

## **Inhaltsverzeichnis**

### ***Seminar***

## ***Technische Keramik in der Praxis***

**Düsseldorf, Mannheim und München  
9. bis 11. Mai 2000**

- 1.1. Eigenschaftsprofile von Hochleistungskeramiken**
- 1.2. Konstruieren mit Keramik**
- 2.1. Entscheidungskriterien zur Auswahl geeigneter Fertigungsverfahren**
- 2.2. Preisvergleich unterschiedlicher Hochleistungskeramiken im Maschinenbau**
- 3.1. Tribologie, Reibung und Verschleiß (Grundlagen)**
- 3.2. Highlights für das neue Jahrtausend-  
Anregungen für innovative Denker**
  
- 4. Workshop 1**
  - 4.1. Keramische Gleitlager und Gleitringdichtungen**
  - 4.2. Verbundkonstruktionen: Keramik-Metall und Keramik-Kunststoff**
  
- 5. Workshop 2**
  - 5.1. Bewegen und Feinpositionieren mit Piezokeramik**
  - 5.2. Keramik-Metall-Verbunde und schnelle elektrische Heizer**

## **1.1. Eigenschaftsprofile von Hochleistungskeramiken**

# Eigenschaftsprofile von Hochleistungskeramiken

Dipl.-Ing. Michael Gill

W. Haldenwanger

Technische Keramik GmbH & Co. KG

Berlin



**Bild 1:** Einleitung

## Definition von Hochleistungskeramiken

Unter Keramik versteht man

- nichtmetallische
- organische

Werkstoffe

HL-Keramiken sind Werkstoffe auf

- oxidischer
- nitridischer
- carbidischer
- boridischer

Basis



Bild 2: Definition von Hochleistungskeramik

## Einteilung der HL-Keramiken in Werkstoffklassen




Bild 3: Einteilung in Werkstoffklassen

## Eigenschaften von Hochleistungskeramiken

Mechanisch

- Hohe Härte
- Hohe Festigkeit
- Verschleißfestigkeit
- Formstabilität (Steifigkeit)
- Niedrige Dichte




TECHNISCHE KERAMIK  
Einfach überlegen!

**Bild 4:** Mechanische Eigenschaften

## Eigenschaften von Hochleistungskeramiken

Elektrisch

- Hohes elektrisches Isoliervermögen
- Durchschlagsfestigkeit
- Dielektrische / ferroelektrische Eigenschaften
- Piezoelektrische Eigenschaften




TECHNISCHE KERAMIK  
Einfach überlegen!

**Bild 5:** Elektrische Eigenschaften

## Eigenschaften von Hochleistungskeramiken

Thermisch

- Hohe zulässige Einsatztemperatur
- Wärmeleitfähigkeit / Wärmeisolation
- Wärmedehnung
- Formbeständigkeit auch unter hohen Temperaturen




TECHNISCHE KERAMIK  
Einfach überlegen!

**Bild 6:** Thermische Eigenschaften

## Eigenschaften von Hochleistungskeramiken

Chemisch / Biologisch

- Korrosionsbeständigkeit
- Witterungsbeständigkeit
- Physiologische Verträglichkeit
- Lebensmittelverträglichkeit
- Katalytische Eigenschaften



TECHNISCHE KERAMIK  
Einfach überlegen!

**Bild 7:** Chemisch / Biologische Eigenschaften

## Negative Eigenschaften von Hochleistungskeramiken

- Sprödigkeit
- Kritisches Rißwachstum
- Thermoschockempfindlichkeit
- Aufwendige Füge- und Verbindungstechnik
- Keine Duktilität
- Aufwendige Hartbearbeitung
- Hohe Herstellkosten



