



## Dipl.-Ing. Wolfgang Rösener

- Von der IHK für Augsburg und Schwaben öffentlich bestellt und vereidigt für Beton-, Stahlbeton- und Mauerwerksbau
- Sachverständiger für Tragwerksplanung (Statik)
- Nachweisberechtigter für vorbeugenden Brandschutz gem. BayBO
- Vorsitzender der Sachverständigen- und Schiedsgutachtenstelle Süd
- Ausschussmitglied im Deutschen Baugewerksrat

## Dipl.-Ing. Michael Tsu

- Sachverständiger für Schäden an Gebäuden (EIPOS/IHK-Bildungszentrum Dresden gGmbH)
- Fachingenieur Ausbau (HS-Augsburg)
- Vor-Ort-Energieberater (BAFA) für Wohn- und Nichtwohngebäude
- Sachverständiger für Betoninstandsetzung und erweiterte Betontechnologie

# ERSCHÜTTERUNGSGUTACHTEN

**Gutachten-Nummer:** Stadtwerke / Linie 5 – 17 / 085

**Objekte:** diverse Gebäude entlang Trasse (siehe Dokumentation).

**Gegenstand:** Auswertung der einzelnen Objekte hinsichtlich ihrer Erschütterungsgefährdung

**Auftraggeber:** Stadtwerke Augsburg Verkehrs GmbH,  
Projektgesellschaft mbH PT2, Herr Hecker,  
Hoher Weg 1, 86152 Augsburg

Die Stellungnahme umfasst die Seiten 1 bis einschließlich Seite 13. Die Anlage umfasst die Seiten N1 bis einschließlich N24. Der Anlage sind 23 Fotos beigelegt.

Augsburg, 13.10.2020

.....  
Dipl.-Ing. Michael Tsu

.....  
Dipl.-Ing. Wolfgang Rösener



## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1. Grund und Zweck der Stellungnahme .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Feststellungen .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Gutachterliche Beurteilung .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1 Vorbemerkungen .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2 Auflistung der untersuchten Gebäude.....</b>	<b>8</b>
<b>3.3 Auswertung hinsichtlich der Erschütterungsgefährdung durch künftigen         Straßenbahnbetrieb .....</b>	<b>9</b>
<b>3.4 Erläuterungen zur Auswertung der einzelnen Objekte.....</b>	<b>11</b>
<b>4. Anlagen</b>	
<b>4.1 Dokumentation der ausgewerteten Objekte</b>	<b>N1 - N24</b>



# 1. Grund und Zweck der Stellungnahme

Durch die Stadtwerke Augsburg Projektgesellschaft mbH ist der Neubau der Straßenbahnlinie 5 zum Zentralklinikum geplant.

Um nunmehr Aufschluss darüber zu erhalten, auf welchen Streckenabschnitten im Hinblick auf eine bestehende Erschütterungs-Gefährdung anliegender Gebäude unter die Gleise Körperschallisierungen/Unterschottermatten eingebaut werden müssen bzw. sollten, wurde ich durch die Stadtwerke Augsburg, vertreten durch Herrn Hecker, damit beauftragt, die Gebäude entlang der geplanten, neuen Straßenbahntrasse in Augenschein zu nehmen und die Erschütterungsgefährdung derselben zu beurteilen.

Die, dem Gutachten zu Grunde gelegte Trassenführung entspricht dem Planungsstand vom 03.01.2017.



## **2. Feststellungen**

Anlässlich diverser Ortstermine wurden Alter, Zustand, Entfernung zu den geplanten Gleisen sowie weitere Merkmale der angrenzenden Gebäude begutachtet und in Anlage 4.1 und Ziffer 3.2 dokumentiert.

