



# Projektbeirat Bahnprojekt Hamburg/Bremen-Hannover

## Vorgehensweise erschütterungstechnische Untersuchung

Deutsche Bahn AG | Rüdiger Garburg | Technik Infrastruktur (TBT 3) | Soltau | 15.05.2017

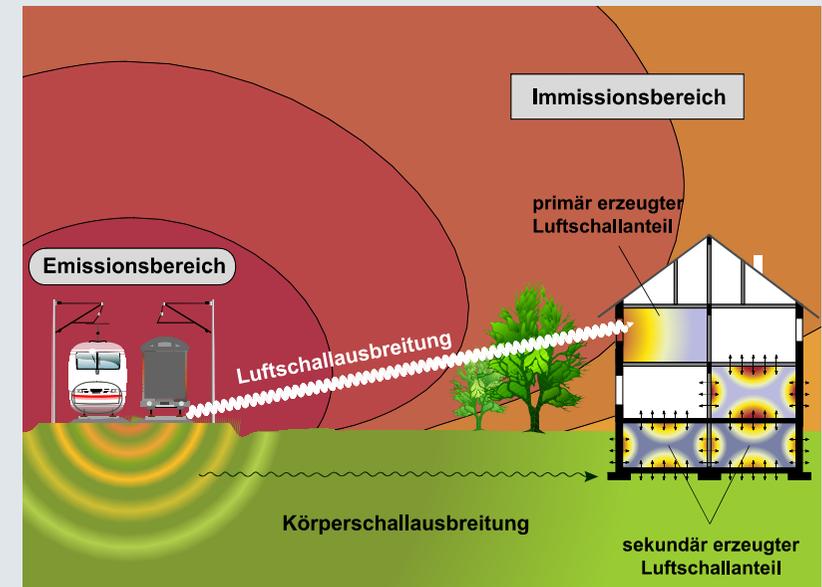
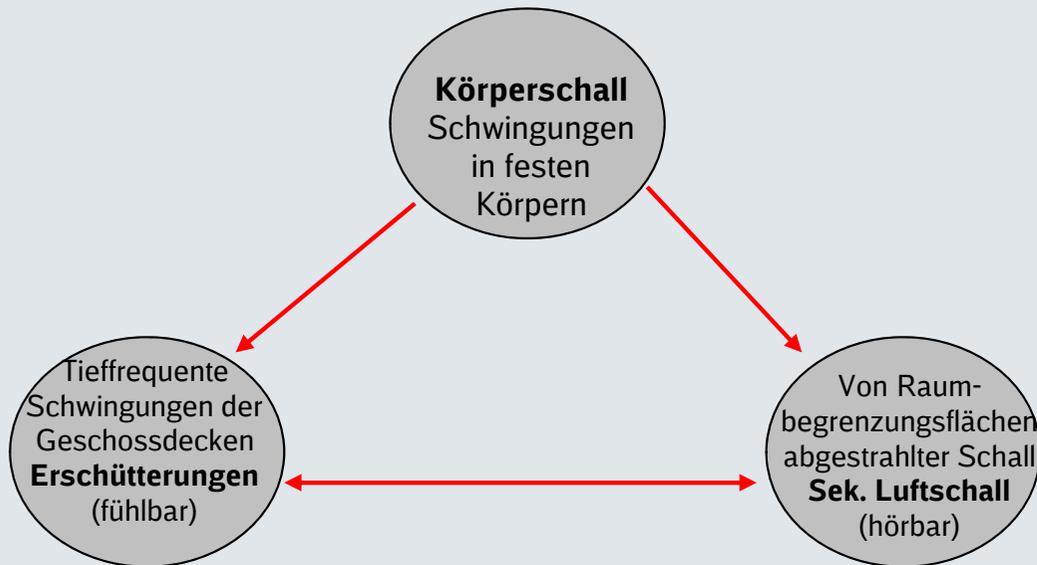
**Unser Anspruch:**



Profitabler Qualitätsführer  
Top-Arbeitgeber  
Umwelt-Vorreiter

# Neben dem Schall sind weitere Immissionen durch Eisenbahnverkehr ausgelöste Bodenschwingungen zu berücksichtigen

## Begriffsbestimmungen



- Baugrundschrwingungen führen im Gebäude zu Erschütterungen und sekundärem Luftschall. Beide Ereignisse treten - in unterschiedlicher Ausprägung - normalerweise gleichzeitig auf
- Bei oberirdischen Strecken kommt es in den meisten Fällen zu einer gleichzeitigen Überlagerung der Auswirkungen mit dem primären Luftschall
- Bei Tunnelstrecken ist der primäre Luftschall vollkommen abgeschirmt und es werden nur die Erschütterungen als Ganzkörperschwingungen und der sekundäre Luftschall wahrgenommen
- Die genannten Komponenten können zu einer Belästigung der Anwohner führen. Gebäudeschäden sind ausgeschlossen.

