

iwb newsletter

3

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften

Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh | Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart | Technische Universität München | www.iwb.tum.de

Sonderforschungsbereich 453: Telepräsenste Montage

Die Anwendung von Telepräsenz- und Teleaktionssystemen in der Montage bringt zahlreiche Verbesserungen für die Arbeitsplatzgestaltung, aber auch für die Qualität und die Produktivität. Am iwb werden im Rahmen des Sonderforschungsbereichs (SFB) 453 Lösungen für die verzögerungsfreie telepräsenste Mikro- und Makromontage erforscht.

Telepräsenz beschreibt die Summe an Sinneseindrücken, die ein menschlicher Operator von einem Ort übermittelt bekommt, an dem er sich nicht aufhält. Es

können visuelle, haptische oder auditive Eindrücke übermittelt werden.

Diese Technologie bietet für verschiedenste Einsatzbereiche enorme Vorteile. So kön-

nen gefährliche oder lebensunfreundliche Umgebungen mit einem robotischen Teleoperator erkundet werden, ohne dass der Mensch präsent sein muss. Auch in der Produktionstechnik kann es von Nutzen sein, den Menschen vom eigentlichen Produktionsvorgang zu trennen. Hierzu wird am iwb der Einsatzbereich der Teleprä-

(Fortsetzung Seite 2)



EDITORIAL

Telepräsenz und Teleaktion ermöglichen es einem menschlichen Operator produktionstechnische Aufgaben trotz großer Barrieren mit hoher Präzision am Zielort auszuführen. So sind Anwender mit Hilfe von Telepräsenzsystemen trotz großer räumlicher Entfernungen, Differenzen in der Skalierung oder beispielsweise einer kontaminierten Umgebung imstande, zielgenau in der nicht zugänglichen Umgebung zu agieren. Während der Nutzer einen Roboter über ein Eingabegerät steuert, kann er die jeweilige entfernte Umgebung wirklichkeitstreu sehen, hören und ertasten.

Derartige Themen stehen im Zentrum des Sonderforschungsbereichs 453 »Wirklichkeitsnahe Telepräsenz und Teleaktion« der Deutschen Forschungsgemeinschaft, dessen Forschungsergebnisse bereits in der Mikromontage oder im medizinischen Bereich Anwendung finden, indem sie beispielsweise risikoreiche Operationen mittels minimal-invasiver Chirurgie erleichtern. Dieser individuelle Nutzen, der sich so für einzelne Patienten durch die Erfolge im Sonderforschungsbereich 453 ergeben kann, wird auf Makroebene durch langfristigen wirtschaftlichen Erfolg komplettiert. Speziell in der Phase der praktischen Umsetzung ist dieser Wissenstransfer in die Industrie und nicht zuletzt die damit verbundene Wertschöpfung durch die Praxispartner von besonderer Relevanz. Das Ziel des iwb besteht nun darin, das erworbene Know-how gemeinsam mit seinen Kooperationspartnern umzusetzen und nachhaltigen gesellschaftlichen Nutzen sowie wirtschaftlichen Erfolg zu generieren. Wir freuen uns auf den Dialog mit Ihnen und auf interessante gemeinsame Projekte.

Herzlichst Ihr

INHALT

Seite 1-3:

- Sonderforschungsbereich 453: Telepräsenste Montage

Seite 3-4:

- Berührungslose Handhabung empfindlicher Bauteile mit Ultraschall-Vakuum-Greifern

Seite 5:

- Das iwb auf der Productronica 2007

Seite 5-6:

- Rückblick Fachkonferenz Fabrikplanung 2007

Seite 6:

- 3D-Erfahrungsforum „Innovation im Werkzeug- und Formenbau“

Seite 7:

- Montage in Bewegung – Die Automatisierung der Fließmontage

Seite 8:

- Seminar Mechatronik
- Schweißtagung 2007

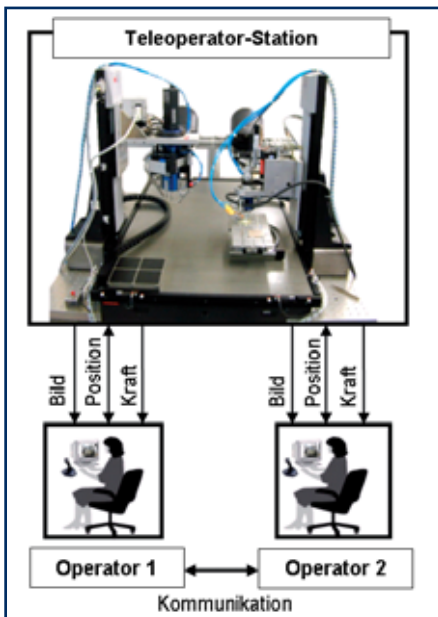


Abb. 1: Telepräsenzsystem mit zwei Operatorarbeitsplätzen

senztechnologie in der Montage betrachtet. Das Projekt wird seit 1999 im Rahmen des SFB 453 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert, die Ergebnisse sollen nun in Zusammenarbeit mit Industriepartnern umgesetzt werden.

Telepräsenste Mikromontage

Die Mikromontage wird bisher für hohe Stückzahlen vollautomatisch ausgeführt, für kleinere Losgrößen bleibt nur die aufwändige manuelle Montage, meist unter dem Mikroskop. Um sowohl den manuellen Montagearbeitsplatz ergonomischer zu gestalten als auch eine flexible Anpassung der Montage vom manuellen bis zum teilautomatisierten Betrieb zu ermöglichen, ist

der Einsatz der Telepräsenztechnologie gut geeignet.

Sie ermöglicht es auch, über eine räumliche Trennung hinweg, eine Montageanlage oder einen Roboter intuitiv zu steuern. Somit kann ein im Reinraum platziertes Montagesystem von außerhalb der reinen Umgebung bedient werden, sodass der Partikeleintrag durch den Menschen vermieden wird. Des Weiteren werden bei der manuellen Steuerung Größen- und Kräfteunterschiede zwischen Makro- und Mikrowelt durch die Skalierung der Daten überwunden.

