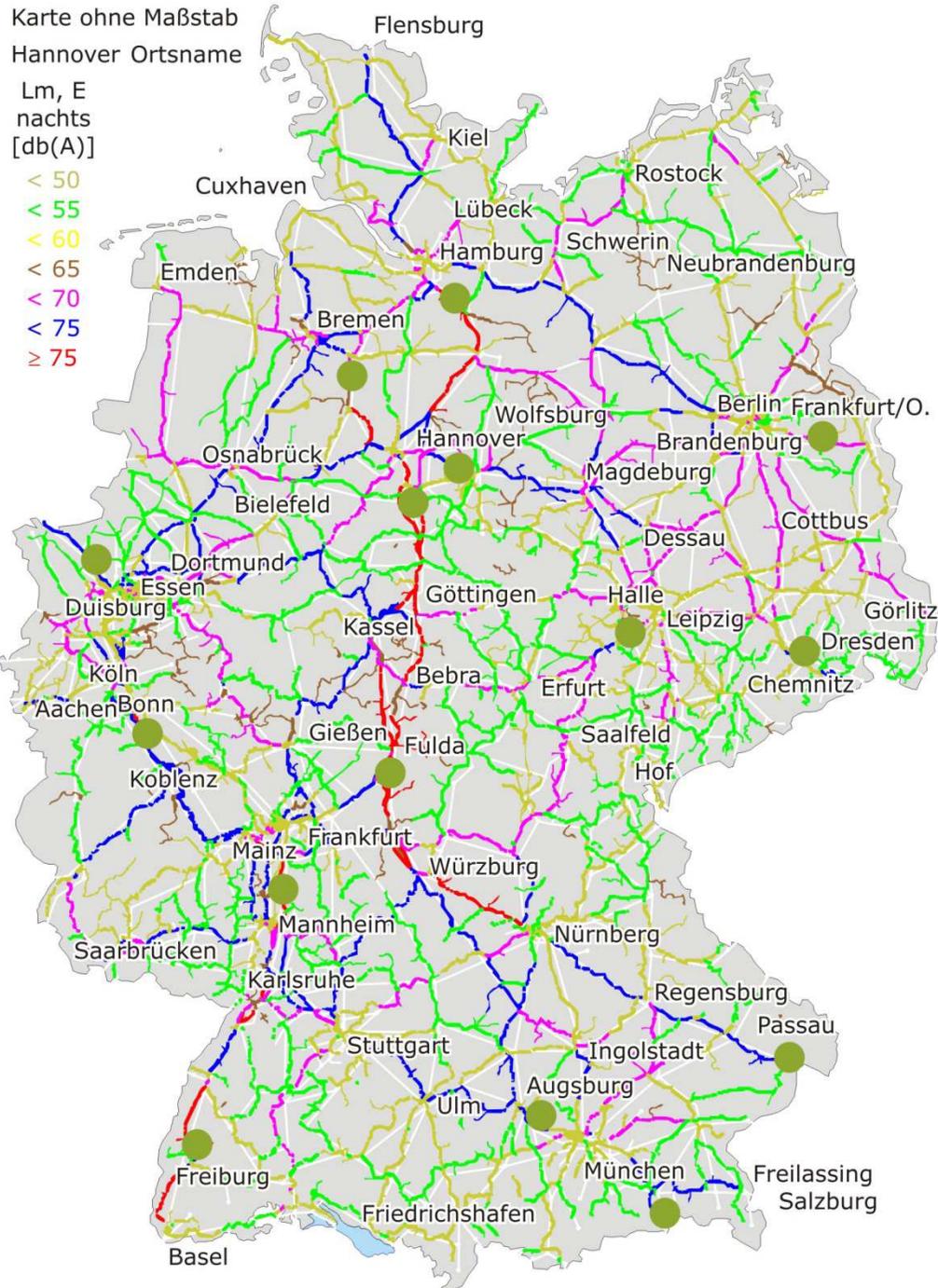
## Erforderliche Messstellen

### Aufkommen des SGV

- Stand 2013

### 1. Ansatz: 15 Stationen

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



## Erforderliche Messstellen

### Aufkommen des SGV

- Stand 2013

