

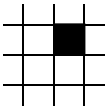
3. MR2002 Symposium
an der EMPA in Dübendorf
Freitag, 26. Mai 2000

Elastische Lagerung von Stanzmaschinen

0011/MS
Muri, 26. Mai 2000

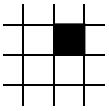
Martin Stolz
Dipl. Ing. ETH/SIA

Kranichweg 6
CH-3074 Muri/BE
Telefon 031 951 82 12
Telefax 031 951 82 38
mail@buero-stolz.ch



Inhalt

1	Einleitung.....	1
2	Problemstellung.....	2
2.1	Das Gebäude	2
2.2	Vorgeschichte	3
2.3	Die neue Stanzmaschine	3
3	Angetroffene Situation	4
4	Erste Massnahmen	6
5	Definitive Massnahmen	8



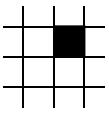
1 Einleitung

Stanzmaschinen (Bild 1) für Karton und Papier müssen immer leistungsfähiger und kostengünstiger werden. Das führt dazu, dass diese Maschinen immer grössere Ausmasse annehmen und dass dies in der Planung und Projektierung nicht immer gebührend berücksichtigt wird. Das folgende Beispiel kann präsentiert werden, weil die definitiven Massnahmen in den letzten Tagen umgesetzt und überprüft werden konnten.

Die Probleme sind entstanden, weil der Dynamiker nicht früh genug beigezogen wurde. Dabei soll nicht gesagt werden, dass dieser alle Probleme erkannt hätte, auch ihm können falsche Einschätzungen unterlaufen.



Bild 1 Stanzmaschine



2 Problemstellung

2.1 Das Gebäude

Die Stanzerei ist in einem Gebäude mit 2 Untergeschossen (Parkgarage), einem Erdgeschoss (Werkstatt und Anlieferung) und mehreren Obergeschossen untergebracht. Im ersten Obergeschoss stehen diese Stanzmaschinen (Karton) direkt auf der Decke, zum Teil mit Dämmplatten versehen. Die Maschinen müssen aus betrieblichen Gründen direkt auf der Decke stehen, da das Stanzgut und der Abfall sonst nicht problemlos zu- und abgeführt werden können.

Um die Stanzabfälle wegzuführen werden unter den Maschinen Durchbrüche durch die Decke gemacht und Kanäle eingebaut.

Die Idee, die Maschinen auf dem Fundament im 2. Untergeschoss zu plazieren kommt aus diesem Grund nicht in Frage. Zudem gehört die Tiefgarage nicht dem Besitzer der Stanzerei.

Das Gebäude weist einen Stützenraster von 8 x 8 Metern auf.

Erschütterungsmessungen im Jahre 1996 und 1999 zeigten bei Fallversuchen Eigenfrequenzen im Bereich von 10 bis 12 Hz. Bild 2 zeigt die gemessenen Eigenfrequenzen.

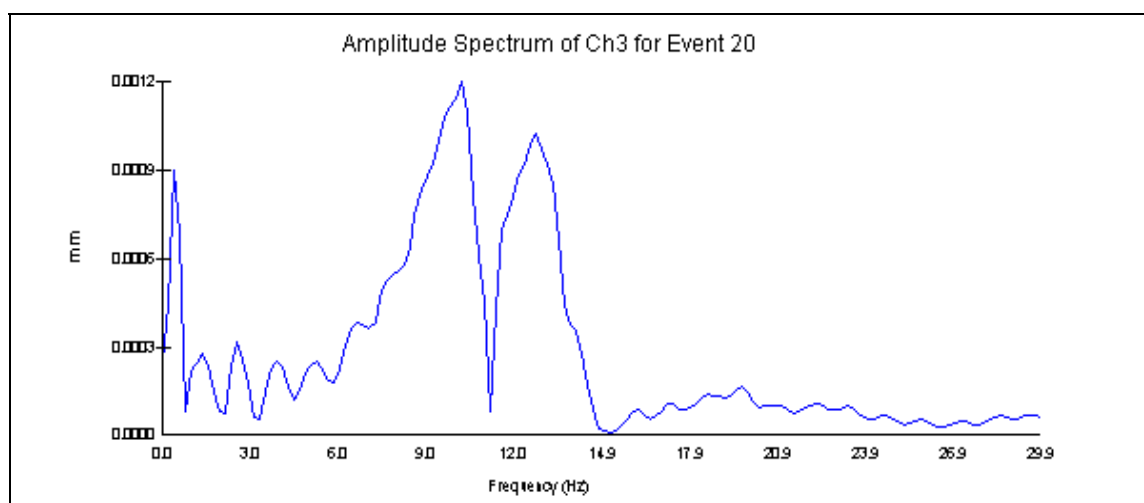
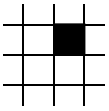