Besonders wichtig hierbei ist, dass die Steuerung nicht über eine Computertastatur oder -Mouse erfolgt, sondern dem Bediener ein Eingabegerät, z.B. ein Joystick, zur Verfügung gestellt wird, welches eine intuitive Bewegungssteuerung erlaubt. Für Rückmeldungen über Greifvorgänge oder Kollisionen muss das Eingabegerät mit einer Krafrückkopplung ausgestattet sein.

Diese Trennung von Mensch und Montage-mittel eröffnet verschiedene Möglichkeiten um die Montage flexibel auf die jeweiligen Produkthanforderungen und Losgrößen anzupassen. So kann ein Bildverarbeitungsprogramm bei der Feinpositionierung unterstützen. Des Weiteren bietet die räumliche Trennung die Möglichkeit, auch aus größeren Entfernungen, beispielsweise von anderen Standorten aus, eine Montageanlage zu steuern, zu warten oder den Bediener vor Ort zu unterstützen.

Insbesondere dieser letztgenannte Aspekt und weitere Szenarien zur Kooperation zwischen mehreren räumlich getrennten Bedienern, aber auch Teleoperatoren im System, sind Forschungsgegenstand der derzeitigen Antragsphase (siehe Abb. 1).

Telepräsenste Makromontage

Zukünftig soll die Telepräsenztechnik sowohl für die Mikromontage als auch für die Makromontage angewendet werden. Zur Montage schwerer und großer Bauteile soll hierzu eine intuitive Robotersteuerung mit Joysticks und Krafrückkopplung entwickelt werden, sodass Schwerlastroboter schnell und intuitiv steuerbar werden. Der Einsatz der Telepräsenztechnologie bietet die Möglichkeit, über Kraftsensorik sowie virtuelle Hindernisse und Führungen Kollisionen des Roboters oder des gehandhabten Bauteils frühzeitig zu erkennen oder zu vermeiden.

Kompensation von Netzwerkverzögerungen

Bei jeder Telepräsenz-anwendung sind Verzögerungen bei der Signalübertragung zu beachten. Da die Steuerkonsole des Bedieners über ein Netzwerk mit der Montagestation verbunden ist, kommt es zu Signalverzögerungen. Beim Austausch von Steuerbefehlen und sensorischen Rückmeldungen, zum Beispiel für die Krafrückkopplung, kann es dadurch zu deutlichen Abweichungen kommen. Solche Verzögerungszeiten verringern nicht nur das Präsenzgefühl des Bedieners, sondern erschweren auch die Durchführung der Montageaufgabe erheblich. Zur Verringerung dieser Latenzzeit wird einerseits eine echtzeitfähige Systemarchitektur verwendet (Abb. 2) und andererseits die Netzwerkverzögerung durch Prädiktionsalgorithmen zur Bewegungs- und Krafvorhersage reduziert.

Systemarchitektur

Abbildung 2 zeigt den Systemaufbau. Die Entwicklungs- und Simulationsaufgaben

MITARBEITER

Neue Mitarbeiter

- Dipl.-Ing. Rüdiger Daub
- Dipl.-Ing. Alexander Götzfried
- Sigrid Harnauer
- M.A. Stephanie Holzer
- Dipl.-Inf. Frédéric-Felix Lacour
- Dipl.-Ing. Mirko Langhorst
- Dipl.-Ing. Markus Ruhstorfer
- Dipl.-Ing. (FH) Johannes Scharer
- Dipl.-Math. Alexander Schober
- Dipl.-Ing. Winfried Schüngel
- Dipl.-Ing. Christian Thiemann

Ausgeschiedene Mitarbeiter

- Mehrdad Adrom
- Dipl.-Ing. Markus Hörwick
- Dr.-Ing. Wolfgang Sudhoff
- Dipl.-Ing. Georg Wünsch

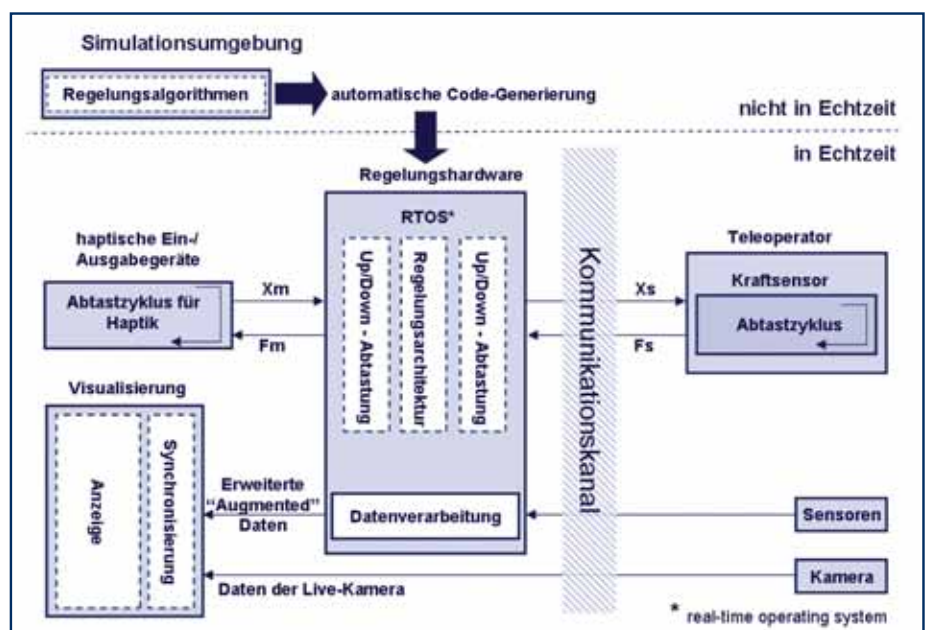


Abb. 2: Systemarchitektur des Telepräsenzsystems

laufen unter einem nicht echtzeitfähigen System, während die zeitkritischen Aufgaben unter Echtzeitbedingungen ausgeführt werden müssen. Die nicht echtzeitfähige Umgebung ermöglicht den Entwurf und die Simulation der Regelungsstrategie mit Hilfe von graphischen Modellierungswerkzeugen, welche den Entwurfsvorgang wesentlich erleichtern. Danach erfolgt eine automatische Code-Generierung, sodass dieser Code in der Echtzeitumgebung ausgeführt werden kann.

