

Projektplan

TransCeram: Hochtransparente und mechanisch höchst beanspruchbare Keramiken – Qualitätssprung durch neues Herstellungsverfahren (22506 BG)

Im IGF-Vorhaben Nr. 22506 BG der Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und Medizintechnik soll ein innovatives Herstellungsverfahren zur vereinfachten maßgeschneiderten Produktion hochtransparenter und mechanisch höchst beanspruchbarer nanokristalliner Keramiken, z. B. für medizintechnische oder aeronautische Anwendungen, entwickelt werden. Das Verfahren wird auf der Hochdruckkristallisation aus Gläsern häufig vorkommender Geomaterialien beruhen.

Forschungsziel

Transparentkeramiken zeichnen sich durch die unikale Kombination mechanischer und optischer Eigenschaften aus. Industrielle Anwendungen umfassen äußerst widerstandsfähige Fenster sowie Hochleistungsoptiken für die Medizintechnik, Aeronautik, Sensorik und Hochleistungslaserphysik. Die derzeitige Herstellung von Transparentkeramiken aus kristallinen Pulvern erfordert diverse zeit- und energieaufwendige sowie kostenintensive Prozessschritte zur defektvermeidenden Formgebung und Sinterverdichtung. Darüber hinaus ist die Korngröße über die herkömmliche Pulverroute limitiert auf die der Ausgangsrohstoffe. Eine der leistungsfähigsten Alternativ-Strategien ist die direkte Kristallisation aus Glas unter Temperatur und Druck. Während die Temperatur bei der Keramikherstellung je nach Anforderung an deren Eigenschaften variiert wird, findet eine Variation des Drucks in der Industrie bisher kaum, und wenn, nur in geringem Maße, statt. Die hier notwendige „Sprunginnovation“ zur Erschließung neuartiger Transparentkeramiken kann von der Industrie nicht allein dargestellt werden.

Das Projektziel von TransCeram ist daher die Weiterentwicklung eines innovativen Herstellungsverfahrens durch Glaskristallisation unter erhöhtem Druck zur vereinfachten maßgeschneiderten Produktion adressierter hochtransparenter, mechanisch höchst belastbarer nanokristalliner Keramiken. Die resultierenden Keramiken übertreffen herkömmliche Einkristalle sowie Synthesen aus druckloser Glaskristallisation in Härte und

optischer Durchlässigkeit. Ferner ist es möglich, sie aus Hochdruckphasen zu synthetisieren, die bei Normaldruck nicht kristallisieren können. Tabelle 1 fasst die Meilensteine, die von TransCeram erzielt werden sollen, zusammen.

Tabelle 1. Meilensteine von TransCeram

Meilenstein	Beschreibung
1: homogene, kristallfreie Ausgangsgläser	Es lassen sich aus mindestens einem der geplanten drei Hauptmaterialsyste (MgAl ₂ O ₄ , YAG/YAS und SiAlON) homogene, kristallfreie Ausgangsgläser herstellen, die eine Hochdruckkristallisation aus Glas erlauben.
2: bezüglich der Mikrostruktur angepasste Keramik	Es liegen zwei Benchmark-Keramiken zum Vergleich mit Keramiken aus der TransCeram Methode vor. <i>Benchmark keramtechnische Route:</i> Es liegt eine Keramik (MgAl ₂ O ₄) mit der kleinstmöglich realisierbaren Gefügekorngröße vor (0,3-0,8 µm; üblw. werden nur 2-10 µm erreicht). <i>Benchmark drucklose Glaskristallisation:</i> eine nahezu 100 % kristalline Keramik aus YAG/YAS konnte hergestellt werden (üblicherweise kann mit druckloser Kristallisation nur eine partielle Kristallisation erreicht werden).
3: optimierte Keramik	Mindestens eine Keramik aus den drei Materialsyste (MgAl ₂ O ₄ , YAG/YAS und SiAlON) konnte mittels des optimierten Hochdruckprozesses hergestellt werden (TransCeram Methode); diese Keramik hat eine um 30 bis 50 % geringere Korngröße und einen zu erwartenden Härtezuwachs von 15 % gegenüber der konventionellen Herstellung.
4: Demonstratoren	Es liegen planare Scheiben und sphärische Linsen zum Demonstrieren der optischen Eigenschaften an dem zylindrischen Bauteil und der Geometrie an der Linse vor.

Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels

Im Rahmen von TransCeram werden drei Materialsyste (MgAl₂O₄, YAG/YAS und SiAlON) detailliert untersucht und die abgeleitete Arbeits- bzw. Herstellungsmethode anhand von Synthesen mit vorhergesagter Kornmorphologie validiert. Hierfür sind mehrmalige Zyklen von Keramik-Synthesen gefolgt von Charakterisierung der Keramikstruktur und der Bestimmung der optischen und mechanischen Eigenschaften notwendig.

Die prinzipielle Vorgehensweise bei der Bearbeitung des Projektes, die Vernetzung der Arbeitsschritte als auch die verzahnende Zusammenarbeit zwischen den drei Projektpartnern

ist in Abbildung 1 dargestellt. Die beteiligten Forschungseinrichtungen vereinen die Expertisen der beiden Fraunhofer-Institute ISC Würzburg (Forschungssparten Glas und Glaskeramik) und IKTS Dresden (Hochleistungskeramik und Materialdiagnostik) mit denen der CAU, Institut für Geowissenschaften, Arbeitsgruppe Experimentelle und Theoretische Petrologie (Hochdruck-Hochtemperatur-Synthesemethoden). Gemeinsam bilden sie ein hochkarätiges Konsortium, welches sich der Aufgabe der Herstellung neuartiger Transparentkeramiken, einen der größten Trends der Glasentwicklung und Forschungsbedarfe, annimmt. Zur Erreichung des Forschungsziels erfolgt die Bearbeitung des Projektes in sechs Arbeitspaketen. Die Arbeitsschritte mit zeitlicher Zuordnung sind in einem Arbeitsdiagramm (Abbildung 2) dargestellt. Zudem wird das Vorhaben über die gesamte Laufzeit im Projekt- und Risikomanagement analysiert.

Abbildung 1. Übersicht über die verschiedenen Arbeitspakete und die verzahnende Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern

