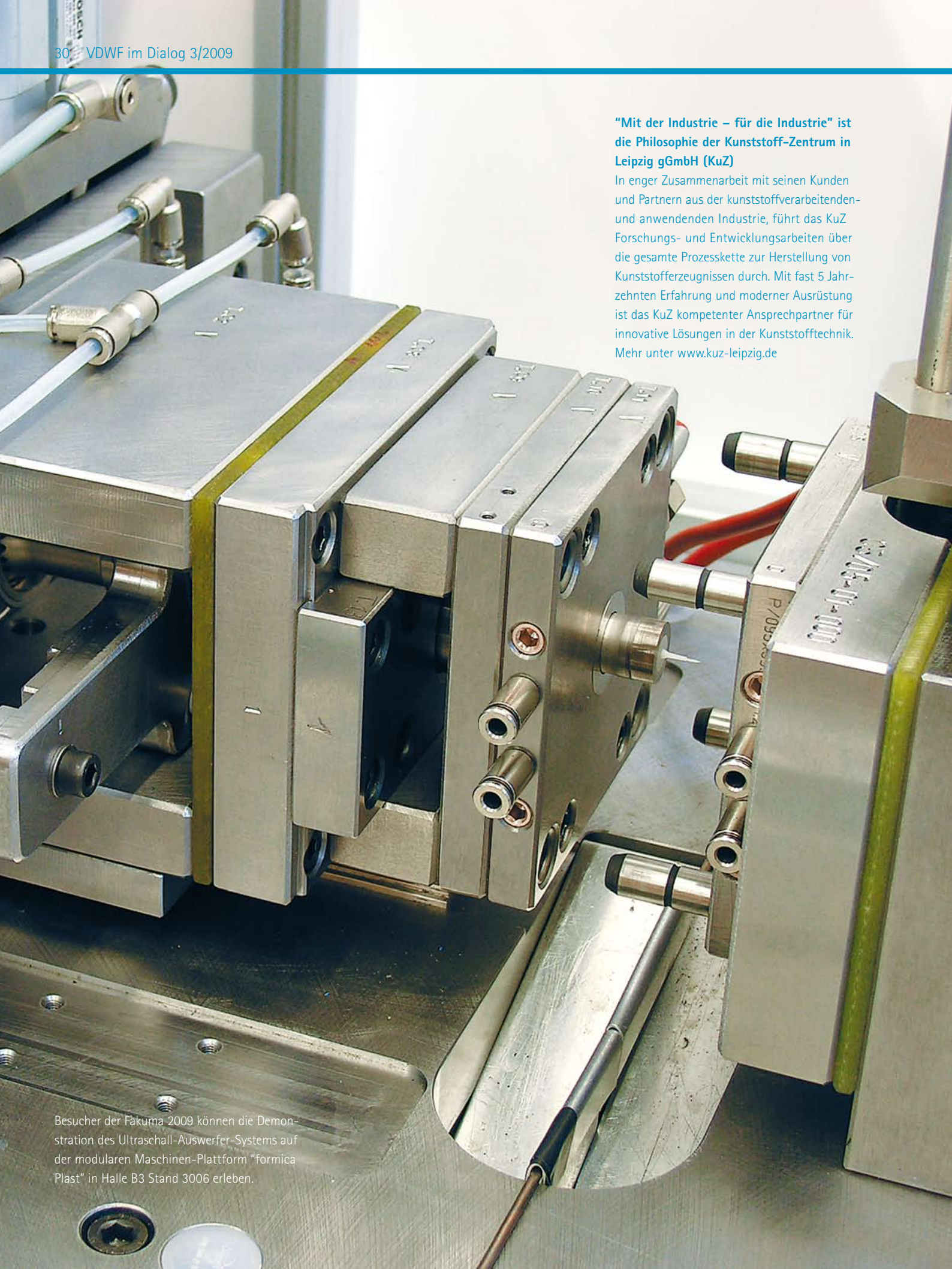


"Mit der Industrie – für die Industrie" ist die Philosophie der Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH (KuZ)

In enger Zusammenarbeit mit seinen Kunden und Partnern aus der kunststoffverarbeitenden- und anwendenden Industrie, führt das KuZ Forschungs- und Entwicklungsarbeiten über die gesamte Prozesskette zur Herstellung von Kunststoffserzeugnissen durch. Mit fast 5 Jahrzehnten Erfahrung und moderner Ausrüstung ist das KuZ kompetenter Ansprechpartner für innovative Lösungen in der Kunststofftechnik. Mehr unter www.kuz-leipzig.de

Besucher der Fakuma 2009 können die Demonstration des Ultraschall-Auswerfer-Systems auf der modularen Maschinen-Plattform "formica Plast" in Halle B3 Stand 3006 erleben.