Dieses System aus echtzeitfähigen und nicht echtzeitfähigen Komponenten ermöglicht neben einer sehr schnellen Übertragung der Steuerbefehle die Synchronisierung zwischen visuellen und haptischen Signalen. Somit kann ein sehr realer Eindruck der Vorgänge vom Teleoperator an den Bediener zurückgeliefert werden.

Prädiktion

Neben der Implementierung eines Echtzeitbetriebssystems wird auch der Ansatz der Prädiktion zur Reduzierung von Netzwerkverzögerungen im Rahmen des SFB 453 erforscht.

Prädiktion bedeutet, dass auf der Operatoreseite die Bewegungen des Bedieners für eine kurze Zeitspanne vorhergesagt

werden. Damit kann der Teleoperator trotz auftretender Latenzen quasi gleichzeitig die Bewegungen ausführen, die der Operator ihm vorgibt.

Für eine ergonomische Steuerung trotz Verzögerungszeiten wurden deshalb die zu prädizierenden Größen sowie die möglichen Prädiktionsalgorithmen, wie beispielsweise Support Vector Regression, neuronale Netze, Kalman Filter und Double Exponential Smoothing, untersucht.

Trotzdem traten ab einer Prädiktionszeit von mehr als 200 Millisekunden erhebliche Fehler auf, da die zur Verfügung stehende Information nur eine beschränkte Vorhersage erlaubte. Ohne Prädiktionsalgorithmen war der Fehler der Zeitverzögerung jedoch so groß, dass eine intuitive Steuerung des Teleoperators für den Menschen nicht mehr möglich war. Folglich konnten auch Montageoperationen nicht mehr mit ausreichender Sicherheit und Genauigkeit ausgeführt und Hindernissen nicht rechtzeitig ausgewichen werden.

Schließlich wurde der Einsatz von Trägheit in haptischen Geräten als ein Stabilitätsmechanismus untersucht. Die Simulation von Trägheit im Eingabegerät führte zu einer Glättung der Steuerbewegung. Es wurde u.a. betrachtet, inwiefern höhere Träg-

heitswerte die Operatorperformanz von Netzwerken mit verzögerter Kommunikation verbessern.

Neben der Vorhersage von Steuerbewegungen ist auch die Vorhersage von Kräfteinwirkungen am Teleoperator und damit die Krafrückkopplung zum Bediener ein wichtiger Schwerpunkt.

Hier sind für die Prädiktion bei Kontaktvorgängen haptische Informationen erforderlich, um davon ausgehend die zukünftige Kraft zu bestimmen. Das heißt, dass dem Anlagenbediener Krafrückkopplungen ohne große Verzögerungszeiten zur Verfügung gestellt werden müssen. Andernfalls kommt es zu Instabilitäten und die Ausführung von Handhabungs- oder Montagevorgängen wird unmöglich. Im Gegensatz zu kontaktmechanischen Arbeiten in einem früheren Projekt mit unverformbaren Körpern liegt nun der Fokus auf Kontakten zwischen stark deformierbaren Kontaktpartnern, den so genannten weichen Kontakten. Forschungsgegenstand sind Kontaktmodellierungen und die Kontaktalgorithmen sowie deren Anwendung zur Kontaktkraft-Prädiktion.

*Andrea Reiter,
Sherif Zaidan,
Marwan Radi*

Berührungslose Handhabung empfindlicher Bauteile mit Ultraschall-Vakuum-Greifern

Durch die anhaltende Miniaturisierung von elektronischen und mikrosystemtechnischen Produkten bei gleichzeitiger Steigerung des Funktionsumfanges steigt auch die Integrationsdichte der Bauteile in gleichem Maße. Ein Paradebeispiel hierfür sind Mobilfunkgeräte. Da es normalerweise nicht möglich ist, hochintegrierte Bauelemente an deren empfindlichen Funktionsflächen zu greifen, sind für die Handhabung mit herkömmlichen taktilen Greifsystemen, wie z.B. mit Vakuum- oder Randgreifern, funktionslose Greifflächen vorzusehen – wodurch Bauraum „verschenkt“ wird. Einen Lösungsansatz für dieses Problem stellt die berührungslose Handhabung mittels Ultraschall-Vakuum-Greifern dar [1].

Bereits seit Ende der 1990er Jahre ist die berührungslose Handhabung ein Forschungsschwerpunkt am *iwb*. In zahlreichen Forschungsarbeiten werden sowohl die physikalischen Grundlagen erarbeitet als auch Demonstratoren von berührungslosen Handhabungssystemen entwickelt [2,3].

Funktionsweise der Ultraschall-Vakuum-Greifertechnologie

Den prinzipiellen Aufbau eines Ultraschall-Vakuum-Greifers zeigt Abbildung 1. Im gegriffenen Zustand schwebt das Bauteil dabei mit einem Luftspalt von ca. 30 bis 80 µm unter der Sonotroden spitze. Dieser

Schwebezustand wird durch ein Kräftegleichgewicht aus der Gewichtskraft G sowie anziehenden und abstoßenden Kräften erreicht. Die anziehende Kraft F_U wird durch einen Unterdruck p_U erzeugt, welcher durch Bohrungen in der Greiferspitze auf das Bauteil wirkt. Die abstoßende Kraft F_{US} hingegen ist auf den so genannten Rayleigh'schen Schallstrahlungsdruck zurückzuführen [2], welcher im Nahfeld vor der Sonotrode auftritt (Squeeze-Film-Levitation).

