

#### BÖHLER-UDDEHOLM Deutschland GmbH

Dr. Ingrid Jung  
Hansaallee 321  
40549 Düsseldorf  
Tel.: 0211 522-2241  
Fax: 0211 522-2244  
E-Mail: Ingrid.Jung@boehler.de  
www.boehler.de

**Branche:**  
Handel mit Stahl und Produkten aus Stahl

**Projektschwerpunkte:**  
Prozesstechnologie (Werkstoff)

#### CAMAIX GmbH

Andreas Grimm  
Ritterstraße 12A  
52072 Aachen  
Tel.: 0241 94917-0  
Fax: 0241 9019056  
E-Mail: andreas@camaix.com  
www.camaix.intrameld.net

**Branche:**  
Ausführungen von CAD/CAE/CAM-Berechnungen und Optimierungen sowie Softwareentwicklungen, Dienstleistungen und Vertrieb

**Projektschwerpunkte:**  
CAD/CAM-Steuerungsmodul

#### GMN Paul Müller Industrie GmbH & Co. KG

Dr. Bernd Möller  
Äußere Bayreuther Straße 230  
90411 Nürnberg  
Tel.: 0911 5691-0  
Fax: 0911 5691-221  
E-Mail: b.moeller@gmn.de  
www.gmn.de

**Branche:**  
Herstellung und Vertrieb von Maschinenspindeln, Hochpräzisionskugellager, Freiläufen und Dichtungen

**Projektschwerpunkte:**  
Polierspindel

#### Malvern Instruments GmbH

Dr. Mark Wingfield  
Rigipsstraße 19  
71083 Herrenberg  
Tel.: 07032 9777-25  
Fax: 07032 77854  
Mobil: 0177 8117435  
E-Mail: mark.wingfield@malvern.co.uk  
www.malvern.de

**Branche:**  
Vertrieb von Laborgeräten für die Partikelanalyse

**Projektschwerpunkte:**  
Prozesstechnologie (Prozessstabilität)

#### Grunewald GmbH & Co. KG

Dr. Georg Wilhelm Dieckhues  
Biemenhorster Weg 19  
46395 Bocholt  
Tel.: 02871 2507-150  
Fax: 02871 2507-900  
Mobil: 0175 9316073  
E-Mail: g.dieckhues@grunewald.de  
www.grunewald.de

**Branche:**  
Modell- und Formbaubetrieb, Werkzeugbau

**Projektschwerpunkte:**  
Prozesstechnologie (Anforderungsdefinition, Qualifizierung)

#### helsacomp GmbH

Wolfgang Abt  
Bayreuther Straße 11  
95482 Gefrees  
Tel.: 09254 80-789  
Fax: 09254 80-197  
E-Mail: wolfgang.abt@de.helsa.com  
www.helsacomp.de

**Branche:**  
Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Elastomer-Membranen, -Formteilen und Dichtungen sowie von Werkstoffverbunden

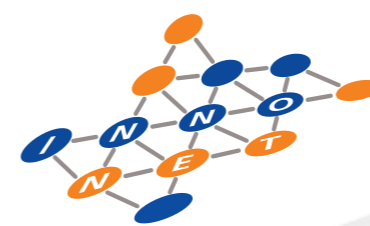
**Projektschwerpunkt:**  
Membranwerkzeug

#### Supfina Grieshaber GmbH & Co. KG

Dr. Claus Maack  
Schmelzegrün 7  
77709 Wolfach  
Tel.: 07834 866-131  
Fax: 07834 866-5131  
Mobil: 0170 4388153  
E-Mail: c.maack@supfina.com  
www.supfina.com

**Branche:**  
Superfinish- sowie Bandfinish-Maschinen, Anbaugeräte und -werkzeuge für die Oberflächenfeinstbearbeitung und Planschleifmaschinen

