

Erschütterungsempfindlicher Laborbau direkt neben einer Bahnstrecke

P. Fleischer¹ und Dr. A. Egger¹
¹Trombik Ingenieure AG, Zürich

Auf einer erschütterungsbelasteten Parzelle (direkt neben einem hochfrequentierten Bahntrasse) wurde in der Region Zürich ein nutzungsflexibler Labor- und Büroneubau realisiert. Die Bauherrschaft definierte von Beginn an strenge Vorgaben an die nutzungsneutral gehaltenen Laborflächen, so auch an die Schwingungsanforderungen: Auf allen Böden der Labore wurde das Einhalten der VC-A-Kurve («Vibration Criterion Curves» nach Colin G. Gordon; VDI 2038-2 (01/2013)) im Alltagszustand gefordert. Für den vorliegenden Fall musste somit sichergestellt werden, dass Erschütterungsimmissionen aus dem Betrieb der Bahnlinie, bei üblichem Personenverkehr und infolge technischer Installationen minimiert werden, resp. musste die Tragstruktur baodynamisch entsprechend ausgelegt werden. Zusammen mit dem Bauherrenberater wurde der Sachverhalt und insbesondere die Erschütterungsausbreitung der Bahnemissionen im Baugrund und in der Tragstruktur intensiv diskutiert, Sensitivitätsbetrachtungen kritischer Prognoseparameter durchgeführt, die erschütterungsmindernden Massnahmen festgelegt und während der Ausführung im Detail überwacht (das Verhalten des Bauwerkes auf die Bahnemissionen wurde während der Entstehung für ausgewählte Bauzustände messtechnisch erfasst).

Die von Beginn an vorgeschlagene 'simple' (auf Erfahrung basierende) Lösung eines üblichen Stahlbetonbaus (ohne elastische Entkoppelung / Federlagerung), konnte im Vorfeld rechnerisch und bei der Bauausführung auch messtechnisch nachgewiesen werden. Der vorliegende Beitrag umschreibt die umgesetzte Lösung in Bezug zu den massgebenden Einwirkungen, zeigt die verwendeten Prognosetools auf, geht auf die massgebenden Hauptparameter und Diskussionspunkte ein, stellt die bei der Projektbearbeitung gewonnen Erkenntnisse zusammen und hält auch die Veränderung der Erschütterungsimmissionen während dem 'Wachsen' des Baukörpers fest.

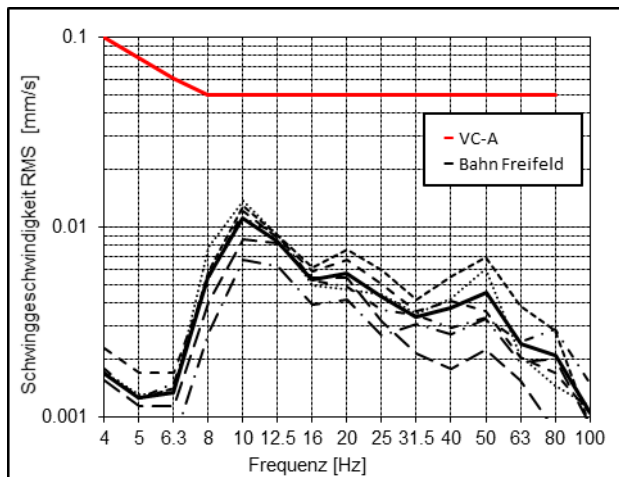


Abb. 1: Messungen Freifeld.