Die Entstehung des Schallstrahlungsdruckes erklärt sich dadurch, dass die vor der Sonotrode befindliche Luft durch deren Schwingungen periodisch komprimiert

und expandiert wird und aufgrund der hohen Frequenz kein Wärmeaustausch mit der Umgebung stattfinden kann – es liegt also eine adiabatische Zustandsänderung vor. Das zugehörige p - V -Diagramm (Abb. 2) zeigt, dass sich dabei ein Mitteldruck p_m einstellt, welcher größer als der Umgebungsdruck p_0 ist.

Aus strömungsmechanischen Gründen wird das Bauteil dabei unter der Greiferspitze zentriert – vorausgesetzt, die Querschnittsflächen sind deckungsgleich [3]. Dieser Zentriereffekt ermöglicht ein Verfahren mit hohen lateralen Beschleunigungen.

Verbundprojekt „SonicGrip“

Um die technologischen Grundlagen für einen industriell einsetzbaren Ultraschall-Vakuum-Greifer zu erarbeiten, haben sich das *iwb* und sechs Industrieunternehmen – darunter die *iwb* Ausgründung Zimmermann & Schilp Handhabungstechnik GmbH – im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geför-

(Fortsetzung Seite 4)

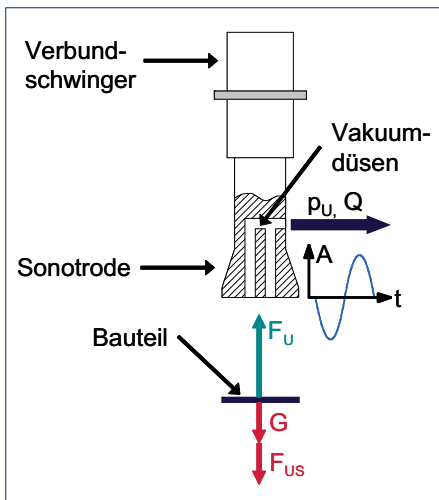


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Ultraschall-Vakuum-Greifers

derten Verbundprojektes „SonicGrip“ zusammengeschlossen.

Innerhalb des Projektes wird die berührungslose Handhabungstechnologie für zwei unterschiedliche Anwendungsszenarien jeweils durch einen Bestückungsanlagenhersteller und einen Anlagenbetreiber erprobt. Ein Szenario befasst sich mit der automatisierten Leiterplattenbestückung von Oberflächenwellenfiltern bei großen Stückzahlen, das andere mit der hochpräzisen semimanuellen Kleinserienbestückung von Dehnmessstreifen. Zentrale Arbeitspakete sind dabei die Weiterentwicklung des bereits existenten Prototypen eines Ultraschall-Vakuum-Greifers (Abb. 3), dessen Integration in industrielle Handhabungssysteme sowie die Erprobung und Qualifizierung der Bestückprozesse.

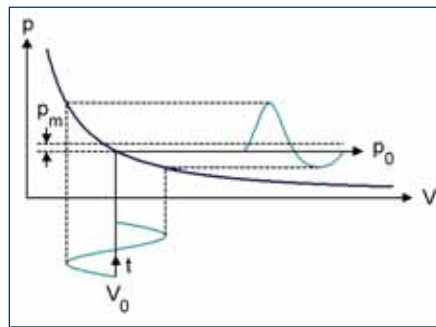


Abb. 2: p-V-Diagramm einer adiabatischen Zustandsänderung

Im Rahmen der Weiterentwicklung des Greifers sind die Miniaturisierung des Ultraschall-schwingers und der Leistungselektronik sowie die Erweiterung der Bauteilflexibilität die vorrangigen Ziele. Sie stellen eine wesentliche Voraussetzung für den erfolgreichen industriellen Einsatz dar. Um eine zuverlässige und dennoch flexible Integration der Ultraschall-Vakuum-Greifertechnologie in die Bestückungsanlagen zu gewährleisten, müssen einheitliche Systemschnittstellen für die mechanische Ankopplung sowie für die Übertragung von elektrischer und pneumatischer Energie entwickelt werden. Zur Realisierung der Bestückprozesse werden außerdem auf die Bauelemente und den Greifer angepasste Zuführungsmodule entwickelt und in die Bestückungsanlagen integriert. Insbesondere bei der automatisierten Bestückung ist dabei auf eine gute Synchronisation von Greifer und Zuführmodul zu achten. Neben den bereits angesprochenen gerätetechnischen Entwicklungsaspekten liegt ein zweiter, eher prozessbezogener Forschungsschwerpunkt auf der Ermittlung von Kennwerten über die erreichbare Posi-

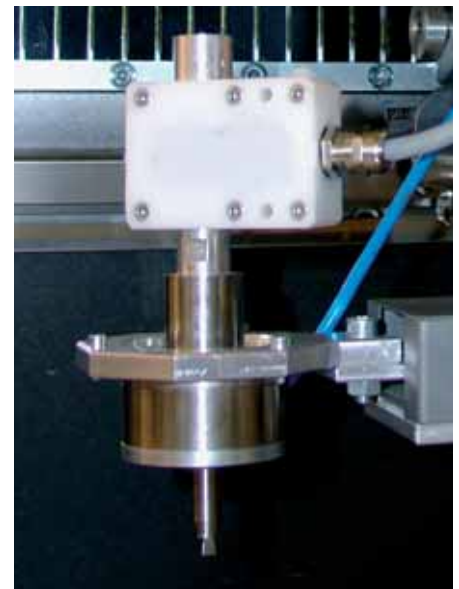


Abb. 3: Prototyp des Ultraschall-Vakuum-Greifers

tioniergenauigkeit, Verfahrensbeschleunigung des Handhabungsgerätes, Zentrier- und Fügekraft sowie auf der Untersuchung der Zuverlässigkeit beim berührungslosen Aufnehmen und Absetzen des Bauteils. Das Ziel hierbei ist die Realisierung einer Online-Prozessüberwachung.