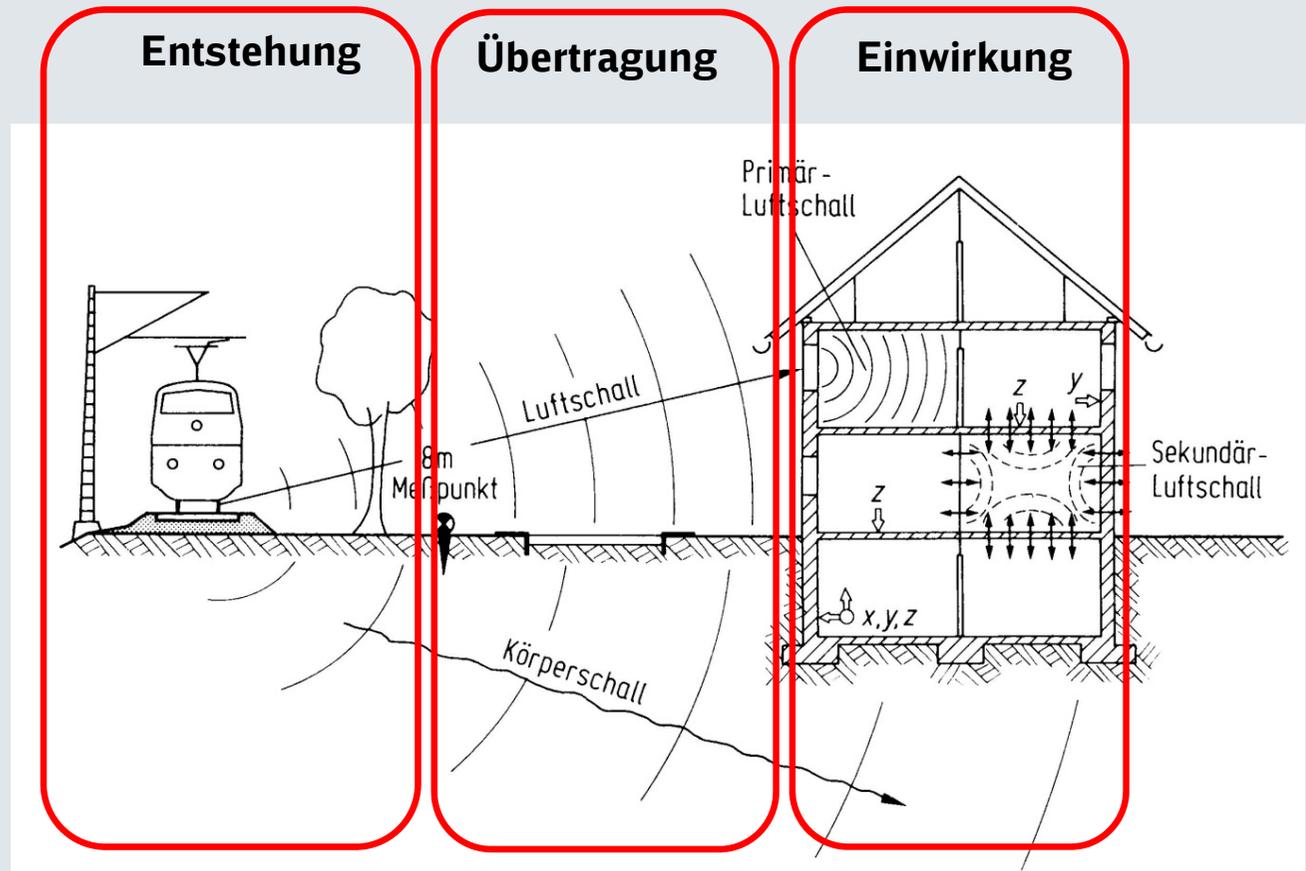
# Die verschiedenen Teilsysteme beeinflussen die Entstehung und Weiterleitung der Schwingungen sehr unterschiedlich

## Der Beitrag der einzelnen Teilsysteme:

- Die **Entstehung** wird beeinflusst durch die Zug-, Oberbau- und Bodeneigenschaften.
- Die Bodeneigenschaften (Bodenart und -schichtung), Hindernisse im Boden und der Stand des Grundwasserspiegels haben einen Einfluss auf die **Übertragung**.
- Die **Einwirkung** wird durch die Bodeneigenschaften, die Ankopplung des Gebäudes an den Untergrund und die Eigenfrequenzen der Decken bestimmt.

Die verschiedenen Einflüsse führen dazu, dass Gebäude im **selben Abstand** zum Gleis bei gleichem Zugverkehr **unterschiedlich** von Erschütterungen und sekundärem Luftschall betroffen sein können und wahrgenommen werden!

**Gebäudeschäden** durch Erschütterungen aus dem Eisenbahnbetrieb können **ausgeschlossen werden**



Grafik: Taschenbuch der Akustik

# Unterschiedliche dynamische Kräfte sind für die Entstehung der Schwingungen und Erschütterungen verantwortlich

## Beispiel für die Anregung der Schwingungen



Die Rechtslage fordert im Planungsprozess grundsätzliche Aussagen zu Erschütterungswirkung und deren Beurteilung, ohne diese zu konkretisieren

## Rechtliche Ausgangssituation

- Erschütterungen gehören nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) §3 zu den „schädlichen Immissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen“.
- Im Planfeststellungsverfahren hat die Planfeststellungsbehörde nach § 74 Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG) die Pflicht, dem Träger eines Vorhabens Auflagen für Vorkehrungen zu erteilen, die geeignet sind nachteilige Wirkungen auf Rechte Anderer abzuwehren.
- Sekundärer Luftschall wird in der Gesetzgebung zwar nicht explizit angesprochen, in der Rechtspraxis allerdings unter die Erschütterungen subsummiert.