### 1. Ansatz: 15 Stationen

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

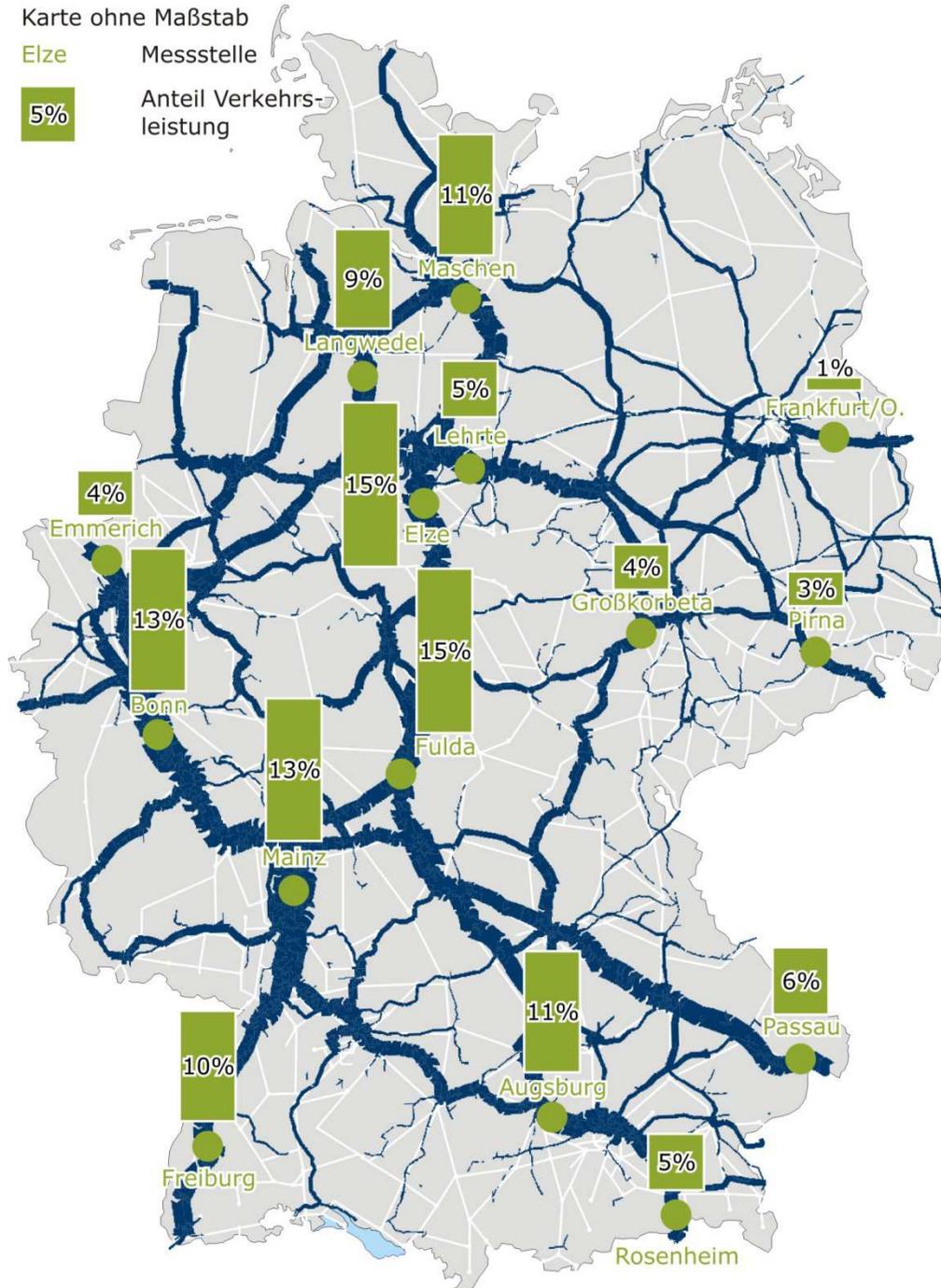
### Abgleich Schienenverkehrslärm

- 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

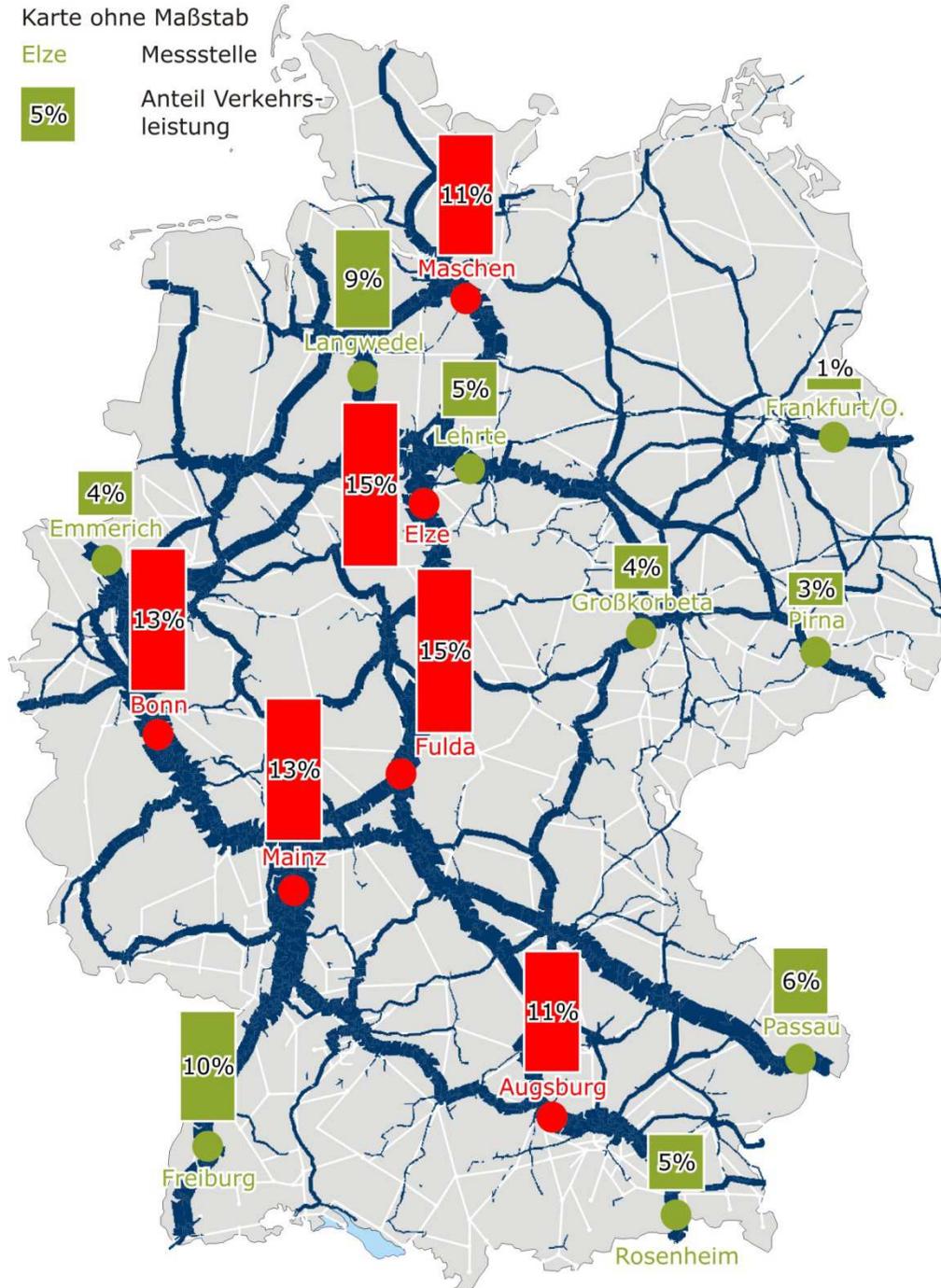
- Verkehrsleistung: Zug-km
- Keine Beachtung von Mehrfach-Messungen