Zusammenfassung

Die Ultraschall-Vakuum-Greifertechnologie ermöglicht die schonende, berührungslose Handhabung empfindlicher Bauteile. Das iwb forscht im Rahmen des Verbundprojektes „SonicGrip“ zusammen mit seinen Projektpartnern daran, diese vielversprechende Technologie zur industriellen Anwendungsreife zu führen. Die ersten Projektergebnisse werden auf der Productronica 2007 präsentiert.

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 02PG2324 gefördert und vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe betreut.

Matthias Baur

Literatur

- [1] Zäh, M. F.; Franzkowiak, M.; Zitzmann, A.: Non-contact Grippers for Micro Assembly. In: MICRO SYSTEM Technologies, München. Poing: Franzis 2005, S. 156–163.
- [2] Höppner, J.: Verfahren zur berührungslosen Handhabung mittels leistungsstarker Schallwandler. München: Utz, 2002 (iwb Forschungsberichte 164).
- [3] Schilp, M.: Auslegung und Gestaltung von Werkzeugen zum berührungslosen Greifen kleiner Bauteile in der Mikromontage. München: Utz, 2006 (iwb Forschungsberichte 199).

BERICHTE

■ iwb Seminarberichte

Gunther Reinhart, Michael Zäh (Hrsg.)

Rapid Manufacturing
Erfolgreich produzieren durch innovative Fertigung

Gunther Reinhart, Michael Zäh (Hrsg.)

Produktionsmanagement
Schlank im Mittelstand

Gunther Reinhart, Michael Zäh (Hrsg.)

Mechatronik
Vorsprung durch Simulation

Gunther Reinhart, Michael Zäh (Hrsg.)

RFID in der Produktion
Wertschöpfung effizient gestalten

TERMINE 2007

■ iwb Seminare

Mechatronik – Vorsprung durch Simulation

18.10.2007 – iwb Garching (bei München)

Innovative Schweißverfahren in der Produktion – Verfahrensgerechte Produkt- und Prozessgestaltung

17./18.10.2007 – Neu-Ulm

■ Kongresse und Konferenzen

Productronica 2007

13.11. – 16.11.2007 – München

EuroMold 2007

05.12. – 08.12.2007 – Frankfurt/Main

münchener kolloquium – Führungskräftegipfel

23.10.2007 – Garching (bei München)

Das iwB auf der Productronica 2007

Im Rahmen des Ausstellungsschwerpunktes „MicroNanoWorld“ wird auf der Productronica das Zukunftsthema Mikroproduktion präsentiert, das nicht nur in der Elektronikbranche immer mehr an Bedeutung gewinnt. Der Stand des iwB zeigt dazu aktuelle Forschungsergebnisse aus dem Forschungsfeld Mikromontage.

Zusammen mit der preisgekrönten Ausgründung Zimmermann & Schilp Handhabungstechnik präsentieren die Mitarbeiter des iwB auf der diesjährigen Productronica neueste Forschungsergebnisse aus der Mikromontage mit besonderem Schwerpunkt auf der Mikrohandhabung. Dabei sind neben automatisierten Lösungen auch Ansätze zur manuellen Mikromontage vertreten.

Automatisierte Handhabung in der Mikroproduktion

Probleme bei der Handhabung von Bauteilen aus dem Bereich der Mikroproduktion bereiten in der Regel nicht nur die empfindlichen Oberflächen, sondern auch ungünstige Verhältnisse von Oberflächen- zu Volumenkräften. Dadurch lösen sich die Bauteile nicht aufgrund ihres Eigengewichtes von einmal berührten Greifflächen ab, was die Handhabung zusätzlich erschwert. Ein Lösungsansatz für diese Probleme ist die berührungslose Handhabung mittels Ultraschall. Dazu zeigt das Mikromontageteam des iwB verschiedene Greiferausführungen, mit denen Bauteile wie Dies oder Wafer gehandhabt werden. Beispiele aus dem Serienbetrieb

werden vom Mitaussteller Zimmermann & Schilp Handhabungstechnik präsentiert. Die 3D-Montage von hybriden, optischen Mikrosystemen verlangt höchste Genauigkeiten bei der Platzierung der einzelnen Bauteile. Dazu entwickelt das iwB eine In-line-Justage-Strategie, bei der bereits vorhandene Produktaktoren zur Ausrichtung der Funktionsbauteile verwendet wird. Zur automatischen Zuführung von Bauteilen mit kleinen Orientierungsmerkmalen zeigt das iwB ein Zuführgerät auf Basis des Vibrationswendelförderers. Leicht wechselbare Schikanen ermöglichen dabei den Einsatz des Gerätes für verschiedene Bauteile.

Manuelle Mikromontage durch Telepräsenz

Beim Fügen von Mikrobauteilen bietet der Elektronenstrahl neben dem Schweißen, Löten und Abtragen auch gleichzeitig Möglichkeiten zur Qualitätskontrolle. Alle diese Funktionen sind in einem Mikroproduktionszentrum, das von den Wissenschaftlern des iwB mitentwickelt wird, realisierbar. Hierzu werden Proben von Beispielbauteilen sowie geeignete Handhabungsvorrichtungen ausgestellt.



Probleme der manuellen Mikromontage, wie die schnelle Ermüdung des Fachpersonals oder die genaue Positionierung von Mikrobauteilen, können mit Hilfe der Telepräsenzanlage des iwB gelöst werden. Durch Sensorik und Force Feedback-Geräte erhält der Anlagenbediener nicht nur visuelle, sondern auch taktile Rückmeldungen über Greifwiderstände oder Hindernisse bei der manuellen Handhabung von Bauteilen.