Bild 2 Eigenfrequenzen der Decke



2.2 Vorgeschichte

In der untersuchten Stanzerei wurden schon 1996 Messungen durchgeführt, um den Einbau einer neuen Stanzmaschine und die Verlagerung von bestehenden zu beurteilen. Dabei wurde festgestellt, dass die Verschiebungsamplituden auf der Decke so gering sind, dass weder die Gebäudestruktur noch die Maschine selber gefährdet sind. Die Mitarbeiter im Betrieb haben sich nie über die Vibrationen beschwert.

2.3 Die neue Stanzmaschine

Im Sommer 1999 wurde eine neue Stanzmaschine bestellt und ein Ingenieur beauftragt, die baulichen Massnahmen einzuleiten. Diese bestanden vor allem darin, die Durchbrüche und Vertiefungen in der Decke zu projektieren.

Die Maschine besteht im wesentlichen aus drei Elementen, die in Bild 3 dargestellt sind. Papierzufuhr, Tiegel und Auslass müssen auf einer starren Platte gelagert werden, damit die internen Bewegungen gewährleistet werden können. Zugelassen vom Maschinenhersteller werden 0.1 mm Wegamplitude. Die Maschine ist auf einen Dauerbetrieb von 8500 Stanzvorgängen pro Stunde, also 2.4 pro Sekunde ausgelegt worden.

Diese Leistung bringt das enorme Eigengewicht von 600kN mit sich. Damit ist erstmals eine Maschine eingebaut worden, die etwa dem Gewicht eines Deckenelementes im Stützenraster von 8 x 8 Metern entspricht. Diese Masse verschiebt die Eigenfrequenzen der Decke empfindlich nach unten.

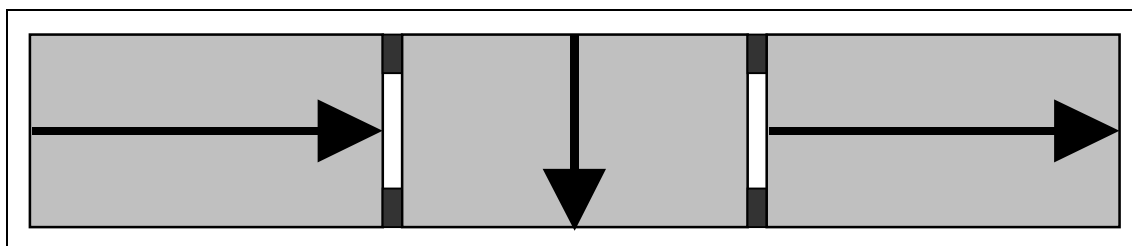
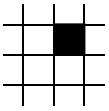


Bild 3 Schematische Darstellung einer Stanzmaschine mit den Elementen Einlass, Tiegel und Auslass



3 Angetroffene Situation

Der Dynamiker wurde für Messungen auf den Platz gerufen, da ein Probetrieb fatale Auswirkungen im Gebäude zeigte. Die in der Nähe platzierten Stühle kippten ohne weiteres Zutun um, die obersten Blätter der Papierstapel von 1.20 Metern Höhe flatterten und die heruntergehängten Beleuchtungskörper bewegten sich wie wenn ein Sommergewitter durch die Halle ziehen würde. Der Betrieb wurde sofort eingestellt.