→ 15 Stationen: 69% der Zug-km

Karte ohne Maßstab

Elze Messstelle

5% Anteil Verkehrsleistung



## Erforderliche Messstellen

### 1. Ansatz: 15 Stationen

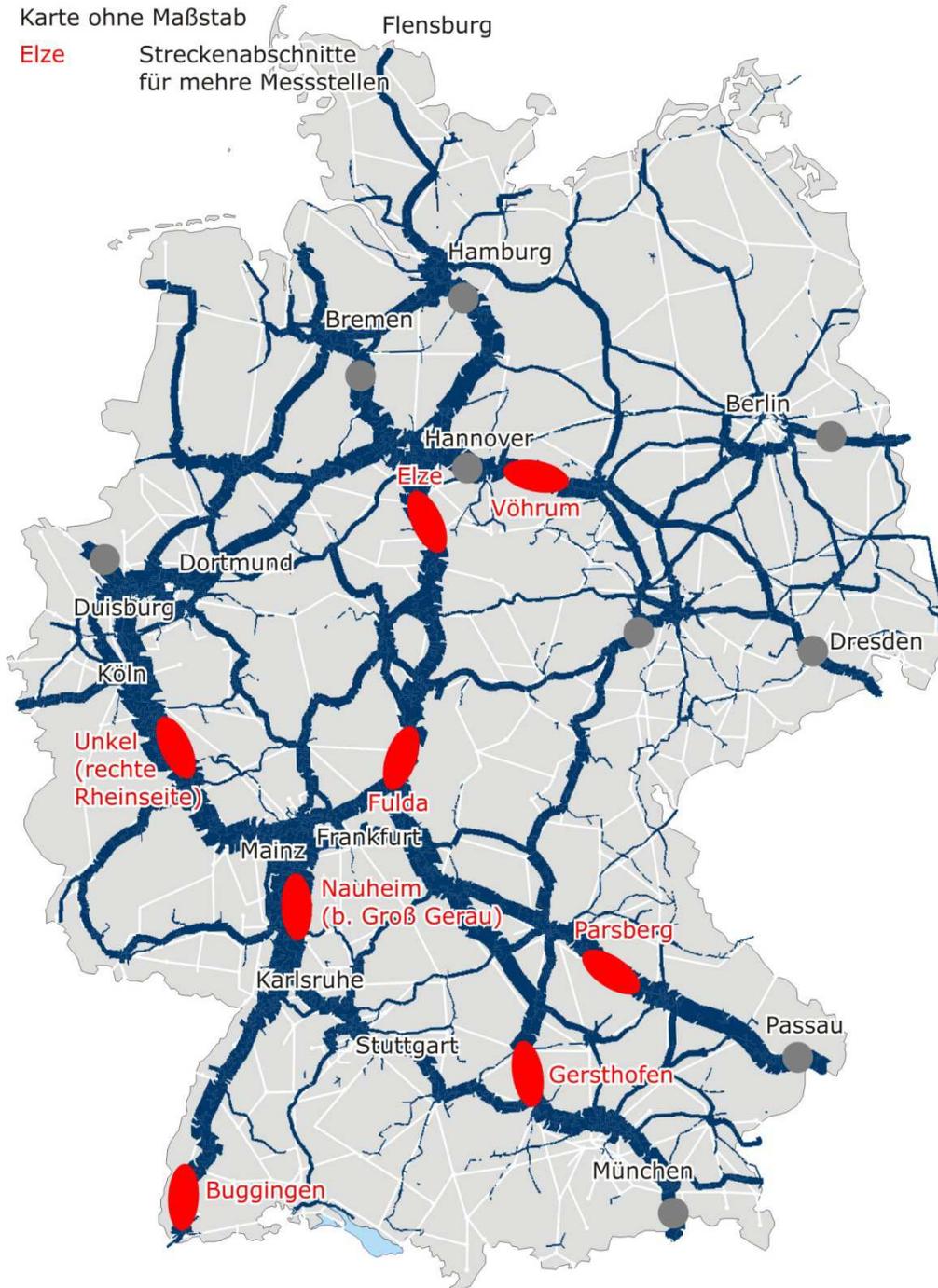
- Verteilung im Netz
- **Ziel 1:** Erfassung des Lärms

### 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 mehr Messstellen



## Erforderliche Messstellen

### 2. Ansatz: Zugverfolgung

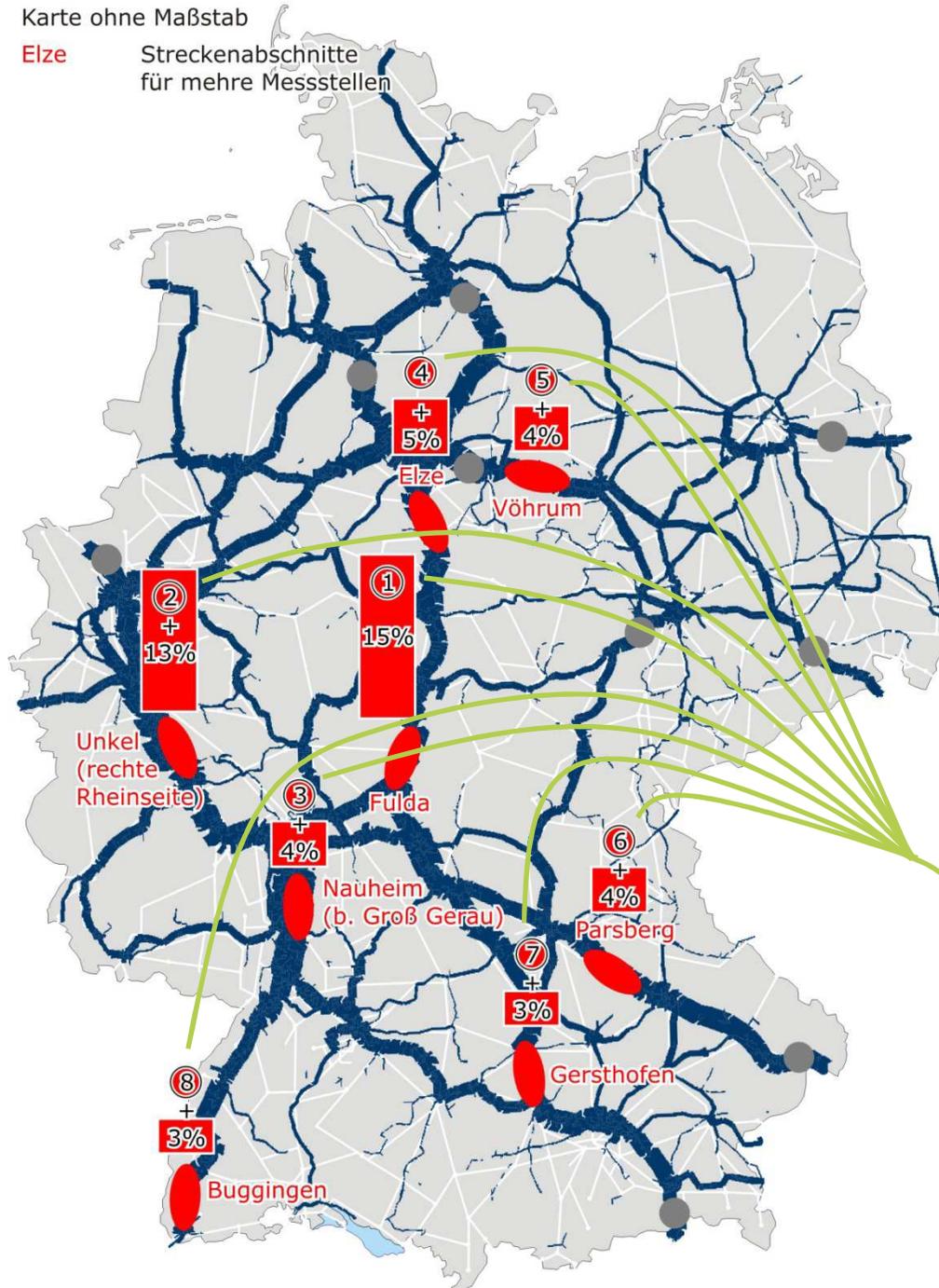
- Doppel- / Mehrfach-Auswertung
- **Ziel 2:** Identifikation  
→ Streckenabschnitte

