

AiF-Vorhaben-Nr:	
AiF-Antrags-Nr.:	/
Blatt-Nr./BA-Nr.:	/

(wird von der AiF eingesetzt)

Kurzbeschreibung zum Forschungsantrag

Anschlussantrag zum laufenden Forschungsvorhaben 18582N

1. Forschungsthema

Prozesskontrolle für die Politur optischer Gläser

2. Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

In den bisherigen Forschungsvorhaben wurden die mechanischen und chemischen Einflussgrößen, die die Qualität und Wirtschaftlichkeit der Politur optischer Gläser beeinflussen, analysiert. Im z.Zt. im Abschluss befindlichen Forschungsvorhaben »Einfluss des Agglomerationsverhaltens von Polierkörnern, Glasabrieb und verwendetem Belag auf das Polierergebnis optischer Gläser« wird durch eine gezielte Variation der Suspensionschemie das Polierverhalten der unterschiedlichen Glassorten charakterisiert. Hierbei wird unter idealen Prozessbedingungen (Verwendung einer jeweils frischen Poliersuspension, gezielte Hinzugabe von Salzen in die Poliersuspension, „einfache“ Werkstückgeometrie), das Polierverhalten einzelner Gläser untersucht. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Art als auch die Konzentration der sich durch den Glasabrieb ansammelnden, gelösten oder ausfallenden Produkte in der Poliersuspension das Polierverhalten signifikant beeinflussen.

Im Rahmen des Anschlussvorhabens sollen die vorliegenden Erkenntnisse in die industrielle Praxis überführt werden. Dazu wurden in einer Diskussion mit den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses die weiteren notwendigen Forschungsarbeiten identifiziert, die eine technische Umsetzung im Sinne einer Prozesskontrolle zur Steigerung der Reproduzierbarkeit unter realen Prozessbedingungen erlaubt. Die Ableitung von Konzepten und Handlungsempfehlungen für die Erreichung von stabilen Prozessfenstern sollen hierzu von den Forschungseinrichtungen erarbeitet werden, da dies von den kmU nicht in der erforderlichen wissenschaftlichen Tiefe geleistet werden kann.

3. Forschungsziel / Ergebnisse / Lösungsweg

3.1 Forschungsziel

Es geht um die Entwicklung von Konzepten für eine optimale Prozesskontrolle bei der chemisch-mechanischen Politur optischer Gläser, vorrangig unter dem Gesichtspunkt einer Erhöhung der Prozessstabilität (Reproduzierbarkeit) sowie einer Steigerung der Produktqualität. Dabei steht die Synchro-Speed-Kinematik zur Politur von Sphären im Vordergrund. Darüber hinaus wird die Planpolitur technischer Gläser für zwei ausgewählte Fälle mit einbezogen.

Ergebnisverwertung durch Industriepartner:

Die erarbeiteten Konzepte werden angewandt:

- für eine sichere und rasche Eingangskontrolle der eingesetzten Medien Polierkorn, Poliersuspension, Polierbelag,
- für eine On-line-Verfolgung und –Kontrolle der ausschlaggebenden Prozessparameter innerhalb ihrer jeweiligen Toleranzgrenzen,
- als Richtlinien- und Maßnahmenkatalog für eine gezielte Anpassung des Prozesses an eine gegebene bzw. variierende Produktpalette,
- als Richtlinien- und Maßnahmenkatalog für gezielte, rechtzeitige Korrekturmaßnahmen bei laufender Produktion.

Damit wird bei vorgegebenem Qualitätsniveau die jeweils minimal mögliche Prozesszeit erreicht und zugleich das Auftreten von Ausschuss minimiert.

Ergebnisverwertung durch die Forschungsstätten:

Es ergibt sich eine Erweiterung und Absicherung der Kenntnisse über die maßgeblichen Parameter, die das Ergebnis eines Polierprozesses bestimmen. Dies ist die Basis für eine effektive Übertragung von Methoden und Konzepten auf benachbarte Fragestellungen, wie die Plan-Politur beliebiger technischer Gläser, die Politur anderer mineralischer Werkstoffe, die Optimierung der Systemkomponenten Polierbelag und Poliermittel für unterschiedliche Anwendungen. Zugleich wird ein Know-How aufgebaut und vorgehalten, mit dessen Hilfe unmittelbar Serviceleistungen für die betriebliche Praxis erbracht werden können.