Erschütterungsmessungen auf der Decke zeigten Schwinggeschwindigkeiten in vertikaler Richtung von ungefähr 10 mm/s, was Verschiebungsamplituden von ungefähr 0.25 mm entspricht. Dabei verlangt der Maschinenhersteller einen Maximalwert von 0.1 mm. Dieser Grenzwert wurde so deutlich überschritten, dass der Maschinenhersteller keine Garantie für die Maschine geben wollte. Bild 4 zeigt den Zeitverlauf dieser Schwingungen in vertikaler Richtung (Verschiebungen). Bild 5 zeigt die dazugehörige Frequenzanalyse.

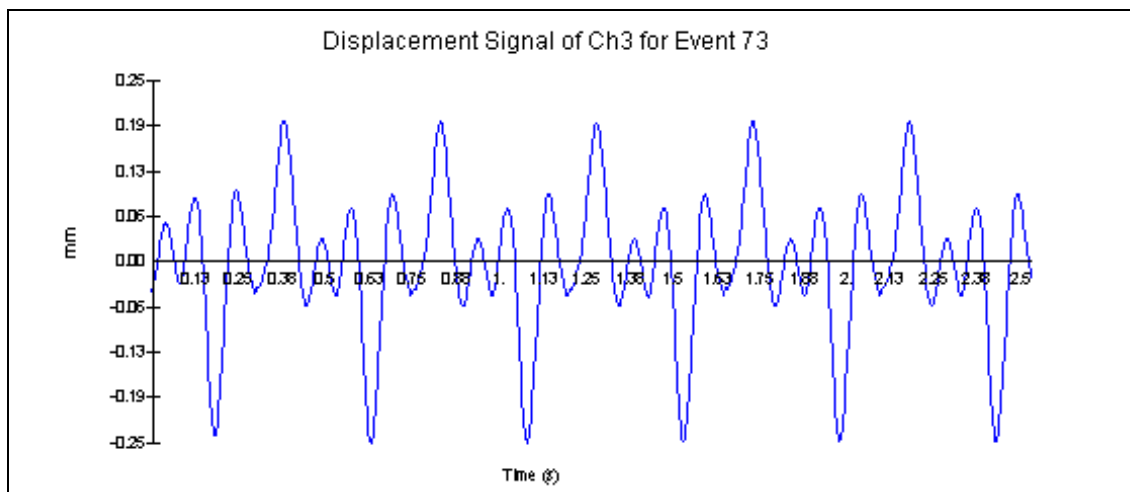


Bild 4 Vertikale Komponenten der Deckenschwingungen (Verschiebungen)

Das Bild 5 zeigt auch deutlich die Ursache für die grossen Schwingungsamplituden. Nicht nur die Schlagfrequenz von 2.4 Hz ist sichtbar, die erste bis vierte Oberschwingung sind ebenfalls vertreten, und zwar in einer Stärke, die nicht zu vernachlässigen ist.

