

Lärminderung an einer Prägeeinheit

Backhaus, S.; Käferstein, B.

Für die Herstellung von Filtersystemen aus Vlies werden Prägeeinheiten eingesetzt. Neben dem Aufbringen von produktspezifischen Mustern werden einzelne Filterelemente durch starkes Aneinanderpressen und Verformen der Vliesbahnen gefügt oder auch getrennt. Aufgrund der hohen Durchlaufgeschwindigkeit der Bahnen von ca. 3 m/s und den hohen Kräften im Prägekontakt entsteht ein sehr laut schlagendes bzw. ratterndes Geräusch. Das Geräusch ist so laut, dass arbeitschutzrechtliche Vorgaben nicht mehr erfüllt wurden. Es mußte ein neues Konzept für eine Prägeeinheit entwickelt werden, das bei gleicher Produktionsleistung und -qualität die gleichen Aufgaben bei deutlich reduzierter Lärmentwicklung übernimmt.

The manufacturing of filters from non-woven material requires a stamping process. Additionally to embossing brand signs the deformation under high pressure is used to join or cut the fleece. Due to the high speed of 3 m/s per lane and the high forces in the contact zone a very noisy clattering and percussive sound is emitted. The emission is louder than the limits in safety and health regulations. The aim was to develop a new concept for a stamping machine with the same productivity and quality but with significantly decreased sound emission.

sich auch die Prägevorrichtung befindet, wurden relativ starke impulsförmigen Geräuschanteile ausgemacht. Beim Prägevorgang wird das Material mittels eines Walzenstempels auf eine Matrize gedrückt. Beide sind aus gehärtetem Material und auf Walzen montiert. Während des Arbeitsvorgangs läuft der Stempel in die Matrize ein und erzeugt hierdurch eine stoßförmige Anregung und impulsförmige Geräuschanteile. Diese breiten sich als Körperschall in Form von gedämpften Struktureigenschwingungen aus, **Bild 2**.

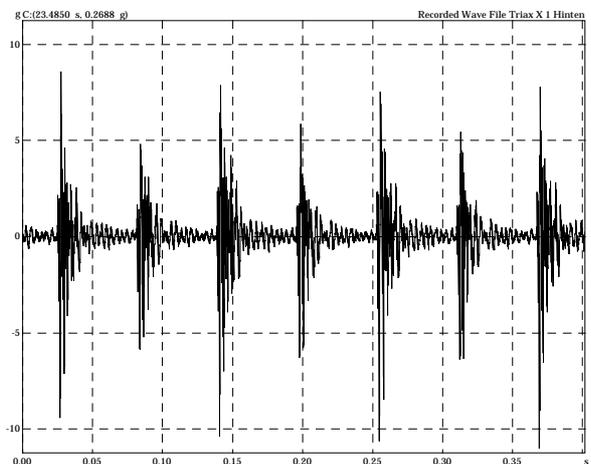


Bild 2: Körperschall der Prägeeinheit nach dem Prägestoß

1 Vorgehensweise

1.1 Suche nach der stärksten Schallquelle

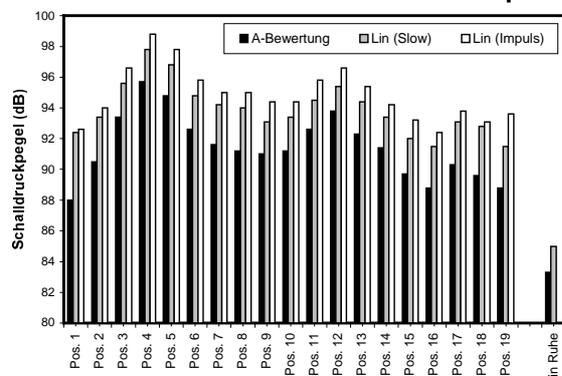


Bild 1: Pegelverlauf längs der Fertigungsanlage

Um einen Überblick bezüglich der Lärmbelastung entlang der Fertigungsanlage zu erhalten, wurde der Schalldruckpegel vor den Einheiten gemessen, **Bild 1**. An der geräuschintensivsten Stelle, an der

