

Sonderprobleme der Erschütterungseinwirkung auf Bauwerke

Oswald Klingmüller – www.gsp.mannheim.de

In der Diskussion über mögliche Gefahren und Gefährdungen durch Erschütterungen wird häufig der Fall zitiert, bei dem zwar die Nachbarschaft der Schwingungserregung unbeeinflusst war, in größerer Entfernung aber eine deutlich spürbare Erschütterung aufgetreten ist. Eine deutlich spürbare Erschütterung wird häufig mit einer mechanischen (Schadens-)Wirkung in Verbindung gebracht und wenn dann, aus welchen Gründen auch immer, eine Regulierung ohne Anerkennung einer rechtlichen Verpflichtung vorgenommen wurde, ist für die mehr oder weniger Beteiligten der mechanisch ungewöhnliche Übertragungsweg und die geheimnisvolle Wirkung von Erschütterungen bewiesen. Der technische Beweis für vermutetes kompliziertes Ausbreitungsverhalten von Erschütterungen wird mit erfolgreich durchgesetzten Schadensansprüchen geführt. Wenn eine Hinterfragung der tatsächlichen Zusammenhänge möglich ist, klärt sich der Fall schnell auf und die vermuteten komplexen mechanischen Übertragungen und Resonanzwirkungen sind nicht ungewöhnlich.

In der Regel sind Erschütterungen aber harmlos und folgen einfachen Grundsätzen, vor allem nehmen sie mit der Entfernung von der Quelle ab.

In einem Fall störender stationärer Erschütterungen im 5. Stock eines Bürogebäudes mit abgestuften Geschossen wurde vom Hausmeister (facility manager) des Gebäudes angegeben, dass die Erschütterungen erst nach der Inbetriebnahme einer Pumpstation der Stadtwerke in der Nähe aufgetreten sind. Zum Beweis wurde die Hauptsicherung umgelegt, die Vibrationen waren noch vorhanden. Aufgrund einer Hypothese über die Longitudinalresonanz der durchgehenden Stahlbeton-Stützen wurde versucht, die Quelle durch Messpunkte in der Umgebung zu lokalisieren. Es zeigte sich aber nur in unmittelbarer Nähe des Gebäudes noch eine im Frequenzgehalt vergleichbare Hintergrundschwingung.

Erst die Eigeninitiative des Messtrupps und das Besteigen eines sonst unzugänglichen Dachbereiches direkt oberhalb der betroffenen Kanzlei zeigte dann ein Klimaaggregat welches über eine spezielle Fremdstromleitung versorgt wurde und seit mehreren Jahren nicht gewartet war.

Während der nunmehr über 10jährigen Tätigkeit der GSP gab es allerdings zwei Fälle, in denen Erschütterungen auftraten, die weit von der Queller entfernt, durch spezielle Bauwerkseigenschaften eine deutlich spürbare Intensität annahmen.

In einer rheinischen Stadt wurde ein neuer Hauptsammler DN 1200 im grabenlosen Vortriebsverfahren erstellt. Nach Fertigstellung des Sammlers beklagte sich der Besitzer und Bewohner des ausgebauten Obergeschosses einer renovierten Jugendstilvilla über erdbebenartige Erschütterungen bei nächtlichen Güterzug-Vorbeifahrten auf der ca. 300 m entfernten Bahnstrecke und auch über Erschütterungen aus Straßenverkehr. Es gab in diesem Dachgeschoss Rissbildungen in Stoßfugen in einem neuen Parkettboden mit Streifen aus polierten Granit und den seitlichen Wandanschlüssen (Scheuerleisten). Die Erschütterungen wurden auch als Ursache für diese Schäden angesehen.

