



Bild 1: Verfüllen eines Maschinenbettes.

# Verschiedene Füllmassen für Maschinenbetten im Vergleich

**MASCHINENBETTEN** Im Rahmen eines Forschungsprojektes zur Dämpfung von Stahlprofilen mit unterschiedlichen Füllstoffen wurden vom Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz vergleichende Messungen durchgeführt, um Unterschiede und Einflussfaktoren auf die Dämpfung herauszuarbeiten.

Thomas Hipke, Frank Schneider und Bernhard Sagmeister

**M**aschinengestelle aus Stahl-schweißkonstruktionen werden bei vielen Anwendungen mit massiven Verfüllstoffen ausgegossen. Dadurch erhöht sich die Dämpfung, die Schallabstrahlung wird verringert und das Gestell reagiert träger auf thermische Störungen.

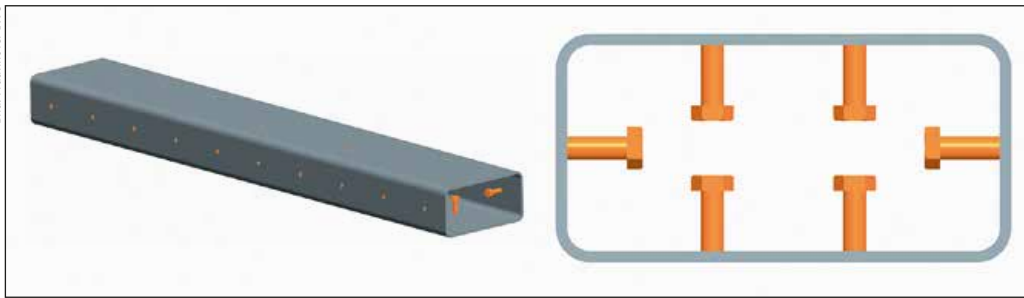
Schon vor vielen Jahren wurden Guss- und Stahlschweißkonstruktionen mit Sand verfüllt, der teilweise mit Öl gebunden wurde, um die Dämpfung zu beeinflussen.

Der technische Vorteil war aber nur gering, da kein Verbund zwischen den Metallteilen und dem Verfüllstoff vorhanden war.

Dr.-Ing. Thomas Hipke und Dipl.-Ing. Frank Schneider arbeiten im Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz, Tel. (03 71) 53 97 14 56, thomas.hipke@iwu.fraunhofer.de. Dr.-Ing. Bernhard Sagmeister ist Geschäftsführer der Durcrete GmbH in 65549 Limburg an der Lahn, Tel. (0 64 31) 5 84 03 76, info@durcrete.de

## Auf einen Blick

- Bei der Studie der Fraunhofer-Forscher ging es um die Feststellung grundlegender Dämpfungseigenschaften.
- Dazu wurde die Messung an einer allgemeinen Halbzeuggeometrie durchgeführt.
- In der Zusammenstellung der Ergebnisse zeigt sich, dass die Füllstoffe mit mineralischen Zuschlagstoffen zunächst den größten Massezuwachs bringen. Das geringste Dämpfungsvermögen weist die Epoxidharz-Blähgaskugel-Füllung auf.
- Die beste Dämpfung im Vergleich ergibt sich bei der Füllung des Profils mit dem für den Maschinenbau entwickelten Vergussbeton.



**Bild 2:** Für die Dämpfungsmessung verwandtes Halbzeugprofil (DIN EN 10210 – 160x80x4, Länge 1 m) mit eingeschweißten Schubankern für Formschluss.

So setzte sich als weitere Vergussmasse mit Epoxidharz gebundener Polymerbeton (Mineralguss) durch. Dieses Material haftet hervorragend auf gestrahlten Stahloberflächen, ist aber nicht so einfach anzumischen und muss beim Einbringen gerüttelt werden. Es wird deswegen bei größeren Mengen in darauf spezialisierten Werken verarbeitet, zu denen die Stahlschweißgestelle transportiert und dort vor Ort gefüllt werden. Wegen der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von epoxidharzgebundenem Mineralguss und Stahl ist bei der Konstruktion auf eine thermische Symmetrie zu achten, um die Auswirkungen klein zu halten.

### Eigenschaften von Vergussmassen

Vergussmassen mit dem Bindemittel Zement, beispielsweise Beton und Mörtel, haben eine Wärmeausdehnung, die weitestgehend identisch mit der von Stahl ist. Sie können einfach im Do-it-yourself-Verfahren mit einem Bohrmaschinenquirl, Freifallmischer oder preiswerten Durchlaufmischern angemischt werden (Bild 1). In der Regel sind die Vergussmassen pumpfähig und selbstverdichtend, sodass keine Rüttler benötigt werden. Die Haftung auf der Stahloberfläche ist begrenzt, deswegen werden diesen Vergussmassen zum einen Quellmittel zugegeben, die den Füllstoff an die Außenwandung pressen [1,2]. Zum anderen werden zur Sicherstellung des Schubverbundes zwischen Stahlblech und Beton Schubnocken oder

Schubanker in die Konstruktion eingeschweißt.