1.2 Schallflussanalyse der Prägeeinheit

Ein Schallflussplan, **Bild 3**, ist die theoretische maschinenakustische Analyse eines Systems um ei-

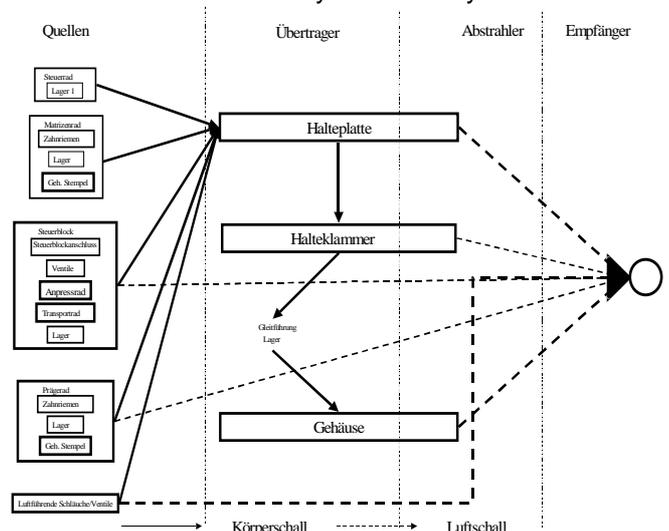


Bild 3: Schallflussplan

nen besseren Überblick über Ansatzpunkte für lärmindernde Maßnahmen zu bekommen. Er überführt die Anlage in eine abstrahierte Darstellung zur Verdeutlichung des Schallpfades, von der Schallquelle über die Übertragung bis zur Abstrahlung. Die einzelnen Elemente werden identifiziert, graphisch angeordnet und bewertet, **Bild 4**. Die Analyse wurde nach der ISO-11688-1 /1/ an Zeichnungssätzen der Prägeeinheit durchgeführt.

Schallquellen	Relevanz	K	L	Beschreibung
Antriebsrad	B	X		Zahneingriffsstöße
	C		X	Druckpulsation
	B/C	X		Rollgeräusche
Gleitführung	Lager	C	X	Rollgeräusche
Schmiersystem	Lager	C	X	Rollgeräusche
	B	X		Zahneingriffsstöße
Stempel	Zahnriemen	C	X	Druckpulsation
	B	X		Zahneingriffsstöße

Bild 4: Aufstellen der Quellen und Priorisierung

In gleicher Weise wird mit den Übertragern und Abstrahlern verfahren.

2 Messungen

2.1 Messaufbau

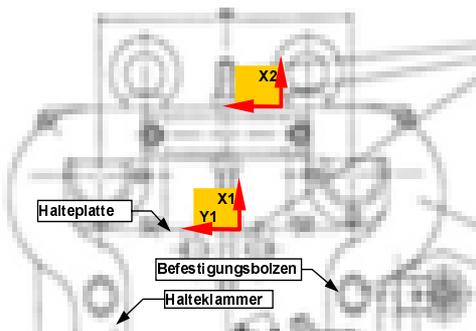


Bild 5: Positionierung der Aufnehmer

Für den Messaufbau wurde ein mehrkanaliger Signalanalysator mit Offlineauswertung eingesetzt. Es wurden Körperschallsignale und ein Luftschallsignal über einen Zeitraum von jeweils 60 Sekunden aufgezeichnet. Die Körperschallaufnehmer wurden einerseits direkt an der Prägeeinheit montiert als auch an der zugehörigen Halteklammer, **Bild 5**. Damit sollte das Schwingverhalten des Grundkörpers nach der Stoßanregung und die Körperschallübertragung in den Rahmen untersucht