- **Die Auswirkungen der Baumaßnahme auf die Erschütterungsimmissionen sind durch die DB AG bzw. DB Netze als Bauherrn und Vorhabenträger festzustellen, zu prognostizieren und angemessen zu beurteilen.**

# Zwischen Erschütterungen und Luftschall gibt es einige Gemeinsamkeiten, aber auch gravierende Unterschiede

## Übereinstimmung und Unterschiede zwischen Schall und Erschütterungen

### Gemeinsamkeiten

- Gemeinsame Rechtsbasis ist das BImSchG und Planungsrecht
- Anspruchsprinzipien Vorsorge und Bestandsschutz
- Prinzip der hierarchischen Anspruchsvoraussetzungen
  1. Bauliche Veränderungen müssen für Immissionsart ursächlich sein
  2. Wesentliche Immissionszunahme
- Einheitlicher Untersuchungsraum zur Abgrenzung der Maßnahmen
- Prinzipien zur Begründung der Schutzmaßnahmen (Verhältnismäßigkeit)



### Luftschall

- Verordnungen 16. und 24. BImSchV
- Definierte Grenzwerte
- Rein rechnerische Prognose mit definiertem Verfahren (Schall03, Akustik 04)
- Immissionspunkt **vor** Gebäude
- Klar definierte, wirksame aktive und passive Minderungsmaßnahmen

### Erschütterungen und sekundärer Luftschall

- keine Verordnungen des Gesetzgebers
- Nur „Richtwerte“
- Prognose bedingt i. d. R. Messungen
- Immissionspunkt **im** Gebäude
- Ggf. Beweissicherungsmessungen
- Minderungsmaßnahmen eingeschränkt



# Das verfügbare Technische Regelwerk ist für die Beurteilung eine Unterstützung, jedoch nicht umfassend oder ausreichend

## DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“, Teile 1-3

Die Regelungen der DIN 4150 sind in vielen Fällen nicht einschlägig oder nicht ausreichend bahnspezifisch konkretisiert, wie z.B.:

- Nur Beurteilungsgrundsätze, keine Regelungen zu Verfahren oder Grundsätze zur Prognose von Erschütterungen
- in entscheidenden Punkten werden für den Schienenverkehr keine aussagekräftigen Regelungen getroffen, sondern auf die Beurteilung des Einzelfalls verwiesen
- keine konkreten Aussagen zu besonders strittigen Problembereichen wie die Ermittlung und Beurteilung des sekundärem Luftschalls sowie die Prognose für die Änderung von Schienenverkehrswegen an bestehenden Bahnanlagen

Inhalt		Seite	Seite
Vorwort	1	8	8
1 Anwendungsbereich	2	8	8
2 Normative Verweisungen	2	8	8
3 Definitionen	2	8	8
4 Grundlagen zur Ermittlung und Beurteilung von Erschütterungen in baulichen Anlagen	3	8	8
4.1 Verfahren	3	8	8
4.2 Spannungsermittlung durch Messung	3	8	8
4.3 Spannungsermittlung durch Berechnung	3	8	8
4.4 Zusage Spannungen	3	8	8
4.5 Beurteilungsmesswerte	3	8	8
4.6 Auswirkung von Erschütterungen auf Böden	3	8	8
5 Kurzzeitige Erschütterungen	3	8	8
5.1 Beurteilung des Gesamtwertes	3	8	8
5.2 Beurteilung von Details	3	8	8
5.3 Erschütterungen bei erdverlegten Rohleitungen	3	8	8
5.4 Durchführung der Messung	3	8	8
6 Dauererschütterungen	3	8	8
6.1 Beurteilung des Gesamtwertes	3	8	8
6.2 Beurteilung von Details	3	8	8
6.3 Erschütterungen bei erdverlegten Rohleitungen	3	8	8
6.4 Durchführung der Messung	3	8	8
Anhang A (informativ): Muster für den Umfang eines Messbereichs	7		
Anhang B (informativ): Maßnahmen zur Vermeidung von Erschütterungen	8		
Anhang C (informativ): Informationen zu Wirkung von Erschütterungen auf Böden	9		
Anhang D (informativ): Informationen zu Messungen und Auswertungen	10		
Anhang E (informativ): Literaturhinweise	12		



**Es sind zusätzliche weitergehende Aussagen zu Grundsätzen, Verfahren, technischen Regeln sowie zur Entwicklung der Rechtsprechung erforderlich!**

# Wann ist eine genauere Immissionsprognose der Erschütterungswirkungen durchzuführen?

Detaillierte Aussagen zu den Erschütterungsimmissionen mit Erschütterungsprognose sind in folgenden Fällen notwendig:

- Neubau eines Schienenverkehrswegs
- An einem Schienenverkehrsweg sind **erhebliche bauliche** Veränderungen geplant (keine betrieblichen Veränderungen)

