

# Beamformingmessungen an einer Stanzmaschine zur Ermittlung wesentlicher Teilquellen

Martin Quickert, Marco Gnauck, Burkhard Kranz

*Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, 09126 Chemnitz, Deutschland, Email: martin.quickert@iwu.fraunhofer.de*

## Einleitung

Die nachfolgenden dargestellten Untersuchungen wurden im Rahmen des Verbundprojekts „Akustisch optimales Design von Bearbeitungsmaschinen mit hochdynamischer Prozessanregung – SilEnT“ durchgeführt. Dieses Projekt befasst sich u.a. mit der Lärminderung an einer Stanzmaschine unter Anwendung modernster Methoden zur Analyse, Simulation und Minderung der Arbeitsgeräusche. Zu den Zielen des Projektes gehört neben der Lärminderung ausgewählter Demonstrationsmaschinen die Erprobung neuerer kommerziell verfügbarer Mess- und Simulationswerkzeuge zur Analyse der Schallentstehung.

Bei einer Stanzmaschine entsteht durch den Schlag des Stempels auf das Werkstück sowohl unmittelbar Luftschall als auch durch die Anregung des Maschinengestells und des Werkstücks Körperschall. Der Körperschall führt zur Abstrahlung sekundären Luftschalls. Für die Konzeption von Lärminderungsmaßnahmen ist von Interesse, welche Beiträge zur Geräuschemission von den einzelnen Mechanismen und Quellen ausgehen.

An Hand vorangegangener Untersuchungen zur Schallentstehung und -abstrahlung an einer Stanz-Nibbel-Maschine wurde festgestellt, dass Frequenzbestandteile oberhalb von 1000 Hz nicht allein durch sekundären Luftschall erklärbar sind (Abbildung 1) [1][2]. Auf Grund der starken Impulshaltigkeit der Geräusche sollte der Frequenzbereich oberhalb von 1 kHz in ein Lärminderungskonzept einbezogen werden. Für die Ermittlung der Schallquellen im Frequenzbereich ab 1 kHz wurde deshalb ein Verfahren gesucht, das es ermöglicht, die örtliche Verteilung der Schallquellen auf der Stanzmaschine darzustellen. Im Beitrag wird die Anwendung des Beamformings – eines neueren Verfahrens zur Lokalisation und Identifikation von Schallquellen - zur Ermittlung relevanter Teilschallquellen am Beispiel einer Stanz-Nibbel-Maschine dargestellt.

## Auswahl des Untersuchungsverfahrens

Beamforming ist in der Literatur und durch die vorangegangenen Vorträge hinreichend dargestellt [3]. Für die Durchführung der Untersuchungen wurde ein kommerziell verfügbares System der Firma Brüel & Kjaer eingesetzt.

Die Auswahl des Beamformings erfolgte auf Grund des örtlichen Auflösungsvermögens und der Fähigkeit, einmalige Vorgänge für eine komplette Ansicht der Maschine zu erfassen. So ist ein Quader von ca.  $5 \times 2,5 \times 0,9 \text{ m}^3$  erforderlich, um das Gestell der Maschine zu umschließen. Um eine örtliche Auflösung von ca. 10 cm in einer Schall-

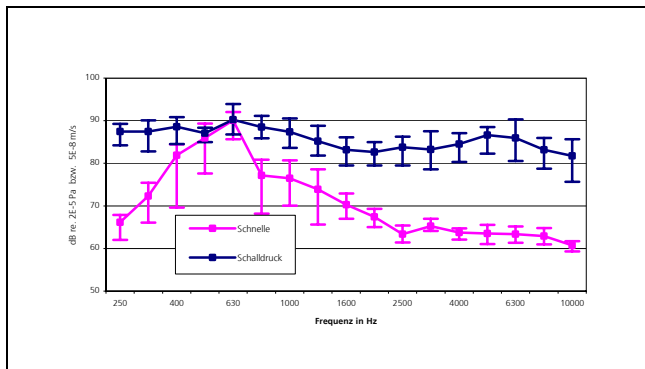
quellenkartierung der Seitenwand zu erhalten, wären bei Anwendung des traditionellen Schallintensitätsverfahrens ca. 1250 Einzelmessungen notwendig gewesen.

