

Die benetzte Kamera vor der Aktivierung der Ultraschallwandler. Aus Kameraperspektive zeigt sich die schlechte Sicht.



Während der Ultraschallreinigung setzt sich die Flüssigkeit schnell in Bewegung.



Die Kameraoptik wurde binnen Sekunden gereinigt und von Flüssigkeitstropfen befreit.

# Klare Sicht

## Ultraschall reinigt schützende Glasabdeckung von Linsensystemen

Die Ultraschall-Oberflächenreinigung bietet ein neues Reinigungsverfahren, um Flüssigkeiten und andere Substanzen einschließlich Eis von Oberflächen zu entfernen. Anwendungsmöglichkeiten der neuen Technologie sind unter anderem Outdoor-Sicherheitskameras.

EchoVista, eine Tochter des Unternehmens Hema Maschinen- und Apparateschutz, stellt als erste Anwendung der EchoVista-Technologie ein Überwachungs-Kamerasystem für den Innenbereich von CNC-Maschinen vor. Die Glasabdeckung des Linsensystems wird dabei durch Ultraschallwellen von Flüssigkeitstropfen und Schmutzanhaftungen befreit, die Leistung wird anwendungsspezifisch gesteuert. Auch gekrümmte Oberflächen können mit minimalem Flüssigkeitsverbrauch gereinigt werden. Da das EchoVista-System keine mechanisch beweglichen Teile enthält, ist es praktisch wartungsfrei, sorgt für niedrige Kosten und verursacht nur minimalen Aufwand. Das gesamte System ist zudem gegen Vandalismus geschützt.

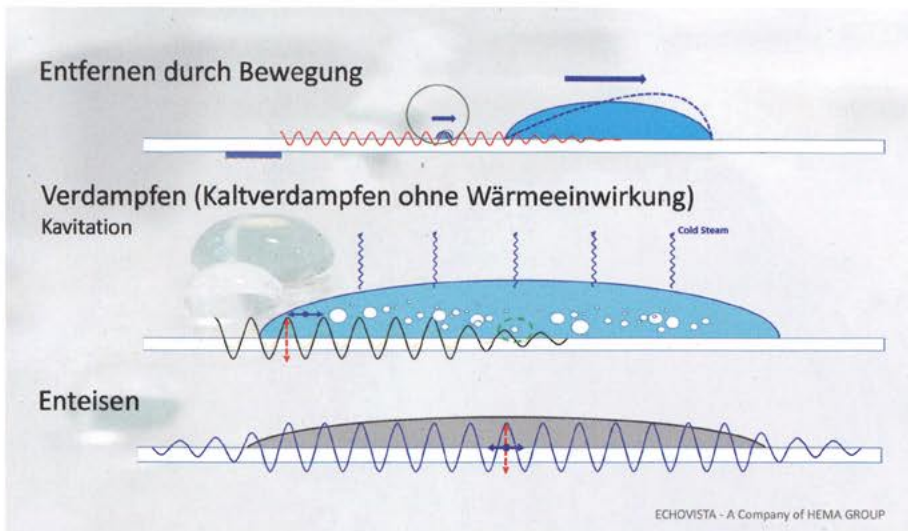
Über einen Wandler werden Ultraschallwellen erzeugt und parallel zur Oberfläche durch die Glasabdeckung geschickt. Treffen sie auf einen anhaftenden Flüssigkeitstrop-

fen, wandert ein Teil der Ultraschallenergie in Ausbreitungsrichtung in den Flüssigkeitstropfen und erzeugt in ihm eine Zirkulationsströmung, die den Tropfen in Bewegung setzt und zum Rand der Oberfläche treibt. Durch Kavitation im Tropfen entstehende Gasblasen haben ein wesentlich höheres Volumen als die Flüssigkeit, aus der sie entstanden sind und verdrängen diese. Steigt der statische Druck in der Umgebung wieder an, kondensiert das Gas als Flüssigkeit am Rand der Blase und die Flüssigkeit muss in den freiwerdenden Raum zurückströmen. Die Folge ist eine Implosion der Gasblase, bei der hohe Druckstöße entstehen, die für den Reinigungseffekt – den sogenannten Micro-Jet – verantwortlich sind. Bei entsprechendem Energieeintrag kann die Flüssigkeit auch durch Kavitation innerhalb des Tropfens kalt-verdampft werden. Vorteil des Verfahrens ist, dass Oberflächenbeschichtungen im Gegensatz zu mechanischen oder

chemischen Reinigungsverfahren nicht beeinträchtigt werden und auch keine Schlieren oder Kratzer entstehen können.

