

Mikrostrukturapparate für die chemische und thermische Verfahrenstechnik

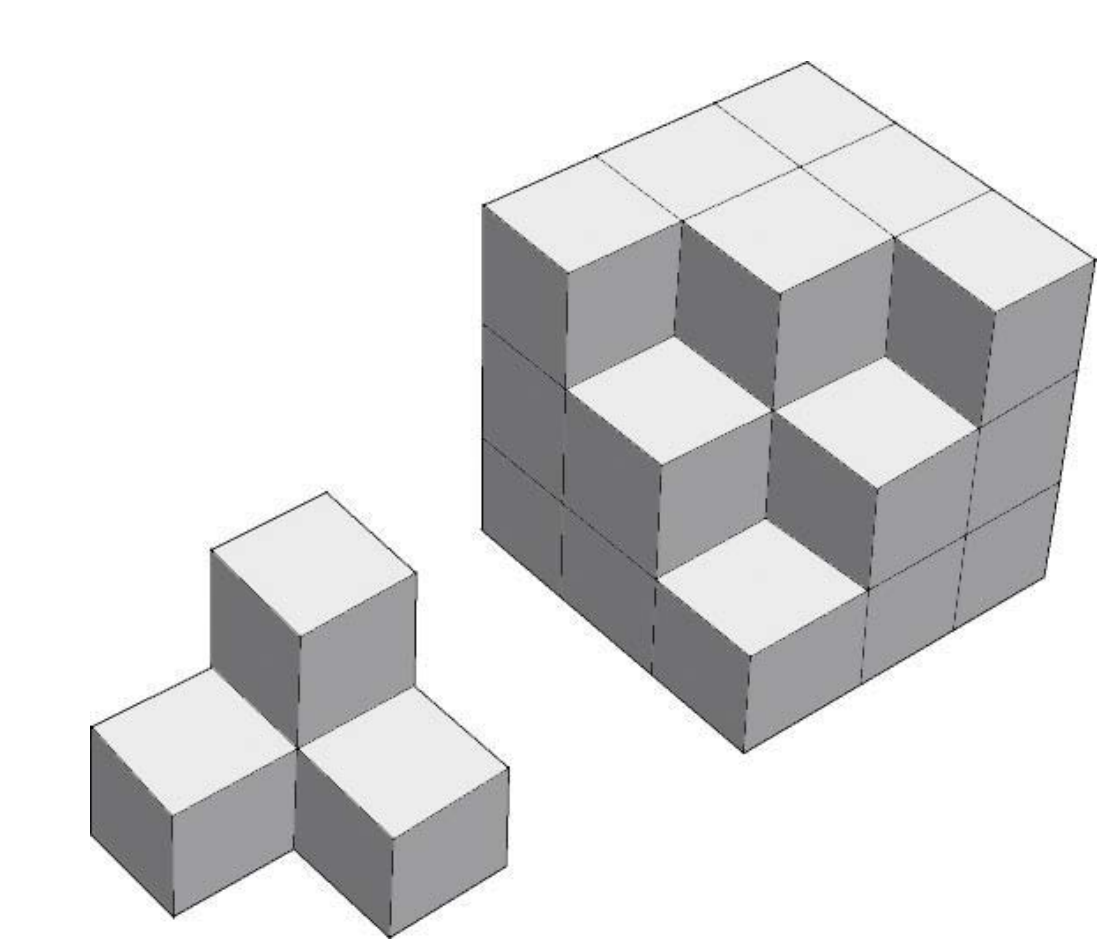


Abb. 1: Die Aufteilung eines Würfels in kleinere Würfel ergibt – bei gleichem Volumen – eine deutliche Oberflächenvergrößerung .
Bild Hochschule Mannheim