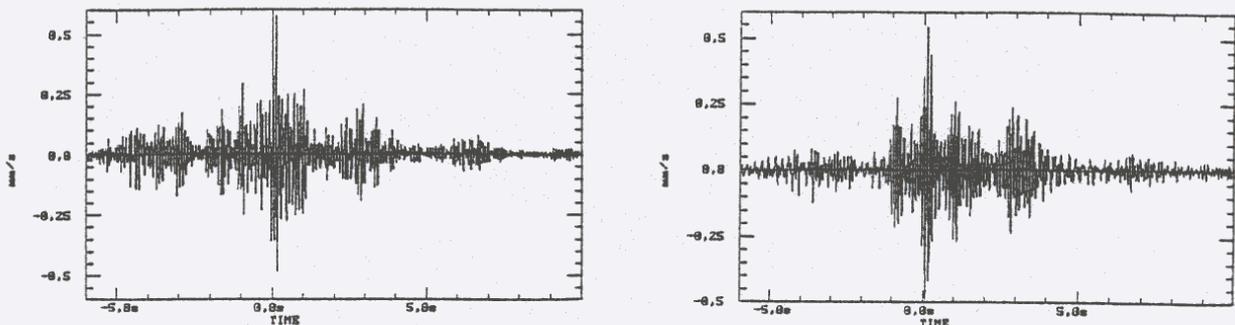


Bild 1 : Zeitverläufe bei LKW-Vorbeifahrt/Dachgeschoß - links vertikal - rechts horizontal

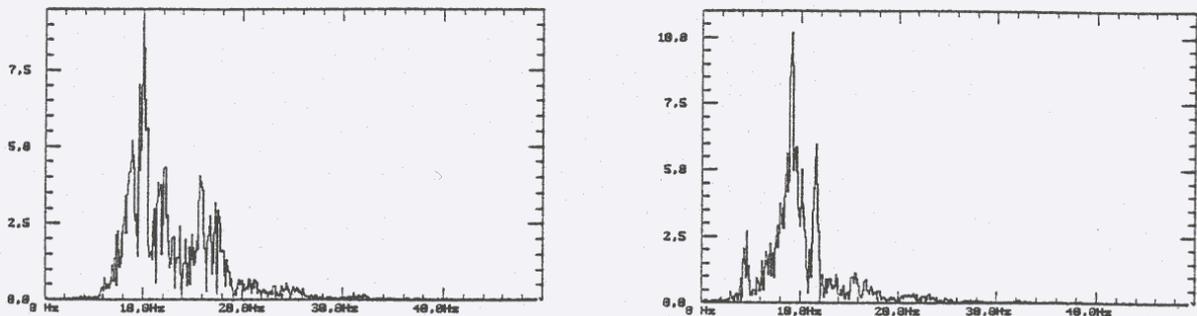


Bild 2 : Frequenzanalysen zu Bild 1 - links vertikal - rechts horizontal

Zwischen dieser Villa und der Bahnstrecke liegt eine normal bebaute Vorstadtstraße. Von keinem anderen Haus wurde etwas vergleichbares angegeben, obwohl sich bei der Beweissicherung die Nachbarn ebenfalls als sensibel zeigten.

Die Messung zeigte tatsächlich wahrnehmbare Erschütterungen bei LKW-Vorbeifahrten am Tage (siehe Bilder 1 und 2) und sogar bei den nächtlichen Güterzugvorbeifahrten (siehe Bilder 3 und 4) auf der 300 m entfernten Bahnstrecke.

Die tagsüber auftretenden LKW-Vorbeifahrten waren dabei mit Werten bis 0,7 mm/s aber stärker als die für besonders gravierend empfundenen nächtlichen Erschütterungen (erdbebenartig) aus dem entfernten Zugverkehr mit bis zu 0,5 mm/s. Hierbei zeigte sich in horizontaler Richtung eine dominante Frequenz von 5 Hz, in vertikaler Richtung von 11 Hz..