## 3. Gutachterliche Beurteilung

### 3.1 Vorbemerkungen

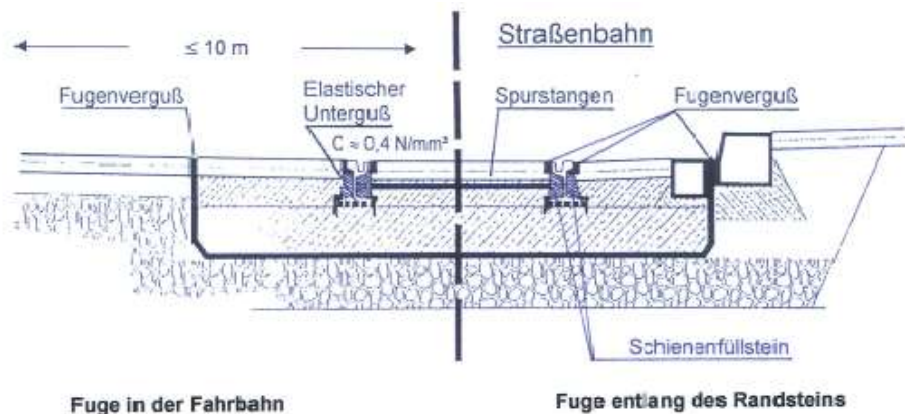
- Im Zuge des Neu- und Umbaus von Straßenbahnlinien werden bei der Stadtwerke Augsburg Verkehrs-GmbH seit Jahren sog. leichte Masse-Feder-Systeme mit einer Eigenfrequenz von ca. 20 Hz zur Reduzierung der Erschütterungseinwirkungen im Bereich von Gleiskörpern, sowie in von gemeinsam mit dem Individualverkehr genutzten Fahrbahnen eingebaut. Die physikalische Isolierwirkung des Systems tritt ein, wenn die Frequenzen des Masse–Feder–Systems außerhalb typischer Eigenfrequenzen von benachbarten Gebäuden liegen.

Die Dimensionierung bzw. Festlegung solcher Maßnahmen erfolgt nach zwei Verfahrensschritten, welche aufgrund bisher gezeigter positiver Ergebnisse auf Basis von Messnachweisen durch das Prüfamf für Bau von Landverkehrswegen der Technischen Universität München bestätigt wurden:

- 1) Entlang der geplanten Straßenbahntrasse werden zuerst exemplarisch Objekte, die nach gutachterlicher Auffassung maßgebend für die Dimensionierung der Isolierungsmaßnahmen sind, untersucht und ausgewertet (nach Bauart, Alter, Zustand, Abstand von den Gleisen). Insbesondere sind dies Gebäude älterer Bauart mit Holzbalkendecken oder leichten Stahlträgerdecken mit Deckeneigenfrequenzen von ca. 4-10 Hz oder Stahlbetondecken mit ca. 25-40 Hz. Die durch Körperschallübertragung verursachten Schwingungsemissionen werden von den Bewohnern als Erschütterungen mit einem relevanten Frequenzbereich von etwa 5-20 Hz und als sekundärer Luftschall zwischen etwa 40-80 Hz wahrgenommen.
- 2) Weiterhin werden an besonders nahe der Trasse gelegenen sensiblen Gebäuden Körperschallmessungen vor und nach der

Baumaßnahme durchgeführt, die die Wirksamkeit der ausgeführten Maßnahme belegen sollen. Messungen in Neuplanungsbereichen, also dort, wo noch keine Straßenbahnlinie verläuft, werden durch sog. Ersatzanregung mit einem schwer beladenen LKW durchgeführt, dieser soll die Einwirkungen der späteren Straßenbahn auf die Gebäude simulieren.

### 3) Aufbau des leichten Masse-Feder-Systems:



- Die bei der Stadtwerke Augsburg Verkehrs-GmbH durchgeführten Vergleichsmessungen im Bereich von neu erstellten Gleisanlagen (insbesondere bei den Straßenbahnlinien 2, 4 und 6, welche in den Jahren 2001 bzw. 2010 in Betrieb gingen) mit eingebautem leichtem Masse-Feder-System zeigen deutlich die Isolierwirkung des leichten Masse-Feder-Systems.
- Hierbei ist insbesondere zu beachten, dass die Körperschallisierungen unterhalb der Gleise jeweils 42 m über die Hauskanten erschütterungsgefährdeter Gebäude hinaus weiter geführt werden müssen. Dies bedeutet, dass die Streckenabschnitte mit einzubauender Körperschallisierung nur an Stellen durch Streckenabschnitte ohne Körperschallisierung unterbrochen werden können, **an denen sich beidseitig der Trasse auf einer Strecke von mehr als 84 m Länge keine erschütterungsgefährdeten Gebäude befinden.**



Vorstehendes wird bei der Festlegung der einzelnen Streckenabschnitte mit einzubauender Körperschallisolierung berücksichtigt.

- Im Rahmen dieser Untersuchung wird **lediglich die Erschütterungsgefährdung der Gebäudesubstanz** beurteilt, eine Beurteilung bzw. Auswertung des Sekundärluftschalls wird hier nicht durchgeführt. Bei den betreffenden Bauwerken (z.B. relativ steifen Hallenbauten) sollte eventuell zudem der Sekundär-Luftschall beachtet werden.



