

ANLAGE 12.4.2.0.3

- Nur zur Information -

**S-Bahn Rhein-Main, Nordmainische S-Bahn
Planfeststellungsabschnitt 1 – Frankfurt - oberirdisch**

MESSBERICHT ERSCHÜTTERUNGEN

zur Ermittlung der schienenverkehrsinduzierten Immissionen
aus Erschütterungen und der baulastdynamischen Kenndaten
für die Erschütterungsprognose

Bericht-Nr.

08500-VME-2

Datum:

09.12.2008

Auftraggeber:

DB ProjektBau GmbH
Hahnstraße 49
60528 Frankfurt am Main

Bearbeitung:

ARGE S-E-Nordmainische S-Bahn

FRITZ GmbH
Beratende Ingenieure VBI
Fehlheimer Straße 24
64683 Einhausen
Telefon: 06251 – 9646 0
Telefax: 06251 – 9646 46
E-Mail: info@fritz-ingenieure.de

Dipl.-Phys. Peter Fritz
Dipl.-Ing. Rolf Schneider

Umfang des Dokumentes:

Textteil: 10 Seiten

Anhänge: 21 Seiten

INHALT

1	Sachverhalt und Aufgabenstellung	4
2	Bearbeitungsgrundlagen	5
3	Messdurchführung	5
3.1	Beschreibung der Emissionsbedingungen	5
3.2	Beschreibung der Immissionsorte	6
3.3	Beschreibung der Messkette	6
3.3.1	Messgeräte	6
3.3.2	Anordnung der Sensoren	8
3.4	Auswertung der Messungen	9
4	Untersuchungsergebnisse	10

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Prinzipskizze der Messanordnung	7
--------------	---------------------------------	---

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Komponenten des eingesetzten Messsystems	8
------------	--	---

Anhänge

Anhang 1	Messprotokoll Riedspießstraße 7, Frankfurt am Main
Anhang 2	Messprotokoll Orber Straße 45, Frankfurt am Main
Anhang 3	Messprotokoll Cassellastraße 34, Frankfurt am Main
Anhang 4	Messprotokoll Wächtersbacher Straße 5, Frankfurt am Main
Anhang 5	Messprotokoll Vilbeler Straße 14, Frankfurt am Main
Anhang 6	Messprotokoll Am Roten Graben 1, Frankfurt am Main
Anhang 7	Messprotokoll Am Roten Graben 4, Frankfurt am Main

Abkürzungsverzeichnis

f	Frequenz [Hz]
GZ	Güterzüge
Hz	Hertz, Schwingung je Sekunde
ICE	InterCityExpress
KB(t)	frequenzbewertetes Erschütterungssignal
KB _τ (t)	bewertete Schwingstärke
KB _F (t)	bewertete Schwingstärke bei $\tau = 0,125$ s
MP	Messpunkt
N	Anzahl von Zügen
NV	Nahverkehrszüge
r, R	Abstand
τ	Zeitkonstante – 0,125 s
KB _{FTi}	Taktmaximalwert nach DIN 4150-2
KB _{FTm}	Taktmaximal-Effektivwert
U(t)	Spannung in Abhängigkeit von der Zeit
v / v(t)	Schwingschnelle
v ₀	Referenzwert für die Schwingschnelle [$5 \cdot 10^{-8}$ m/s]
v _{max}	Höchstgeschwindigkeit [km/h]

1 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Erschütterungen zählen gemäß § 3 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (**BImSchG**) je nach Stärke und Wahrnehmbarkeit zu den Immissionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen. Da von Schienenverkehrswegen dynamische Lasten in den Untergrund eingeleitet werden, die zu Erschütterungsmissionen in Gebäuden führen, ist der Sachverhalt im Regelfall beim Neubau oder bei der wesentlichen Änderung von Schienenverkehrswegen zu prüfen. Bei baulichen Erweiterungen von Bahnanlagen, wie im vorliegenden Fall, ist unter Berücksichtigung der erschütterungstechnischen Vorbelastung zu prüfen, ob die bauliche Erweiterung zu einer „wesentlichen“ Erhöhung der Erschütterungsmissionen führen wird. Hierzu sind die Erschütterungsmissionen für den „Prognose-Planfall“ mit denen für den „Prognose-Nullfall“ zu vergleichen. Dies bedeutet, dass der Vergleich auf den gleichen Zeitpunkt, nämlich den Prognosehorizont, abzustellen ist. Dies und auch die geplante bauliche Erweiterung der Strecke machen es erforderlich, dass die für die Beurteilung maßgeblichen Größen auf Grundlage von Prognoseberechnungen ermittelt werden. Da die Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden stets innerhalb von Gebäuden zu beurteilen sind, ist in der Prognose ebenfalls das Übertragungsverhalten der jeweiligen Bauwerke zu berücksichtigen. Daher ist es erforderlich, das Übertragungsverhalten exemplarischer Gebäude an der Strecke zu analysieren.

