

50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau
von Makro bis Nano /
Mechanical Engineering
from Macro to Nano**

Proceedings

Fakultät für Maschinenbau /
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

Impressum

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten
Andrea Schneider
- Fakultät für Maschinenbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz,
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte,
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß,
Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges,
Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer,
Dipl.-Ing. Silke Stauche
- Redaktionsschluss: 31. August 2005
(CD-Rom-Ausgabe)
- Technische Realisierung: Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau
(CD-Rom-Ausgabe) Dipl.-Ing. Christian Weigel
Dipl.-Ing. Helge Drumm
Dipl.-Ing. Marco Albrecht
- Technische Realisierung: Universitätsbibliothek Ilmenau
(Online-Ausgabe) [ilmedia](#)
Postfach 10 05 65
98684 Ilmenau
- Verlag:  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.
Werner-von-Siemens-Str. 16
98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe): 3-932633-98-9 (978-3-932633-98-0)
ISBN (CD-Rom-Ausgabe): 3-932633-99-7 (978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

Jörg Lehmann / Jens P. Wulfsberg

Angepasste Fertigungsverfahren für skalierte Strukturen

ABSTRAKT

Im Mikromaschinenbau kommen skalierte Fertigungsverfahren nach DIN 8580 zum Einsatz. Skaliert werden hier jedoch nur die verwendeten Werkzeuge, die Mikrobearbeitungsmaschinen selber haben oftmals Abmessungen wie in der konventionellen Fertigung. Im Rahmen der aufkommenden Diskussion um das sogenannte Desktop Manufacturing gilt es daher, neue Konzepte zu entwickeln, die eine starke Verkleinerung der Bearbeitungsmaschinen selbst ermöglichen. Ein mögliches Konzept wird im Weiteren ausführlich vorgestellt.

EINLEITUNG

Nach wie vor wird die Mikrotechnik als eine der wichtigsten Zukunftstechnologien angesehen. Dennoch hat sich, zumindest im Bereich der skalierten Fertigungsverfahren nach DIN 8580, die Mikrofertigungstechnik nicht so rasant entwickelt, wie vorhergesagt. Ursache ist zum einen, dass benötigtes Zubehör (Werkzeuge, Spannmittel, Handhabungseinrichtungen, Messsysteme) nicht bzw. nicht in der erforderlichen Qualität kommerziell verfügbar ist. Zum anderen treten bei den skalierten Verfahren nach DIN 8580 Effekte in den Vordergrund, die bisher in der konventionellen Bearbeitung nur eine untergeordnete Rolle gespielt haben bzw. vernachlässigt werden konnten. Ein Beispiel für solche Größeneffekte ist die Veränderung des Verhältnisses Oberfläche zu Volumen. Je kleiner das Bauteil wird, desto größer wird die Oberfläche im Verhältnis zum Volumen des Bauteils. Dies hat beispielsweise Einfluss auf das Temperaturverhalten des Werkstücks, da dieses sich deutlich schneller erwärmt und auch wieder abkühlt, als Werkstücke in der konventionellen Fertigung.

Ähnliches gilt für die Maschinen zur Herstellung von Bauteilen im Bereich des Mikromaschinenbaus. Die Konzepte, die den Fertigungseinrichtungen zu Grunde liegen, basieren auch auf Verkleinerungen aus dem Bereich der Makrofertigung. Zwar sind die Fertigungseinrichtungen, vertraut man den Herstellerangaben, für die Fertigung von kleinen und

kleinsten Bauteilen optimiert. Dennoch haben solche Maschinen oftmals geometrische Abmessungen wie kleine Fertigungszentren im Makrobereich. Generell ist daher die Frage zu stellen, ob Fertigungseinrichtungen in diesen Größenabmessungen mit Verfahrenwegen der Achsen, die um ein vielfaches höher liegen als die aufgrund der Bauteilabmessungen benötigt werden, überhaupt sinnvoll sind. Es ist daher nicht verwunderlich, dass sich viele aktuelle Forschungsprojekte mit neuen Konzepten für miniaturisierte Werkzeugmaschinen oder allgemeiner mit miniaturisierten Fertigungseinrichtungen beschäftigen. Aktuelle Beispiele sind miniaturisierte Roboter [3] oder Konzepte für schreibtischgroße Fertigungsanlagen [4],[5]

