

Elastische Lagerung von Gebäuden

Elastische Gebäudelagerung mit hohen Ansprüchen an die Dämmung,
dargestellt am Objekt: Wohnbauten Theresienhöhe in München.

Leo Condrau dipl. Ing. FH

LeCo Lagertechnik AG
CH-5415 Nussbaumen bei Baden

LECO | LAGER
FUGEN

Inhalt

1. Einführung
 - a. Warum Erschütterungsschutz
 - b. Möglichkeiten der Lagerung, Eigenschaften
 - i. Einzellager
 - ii. Linienlager
 - iii. Flächenlager

2. Theresienhöhe München, Elastische Gebäudelagerung
 - a. Objekt Beschreibung
 - b. Tragkonstruktion
 - c. Erschütterungsschutz
 - d. Lagerbemessung
 - e. Konstruktive Ausbildung der Lagerung
 - f. Messungen am Bau

3. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

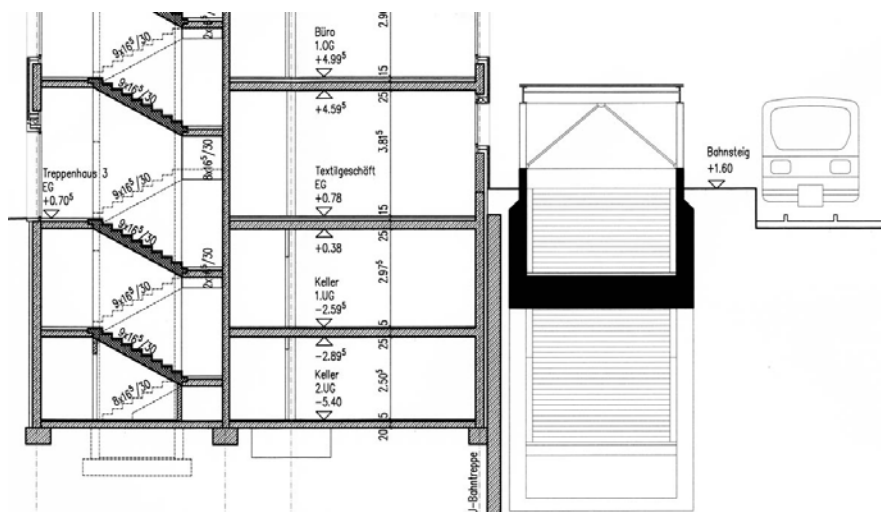
4. Literatur

1. Einführung

a. Warum Erschütterungsschutz

Bei Neubauten in der Nähe von Bahnen oder Strassen werden heute immer Schallschutzmassnahmen eingeplant und realisiert. Diese Massnahmen sind aber unwirksam gegen Schwingungen, die durch den Boden oder direkt über bauliche Verbindungen übertragen werden. Das bedeutet, dass weiterreichende Massnahmen erforderlich sind.

Während der Schutz vor Luftschallimmissionen relativ einfach ist, kann der Schutz vor Einwirkung von Schwingungsimmissionen mit grossem Aufwand verbunden sein. Aber auch hier gibt es praktikable Möglichkeiten, deren immissionsmindernde Wirkung heute technisch abgesichert ist. Inzwischen werden seit mehr als 20 Jahren Gebäude mit Erfolg schwingungs- und körperschallisoliert. Massnahmen gegen die Ausbreitung der Immissionen können quell-, ausbreitungs- oder empfangsseitig durchgeführt werden. Im Folgenden werden Massnahmen empfangsseitig, d.h. die Gebäudelagerung mit Elastomerlager, besprochen.



Für Gebäude, mit hohen Ansprüchen in Bezug auf den Erschütterungsschutz, werden in der Regel Untersuchungen gemacht und aufgrund der gemessenen Werte Prognoseberechnungen erstellt und Massnahmen vorgeschlagen. Ein gutes Beispiel wie dies abgewickelt wurde wurde kürzlich im TEC21, Schwingungen von P. Fleischer dargestellt (Siehe Literatur, 4. P. Fleischer).

