

Schwindungsfrei sinternde Dentalkeramik

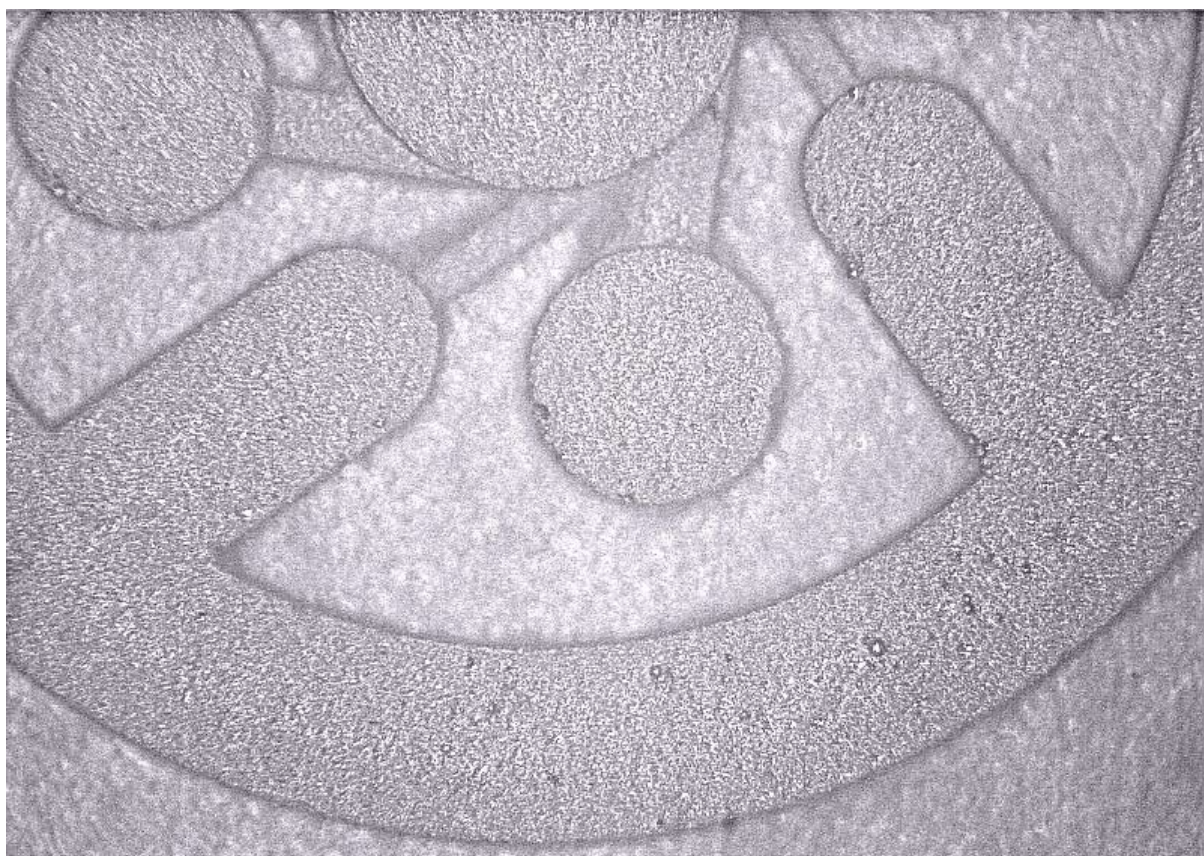


Abb. 3: Keramische Werkstoffe sind auch für die technische Anwendung hochinteressant: Mikrozyklonischer aus schwindungsfrei sinternder Keramik (oben); Lichtmikroskop-Abbildung (unten). Bilder: Forschungszentrum Karlsruhe

Keramische Werkstoffe werden vor allem wegen ihrer besonderen Eigenschaften wie chemische Stabilität, hohe Biokompatibilität und Ästhetik zunehmend in der Zahnmedizin eingesetzt. Insbesondere bei Zahnfüllungsmaterialien und beim Zahnersatz sind die Eigenschaften dieser Materialklasse von besonderer Bedeutung. Allerdings stehen der wirtschaftlichen Herstellung solcher Zahnreplikate material- und fertigungsbedingte Schwierigkeiten im Wege. Keramische Werkstoffe sind feste, anorganisch-nichtmetallische Werkstoffe. Sie liegen im Allgemeinen zunächst in Pulverform vor und erhalten erst bei hohen Temperaturen durch den so genannten Sinterprozess die erwünschte Materialfestigkeit. Das Problem hierbei: Herkömmliche Keramiken „schrumpfen“ bei der Sinterung um bis zu 20 % linear.