### Anteil der erfassten Verkehrsleistung

- Verkehrsleistung: Zug-km

Karte ohne Maßstab

Elze  
Streckenabschnitte  
für mehr Messstellen



## Erforderliche Messstellen

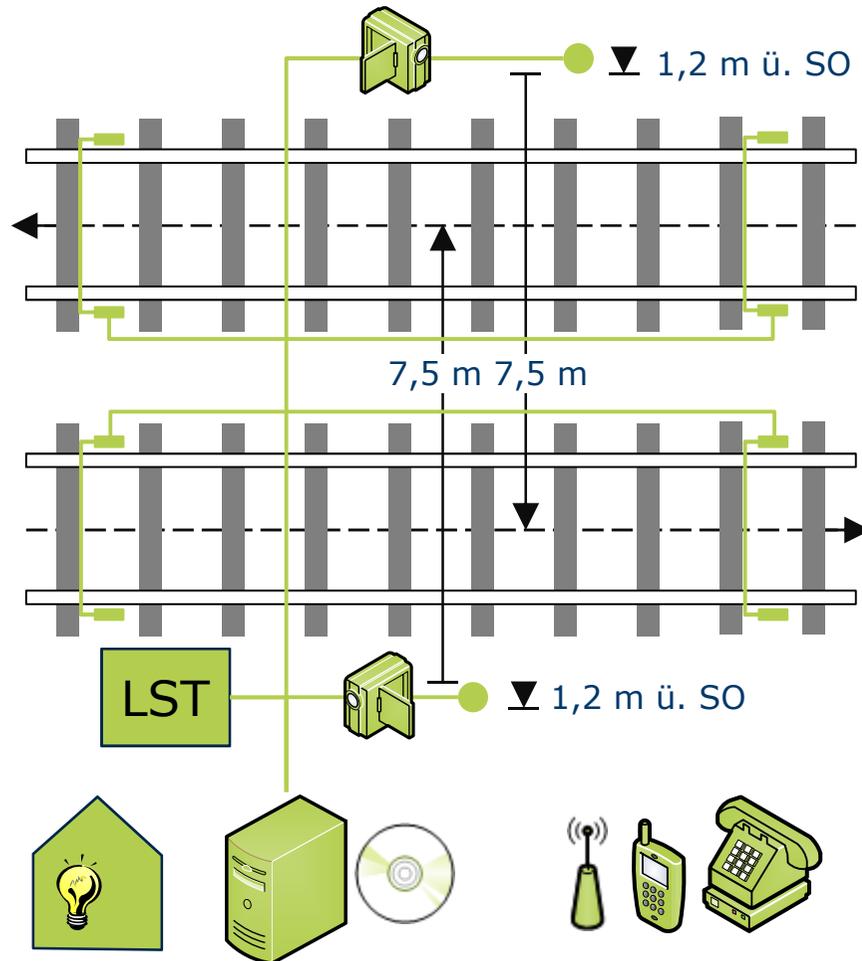
### 2. Ansatz: Zugverfolgung

- 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

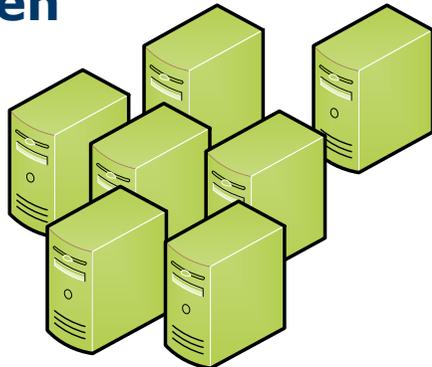
- Kalibrierung + System-Check
- Instandhaltung Gleis

