

# Schwingungsminderung bei Traversen und Walzen durch geeignete Füllungen

Klaus Butter, Martina Haase, VDI, Cetex Chemnitzer Textilmaschinenentwicklung gGmbH, Chemnitz

Die Leistung von Textilmaschinen wird bei großen Arbeitsbreiten oft durch große Amplituden der Biegeschwingungen ihrer langen Traversen und Warentransportwalzen begrenzt. Durch Füllung dieser hohlen Bauteile mit Füllstoffen verändern sich die statischen und dynamischen Eigenschaften und eine Minderung der Biegeschwingungen kann erreicht werden. Der Beitrag ist eine Kurzfassung der in [1] theoretisch und ausführlich beschriebenen Möglichkeiten zur Schwingungsminderung bei harmonischen und transienten Kräfteerregungen.

## Vorbemerkungen

Textilmaschinen besitzen lange Walzen und Traversen (im Folgenden mit Trägern bezeichnet), die von Verarbeitungskräften statisch verformt oder zu Schwingungen angeregt werden. Insbesondere in Resonanzfällen, also wenn Erregerkräfte Frequenzen im Spektrum enthalten, wie sie die Träger als Eigenfrequenzen besitzen, können die Schwingungsamplituden unzulässig groß werden. Auch stoßartige Anregungen, z.B. in Webmaschinen, verursachen große Schwingungen.

Bild 1 und 2 zeigen die in Betracht gezogenen Maschinen als Beispiel.

Unterschiedliche Belastungsfälle von einseitig oder beidseitig eingespannten Trägern mit unveränderlichem Querschnitt sind in Handbüchern zur Festigkeitslehre veröffentlicht, z.B. in [2]. Damit lassen sich die Verformungen unter Eigengewicht oder Kraft berechnen.

Unter dem statischen Verhalten wird die

Verformung in [1] nur in Abhängigkeit von den Masse- und Steifigkeitsdaten untersucht. Die Längen der Träger bleiben unverändert. Somit ist die Verformung bei allen Lastfällen proportional zum Quotienten aus Masse und Steifigkeit bzw. proportional zum Quotienten aus belastender Kraft und Steifigkeit.

Die unterschiedlichen Wirkungen der Befüllungen werden an zwei Trägern (kreisrunde Rohre) mit gleichem Außendurchmesser, aber unterschiedlichem Innendurchmesser gezeigt. Sinngemäß gelten die Ergebnisse auch für andere Querschnittsformen.

Für den beidseitig aufgelegten biegebeanspruchten Träger (als Beispiel für alle anderen Lastfälle) werden die statischen Verformungen und die Amplituden bei Schwingungsanregung dargestellt. Die Ergebnisse der hohlen Stahlträger unterschiedlicher Wanddicke werden mit befüllten Trägern verglichen.

Es werden 3 Füllmaterialien betrachtet. Tabelle 1 nennt die Werkstoffdaten relativ zu Stahl.

Während Mineralguss- und Metallschaumfüllungen relativ neu sind, werden Sandfüllungen im Textilmaschinenbau schon seit längerer Zeit verwendet. Die bei Sandfüllung z.T. positive Veränderung wird der Schwingungsdämpfung zugeschrieben. Doch das ist nur teilweise richtig. Für hohe Frequenzen, z.B. im akustischen Bereich, tritt tatsächlich ein Dämpfungseffekt auf. Dagegen wirkt im niederfrequenten, für Maschinenschwingungen relevanten Frequenzbereich (bis ca. 25 Hz) Sand nur sehr wenig dämpfend. Die Schwingungsformen der langen Bauteile haben bei ihren niederen Eigenfrequenzen große Knotenabstände, wobei kaum Relativbewegungen zwischen der Wandung und dem Sand, und auch nicht zwischen benachbarten Sandteilchen auftreten. Doch sind Relativbewegungen benachbarter Strukturen für die Dämpfung erforderlich. Der u.U. verbesserte Schwingungszustand infolge einer Sandfüllung ist der Masseänderung und somit der Verschiebung aller Eigenfrequenzen und Resonanzzustände zu kleineren Frequenzen bzw. Betriebsdrehzahlen hin zuzuschreiben.

Zur Kennzeichnung der Dämpfung wer-



Bild 1 Raschelmaschine 5431 mm Walzenlänge



Bild 2 Doppelteppichmaschine 4 m Arbeitsbreite

den unterschiedliche Parameter genannt [3]. In FEM-Programmen werden neben lokalen Dämpfern auch so genannte Ele-

mentdämpfungen verwendet. Sie entsprechen den Dämpfungsgraden bzw. dem Lehrschen Dämpfungsmaß  $\delta$ .