Bild 8: Negative Eigenschaften

## Härtevergleiche von L-Keramiken zu Metallen

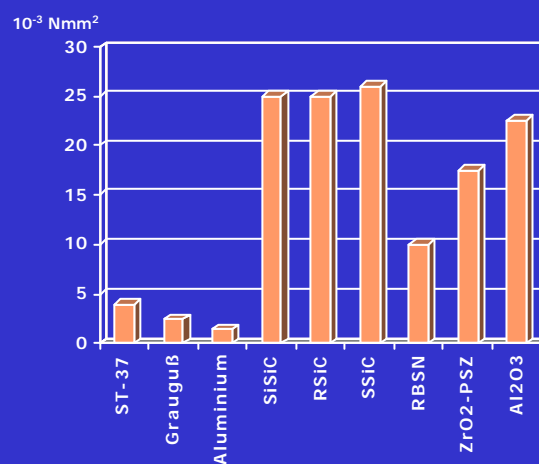


Bild 9: Härtevergleich

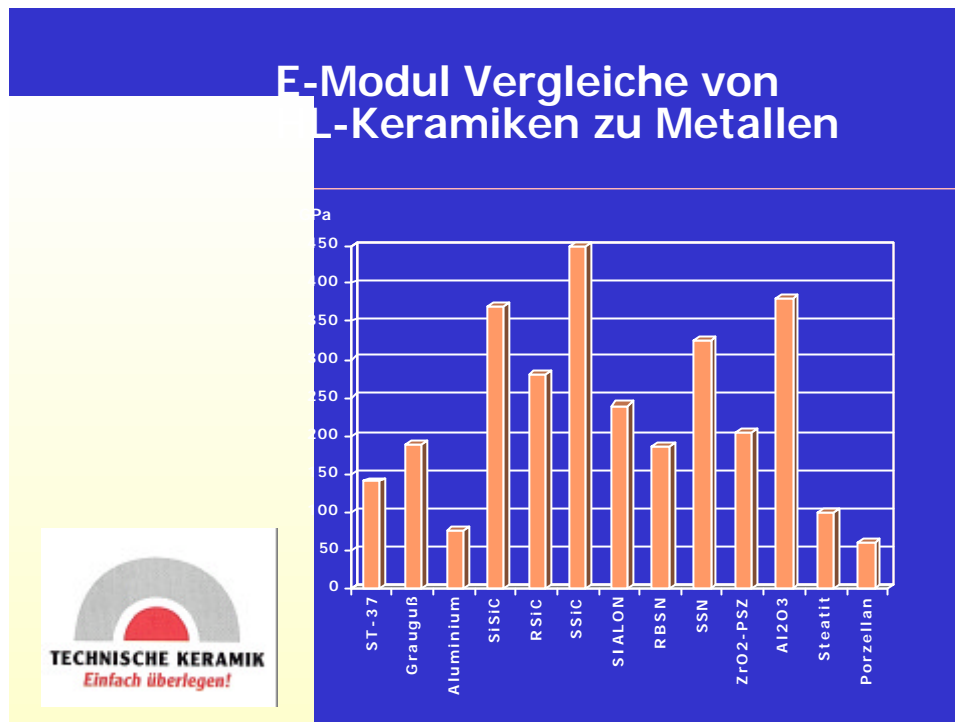