Die vorgeschlagenen Massnahmen fliessen dann in die Kostenschätzung ein. Spätestens zu diesem Zeitpunkt wird klar, dass die Massnahmen einerseits teuer sein können, andererseits für den gesamten Bauablauf einige logistische und bautechnische Probleme aufwerfen können. Das heisst man beginnt zu überlegen, ist das Ganze überhaupt notwendig oder welches Niveau an Massnahmen ist wirklich erforderlich. Dies ist für den Erschütterungsschutz die intensivste Phase der Planung. Hier entscheidet sich was schlussendlich ausgeführt wird.

b. Möglichkeiten der elastischen Lagerung

Für die elastische Lagerung von Gebäuden gibt es grundsätzlich drei Möglichkeiten, das sind: Einzellagerungen, Linienlagerungen oder Flächenlagerungen. Welche dieser Lagerformen schlussendlich zum Einsatz kommen bestimmen verschiedene Faktoren. Dies kann von den Ansprüchen an die Lagerung, den äusseren Gegebenheiten oder auch von den Präferenzen der Planer abhängig sein. Oft kommen auch Kombinationen der Typen zur Anwendung.

Einzellager



Elastomerlager



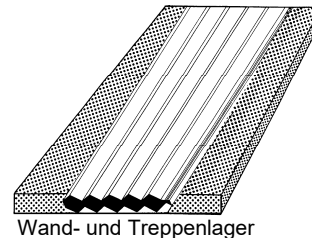
Stahlfedern

Hier sprechen wir von „einfachen“ Gummilagern sowie auch von Stahlfedern. Diese Typen werden durch die Ansprüche an die Lagerung unterschieden. Stahlfedern werden angewendet, wenn eine sehr tiefe Eigenfrequenz der Lagerung erforderlich ist (bis ca. 4-5 Hz), Gummilager kommen zur Anwendung wenn Eigenfrequenzen ab 7-8 Hz erforderlich sind und höhere Lasten abgetragen werden müssen.

Linienlager



Linienlagerung



Wand- und Treppenlager

Diese Form der Lagerung wird vor allem unter Wänden und Treppen eingesetzt. Sind höhere Lasten unter tragenden Wandscheiben abzutragen oder werden tiefe Eigenfrequenzen der Lagerung gefordert, können Linienlager auch als Aneinanderreihung von einzelnen Lagern ausgeführt werden.

Flächenlager

Bekannteste Flächenlager sind Sylomerlager von Getzner. Diese kommen immer dann zur Anwendung, wenn die Lagerung z.B. unter der Fundamentplatte erfolgt und eine ganzflächige Lagerung erforderlich wird. Unterschottenmatten sind eine weitere Art von Flächenlagerungen.

Ich führe hier mit Absicht keine Vor- und Nachteile dieser Lagerungen auf. Bei der Auslegung der Lagerung zeigt sich meistens, dass die für das Objekt beste Lagermöglichkeit verschiedene Formen haben kann. Die beste Möglichkeit ergibt sich durch die Anforderung an die Dämmung, die Höhe der abzutragenden Lasten und die Möglichkeiten der Lastabtragung auf der Ebene auf der das Gebäude vom Untergrund getrennt wird.

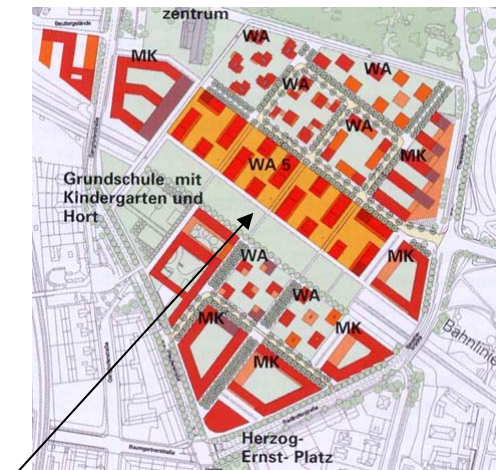
2. Objekt: Wohnanlage Theresienhöhe in München

a. Objekt Beschreibung

Im Rahmen der Gesamtbaumassnahme wurde eine Wohnanlage mit insgesamt 15 Baukörpern auf dem bestehenden Tiefbauwerk errichtet. Direkt neben dem Tiefbauwerk verlaufen mehrere Bahnlinien. Diese verursachen Erschütterungen in einer Größenordnung, die bei einer Übertragung auf die Wohnbebauung zu Beeinträchtigungen führen. Der Erschütterungsschutz ist aus diesem Grund ein wesentliches Planungselement.