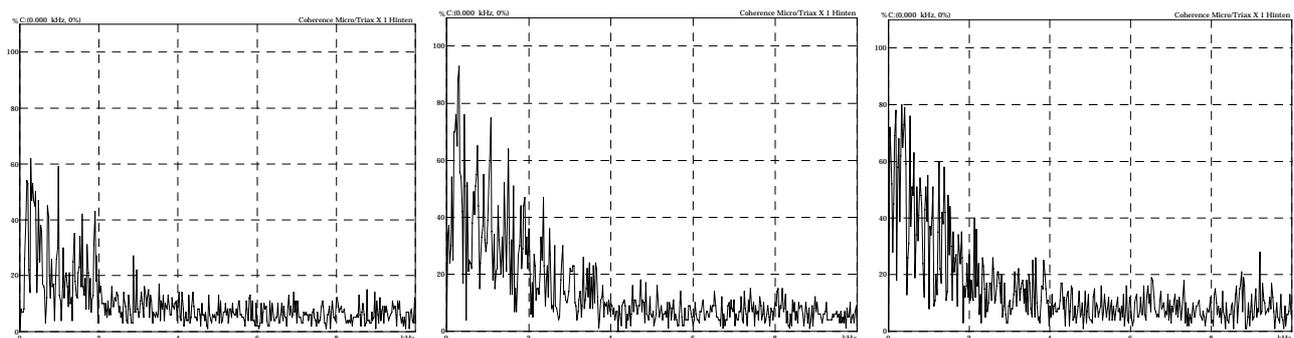


Bild 6: Kohärenz zwischen Luftschall und Körperschall für die Mikrofonpositionen links, direkt vor und rechts von der Prägeeinheit

werden. Die Aufnahme des Luftschalls wurde herangezogen, um festzustellen, wie groß der Beitrag der Prägeeinheit am Gesamtschallpegel der Anlage ist.

2.2 Ergebnisse

Da in der Produktionsstätte mehrere Anlagen im Einsatz sind, ist der Grundsollpegel sehr hoch, Bild 1. Berechnungen der Kohärenz zwischen dem Körperschall und dem Luftschall, **Bild 7**, zeigten, dass die Anteile des von der Einheit abgestrahlten Schalls direkt vor der Prägeeinheit am größten sind, **Bild 6**. Im Vergleich zum Gesamtschall ist dieser Anteil jedoch relativ klein, obwohl man subjektiv das ratternde Geräusch stark wahrnimmt.

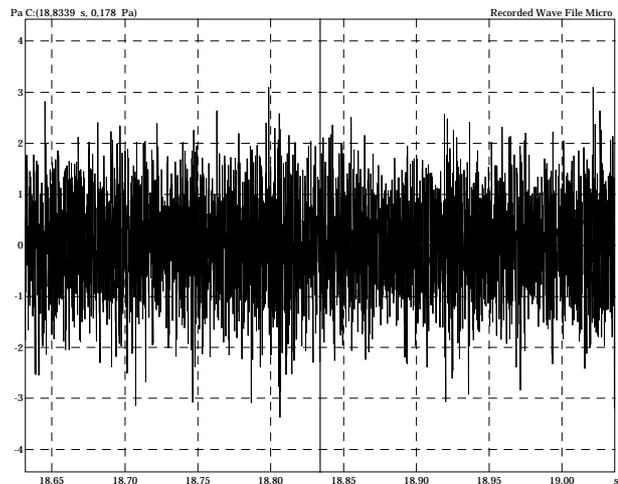


Bild 7: Luftschallsignal direkt vor der Prägeeinheit

Aus dem Zeitverlauf in Bild 7 erkennt man, dass die Höhe der Impulse verschieden ist. Das liegt an der unterschiedlich starken Vorspannung der Prägestempel, von denen jeweils zwei auf einem Rad befestigt sind. Die Anregung durch den Stoß dominiert mit 30-facher Überhöhung gegenüber dem Grundsollverhalten. Die Schwingung ist bereits sehr stark bedämpft und klingt innerhalb weniger Perioden ab. Lärminderungsmaßnahmen, die nur die Dämpfung erhöhen sind daher nicht ausreichend. Der Umstieg auf einen anderen Wirkmechanismus mußte deshalb bevorzugt bei der Lö-

sungsfindung betrachtet werden.