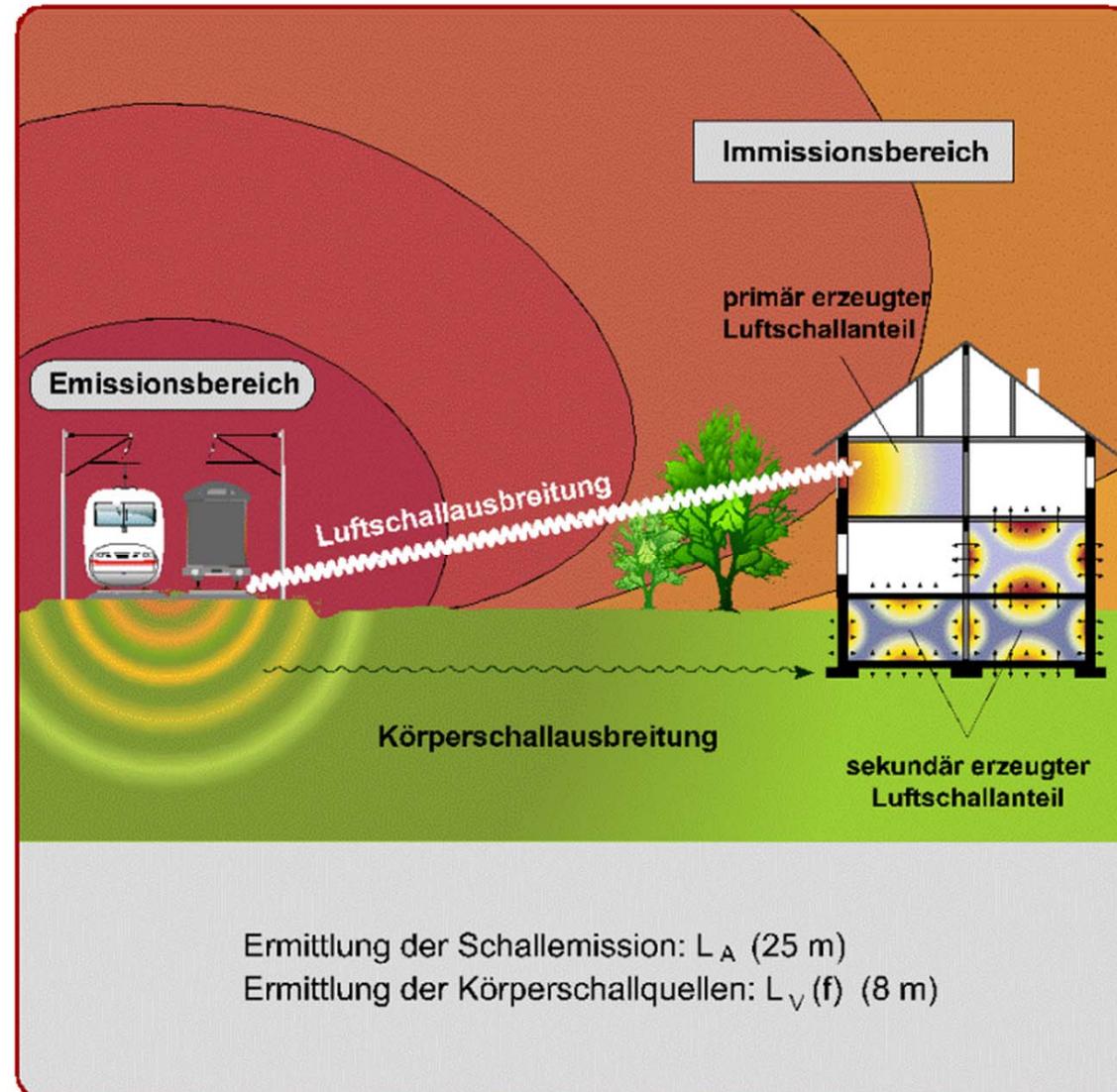
**und**

- Tunnel mit direkter Unterfahrung von Bebauungsgebieten
- Schutzbedürftige Bebauung im möglichen Einflussbereich von Schienenverkehrswegen
  - Maximaler Untersuchungskorridor (grober Anhaltswert, kann in Einzelfällen bei örtlich ungünstigen Verhältnissen oder auch bei sehr schwingungsanfälligen Gebäuden auch abweichen)
    - ca. 100 m bei Hochgeschwindigkeitsverkehr oder Güterzügen
    - ca. 50 m bei S-Bahnen und Regionalverkehr

## Beweissicherung der Ist-Situation

Auch wenn in Fällen für die eine exakte Erschütterungsprognose nicht zwingend gefordert wird, ist es trotzdem oft sinnvoll die vorhandenen Erschütterungsimmissionen durch eine einfache Beweissicherungsuntersuchung messtechnisch festzustellen.