**Projektschwerpunkte:**  
Gesamtsystem (Anforderungen eines industriellen Prototyps)



# InnoNet

F ö r d e r u n g v o n i n n o v a t i v e n N e t z w e r k e n 1 7 6

## Intelligentes Poliersystem zur Automatisierung der Endbearbeitung im Werkzeug- und Formenbau (MoldFinish)

### Das Projekt

Die übergeordnete Zielsetzung des Vorhabens ist die Entwicklung und Qualifizierung eines integrierten Fertigungssystems für die automatisierte Polierbearbeitung komplex geformter Werkzeuge aus Stahl für den Werkzeug- und Formenbau (siehe Bild). Dadurch wird es möglich sein, den derzeit hohen manuellen und lohnintensiven Aufwand bei der Finishbearbeitung drastisch zu reduzieren, wodurch die Herstellkosten von Werkzeugen verringert und die Wirtschaftlichkeit deutlich erhöht werden. Durch die Realisierung dieser Zielstellungen kann die Wettbewerbssituation des überwiegend mittelständisch geprägten Werkzeug- und Formenbaus am Hochlohnstandort Deutschland nachhaltig gesteigert werden.

Die Grundlage des Automatisierungsansatzes bildet eine prozesssichere und mathematisch beschreibbare Abtragsfunktion eines lokal arbeitenden Polierwerkzeugs. Die Konstanz der Abtragsfunktion wird einerseits durch eine im Rahmen des Projektes zu entwickelnde Polierspindel mit kraftgeregeltem, axial zustellbarem Rotor und andererseits durch innovative Werkzeugkonzepte mit zugehörigen prozesstechnologischen Untersuchungen gewährleistet. Auf Basis dieser geometrisch definierten Abtragsfunktion werden weiterführend Algorithmen entwickelt und in ein maschinennahes CAD/CAM-Modul überführt, um einen konstanten, flächendeckenden Materialabtrag auf einer Werkzeugform zu realisieren. Als Steuergröße für die Maschine dient dabei die lokale Verweilzeit des Polierwerkzeugs. Ziel dieses Ansatzes ist es, auch an stark unterschiedlichen Geometrielementen, wie beispielsweise Radien oder Kanten in einer Werkzeugform, deterministische Materialabträge und reproduzierbare Ergebnisse durch eine rechnerische Bestimmung lokaler Verweilzeiten des Polierwerkzeugs erzielen zu können. Die Führung der kraftgeregelten Polierspindel mit definiert variablen Verfahrensgeschwindigkeiten übernimmt ein Knickarmroboter, der darüber hinaus in der Lage ist, das Werkzeug stets unter einem vorgegebenem Winkel zur Werkzeugoberfläche anzustellen. Somit wird eine konstante lokale Druckverteilung in der Wirkzone zwischen Polierwerkzeug und Bauteil gewährleistet.

Zusammenfassend lassen sich folgende vier Teilziele des Projektes ableiten:

- ▶ Entwicklung einer Spindel mit kraftgeregeltem, axial zustellbarem Rotor und Integration in eine geeignete Maschinenumgebung (Roboter)
- ▶ Entwicklung von Werkzeugen auf Membranbasis zur Gewährleistung einer konstanten Druckverteilung in der Polierwirkzone und somit konstanter Bearbeitungskonditionen
- ▶ Design und praktische Erprobung geeigneter Werkzeugkonzepte auf Membranbasis zur Anpassung an die lokal vorliegende Oberflächengeometrie
- ▶ Entwicklung von Algorithmen und Überführung in ein CAD/CAM-Steuerungsmodul für den Roboter zur Gewährleistung deterministischer, verweilzeitabhängiger Materialabträge