Gesamtüberbauung Theresienhöhe München

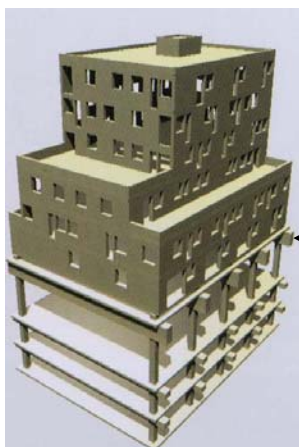


b. Tragkonstruktion

Die Tragkonstruktion der Überbauung wird von der bestehenden Tragkonstruktion des Tiefbauwerkes mittels elastischer Lager erschütterungstechnisch entkoppelt.

Die Auflagerpunkte der Tragkonstruktion greift das Stützenraster des Tiefbauwerkes auf. Die Lastabtragung aus der Wohnbebauung in das Tiefbauwerk erfolgt über Abfangkonstruktionen, ausschließlich auf den bestehenden Stützen im Tiefbauwerk.

Die Trägerrostsysteme bestehen aus ein- bzw. mehrgeschossigen Längsscheiben und 16,5 m weit gespannten Schottwänden im Abstand von 5,5 m. Diese leiten die gesamten Lasten aus der Wohnbebauung über Elastomerlager (Erschütterungsschutz) an der Oberseite der Decke über das 1. UG in den Bestand ein.