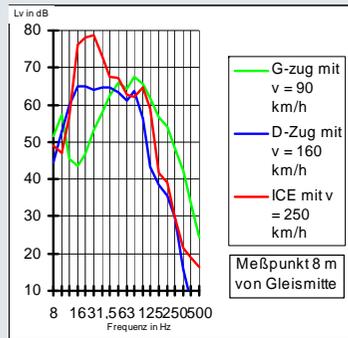
# Der Übertragungsweg wird in die einzelnen Teilsysteme Emission, Transmission und Immission aufgeteilt



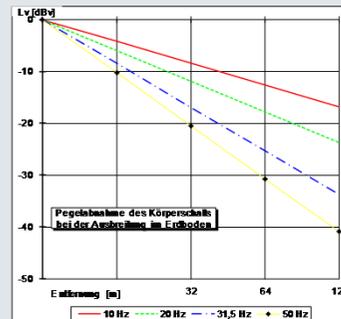
# Die einzelnen Spektren und Übertragungsfunktionen der Teilrechnungen werden zum Schluss addiert

## Aufbau einer Erschütterungsprognose

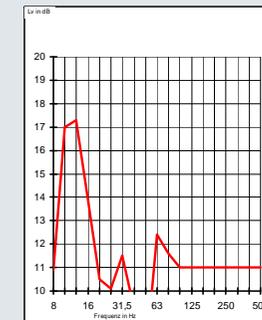
Emissionsspektrum



Übertragungsfunktion des Ausbreitungsweges



Übertragungsfunktion des Gebäudes



Immissionsspektrum

Berechnung des KB - Wertes

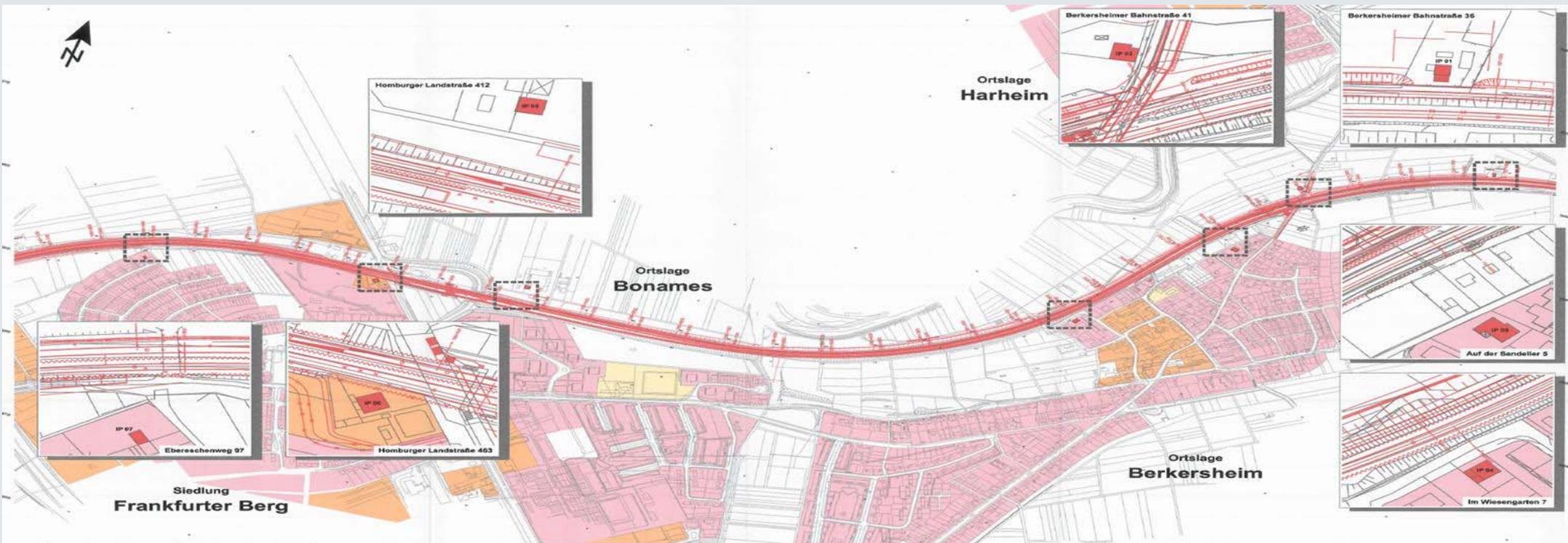
Beurteilung

**Es gibt derzeit kein allgemein abgestimmtes oder vorgeschriebenes Prognosemodell. In der Regel eine Kombination aus Messwerten, Erfahrungswerten sowie einzelnen Rechenfunktionen erforderlich.**