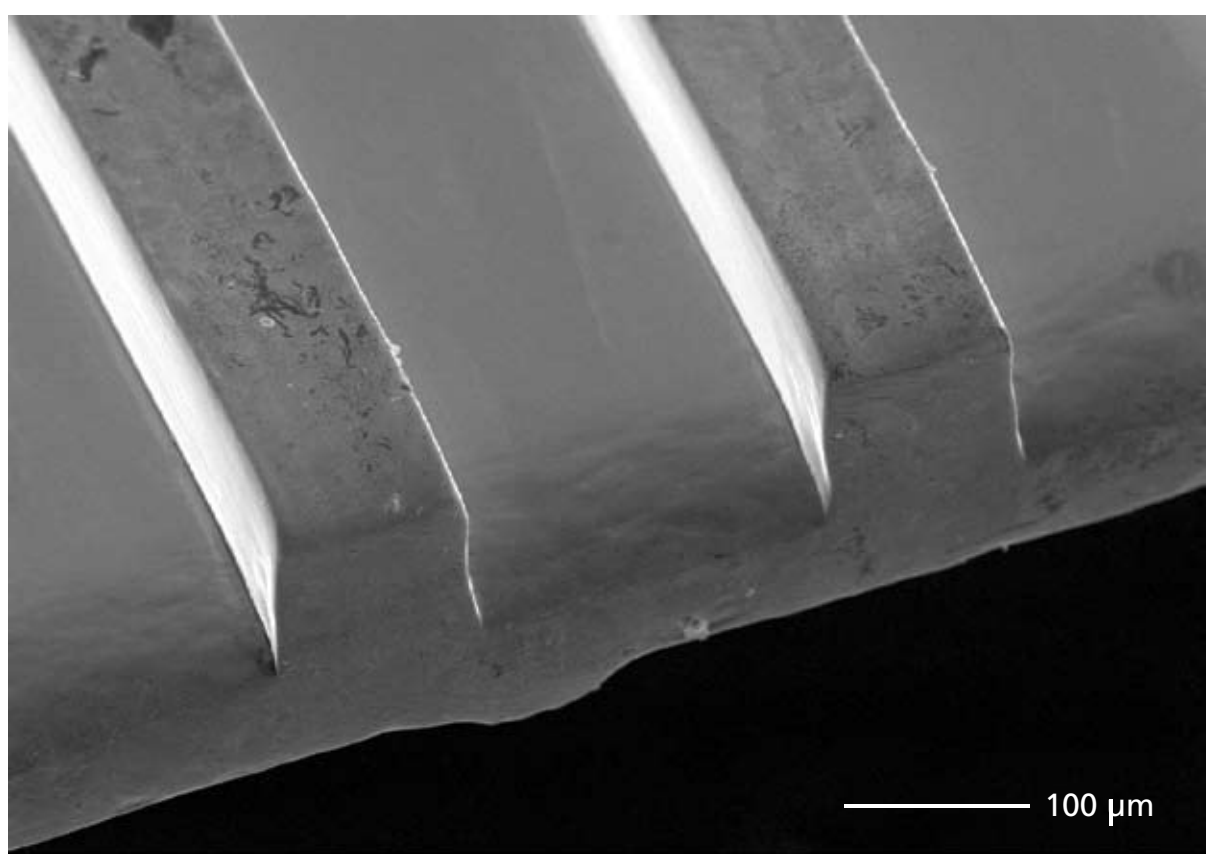


Abb. 2: Kanalquerschnitte in Mikrostruktur.
Bild Forschungszentrum Karlsruhe

Eine der herausragendsten Eigenschaften der Miniaturisierung ist die mit der Dimensionsverkleinerung einhergehende stetige Vergrößerung der Oberfläche gegenüber dem Volumen: Wird ein Würfel mit der Kantenlänge von 10 cm in einzelne Würfel mit 1 mm Kantenlänge aufgeteilt, dann ergibt sich hieraus bereits eine Vergrößerung des Oberflächen-Volumenverhältnisses um den Faktor 100. (Abb. 1)