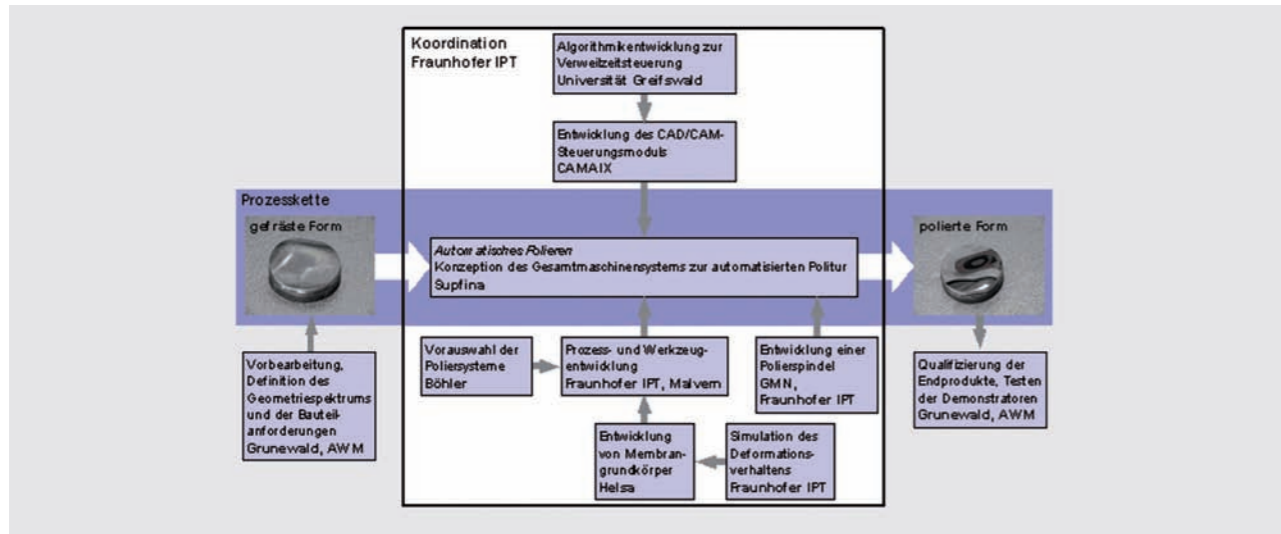


Gefräste und automatisch polierte Freiformfläche aus Werkzeugstahl (Quelle: Fraunhofer IPT)

Dieser ganzheitliche Ansatz zur Automatisierung der Politur im Werkzeug- und Formenbau unterscheidet sich durch die angestrebte deterministische Planung des Materialabtrags und die daraus resultierende Ableitung einer individuellen Bearbeitungsstrategie grundlegend von bisherigen Arbeiten und wird sowohl von Endanwendern als auch Systemherstellern als hochgradig Erfolg versprechend eingestuft. Hiermit wird es weltweit erstmalig möglich sein, Werkzeuge in konstanter reproduzierbarer Hochglanzqualität zu polieren.

### Die Kooperation

Im folgenden Bild ist der Projekt-Flow-Chart mit den wesentlichen Hauptarbeitspaketen dargestellt. Jedem Arbeitspaket ist ein Partner als Hauptverantwortlicher zugeordnet. Dieser überwacht die erfolgreiche Durchführung der geplanten Arbeiten und steuert den Informationsaustausch zwischen den Partnern. Der aufeinander



Projekt-Flow-Chart MoldFinish

abgestimmte Ablauf der Teilaufgaben ist darin erkennbar. Der ganzheitliche Charakter des Entwicklungsansatzes wird durch ein konsequentes Projektmanagement zur Integration der Teilergebnisse in ein Gesamtkonzept seitens des Fraunhofer IPT realisiert. Im Nachfolgenden sind die wesentlichen Arbeitsschwerpunkte mit den beteiligten Partnern aufgeführt.

Die Realisierung einer kraftgeregelten Spindel, die darüber hinaus eine der Rotation überlagerte Bewegung ausführen kann, ist eine wesentliche Voraussetzung für die Realisierung des angestrebten Polierkonzepts, um die Prozessbedingungen auch auf komplexen Freiformflächen konstant zu halten. Hierzu wird die Firma GMN in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IPT eine Spindel mit einem axial beweglichen Rotor konzipieren, der wahlweise über einen elektromagnetischen Aktor kraftgeregelt angestellt werden kann.

Die Firma helsacomp wird Werkzeuggrundträger konzipieren, die aus verstärkten Gummimembranen bestehen. Dadurch lassen sich sämtliche Geometriemerkmale (Kanten, Verrundungen etc.) flexibel und reproduzierbar bearbeiten.

Unabdingbare Voraussetzung für das Erzielen eines deterministischen Materialabtrags ist eine genaue Kenntnis der prozesstechnologischen Vorgänge, um den Materialabtrag stabil und damit reproduzierbar zu gestalten und somit in eine Maschinensteuerung zu integrieren. Dazu sollen im Rahmen des Vorhabens am Fraunhofer IPT eine anwendungsgerechte Prozesstechnologie entwickelt und Prozessführungsstrategien bestimmt werden. Das Fraunhofer IPT wird hierbei von der Firma Malvern Instruments unterstützt, die durch ihre Erfahrung einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung stabiler Poliersuspensionen leisten wird.

