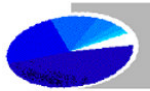


## ERSCHÜTTERUNGSGUTACHTEN

<b>Objekt:</b>	90562 Kalchreuth, Bebauungsplan Nr. 29 „Nähe Bahnhofstraße“ Hier: Verkehrserschütterungen durch die Gräfenbergbahn
<b>Methode:</b>	Erschütterungsbewertung nach DIN 4150 -2
<b>Bauherrin:</b>	Gemeinde Kalchreuth Rathausstr. 1 90562 Kalchreuth
<b>Auftrag-Nr.:</b>	105e113
<b>Messeinsatz:</b>	18.11.2020
<b>Berichtsort:</b>	Nürnberg
<b>Berichtsdatum:</b>	20.11.2020
<b>Bearbeiter:</b>	Dipl.-Geophys. Benno Kolbe



## 1. Vorgang

Der Bebauungsplan Nr. 29, „Nähe Bahnhofstraße“, umfasst u. a. die Errichtung von sechs Doppelhaushälften.

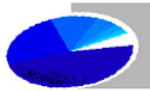
Gemäß Auskunft des Landratsamtes Erlangen-Höchstadt waren Erschütterungsmessungen durchzuführen<sup>2)</sup>, um ggf. schwingungsdämpfende Maßnahmen bei der Planung und Bauausführung berücksichtigen zu können. Die Erschütterungsmessungen waren gemäß DIN4150-2 auszuwerten.

Die Kolbe Geophysik UG wurde am 12.11.2020 mit der Durchführung der erforderlichen Erschütterungsmessungen und der Erstellung eines Erschütterungsgutachtens beauftragt.

Das vorliegende Erschütterungsgutachten beinhaltet die Dokumentation und Bewertung der gemessenen Bahnerschütterungen, sowie eine Prognose für die zu erwartenden Erschütterungsbelastungen für Menschen in den geplanten Wohngebäuden (DIN 4150-2).

### Vorliegende Unterlagen:

1. BIG mbH Messinger + Schwarz: E-Mail vom 27.04.2020,
2. Landratsamt Erlangen-Höchstadt: E-Mail vom 28.04.2020,
3. SSP Architekten: Flurkarte 1:1000 zur Bauvorlage, vom 04.05.2020,
4. SSP Architekten: Antrag auf Vorbescheid 1:500, vom 27.05.2020,
5. DB Regio AG – Regio Franken: Abfahrtszeiten Kalchreuth, gültig ab 15.12.2019,
6. Deutsches Institut für Normung, DIN 4150 Teil 2, v. Juni 1999.



**Abb. 1:**  
Foto der Untersuchungsfläche, am 18.11.2010.

## 2. Bauliche Gegebenheiten

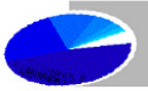
Das geplante Baugebiet liegt an der Bahnlinie Nürnberg-Eschenau, ca. 45 Meter von dem Bahnhof Kalchreuth entfernt. Das Gelände liegt nach diversen bekannten Vornutzungen derzeit brach. Der Bewuchs besteht aus Gras und Unterholz.

Das Bauvorhaben besteht u. a. aus drei Doppelhäusern, die jeweils mit der Giebelseite an die Gleisanlage heranreichen und einen Gleisabstand von ca. 6,5 Metern besitzen.

Die Wohngebäude sollen nicht unterkellert werden.

Ein Baugrundgutachten liegt derzeit nicht vor.

Auf der eingleisigen Gräfenbergbahn verkehren ausschließlich Personenzüge, mit einer Frequenz von 2 bis 4 pro Stunde. Bei den eingesetzten Fahrzeugen handelt es sich um Dieseltriebwagen der Baureihe VT 642, mit Betriebsgeschwindigkeiten von bis zu 80 km/h. Die Fahrgeschwindigkeiten sind im Bereich des geplanten Bauvorhabens reduziert. Einfahrende Züge Richtung Nürnberg bremsen, ausfahrende Züge Richtung Eschenau beschleunigen. Auf der Strecke findet kein Güterverkehr statt.