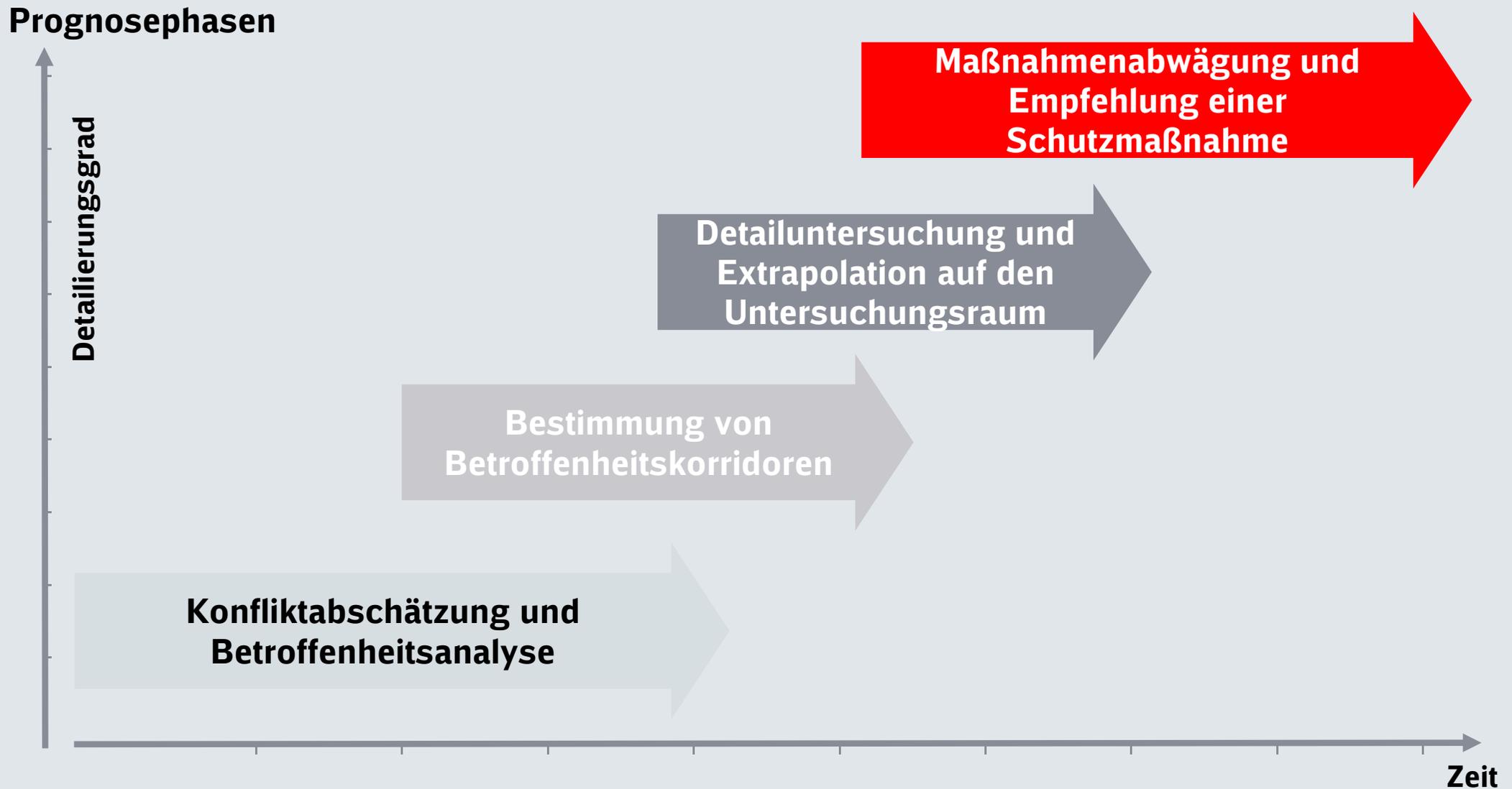
# Eine Erschütterungsprognose kann häufig nur für einige repräsentativ ausgewählte Gebäude ausgeführt werden

## Auswahl der Gebäude

Im Gegensatz zum Schall sind eine Vielzahl der Prognoseparameter nur durch Messungen unter Einbeziehung der Gebäude möglich. Sie ist daher im Vergleich sehr viel aufwändiger. Häufig kann daher die genaue Prognose nicht für alle potentiell betroffene, sondern nur für einzelne repräsentativ ausgewählte Gebäude getroffen werden, aus denen dann eine Gesamtaussage zu dem erforderlichen Untersuchungsraum abgeleitet werden muss.



Bei der Prognose muss phasenweise in verschiedenen Stufen die Aussage Schritt für Schritt verfeinert werden



# Für die Beurteilung bei Änderungen oder Ausbau von Bahnanlagen werden keine konkreten Vorgaben gemacht

Änderung an bestehenden und im Bestand geschützten Anlagen

- Die DIN 4150 macht nur allgemeine Aussagen zur Beurteilung der Erschütterungswirkungen bei der Änderung von Bahnanlagen. Sie nennt hierfür keine konkreten Anhaltswerte.

Die DIN führt hierzu aus (DIN 4150, T. 2; unter Abs. 6.5.3.4 c):

An bestehenden Schienenwegen werden die Anhaltswerte nach Tab. 1 vielerorts überschritten. Verfahren zur Erschütterungsminderung stehen derzeit nur begrenzt zur Verfügung. Daher müssen den Anwohnern oft Erschütterungsimmissionen zugemutet werden, die oberhalb des Niveaus liegen, ab dem mit zunehmender Wahrscheinlichkeit erhebliche Belästigungen auftreten können. Die Grenze der Zumutbarkeit kann nur im Einzelfall festgestellt werden. Hierbei sollten u. a. folgende Beurteilungskriterien berücksichtigt werden:

- historische Entwicklung der Belastungssituation
- Höhe und Häufigkeit der Anhaltswertüberschreitung
- Vermeidbarkeit von Anhaltswertüberschreitungen (Einhaltung des Stands der Technik)
- die Duldungspflichten nach dem gegenseitigen Gebot der Rücksichtnahme