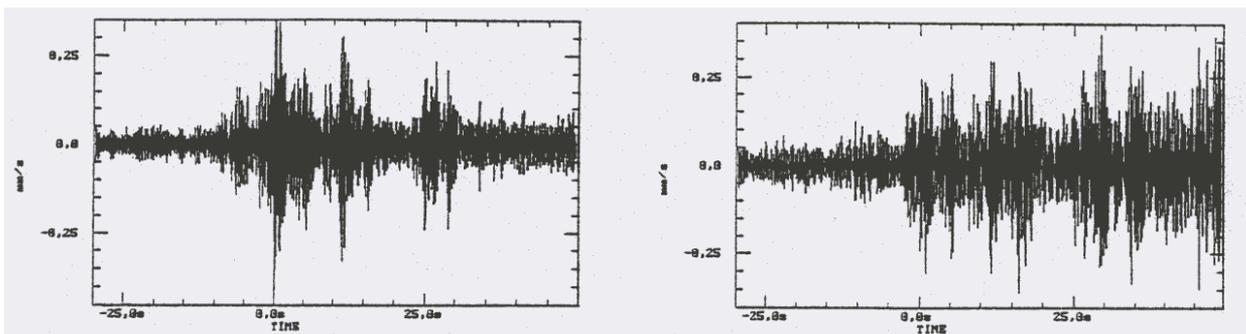


Bild 3 : Zeitverläufe bei Güterzug-Vorbeifahrt/Dachgeschoß - links vertikal - rechts horizontal

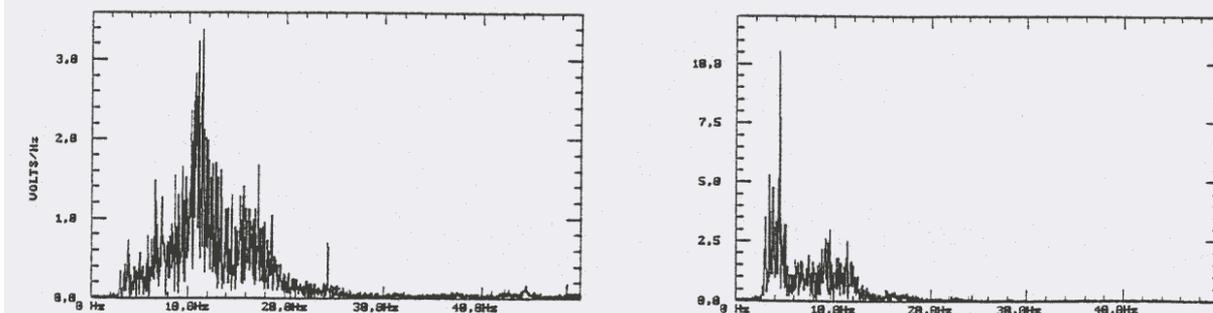


Bild 4 : Frequenzanalysen zu Bild 3 - links vertikal - rechts horizontal

Die Analyse der LKW-Vorbeifahrten mit einem Vergleich von Fundamenterschütterungen zu Erschütterungen im Dachgeschoß zeigte, dass aufgrund eines unsachgemäß verfüllten neuen

Hausanschlusses an einem Nachbargebäude, also einer deutlichen Fahrbahnunebenheit, Erschütterungen am Fundament unterhalb der Fühlschwelle mit unter 0,1 mm/s ca. auftreten, die zum Obergeschoss auf das siebenfache verstärkt werden.

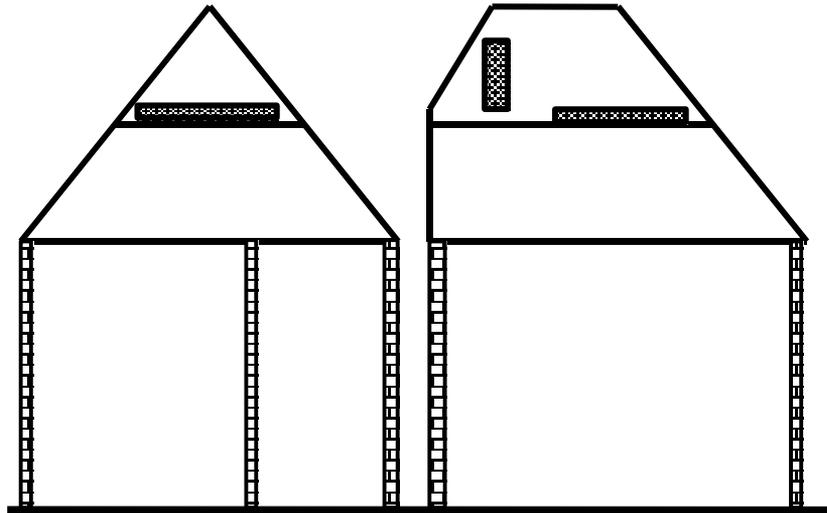


Bild 5 : Gebäude mit Zusatzmassen im dafür nicht vorgesehenen Dachstuhl

Dass die Verstärkung nur in dieser Villa auftrat, nicht aber in den benachbarten Gebäuden, bei denen gleiche Fundamenterschütterungen auftraten, wurde von uns darauf zurückgeführt, dass mit dem Dachausbau ein Wasserbett sowie ein Whirlpool mit einem zusätzlichen Warmwassertank in das oberste Geschoss gebaut wurde (siehe Bild 5).