Bild 10: E-Modul-Vergleich

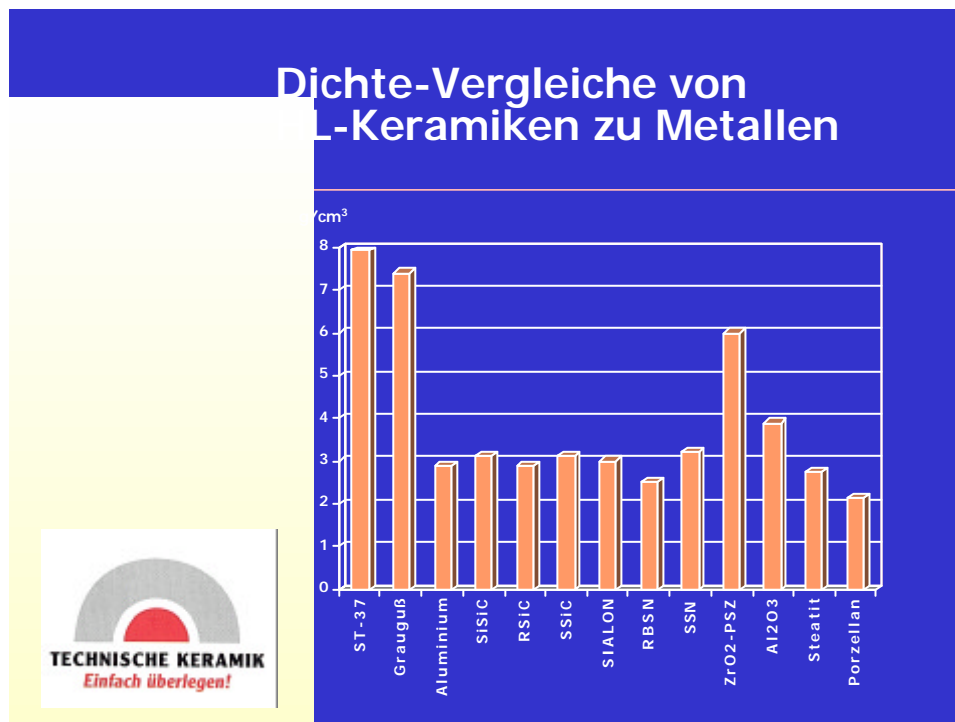
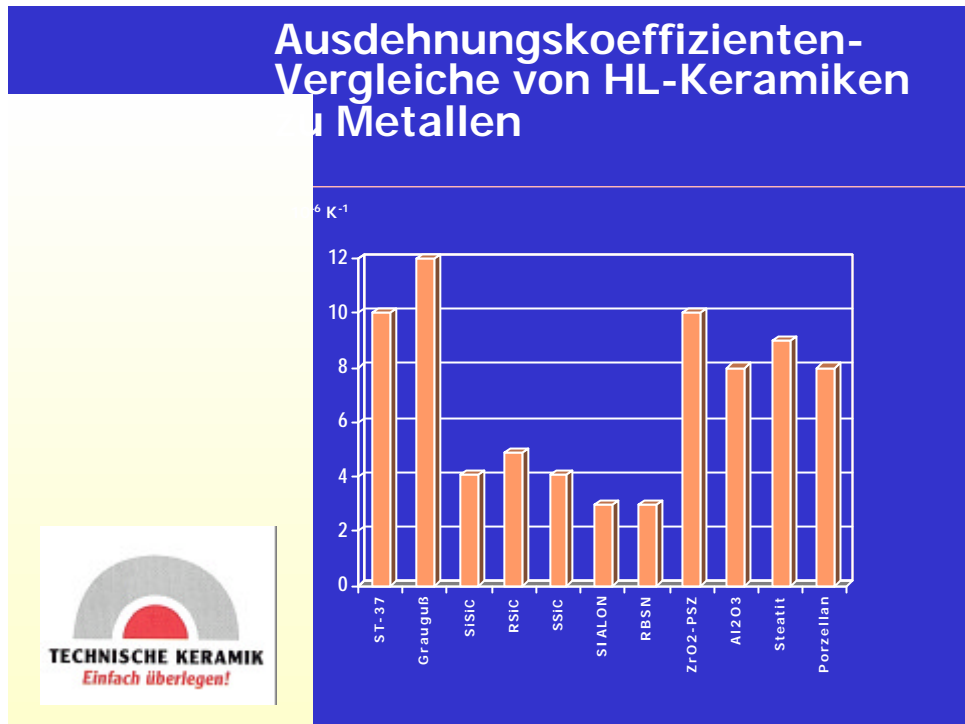
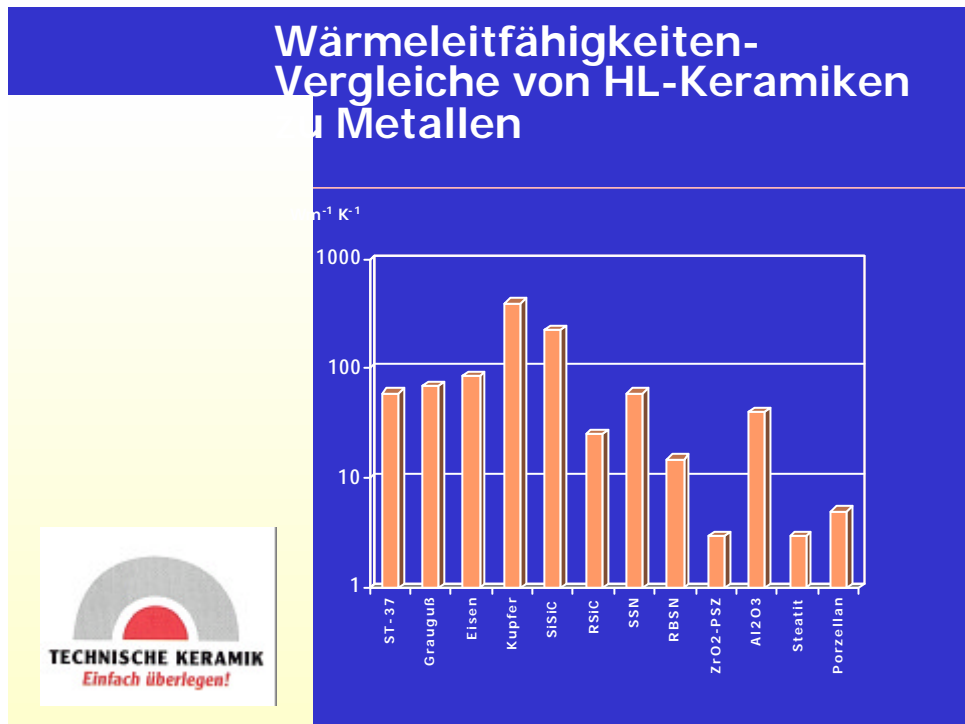