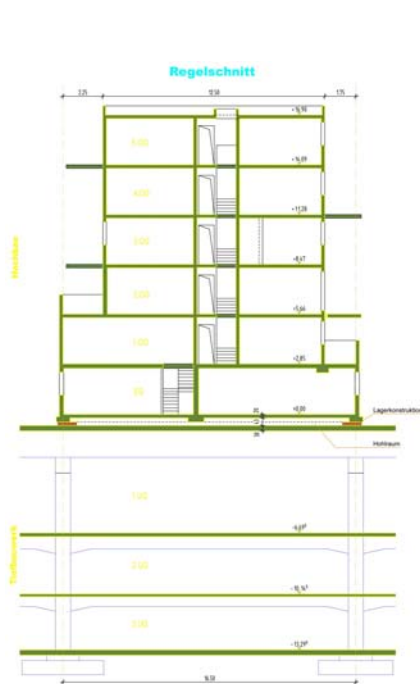


Wohngebäude

Lagerebene

Tiefbauwerk

c. Erschütterungsschutz

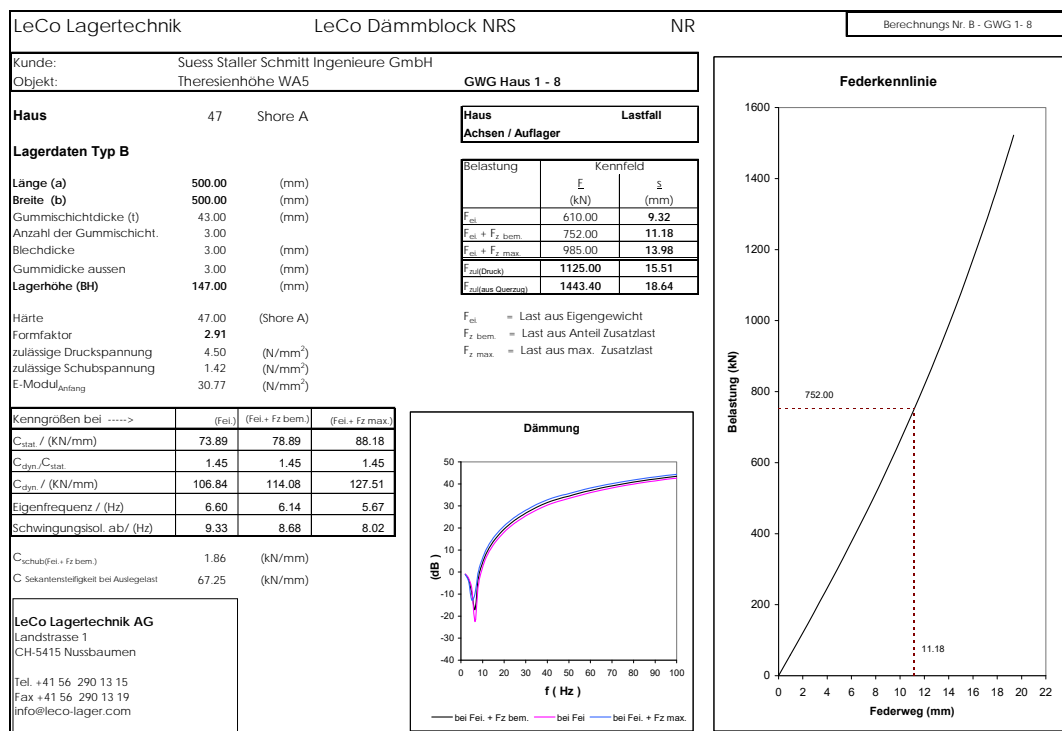


d. Lagerbemessung

Dank der intensiven Abstimmung zwischen Statiker und der Fachfirma konnten die Bemessung der Lager und des Gebäudes parallel erfolgen. In einer ersten Phase wurden vom Statiker Lasten bestimmt und aufgrund dieser Lasten wurde die erste Lagerbemessung erstellt.

Diese daraus gewonnenen Werte, d.h. die Federsteifigkeiten wurden nun in das Statikprogramm eingeführt und das Verhalten des Gebäudes nochmals berechnet. Berücksichtigt wurden die verschiedenen Lasten und die zu erwartenden Setzungen. Die Setzungen an den verschiedenen Auflagerpunkten waren zudem nicht identisch, da der Untergrund nicht überall gleich war. Dies bedeutete eine zusätzliche Schwierigkeit in der Lagerbemessung.

Dieser Ablauf wurde 2 – 3 mal wiederholt. Diese Iteration erwies sich als sehr nützlich und interessant. Dadurch konnten einerseits die Lager für den speziellen Anwendungsfall optimiert werden und es wurde auch festgestellt, dass der Einfluss der verschiedenen resp. veränderten Steifigkeiten auf die Schnittkräfte im Gebäude recht gross war.



Nachdem die Lagertypen und deren Abmessungen festgelegt waren, wurden von allen Typen Prototypen hergestellt und an der TU in München geprüft. Ziel der Prüfung war nachzuweisen, dass die Lager den sehr hohen Anforderungen standhalten konnten, und um die Planungssicherheit zu erhöhen. Dies weil die Eigenschaften der Lager einen wesentlichen Einfluss auf die Schnittkräfte in der Gebäudestruktur haben.

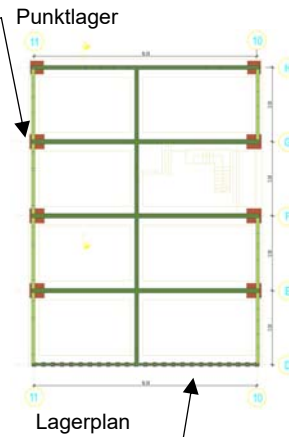
Während der Produktion der gesamten Lagermenge wurden weitere Lager aller Dimensionen geprüft um festzustellen ob die Anforderungen erfüllt werden.