3 FEM-Rechnungen

Um die Ursachen für die hohen Peaks in den Frequenzspektren, **Bild 9**, genauer deuten zu können, wurde eine Modalanalyse mit nachfolgender harmonischer Analyse vorgenommen.

3.1 Modellbildung

Die Prägeeinheit, bestehend aus den zwei Walzen, den Spindeln und der Grundplatte zur Befestigung, wurde durch ein sehr einfaches mechanisches Ersatzmodell abgebildet, **Bild 8**. Aus den Zeichnungen wurden die groben Abmessungen entnommen und die Massen als Vollzylinder ohne Berücksichtigung von Fügestellen, Lagern oder Kleinteilen modelliert.

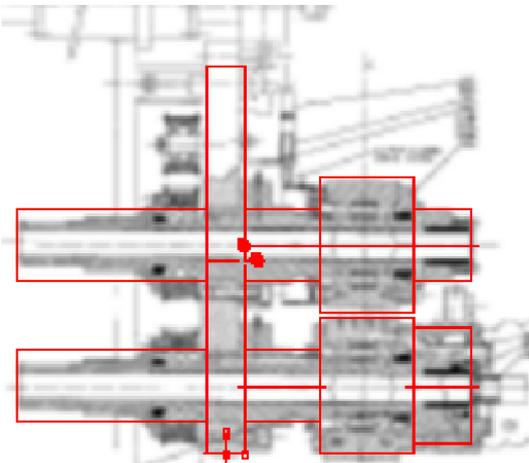


Bild 8: Modellbildung- durch einen groben Blick

3.2 Modalanalyse

Um das Eigenschwingungsverhalten des Moduls zu bestimmen, wurde eine Modalanalyse durchgeführt, die als Ergebnis unskalierte Eigenschwingungsformen und die zugehörigen Frequenzen lieferte. Die Schwingungen der Einzelbauteile wie z. B. der Walzen haben so hohe Frequenzen, dass die drei charakteristischen Frequenzpeaks im Spektrum bis 1000 Hz, **Bild 8**, von einer Mode des Gesamtsystems stammen mußten.

Insgesamt wurden in diesem Frequenzband 34 Eigenschwingungsformen gefunden. Für die Rechnung wurde aufgrund der punktförmigen und sehr weichen Lagerung der Grundplatte durch die Halteklammer auf eine Fesselung verzichtet. Die Halteklammer wurde wegen ihrer kleinen Massen ebenfalls vernachlässigt.

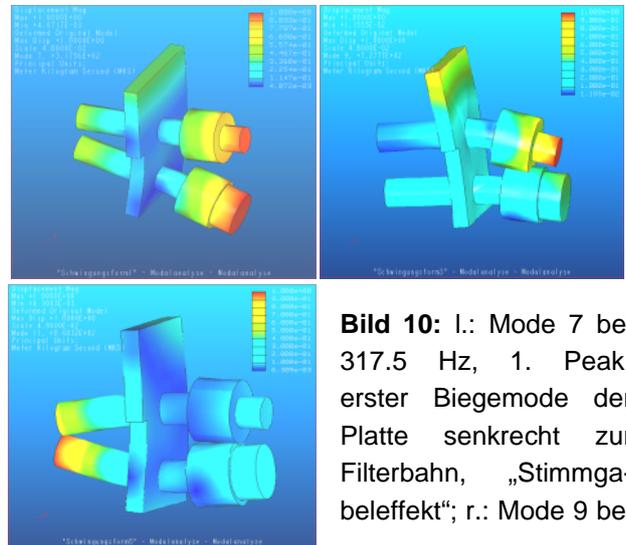


Bild 10: l.: Mode 7 bei 317.5 Hz, 1. Peak, erster Biegemode der Platte senkrecht zur Filterbahn, „Stimmgabelbeffekt“; r.: Mode 9 bei