Die Sinterschwindung muss bei der Fertigung berücksichtigt werden, in dem der zu sinternde Formkörper entsprechend größer dimensioniert wird. Aus diesem Grund ist der zunehmende Einsatz von vollkeramischem Zahnersatz in den letzten Jahren auch eng verbunden mit der fortschreitenden Entwicklung der CAD/CAM-Technologie in der Dentaltechnik. Mit Hilfe des CAD (Computer Aided Design) Moduls kann das Modell entsprechend vergrößert werden und erleichtert die Herstellung des „individuellen“ Zahnersatzes (Abb. 1). Eine numerische Kompensation der Sinterschwindung ist jedoch bei einer im Rahmen des Programms Mikrosystemtechnik am Institut für Materialforschung des Forschungszentrums entwickelte Keramik nicht erforderlich.

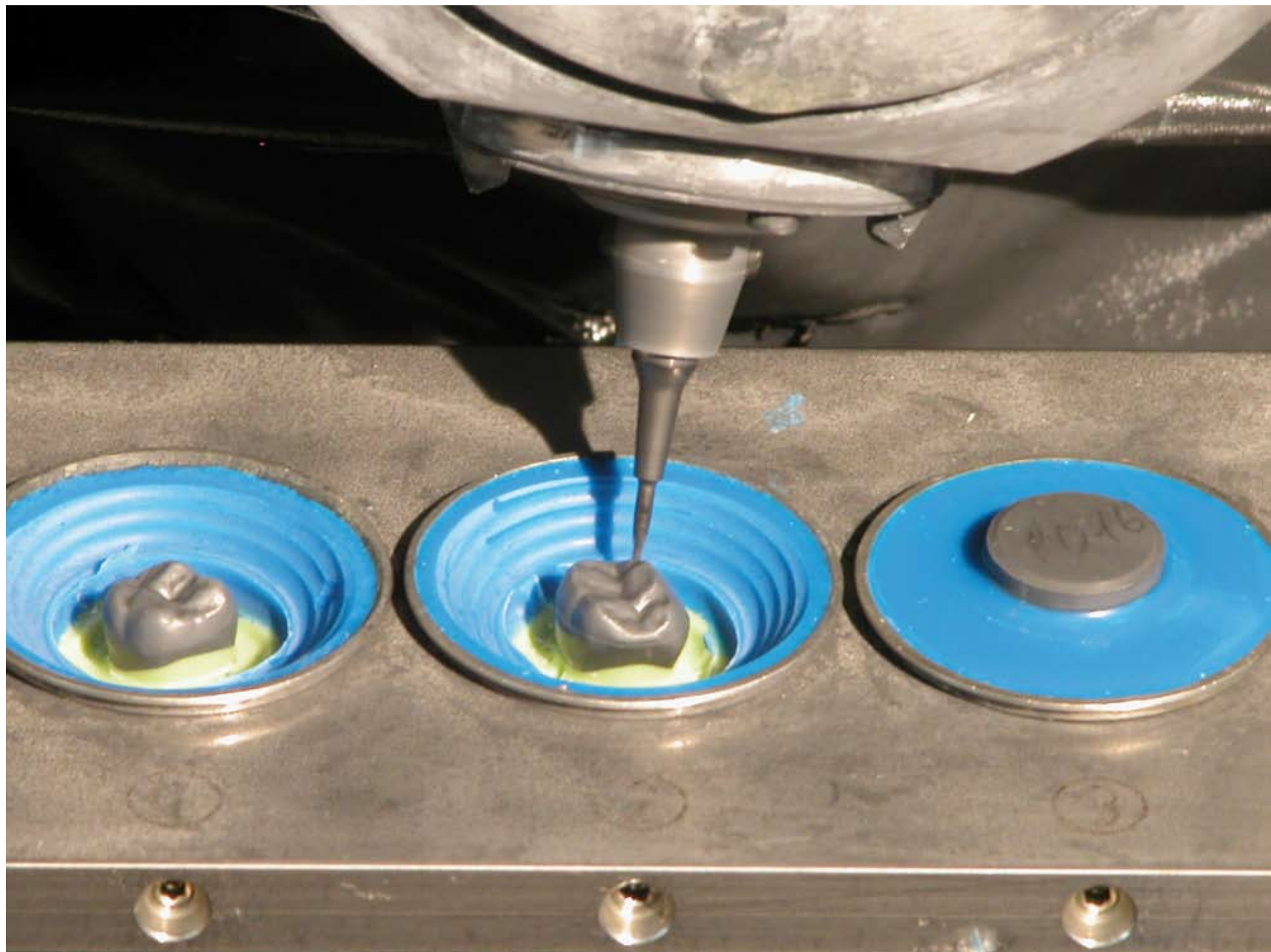
Bei dieser reaktionsgesinterten Zirkonkeramik handelt es sich um eine neuartige, schwindungsfrei sinternde Keramik, die für die Anwendung in der Zahnmedizin weiterentwickelt wurde. Der Sinterschwund wird durch die volumenvergrößernde Oxidationsreaktion von $ZrSi_2$ zu $ZrSiO_4$ und SiO_2 vollständig kompensiert. Neben der intermetallischen Verbindung $ZrSi_2$ sind Zirkoniumdioxid und ein siliziumorganisches Polymer weitere wesentliche Bestandteile des Reaktionssinterverfahrens. Die an sich weiße Keramik lässt sich zudem durch Zugabe verschiedener Pigmente in dentale Grundfarben einfärben (Abb. 2).

