

# Zahnräder für schmierungsfreie Getriebe

**Innovative Hochtechnologie aus dem Forschungszentrum Karlsruhe findet sich seit kurzem im Inneren von hochpräzisen mechanischen Getrieben, z. B. in Schweizer Luxusuhren und in Miniaturgetrieben für kleinste Motoren. Bereits seit einiger Zeit werden Anker und Ankerräder, die wichtigsten Bauteile in mechanischen Uhrwerken, serienmäßig im LIGA-Verfahren hergestellt. Seit kurzem werden die Bauteile auch für die bislang kleinsten Getriebe mit Durchmesser 6 mm eingesetzt.**

LIGA ist ein im Forschungszentrum Karlsruhe entwickeltes Verfahren zur Herstellung von Mikrostrukturen. Die neuartigen Bauteile führen wegen ihrer metrischen Exaktheit, ihrer sehr glatten Seitenwände und der Möglichkeit großer Bauteilhöhen zu einem Qualitätssprung für die Ganggenauigkeit der Uhrwerke und für die Effizienz der Getriebe. Insbesondere durch die Möglichkeit, vollständig auf Schmierung zu verzichten, wird die Lebensdauer der Getriebe deutlich erhöht. Im Uhrenmarkt könnte »LIGA inside« schon bald ein gefragtes Markenzeichen für edle mechanische Uhren mit höchster Ganggenauigkeit sein.

Jedes Mal, wenn bewegte metallische Oberflächen in gleitenden Kontakt mit anderen Materialien kommen, ist eine Schmierung erforderlich. »Gebt mir das perfekte Öl, und ich gebe euch das perfekte Uhrwerk«, schrieb schon vor 200 Jahren der berühmte Uhrmacher Abraham-Louis Breguet. Das perfekte Öl gibt es immer noch nicht. Aber mit Hilfe der neuen Technologie können Teile des Uhrwerks jetzt mit so hoher Präzision gefertigt werden, dass auf die Schmierung vollständig verzichtet werden kann. Dies führt unmittelbar zu größeren Wartungsintervallen und längeren Lebensdauern der Uhrwerke.

Die Schmierungsfreiheit ist auch für Getriebehersteller ein wichtiges Kriterium. Sie interessieren sich für die bei LIGA einzigartige Möglichkeit, annähernd dreidimensionale Zahnräder mit Bauteilhöhen bis 2 mm und größter Ver-

tikalität herzustellen. Dadurch wird die Kraftübertragung im Getriebe noch effizienter. Darüber hinaus bietet ihnen nur dieses Verfahren die Möglichkeit, in Zukunft noch kleinere Getriebe mit 4 mm Durchmesser zu bauen, die mit herkömmlichen Bearbeitungsverfahren wie Drehen und Fräsen nicht mehr herzustellen sind.

LIGA, eine Abkürzung für die Verfahrensschritte Lithographie, Galvanik und Abformung, ist ein am Forschungszentrum Karlsruhe in den 80er Jahren ent-

Genauigkeit der äußeren Form von deutlich unter 1 Mikrometer realisiert werden. Möglich werden diese außergewöhnlichen Eigenschaften durch die Verwendung von Synchrotronstrahlung, wie sie an der Synchrotronstrahlungsquelle ANKA in Karlsruhe verfügbar ist.

Als Material für die Uhrenbauteile wird galvanisch aufgewachsenes Gold eingesetzt, das durch Zugabe geringer Mengen anderer Metalle eine große Härte erreicht. Zudem sind die Goldteile antimagnetisch und korrosionsbeständig, zwei wichtige Eigenschaften in einem mechanischen Uhrwerk. Dies ist besonders wichtig für Anker und Ankerrad, zwei der am meisten beanspruchten Bauteile, die mit hohen Schwingungsfrequenzen maßgeblich für die Ganggenauigkeit der Uhr verantwortlich sind. Für die Getriebezahnräder kommt eine Nickelle-