### 3. Durchführung der Erschütterungsmessungen

Die Erschütterungsmessungen zur Ermittlung der Messgrößen gemäß DIN 4150-2 wurden am 18.11.2020 nachmittags durchgeführt.

Die Messpunkte wurden im Freifeld, jeweils an den Positionen der geplanten Doppelhaushälften a-f eingerichtet. An den Messpunkten wurde der Bewuchs und die Humusschicht entfernt.

Es gelten folgende Gleisabstände der Messpunkte:

Hintere Reihe a, c, e: 14 Meter

Vordere Reihe b, d, f: 7 Meter

Die Messgrößen sind die Schwinggeschwindigkeiten [mm/s], jeweils in 3 Raumrichtungen:

**X:** Horizontal, quer zu Y,  
**Y:** Horizontal, in Richtung Bahnlinie,  
**Z:** Vertikal.

Die Lage der Messpunkte a-f kann dem nachfolgendem Lageplan entnommen werden.





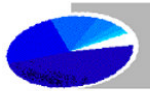
# KOLBE GEOPHYSIK

▪ Messungen ▪ Gutachten ▪



Gräfenbergbahn  
Bahnhof Kalchreuth

 Messpunkte  
 Gleis



In den folgenden Tabellen sind die am 18.11.2020 registrierten Zugüberfahrten zusammengefasst.

Uhrzeit	Fahrtrichtung	Messpunkte	Entfernung [m]
14:53	Nürnberg	b, d, f	7
15:08	Eschenau	b, d, f	7
15:27	Nürnberg	b, d, f	7
15:40	Eschenau	b, d, f	7

Tab. 1: Zugüberfahrten bzgl. der vorderen Reihe.

Uhrzeit	Fahrtrichtung	Messpunkte	Entfernung [m]
15:55	Nürnberg	a, c, e	14
16:10	Eschenau	a, c, e	14
16:28	Nürnberg	a, c, e	14
16:43	Eschenau	a, c, e	14

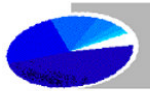
Tab. 2: Zugüberfahrten bzgl. der hinteren Reihe.

## 4. Messergebnisse

### 4.1 Messgrößen

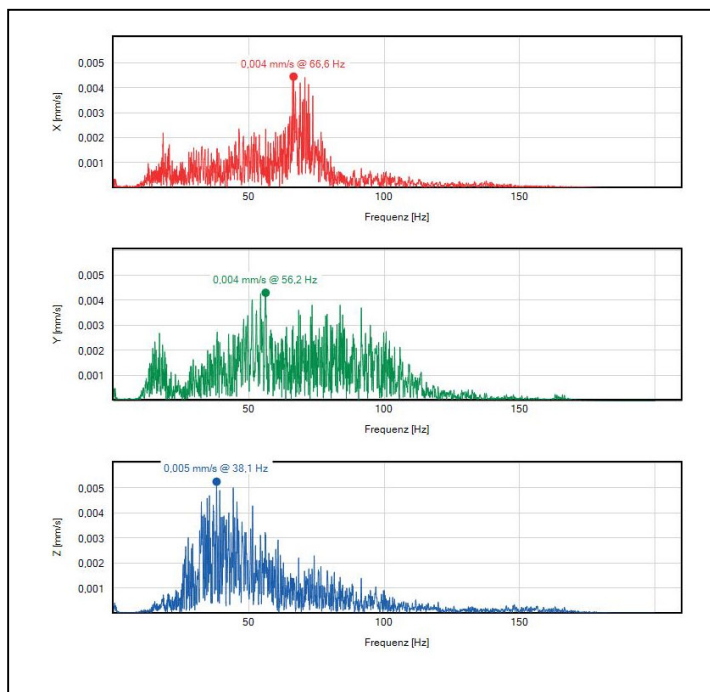
Im Messzeitraum wurden die Bahnerschütterungen von je 4 Zügen pro Messpunkt [mm/s] gemessen und elektronisch gespeichert.

Die Maximalwerte der Erschütterungen [mm/s], die Taktmaximalwerte  $KB_{FTm}$ , sowie die Vorzugsfrequenz der Gebäudeerschütterungen [Hz] wurden automatisch ermittelt und protokolliert.

