

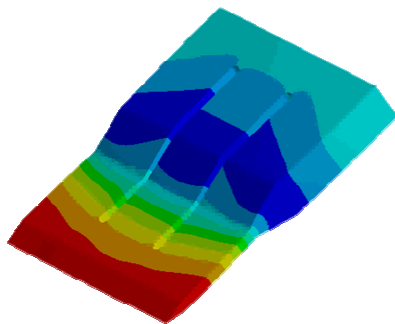
# Die ATHENA-Sonotrode

*Eine neue Richtung für das Ultraschallschneiden und -schweißen*

## Ultraschallschneiden und Kunststoffschweißen

Schneiden und Schweißen sind traditionelle Anwendungsgebiete der Ultraschalltechnik. Von Kinderwindeln über Verpackungen aller Art bis hin zu Kfz-Scheinwerfern lassen sich durch Ultraschallenergie hermetisch dicht verschweißte Produkte herstellen, wobei kein zusätzlicher Schweißstoff benötigt wird.

Die Anwendung stellt besondere Anforderungen an die Gestaltung des Schweißwerkzeugs: Um lange Nähte zu schweißen wird eine Sonotrodenbauform benötigt, die Ultraschall entlang einer langen stirnseitigen Kante gleichmäßig auskoppelt. Dazu hat sich eine geschlitzte Bauform etabliert, die in entsprechender Weise auch beim Ultraschallschneiden eingesetzt wird.



*Bild 1 FEM-Analyse der Längsschwingung einer Schneidsonotrode in Schlitzbauweise (rot = Maximalamplitude entlang Schneide)*

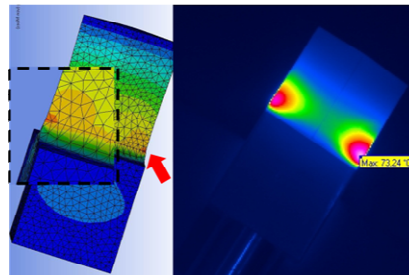
Bei der dargestellten Sonotrode liegt die Schwingungsrichtung orthogonal zur Schneid- bzw. Schweißkante. Zum Schweißen von Kunststoffen ist dies günstig, und ebenso zum Durchtrennen sprödharter Werkstoffe. Als Schneiden kann man diese Schwingungsüberlagerung im engeren Sinne nicht bezeichnen, da die Bewegung eher einem hochfrequenten Hacken entspricht.

Zum Verschweißen dünner Metallbleche und zum Schneiden duktiler Materialien ist die Schwingungskopplung im „Hack“-Mode, also stirnseitig an der Sonotrode, nicht optimal geeignet. Für diese Anwendungen ist eine seitlich angebrachte Schneide (oder Schweißkante) günstiger, so dass die Ultraschallvibration parallel zu ihr wirkt („Mikrosägen“).

Leider ist für diese schwingungstechnisch optimale Schneidrichtung die maximale Länge der Schneide stark limitiert: Im Abstand  $\lambda/4$  von der Sonotroden-Stirnseite liegt die Knotenebene der Resonanzschwingung, zu der

hin die Ultraschallamplitude sinusförmig bis auf null abfällt (Schwingungsknoten). Die Maximallänge einer seitlichen Schneide mit wirksamer Ultraschallunterstützung beträgt in etwa  $\lambda/8$ , bei Stahl also etwa 30 mm (20 kHz, untere Grenze des Ultraschallbereichs).

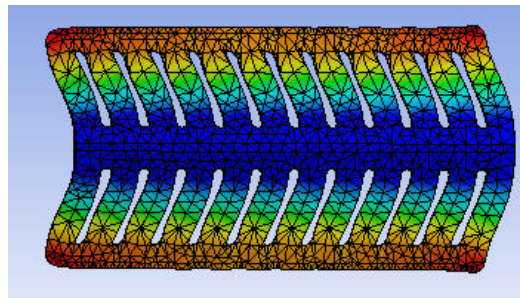
Ein weiteres Problem tritt auf, wenn man trotzdem eine Schneidkante bis in den Schwingungsknoten verlängert: Am Schwingungsknoten ist die Wechsel-Zugkraft maximal, was zu einer umso höheren Spannung führt, je kleiner der Querschnitt in diesem Bereich ist. Dies führt im Knotenbereich zu starker Erwärmung der Schneidkante (Bild 2).



*Bild 2 links: Spannungsmaximum an einer seitlichen Schneide im Bereich des Schwingungsknotens (nur grobes FEM-Netz). rechts: Thermografie-Messung der Oberflächentemperatur mit Hot-Spot im Bereich der Maximalspannung*

## Die ATHENA-Sonotrode

Um die beim Längsschwinger prinzipbedingte Limitation der Länge einer seitlichen Schneide zu vermeiden, wurde von der ATHENA Technologie Beratung GmbH ein völlig neues Sonotrodenkonzept verfolgt. Dabei schwingt die Sonotrode nicht also Längs-, sondern als Scherschwinger. Parallele Schlitze sorgen dafür, dass sich eine konstante Amplitude entlang der Schweiß- oder Schneidkante einstellt.



*Bild 2 Schwingungsform der ATHENA-Sonotrode (FEM-Analyse; dargestellt ist der ausgelenkte Zustand)*

Dieses Sonotrodenkonzept wurde im Rahmen eines ZIM-geförderten Projekts entwickelt und in einen handgeführten Prototyp für das Ultraschallschneiden überführt, mit dem die Schneidperformance in der Praxis untersucht werden kann.

Mit dem 50 W - Prototypsystem lässt sich vom Brötchen bis zum Papierstapel alles Mögliche schneiden, ohne die intuitiv gewohnte Vor- und Zurückbewegung ausführen zu müssen – das Sägen übernimmt der Ultraschall.



*Bild 3 Mit ATHENA-Sonotrode durch Ultraschallschwingungen zerschnittenes Telefonbuch*



*Bild 4 Ohne (links) und mit Ultraschallunterstützung (rechts) zerschnittenes Croissant*

### Literatur

„Vorrichtung und Verfahren zur Ultraschall-Materialbearbeitung“ (DE und EU Patentanmeldung, laufendes Patentverfahren, Prioritätsdatum Jan. 2010)

### Kontakt

Autor: Dr.-Ing. Walter Littmann, Leiter der Technischen Entwicklung der ATHENA Technologie Beratung GmbH



ATHENA  
Technologie Beratung GmbH  
Technologiepark 13  
33100 Paderborn

Tel.: +49-52 51-3 90 65 60  
Fax: +49-52 51-3 90 65 63

E-Mail: [info@myATHENA.de](mailto:info@myATHENA.de)  
<http://www.myATHENA.de>