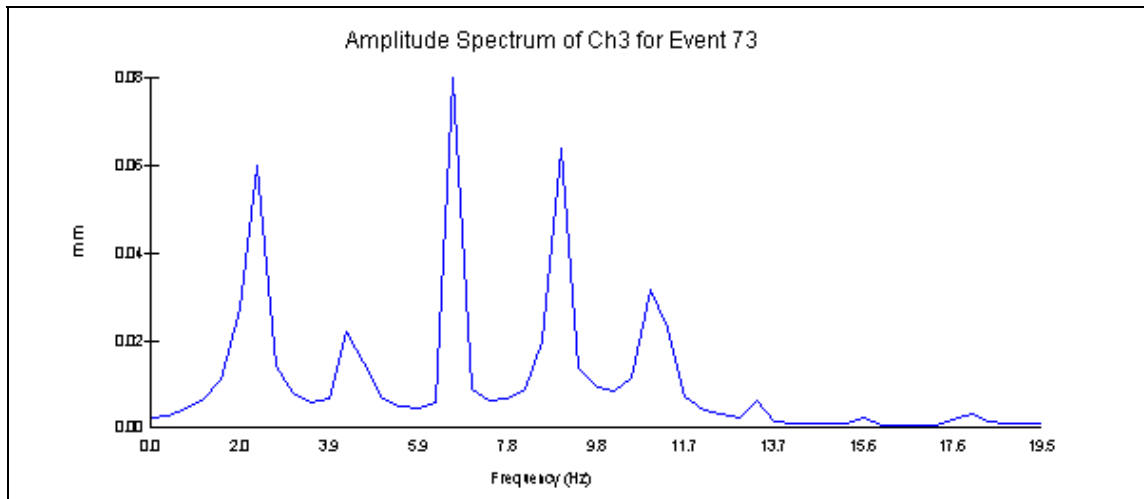
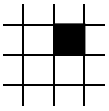


Bild 5 Frequenzanalyse der in Bild 4 gezeigten Schwingungen

Bild 6 zeigt die Wegamplituden in Abhängigkeit der Schlagfrequenz.

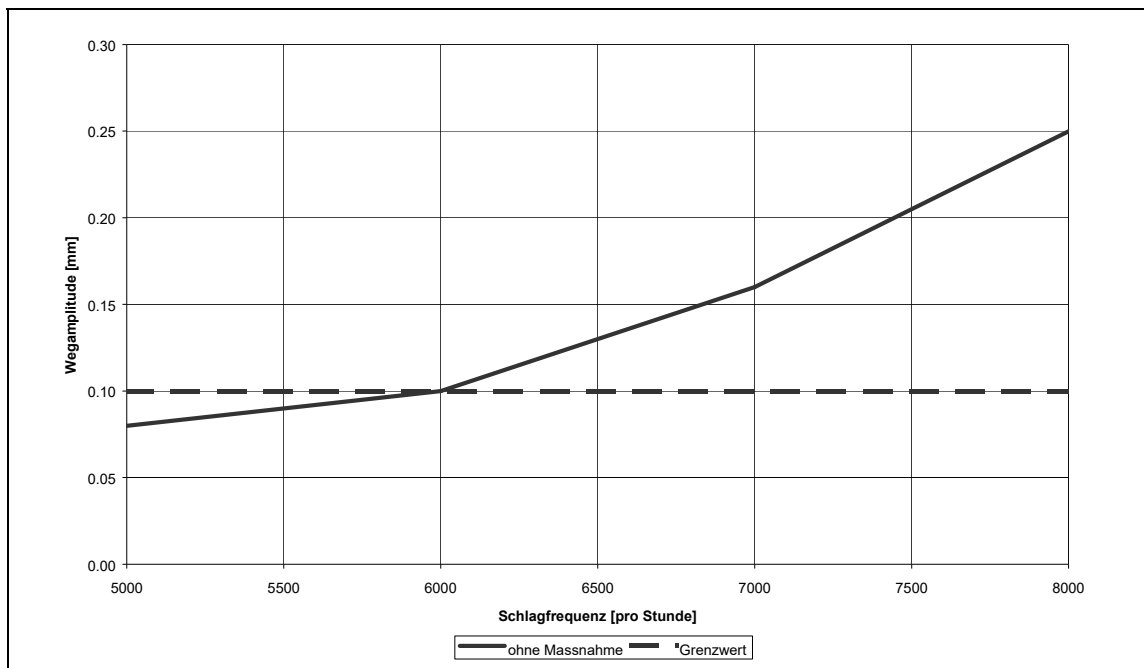
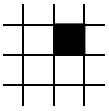


Bild 6 Wegamplituden in Abhängigkeit der Schlagfrequenz



4 Erste Massnahmen

Als Sofortmassnahme wurde beschlossen, die Decke unter den Füßen des Tiegels mit Stahlstützen und Dämmplatten (Hauptsächlich Dämpfer) zu versteifen. Diese Stützen wurden auf das Eigengewicht der Stanzmaschine vorgespannt.