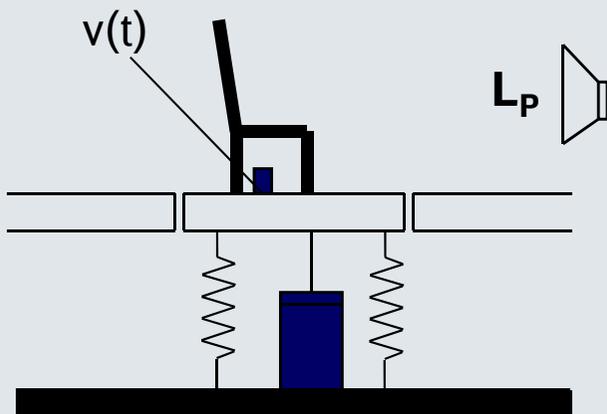
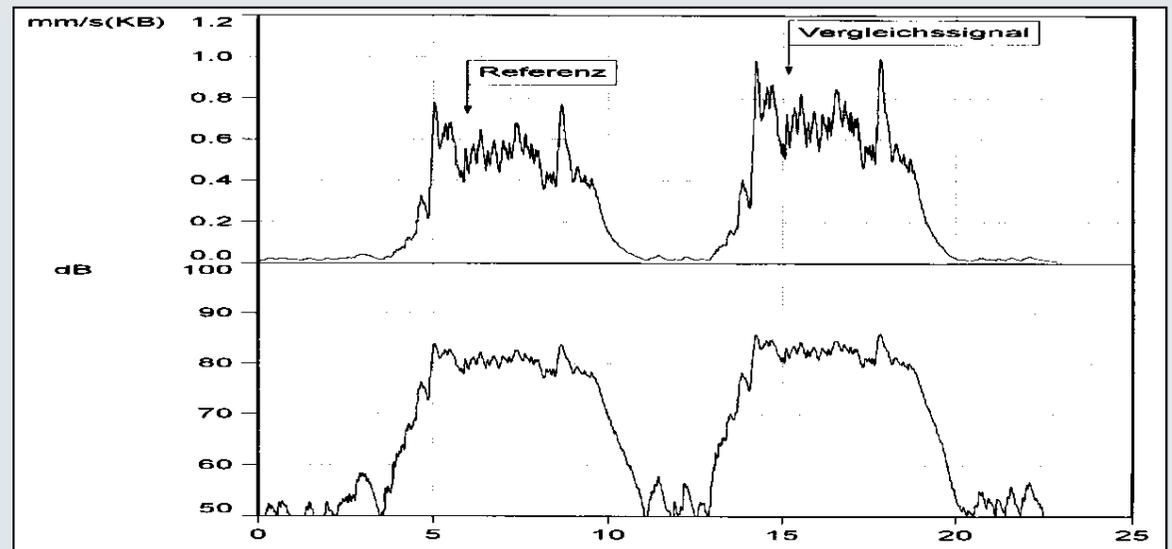
# Bei der Beurteilung von Aus- und Umbaubastrecken darf die Bestandssituation nicht signifikant verschlechtert werden

## Grundsatz zur Beurteilung

- Die DIN 4150 enthält hierzu keine konkreten Regelungen sondern nur allgemeine Feststellungen und Grundsätze
- Eine Vorbelastung ist grundsätzlich bei der Beurteilung von Erschütterungswirkungen zu berücksichtigen
  - „Reale und geldwerte Ausgleichsansprüche bestehen nur insoweit, als das Hinzutreten weiterer Erschütterungseinwirkungen zu der vorhandenen Vorbelastung die Erschütterungen in beachtlicher Weise erhöht und gerade in dieser Erhöhung eine zusätzliche unzumutbare Belastung liegt.“
- Erheblichkeitsschwelle
  - eine Differenz von unter 25% zwischen zwei Erschütterungssignalen wird im allgemeinen nicht wahrgenommen und kann daher in jedem Fall als zumutbar angesehen werden
- Als Schutzniveau ist die Höhe der Vorbelastung (nicht die für den Neubau geltenden Werte) anzusetzen. D. h. die hinzukommenden Erschütterungen müssen durch geeignete Maßnahmen kompensiert werden

# Die Unterschied- und Wahrnehmbarkeitsschwelle zwischen Erschütterungsereignissen wurde in Laborversuchen ermittelt

**Wesentliche Änderung:**  
welcher Unterschied zwischen zwei Ereignissen ist für den Betroffenen wahrzunehmen?



**Im Labor konnte eine Wahrnehmbarkeitsschwelle von 25% Reizunterschied zwischen zwei unterschiedlichen Ereignissen nachgewiesen werden. Erschütterungszunahmen bis zu dieser Grenze sind daher in jedem Fall als noch zumutbar anzusehen!**

# Zur Beurteilung des sekundären Luftschalls existieren weder verbindliche Rechtsvorschriften noch einschlägige technische Regeln

## Anhaltswerte für den sekundären Luftschall

- In der 24. BImSchV sind für Wohn- und Schlafräume indirekt Beurteilungspegel für den Innenraum ableitbar, bei denen Kommunikations- und Schlafstörungen vermieden werden
- Diese Planungsannahme wurde zwischenzeitlich auch vom Bundes-Verwaltungsgericht so bestätigt