Fertigungstechnisch werden die oben aufgeführten Ausgangspulver über ein Granuliertverfahren aufbereitet und dann zu Formkörpern, den so genannten Grünkörpern, verdichtet. Diese Rohlinge weisen eine hohe Festigkeit auf und lassen sich dadurch ideal bearbeiten. Eine detailgetreue Abbildung von sehr feinen Strukturen ist möglich. Im anschließenden Hochtemperaturprozess wird der Zahnersatz form- und dimensionstreu gesintert. Das Modell kann somit in 1:1 Qualität übertragen werden. Die hohe Präzision dieses Verfahren von wenigen Mikrometern, die es auch für andere technische Anwendungen interessant macht (Abb. 3), spiegelt sich in der guten Passung des Zahnersatzes wider. In Verbindung mit dem CAD/CAM-System ist die wirtschaftliche Fertigung von maßgetreuem, vollkeramischem Zahnersatz möglich, der somit für den Patienten finanziell erschwinglich wird.

Abb. 2: Seitenzahnkronen nach der CAD/CAM-Fertigung (auf dem Modell vorne), nach dem Reaktionssintern (auf dem Modell hinten) und farblich gestaltet (vor dem Modell) Bild: Forschungszentrum Karlsruhe



Abb. 1: Computerunterstütztes Fräsen einer Krone Bild: Forschungszentrum Karlsruhe



Handhabungsautomat „Mikro-FEMOS“



Abb. 1: Mikromontagesystem Mikro-FEMOS des Forschungszentrums Karlsruhe auf Basis des Achssystems nanoline der Fa. IEF Werner, Furtwangen.
Bild: Forschungszentrum Karlsruhe

Die Komponenten vieler der hier vorgestellten Mikrosysteme lassen sich über das LIGA- bzw. Heißpräge- oder Spritzgießverfahren wirtschaftlich auch in großer Serie herstellen. Einer Markteinführung neuer Mikrosysteme im großen Stil steht oftmals aber der hohe Montageaufwand entgegen, der aufgrund der „unhandlichen“ Komponentengrößen und der hohen Genauigkeitsanforderungen in der Regel mit Handhabungsautomaten erfolgen muss.

Das Forschungszentrum Karlsruhe hat deshalb zusammen mit Partnern aus der Industrie unter dem Titel „Mikro-FEMOS – Mikro-Fertigungstechniken für hybride mikrooptische Systeme“ ein modulares Fertigungs-, Montage- und Automatisierungskonzept realisiert. Es zeigt am Beispiel der Serienfertigung des mikrooptischen Abstandssensors, wie ein solches Konzept umgesetzt werden kann.

Deutlich wird, dass bereits bei der Einzelerlemente-Konstruktion der automatisierten Montage Rechnung getragen werden muss. Ein Schwerpunkt der Entwicklungsarbeit war deshalb, die mikrooptische Bank des Abstandssensors montagegerecht, beispielsweise durch entsprechen-

de Anschläge und Zentriervorrichtungen an der Grundplatte, zu gestalten. Hierauf abgestimmt wurde eine geeignete Montagemaschine (Abb.1) mit hoch auflösenden Piezoachsantrieben aufgebaut und mit Halterungen für Magazine und Werkstückträger zur Teilebereitstellung ergänzt. Von wesentlicher Bedeutung war in diesem Zusammenhang die wiederum auf das Design des zu montierenden Produkts abgestimmte Gestaltung der Werkzeuge zur Teilehandhabung (Abb. 2). In diesem Kontext stellt oftmals weniger die erzielbare Positioniergenauigkeit als vielmehr das kräftefreie Loslassen des Mikrobauteils am Zielort ein Problem dar. Die prozesssichere automatisierte Montage von derartigen Systemen erfordert daher eine umfassende Betrachtung und Abstimmung aller Teilschritte von der Zuführung bis zum Fügen der Einzelkomponenten (Abb. 3).