e. Konstruktive Ausbildung der Lagerung und Ausführung

Übersicht und Grundriss Lagerpositionierung



Abfangkonstruktion auf dem Stützenraster



Punktlager

Lagerplan

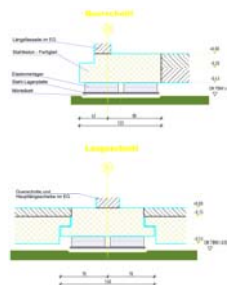
Linienlager

Einzellager

Die Einzellager auf den Stützen des Tiefbauwerkes wurden aufgrund der sehr hohen Lasten in Vierergruppen aufgeteilt. Die Lager wurden auf eine Stahlplatte mit Führungen für die Lager aufgelegt. Mit einem Betonelement, das gleichzeitig als Auflager für die Träger zwischen den Auflagerepunkten diente, wurden die Lager in der Folge abgedeckt.



Einzellager



Schnitt durch Einzellager

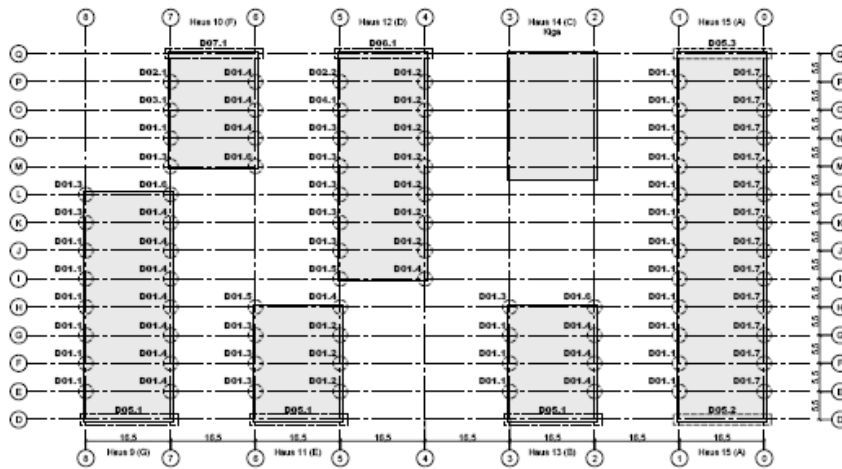
Linienlager

Die Lager unter den Wandscheiben wurden auf ein Fundamentstreifen in vorgeschriebenem Abstand aufgelegt.



Linienlager

Lagerplan

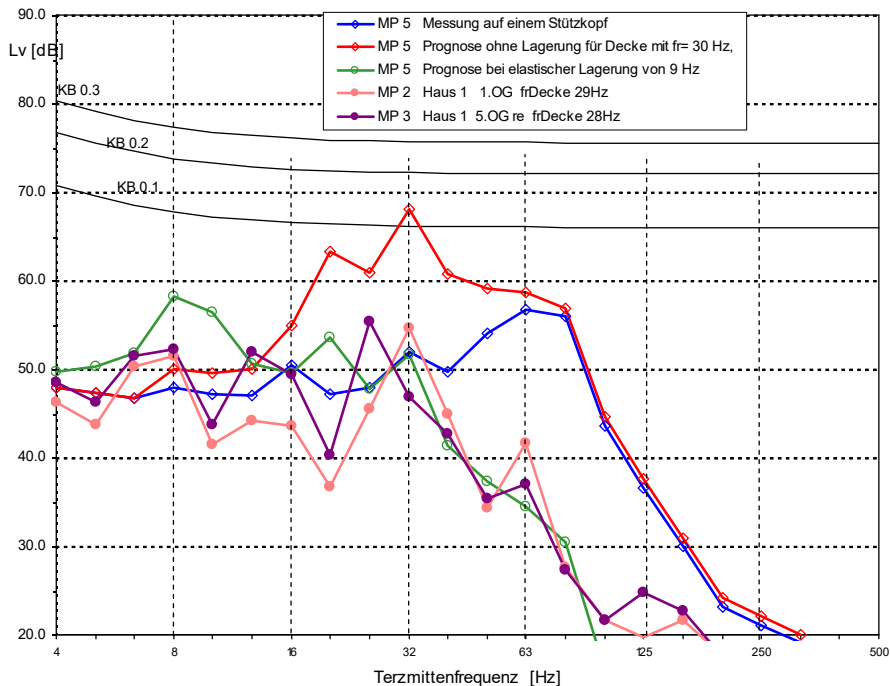


Für das gesamte Projekt waren ca. 1000 Elastomerlager in verschiedenen Abmessungen erforderlich. Die Einbauhöhen der Lager betragen 147 mm resp. 189 mm.