Bild 11: Dichte-Vergleich






**Bild 12:** Vergleich der Ausdehnungskoeffizienten



**Bild 13:** Vergleich der Wärmeleitfähigkeit

## Anwendungsgebiete von Hochleistungskeramiken

- Maschinenbau und Verfahrenstechnik
- Pumpen- und Armaturenbau
- Anlagenbau
- Metallverarbeitung
- Motoren- und Turbinenbau
- Chemie- und Verfahrenstechnik
- Ofenbau und Brenntechnik
- Elektrotechnik und Elektronik
- Medizintechnik



**Bild 14:** Anwendungsgebiete

## Maschinenbau und Verfahrenstechnik

<u>Realisierte Bauteile</u>	<u>Eingesetzte HL-Keramik</u>
• Büchsen	• Aluminiumoxid
• Düsen	• Zirkoniumoxid
• Fadenführer	• Siliciumcarbid
• Gleitlager	• Siliciumnitrid
• Gleitringe	• Porzellan
• Scheren	•
• Schneiden	
• Sichterräder	
• Sitzringe	
• Wellenschutz- hülsen	
• Walzen	
• Wälzlager	



**Bild 15:** Anwendungsbeispiele aus Maschinenbau und Verfahrenstechnik

<u>Pumpen- und Armaturenbau</u>	
<u>Realisierte Bauteile</u>	<u>Eingesetzte HL-Keramik</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dichtscheiben</li> <li>• Gehäuse</li> <li>• Gleitlager</li> <li>• Gleitringdichtung</li> <li>• Kolben</li> <li>• Kugelküken</li> <li>• Laufbuchsen</li> <li>• Plunger</li> <li>• Regelscheiben</li> <li>• Rotoren</li> <li>• Schieber</li> <li>• Ventilplatten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aluminiumoxid</li> <li>• Zirkoniumoxid</li> <li>• Siliciumcarbid</li> <li>• Siliciumnitrid</li> <li>• Porzellan</li> <li>•</li> </ul>



**Bild 16:** Anwendungsbeispiele aus Pumpen und Armaturenbau

<u>Anlagenbau</u>	
<u>Realisierte Bauteile</u>	<u>Eingesetzte HL-Keramik</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antriebsrollen</li> <li>• Behälter</li> <li>• Extruder-</li> <li>• Auskleidungen</li> <li>• Filter</li> <li>• Mahlkörper</li> <li>• Mischer</li> <li>• Mühlen-</li> <li>• Auskleidungen</li> <li>• Rohre</li> <li>• Rührer</li> <li>• Sichter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aluminiumoxid</li> <li>• Zirkoniumoxid</li> <li>• Siliciumcarbid</li> <li>• Siliciumnitrid</li> <li>•</li> </ul>