Lernen auch Sie die neusten Forschungsergebnisse des iwB anhand interessanter Exponate am Messestand B5/241 kennen. Das Mikromontageteam freut sich auf Ihren Besuch!

Michael Loy

Rückblick Fachkonferenz Fabrikplanung 2007

Wie lassen sich Fabriken in neun Monaten aufbauen? Welche Abläufe und Vorgehensweisen sind bei einer Fabrikplanung im Ausland zu beachten? Diese Fragestellungen wurden auf der diesjährigen Fachkonferenz Fabrikplanung von ca. 200 Experten aus Forschung und Industrie diskutiert. Das iwB war als Organisator und Ausrichter an dieser Konferenz beteiligt und mit einem Messestand vertreten.

Der Erfolg und die Zukunft von Unternehmen hängt entscheidend von der Planung und dem Bau effizienter Fabriken ab. Deshalb findet jeweils im 1,5-Jahres-Rhythmus die Deutsche Fachkonferenz



Das iwB auf der Fachkonferenz Fabrikplanung



Fachkonferenz Fabrikplanung

Fabrikplanung statt. Zur siebten Auflage dieser Veranstaltung trafen sich vom 22. bis zum 23. Mai 2007 zahlreiche Experten in Esslingen zur regen Diskussion und zum direkten Erfahrungsaustausch. Die Vorträge der Konferenz gliederten sich in vier Themenblöcke:

- Fabriken für neue Technologien
- Fabriken im Ausland

- Die 9 Monats-Fabrik
- Die nachhaltige Fabrik

Fachkonferenz Fabrikplanung

Begleitend zu der Konferenz fand eine Fachausstellung statt, in der Forschung und Industrie neueste Werkzeuge, Produkte und Dienstleistungen der Fabrikplanung vorstellten.

Auf dieser Ausstellung präsentierte das *iwb* zwei ausgewählte Themenschwerpunkte des Instituts.

Die intensive Zusammenarbeit mit der Industrie verdeutlichte das vorgestellte Bewertungstool PlantCalc®. Die Entwicklung dieser Software, die bereits erfolgreich bei der Bewertung von Fabrikkonzepten zum Einsatz kommt, erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der Siemens AG. Mit der Unterstützung durch PlantCalc® lassen

sich lebenszyklusorientierte Bewertungen von Produktionsstrukturen unter Berücksichtigung von unsicheren Umfeldeinflüssen abbilden. Die starke Rolle des *iwb* in der Forschungslandschaft wurde ebenfalls hervorgehoben; am Beispiel von "CoTeSys (Cognition in Technical Systems)", einer der beiden von der Technischen Universität München geführten Exzellenzcluster, konnte die Kompetenz des Institutes auch bei der Erforschung von Grundlagenthemen aufgezeigt werden. Zahlreiche Besucher informierten sich so am Stand des *iwb* über die kognitive Fabrik der Zukunft.

Insgesamt konnte sich das *iwb* über interessierte Besucher am Messestand, über neue Kontakte und über rege Diskussionen über die vorgestellten Themen freuen.

Pascal Krebs

3D-Erfahrungsforum „Innovation im Werkzeug- und Formenbau“

Im Fokus des diesjährigen 3D-Erfahrungsforums stand insbesondere die wirtschaftliche Gestaltung von Produktionsprozessen. Neue Ansätze in Bereichen der spanenden Fertigung und der Rapid-Technologien, aber auch Simulationsmethoden sowie effiziente Organisationsstrategien wurden thematisiert. Das 3D-Erfahrungsforum lieferte damit erneut wertvolle Impulse für die Branche Werkzeug- und Formenbau.

Der Werkzeug- und Formenbau genießt als eine der Schlüsseltechnologien der deutschen Wirtschaft höchstes Interesse. Eine Studie des VDW (Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken) zeigt, dass diese Branche derzeit einen beträchtlichen Aufschwung erfährt und Deutschland mit 17,3 % (8,2 Mrd. Euro) an der Weltproduktion beteiligt ist. Allein im Jahr 2006 konnte in Deutschland ein Umsatzzuwachs von 4 % erzielt werden. Durch den globalen Wettbewerb, gerade aus dem asiatischen Raum, steigt der Kostendruck allerdings weiter an. Die Fragen nach innovativen Fertigungsverfahren, effizienten digitalen Werkzeugen und Organisationsstrukturen sowie ein nachhaltiger Wettbewerbsvorteil durch Sicherung und Ausbau der Qualitätsstandards deutscher Werkzeuge und Formen gewinnen daher an Priorität. In diesem Themenfeld veranstaltete das *iwb* vom 30. bis 31. Mai 2007 in München in Kooperation mit dem Bayerischen Forschungsverbund „Flexible Werkzeugsysteme – FORWerkzeug“, dem IWF der TU Berlin (Prof. Eckart Uhlmann) sowie dem PTW der TU Darmstadt (Prof. Eberhard Abele) das 3D-Erfahrungsforum – „Innovation im Werkzeug- und Formenbau“.

Referenten aus Wirtschaft und Forschung berichteten in 28 Vorträgen über ihre Ergebnisse und Erfahrungen zu den Themen Digitale Werkzeuge, Rapid-Technologien, Flexible Fertigungsverfahren und Umformtechnik. Unter dem Stichwort „Nachhaltigkeit“ stand weiterhin die Qualitätssicherung im Fokus der Veranstaltung.

Ergänzt wurde die Konferenz durch eine Führung im Werkzeug- und Formenbau

der BMW Group bzw. im Museum „Mobile Tradition“. Ein begleitendes Ausstellerforum mit neun Industriepartnern aus unterschiedlichen Disziplinen rundete den Kongress ab. Des Weiteren bot eine beeindruckende Dinershow unter dem Motto „Chemiker haben für alles eine Lösung“ den Teilnehmern einen Einblick in eine andere Wissenschaftsdisziplin.