KONZEPT DER MODULARISIERTEN MINIMASCHINEN

Ein Konzept, das am Laboratorium Fertigungstechnik (LaFT) der Helmut-Schmidt-Universität in Hamburg entwickelt wurde, geht aufgrund der oben dargelegten Überlegungen weg von großen, teuren Universalmaschinen, hin zu kleinen, in ihrer Funktion beschränkten, aber dafür in der Anschaffung kostengünstigen Minimaschinen. Das Konzept basiert auf kleinen Modulen, die in ihrer Grundfläche nicht größer als DIN A5 Format sind, so dass problemlos mehrere Fertigungsmodule auf einem Tisch platziert werden können. Jedes dieser Module ist dabei auf eine Funktion beschränkt. Denkbar sind z.B. Bohr-, Nutfräs-, Dreh-Fräsmodule usw., die je nach Bedarf zu einer Fertigungseinrichtung zusammengesetzt werden. Die Kosten für ein solches Modul liegen, nach ersten Abschätzungen, aufgrund der eingeschränkten Funktionalität, im Bereich von wenigen tausend Euro. Skalierte, auf die Mikrotechnik optimierte, Maschinenkonzepte aus dem Makrobereich erreichen hingegen einigen hunderttausend Euro.

WERKSTÜCKTRANSPORT ZWISCHEN EINZELNEN MODULEN

Ein Problem in der Mikrofertigung stellt neben der Bauteilbearbeitung auch die Spanntechnik dar.[1] Neben dem eigentlichen Halten des Werkstücks während der Bearbeitung ist insbesondere der Wechsel der Bearbeitungseinrichtung und das dadurch erforderliche erneute Referenzieren des Mikrowerkstücks ein erhebliches Problem.

Um die Werkstücke zwischen die einzelnen Modulen der vorgestellten modularisierten Minimaschinen zu transportieren, ist am LaFT ein selbstjustierendes Carrier-System entwickelt worden. Im wesentlichen besteht der Werkstück-Carrier aus einem Quader, im Idealfall aus einem Würfel, auf dem das Werkstück gespannt wird. Vorstellbar ist, dass das Werkstück aufgeklebt wird oder in einem Material eingegossen ist. Während der Transport- und Bearbeitungszyklen ist das Werkstück somit sicher und fest auf dem Carrier fixiert, d.h. die Werkstückposition auf dem Carrier

ist an jeder Bearbeitungsstation bekannt. Für eine evtl. erforderliche Mehrseitenbearbeitung kann der Carrier immer in Stufen gekippt werden, so dass z.B. auch Querbohrungen durch ein einfaches Vertikalbohrwerk in das Werkstück eingebracht werden können. Etwaige Fertigungstoleranzen des Carriers können vor dem Einsatz vermessen und auf einem Datenträger gespeichert werden, so dass sie an der entsprechenden Modulstation im Bearbeitungsprogramm Berücksichtigung finden. Bekannt sein muss bei diesem Verfahren lediglich die Lage des Carriers zur Bearbeitungseinrichtung. Dies wird durch eine Dreipunkt-Positionierung gewährleistet, die für jedes Fertigungsmodul vorhanden ist. Abb. 1 verdeutlicht das Konzept in Verbindung mit den bereits vorgestellten Minimaschinen grafisch.

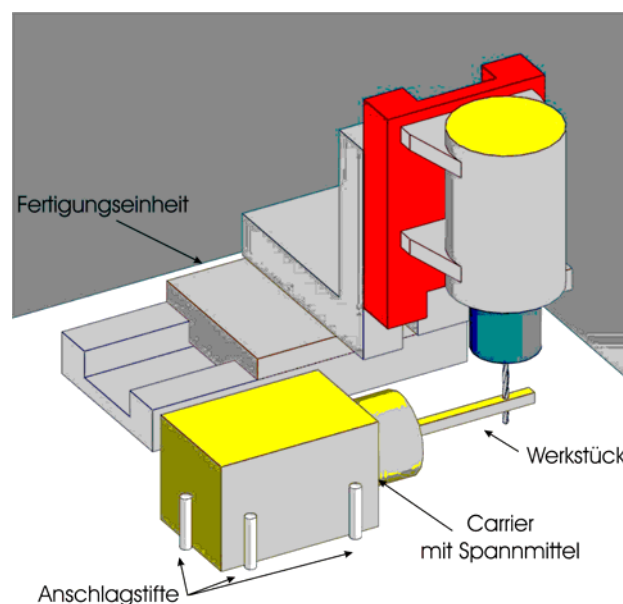


Abb.1: Vereinfacht dargestellte Minimaschine mit selbstpositionierendem Spannsystem

Neben dem als Beispiel beschriebenen Quader als Werkstückträger können auch Carrier mit beliebigen Formen verwendet werden, solange sich diese durch die Dreipunkt-Positionierung ausrichten lassen. Dies ermöglicht z.B. die Verkippung des Werkstücks um andere Neigungswinkel als die 90° Winkel beim Quader.