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für die „S-Bahn Rhein-Main, Nordmainische S-Bahn“ wurden in insgesamt 7 Gebäuden im Planfeststellungsabschnitt 1 - Frankfurt oberirdischer Bereich, die sich alle im direkten Einwirkungsbereich der bestehenden Bahnstrecke 3660 befinden, Erschütterungsmessungen durchgeführt. Ziel der Erschütterungsmessungen ist es das erschütterungsrelevante baudynamische Verhalten der Gebäude zu bestimmen. Aus den Messwerten werden zum einen die Taktmaximal-Effektivwerte (**KB_{FTm}**) für jede Zuggattung ermittelt, mit deren Hilfe das Prognosemodell kalibriert wird. Zum anderen wird das baudynamische Übertragungsverhalten der Gebäude in Form von Übertragungsfunktionen bestimmt, die ebenfalls Bestandteil des Prognosemodells sind.

2 Bearbeitungsgrundlagen

Den durchgeführten erschütterungstechnischen Messungen wurden die folgenden Normen und Regelwerke herangezogen.

- /1/ DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
- /2/ DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen“, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- /3/ DIN 45669 Teil 1, „Messung von Schwingungsimmissionen“ Anforderungen an Schwingungsmesser, September 2008
- /4/ DIN 45669 Teil 2, „Messung von Schwingungsimmissionen“ Messverfahren, Juni 2005
- /5/ DIN 45669 Teil 3 „Messung von Schwingungsimmissionen: Prüfung (Kalibrierung und Beurteilung) der Schwingungsmesseinrichtung; Erstprüfung, Nachprüfung, Zwischenprüfung, Prüfung beim Messeinsatz, Mai 2004
- /6/ DIN 45672 Teil 1 „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen“ Messverfahren vom September 1991
- /7/ DIN 45672 Teil 2 „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen“ Teil 2: Auswerteverfahren vom Juli 1995

3 Messdurchführung

Die Messungen wurden im Zeitraum von 09.09.2008 bis 25.09.2008 gemäß den Vorgaben der **DIN 45672-1** /6/ durchgeführt. In den Anhängen (**Anhang 1** bis **Anhang 7**) ist das Datum der Messdurchführung der entsprechenden Gebäude angegeben.

3.1 Beschreibung der Emissionsbedingungen

Auf der vorhandenen Bahnstrecke wurden Güterzüge (GZ), Nahverkehrszüge (NV) und InterCityExpresszüge (ICE) messtechnisch erfasst.

Bei der vorhandenen Bahnstrecke handelt es sich um eine zweigleisig ausgebaute Schienenverkehrsstrecke mit konventionellem Schienenoberbau, d.h. Betonschwellen auf Schotteroberbau. Auf der Strecke herrscht Mischbetrieb. Die Trasse verläuft weitestgehend ebenerdig.

3.2 Beschreibung der Immissionsorte

Die Erschütterungsmessungen wurden in insgesamt 7 repräsentativ ausgewählten Gebäuden durchgeführt, die sich alle im direkten Einwirkungsbereich der Bahnstrecke befinden. Sie wurden so ausgewählt, dass auf Grund der gegebenen Abstände zur Trasse und der vorhandenen Bausubstanz, ein erschütterungstechnisches Konfliktpotential nicht ausgeschlossen werden kann. Im Einzelnen wurden Messungen an den folgenden Gebäuden durchgeführt:

MP O-1	Riedspießstraße 7, Frankfurt am Main
MP O-2	Orber Straße 45, Frankfurt am Main
MP O-3	Cassellastraße 34, Frankfurt am Main
MP O-4	Wächtersbacher Straße 5, Frankfurt am Main
MP O-5	Vilbeler Straße 14, Frankfurt am Main
MP O-6	Am Roten Graben 1, Frankfurt am Main
MP O-7	Am Roten Graben 4, Frankfurt am Main

In den Anhängen (**Anhang 1.1** bis **Anhang 7.1**) erfolgt eine Beschreibung der Messobjekte. Bei den messtechnisch untersuchten Gebäuden handelt es sich ausschließlich um Wohngebäude in Massivbauweise. Diese verfügen sowohl über Stahlbetondecken als auch über Holzbalkendecken.

3.3 Beschreibung der Messkette

3.3.1 Messgeräte

Die Durchführung der Erschütterungsmessungen erfolgte mit einer Messanlage, die der Genauigkeitsklasse 1 gemäß **DIN 45669-1** /3/ entspricht. Die Komponenten der Messanlage sind in der Prinzipskizze in **Abbildung 1** dargestellt.