Mit mehr als 150 Besuchern an beiden Veranstaltungstagen konnte das 3D-Erfahrungsforum erstmalig in München die über zehn Jahre bestehende Tradition der Seminarrreihe erfolgreich fortsetzen.

*Gregor Branner,
Florian Hagemann*



**Professor Zäh
eröffnet die
Vortragsreihe**



*Impressionen aus
dem Plenum*

Montage in Bewegung – Die Automatisierung der Fließmontage

Die roboterbasierte Montage in Fließmontagelinien wurde in den letzten zwei Jahren im Rahmen eines von der Bayerischen Forschungsstiftung geförderten Projektes untersucht. In dieser Zeit ist am *iwb* Anwenderzentrum in Augsburg ein Prototyp entstanden, der eine nahezu vollständige Synchronisation von Roboter und Bauteil in allen sechs Freiheitsgraden erreicht.

Die förderbandsynchrone Montage, auch Montage in Bewegung genannt, stellt eine Möglichkeit zur wirtschaftlichen Automatisierung von Fließmontagelinien dar. In erster Linie in der Automobilendmontage, aber auch in anderen produzierenden Industrieunternehmen ist die manuelle Montage an einem kontinuierlich bewegten Objekt aktueller Stand der Technik. Diese Form der Montage bietet eine Reihe von Vorteilen, wie beispielsweise die Vermeidung von Taktzeitverlusten und damit die Reduktion von Durchlaufzeiten, die Verringerung der zeitlichen und örtlichen Bindung des Mitarbeiters und die Erhöhung der Reaktionsfähigkeit auf variantenbedingte Schwankungen der Montageumfänge.

Bei der Automatisierung der Montage in Fließmontagelinien muss das Produkt, hier das Fahrzeug, nach heutigem Stand der Technik prozessbedingt aus der Fließlinie ausgeschleust und taktgebunden montiert werden. Aufgrund der dafür notwendigen Puffer- und Beschleunigungsbereiche verringert sich die Wirtschaftlichkeit dieser Montagesysteme in Fließmontagelinien. Darüber hinaus weisen automatisierte Anlagen eine geringere Flexibilität, beispielsweise bezüglich schwankender Stückzahlen oder Produktvariationen, auf. Vorteile automatisierter Systeme liegen jedoch in geringeren ergonomischen Einschränkungen und einer gleichbleibend hohen Qualität.

Um die Vorteile der manuellen und der automatisierten Montage auszuschöpfen, wurde am *iwb* Anwenderzentrum Augsburg ein Robotersystem entwickelt, das eine exakte Bewegungssynchronisation zwischen Basis- und Fügebauteil während des Fließbetriebes gewährleistet und somit eine förderbandsynchrone Montage ermöglicht.

Grundlage des Systems ist ein Sechs-Achsen-Knickarm-Roboter, der auf einer Linearachse verfahrbar ist. Als Fördersystem kommt eine Elektrohängebahn zum Einsatz, die systembedingt Schwingungen um die Fahrachse aufweist und die über keinen geregelten Antrieb verfügt. Als Herausforderungen bei der Synchronisation erweisen sich die Ungenauigkeiten im Laufverhalten des Förderbandes, welche zu Positionsabweichungen von bis zu mehreren



Abbildung 1: Demonstrator am *iwb* Anwenderzentrum

Millimetern bzw. Grad in allen sechs Raumfreiheitsgraden führen. Realisiert ist die Synchronisation durch die Verwendung mechanischer Komponenten und Regelungsstrategien. Hierzu werden sowohl berührungslose Sensoren, wie beispielsweise eine in den Roboter greifer installierte Kamera, als auch berührende Sensorsysteme, wie Kraft-Momenten-Sensoren, eingesetzt.

Durch die Implementierung eines mehrstufigen Regelungssystems lässt sich trotz der vorhandenen Ungenauigkeiten im Laufverhalten des Fördersystems eine Montagegenauigkeit von unter 0,2 mm sicherstellen. Hierzu wird die Grobposition des Fahrzeugs mittels eines Conveyor trackings bestimmt. Daran anschließend übernimmt ein Bildverarbeitungssystem die kontinuierliche Vermessung der aktuellen Feinposition des Bauteils und die Regelung des Roboters. Nach dem Beginn des eigentlichen Montageprozesses, also dem Herstellen einer mechanischen Verbindung zwischen Füge- und Basisbauteil, ermittelt die im Roboter greifer vorhandene Kraft-Momenten-Sensorik die Lageabweichungen zwischen Basis- und Fügebauteil. Mit den detektierten Abweichungen wird eine vorher im Stillstand programmierte Roboterbahn überlagert, sodass keine weitere Adaption dieser notwendig ist.

Die Demonstration der Vorgehensweise erfolgt anhand der Montage eines Rades im Fließbetrieb, siehe Abbildung 1. Dabei wird der gesamte Montageprozess, von der Zuführung des Rades über die Erkennung des Fahrzeuges, die Positionierung und

Orientierung des Rades, die Synchronisation und letztendlich die Montage prototypisch umgesetzt.

Das entwickelte System ermöglicht neben den ergonomischen Vorteilen vor allem die Ausschöpfung wirtschaftlicher Potentiale. Diese sind in der Rationalisierung durch Automatisierung, der Prozesssicherheit, und der Produktivitätssteigerung begründet.

Das Forschungsprojekt „Entwicklung eines Systems zur automatisierten Montage vorzugsweise schwerer Lasten an kontinuierlich bewegte Objekte – Montage in Bewegung“ wurde von der Bayerischen Forschungsstiftung finanziert und zusammen mit den Partnern EST GmbH & Co. KG, BMW Group, KUKA Roboter GmbH, Sturm Maschinenbau GmbH, Quiss GmbH und Schunk GmbH & Co. KG sowie dem DLR entwickelt. Die Abschlussveranstaltung fand am 25. September am *iwb* Anwenderzentrum in Augsburg statt.