3.1.1 Angestrebte Forschungsergebnisse

- Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Das übergeordnet angestrebte Forschungsergebnis ist die Identifizierung und Verifizierung der für das Polierergebnis maßgeblichen Parameter und ihre Aufarbeitung als Instrumente der Prozesskontrolle für die betriebliche Praxis.

Der Ausgangspunkt ist ein auf Basis bisheriger Untersuchungen optimal eingestellter Polierprozess. Angestrebt wird die Erkennung und Erfassung aller darüber hinaus gehenden Prozessparameter, die das Polierergebnis maßgeblich bestimmen. Sie betreffen die Systemkomponenten Glas, Polierkorn, Poliersuspension und Polierbelag. Daraus werden erarbeitet:

- Konzepte zur Anpassung des Prozesses – insbesondere der Maschinenleistung – an die unterschiedlichen thermophysikalischen Eigenschaften (Wärmedehnung, Wärmeleitung, Wärmekapazität, Härte, Erweichungstemperatur) der Gläser,
- Konzepte zur Stabilisierung des Flüssigkeitsfilmes im Wirkspalt entsprechend der Grenzflächenenergie zwischen verschiedenen Gläsern und Suspension,
- Konzepte zur Steigerung der chemischen Stabilität der Poliersuspensionen bei zentraler Versorgung der Poliermaschinen; dazu Einteilung der verschiedenen Glassorten in Verträglichkeitsgruppen („Glasfamilien“) anhand der Löslichkeitsgleichgewichte ihrer Komponenten in wässriger Lösung,
- Entwickeln gezielter Maßnahmen zur Unterdrückung von Unverträglichkeiten verschiedener Glassorten,
- Erarbeiten von Schlüsselobservablen, die eine On-line-Verfolgung des Zustandes von Suspensionen in der betrieblichen Praxis erlauben,
- Erarbeiten von Schlüsselobservablen, die eine rasche und sichere Eingangskontrolle von Polierbelag und Polierkorn erlauben.

- Wirtschaftliche Ergebnisse

Die Haupteinsatzgebiete optisch hochpräziser Flächen von Gläsern reichen von der Gebrauchsoptik (z.B. Brillengläser) über die Informationstechnik, digitale Fotografie, Medizintechnik bis hin zur Laserbearbeitung. Dies alles sind Wachstumsmärkte, in denen insbesondere kmU in Deutschland sowie die großen Hersteller optischer Gläser und Komponenten eine wichtige Marktposition zu verteidigen haben. Die Ergebnisse des Vorhabens sollen dazu beitragen, die Prozesssicherheit – und darauf aufbauend auch die Effizienz und Produktqualität – zu verbessern. Dadurch wird eine Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit nicht nur der Polierprozesse durchführenden Branchen, sondern auch der Optikmaschinenhersteller erzielt.

3.1.2 Innovativer Beitrag der angestrebten Forschungsergebnisse

- zur Weiterentwicklung eines Verfahrens

Die heute praktizierten Verfahren zur Politur präzisionsoptischer Gläser arbeiten zwar zufriedenstellend, sofern die Produktionsparameter durch entsprechend geschultes und erfahrenes Personal kontinuierlich angepasst werden können. Dies geschieht aber nicht ursachenbezogen, sondern fast ausschließlich auf empirischer Basis, was eine flexible, rechtzeitige und Ausschuss vermeidende Anpassung sehr erschwert. Eine Prozessbegleitung, die auf verifizierten mechanistischen Zusammenhängen aufbaut, ist ein Novum. Daraus ergeben sich folgende Vorteile: das Personal ist jederzeit über den Zustand des Prozesses und die noch vorhandene Toleranz informiert. Sich anbahnende kritische Zustände werden nicht erst durch das Auftreten von Störungen wie verminderte Abtragsleistung oder Ausschuss erkannt. Stabilisierende und korrigierende Maßnahmen können rechtzeitig und zielgerichtet erfolgen. Dies leistet vor allem einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit solcher Prozesse, aber auch der Qualität der Produkte selbst.

3.2 Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels

- Methodischer Ansatz

Bei optimal eingestellter Poliermaschine wird zunächst der Einfluss der tribomechanischen, tribochemischen und kolloidchemischen Parameter identifiziert und verifiziert und im Anschluss auf eine kleine Zahl für das Polierergebnis ausschlaggebender und zugleich gut erfassbarer Observablen reduziert. Diese werden als Prozesskontrollgrößen für die betriebliche Praxis nutzbar gemacht.