Obwohl die nächtlichen Erschütterungen A_0 den Anhaltswert der DIN 4150 Teil 2 überschritten und somit mit einer erheblichen Belästigung verbunden gewesen sein können, wurde die weitergehende Untersuchung der Ursachen, vor allem ob tatsächlich durch den neuen Hauptsammler eine besondere Erschütterungsübertragung von der weit entfernten Bahnlinie ermöglicht wurde, nicht beauftragt.

Auch die vorgeschlagenen Maßnahmen, nämlich den starren Hauptsammler vom in Ortbetonbauweise hergestellten Endschacht vor der Villa zu trennen sowie die Fahrbahn zu glätten, wurden nach unserer Kenntnis nicht ausgeführt. Es ist zu vermuten, dass, wenn Erschütterungen nicht als Ursache für

“technische” Schäden (hier die angemeldeten Risseschäden) in Frage kommen, diese nicht mehr als relevant angesehen werden.

In einem anderen Fall wurden erdbebenartige Erschütterungen aus einem Schulhaus in einer Ortsmitte gemeldet. Das ca. 150 Jahre alte Gebäude hat über dem 4 m hohen Schulraum eine Lehrerwohnung, in welcher die Erschütterungen wahrgenommen wurden. In keinem anderen Gebäude des Ortes wurden Erschütterungen wahrgenommen.