Die Firma Böhler fungiert als Stahllieferant, der im Rahmen von Grundlagenversuchen in Abstimmung mit dem Fraunhofer IPT die für den vorliegenden Werkzeugstahl optimalen Poliersysteme qualifiziert. Die Firmen Grunewald und AWM decken unterschiedliche Branchen des Werkzeug- und Formenbaus ab und sind neben der Vorbereitung und der Definition der jeweiligen branchenüblichen Anforderungen

auch für die Qualifikation des Prozesses verantwortlich. Die Entwicklung des CAD/CAM-Steuerungsmoduls wird in enger Kooperation zwischen der Firma CAMAIX sowie der Jacobs University Bremen durchgeführt. Im Gegensatz zu konventionellen Bahnsteuerungen, wie sie beispielsweise bei Fräsprozessen eingesetzt werden, wird hier als innovative Neuigkeit eine dem Polierprozess angepasste verweilzeitbasierte Steuerung entwickelt. Die Integration der neuen Steuerung in die Maschinenumgebung wird durch das Fraunhofer IPT vorangetrieben.

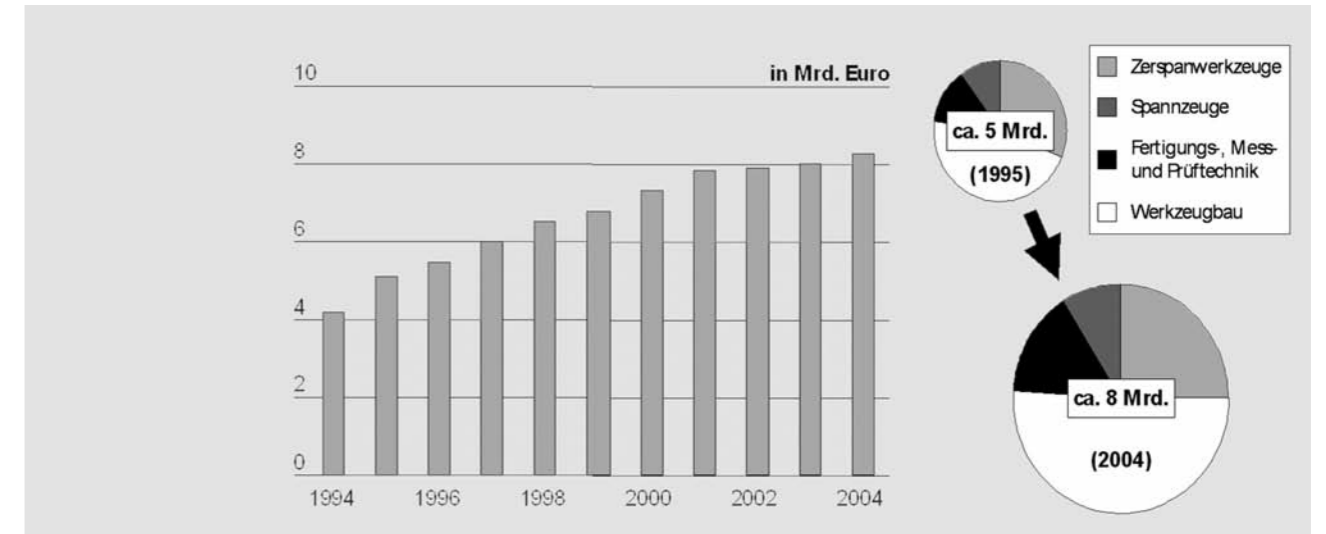
Die Firma Supfina ist für die Konzeption des Gesamtmaschinenprototyps verantwortlich. Dieser besteht neben der Polierspindel aus einem Knickarmroboter mit zugehöriger Steuerung.

### Die Perspektiven

Der Werkzeug- und Formenbau stellt einen der wichtigsten Wirtschaftszweige in Deutschland dar. Nach Berechnungen des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer VDMA wurden allein im Jahr 2004 Präzisionswerkzeuge mit optischem Oberflächenfinish mit einem Produktionswert von mehr als 8 Mrd. Euro hergestellt. Damit stehen die Präzisionswerkzeuge an sechster Stelle innerhalb der gesamten Maschinenbaubranche (siehe folgende Grafik). Es ist nach wie vor eine steigende Tendenz zu verzeichnen.