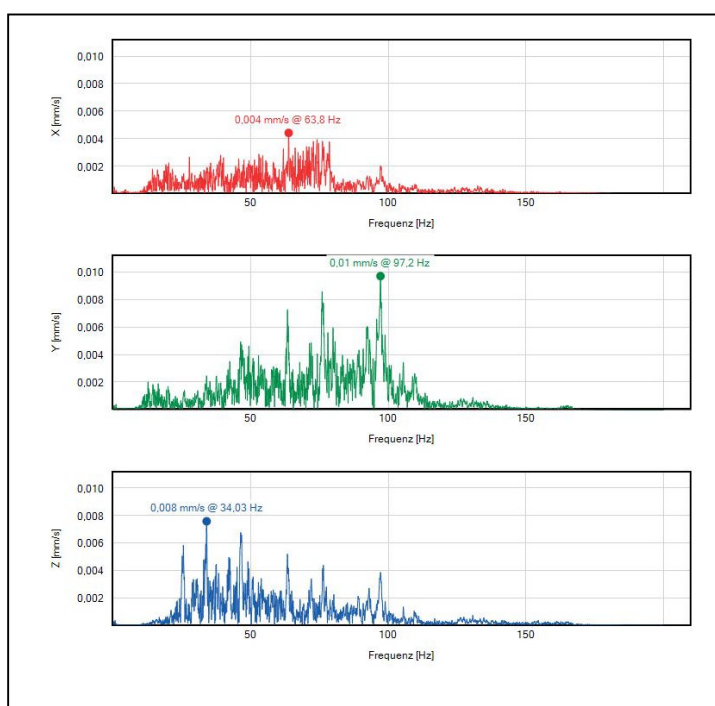


## 4.2 Messwerte

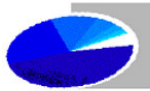
Die Frequenzspektren decken einen weiten Bereich zwischen 10 und 100 Hz ab. Nachfolgend sind zwei Beispiele für den Messpunkt b dargestellt:



**Abb. 2:**  
Amplitudenspektren X, Y, Z  
Messpunkt b 15:27 Uhr  
Zug Richtung Nürnberg



**Abb. 3:**  
Amplitudenspektren X, Y, Z  
Messpunkt b 15:08 Uhr  
Zug Richtung Eschenau



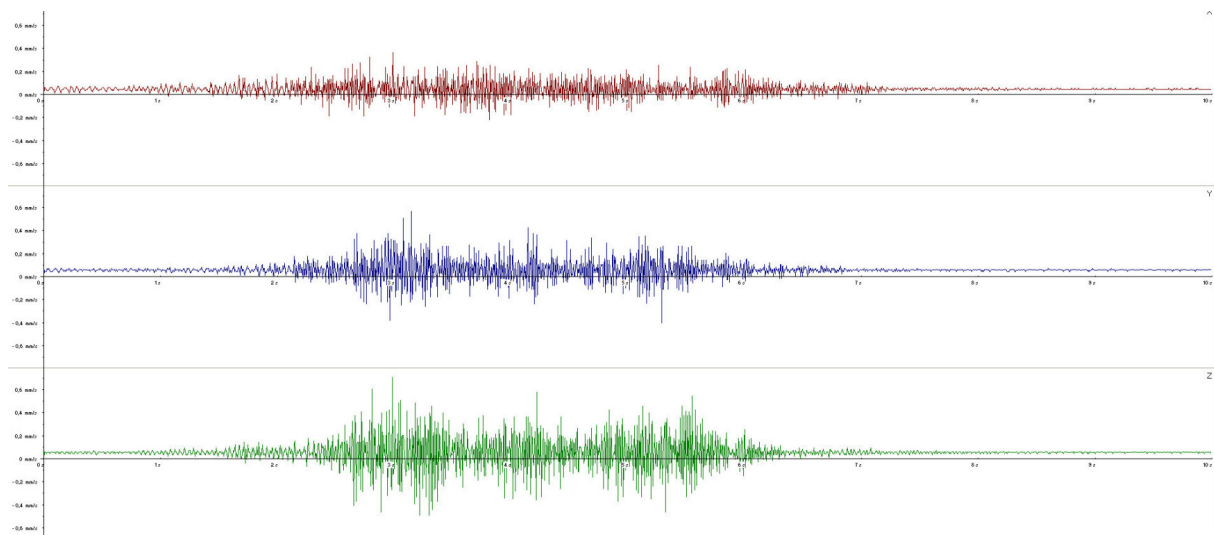
Die Einwirkdauern der Zugüberfahrten betragen ca. 5 Sekunden bis maximal 10 Sekunden.