### Interdisziplinärer Entwicklungsansatz

Möglich wurde die Entwicklung durch die enge Zusammenarbeit eines interdisziplinären Expertenteams, das Fragen der Fluidmechanik, Elektronik, Ultraschallakustik und der Werkstoffwissenschaften bearbeitete, um piezoelektrische Ultraschallwandler zu entwickeln, die auf glatte Oberflächen wie Glas oder Metall geklebt werden können. Mit zugehöriger Leistungselektronik, die den Wandler mit Hochfrequenz anregt, wird die gewünschte Ultraschallenergie in das Material geschickt. Für eine optimale Leistungsübertragung zwischen Verstärker und Ultraschallwandler muss die Ausgangsimpedanz des Verstärkers an den Ultraschallwandler angepasst werden. Der eigens entwickelte modulare Hochleistungs-Hochfrequenzverstärker



Durch gezielte Steuerung der Ultraschallwandler können verschiedene Reinigungseffekte genutzt werden.

beherrscht das sequenzielle Ein- und Ausschalten, die Phasenmodulation und die Frequenzmodulation.

Durch die Verwendung mehrerer einzeln gesteuerter Ultraschallwandler können Interferenzmuster erzeugt werden, die den effizienten Antrieb von Flüssigkeitströpfchen in jede Richtung oder die Kaltverdampfung der Flüssigkeit durch Kavitation ermöglichen. Weitere mögliche Effekte sind die Reinigung von Oberflächen von Schmutz und Flüssigkeiten mit Ultraschall sowie das Schmelzen von Eis.

### Grundlagenforschung zur Ultraschallausbreitung

Für die Entwicklung des EchoVista wurden zunächst die physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Ultraschallausbreitung in verschiedenen Trägermaterialien untersucht. Auf Basis der physikalischen Eigenschaften des Trägermaterials erfolgten die Materialauswahl und das Wandler-Design. Nach der Entwicklung der geeigneten Verbindungstechnologie konnten die Integration der benötigten elektronischen Komponenten und der Einfluss der Ultraschallwellen auf Flüssigkeiten auf der Substratoberfläche untersucht werden. Hierzu wurde in einem Laborversuchsaufbau Regenfall auf verschiedene Scheibenmaterialien in Anstellwinkeln von 0 bis 45° simuliert und ausgewertet.

Über mehrere Optimierungsschleifen hinsichtlich Materialauswahl und Systemdesign kam das Forschungsteam um Mincheol Shin zu den ersten funktionierenden Prototypen.

Über die schrittweise Optimierung des Ultraschallreinigungssystems konnten im Projektzeitraum von 2016 bis 2019 signifikante Fortschritte erzielt werden. So sank die maximale durchschnittliche Leistungsaufnahme von anfangs knapp 150 W auf unter 30 W und das Volumen des elektronischen Systems nahm von 0,6 m<sup>3</sup> auf ein handliches Format ab. Ähnlich verhielt es sich mit dem Gewicht. Die heutige Hema-Kamera ist ein Kameramodul

### Piezeeffekt

Bei einem piezoelektrischen Kristall führt eine elastische Verformung in bestimmten kristallografischen Richtungen zu unterschiedlichen Verlagerungen der positiven und negativen Ionen und erzeugt an der Kristalloberfläche entsprechende elektrische Ladungen. Umgekehrt ändert ein Piezokristall seine Abmessungen im Rhythmus einer von außen angelegten elektrischen Wechsellspannung. Auf diese Weise lassen sich mechanische Wirkungen in elektrische umwandeln und umgekehrt. Unter Ausnutzung des Piezoeffektes entwickelte das EchoVista-Team die Ultraschallwandler.

mit einer Abdeckscheibe aus 90 x 90 x 2 mm Gorilla-Glas, das von vier Ultraschallwandlern sauber und tropfenfrei gehalten wird.

### Entwicklungsprozess EchoVista

Steuerungsoptionen für das Auslösen des Reinigungsprozesses sind manuelles Auslösen, die Steuerung über ein Zeitintervall oder durch automatische Erkennung über eine Software als Selbstreinigungsfunktion. Die Selbstreinigung konnte bereits erfolgreich implementiert werden. Bei der Entwicklung der Kamera-Hardware stand zunächst die Verkleinerung und Modularisierung der Elektronik im Fokus. Als Grundvoraussetzung für einen langfristigen störungsfreien Betrieb wurde zudem ein Verfahren zur dauerhaften Beschichtung des Glases für den Kontakt mit Wasser und Kühlschmierstoffen geschaffen. Weiterhin wurde an Optionen für IP (Internet Protocol)-, Zoom- und Schwenkkameras gearbeitet mit Option auf PoE (Power over Ethernet).

### Autor

Lars Najorka, Entwicklungsleiter Sichtsysteme

### Kontakt

Hema Maschinen- und Apparateschutz GmbH,  
Seligensstadt  
Tel.: +49 6182 773 0  
www.hema-group.com · www.echovista.de