Ein Strahlen der Stahloberflächen ist deshalb nicht erforderlich, im Gegenteil fördert eine leichte Rostschicht den Verbund.

Bei beweglichen Bauteilen wird versucht, deren Gesamtgewicht klein zu halten, um Linearführungen und Antriebe wirtschaftlich auszulegen. Es gibt deshalb diverse Vergussmassen sowohl mit den Bindemitteln Zement als auch Epoxidharz, bei denen die schweren Gesteinskörnungen Kies und Sand durch leichtere Zuschlagstoffe wie Blähglas, Blähton, Perlite und so weiter ersetzt werden. Da in einer selbstverdichtenden Mischung die Körnungen sofort aufschwimmen und die Masse sich entmischt, müssen diese Verguss-

massen gerüttelt werden und sind in der Regel nicht pumpbar. Mit der Rohdichte der Vergussmasse sinkt die Festigkeit und Steifigkeit drastisch ab. Die innere Reibung und der Energieabbau erhöhen sich in dem porösen Material, die Dämpfung ist aber auch stark von der Masse abhängig, sodass hier gegenläufige Effekte auftreten.

Bei der Studie der Fraunhofer-Forscher ging es um die Feststellung grundlegender Dämpfungseigenschaften. Aus diesem Grund wurden die Messungen nicht an einem speziellen Maschinenbauteil, sondern an einer allgemeinen Halbzeuggeometrie durchgeführt. Die Wahl fiel auf ein Standardhohlprofil mit 160 mm × 80 mm Kantenlänge und 4 mm Wandstärke (Bild 2). Die Länge für den Versuchskörper wurde mit 1 m festgelegt. Der Werkstoff ist einfacher Baustahl S235 (St37).

Für den Formschluss wurden 38 Sechskantschrauben eingebracht. Zur Befestigung wurden Löcher in das Profil gebohrt, um die Schrauben von außen im Profilinneren anschweißen zu können (Bild 2). Der durchschnittliche Abstand der Anker beträgt 100 mm. Der Einfluss dieser Maßnahme auf die Schwingungseigenschaften wurde



**Bild 3:** Im Bild zu sehen ist der Messaufbau mit aufgehängtem Profil.

zuerst untersucht. Durch den geringfügigen Massezuwachs von 400 g sinken die Eigenfrequenzen um 1,5 beziehungsweise 2,5 % (jeweils 1. Eigenfrequenz, schmale beziehungsweise hohe Seite). Die Schwingformen verändern sich dadurch nicht.

Für die Füllung der Profile kamen verschiedene Materialien zum Einsatz (Bild 4). Die erste Gruppe der Materialien war gießbar (verschiedene Arten mi-

neralischer Beton, Polymerbeton), ihr gegenübergestellt wurde eine Füllung aus Epoxidharz und Blähglaskugeln beziehungsweise eingeklebtem Aluminiumschaum.

Die Vermessung der Profile fand im aufgehängten Zustand statt. Diese hingen an vier biegeschlafenen Fäden (Bild 3). An 22 Punkten des Profils wurden Beschleunigungssensoren installiert. Es wurden hierfür besonders kleine Sensoren eingesetzt, um das Schwingverhalten des Profils nicht zu verändern. Die Schwingungsanregung erfolgte über einen Impulshammer an der rechten oberen Ecke in raumdiagonaler Richtung. Gemessen wurden jeweils die ersten beiden Biegeschwingungen in Y- beziehungsweise Z-Richtung.

## Auswertung und Ergebnis

In der Zusammenstellung der Ergebnisse zeigt sich, dass die Füllstoffe mit mineralischen Zuschlagstoffen wie Leichtbeton, Feinbeton, Vergussbeton für Maschinenbau und Polymerbeton zunächst den größten Massezuwachs bringen. Dieser beträgt 131 % bei Leicht-, 182 % bei Fein-, 189 % bei Verguss- und 184 % bei Polymerbeton. Die beiden verbleibenden Varianten können auf einen geringeren Massezuwachs verweisen. Die Füllung mit Epoxidharz und Blähglaskugeln steigert die Masse um 57 %, der eingeklebte Alumi-

niumschaum um 35 %. Dementsprechend sinken die Eigenfrequenzen ab.