## Praktischer Fall - FEM-Ergebnisse

Für eine schwere Webmaschine wurde das dynamische Verhalten von zwei miteinander gekoppelten 5 m langen Bauteilen berechnet (Bilder 3 und 4). Die Kopplung besteht nur in horizontaler Richtung in der Mitte der Arbeitsbreite. Beide Bauteile sind beidseitig in Maschinenwänden fest eingespannt. Die Erregung erfolgt impulsartig an der Walze im Rhythmus des Schusseintrags nach 375 ms. Berechnet wurden mehrere Varianten mit unterschiedlichen Wanddicken der Stahltraverse und -walze und mit unterschiedlichen Füllmaterialien zur Dämpfung. Als Füllmaterial wurde Beton, ein Mineralguss (Amplex) und AlSi12-Schaum untersucht. Außerdem wurden Traverse und Walze aus St-Vollmaterial analysiert.

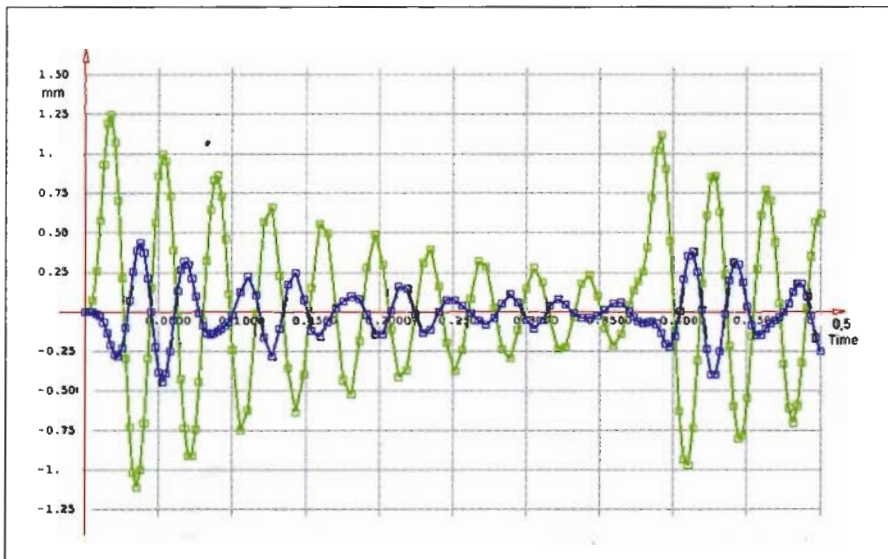
Die Ergebnisse in Tabelle 2 zeigen:

- Die größte Amplitude nach dem Impuls ist bei dünnwandigen hohlen und somit leichten und wenig steifen Konstruktionen am größten und bei St-Vollmaterial am kleinsten.
- Befüllungen mindern die größte Amplitude nach dem Impuls. Die Minderung ist bei dünnwandigen Profilen relativ größer. Bei dickwandigen Profilen ist wegen der relativ kleinen Steifigkeiten ( $E_F \cdot J_F$ ) aller Füllmaterialien die größte Amplitude nur von den Massen (Dichten) abhängig. Fast unwirksam ist dabei die AlSi12-Schaum-Füllung.
- Der effektive Dämpfungsgrad beeinflusst das Abklingen der Schwingung. Wegen der kleinen Steifigkeiten ( $E_F \cdot J_F$ )

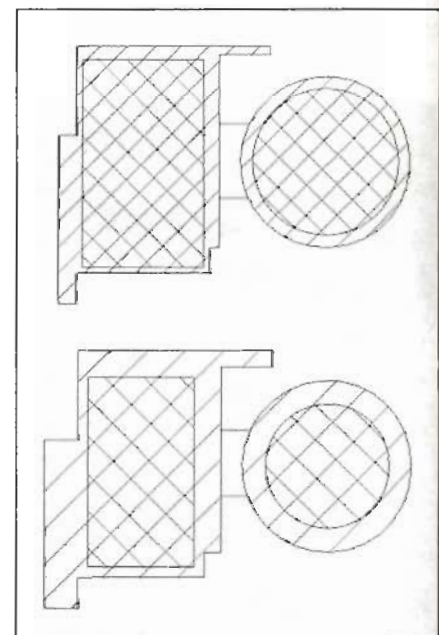
	Dichte	E-Modul	Dämpfungsgrad
Rohr: Stahl	$\rho = 7,85 \text{ g/cm}^3$	$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$	$\delta = 0,01$
Füllung: Mineralguss	$\rho_F = \rho / 3$	$E_F = E / 5$	$\delta_F = 15 \delta$ **
Sand	$\rho_F = \rho / 5$	$E_F = 0$	$\delta_F = 0$
AlSi12-Schaum	$\rho_F = \rho / 11$	$E_F = E / 35$	$\delta_F = 15 \delta$ **