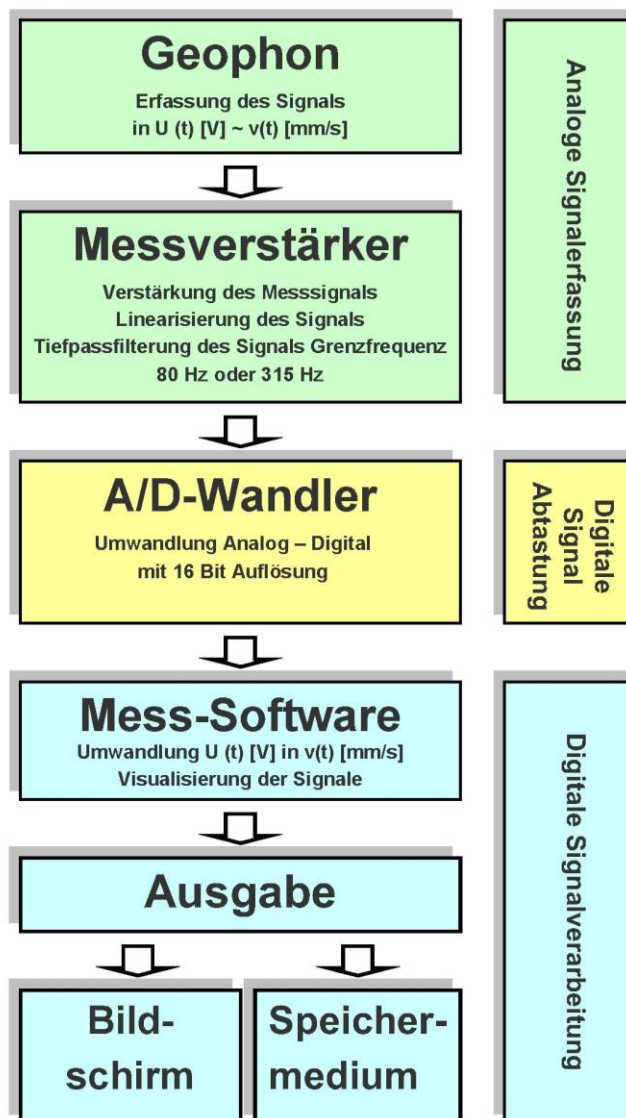
Die einzelnen Kanäle der 8-kanaligen Messanlage wurde vor Durchführung der Messungen im Labor mit einem Referenzaufnehmer im Kopf an Kopf Verfahren für den relevanten Frequenzbereich kalibriert.

Die Abtastung der analogen Messsignale erfolgte mit einer Abtastrate von

$$f_s = 1024 \text{ Hz.}$$

Somit bietet die Abtastung die Möglichkeit die Signale bis zu einer Frequenz von 500 Hz spektral auszuwerten.

Abbildung 1: Prinzipskizze der Messanordnung



Die Signale werden für jedes registrierte Ereignis unmittelbar nach Durchführung der Messung auf dem Bildschirm des Messrechners angezeigt und auf Plausibilität geprüft.

Soweit Störungen festgestellt werden, wird die jeweilige Messung verworfen. Sofern Übersteuerungen oder Untersteuerungen für einzelne Kanäle auftraten, wurden die Messungen verworfen, die Aussteuerung angepasst und eine erneute Messung durchgeführt. Die zur Auswertung verwertbaren Messergebnisse werden direkt nach der Plausibilitätsprüfung der $v(t)$ -Signale für die spätere Auswertung digital abgespeichert. Die Signale werden nach Absolvierung des Messprogramms im Labor unter anderem gemäß DIN 4150-2 ausgewertet. Die in der Messkette eingesetzten Komponenten sind in **Tabelle 1** aufgeführt.

Tabelle 1: Komponenten des eingesetzten Messsystems

GEOPHONE:	elektrodynam. Absolutschwingungsaufnehmer
Hersteller:	Western Data Systems
Kennfrequenz:	4,5 + 0,5 Hz für alle 3 Komponenten
Empfindlichkeit:	0,29 + 5% V/cm/s für alle 3 Komponenten
MESSVERSTÄRKER:	VM116
Hersteller:	Wölfel Meßsysteme Software GmbH + Co. KG
Frequenzbereich:	1 ... 80 Hz ; 1 ... 315 Hz
Meßbereich:	Schwinggeschwindigkeit 0,1 ... 500 mm/s
Nachweisgrenze:	0,001 mm/s (gem. DIN45669)
Genauigkeitsklasse:	Klasse 1 gemäß DIN 45669-1
LAPTOP	
Hersteller:	Acer
CPU:	Intel Centrino 1,7 GHz
A/D-WANDLER	DT2801A
Hersteller:	National Instruments DAQ-Card 6036-E
Wandlungsrate:	16 Bit
SOFTWARE:	MEDA-AD
Hersteller:	Wölfel Meßsysteme Software GmbH + Co. KG
Version:	8.1