# Netzwerk-Umgebung für alle Messstellen

---

## Alle Messstellen

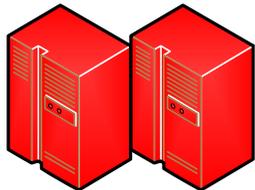
- Ergebnisse
- Lebenszeichen



## 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

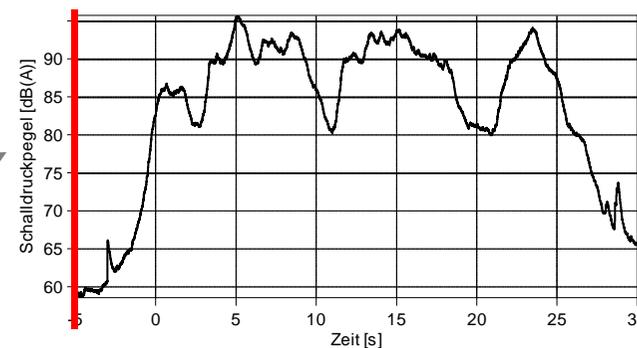
## Achsdetektion



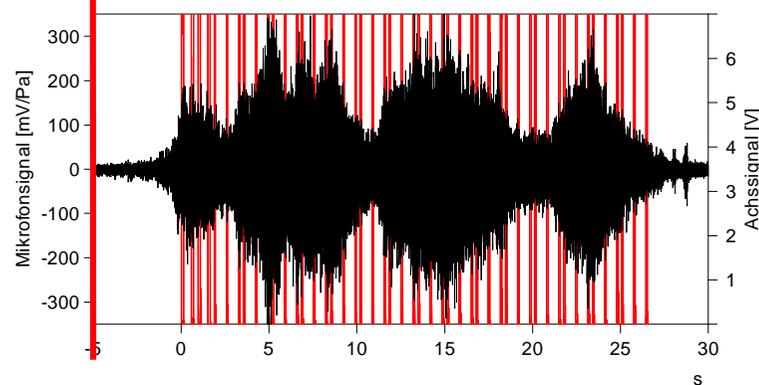
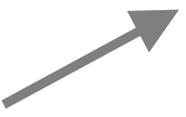
Mikrofon- und Achssignal