Weiter von Bedeutung sind die Arbeitsweise der Stanz-Nibbel-Maschine und das Vermögen des Verfahrens diese zu erfassen und abzubilden. Das Ausschneiden einer Reihe von primitiven Lochgeometrien in kurzer Folge würde eher eine stationäre Arbeitsweise vermuten lassen. Tatsächlich sind die einzelnen Stanzvorgänge unterschiedlich und das notwendige Versetzen des Werkstücks führt ebenfalls dazu, dass man nicht von einer stationären Arbeitweise der Maschine ausgehen kann.

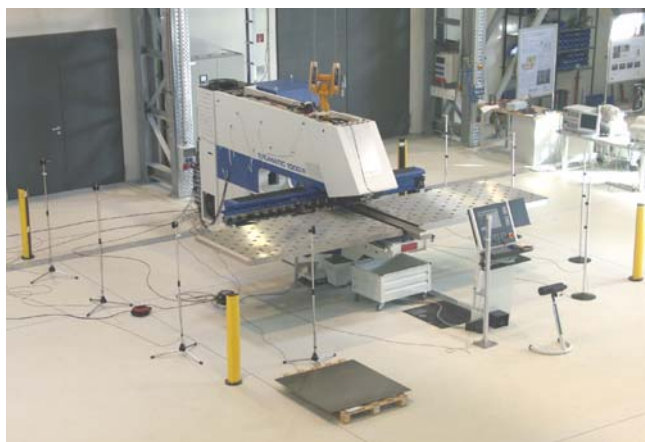
## Ergebnisse

Dargestellt sind in den Abbildungen 3 und 4 die Schallkartierungen für die Ansicht der Maschine von oben. Die Kartierungen wurde für das Stanzen einer Lochreihe in einer Blechplatte und einem Blechstreifen erstellt. Für die notwendigen Messungen wurde das Array von 1,1 m Durchmesser ca. 6 m oberhalb der Maschine positioniert. Im oberen Teil der Fotografien ist der Werkstücktisch gut zu erkennen. In beiden Abbildungen wurde über die fotografische eine farbliche Darstellung der Schallabstrahlung in Richtung des Arrays gelegt. Bei diesem Vorgang wird das Werkstück von rechts nach links über den Werkstücktisch bewegt.

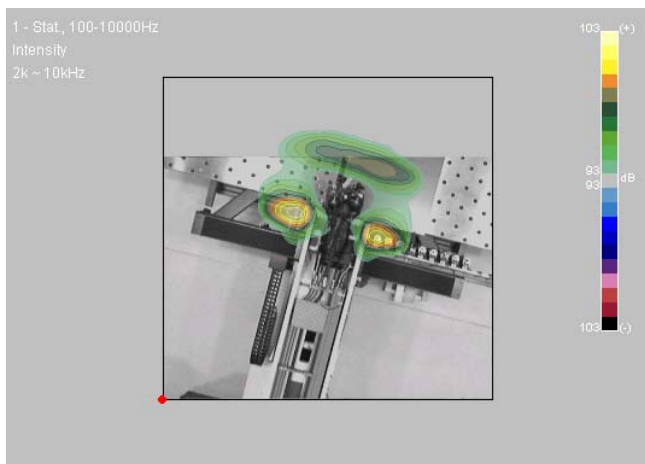
Der Abbildung 3 ist zu entnehmen, dass die Schallabstrahlung an der Plattenfläche erfolgt. Dabei treten die Bereiche, an denen die Platte von Zangen festgehalten wird, erwartungsgemäß besonders hervor. Die Schallabstrahlung des Streifens konzentriert sich auf diese Bereiche (Abbildung 4). Ein Vergleich der unter Annahme einer ungerichteten Schallabstrahlung aus den Ergebnissen des Beamformings abgeschätzten Schallleistung [4] zeigt Abbildung 5. Der Darstellung ist zu entnehmen, dass die Schallabstrahlung bis ca. 1500 Hz unabhängig von der Werkstückfläche ist. Auf Grund der bekannten dominanten Schallabstrahlung über das Maschinengestell war dies zu erwarten. Oberhalb von 1500 Hz kann die Schallabstrahlung fast 10 dB in einzelnen Terzbändern vermindert werden. Das Werkstück mit den Zangen kann somit als die wesentliche Schallquelle in diesem Frequenzbereich eingestuft werden. Für die Minderung der Lärmwirkung ist natürlich der gesamte Verlauf des Schallspektrums zu berücksichtigen. Die Differenz der A-bewerteten Pegel für Platte und Streifen beträgt 0,9 dB. Mittels der Erfassung und Darstellung von Prozessen im Zeitbereich konnte die zusätzlich zum Schnit Schlag vorhandene Schwingungsanregung der Platte durch wiederholtes Aufschlagen auf den Werkstücktisch erkannt werden.