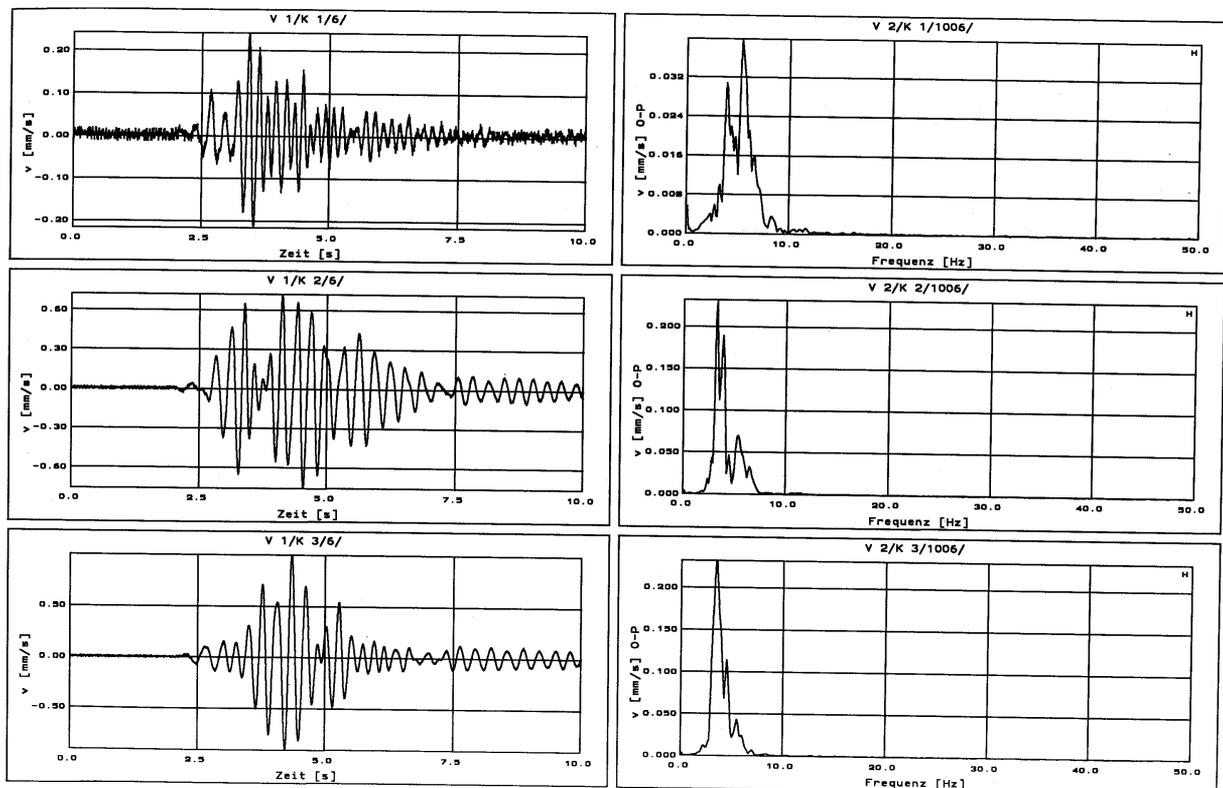


Bild 6 : “Erdbebenartige” Erschütterungen in einem Schulhaus (vertikale Erschütterung oben)

Die 4-wöchige Messung zeigte Erschütterungen bis 2,5 mm/s in horizontaler Richtung bei 4 bis 6 Hz, lediglich 0,5 mm/s in vertikaler Richtung. Da eine Erschütterungsquelle nicht bekannt war, die Messungen keine spezielle Richtung bevorzugten und auch die Zeitpunkte der Erschütterungen nicht definiert werden konnten, wurde die Ursache im Haus selbst gesucht.

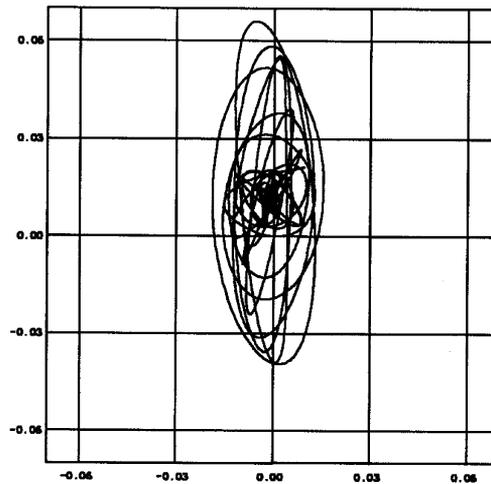


Bild 7 : Phasendiagramm für die 2 horizontalen Richtungen im Dachgeschoss

Während einige Phasendiagramme eine eindeutige Richtungsabhängigkeit der Erschütterungen zeigten (Bild 7), und sich so eine Möglichkeit abzeichnete, die Quelle zu identifizieren, konnte dies bei anderen Messungen nicht bestätigt werden (Bild 8).