Entformung wie von Zauberhand: Neue Möglichkeiten des markierungslosen Auswerfens mikrostrukturierter und optischer Kunststoff-Formteile

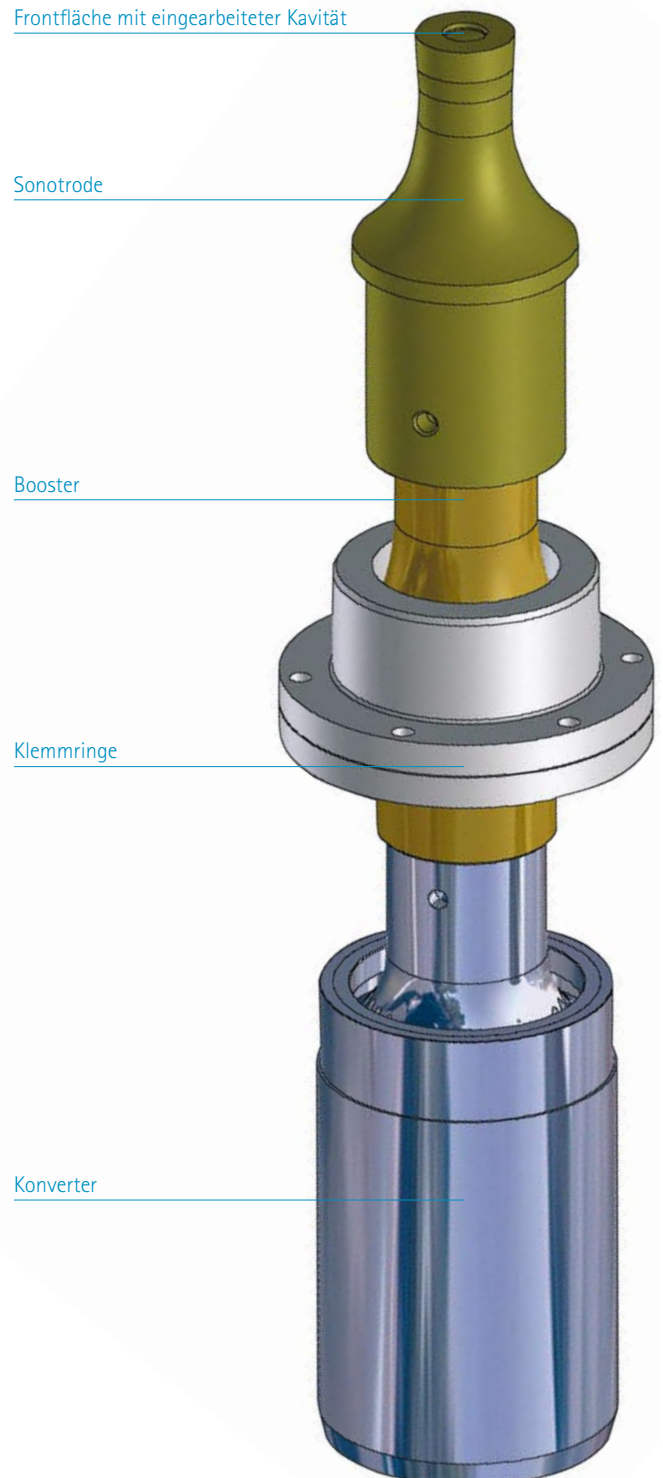
von Thomas Zwicker

Die fortschreitende Entwicklung auf dem Gebiet der Mikrosystemtechnik hat zur Folge, dass grundlegende Innovationen insbesondere bei der Fertigungstechnologie vorangetrieben werden müssen. Die anwenderbezogenen Forderungen nach geringen Formteilabmessungen, komplexen Details bzw. nach mikrostrukturierten und optischen Formteilen im μm -Maßstab führen die Werkzeugbaubetriebe dazu, die herkömmlichen Konzepte und Systeme zu überarbeiten und neue Baugruppen zu erstellen. In erster Linie bezieht sich dies auf das Anguss- und Auswerfersystem, die Zentrierung und die Temperierung eines Spritzgießwerkzeugs.