**Bild 17:** Anwendungsbeispiele aus dem Anlagenbau

<u>Metallverarbeitung</u>	
<u>Realisierte Bauteile</u>	<u>Eingesetzte HL-Keramik</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biegewerkzeuge</li> <li>• Dorne</li> <li>• Drahtziehrollen</li> <li>• Gießformen</li> <li>• Lötunterlagen</li> <li>• Sauerstoffsonden</li> <li>• Sandstrahldüsen</li> <li>• Schmelztiegel</li> <li>• Schutzrohre</li> <li>• Schweißdüsen</li> <li>• Transportrollen</li> <li>• Ziehringe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aluminiumoxid</li> <li>• Zirkoniumoxid</li> <li>• Cordierit</li> <li>• Mullit</li> </ul>



**Bild 18:** Anwendungsbeispiele aus der Metallverarbeitung


<u>Motoren- und Turbinenbau</u>	
<u>Realisierte Bauteile</u>	<u>Eingesetzte HL-Keramik</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glühkerzen</li> <li>• Katalysatorträger</li> <li>• Lambdasonden</li> <li>• Laufbuchsen</li> <li>• Portliner</li> <li>• Turboladerrotor</li> <li>• Turbinenschaufel</li> <li>• Ventile</li> <li>• Wälzlager</li> <li>• Zündkerzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siliciumcarbid</li> <li>• Siliciumnitrid</li> <li>• Zirkoniumoxid</li> <li>• Porzellan</li> </ul>



**Bild 19:** Anwendungsbeispiele aus Motoren- und Turbinenbau

## Chemie- und Verfahrenstechnik

<u>Realisierte Bauteile</u>	<u>Eingesetzte HL-Keramik</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auskleidungen</li> <li>• Filter</li> <li>• Füllkörper</li> <li>• Katalysatorträger</li> <li>• Laborporzellan</li> <li>• Pyrometerrohre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aluminiumoxid</li> <li>• Mullit</li> <li>• Porzellan</li> </ul>



**TECHNISCHE KERAMIK**  
*Einfach überlegen!*

**Bild 20:** Anwendungsbeispiele aus Chemie- und Verfahrenstechnik

## Ofenbau und Brenntechnik

<u>Realisierte Bauteile</u>	<u>Eingesetzte HL-Keramik</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brennaufbauten</li> <li>• Brennerdüsen</li> <li>• Flammrohre</li> <li>• Heizstäbe</li> <li>• Muffeln</li> <li>• Rekuperatoren</li> <li>• Strahlrohre</li> <li>• Stützen</li> <li>• Tragrollen</li> <li>• Wärmetauscher</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siliciumcarbid</li> <li>• Siliciumnitrid</li> <li>• Mullit</li> </ul>



**TECHNISCHE KERAMIK**  
*Einfach überlegen!*

**Bild 21:** Anwendungsbeispiele aus Ofenbau und Brenntechnik

<u>Elektrotechnik und Elektronik</u>	
<u>Realisierte Bauteile</u>	<u>Eingesetzte HL-Keramik</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschlußklemmen</li> <li>• Fassungen</li> <li>• Gehäuse</li> <li>• Heizleiterrohre</li> <li>• Heizpatronen</li> <li>• Isolatoren</li> <li>• Lochplatten</li> <li>• Schutzrohre</li> <li>• Sensoren</li> <li>• Substrate</li> <li>• Widerstands-träger</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aluminiumoxid</li> <li>• Magnesiumoxid</li> <li>• Cordierit</li> <li>• Steatit</li> <li>• Mullit</li> <li>• Zirkoniumoxid</li> <li>• Aluminiumnitrid</li> <li>• Porzellan</li> <li>• Piezokeramik</li> </ul>



**Bild 22:** Anwendungsbeispiele aus Elektrotechnik und Elektronik

<u>Medizintechnik</u>	
<u>Realisierte Bauteile</u>	<u>Eingesetzte HL-Keramik</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gehörknöchelchen</li> <li>• Hüftprothesen</li> <li>• Knochenersatz</li> <li>• Schultergelenkprothesen</li> <li>• Zahnimplantate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aluminiumoxid</li> <li>• Zirkoniumoxid</li> </ul>



**Bild 23:** Anwendungsbeispiele aus der Medizintechnik