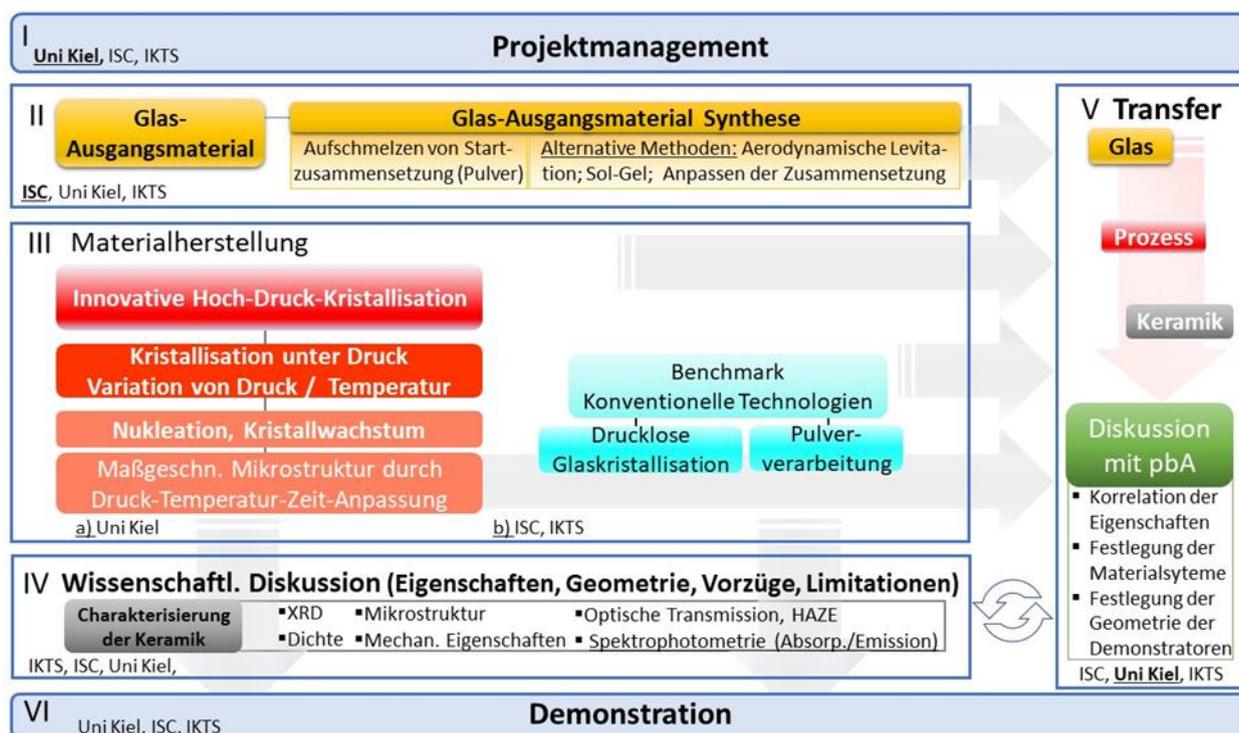
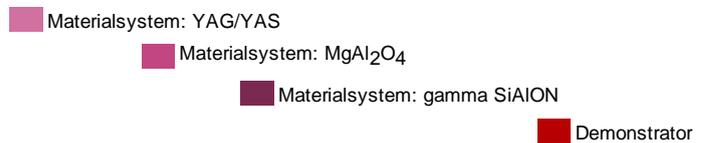
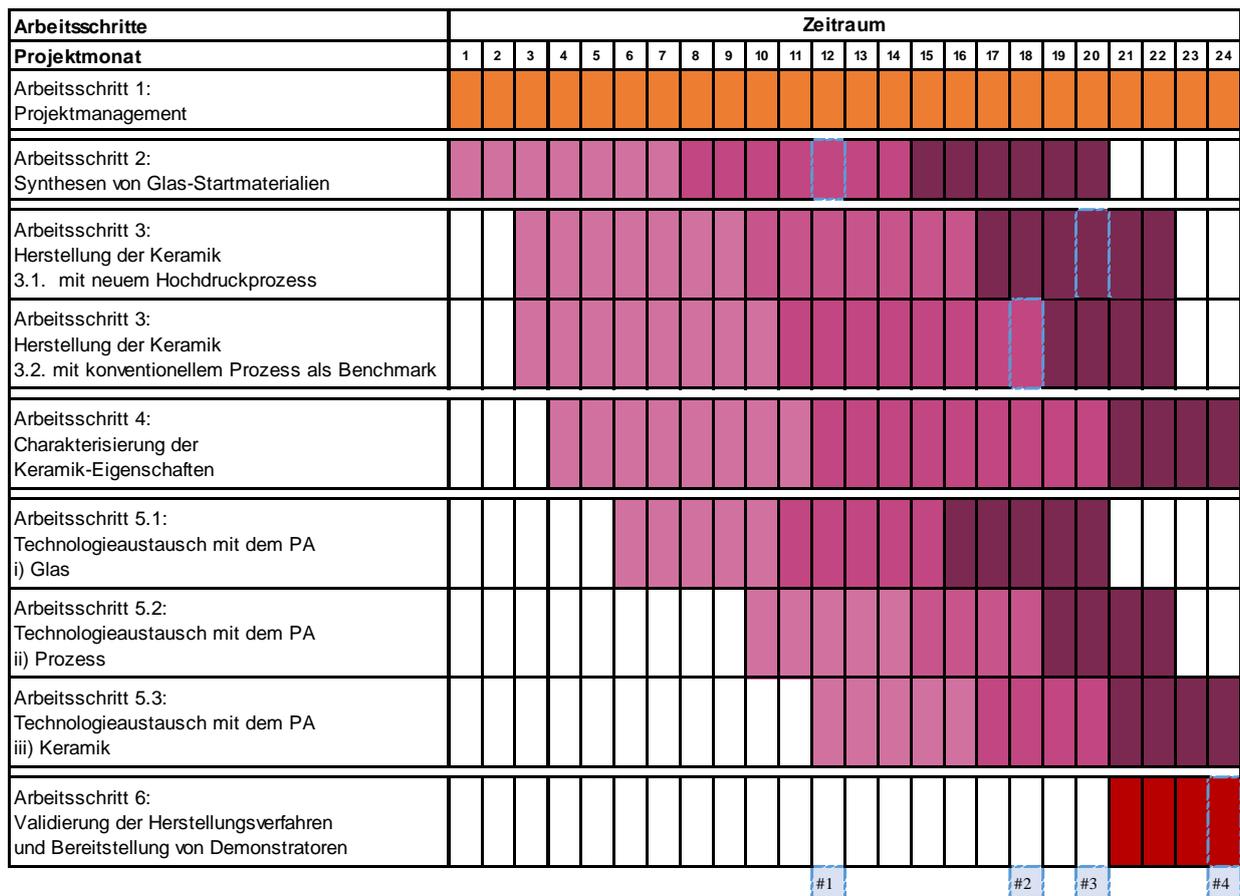