Das beschriebene selbstzentrierende Spannsystem wurde beim Deutschen Patent- und Markenamt geschützt.[2]

GEKOPPELTE ARBEITSRÄUME

Ausgehend von dem Konzept der modularisierten Minimaschinen und den kleinen Baugrößen der einzelnen Maschinen, ergibt sich für eine solche Maschine ein relativ kleiner Arbeitsraum. Im Verhältnis zur konventionellen Fertigung sind die Maschinen klein gegenüber dem Werkstück. Dadurch können mehrere Maschinen gleichzeitig, an dem Werkstück arbeiten. Grundlage für den Einsatz mehrerer Minimaschinen an einem Werkstück sind eine feste Werkstückposition und bewegliche Maschinen. Abhängig von der Bearbeitungsaufgabe werden die benötigten Minimaschinen an das Werkstück geführt und ihr Arbeitsraum so platziert, dass das Werkstück entsprechend den Erfordernissen bearbeitet werden kann. Die Beweglichkeit der Maschinen ist aufgrund des Konzeptes der Minimaschinen gegeben. Die Positionierung kann durch Einsatz der im Zusammenhang mit dem Carrier-Systems beschriebenen Dreipunkt-Ausrichtung erreicht werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorgestellten Konzepte für angepasste Fertigungsverfahren für skalierte Strukturen ermöglichen die Kaskadierung von mehreren Bearbeitungsräumen verschiedener, unabhängiger Werkzeugmaschinen für die Bearbeitung eines Werkstücks. Die Grundlage für die Positionierung der Miniwerkzeugmaschinen liefert ein für die Mikrofertigung entwickeltes Carrier-System, welches eine Umpositionierung der beteiligten Fertigungseinrichtungen ermöglicht. Das Werkstück behält während der Fertigung seine Position bei und die benötigten Miniwerkzeugmaschinen werden an das Werkstück herangeführt und können dieses gleichzeitig bearbeiten. Da jedoch davon auszugehen ist, dass die Ausführung von parallelen Operationen mehrerer Maschinen einen gemeinsamen, hybrid genutzten Arbeitsraum erzeugt, sind geeignete Strategien zur Kollisionsvermeidung erforderlich.

In ersten Arbeiten wurde bereits das benötigte Carrier-System entwickelt und getestet. Die Entwicklung der benötigten Minimaschinen ist Teil aktueller Forschungsarbeiten.

Literatur- bzw. Quellenhinweise:

- [1] *Wulfsberg, Jens P.; Lehmann, Jörg:*
Spanntechnik für die Mikrofertigung
WT-Online 3/2003 S146 – 149 www.technikwissen.de/wt/2003/03
- [2] *Wulfsberg, Jens P.; Lehmann, Jörg; Bruhns, Franz-L.:*
Selbstjustierendes koordinatentreues Spannsystem für die Mikroproduktion
Deutsches Patent- und Markenamt, München, Aktenzeichen 10 2004 059 456.2

- [3] *Slatter, Rolf; Burisch, Arne:*
Kleine Desktop-Montagelinie mit hoher Präzision
F&M Mechatronik, 5-6/2005, S 38 - 41, Hanser Verlag, München 2005
- [4] *N.N.:*
Die Fabrik der Zukunft steht auf dem Schreibtisch
Trendletter 02/2005 S2, Verlag für die Deutsche Wirtschaft AG, Bonn, 2005
- [5] *Tobias Gaugel, Dirk Malthan, Jörg Kegeler (Hrsg.):*
Produktionssysteme auf Basis von „Plug and Play“- fähigen Prozessmodulen - Ergebnisbericht des Verbundprojektes MiniProd
Fraunhofer-Institut Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart, L-A-T Suhl AG, Suhl, 2004

Autorenangabe(n):

Dipl.-Ing. Jörg Lehmann

Prof. Dr.-Ing. Jens P. Wulfsberg

Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg, Laboratorium Fertigungstechnik

Holstenhofweg 85,

22043 Hamburg

Tel.: 040 / 6541-2610 bzw. -2720

Fax: 040 / 6541-2839

E-mail: Joerg.Lehmann@hsuhh.de bzw. Jens.Wulfsberg@hsuhh.de