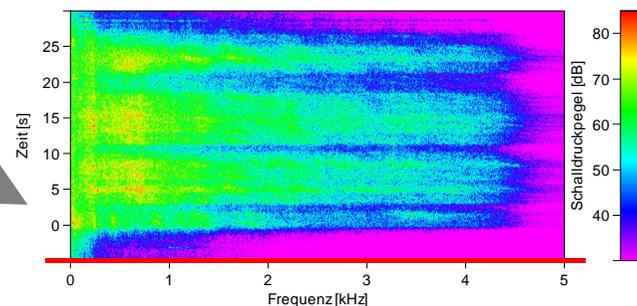
## Schallpegelverlauf



## Mikrofon

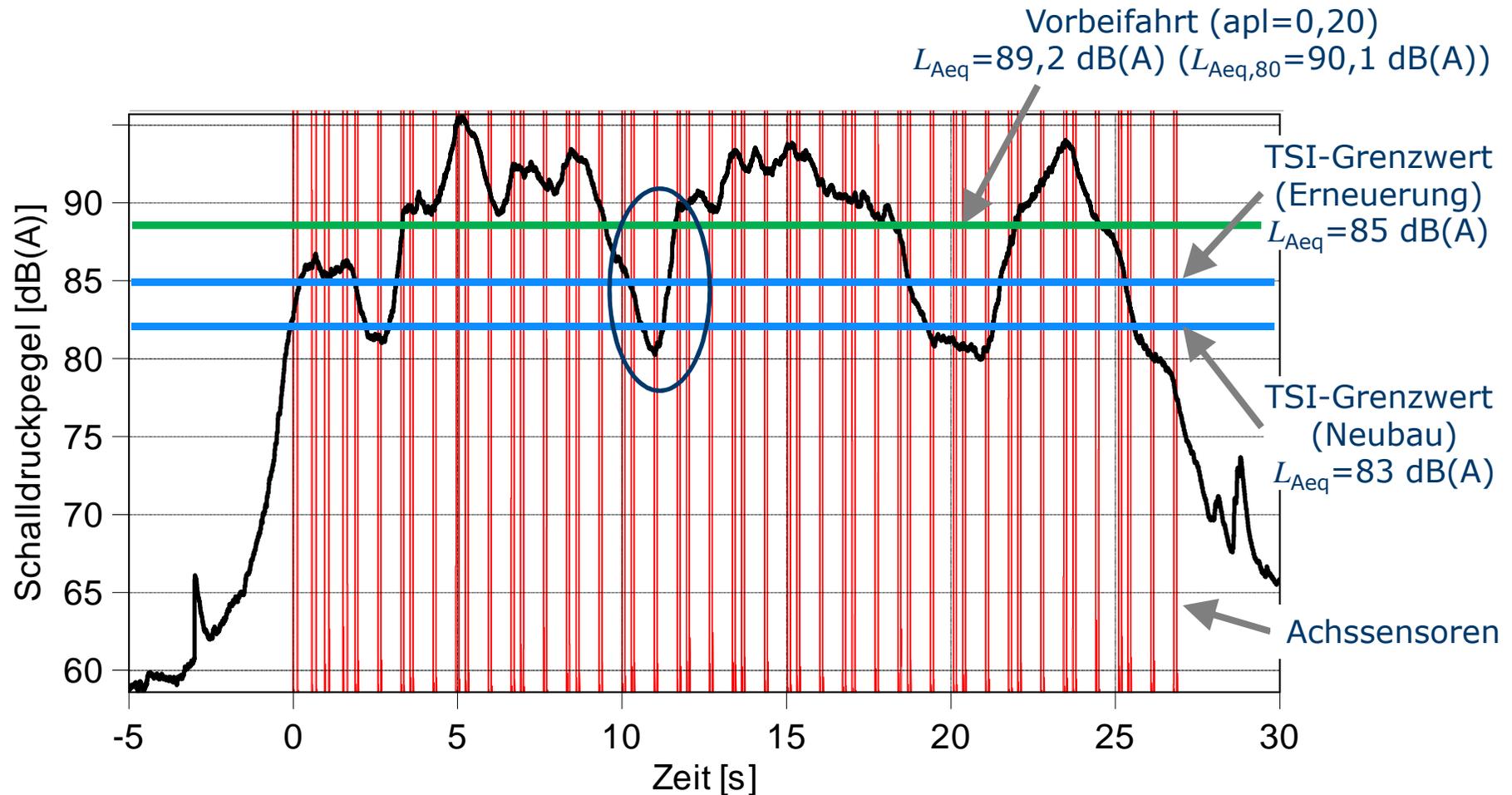


## Frequenzverlauf



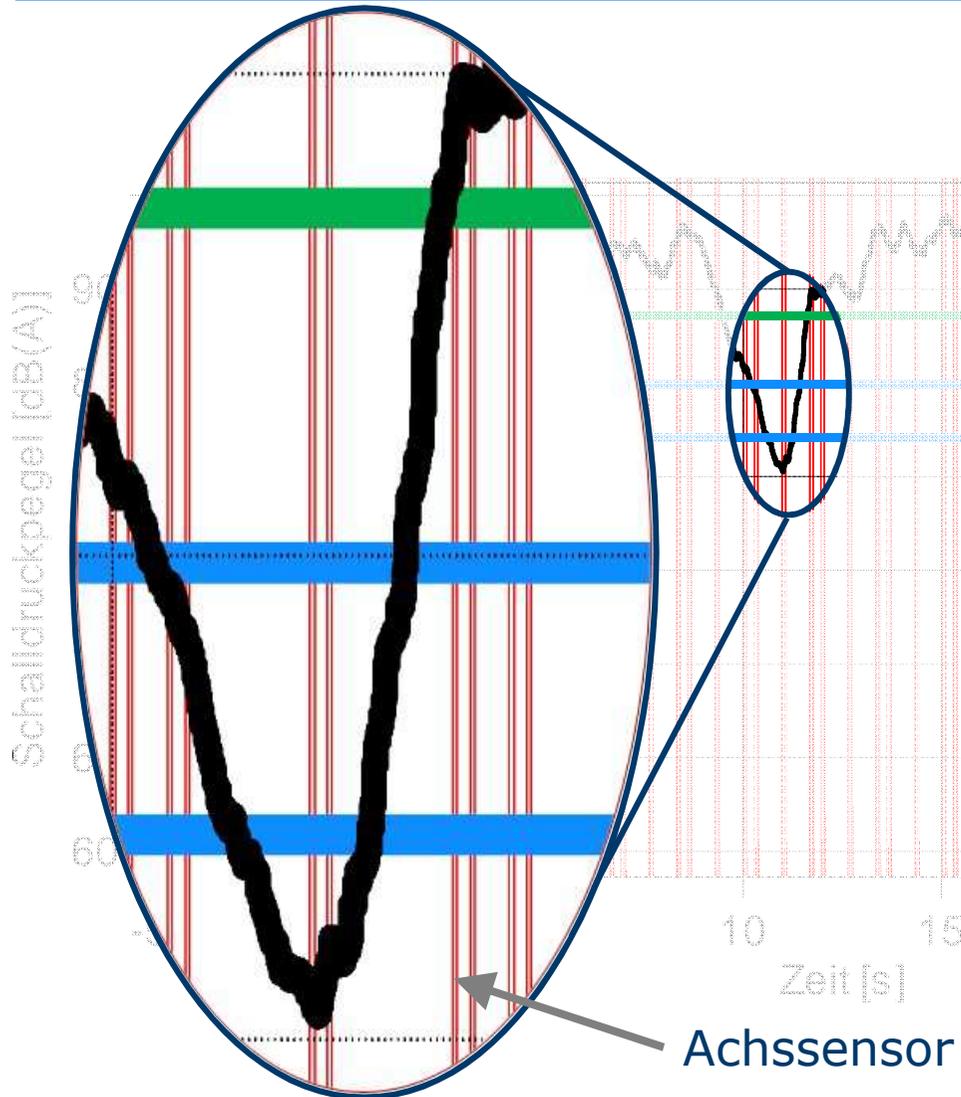
Beispiel: 4-achsige Lok, 1 x 4-achsiger Aufenthaltswagen, 15 x Sggrss-Wagen (6-achsige Gelenkwagen)  
am 02.04.2014 zwischen Waidbruck und Klausen (Südtirol),  $v \approx 75\text{km/h}$

