

# Vorgespannte Konverter für hohe Frequenzen

Leistungsschall im Frequenzbereich von 100 kHz bis 1 MHz

## Leistungsschallkonverter für 20 bis 40 kHz

Um im Ultraschallbereich hohe Leistungen elektromechanisch zu wandeln werden ein hohes Piezovolumen und eine starke mechanische Vorspannung benötigt. Beides lässt sich in einem Resonanzwandler („Ultraschallkonverter“) umso leichter unterbringen, je größer die Wellenlänge der Resonanzschwingung ist, denn sie beeinflusst maßgeblich die Wandlerdimensionen. Bei Wahl einer Frequenz im niedrigen Ultraschallbereich (20 kHz, halbe Wellenlänge für Titan ca. 125 mm) sind Leistungswandlungen im kW-Bereich erreichbar, die in der Reinigungs- und der Schweißtechnik Verwendung finden (Bild 1). Bei der ATHENA Technologie Beratung GmbH optimieren wir solche Konverter und deren Montageverfahren in Zusammenarbeit mit unseren industriellen Partnern.



Bild 1 Kommerzielle 40 kHz Leistungsschallkonverter mit vorgespannten Piezoringen zum Ultraschallschweißen (Lühr, links) und für die Reinigung (Morgan El., rechts).

Wenn der für einen Prozess zur Verfügung stehende Bauraum limitiert ist, müssen die Dimensionen reduziert werden. Handgeführte Ultraschallwerkzeuge in der Medizintechnik (z. B. „Dental Scaler“ zur Zahnprophylaxe, Ultraschallskalpel oder „Phaco“-Handstücke für operative Eingriffe im Auge) benötigen hohe Amplituden und müssen platzsparend aufgebaut sein, weil sie in einem vom Arzt gehaltenen Handstück integriert sind. Man wählt hierfür Frequenzen im Bereich 30 bis 50 kHz; die Leistungen liegen bei etwa 50 bis 100 W.

## Vorgespannte Konverter im Bereich bis 100 kHz

Zur Zerstäubung von Flüssigkeiten nach dem Kapillarwellenprinzip werden häufig noch höhere Frequenzen gewählt: Der mittlere Tröpfchendurchmesser des erzeugten Wassernebels fällt mit der Frequenz, und in der Anwendung sollen oft möglichst feindisperse Aerosole erzeugt werden.

Im Frequenzbereich bis 100 kHz findet man daher auch in kommerziellen Anwendungen noch kleine Konverter mit vorgespannten Piezoringen, so z.B. auch für das Ultraschall-Drahtbonden in der Halbleiterfertigung, wo

Konverter nur geringe Masse besitzen dürfen, um sie schnell in unterschiedliche Positionen verfahren zu können. Da die benötigten Leistungen oft ebenfalls nur im Bereich  $< 10$  W liegen, kann das Piezovolumen dabei auf wenige Kubikzentimeter reduziert werden.

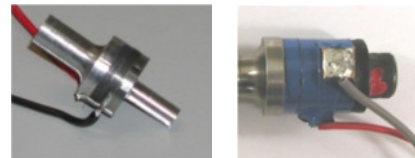


Bild 2 ATHENA-Konverter für Kapillarzerstäubung (60 kHz) und für Drahtbonden (90 kHz, UTHE Techn.)

## Vorgespannte Konverter für 200 bis 500 kHz

Bei der ATHENA Technologie Beratung GmbH haben wir für unsere Kunden bereits erfolgreich Konverter mit vorgespannten Piezoringen für Frequenzen über 200 kHz entwickelt und aufgebaut. Diese Systeme verlangen veränderte Schwingungskonzepte und optimierte Aufbautechniken, da die Halbwellenlänge von Piezokeramik nur noch weniger als 10 mm beträgt (Bild 3). Es lassen sich aber auch in diesem Frequenzbereich problemlos Schwingungsgeschwindigkeiten  $> 3$  m/s erreichen.

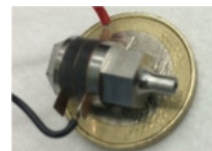


Bild 3 ATHENA-Konverter für die Ultraschallzerstäubung von Wasser ( $> 200$  kHz).

Zwar findet man auch oberhalb 100 kHz vereinzelt kommerzielle Ultraschallkonverter. Aber es gibt seit Jahrzehnten trotz aller Trends hin zur Mikrotechnologie einen „weißen Fleck“ auf der Landkarte von Ultraschall-erzeugern im Bereich 200 bis 800 kHz (Bild 4).

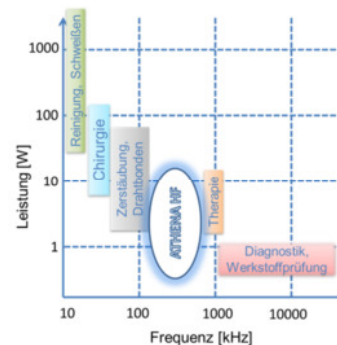


Bild 4 „Weißer Fleck“ auf der Konverter-Landkarte im Frequenzbereich  $> 200$  kHz.

Während die Maximalleistungen mit der Frequenz abmessungsbedingt fallen, sind die maximal erreichbaren Geschwindigkeitsamplituden in einem weiten Frequenzbereich praktisch konstant, so dass viele Prozesse bis zu sehr hohen Frequenzen stabil gespeist werden können. Ein wesentlicher Vorteil dabei: Die Konverter haben nur noch sehr geringes Gewicht.

Unter diesen Voraussetzungen wird die mit mechanisch vorgespannten Piezokonvertern erreichbare Maximalfrequenz derzeit im Wesentlichen durch praktische Limitierungen (Aufbau- und Verbindungstechnik) definiert. Vorgespannte Konverter mit Frequenz 500 kHz sind aber schon längst keine Utopie mehr.

#### **Frequenzbereich > 800 kHz**

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass ab etwa 800 kHz und im MHz-Bereich üblicherweise mit plattenförmig aufgebauten, geklebten Konvertern gearbeitet wird. Auch hierfür entwickeln wir Ultraschallerzeuger für unsere Kunden. Bisher konnten sich geschraubte Bauweisen aufgrund der kleinen Wellenlängen hier noch nicht etablieren.

#### **Elektrische Ansteuerung (Ultraschallgenerator)**

Kommerzielle Ultraschallgeneratoren für Leistungsschall sind typisch im Frequenzbereich bis etwa 100 kHz erhältlich. Sie arbeiten meist mit mehr oder weniger komplexen analogen oder digitalen Resonanzverfolgungskonzepten, um die Systeme in oder nahe Resonanz zu betreiben.

Die ab 1 MHz eingesetzten geklebten Systeme sind meist so stark gedämpft, dass sie mit konstanter Frequenz betrieben werden können, zumal bei Anwendungen in diesem Frequenzbereich der effektive Leistungsumsatz nicht mehr die allerhöchste Priorität besitzt.

Für die oben beschriebenen Wandler im Bereich 100 bis 800 kHz entwickeln wir passende digitale Ansteuerungen auf Mikrocontroller-Basis für ausreichende Dynamik zur Resonanzverfolgung und Amplitudenstabilisierung. Der Steuerungs- und Regelungsteil ist dabei als flexible Plattform konzipiert.

#### **Unser Angebot**

Wir entwickeln für Sie vorgespannte Ultraschallkonverter auch für hohe Frequenzen, d.h. etwa 200 bis 500 kHz sowie Ansteuerungen mit Resonanzverfolgung für diese Wandler. Sprechen Sie uns gern an!

#### **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>