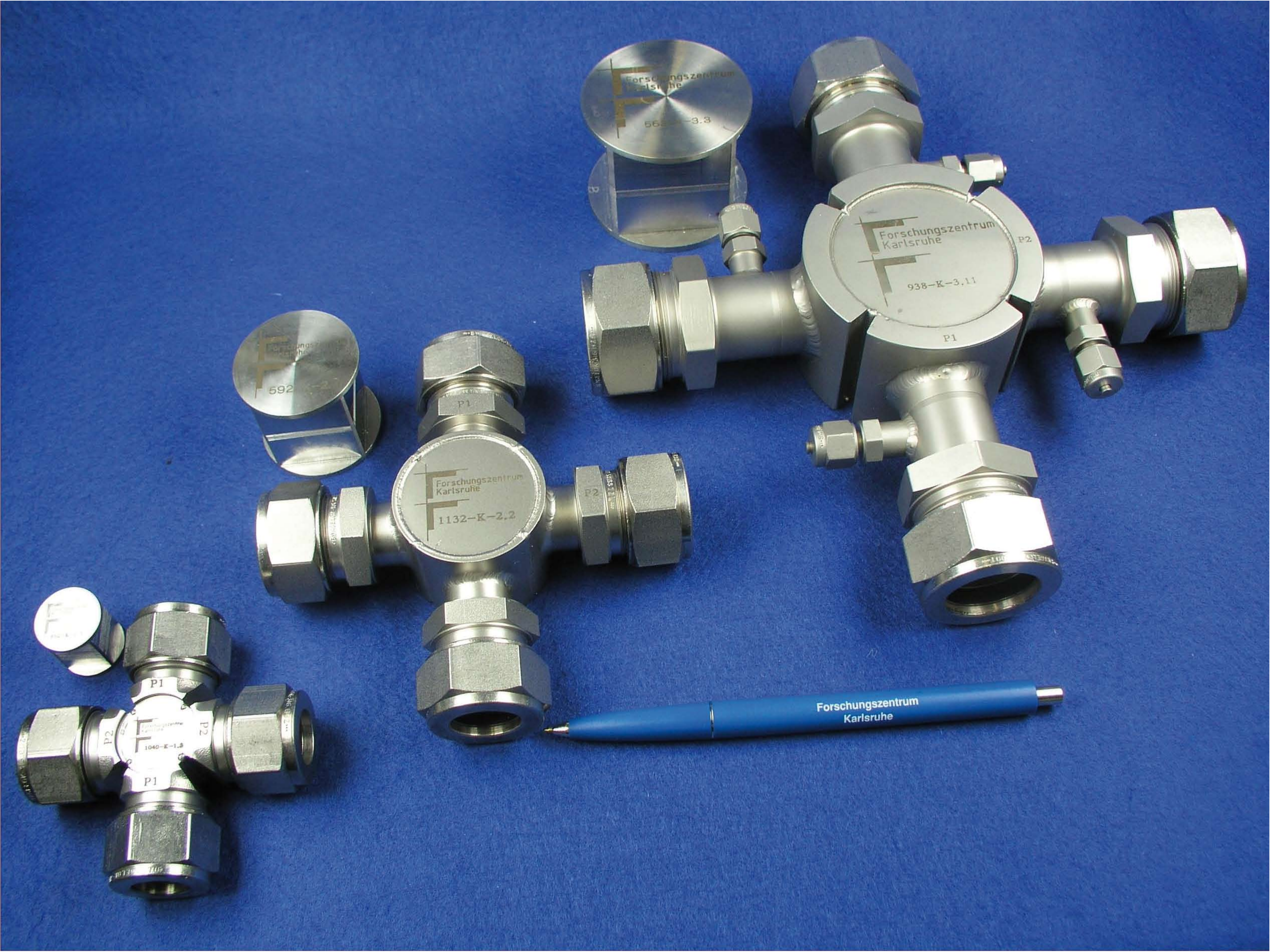
Dies ist einer der Umstände, weshalb am Forschungszentrum Karlsruhe mit großem Erfolg neuartige mikrostrukturierte Wärmeüberträger, statische Mikrovermischer für Gase und Flüssigkeiten sowie diverse Mikroreaktoren für industrierelevante Anwendungen entwickelt werden. Die Mikrostrukturapparate, so die allgemeine Bezeichnung, verbessern insbesondere die Transporteigenschaften wie Stoff- und Wärmeübergang bei chemischen und thermischen Grundoperationen der Verfahrenstechnik. Durch die kleinen Kanalquerschnitte um 100 µm (Abb. 2) liegen die Wärme- und Stoffübergangswerte teilweise um Größenordnungen über denen konventioneller Ausführungen. Durch das standardisierte Design und die Vielfalt an Materialien, in denen die Mikrostrukturapparate am Forschungszentrum gefertigt werden, sind sie miteinander kombi-

nier- und einsetzbar und ermöglichen so die Anpassung an prozessspezifische Bedürfnisse. Die erzielbaren Leistungen sind beachtlich: So überträgt bereits die kleinste Ausführung des in Karlsruhe gebauten Mikrowärmeübertragers eine thermische Leistung von 20 kW. Dies entspricht in etwa dem Wärmebedarf eines Einfamilienhauses und wird in einem Volumen der Größe eines Zuckerwürfels übertragen.