Die Schwingungen konnten damit reduziert werden, ein Betrieb mit reduzierten Frequenzen wurde möglich. Bild 7 zeigt die Wirkung der Stahlstützen.

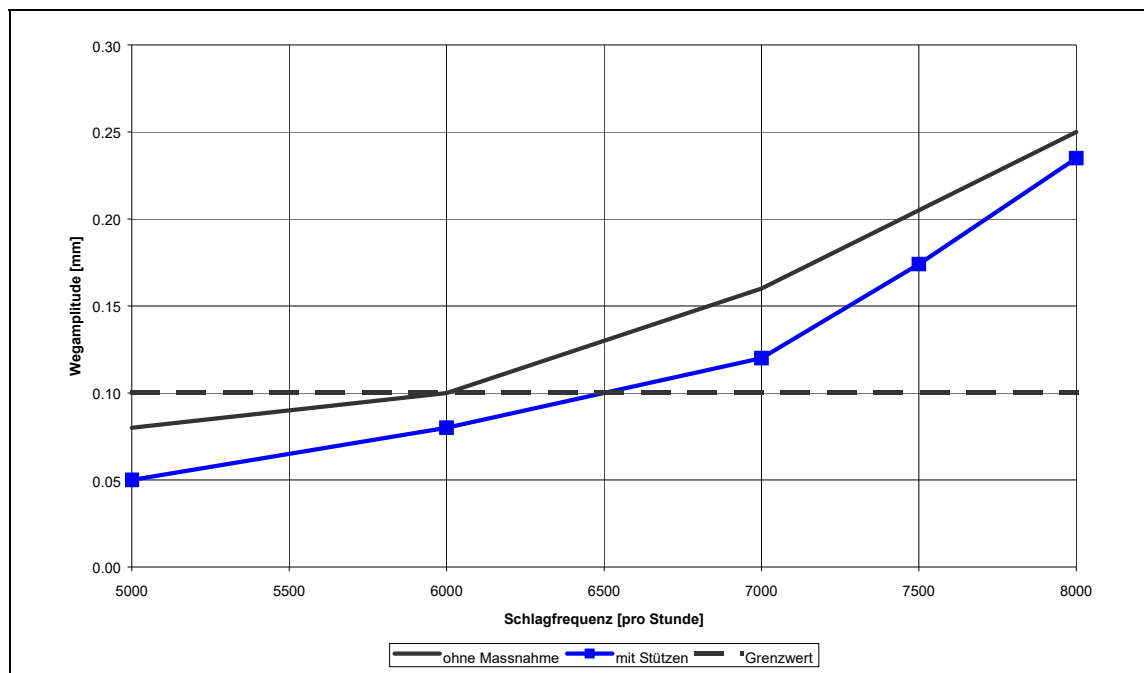


Bild 7 Wirkung der Stahlstützen in der darunterliegenden Werkstatt

Diese Stahlstützen können nicht die definitive Lösung sein, da erstens die Wirkung zu gering ist und da sie in der Werkstatt nicht mit der ihnen gebührenden Achtung begrüsst wurden. Zudem wird der im Obergeschoss reduzierte Anteil der Schwingungen in das Werkstattgeschoss exportiert.

Als zweiter Schritt wurde deshalb nach Rücksprache mit dem Maschinenhersteller beschlossen, den Tiegel auf Dämmplatten zu lagern. Diese Massnahmen zeigen etwa die gleiche Wirkung wie die eingebauten Stützen (Bild 8), was aber auch noch nicht genügend ist.