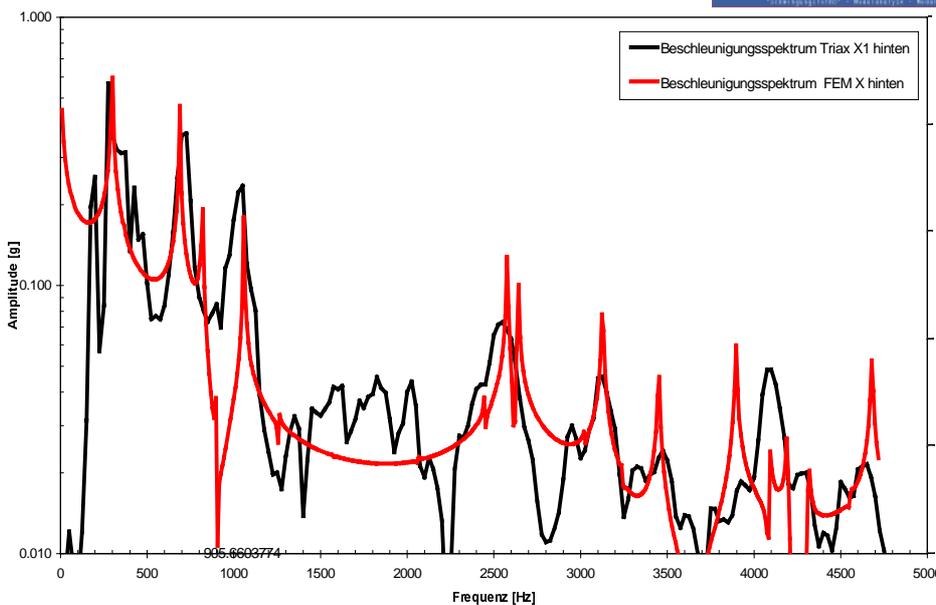


Bild 9: Frequenzspektrum des Körperschallsignals an der Platte Messung und FEM-Ergebnisse

727,7 Hz, 2. Peak, erster Biegemode der Platte senkrecht zu den Prägewellen; u.: Mode 11 bei 868,3 Hz, 3. Peak, 1. Harmonische zu Mode 7

Bild 10 zeigt für die ersten Peaks im Frequenzspektrum die zugehörigen Eigenformen. Der Stoß beim Einlaufen der Filterbahn in die Prägerollen induziert eine Anregung senkrecht zur Bahn auf beide Wellen. Das führt im wesentlichen zur Anregung von synchronen Biegeschwingungen der Spindeln. Da diese weit auskragen und auf einer relativ biegeweichen Platte befestigt sind, hat die Konstruktion einen stimmgabelähnlichen Aufbau, der

sich im Schwingverhalten sehr negativ auswirkt.

3.3 Analyse des Impulsantwortspektrums

Auf Basis der Modalanalyse wurde noch eine FEM-Analyse mit Stoßanregung im Prägespalt vorgenommen. Der Kraftverlauf des Stoßes, der durch den Prägevorgang erzeugt wird, war nicht bekannt, so dass eine gleichmäßige Frequenzanregung vorausgesetzt wurde. Das Antwortspektrum in Bild 9 zeigt trotz der sehr groben Vereinfachung eine außergewöhnlich gute Übereinstimmung mit dem gemessenen Körperschallspektrum. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Hauptschwingungsanteile der Prägeeinheit durch stimmgabelartige Biegeschwingungen der Wellenenden hervorgerufen werden.

4 Lösungsvorschläge

Für die Lösung des Problems wurden Maßnahmen an der Quelle und an der Übertragungsstrecke in einem Brainstorming erarbeitet. Zur Reduzierung des Prägestoßes und der damit verbundenen Impulsanregung kommt entweder nur die zeitliche Dehnung des Kräfteverlaufs oder die Reduzierung der Maximalkraft in Frage. Das Übertragungsverhalten kann verändert werden, indem das System durch Änderungen der Masse oder Steifigkeit verstimmt wird bzw. weitere Dämpfungsmaßnahmen integriert werden. Im folgenden sind einige Lösungsvorschläge auszugsweise abgebildet.