### 3.2 Auflistung der untersuchten Gebäude

Foto Nr.:	Straße	Haus Nr.:	Gebäudeart	Bau-jahr	lichter Gleisab-stand [m]	KG - AW	KG - Decke	Geschoss-Wände	Geschoss-Decke	Treppenhaus	Vorschä-digungs-grad
1	Pferseer Str.	20+22	Wohn- und Geschäftshaus	1900	5,0	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	mittel
2	Pferseer Str.	23	Wohn- und Geschäftshaus	1945	8,0	Beton	Stahlbeton	Mauerwerk	Stahlbeton	Stahlbeton	gut
3	Pferseer Str.	19	Wohn- und Geschäftshaus	1920	10,0	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	schlecht
4	Hörbrotstr.	6	Mehrfamilienhaus	1900	8,0	Mauerwerk	Holzdecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	gut
5	Hörbrotstr.	9	Mehrfamilienhaus	1985	5,0	Beton	Stahlbeton	Mauerwerk	Stahlbeton	Stahlbeton	gut
6	Hörbrotstr.	3	Mehrfamilienhaus	1900	8,0	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	mittel
7	Hörbrotstr.	2	Mehrfamilienhaus	1900	10,0	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	mittel
8	Rosenaustr.	36	Mehrfamilienhaus	1900	9,0	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	mittel
9	Rosenaustr.	35	Mehrfamilienhaus	1900	10,0	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	mittel
10	Rosenaustr.	51	Wohn- und Geschäftshaus	1945	8,0	Beton	Stahlbeton	Mauerwerk	Stahlbeton	Stahlbeton	mittel
11	Rosenaustr.	50	Wohn- und Geschäftshaus	1900	9,0	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	mittel
12	Rosenaustr.	48	Mehrfamilienhaus	1900	9,0	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	mittel
13	Hörbrotstr.	1	Mehrfamilienhaus	1960	10,0	Beton	Stahlbeton	Mauerwerk	Stahlbeton	Holztreppe	schlecht
14	Rosenaustr.	74	Mehrfamilienhaus	1930	26,5	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	mittel
15	Rosenaustr.	75	Mehrfamilienhaus	1930	15,5	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	mittel
16	Ludwig Bauer	5	Mehrfamilienhaus	1928	22,0	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	schlecht
17	Holzbachstr.	27	Mehrfamilienhaus	1930	13,0	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	mittel
18	Holzbachstr.	29	Mehrfamilienhaus	1930	12,5	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	mittel
19	Holzbachstr.	31	Mehrfamilienhaus	1928	13,5	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	schlecht
20	Holzbachstr.	37	Mehrfamilienhaus	1930	16,0	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	schlecht
21	Holzbachstr.	43	Mehrfamilienhaus	1930	22,5	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	schlecht
22	Georg Brach	8	Mehrfamilienhaus	1928	14,0	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	schlecht
23	Georg Brach	9	Mehrfamilienhaus	1930	17,0	Beton	Kappendecke	Mauerwerk	Holzdecke	Holztreppe	schlecht





## 3.3 Auswertung hinsichtlich der Erschütterungsgefährdung durch künftigen Straßenbahnbetrieb

Foto Nr.:	Straße	Haus Nr.:	Gebäudeart	Alter	Ab- stand zum Gleis	KG - AW	KG - Decke	Ge- schoss- MW	Ge- schoss- Decke	Trep- pen- haus	Sanierungs- stand (Vor- schädi- gungsgrad)	Aus- wertung	Gefähr- dungs- grad
				siehe 1)	siehe 2)	siehe 3)	siehe 4)	siehe 5)	siehe 6)	siehe 7)	siehe 8)	siehe 9)	siehe 10)
1	Pferseer Str.	20+22	Wohn- /Geschäftshaus	2,0	3,5	1,3	1,3	1,0	2,0	1,1	1,3	33,6	I
2	Pferseer Str.	23	Wohn- /Geschäftshaus	1,5	2,5	1,3	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	5,9	III
3	Pferseer Str.	19	Wohn- / Geschäftshaus	2,0	2,2	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,6	30,9	I
4	Hörbrotstr.	6	Mehrfamilienhaus	2,0	2,5	1,3	1,5	1,2	2,0	1,1	1,0	26,1	I
5	Hörbrotstr.	9	Mehrfamilienhaus	1,5	3,5	1,3	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	8,1	III
6	Hörbrotstr.	3	Mehrfamilienhaus	2,0	2,5	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,3	29,4	I
7	Hörbrotstr.	2	Mehrfamilienhaus	2,0	2,2	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,3	25,1	I
8	Rosenaustr.	36	Mehrfamilienhaus	2,0	2,3	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,3	27,1	I
9	Rosenaustr.	35	Mehrfamilienhaus	2,0	2,2	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,3	25,1	I
10	Rosenaustr.	51	Wohn- /Geschäftshaus	1,5	2,5	1,3	1,0	1,2	1,0	1,0	1,3	7,7	III
11	Rosenaustr.	50	Wohn- /Geschäftshaus	2,0	2,3	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,3	27,1	I
12	Rosenaustr.	48	Mehrfamilienhaus	2,0	2,3	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,3	27,1	I
13	Hörbrotstr.	1	Mehrfamilienhaus	1,5	2,2	1,3	1,0	1,2	1,0	1,1	1,6	8,9	III
14	Rosenaustr.	74	Mehrfamilienhaus	2,0	0,9	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,3	10,9	II
15	Rosenaustr.	75	Mehrfamilienhaus	2,0	1,5	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,3	17,9	I
16	Ludwig Bauer	5	Mehrfamilienhaus	2,0	1,1	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,6	16,2	I
17	Holzbachstr.	27	Mehrfamilienhaus	2,0	1,8	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,3	20,6	I
18	Holzbachstr.	29	Mehrfamilienhaus	2,0	1,8	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,3	21,2	I
19	Holzbachstr.	31	Mehrfamilienhaus	2,0	1,7	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,6	24,6	I