Immissionsrichtwerte (Beurteilungspegel) für zumutbare Innenraumpegel $L_i$ in Anlehnung an 24. BImSchV			
<i>Raumnutzung</i>		$L_{i,T}$ [dB(A)] tags 6-22 Uhr	$L_{i,N}$ [dB(A)] nachts 22-6 Uhr
1	Räume, die überwiegend zum Schlafen genutzt werden	-	30
2	Wohnräume	40	-
3	Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaftliche Arbeitsräume, Leseräume in Bibliotheken, Unterrichtsräume	40	-
4	Konferenz- und Vortragsräume, Büroräume, allgemeine Laborräume	45	-
5	Großraumbüros, Schalterräume, Druckerräume von DV-Anlagen, soweit dort ständige Arbeitsplätze vorhanden sind	50	-
6	Sonstige Räume, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind.	Entsprechend der Schutzbedürftigkeit der jeweiligen Nutzung festzusetzen	

Bezüglich der baubedingten Erschütterungen wird ein baubegleitendes Beweissicherungsverfahren ggf. mit Ereignisüberwachung unterstützt

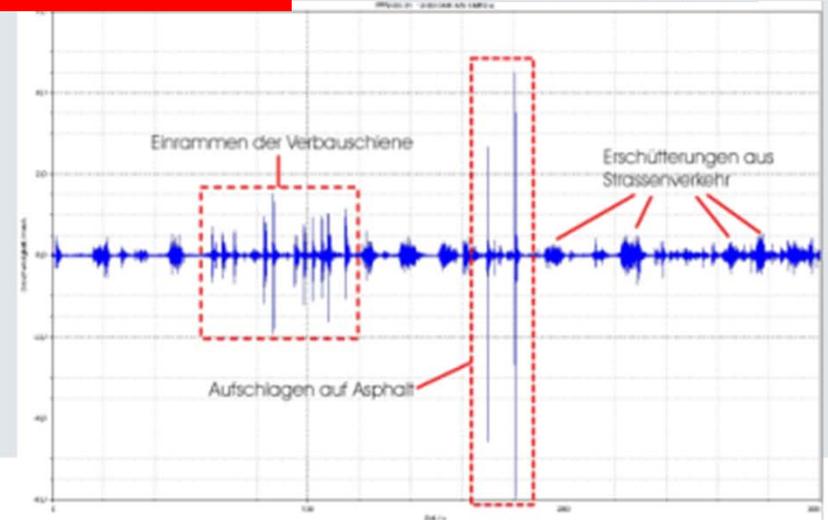
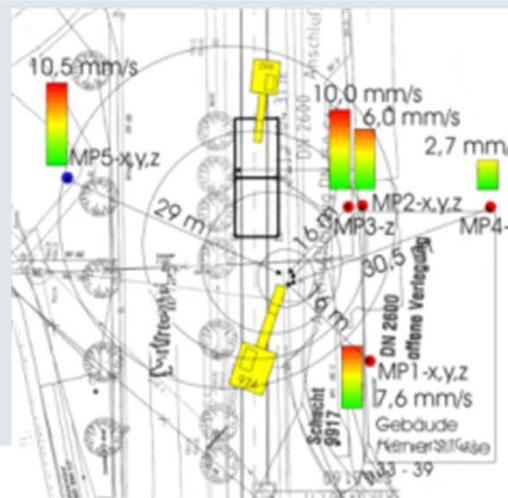
**Soweit mit erschütterungsintensiven Arbeiten in der Nähe von sensibler Bebauung zu rechnen ist, wird seitens der Baustelle eine Dauerüberwachung vorgesehen. Hierbei können die Einwirkungen kontinuierlich dokumentiert und somit auch gegenüber den Aufsichtsbehörden oder Anwohnern belegt werden.**

**Zusätzlich empfiehlt es sich geeignete Alarmsysteme zu installieren, die bei Überschreitung einer entsprechenden Schwelle durch akustisches und/oder optische Signalgebung der Baustelleitung und den Maschinenführern besondere Vorsicht signalisieren, so dass umgehend entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden können.**

**Neben der Umstellung von Baumaßnahmen (z. B. erschütterungsarme Rammverfahren, kleinere Abbruchmengen oder Verringerung der Vortriebsgeschwindigkeit) kann auch eine zeitliche Begrenzung der Arbeitszeiten in Erwägung gezogen werden.**



optisch / akustischer Signalgeber



# Die durchzuführende erschütterungstechnische Untersuchung ist die Basis zur Beurteilung der Betroffenheit

## Fazit

- Die vom Bahnverkehr ausgehenden Erschütterungen können unter Umständen in den benachbarten Gebäuden deutlich wahrgenommen und als lästig empfunden werden, eine Schädigung der Gebäudestruktur kann aber ausgeschlossen werden
- Im Rahmen der zu erstellenden Prognose wird zunächst die Belästigung aus den bestehenden Anlagen und Schienenverkehr messtechnisch ermittelt und darauf aufbauend die Einwirkungen und Veränderungen durch die geplanten Baumaßnahmen prognostiziert
- Die Prognose wird im laufenden Verfahren sukzessiv soweit erweitert, dass die Planfeststellungsbehörde eine gute Abwägungsgrundlage über die zu erwartenden Belästigungen hat und ihre Entscheidung über etwaige Auflagen treffen kann
- Bei einer entsprechenden Vorbelastung ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen, dass die neu hinzukommenden Einwirkungen nicht zu einer signifikanten Erhöhung der Belästigung führen
- Während der Baudurchführung werden die durch die Baumaßnahmen verursachten Erschütterungen in kritischen Phasen durch Monitoringstationen kontinuierlich überwacht und dokumentiert

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**