3.3.2 Anordnung der Sensoren

Zur Überprüfung der Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen, sind die Messorte in Fußbodenmitte der einzelnen Aufenthaltsräume zu wählen. Sofern es sich um ein- oder zweigeschossiges Gebäude handelt und es möglich war, wurden in einem Geschoss zwei Räume für Messungen ausgewählt. In diesen Räumen werden die Schwingungsimmissionen in vertikaler Richtung erfasst. Neben den Messpositionen auf den Geschossdecken, wurde eine weitere Messposition auf dem Boden im Be-

reich des der Bahnstrecke zugewandten Gebäudfundamentes eingerichtet. Hier wurden Schwinggeschwindigkeiten in drei Raumrichtungen gemessen. Das gewählte Koordinatensystem wurde an den Gebäudeachsen ausgerichtet. Es wurde darauf geachtet, dass möglichst die Messrichtung **X** parallel zur Bahnstrecke, die Messrichtung **Y** senkrecht zur Bahnstrecke verläuft. Die Ankopplung der Sensoren erfolgte gemäß **DIN 45669-2 /4/**.

Die Anordnung der Sensoren sowie die Ankopplungsbedingungen der Sensoren an den Messpositionen, die von der Oberflächenbeschaffenheit des Bodens abhängen, sind in **Anhang 1.1** bis **Anhang 7.1** angegeben.

3.4 Auswertung der Messungen

Die **DIN 4150-2 /2/** geht bei der Beurteilung von Erschütterungsimmissionen von der Schwingschnelle $v(t)$ aus, aus der sich die frequenz- und zeitbewertete Schwingstärke ableiten lässt. Zunächst ergibt sich aus dem unbewerteten Schwingschnelle $v(t)$ mit Hilfe der Frequenzbewertung (Filterung) nach DIN 45669-1 nach Gleichung (1) der DIN 4150-2 Abschnitt 3.4 der **KB(t)** Wert. Anschließend wird eine Zeitbewertung des frequenzbewerteten Erschütterungssignals mit einer Zeitkonstante von $\tau = 0,125$ s durchgeführt. Es wird der gleitende Effektivwert (**KB_τ(t)** bzw. **KB_F(t)**) nach der Gleichung (2) der **DIN 4150-2** Abschnitt 3.5 gebildet. Die Messzeit wird in Takte von je $T = 30$ s eingeteilt. Jedem dieser Takte wird der darin erreichte Maximalwert der bewerteten Schwingstärke **KB_F(t)** zugeordnet. Mit dem Index i werden die Takte nummeriert. Die Bildung des sogenannten Taktmaximalwert **KB_{FTi}** erfolgt für jedes registriertes Zugereignis. Danach wird für jede Zuggattung der Taktmaximal-Effektivwert **KB_{FTm}** nach der nachfolgenden Gleichung ermittelt:

$$KB_{FTm} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N KB_{FTi}^2}$$

mit N = Anzahl der Takte

Der **KB_{FTm}** -Wert ist die Wurzel aus dem Mittelwert der quadrierten Taktmaximalwerte **KB_{FTi}**.

4 Untersuchungsergebnisse

In **Anhang 1.2** bis **Anhang 7.2** sind die Messergebnisse für die einzelnen Zugereignisse dargestellt. Hier ist für jedes gemessene Vorbeifahrtseignis die Geschwindigkeit, das Gleis des vorbeifahrenden Zuges mit den Messergebnissen als KB_{FTi} -Werte dargestellt. Die Angabe des Gleises bezieht sich auf die Lage relativ zum Gebäude, hierbei ist Gleis 1 das nächstgelegene Gleis, Gleis 2 das nächst weiter entfernt gelegene. Zusätzlich ist für jede Zuggattung und Messposition getrennt der KB_{FTm} Wert angegeben.

In **Anhang 1.3** bis **Anhang 7.3** sind die Transferfunktionen für die einzelnen Geschossdecken dargestellt. Diese T3-Funktion, beschreibt das spektrale Übertragungsverhalten von Schwingungen vom Fundament auf die einzelnen Geschossdecken. Die Darstellung wurde so gewählt, dass alle 3 Übertragungskurven für ein Objekt auf einem Blatt zusammengefasst sind. Die Transferfunktionen werden als Bestandteil in das Prognosemodell aufgenommen.



Dipl.-Phys. Peter Fritz



Dipl.-Ing. Rolf Schneider



ANHANG