Für die Dämpfungswerte ergibt sich qualitativ ein recht klares Bild, quantitativ verschieben sich die Verhältnisse zwischen den Schwingrichtungen etwas. Das geringste Dämpfungsvermögen weist die Epoxidharz-Blähglaskugel-Füllung auf. In diesem Fall variiert die Zunahme zwischen 0 und

dem Faktor 3. An zweiter Stelle folgt der eingeklebte Aluminiumschaum, hier schwankt die Dämpfungserhöhung um Faktor 2 bis 7. Noch besser schneiden die Beton- und Polymerbetonvarianten ab. Die Zunahme beträgt hier Faktor 2 bis 19. Die beste Dämpfung im Vergleich ergibt sich bei der Füllung des Profils mit dem für den Maschinenbau entwickelten Vergussbeton. Die Dämpfung verbessert sich in diesem Fall um den Faktor 5,5 bis zum Faktor 41. Damit liegt sie noch um den Faktor 2 höher als bei den baugewerblich

genutzten Betonsorten und beim Polymerbeton. Das Balkendiagramm in Bild 4 zeigt die Ergebnisse der Dämpfung bei Schwingungen in Richtung der steiferen Y-Richtung (hochkant).

Die Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse dürfte im stofflichen Aufbau der einzelnen Varianten zu finden sein.

Es reicht nicht aus, nur eine energieverzehrende Masse einzufügen. Die Füllung muss auch ausreichend steif sein, um dem schwingenden Profil Widerstand entgegenzusetzen, und sie muss ausreichend Masse besitzen, um die Energie auch aufnehmen zu können. Die Untersuchungen zeigen deutlich, dass unterschiedliche Vergussmassen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen – und dass ein spezialisiertes Produkt in diesem Fall einen deutlichen Mehrwert bietet. **MM**

## LITERATUR

- [1] Grab H., Theimert P.-H.: Beton im Werkzeugmaschinenbau, Auszug aus der Zeitschrift „Werkstatt und Betrieb“ 109 (1976) 4, Seite 195ff.
- [2] Sagmeister, B.: Tiefbohr-Fräszentrum per Vergussmörtel stärken. MM Maschinenmarkt AMB 2018, August 2018, Vogel Verlag, Würzburg.

## Eine spezialisierte Vergussmasse kann einen deutlichen Mehrwert bieten.

Bild: Fraunhofer-IWU

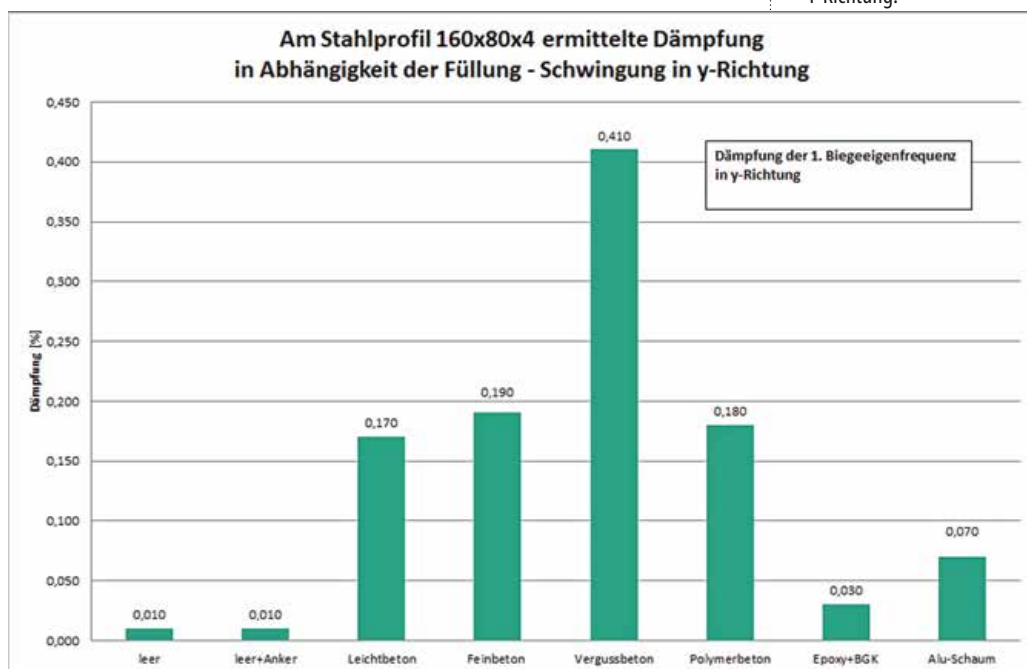



Bild 4: Die ermittelten Dämpfungswerte der 1. Biegeeigenfrequenz in Y-Richtung.



Dämpfender Füllstoff durfill®  
für den Maschinenbau

 **durcrete**

10 Jahre Ingenieurleistung für Ihren Erfolg  
Ultra High Performance Concrete UHPC

---

durcrete GmbH | Am Renngraben 7  
D-65549 Limburg/Lahn  
info@durcrete.de | www.durcrete.de