# 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**

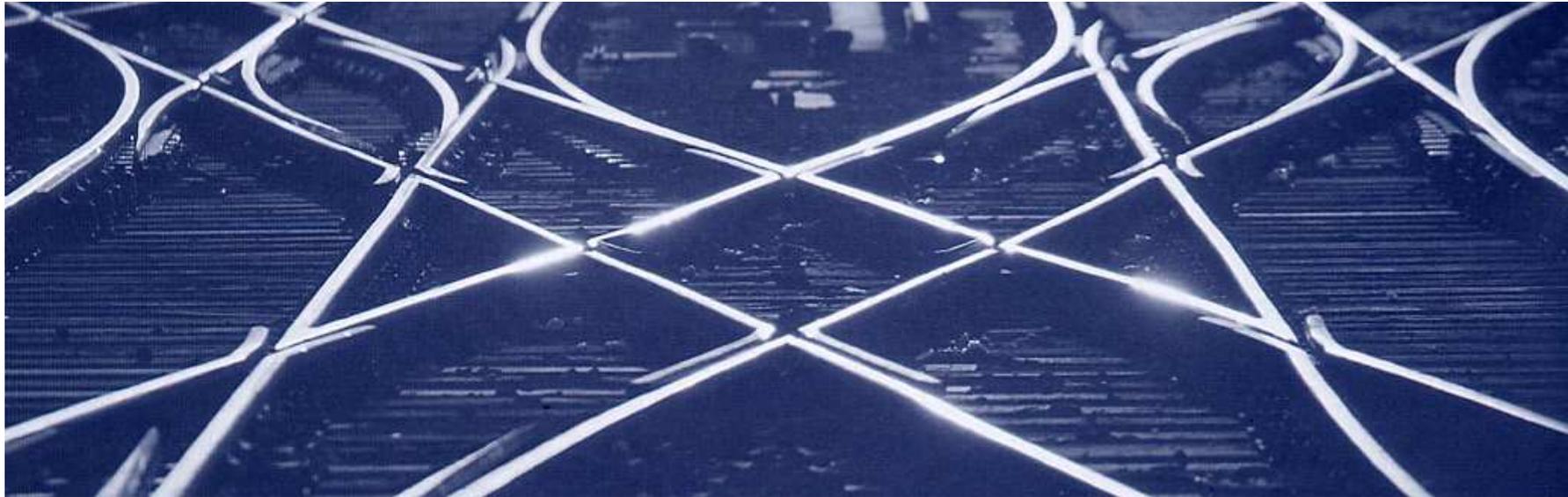
- Lage der Messstellen im Netz
- Notwendige Anzahl von Messstellen

## **→ 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

<b>Subsystem</b>	<b>Investitions- kosten</b> in [€]	<b>Lebensdauer Revisions- zeitraum</b> in [a]	<b>Laufende Kosten</b> 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
<b>Kosten-Ansätze für eine Messstelle</b>	<b>185.000</b>		<b>56.000</b>
<b>Summe für 16 Messstellen</b>	<b>2,96 Mio.</b>		<b>896.000</b>

# Kostenhochrechnung Monitoringsystem

<b>Subsystem</b>	<b>Investitions- kosten</b> in [€]	<b>Lebensdauer Revisions- zeitraum</b> in [a]	<b>Laufende Kosten</b> 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
<b>Summe</b>	<b>305.000</b>		<b>590.000</b>

## Kostenansätze Monitoring

<b>Summen</b>	<b>3,265 Mio.</b>		<b>1,486 Mio.</b>
---------------	-------------------	--	-------------------