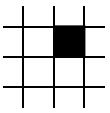
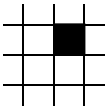


Bild 8 Lagerung des Tiegels



5 Definitive Massnahmen

Schon bei der ersten Beurteilung und Messung wurde klar, dass nur das Verstärken der Decke (Verlagerung der Eigenfrequenzen in eine günstigere Lage) den gewünschten Erfolg bringen kann. Die Eigenfrequenzen müssen in einen Bereich von ungefähr 25 Hz verschoben werden. Da die Raumhöhe in der Werkstatt mit gegen 5 Metern mehr als genügend ist, wurden 4 Stahlbeton-Rippen mit den Abmessungen von 1.50 m Höhe und 0.50 m Breite eingebaut. Diese Rippen wurden auf neue Betonwände gestellt. Die Decke wurde damit so versteift, dass sich ein rechnerische erste Eigenfrequenz von 25 Hz und Amplituden des Schwingweges von 0.04 mm ergaben. Auf eine gute Schubverbindung zwischen Decke und Rippe musste geachtet werden.

Der erste Betrieb nach der Versteifung wurde mit Spannung erwartet und mit Messungen überwacht. Die Messung zeigte genau die gewünschten Resultate, die Amplituden des Schwingweges von 0.04 mm lagen mitten im rechnerischen Streubereich.

Bild 9 zeigt den definitiven Zustand nach Einbau der Rippen, Bild 10 deren Wirkung.



Bild 9 Eingebaute Rippen in der Werkstatt, in der Mitte ein Blechkanal

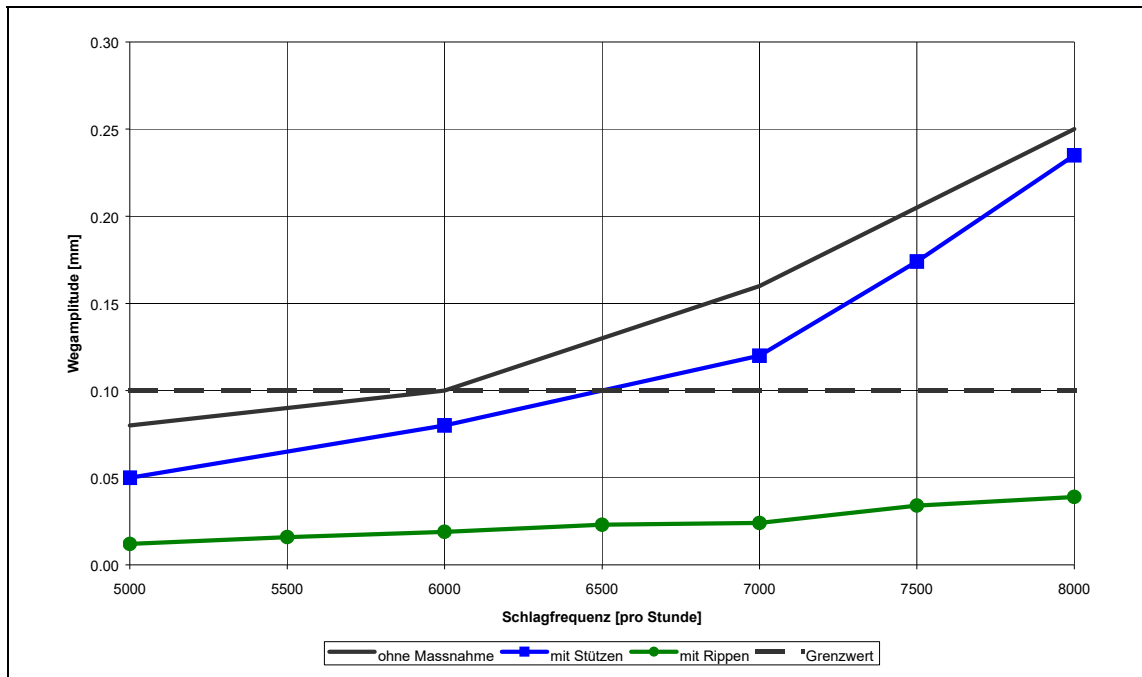
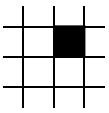


Bild 10 Maximale Wegamplituden nach Einbau der Rippen

Nach dieser Massnahme kann der Betrieb der Stanzmaschine problemlos und uneingeschränkt aufgenommen werden.