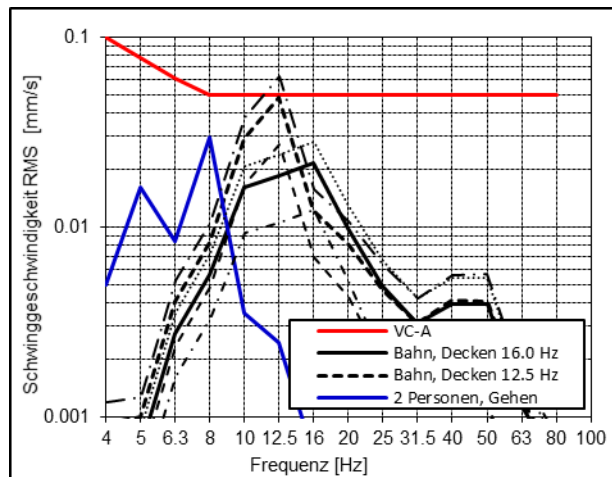


Abb. 2: Prognoseberechnungen Deckenversteifung.

Die Freifeldmessungen auf der zu überbauenden Parzelle zeigten erhöhte Erschütterungsimmissionen in den Terzbändern 10 und 12.5Hz (Abb. 1). Ein erstes Ziel der baodynamischen Bemessung bestand somit darin, die massgebenden Deckenfrequenzen auf einen Wert ≥ 16 Hz auszulegen, um hier eine zusätzliche Amplifikation zu vermeiden (Abb. 2: Prognoseberechnungen Deckenversteifung, noch ohne 'Ausbreitung Gebäude': Gebäudeversteifung mit zunehmender Höhe). Im Rahmen der Optimierung wurden hierzu insbesondere Hohlkörpereinlagen vorgesehen und die Betonqualität (und somit die Materialsteifigkeit / E-Modul) erhöht.

Die Prognoseberechnungen mit einem semiempirischen, frequenzabhängigen Ausbreitungsmodell (Hauptparameter: Emissionsdaten, Ausbreitung Boden, Gebäudeankoppelung, Ausbreitung Gebäude und Deckenverstärkung) zeigten aber auch, dass bei diesem hinsichtlich flexibler Nutzung optimierten Laborgebäude (punktgestützte Flachdecken) die Vergrößerung der Erschütterungen mit zunehmender Höhe ebenfalls eine massgebende Rolle spielt (Parameter 'Ausbreitung Gebäude'). Bei der Auslegung musste hier die Gebäudestruktur tiefabgestimmt, resp. eine 'Handorgel-Eigenfrequenz $\leq 10\text{Hz}$ angestrebt werden (möglichst 'weiche' Stützen).

Während dem Bau wurde unter anderem die Veränderung der Gebäudeankoppelung messtechnisch erfasst und ausgewertet (Abb. 3). Nach dem Betonieren des Erdgeschosses (Decke über UG) liegt die Kurve nahe dem Endzustand und kann für die Modellkalibrierung sowie die Beurteilung des Endzustandes gut verwendet werden. Der Einfluss der Wärmedämmung ist bei der Interpretation des Bauzustandes 'Bodenplatte' zu berücksichtigen.

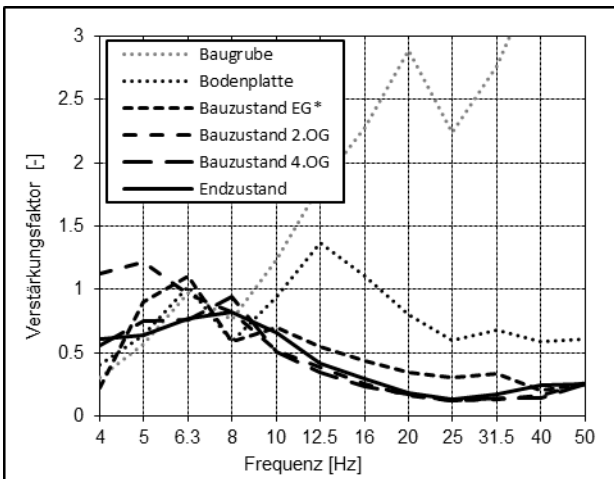


Abb. 3: Gebäudeankoppelung während dem Bau.