Die Bodenerschütterungen treten vertikal (Z) und horizontal (X, Y) auf. Es kann bei mehreren betrachteten Zugüberfahrten keine Schwingungskomponente X, Y oder Z als bevorzugt bezeichnet werden.

Die Schwinggeschwindigkeiten liegen bei Werten zwischen 0,2 mm/s und 0,75 mm/s (vordere Reihe). In der hinteren Reihe wurden Bodenschwingungen zwischen 0,10 mm/s und 0,25 mm/s gemessen.

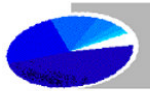
Tendenziell gesehen war der Boden am Gebäude f den größten Schwingungen ausgesetzt, da hier die Zuggeschwindigkeiten am höchsten sind.

Im folgenden wird die Registrierung der stärksten Erschütterungen von 0,75 mm/s wiedergegeben:



**Abb. 4:**  
15:27 Uhr  
Zugüberfahrt Richtung Nürnberg, Maximum Z=0,75 mm/s, Zeitfenster 10 Sekunden





Die für die Bewertung gemäß DIN 4150-2 maßgebliche Schwingstärke geht aus den Schwingverläufen [mm/s] mittels einer Frequenzbewertung (Hochpassfilterung) und der Bildung eines gleitenden Effektivwertes hervor. Aus diesem frequenzbewerteten Signal werden die Maxima eines 30-Sekunden Taktes (hier eine Zugüberfahrt) ermittelt und als  $KB_{FTm}$  gespeichert.

Die Taktmaxima liegen im allgemeinen bei Werten  $<0,2$ . In der vorderen Reihe wurden bei zwei Zugüberfahrten höhere Werte ermittelt, die bis 0,24 erreichten.

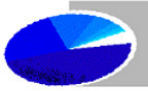
In den folgenden Tabellen sind die Maximalwerte [mm/s] der Bodenschwingungen und die maximalen  $KB_{FTm}$  der einzelnen Messpunkte wieder gegeben:

Messpunkt	Schwingungsmaxima X / Y / Z [mm/s]	$KB_{FTm}$ X / Y / Z
b	0,18 / 0,52 / 0,32	0,08 / 0,23 / 0,16
d	0,31 / 0,45 / 0,51	0,07 / 0,14 / 0,16
f	0,37 / 0,56 / 0,75	0,10 / 0,15 / 0,24

Tab. 3: Maximale  $KB_{FTm}$  in der vorderen Reihe.

Messpunkt	Schwingungsmaxima X / Y / Z [mm/s]	$KB_{FTm}$ X / Y / Z
a	0,10 / 0,12 / 0,13	0,04 / 0,04 / 0,05
c	0,13 / 0,12 / 0,13	0,04 / 0,04 / 0,04
e	0,17 / 0,25 / 0,17	0,05 / 0,08 / 0,05

Tab. 4: Maximale  $KB_{FTm}$  in der hinteren Reihe.



## 5. Bewertung gemäß DIN 4150-2

Die Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen ist gemäß Zeile 3 (Kerngebiete) festzulegen. Demnach sind folgende Anhaltswerte heranzuziehen.

Unterer Anhaltswert tags:  $A_u = 0,2$

Unterer Anhaltswert nachts:  $A_u = 0,15$

Anhaltswert tags:  $A_r = 0,1$

Anhaltswert nachts:  $A_r = 0,07$

Der untere Anhaltswert (tags) ist temporär an einem Messpunkt geringfügig überschritten. In der vorderen Gebäudereihe wäre auch der Anhaltswert (nachts) zeitweise überschritten.

Für die Bewertung gemäß DIN 4150-2 werden daher die Formeln 4b (Einwirkungen nachts) und 5 (Einwirkungen tags, mit Berücksichtigung der Ruhezeiten, sowie Einwirkungen Sonn- und Feiertags) herangezogen.