Ausgegangen wird von der folgenden Arbeitshypothese: Ein optimales Polierergebnis, d.h., ein zeitlich konstanter, effektiv hoher Materialabtrag bei Sicherstellung, ggf. sogar Verbesserung der Formgenauigkeit und Oberflächengüte wird vorrangig durch eine prozessbegleitende Beobachtung und Kontrolle der chemischen Bedingungen in der Poliersuspension erreicht. Über gezielte Eingriffe in den Chemismus der Poliersuspension wird der Dispersionsgrad der Polierkörner im Volumen sowie die Stabilität des Flüssigkeitsfilms im Wirkspalt unter der Nebenbedingung akkumulierenden Abriebs unterschiedlicher Gläser innerhalb eines geeigneten Prozessfensters stabilisiert.

- Arbeitsschritte

Das „optimale Einstellen“ der Maschine erfolgt mit Hilfe eines Glases, das sich aufgrund vorliegender Ergebnisse weitgehend unkritisch gegenüber o.g. Parametern verhält. Nach bisherigen Erkenntnissen ist das Glas BK7 hierzu besonders gut

geeignet. Die Untersuchungen konzentrieren sich auf die Quantifizierung der Mechanismen, mit denen die Systemkomponenten Glasoberfläche, Polierbelag, Polierflüssigkeit, Polierkorn und Glasabrieb wechselwirken. Im Vordergrund stehen Untersuchung zum Synchro-Speed-Verfahren an den bereits zuvor untersuchten Glassorten. Ergänzend wird die Plan-Politur für zwei technische Gläser einbezogen. Das Projekt umfasst die folgenden Arbeitspunkte (AP):

AP-1: Die bisher erkannte Korrelation zwischen Spindelleistung und Abtrag im Synchro-Speed-Verfahren wird gezielt im Hinblick auf die thermomechanischen Eigenschaften der Gläser untersucht. Daraus wird eine glassortentypische Anpassung und Optimierung der Maschinenleistung abgeleitet.

AP-2: Der bisher nur ansatzweise erkannte Zusammenhang zwischen glassortenspezifischer Oberflächenenergie und der Stabilität des Flüssigkeitsfilmes im Wirkspalt wird quantifiziert. Maßnahmen, den Flüssigkeitsfilm durch Eingriff in die Chemie der Poliersuspension weitgehend glassortenübergreifend zu stabilisieren, werden entwickelt und im Polierprozess verifiziert.

AP-3: Die sog. geochemische Modellierung komplexer Löslichkeitsgleichgewichte wird für Poliersuspensionen (einschließlich akkumulierten Glasabriebs) nutzbar gemacht. Ausgehend von bisherigen Ergebnissen werden prozesskritische Löslichkeitsgrenzen bestimmt, anhand derer optische Gläser in „Verträglichkeitsfamilien“ klassifiziert werden können. Darauf aufbauend erfolgt eine modellmäßige Entwicklung - möglichst sortenübergreifender - chemischer Stabilisierungsmaßnahmen der Suspension und deren Verifikation im Polierprozess.

AP-4: An drei unterschiedlichen PU-Polierbelägen werden die Veränderungen beim Polierprozess dokumentiert. Die Ergebnisse sollen es ermöglichen, physikalische Belageigenschaften gezielt auf den Einsatz einzustellen oder im Sinne einer Eingangskontrolle für PU-Polierbeläge zu nutzen.

AP-5: In AP-5 wird geprüft, inwieweit die erzielten Erkenntnisse auf die Politur technischer Gläser mit planen Werkstückgeometrien überführt werden können. Für diese Untersuchungen werden eine Glaskeramik (Zerodur) und ein Floatglas in das sonst gleiche Materialspektrum der Vorgängerprojekte aufgenommen.

AP-6: Durch Kombination von Struktur- und Partikelgrößenanalyse wird das kolloidchemische Verhalten des eingesetzten Polierpulvers als Funktion der Prozesszeit und der bearbeiteten Glassorten dokumentiert und in Beziehung zum Polierverhalten gesetzt. Daraus werden Parameter erarbeitet, die sich auch zur schnellen Eingangskontrolle von Polierpulvern eignen.

- Personaleinsatz

Jahr		2003	2004
Institut für Gesteinshüttenkunde GHI			
Wissenschaftler	BAT IIa	6 MM	6 MM
Techniker	BAT 5b	6 MM	6 MM
stud. Hilfskraft	(86h/Monat)	12 MM	12 MM
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT			
Wissenschaftler	BAT IIa	6 MM	6 MM
Techniker	BAT 5b	4 MM	4 MM
stud. Hilfskraft	(86h/Monat)	12 MM	12 MM

Ein detaillierter Zeitplan über Arbeitsschritte und Personaleinsatz ist der ausführlichen Beschreibung des Forschungsantrags zu entnehmen.

4. Wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas für kleine und mittlere Unternehmen (kmU)

4.1 Voraussichtliche Nutzung der angestrebten Forschungsergebnisse

- in den Fachgebieten Produktion
- in den Wirtschaftszweigen 26 und 29

Die Forschungsergebnisse sollen noch während der Projektlaufzeit in die industrielle Praxis überführt werden. Hierzu werden die erarbeiteten Konzepte zeitnah mit dem projektbegleitenden Ausschuss diskutiert und für den industriellen Einsatz qualifiziert und getestet. Somit ist die Überprüfung und die Nutzung der Forschungsergebnisse gewährleistet.

4.2 Möglicher Beitrag zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der kmU

Mit dem Wissen über die signifikanten Einflussgrößen bei der Politur optischer Gläser, die zu einem Polierversagen führen können, wird den kmU die Möglichkeit gegeben, die Polierprozesse so abzustimmen, dass Prozesszeiten und Ausschussquoten signifikant reduziert werden. Die Leistungsfähigkeit wird zudem dadurch gesteigert, dass die Qualität der Polierergebnisse weniger empirisch, sondern ursachenbezogen ermittelt werden kann. Prozesskontrollgrößen, die Versagen eines Polierprozesses anzeigen, schonen die eingesetzten Ressourcen und steigern letztlich die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen.

Die Politur optischer Gläser hat eine große Ausstrahlung auf das gesamte Technologiefeld der Optischen Technologien. In dieser stark vernetzten Branche sind die Hersteller optischer Systeme wie etwa Mikroskope, Messobjektive, Bildverarbeitung, optische Medizintechnik, Laser, Halbleiterindustrie und viele andere von qualitativ hochwertigen optischen Komponenten abhängig. Der Standort Deutschland lebt an dieser Stelle von seiner hervorragenden Zulieferstruktur. Komponenten mit leicht erfüllbaren technischen Spezifikationen werden heute in Osteuropa und Asien gefertigt. Der Druck der Globalisierung zwingt deutsche Hersteller ihren technischen Vorsprung zu halten oder auszubauen. Der Erfolg der Optischen Technologien, der Deutschland in den vergangenen 15 Jahren vom Importeur der Lasertechnik zum bedeutenden Exporteur hat werden lassen hat viele Gründe. Ein wesentlicher ist aber mit Sicherheit die gute Zulieferstruktur. Diese ist ganz überwiegend mittelständig strukturiert. Vor dem Hintergrund neuer europäischer Richtlinien zur Beschränkung von Schwermetallen (RoHS) ist eine Reihe neuer Gläser entwickelt worden, deren chemische und mechanische Eigenschaft im Polierprozess nicht oder nur ungenügend bekannt ist.

5. Beabsichtigte Umsetzung der angestrebten Forschungsergebnisse

Die Umsetzung der Forschungsergebnisse erfolgt allgemein in der Veröffentlichung der wesentlichen Erkenntnisse. Eine unmittelbare industrielle Anwendung der Ergebnisse wird durch eine Übertragung der Entwicklung von Glasfamilien aus Laborbedingungen für Produktionsbedingungen erzielt.

6. Durchführende Forschungsstellen

6.1 Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und Medizintechnik e.V.
Saarbrücker Straße 38
D-10405 Berlin
Tel.: 030-414021-29
Fax: 030-414021-33

6.2 Institut für Gesteinshüttenkunde der RWTH Aachen
Lehrstuhl für Glas und keramische Verbundwerkstoffe
Mauerstr. 5
D-52064 Aachen
Tel.: 0241-8094966
Fax: 0241-8092129

6.2.1 Prof. Dr. rer. nat. Reinhard Conradt

6.2.2 Dr. rer. nat. Andreas Prange

6.3 Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie (IPT)
Steinbachstr. 17
D- 52074 Aachen
Tel.: 0241-89040
Fax: 0241-8904198

6.3.1 Prof. Dr.-Ing. Fritz Klocke

6.3.2 Dipl.-Ing. Udo Schneider

Aachen, Juli 2005



Prof. Dr. rer. nat. Reinhard Conradt



Prof. Dr.-Ing. Fritz Klocke