

## Werkstoffwahl für Maschinenbetten

E. du Maire, Dr. Th. Schmidt, Mölln

Auf die erreichbare Bearbeitungsgenauigkeit und Produktivität einer Werkzeugmaschine hat die **Steifigkeit** des Maschinenbettes wesentlichen Einfluss. Mit der Festlegung der Bauteil-Geometrie und der Werkstoffwahl hat der Konstrukteur einen sehr großen Spielraum, in dem die sich bietenden Chancen aber nicht immer genutzt werden.

Vielleicht kennen Sie die Aussage, wonach ein Polymerbetonbett genauso steif sein soll, wie ein gleich schweres Grauguss-Bett. Lassen wir die Basisaussage, wonach das Verhältnis von E-Modul zu spezifischem Gewicht für die konkurrierenden Werkstoffe in etwa gleich ist, weil beide Mineralguss-Kennwerte etwa ein Drittel der Grauguss-Werte betragen, zunächst einmal so stehen. Dann müssen für eine gleich schwere Konstruktion die Wandstärken beim Polymerbeton gegenüber dem Gusseisen verdreifacht werden.



Auf diese Weise lässt sich aber nur beim Zugstab eine gleichbleibende Steifigkeit realisieren. Bei Biege- oder Torsionsbeanspruchung – und diese liegen bei Maschinenbetten vor – rückt zusätzliches Material bei unveränderten Außenabmessungen immer weiter in Richtung der Neutralen Faser, wo es kaum noch zur Gesamtsteifigkeit beiträgt.

Aus diesem Grunde lässt sich mit anforderungsgerecht konstruierten Graugussbetten gegenüber Polymerbeton durchaus die doppelte Steifigkeit realisieren, wie das nachfolgende Beispiel (Bett einer Zahnradbearbeitungsmaschine der Fa. Gleason-Hurth) zeigt.

Die bei Heidenreich & Harbeck erzielten Entwicklungsergebnisse werden häufig in einem Optimierungsdreieck dargestellt, das von den Eigenschaften eines massiven und eines nicht optimierten, aber bereits mit fertigungsgerechten Wandstärken versehenen Bauteils aufgespannt wird. Die horizontale Grundlinie markiert für den gewählten Werkstoff die theoretische Verformungsuntergrenze, während die linke vertikale Begrenzungskante den mindestens benötigten Materialbedarf anzeigt. Bei nur geringem zusätzlichem Metalleinsatz gegenüber dem einfach verrippten, aber eindeutig zu weichen Entwurf erreicht das optimierte Maschinenbett die anspruchsvolle Steifigkeitsvorgabe des Kunden (Abbildung 1). Eine noch höhere Steifigkeit wäre realisierbar, aber auch mit einer Gewichtszunahme verbunden.