4.1 Verbesserungen am Wirkmechanismus

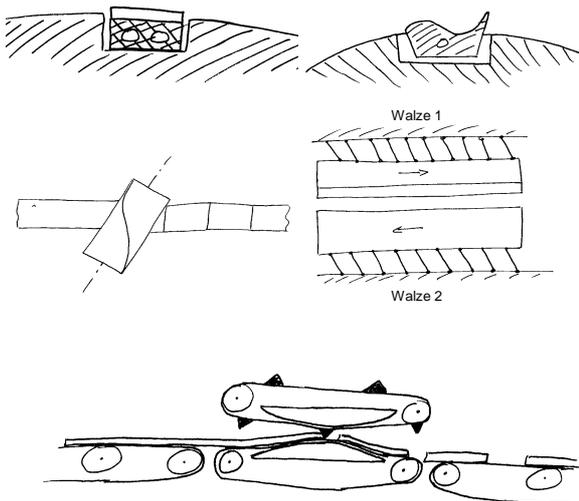


Bild 11: Veränderungen am Wirkmechanismus

Bild 11 zeigt Variationen der Wirkgeometrie und -Anordnung, die durch Verminderung des Einlaufvorgangs den Kraftverlauf entzerren bzw. durch Einbringen von minimaler Querbewegung bei gleicher Normalkraft den Verformungswiderstand des Vlieses reduzieren.

4.2 Veränderung an der Gesamteinheit

Aufgrund fertigungstechnischer Gegebenheiten und der Vorgabe eines wartungsfreundlichen Designs wurden weitere Studien zur Verbesserung des Schwingverhaltens an der Prägeeinheit vorgenommen. **Bild 12** bis **Bild 14** zeigen exemplarisch einige Lösungsmöglichkeiten auf.

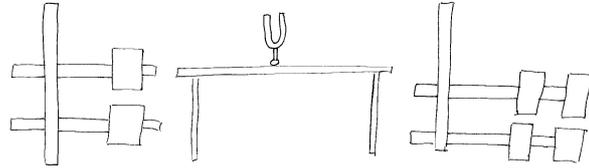


Bild 12: Vergleich mit einer Stimmgabel; Tilger

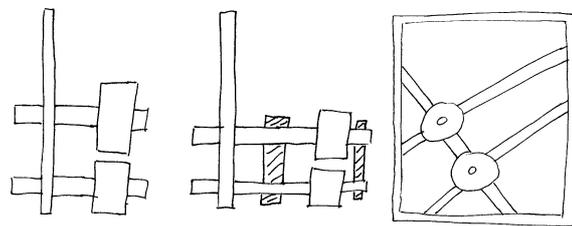


Bild 13: Versteifung des Systems durch verkürzte Wellen, Zusatzelemente oder Verrippungen

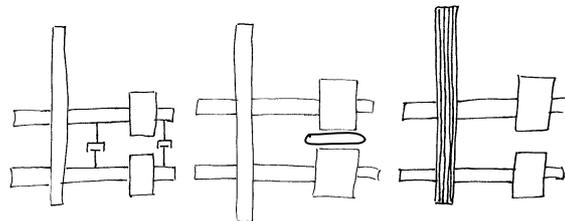


Bild 14: Zusätzliche Dämpfung durch Reibung/viskose Dämpfer, Nutzung des Vlieses, Blechpaket als Platte

5 Zusammenfassung

An einer Prägeeinheit für Filterbahnen aus Vlies wurden Lärminderungsmaßnahmen durchgeführt. Dabei wurde systematisch nach ISO 11688 vorgegangen und durch Einsatz von FEM konstruktive Schwachpunkte aufgedeckt. Während eines Brainstormings wurden prinzipielle Ideen für die Verbesserung des Wirkmechanismus als auch für die Implementierung konventioneller Maßnahmen gesammelt.

6 Literatur

- /1/ DIN EN ISO 11688-1; Akustik - Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen Maschinen und Geräte - Teil 1: Planung, 1998;