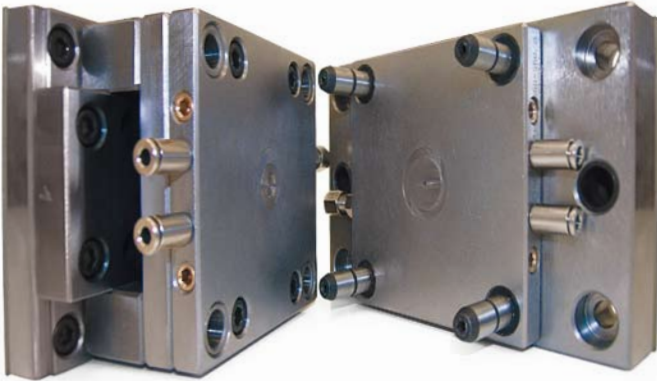
Betrachtet man die Auswerfertechnik eines Mikrospritzgießwerkzeuges, so wird häufig sehr schnell deutlich, welchen Einfluss die funktionalen Werkzeugbauteile auf die hohen Qualitäts- und Maßanforderungen besitzen. Unter vielen anderen Problemstellungen im Mikrowerkzeug, beeinträchtigen vor allem die Markierung der Auswerfer und die Deformation als Folge der Auswurfkräfte die Qualität der Spritzgussteile. Bei der Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH (KuZ) stand daher bei der Entwicklung eines Auswerfersystems das Ziel im Vordergrund, markierungslos optische und mikrostrukturierte Formteile herzustellen.

Die Neuentwicklung und ihre Wirkungsweise

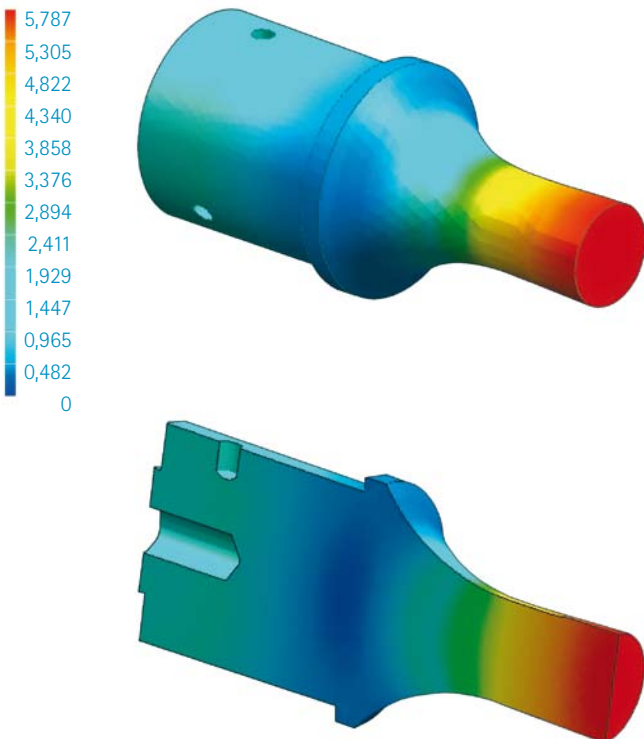
Im großen Maßstab wird Ultraschall bereits beim Schweißen von Kunststoffteilen eingesetzt. In diesem Anwendungsbereich ist das Ultraschallschweißen ein ausgereiftes und automatisierbares Verfahren. Voruntersuchungen zum Einsatz von Ultraschall für die Entformung zeigten, dass ein Lockern und Auswerfen der Formteile im erstarrten Zustand möglich ist. Darauf aufbauend, wurde ein auf Ultraschall basierendes Auswerfersystem (US-Auswerfer) entwickelt. Die hierfür eingesetzte Technik besteht in der Regel aus den Komponenten Ultraschallgenerator, Konverter, Booster und einer Sonotrode.



Mikrospritzgießwerkzeug mit integriertem Ultraschall-Auswerfersystem



Über eine FEM-Simulation ermittelte Amplitudenverstärkung und -verteilung der Sonotrode zeigt die theoretisch mögliche Amplitudentransformation der Sonotrode. Die Transformation der Sonotrode liegt annähernd bei 1:4.



Im Ultraschallgenerator wird eine elektrische Wechselspannung erzeugt, die vom Konverter in eine mechanische Schwingung gleicher Frequenz umgewandelt wird. Der im Aufbau des Ultraschallsystems folgende Booster wirkt aufgrund seiner geometrischen Gestalt als Transformationsstück. Er besitzt die Aufgabe, die Schwingungsamplitude zu verstärken. Die Sonotrode gilt als Formeinsatz im Spritzgießwerkzeug. Sie ist mechanisch mit dem Booster gekoppelt.

Beim Auswerfen der Formteile durch Ultraschall wird ein sich aufbauendes Luftpolster zwischen Formteil und Kavitätboden sowie die Vibration des Formeinsatzes genutzt, um ein Lockern und Abstoßen der Formteile aus der Kavität zu erzielen. Die beim Auswerfen übertragbare Ultraschalleistung wird von der Frequenz, der Amplitude, der Einwirkdauer sowie von den werkzeug- und spritzgießtechnischen Parametern (Formteilgeometrie, Oberflächenrauheit, Werkzeugtemperatur, Masstemperatur, Einspritzdruck und -geschwindigkeit, Kühlzeit etc.) beeinflusst. Bei den genannten Einflussgrößen handelt es sich um variable Parameter, die in bestimmtem Grenzen verändert werden können.