f. Messungen am Bau

Die Schwingungsmessungen und die Berechnungen wurden von der Akustik Süd GbR München durchgeführt. Zur Erfassung der Erschütterungsausbreitung wurde an mehreren Messpunkten, entsprechend dem Stützraster des Tiefbauwerkes, Messungen durchgeführt. Auf den Stützen wurden die vorhandenen Schwingungen erfasst und daraus mittels eines Prognosemodells die zu erwartenden Erschütterungen bestimmt und eine Prognoseberechnung für den sekundären Luftschall durchgeführt.

Ein Ausschnitt aus den Ergebnissen können Sie der nachfolgenden Abbildung entnehmen.



Die Abbildung zeigt den Verlauf der Schwinggeschwindigkeit auf einem bestehenden Stützkopf. Ausgehend von diesem Signalverlauf wurde hierfür eine Prognoseberechnung für eine Wohnungsdecke mit einer Resonanzfrequenz von 30 Hz durchgeführt.

Weiterhin ist in der obigen Abbildung der Einfluss auf die Schwinggeschwindigkeit bei Lagerung des Gebäudes mit einer Lagerungsfrequenz von 9 Hz dargestellt.

Ergebnisse für die Wirkungsweise der elastisch gelagerten Häuser liegen zum Teil bereits vor. Exemplarisch hierfür die Messungen im Haus 1, das bereits zu 90 % fertig gestellt ist. Dargestellt sind die gemessenen Schwinggeschwindigkeiten auf Wohnungsdecken deren Resonanzfrequenz bei etwa 30 Hz liegt

3. Zusammenfassung und Schussfolgerungen

Eine Gebäudelagerung ist eine sehr anspruchsvolle Aufgabe für alle Beteiligten. Diese Tatsache wird sehr oft unterschätzt. Wenn Sie bei einem Gebäude eine „weiche“ Schicht einbauen, die konsequent durchgezogen sein muss und fast keine Ausnahmen erträgt, ist das ganze Projekt betroffen:

- Der Ingenieur muss diese Tatsache in der Berechnung und in der Konstruktion der tragenden Bauteile berücksichtigen
- Der Architekt muss dies sowohl in der Ästhetik wie in der Detailbearbeitung berücksichtigen. Man muss sich nur einen Schnitt durch ein Gebäude vorstellen und versuchen sicherzustellen, dass keine feste Verbindung zwischen oben und unten entsteht.
- Alle weiteren Beteiligten wie Elektro- und Sanitärplaner und Ausführende müssen berücksichtigen, dass keine festen Verbindungen entstehen dürfen.

Wohl das Wichtigste ist, dass der Entscheid eine elastische Lagerung zu machen, frühzeitig in die Planung miteinbezogen wird. Damit wird garantiert, dass dieser Umstand während des gesamten Planungsablaufes berücksichtigt wird. Fehlkonstruktionen und offensichtliche Körperschallbrücken können dadurch ausgeschlossen werden.

4. Literatur

1. Baudynamik und Erschütterungsschutz, G. Rutishauser, Schw. Ing und Architekt, Nr. 14, 7. April 2000
2. DIN 4150-1, -2, 3 Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1, 2 und 3
3. Reduktion von Erschütterungen und Körperschall beim Bau und Betrieb von Verkehrsanlagen, EDI, Forschungsauftrag No. 2/90, Okt 92
4. Erschütterungsquelle Schienenverkehr, P.S. Fleischer, TEC21 13/2007
5. Stadt-Casino Basel, TEC21 Dossier Nr.2, 30. April 2007
6. Battermann, W.; Köhler, R.; Elastische Federung, Elastische Lagerung, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, München 1982