Die überwiegende Anzahl der in dieser Branche vertretenen Firmen sind kleine und mittelständische Unternehmen (KMU). In ihrer Gesamtheit jedoch kommt diesen Firmen als Lieferant von Werkzeugen für die spanlose Fertigung von Produkten eine Schlüsselrolle zu. So profitieren sowohl die Luft- und Raumfahrt und die Automobilindustrie als auch der Medizin- und Elektronikbereich von den innovativen Produkten des Werkzeug- und Formenbaus. Die Bedeutung dieses Industriesektors geht somit weit über die in der Grafik aufgeführten Zahlen hinaus.

Die kleinen und mittelständischen Werkzeug- und Formenbauer sehen sich einem Markt gegenüber, der zum einen ein zunehmendes Wachstum verzeichnet, zum anderen kürzere Lieferzeiten bei steigender Form- und Oberflächen-



Umsatzentwicklung des Wirtschaftszweigs Präzisionswerkzeuge (2003) (Quelle: VDMA)

qualität aberlangt. Die Folge ist ein steigender Aufwand bei der Fertigung und insbesondere der Endbearbeitung der Werkzeuge mit der Konsequenz, dass viele Firmen trotz ihrer hohen technologischen Kompetenz in diesem Gebiet an die Grenzen ihrer wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit stoßen. Erschwerend kommt hinzu, dass insbesondere durch die Konkurrenz aus Osteuropa und Fernost Produkte auf den Markt kommen, die aufgrund der geringeren Lohnkosten in diesen Regionen mitunter deutliche Preisvorteile zu verzeichnen haben.

Um dennoch wirtschaftlich bestehen zu können, sehen sich viele Firmen dazu gezwungen, ihre Fertigungsstätten in diese Niedriglohnländer zu verlagern. Qualitätsprobleme von Werkzeugformensätzen als auch eine geringe Flexibilität, insbesondere bei häufig auftretenden Reparaturen, sind charakteristisch für eine solche Entwicklung. Als Konsequenz ist ein Abbau von Arbeitsplätzen am Standort Deutschland aufgrund des Kostendrucks zu beobachten. Vor diesem Hintergrund ist eine starke Nachfrage von Formenbauern nach automatisierbaren Finishtechnologien zu verzeichnen, um die Effizienz dieser aufwändigen Endbearbeitungsschritte zu erhöhen. Eine Gewährleistung höchster Bearbeitungsqualität bei gleichzeitiger Flexibilität steigert die Wettbewerbsfähigkeit der Klein- und mittelständisch geprägten Werkzeug- und Formenbauindustrie und sichert den Gesamtbereich Formenbau in Deutschland für die Zukunft.

### Das Projekt im Überblick

Intelligentes Poliersystem zur Automatisierung der Endbearbeitung im Werkzeug- und Formenbau (MoldFinish)

**Technologiefeld / Branche:**

Produktionstechnik

**Laufzeit:**

01.01.2007 bis 31.12.2009

**Projektkosten:**

915.550 Euro

**Förderungssumme:**

660.543 Euro

### Projektpartner Forschung

#### Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT)

(Kordinator)

Prof. Dr.-Ing. Fritz Klocke

Steinbachstraße 17

52066 Aachen

Tel.: 0241 8904-101

Fax: 0241 8904-6101

E-Mail: fritz.klocke@ipt.fraunhofer.de

www.ipt.fraunhofer.de

#### Projektschwerpunkte:

Projektkoordination, Prozesstechnologie, Polierspindel, Membranwerkzeug, CAD/CAM-Steuerungsmodul

#### Jacobs University Bremen

Prof. Dr.-Ing. Lars Linsen

School of Engineering and Science

Campus Ring 1

28759 Bremen

Tel.: 0421 200-3196

Fax: 0421 200-3103

E-Mail: l.linsen@jacobs-university.de

www.jacobs-university.de

#### Projektschwerpunkte:

Algorithmikentwicklung für die Bahnführung

### Projektpartner Industrie

#### Arnstädter Werkzeug- und Maschinenbau AG

Klaus Kleinsteuber

Rudislebener Allee 6

99310 Arnstadt

Tel.: 03628 734-110

Fax: 03628 602260

E-Mail: klaus.kleinsteuber@awm-ag.de

www.awm-ag.de

#### Branche:

Sondermaschinenbau, Werkzeug- und Formenbau

#### Projektschwerpunkte:

Prozesstechnologie (Anforderungsdefinition, Qualifizierung)