Jochen Werner, William Tekouo

GESTARTETE FORSCHUNGSPROJEKTE

Studie Wandlungsfähige Produktionssysteme

01.06.2007 – 31.12.2007

Projektförderer: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) betreut vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe (PTKA)

Simulationsgestützte bauteilbezogene Analyse industriell relevanter Einspannsituationen beim Schweißen

01.07.2007 – 31.12.2009

Projektförderer: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) unterstützt von der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS

Ganzheitliche, rechnergestützte Konfigurationsoptimierung adaptionischer Komponenten für Werkzeugmaschinen

01.09.2007 – 31.08.2009

Projektförderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Schwerpunktprogramm Adaptionik für Werkzeugmaschinen

Seminar Mechatronik

Vorsprung durch Simulation

Die Entwicklung in den produzierenden Unternehmensbereichen ist geprägt durch eine Erhöhung der Flexibilität und Bearbeitungsgenauigkeit sowie durch die Forderung, die Produktionskosten und -zeiten zu senken. Im Bestreben diesen Zielkonflikt zu lösen, werden an den führenden produktionstechnischen Instituten Deutschlands in enger Zusammenarbeit mit der Industrie Methoden zur numerischen Untersuchung von Werkzeugmaschinen und Fertigungsprozessen entwickelt, umgesetzt und abgesichert. Das *iwb* verfügt über langjährige Erfahrungen auf den Gebieten der experimen-

tellen und numerischen Analyse von Werkzeugmaschinen und Fertigungsprozessen. Dabei ist das *iwb* bestrebt, bestehende Ansätze weiterzuentwickeln sowie neue Einsatzgebiete für numerische Methoden zu erschließen. Ein Schwerpunkt der Arbeiten liegt auf dem Transfer der umgesetzten Simulationsmethoden in die industrielle Anwendung.

Im Rahmen des Seminars „Mechatronik – Vorsprung durch Simulation“ erwarten Sie vielfältige Beiträge aus Forschung und Industrie. Durch die Möglichkeit persönlicher Gespräche mit den Referenten und Teilnehmern wird Ihnen diese Veranstaltung quali-

fizierte Antworten auf offene Fragen liefern. Zudem präsentiert das Team des *iwb* Ihnen seine aktuellen Forschungsergebnisse.

Termin/Veranstaltungsort:

18.10.2007, 09:00–17:00 Uhr
iwb, Boltzmannstraße 15, 85748 Garching

Anmeldung/Kontakt:

Tobias Föckerer
Tel.: +49 (0)89/289-15534
Fax: +49 (0)89/289-15555
E-Mail: tobias.foeckerer@iwb.tum.de
www.iwb.tum.de

Schweißtagung 2007

Verfahrensgerechte Produkt- und Prozessgestaltung

Am 17. und 18. Oktober 2007 veranstaltet das Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) in Zusammenarbeit mit dem Carl Hanser Verlag die Schweißtagung 2007. Mehr

denn je ist die beanspruchungs- und gewichtsoptimierte Gestaltung von Bauteilen eine Voraussetzung für erfolgreiche Produkte. Durch den Einsatz neuer Materialien in Verbindung mit einem immer weiter steigenden Kostendruck ergeben sich neue Herausforderungen an die Fügetechnik. Vor diesem Hintergrund werden durch innovative Schweißverfahren und Verfahrenskombinationen weiterhin stoffschlüssige Verbindungen ermöglicht. Die Einführung neuer Schweißtechniken bringt jedoch oft große Herausforderungen mit sich. Bestehende Konzepte können meist nicht ohne Anpassungen des Produkts oder der Prozesstechnik übernommen werden. Die verfahrensgerechte Produkt- und Prozessgestaltung ist deshalb die zentrale Fragestellung des Seminars.

Hierzu werden auf der Produktseite Anforderungen und die Anwendbarkeit innovativer Verfahren beleuchtet.

Prozessseitig werden Maßnahmen, wie z. B. Qualitäts- und Prozesskontrollen zur optimalen Anpassung neuer Schweißtechniken an bestehende Fügeaufgaben vorgestellt.

Themen:

- Besonderheiten und Anwendungsfelder innovativer Fügeverfahren
- Schweißgerechte Konstruktion für innovative Verfahren
- Qualitäts- und Prozesskontrolle
- Integration neuer Verfahren in die Prozesskette
- Auslegung von Fügeprozessen durch Simulation



Termin/Veranstaltungsort:

17./18.10.2007
Edwin Scharff Haus, Silberstraße 40,
89231 Neu-Ulm
17.10.2007, 09:15 - 17:00 Uhr
18.10.2007, 08:30 - 15:15 Uhr

Anmeldung/Informationen:

Carl Hanser Verlag
Claudia Jaekel
Kolbergerstraße 22
81679 München
Tel.: +49 (0)89 99830-674
Fax: +49 (0)89 99830-157
E-Mail: seminare@hanser.de

IMPRESSUM

Der *iwb* newsletter erscheint vierteljährlich und wird herausgegeben vom **Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*)** Technische Universität München Boltzmannstraße 15, 85748 Garching Tel.: 089/289-15500, Fax: 089/289-15555 ISSN 1434-324X Redaktion: Stephanie Holzer (verantw.) Tel.: 089/289-15537 E-Mail: stephanie.holzer@iwb.tum.de Web: www.iwb.tum.de

Herstellung:

dm druckmedien
Paul-Heyse-Straße 31a, 80336 München

Verlag:

Herbert Utz Verlag
Zieblandstraße 7, 80799 München
Tel.: 089/27 77 91-00, Fax: 089/27 77 91-01
E-Mail: info@utzverlag.com
Web: www.utzverlag.com
Natürlich gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Umweltpapier.

Adressverteiler:

Möchten Sie in den Verteiler aufgenommen werden oder hat sich Ihre Adresse geändert? Dann schicken Sie bitte eine E-Mail an info@iwb.tum.de