Die Fertigung der Mikrostrukturapparate basiert auf der mechanischen Bearbeitung von Metallfolien aus den unterschiedlichsten Materialien. Hierfür werden unter anderem Präzisionsfräsen und -drehen sowie Mikroerodiertechiken und Ätzverfahren angewandt. Nach der mikromechanischen Bearbeitung werden Stapel von Folien diffusionsgeschweißt und die erhaltenen Grundkörper in standardisierte Gehäuse eingeschweißt. (Abb. 3).

Praktisch genutzt werden die Mikrostrukturapparate bereits in der Umweltverfahrenstechnik, im Automobilbereich und der Lebensmitteltechnologie sowie für die Chemische Synthese und Produktion.

Abb. 3: Mikro-Wärmetauscher in drei verfügbaren Baugrößen. Links oben jeweils die zugehörigen mikrostrukturierten Wärmetauscherelemente.
Bild Forschungszentrum Karlsruhe



Muskeln aus Metall

Nanomaterialien weisen durch das extrem große Verhältnis von Oberfläche zu gefülltem Raum (Volumen) Eigenschaften auf, die von denen unserer Erfahrungswelt stark abweichen. Mit der Entdeckung von nanostrukturiertem Material, das direkt elektrische in mechanische Energie umwandelt, ist nun Wissenschaftlern des Forschungszentrums ein Durchbruch in der Nanowelt gelungen. Weltweit erstmalig lassen sich damit an einem Metall makroskopisch messbare Längenänderungen oder gar sichtbare Bewegungen durch Anlegen von geringen elektrischen Spannungen hervorrufen.

Muskeln aus Metall für Miniaturroboter oder Kleinprothesen sind nur eine der Visionen, die durch die Entdeckung Wirklichkeit werden könnte. Weitere mögliche Anwendungen sind mikroskopische Ventile, adaptive Optiken, Dosier-, Schalt- und Regeleinheiten oder in Umkehrung des Effektes auch Bewegungs- und Kraftsensoren. Alle diese Bauteile sind prinzipbedingt sogar in der Lage, auf Änderungen in ihrer Umgebung selbständig zu reagieren.

Die metallenen Muskeln bestehen aus nanostrukturiertem Platin oder neuerdings auch aus nanoporösen Goldlegierungen. Im ersten Fall wird reines Platin durch Verdampfen und anschließender Kondensa-

tion in einer dünnen Edelgasatmosphäre in weniger als 5 Nanometer große Partikel überführt und durch Pressen zu einem nanoporösen Körper kompaktiert (Abb.1). Durch Eintauchen in einen Elektrolyten, eine Säure oder Lauge, werden dessen Hohlräume ausgefüllt und gleichzeitig der Transport elektrischer Ladungen zu allen Nanopartikeln des Festkörpers sichergestellt. Aufgrund der Nanostruktur ergeben sich bei dem gefundenen Material schon bei kleinen Spannungen von unter einem Volt reversible Längenänderungen, die bisher mögliche Werte bei Metallen um ein Vielfaches übersteigen.

Das Verhalten dieser nanoporösen Materialien ist demjenigen von Piezokeramiken sehr ähnlich, wenngleich ihre Dehnung auf einem völlig unterschiedlichen Prinzip beruht. Tatsächlich ist die maximal mögliche Längenänderung mit 0.15 % für beide Materialien in etwa gleich. Hingegen beträgt die erforderliche Arbeitsspannung der neuen nanostrukturierten Materialien nur etwa 1 Volt, während kommerzielle Piezokeramiken Hunderte bis Tausende Volt benötigen.

Abb. 1: Edelgaskondensationsanlage zur Herstellung nanostrukturierter Partikel, beispielsweise aus Platin.
Bild: Forschungszentrum Karlsruhe