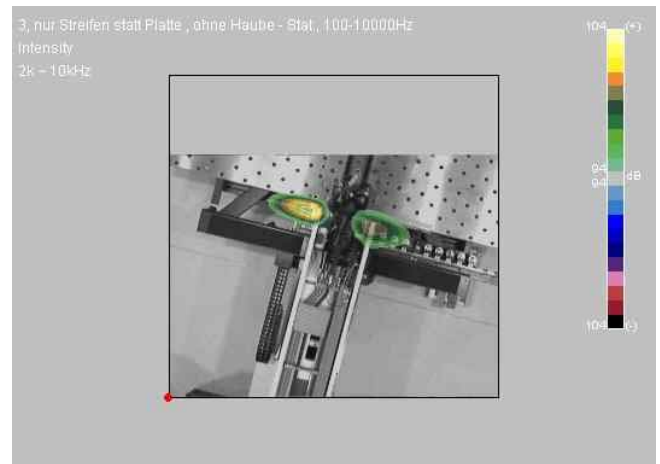
**Abbildung 1:** Gemessene Schalldruck- und Schnellepegel in der Umgebung bzw. an der Seitenwand einer Stanz-Nibbel-Maschine (die dargestellten Streuungen ergeben sich aus den einzelnen Messorten) - der flache Verlauf des Schallpegels ist nicht allein durch Körperschall erklärbar.



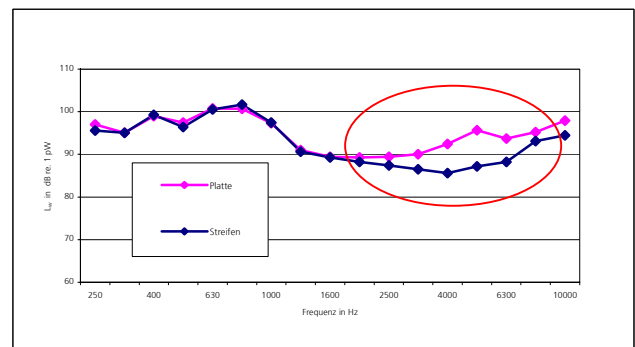
**Abbildung 2:** Stanz-Nibbel-Maschine schräg von vorn mit Messmikrofonen im Umfeld und Beschleunigungsaufnehmern auf der Seitenwand



**Abbildung 3:** Schallkartierung für das Stanzen einer Lochreihe auf einer Platte (1 x 1 m<sup>2</sup>, 2 mm dick) – gut zu erkennen ist die erhöhte Schallabstrahlung in der Fläche und am unteren Rand der Platte im Bereich der Haltezangen.



**Abbildung 4:** Schallkartierung für das Stanzen einer Lochreihe in einem Streifen (0,1 x 1 m<sup>2</sup>, 2 mm dick) – die Schallabstrahlung ist nur noch am Streifen im Bereich der Haltezangen erhöht.



**Abbildung 5:** Vergleich der von der Maschine nach oben abgestrahlten Schallleistung beim Stanzen einer Lochreihe in eine Platte 1 x 1 m<sup>2</sup> und einen Streifen 0,1 x 1 m<sup>2</sup>

## Literatur

- [1] Quickert, M., Gnauck, M.: Luft- und Körperschallmessungen an der Stanzmaschine Trumatic S2000. Interner Messbericht des Fraunhofer IWU, August 2005
- [2] Sarraj, E., Quickert, B., Kranz, B.: Modellierung einer Werkzeugmaschine mit der statistischen Energieanalyse. DAGA '07, DEGA, Berlin, 2007
- [3] Technischer Lärmschutz, Schirmer, W. (Hrsg.), Springer, Berlin, 2006, Kapitel 3 – Messtechnik, S. 100 – 114
- [4] Hald, J.: Combined NAH and Beamforming Using the same Array. In Technical Review No. 1- 2005, Nærum (DK): Brüel & Kjær Company, 2005; ISSN 0007-2621.

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenkonzeptes "Forschung für die Produktion von morgen" gefördert und vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe, Bereich Produktion und Fertigungstechnologien (PTKA-PFT), betreut.