Foto Nr.:	Straße	Haus Nr.:	Gebäudeart	Alter	Abstand zum Gleis	KG - AW	KG - Decke	Ge-schoss-MW	Ge-schoss-Decke	Trep-pen-haus	Sanierungs-stand (Vor-schädi-gungsgrad)	Aus-wer-tung	Gefähr-dungs-grad
20	Holzbachstr.	37	Mehrfamilienhaus	2,0	1,5	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,6	21,4	
21	Holzbachstr.	43	Mehrfamilienhaus	2,0	1,1	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,6	15,8	
22	Georg Brach	8	Mehrfamilienhaus	2,0	1,7	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,6	23,9	
23	Georg Brach	9	Mehrfamilienhaus	2,0	1,4	1,3	1,3	1,2	2,0	1,1	1,6	20,3	



## 3.4 Erläuterungen zur Auswertung der einzelnen Objekte

Faktor

### 1. Alter (A):

Bis ca.	1940	2,0
ab ca.	1940	1,5
ab ca.	1985	1,0

### 2. Lichter Abstand zum Gleis (E):

$$f = \frac{10}{\sqrt{d}} - 1$$

### 3. KG-Außenwand (K<sub>a</sub>):

Mauerwerk	1,3
Beton	1,3
Stahlbeton	1,0

### 4. KG-Decke (K<sub>d</sub>):

Holzdecke	1,5
Gewölbedecke	1,3
Kappendecke	1,3
Stahlbetondecke	1,0

### 5. Geschoss-Mauerwerk (G<sub>m</sub>):

Holz (Gefach)	1,5
Mauerwerk	1,2
Stahlbeton	1,0
Stahl	1,0

### 6. Geschoss-Decken (G<sub>d</sub>):

-	Gewölbe	2,5
-	Holzdecke	2,0
-	Kappendecke	1,5
-	Stahlbetondecke	1,0
-	Stahldecke	1,0

**7. Treppenhaus (T):**

-	Holztreppe	1,1
-	Stahlbetontreppe	1,0
-	Stahl-treppe	1,0

**8. Vorschädigungsgrad (S):**

-	sehr schlecht (z. B. Standsicherheit in Teilbereichen gefährdet)	1,9
-	schlecht (z. B. viele bzw. breitere Risse / Verformungen)	1,5
-	mittel (z. B. leichte Rissbildungen / Verformungen)	1,2
-	gut (nahezu schadensfrei)	1,0
-	sehr gut (schadensfrei)	0,9

**9. Auswertung:**

$$F = A \times E \times K_a \times K_d \times G_m \times G_d \times T \times S$$

**10. Gefährdungsgrad (F):**

<b>I (groß)</b>	$F \geq 15,00$
<b>II (mittel)</b>	$9,00 \leq F < 15,00$
<b>III (gering)</b>	$1,00 \leq F < 9,00$

Die Gebäude mit Gefährdungsgrad I sind durch Einbau eines "Masse-Feder-Systems" unter die neuen Gleise gemäß Forschungsbericht Nr. 1823 des Lehrstuhls für den Bau von Landverkehrswegen der TU München zu schützen.

Bei Gebäuden mit Gefährdungsgrad II wird eine Abfugung des Gleiskörpers von der Stahlbetongleisdecke empfohlen.

Bei Gebäuden mit Gefährdungsgrad III sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich.



Dipl.-Ing. Wolfgang Rösener

Augsburg, 13.10.2020

.....

Dipl.-Ing. Michael Tsu

.....

Dipl.-Ing. Wolfgang Rösener