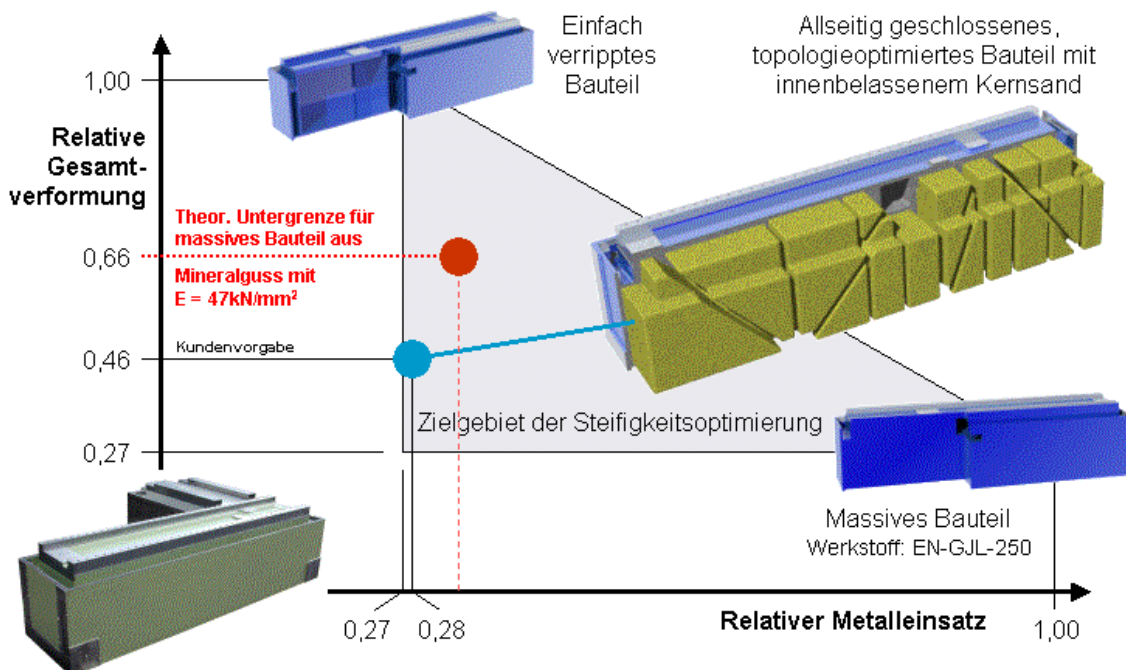


Abbildung 1 Verformungs-Gewichts-Diagramm mit Optimierungsergebnis

Mit einem massiven Polymerbetonbett wäre diese anspruchsvolle Vorgabe selbst bei Verwendung des höchstwertigen Reaktionsharzbetons mit einem Elastizitäts-Modul von  $47 \text{ kN/mm}^2$  nicht erreichbar gewesen. Dabei bewegen sich diese (übrigens nur im Druckbereich geltenden) Werkstoffkennwerte handelsüblicher Polymerbetone meist in deutlich niedrigeren Regionen von  $30\text{-}35 \text{ kN/mm}^2$ .

Häufig wird die hohe **Werkstoffdämpfung** quasi als Alleinstellungsmerkmal des Polymerbetons besonders hervorgehoben. Den Argumenten folgend erscheint es schon beinahe fraglich, ob mit Maschinen, die auf geschweißten oder gegossenen Strukturkomponenten basieren, überhaupt Qualitätsprodukte herstellbar sind.

Grauguss verfügt gegenüber Stahl bereits über eine doppelt so hohe Werkstoffdämpfung. Trotzdem würden seriöse Vertreter der Gussanwendung nie behaupten, dass man alleine aus Dämpfungsgründen keine geschweißten Gestelle einsetzen sollte. Denn die spezifische Werkstoffdämpfung von Maschinengestellen hat nur in den seltensten Fällen maßgeblichen Einfluss auf das Schwingungsverhalten der Funktionskomponenten. Das Dämpfungsverhalten des weit von der Werkzeugspitze entfernten Gestellwerkstoffes sollte also nicht überbewertet werden.

Im übrigen nutzten die Entwickler bei Heidenreich & Harbeck bereits in vielen Projekten mit dem Innenbelassen des Kernsand es eine intelligente Lösung, um die Dämpfung von Strukturkomponenten zu erhöhen. Wer bereits als Radfahrer die gegenüber Betonpisten deutlich höhere energie-absorbierende Wirkung von Sandwegen (s. Abbildung 2) 'erfahren' hat, kann diese Vorgehensweise nachvollziehen. Allerdings konnte der Einfluss des innenbelassenen Kernsand es auf die Dämpfungseigenschaften bisher nicht quantifiziert werden.



**Abbildung 2** Im Gegensatz zu Radfahrern schätzen Maschinenbauer die gegenüber Beton (links) deutlich höhere Energie-Absorption des Sandes (rechts)

Daher initiierte die Heidenreich & Harbeck AG über den Gießereiverband ein Forschungsprojekt, das neben der messtechnischen Bestimmung der Dämpfungseigenschaften die Entwicklung von geeigneten Berechnungsmethoden zum Ziel hat. So soll es zukünftig möglich sein, per FEM-Berechnung den Einfluss des Kernsand es auf das Schwingungsverhalten vorherzusagen.