Der Schwerpunkt bei der Entwicklung des US-Auswerfers lag in der Integration des schwingenden Formeinsatzes (Sonotrode) in das Werkzeug. Mit dem Anspruch, die Geometrie für ein optisches Formteil mit Mikrostrukturen (Fresnellinse) in eine Sonotrode einzuarbeiten, mussten Lösungen für die Beschichtung und Ultrapräzisionsbearbeitung der Sonotrode erarbeitet werden. Der Projektplan beinhaltete weiterhin grundlegende Untersuchungen der für den Spritzgießwerkzeugbau verwendbaren Sonotrodenwerkstoffe. Es galt im Dauertest nachzuweisen, dass durch den Ultraschalleinfluss sowohl die Beschichtung als auch die Kavität keine Schädigung erfuhr.

Um den konstruktiven und fertigungstechnischen Aufwand zu minimieren, wurde über die Vorbetrachtung das Resonanzverhalten der beteiligten Ultraschallkomponenten simuliert. Für die Anpassung der Eigenfrequenz der Sonotrode an das Schwingensystem mit 40 kHz wurden Simulationsrechnungen durchgeführt. Die Sonotrode ist in ihrer Geometrie so gestaltet, dass eine Verstärkung und gleichmäßige Verteilung der Amplitude zum Sonotrodenkopf erfolgen kann. Die Gleichmäßigkeit der Amplitudenverteilung an der Frontfläche ist von großer Bedeutung, da grundlegend gleiche Bedingungen (Entformungsparameter: Amplitude, Leistung) im Kavitätsbereich der Sonotroden anliegen müssen.

Kunststoffe und Entwicklungsergebnisse – Entformungsergebnisse im Vergleich

Um den Einfluss des ultraschallunterstützten Entformens auf die mikrostrukturierten und optischen Formteile zu untersuchen, wurden mehrere Testreihen mit verschiedenen Kunststoffen (PMMA, POM, PS, PC etc.) bei unterschiedlicher Amplitude bis hin zur Handentformung untersucht und gegenübergestellt. Bei identischen Spritzgießparametern waren in der Abformqualität der Strukturspitzen keine Unterschiede erkennbar. Betrachtet man die Form der Strukturspitzen, so konnte festgestellt werden, dass das Entformen durch Ultraschall-Auswerfer keine Markierungen am Formteil hinterlässt. Laut Messprotokoll ist sogar eine geringfügige Glättung des Rauheitsprofils durch den Ultraschall-Auswerfer nachweisbar. Die arithmetische Durchschnittsabweichung des Rauheitsprofils R_a ist mit $0,021 \mu\text{m}$ wesentlich geringer als beim handentformten Formteil mit $0,036 \mu\text{m}$.

Qualitätssteigerung durch markierungsfreies Entformen

Das neuartige Auswerfersystem wurde im Kunststoff-Zentrum Leipzig konstruiert und gebaut. Unter realen Fertigungsbedingungen wurde das System in den Aufbau einer Mikrospritzgießmaschine und eines Mikrospritzgießwerkzeugs als Modul integriert. Auf den Sonotroden des Ultraschall-Auswerfers können unter Spritzgießbedingungen nachweislich verschiedenartige Beschichtungen zum Einsatz kommen, die durch den Betrieb nicht beschädigt werden. Darunter zählen auch Beschichtungen, die speziell für das Fertigen optischer Konturen benötigt werden.

Außerdem besteht nunmehr Klarheit darüber, wie diese Beschichtungen durch unterschiedliche Reibungseigenschaften das Entformungsverhalten beeinflussen. Durch die Optimierung des US-Auswerfers können Formteile mit 0° Entformungsschräge sicher entformt werden. Mit dem markierungsfreien Entformen spritzgegossener Leichtgewichte kann vorab eine wichtige Hürde im Fertigungsprozess spielend genommen werden. | Dipl.-Ing. (FH) Thomas Zwicker, Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH



Sonotroden mit beschichteter Frontseite und ultrapräzisionsgefertigten optischen Konturen für die Herstellung von Fresnellinsen und von plankonkaven Linsen

Linsen-Formteil mit mikrostrukturierter Fresnelstruktur auf einer Fläche von $6,8 \text{ mm}$ im Durchmesser und mit spitz auslaufender Mikrokontur mit Höhen im μm -Bereich