\*\* zur Demonstration der Wirkung hier relativ hoch

	E-Moduli	Dichten	Dämpfungsgrade		Größte Amplitude	Effektiver Dämpfungsgrad
				$\tau/T$	$x_{Max}$	$\delta_{eff}$
St	210.000	7,85	0,01			
Beton	39.000	2,4	0,1			
Amplex	30.000	2,3	0,15			
AlSi12-Schaum	6.000	0,7	0,15			
<b>Impulsdauer <math>\tau = 0,016\text{s}</math> unverändert</b>						
1. St-Vollmaterial				0,40	0,65	0,010
2. St, dickwandig, hohl				0,49	1,0	0,010
3. St, dickwandig, Betonfüllung				0,44	0,8	0,018
4. St, dickwandig, Amplexfüllung				0,44	0,8	0,020
5. St, dickwandig, AlSi12-Schaum-Füllung				0,47	1,0	0,011
6. St, dünnwandig, hohl				0,55	1,8	0,010
7. St, dünnwandig, Betonfüllung				0,45	1,25	0,026
8. St, dünnwandig, Amplexfüllung				0,44	1,25	0,033
9. St, dünnwandig, AlSi12-Schaum-Füllung				0,50	1,55	0,016
<b>Impulsdauer <math>\tau</math> verändert</b>						
8a. St, dünnwandig, Amplexfüllung, $t = 0,008\text{s}$				0,22	0,67	0,033
8b. St, dünnwandig, Amplexfüllung, $t = 0,032\text{s}$				0,89	1,60	0,033
8c. St, dünnwandig, Amplexfüllung, $t = 0,064\text{s}$				1,78	1,23	0,033



**Bild 4** Amplitudenverlauf von Traverse und Walze bei impulsartiger Erregung  
grün: Traverse + Walze horizontal,  $x_{Max} = 1,25 \text{ mm}$ ,  $\delta_{eff} \approx 0,033$   
blau: Traverse vertikal,  $x_{Max} = 0,47 \text{ mm}$  (nicht relevant)



**Bild 3** Dünne- und dickwandige Variante zweier gekoppelter Bauteile

aller Füllmaterialien gegenüber der Stahlkonstruktion wächst der effektive Dämpfungsgrad selbst bei hohen Dämpfungsgraden des Füllmaterials nur etwa auf das 3-fache einer reinen Stahlkonstruktion an.

- Die unterschiedlichen Befüllungen bewirken unterschiedliche Eigenfrequenzen für die in horizontaler Richtung gekoppelten Träger. Deshalb ist das Verhältnis  $\tau/T$  bei konstanter Impulsdauer unterschiedlich. Die Verminderung und die Vergrößerung der Impulsdauer bewirken Veränderungen der Stoßamplitude  $x_{\text{MAX}}$ .

**Zusammenfassung**

Die Befüllung von Stahlträgern verändert das statische und dynamische Verhalten:

- Die Eigengewichtsverformung  $s$  vergrößert sich.
- Die Verformung  $w$  durch äußere Kraft wird kleiner, wenn die Füllung eine hohe Steifigkeit  $E_F \cdot J_F$  besitzt.
- Bei Unwuchterregung werden Eigenfrequenz  $f_0$ , Resonanzamplitude  $R$  und überkritische Amplitude  $e$  vermindert.
- Bei Stoßanregung kann das Abklingen der Schwingung mit steifer ( $E_F \cdot J_F$ ) stark dämpfender ( $\delta_F$ ) Füllung beschleunigt werden. Doch ist dies meist weniger

störend als die Höhe der Stoßamplitude  $x_{\text{MAX}}$ . Die Stoßamplitude wird nur sehr wenig von der Dämpfung der Füllung vermindert, aber durch große Masse und große Steifigkeit des Trägers einschließlich der Füllung. Vorteilhaft sind deshalb schwere, steife Füllstoffe in schweren, steifen Trägern.