Abb. 2: Arbeitsraum des MikroFEMOS-Montagesystems mit Aufnahmen von genormten Werkstückträgern.
Bild: Forschungszentrum Karlsruhe

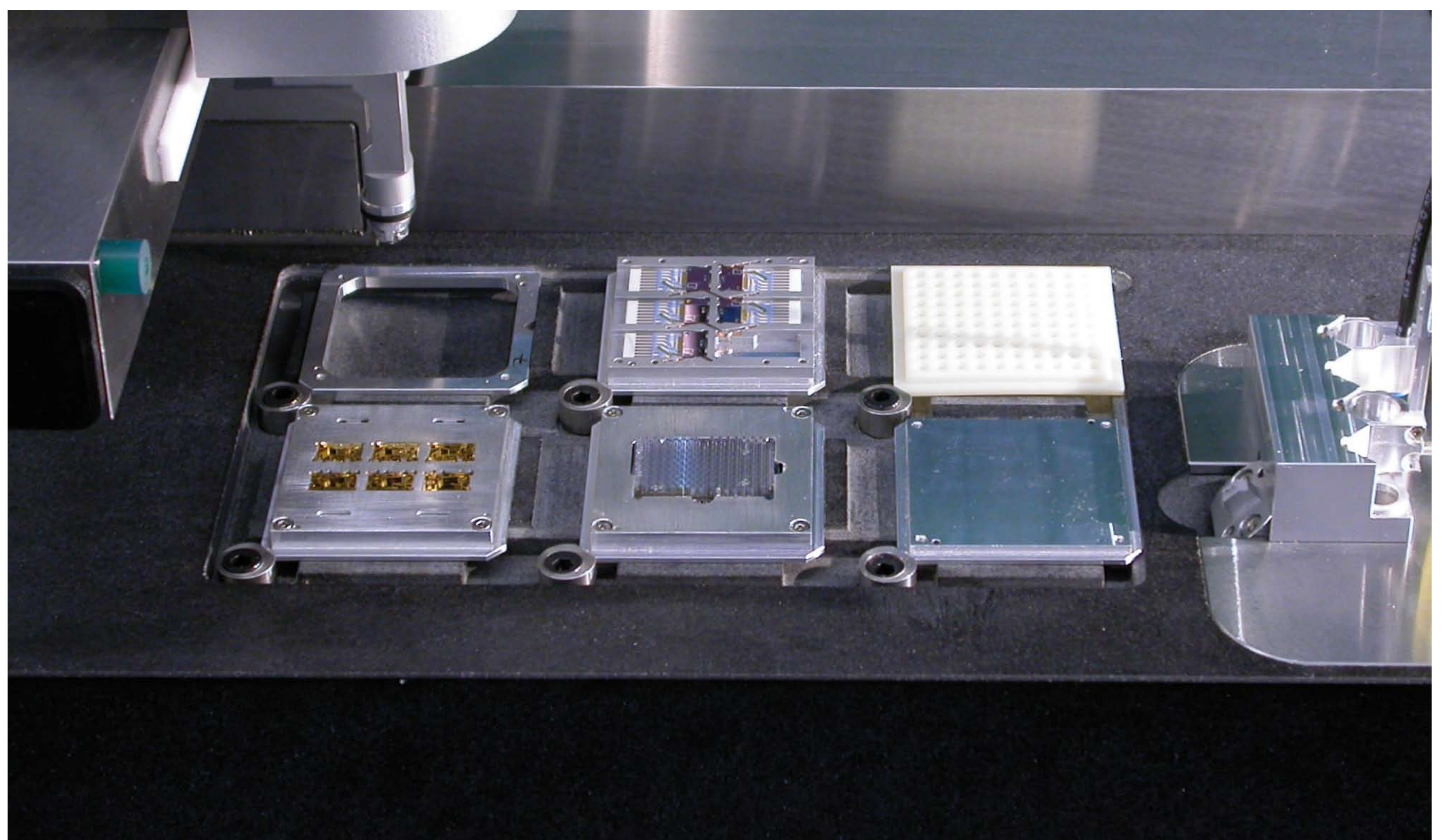


Abb. 3: Montage der Mikrolinse in der Mikrooptischen Bank.
Bild: Forschungszentrum Karlsruhe