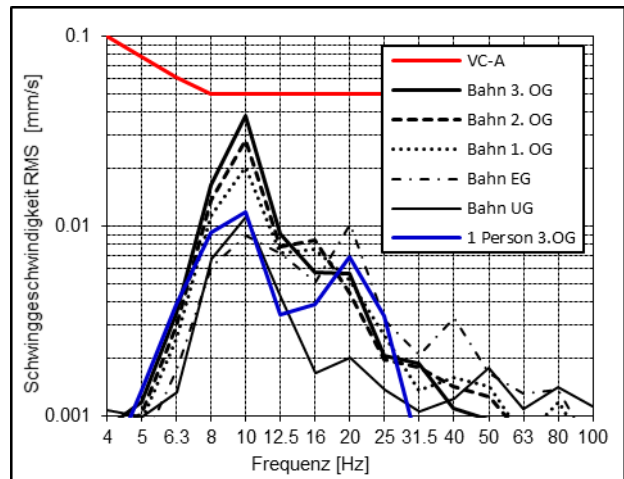


Abb. 4: Abnahmemessungen.

Die Abnahmemessungen (Abb. 4) zeigen, dass die Anforderungen eingehalten werden und die baulastdynamischen Hauptparameter mit den Prognosen / der Auslegung übereinstimmen: Die massgebenden Deckeneigenfrequenzen der Obergeschosse liegen alle im 16-Hz-Terzband und die Handorgel-Eigenfrequenz im 10-Hz-Terzband. Dies ist auch deutlich in den Verstärkungsfaktoren der Abbildung 6 ersichtlich. Bei der möglichen Aufstockung um 2 Geschosse kann davon ausgegangen werden, dass sich die Handorgel-Eigenfrequenz in das 8-Hz-Terzband (in einen von den Bahnerschütterungen geringer angeregten Bereich) verschiebt und die Anforderungen weiterhin eingehalten werden. Beim Vergleich der Messungen bei Rohbauende (Bauzustand 4.OG) und dem Endzustand konnten geringere Amplifikationen im Bereich bis gegen 50% festgestellt werden.

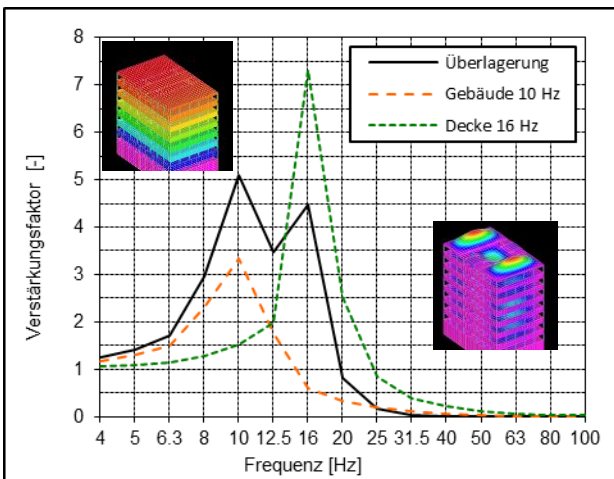


Abb. 5: Theor. Überlagerung MFS Gebäude und Decke.

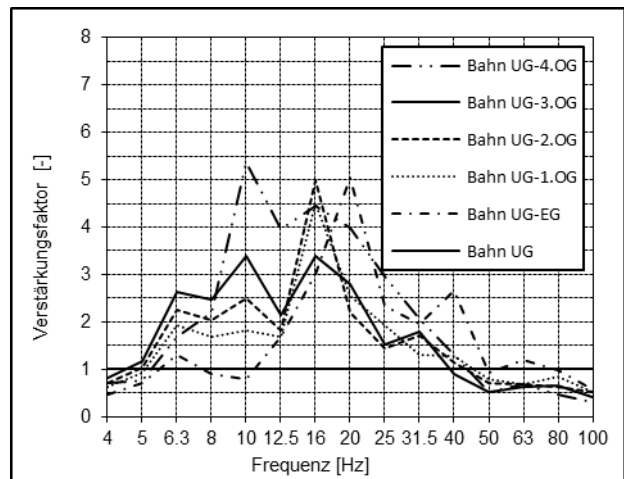


Abb. 6: Verstärkungsfaktor «Gebäude und Decken».