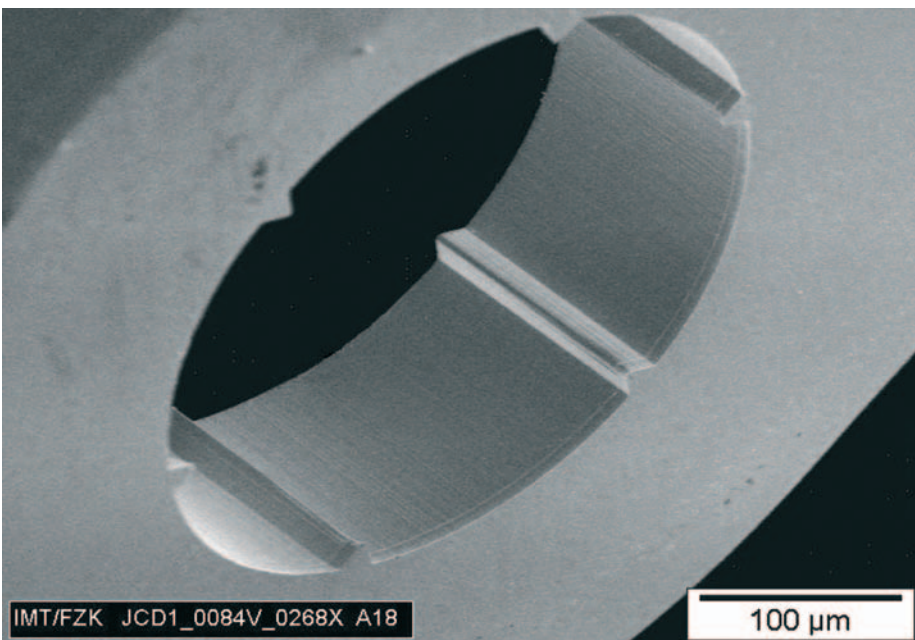
▲ Mikromechanische Präzisionsbauteile nach dem LIGA-Verfahren. Anker und Ankerrad für mechanische Uhrwerke sind aus 99% Gold, die in Nickel-Cobalt hergestellten Zahnräder und Bauelemente erlauben mit Bauteilhöhen bis 2 mm eine optimale Kraftübertragung ohne Schmierung.

wickeltes Herstellungsverfahren für Mikroprodukte. Mit dieser Technologie können eine Seitenwandrauigkeit unter 50 Nanometer und eine metrische

gierung zum Einsatz, die eine große Härte besitzt, damit die Zahnflanken bei den übertragenen großen Kräften möglichst verschleißresistent sind.



▲ Aus dem Innenleben eines mechanischen Uhrwerks: Auswechselbare Hemmungsbau-  
gruppe mit Anker und Ankerrad aus Gold, die mit der neuen Technologie hochpräzise  
hergestellt wurden. (Quelle: H. Moser & Cie.)



▲ Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme eines Ankerdetails für mechanische Uhrwerke.  
Der Herstellungsprozess mit dem LIGA-Verfahren erzeugt so präzise Oberflächen, dass  
auf eine Schmierung der Bauteile verzichtet werden kann.

»Mit der Fertigung der Zahnräder ist uns ein Durchbruch in der Kommerzialisierung der LIGA-Technologie gelungen. In der Uhrenindustrie halten LIGA-Bauteile Einzug in einen von der Öffentlichkeit viel beachteten Massenmarkt, in dem derzeit jährlich über 1 Million Stück abgesetzt werden. Bei den Mikrogetrieben, die heute schon in zahlreichen Anwendungen etwa in der Medizintechnik, bei Präzisionssteuerungen oder in der Raumfahrt eingesetzt werden, wird sich der Trend zur weiteren Miniaturisierung

bei möglichst effizienter Kraftübertragung fortsetzen, wofür das neue Verfah-

ren bestens geeignet ist«, freut sich Professor Dr. Volker Saile, Leiter des Instituts für Mikrostrukturtechnik des Forschungszentrums Karlsruhe. Deshalb baut das Forschungszentrum derzeit an der Synchrotronstrahlungsquelle ANKA im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts FELIG eine weitgehend automatisierte Fertigungsstraße für die Herstellung von LIGA-Bauteilen. FELIG, das ab 2008 betriebsbereit ist, erlaubt eine um den Faktor 20 höhere Fertigungskapazität. Die Herstellungskosten werden aufgrund der Automatisierung gegenüber heute um mindestens 50 Prozent sinken. Durch die Verwendung von LIGA-Bauteilen in mechanischen Uhren und in Mikrogetrieben lernt ein breiter Kreis von potenziellen Anwendern die Technologie und ihre Vorzüge kennen. Durch wettbewerbsfähige Produktionsbedingungen mit FELIG besteht zusätzlich die Möglichkeit, bald weitere kommerzielle LIGA-Produkte, insbesondere mikromechanische Präzisionsbauteile, in großen Stückzahlen zu fertigen. Das Markenzeichen »LIGA inside« kann so bald zu einem gefragten Qualitätsmerkmal für hochpräzise Anwendungen werden.

Autoren:  
Dr. Markus Arendt  
Forschungszentrum Karlsruhe  
ANKA Commercial Service  
Tel.: 0 72 47/82-60 66  
E-Mail: markus.arendt@anka.fzk.de

Dr. Joachim Schulz  
Forschungszentrum Karlsruhe  
Institut für Mikrostrukturtechnik  
Tel.: 0 72 47/2-44 38  
E-Mail: joachim.schulz@imt.fzk.de

Dr. Pascal Meyer  
Forschungszentrum Karlsruhe  
Institut für Mikrostrukturtechnik  
Tel.: 0 72 47/82-39 24  
E-Mail: pascal.meyer@imt.fzk.de