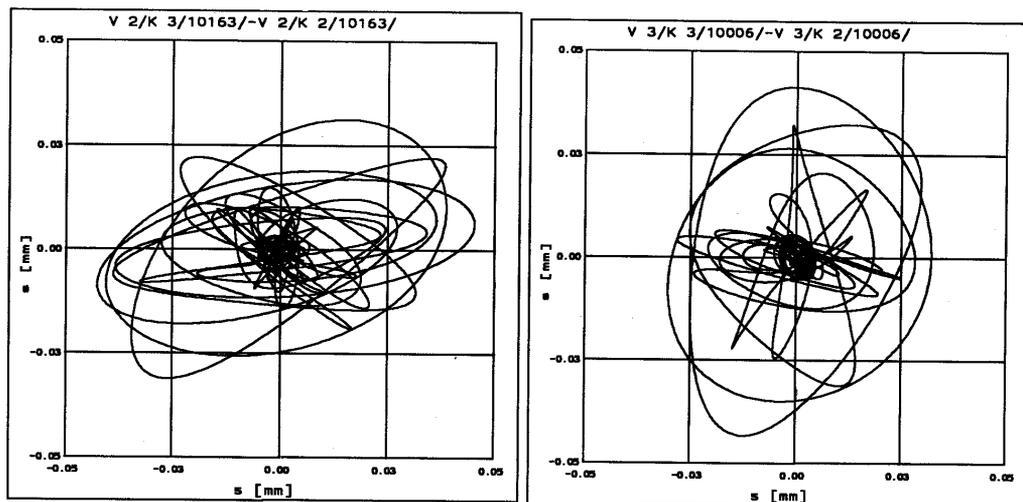


Bild 8 : Phasendiagramm für die 2 horizontalen Richtungen

Vergleich Dachgeschoss links und Keller rechts

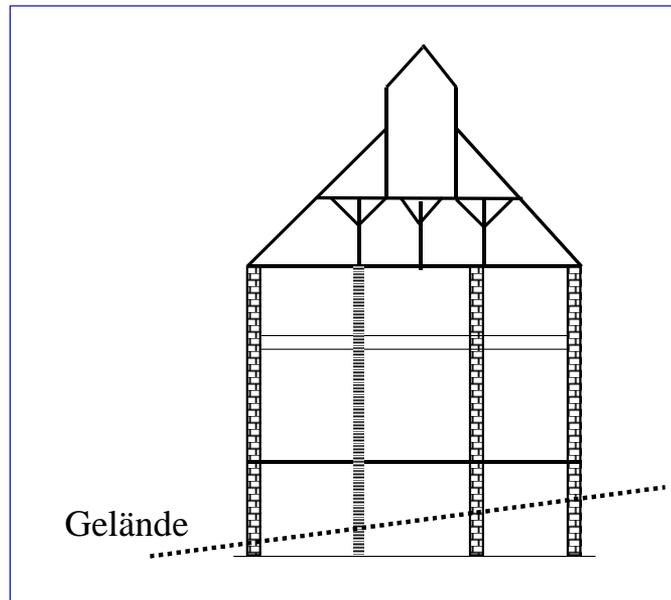


Bild 9 : Schematischer Schnitt des Dachstuhls

Das Dach besteht aus einer mehrstöckigen Konstruktion auf nahezu quadratischem Grundriss mit einem Dachreiter mit Uhr und Glocke in der Mitte. Wie die Besichtigung ergab, wurde der Dachstuhl entsprechend der Aktivität von Holzwürmern und Pilzen im Laufe der Jahre mehrfach teilsaniert. Da nach Angabe der Bewohner der Lehrerwohnung die Erschütterungen immer von deutlichem Knacken im Gebälk begleitet wurden, wurde zuerst eine mehr oder weniger spontane Lastumlagerung bei lokaler Überlastung infolge Wind vermutet. Es wurde vorgeschlagen, da eine Totalsanierung im Haushalt der Gemeinde nicht vorgesehen war, vorhandene Anker festzuziehen und zusätzliche aussteifende Elemente einzubauen.

Bei einer Ortsbesichtigung aus Eigeninteresse drei Jahre später wurde seitens der Bewohnerin mitgeteilt, dass die Erschütterungseinwirkung – wenn sie spürbar ist - auf die Zeit zwischen 10 und 14 Uhr beschränkt sei. Diese zeitliche Einschränkung war wohl bei der ersten Messung nicht so stark beachtet worden. Im Dachstuhl zeigte sich, dass zwar neue Kreuzbänder aus Rundstahl eingezogen wurden, diese aber nicht angespannt waren. Die Erschütterungen waren nach wie vor vorhanden.

Da für diesen Besuch eine andere Anfahrt gewählt wurde wie bei den Messungen, konnte vor dem Ort ein Steinbruch für Zementrohstoffe bemerkt werden. Damit ergibt sich, dass die Erschütterungen aus dem Steinbruch sich bis in den am Gegenhang gelegenen Ort ausbreiten, dort allerdings nur Werte

unterhalb der Fühlschwelle aufweisen, lediglich in dem Schulgebäude fand eine ungünstige Resonanzüberhöhung statt, so dass die Erschütterungen nicht nur deutlich spürbar wurden, sondern durch die niedrige Frequenz belästigend bis bedrohlich wirkten, auf jeden Fall gewöhnungsbedürftig waren. Die Gemeinde hat mittlerweile Mittel für eine Totalsanierung des Dachstuhls einschließlich eines baodynamischen Nachweises bereitgestellt.