In dem vom AIF geförderten Forschungsprojekt 'Innovative Nutzung von mineralischen Füllstoffen' wurden zunächst am Düsseldorfer Institut für Gießereitechnik (IfG) würfelförmige Probekörper mit 300mm Kantenlänge und 15mm Wandstärke abgegossen. Anschließend wurden die Frequenzgänge der unterschiedlich verrippten Körper am WZL der RWTH Aachen ermittelt und daraus die Dämpfungsmaße bestimmt. Gegenüber ungefüllten Vergleichskörpern erhöhte sich das Dämpfungsmaß sandgefüllter Graugusskörper um mehr als eine Zehnerpotenz bis auf etwa den 3-4-fachen Wert von Polymerbeton (Tabelle 1). Nach Abschluss des bis Ende 2006 laufenden Forschungsprojektes wird eine ausführliche Veröffentlichung zu diesem Thema erscheinen.

<b>Gestellwerkstoff</b>	<b>Literaturangabe</b>	<b>Messwert</b>
Stahl	0,0023	
Polymerbeton	0,02	
Grauguss	0,0045	0,0045-0,0052
Grauguss mit innenbelassenem Sand		0,077 – 0,08

**Tabelle 1** Dämpfungsmaß: Literaturangaben und Messwerte für Gestellwerkstoffe

Als weiteres Argument für Polymerbeton wird eine angeblich bessere Entsorgungsmöglichkeit ins Feld geführt. Die Verwendung als Recyclingbaustoff ist sicher möglich, solange große Stahl-Einlegeteile das Zerkleinern im Brecher nicht behindern. Komponenten aus Gusseisen sind hingegen wirkliche **Recycling-Wertstoffe**, die dem Betreiber einer Maschine nach Erreichen des Lebenszyklus sogar noch vergütet werden.

Obwohl der modische Werkstoff noch nicht allzu lange auf dem Markt ist, wurde Heidenreich & Harbeck bereits bei etlichen Polymerbeton- oder Stahl-Polymerbeton-Verbundkonstruktionen mit der Umstellung auf das Fertigungsverfahren Gießen beauftragt. Die von unseren Kunden benannten Gründe hierfür waren im Wesentlichen eine unzureichende Steifigkeit sowie das Temperaturverhalten. Die große Wärmekapazität von Polymerbeton ist in Kombination mit der schlechten Wärmeleitfähigkeit halt nur im kontinuierlichen Drei-Schicht-Betrieb von Vorteil. Im instationären Betrieb kann der Beton der wärmebedingten Ausdehnung der metallischen Anbauteile wie z.B. Linearführungen nicht folgen, so dass sich dann unweigerlich bimetal-ähnliche Effekte einstellen, die eine prozesssichere Genauigkeitsbearbeitung verhindern.

In Tabelle 2 sind die Stärken und Schwächen der Gestellwerkstoffe anhand der wesentlichen **Auswahlkriterien** vergleichend gegenübergestellt.

	Grauguss	Grauguss mit innenbelass. Kernsand	Stahl	Polymerbeton	Stahl mit Betonfüllung
Steifigkeit	+	++	+	-	+
Dämpfung	○	++	-	+	○
Schnelle Reaktion auf Temperaturschwankungen	+	+	+	-	○
Beharrungsvermögen bei Temperaturschwankungen (kontinuierl. Betrieb)	-	○	-	+	○
Gestaltungsfreiheit	+	++	-	-	-
Integration von Anbauteilen (Konsolen, Halter etc.)	+	+	○	-	○
Integration innenliegender Rohre (Komposit-Bauteile)	○	○	+	++	+
Flexibilität bzgl. Geometrieänderung	○	○	+	-	○
Flexibilität bzgl. Änderung/Ergänzung von Bohrbildern	+	+	+	-	○
Bearbeitbarkeit	++	++	+	-	○
Werkzeugkosten	+	+	++	-	○
Hitzebeständigkeit (Heiße Späne)	+	+	+	-	+
Kriechverhalten unter statischer Last	+	+	+	○	+
Chemische Beständigkeit	○	○	○	+	○
Oberflächenqualität	○	○	○	+	○
Stückkosten bei mittleren Serien (10-50 Stück/a)	++	++	+	-	+

**Tabelle 2** Vergleich der Werkstoffe für Maschinenbetten