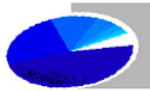
Die Beurteilungszeit gliedert sich in Tag (6 Uhr bis 22 Uhr) und Nacht (22 Uhr bis 6 Uhr). Davon sind als besondere Ruhezeiten die Zeiträume zwischen 6 Uhr und 7 Uhr, zwischen 19 Uhr und 22 Uhr, sowie Sonn- und Feiertage definiert.

Gemäß aktuellem Fahrplan<sup>5)</sup> ist am Bahnhof Kalchreuth von folgenden Zughäufigkeiten auszugehen:

Tagbetrieb, außerhalb der Ruhezeiten: Im Zeitraum zwischen 7 Uhr und 19 Uhr verkehren 18 Züge Richtung Eschenau und 15 Züge Richtung Nürnberg, insgesamt 33 Züge.

Tagbetrieb, innerhalb der Ruhezeiten: In den Zeiträumen zwischen 6 Uhr und 7 Uhr und zwischen 19 Uhr und 22 Uhr verkehren 5 Züge Richtung Eschenau und 5 Züge Richtung Nürnberg (nach Süden), insgesamt 11 Züge.

Nachbetrieb: Im Zeitraum zwischen 22 Uhr und 6 Uhr verkehren am Bahnhof Kalchreuth jeweils 5 Züge in beiden Richtungen, insgesamt 10 Nachtzüge.



Sonn- und Feiertags: 31 Züge tagsüber, 7 Züge nachts.

An den Samstagen verkehren weniger Züge tags und nachts, als Montag bis Freitag, sodass die Samstage hierin bereits berücksichtigt sind.

Die Einwirkzeiten  $T_e$  werden aus den bekannten Zughäufigkeiten bestimmt. Pro Zugüberfahrt werden 30 Sekunden angesetzt. Die Beurteilungszeiten  $T_r$  sind die Zeiträume nachts, tags (innerhalb der Ruhezeiten) und tags (außerhalb der Ruhezeiten), jeweils in Sekunden.

Im folgenden sind die maximal zu erwartenden Einwirkzeiten, gemäß aktuellem Fahrplan aufgelistet:

Tags, mit Berücksichtigung der Ruhezeiten (5):

$T_{e1} = 990 \text{ s}$  (33 Züge x 30 Sekunden),

$T_{e2} = 330 \text{ s}$  (11 Züge x 30 Sekunden),

$T_r = 57600 \text{ s}$  (Beurteilungszeit 16 h).

Sonn- und Feiertags (5):

$T_{e1} = 0 \text{ s}$  (0 Züge x 30 Sekunden),

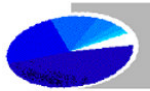
$T_{e2} = 930 \text{ s}$  (31 Züge x 30 Sekunden),

$T_r = 57600 \text{ s}$  (Beurteilungszeit 16 h).

Nachts (4b):

$T_e = 300 \text{ s}$  (10 Züge x 30 Sekunden),

$T_r = 28800 \text{ s}$  (Beurteilungszeit 8h).



Für die  $KB_{FTm}$  aus den Tabellen 3 und 4 wurden die  $KB_{FTr}$  aus den o. a. Einwirkzeiten berechnet und für die Messpunkte b, d, f (Tab. 5) und a, c, f (Tab. 6) zusammengestellt:

Messpunkt	Tags, mit Ruhezeiten	Sonn- und Feiertags	Nachts
b	0,23 / <b>0,039</b>	0,23 / <b>0,041</b>	0,23 / <b>0,023</b>
d	0,16 / <b>0,027</b>	0,16 / <b>0,029</b>	0,16 / <b>0,016</b>
f	0,24 / <b>0,041</b>	0,24 / <b>0,043</b>	0,24 / <b>0,024</b>

Tab. 5:  $KB_{FTm} / KB_{FTr}$  in der vorderen Reihe.