**Literatur**

- [1] Butter, K, Haase, M.: Konstruktion 58 (2006), 101-105
- [2] Dubbel: Taschenbuch für den Maschinenbau, 21. Auflage, 2005
- [3] Dresig, H.: Schwingungen mechanischer Antriebssysteme, Springer-Verlag, 2001

**Forumnano: Einführung eines Nano-Gütesiegels**

Führende deutsche Nanotechnologie-Unternehmen, zusammengeschlossen im forumnano, treiben die Entwicklung eines Gütesiegels zur Verbesserung des Verbraucherschutzes voran. Auf der konstituierenden Sitzung der Branchenvertretung beschlossen die beteiligten Unternehmen überdies die Gründung eines Vereins, welcher die Aktivitäten koordinieren soll. Zum Sprecher wurde *Holger Zytur* von der Nanogate AG, Saarbrücken, gewählt. Als wichtiger Meilenstein zur Einführung des Gütesiegels wurde ein Anforderungskatalog mit Qualitätskriterien formuliert. Entstanden ist das verabschiedete Konzept in Zusammenarbeit mit dem wissenschaftlichen Beirat des forumnano, *Prof. Dr. Uwe Hartmann*, Nanostrukturphysiker an der Universität des Saarlands. Das Nano-Gütesiegel hat zum Ziel, größere Transparenz über nanotechnologisch ver-

edelte Produkte zu gewährleisten sowie den Anwendern und Verbrauchern eine verbesserte Information und Orientierungshilfe anzubieten. In den nächsten Wochen wird an der weiteren Umsetzung des Konzeptes gearbeitet. Dazu gehören die Festlegung von Qualitätsstandards, die Auswahl eines Expertenkreises sowie die Formulierung einer Selbstverpflichtungserklärung der Unternehmen. forumnano ist ein bundesweites Netzwerk mittelständischer Unternehmen der Nanotechnologie, das seinen Sitz bei der Plato Kommunikation in Berlin hat. Plato Kommunikation begleitet das forumnano seit seiner Gründung. Das Aktionsbündnis ist im Jahr 2006 im Rahmen der Fachmesse NanoSolutions erstmals öffentlich aufgetreten. Bislang haben 15 Unternehmen ihre Bereitschaft zur Mitgliedschaft erklärt.

**VDMA-Arbeitskreis "Verarbeitung technischer Textilien"**

Am 1. März 2007 veranstaltete der VDMA-Fachverband Bekleidungs- und Ledertechnik, München, seinen Arbeitskreis "Verarbeitung technischer Textilien" im Demonstrations- und Anwendungszentrum des Institut für Verbundwerkstoffe GmbH in Kaiserslautern. Nach einer Einführung in das Institut wurden u.a. Themen wie Märkte und Messen behandelt (ITMA, A+A, Tectextil) ergänzt durch einen Erfahrungsaustausch der Tagungsteilnehmer.

**RFID-Studie**

Bereits im Oktober 2004 führte das Bundesamt für Sicherheitstechnik in der Informationstechnik (BSI) aus, dass der zunehmende Wettbewerbsdruck den Einsatz von RFID-Systemen unterstützen wird. Vor diesem Hintergrund ist es erfreulich zu sehen, dass sich die Zahl von Anbietern auf hohem Niveau konsolidiert: Über 200 Lieferanten von Transpondern und Lesegeräten sowie Anbieter einschlägiger Peripherie und Dienstleistungen werden in einer Studie des Forschungsprojekts "Wireless Networks" an der Hochschule Niederrhein identifiziert und aufgeführt. Sie gibt damit interessierten Unternehmen einen ersten, strukturierten Überblick über das Angebot auf dem deutschsprachigen Markt. Die Studie kann zu einem Kostenbeitrag von 29 € bezogen werden bei der HS Niederrhein in Mönchengladbach/*Prof. Dr. G. Wilking* oder direkt unter [www.wilking.info](http://www.wilking.info).

**NanoEurope 2007: internationaler und praxisorientierter**

Zum 5. Mal findet vom 11.-13. September 2007 in St. Gallen/Schweiz die NanoEurope Fair & Conference, die führende Fachmesse für Nanotechnologie in Kooperation mit der Messe Düsseldorf statt. Nach der erfolgreichen Durchführung im vergangenen Jahr mit 65 Ausstellern und 4'500 Besuchern aus über 33 Ländern bietet die Fachmesse NanoEurope auch in diesem Jahr eine Begegnungsplattform für das interessierte Fachpublikum. Die Ausgabe 2007 wird wieder die Branchen-

Schwerpunkte Medizintechnik, Textil- und Kunststoffindustrie setzen. Neu dazu kommt das Thema Solarenergie, das zu einem weiteren spannenden Schwerpunkt wird. Bereits zum 3. Mal wird 2007 die international renommierte Konferenz "NanoRegulation" im Rahmen der NanoEurope in St. Gallen durchgeführt. Zudem wird neu die Konferenz "Dye Solar Cell Industrialisation Conference" in Zusammenarbeit mit Dyesol Ltd. parallel zur NanoEurope 2007 veranstaltet.