Abbildung 2. Arbeitsdiagramm mit zeitlicher Zuordnung der sechs Arbeitsschritte



Meilensteine (Erklärung in Tabelle 1)

#1: mindestens ein für 3.1 geeignetes Ausgangsglas

#2: Benchmark: Mikrostruktur angepasste Keramik

#3: TransCeram-Methode: Keramik mit reduzierter Korngröße und erhöhter Härte

#4: Demonstratoren

Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas

Das Projektziel von TransCeram ist die Weiterentwicklung und Optimierung des innovativen Herstellungsverfahrens durch Kristallisation von Glas (unter moderatem oder hohem Druck und Temperatur) zur vereinfachten maßgeschneiderten Produktion verschiedenster hochtransparenter und mechanisch höchst beanspruchbarer nanokristalliner Keramiken für unterschiedliche Branchen (Optik, Laser, Dental, Automobil, Sensorik). Bei Projekterfolg können neuartige, besonders leistungsfähige und belastbare Produkte mit den geplanten optischen Keramiken entstehen. Eine maßgeschneiderte Produktion von kundenspezifischen

Keramiken erweitert nicht nur bestehende, sondern öffnet auch neue und zukunftsorientierte Geschäftsfelder. TransCeram spricht somit Unternehmen verschiedenster Größen, aber vor allem kleine und mittlere Unternehmen (KMU) an, da nicht nur die Herstellung der Ausgangsgläser sondern auch die Bearbeitung der Optiken angesichts der notwendigen Mengen für Spezialanwendungen bei kleinen und mittelständischen Unternehmen zu erwarten ist. Viele KMU in Deutschland setzten in der Vergangenheit auf Spezialisierung und Nischen in Spezialoptiken und Keramiken (z. B. Hochleistungsoptiken für Laser- oder Endoskopiesysteme, Keramiken für Dental-, Automobil- oder Sensorik-Applikationen). Das Innovationspotenzial ist somit für mehrere Wirtschaftszweige gewährleistet, was auch die Zusammensetzung des Projektbegleitender Ausschusses (PA) widerspiegelt. Dieser bildet die gesamte Wertschöpfungskette ab von Pulverbereitstellung und Glasherstellung über Glas- und Keramikbearbeitung und Qualitätssicherung, komplexer Optokeramikbauteile und optoelektronischer Komponenten bis hin zu Endabnehmer in der Endoskopie- und Hochleistungslaser-Branche. Das Bereitstellen des Syntheseverfahrens für kundenspezifische Keramiken, hergestellt und/oder weiterverarbeitet von Unternehmen, wird die internationale Unternehmens-wettbewerbsfähigkeit der Mitglieder des PA nachhaltig stärken.

Projektbegleitender Ausschuss (PA)

Unternehmen
Aachener Quarzglas-Technologie Heinrich GmbH & Co. KG ^{KMU}
ASML Berlin GmbH
Coherent LaserSystems GmbH & Co. KG Lübeck
CRYSTAL GmbH ^{KMU}
dopa diamond tools GmbH ^{KMU}
FISBA GmbH ^{KMU}
II-VI GmbH
INGENERIC GmbH
joimax GmbH
KARL STORZ SE & Co. KG
Korth Kristalle GmbH ^{KMU}
LAYERTEC GmbH ^{KMU}
Olympus Winter & Ibe GmbH
Sasol Germany GmbH
SCHOTT AG
Schröder Spezialglas GmbH ^{KMU}
SEPR Keramik GmbH & Co. KG
SPECTARIS e. V. Verband

Das IGF-Vorhaben Nr. 22506 BG der Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und Medizintechnik wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.