Messpunkt	Tags, mit Ruhezeiten	Sonn- und Feiertags	Nachts
a	0,05 / <b>0,008</b>	0,05 / <b>0,009</b>	0,05 / <b>0,005</b>
c	0,04 / <b>0,007</b>	0,04 / <b>0,007</b>	0,04 / <b>0,004</b>
e	0,08 / <b>0,013</b>	0,08 / <b>0,014</b>	0,08 / <b>0,008</b>

Tab. 6:  $KB_{FTm} / KB_{FTr}$  in der hinteren Reihe.

Für die Freifeldmessungen ist zusammengefasst von folgenden Maximalwerten der bewerteten Schwingstärken auszugehen:

Tags, mit Ruhezeiten:  $KB_{FTr} = 0,041$

Sonn- und Feiertags:  $KB_{FTr} = 0,043$

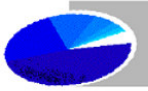
Nachts:  $KB_{FTr} = 0,024$

Der Vergleich mit den durch die DIN 4150-2 vorgegebenen Anhaltswerten  $A_r$  ergibt:

Tags:  $KB_{FTr} = 0,043 < 0,1$

Nachts:  $KB_{FTr} = 0,024 < 0,07$

Bezüglich des aktuellen Fahrplans und mit den gewonnenen Freifeldmesswerten sind die Anforderungen der DIN 4150-2 für den geplanten Bebauungsplan „Nähe Bahnhofstraße“ erfüllt.



Um eventuelle Erhöhungen der Zugtaktung zu berücksichtigen, wird in der nachfolgenden Berechnung von einer 10-prozentigen Erhöhung der Zugzahlen ausgegangen:

*Tags, mit Berücksichtigung der Ruhezeiten (5):*

$T_{e1} = 1110 \text{ s}$  (37 Züge x 30 Sekunden),

$T_{e2} = 390 \text{ s}$  (13 Züge x 30 Sekunden),

*Sonn- und Feiertags (5):*

$T_{e2} = 1050 \text{ s}$  (35 Züge x 30 Sekunden),

*Nachts (4b):*

$T_e = 330 \text{ s}$  (11 Züge x 30 Sekunden),

*Die Berechnungen bei 10 Prozent mehr Zugaufkommen ergibt folgende Maximalwerte:*

*Tags, mit Ruhezeiten:*  $KB_{FTT} = 0,043$

*Sonn- und Feiertags:*  $KB_{FTT} = 0,046$

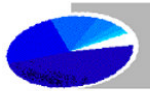
*Nachts:*  $KB_{FTT} = 0,026$

*Der Vergleich mit den durch die DIN 4150-2 vorgegebenen Anhaltswerten  $A_r$  ergibt:*

*Tags:*  $KB_{FTT} = 0,046 < 0,1$

*Nachts:*  $KB_{FTT} = 0,026 < 0,07$

Die Anforderungen der DIN 4150-2 bleiben erfüllt, auch bei einer Erhöhung der Zughäufigkeit um 10 Prozent.



## 6. Zusammenfassung und Empfehlungen

Mit den vorliegenden Berechnungen wurden auf der Grundlage von Freifeldmessungen die in der Folge des Zugverkehrs zu erwartenden Erschütterungen auf dem Baufeld „Nähe Bahnhofstraße“ ermittelt und gemäß DIN 4150-2 bewertet.

Die bewerteten Schwingstärken der Zugüberfahrten liegen bei weniger als 50 % der Anhaltswerte. Die Vorgaben der DIN 4150-2 sind somit für die gegebene Situation eingehalten.

Durch eine Erhöhung der Zughäufigkeiten um 10 % ergeben sich nur geringe Änderungen in den  $KB_{FT}$  - Werten. In Bezug auf die Zugtaktung der Zukunft besteht somit ein großer Ermessensspielraum.

Die getroffenen Aussagen gelten für die Freifeldmessungen und können daher nur ein erster Anhaltspunkt für die geplanten Gebäude sein. Wie sich die Gebäudeerschütterungen letztlich auswirken werden, hängt von der Gründung, von der Gebäudesteifigkeit u. a. Einflüssen ab, die im Moment nicht abschätzbar sind.

Zur Beantwortung auftretender Rückfragen stehen wir gern zur Verfügung.

Nürnberg, den 20.11.2020

Kolbe Geophysik UG  
Dipl.-Geophys. Benno Kolbe