# 4. Vortragsblock 3

## 4.1 Oxidkeramiken für technische anspruchsvolle Lösungen im Maschinenbau


- Alexander Heitmann
  Friatec AG Frialit® Degussit®
  Mannheim


*Die Folien finden Sie ab Seite 294.*

### 4.1.1. Einleitung

Anforderungen, die an Maschinenbauteile, Sondermaschinen und Serienartikel gestellt werden steigen mit der Entwicklung technologischer Konzepte ständig. Wenn Optimierungspotentiale der Gestaltung und Konstruktion erschöpft sind wird im Gebiet der unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften geforscht. Bei neuen Anwendungen wird verstärkt Keramik eingesetzt, da dieser Werkstoff ein außergewöhnliches Eigenschaftsprofil zeigt.
Häufig ermöglichen diese Eigenschaften erst ein Konzept, das beispielsweise mit metallischen Komponenten nicht zu realisieren wäre. Die Oxidkeramik nimmt in diesen Fällen einen entscheidenden Einfluss auf die Ausführung der Konstruktion.
Die in der Tabelle aufgeführten physikalischen Werkstoffdaten sind richtig zu interpretieren, damit die optimale Lösung für das entsprechende Problem gefunden wird.

Die Verbindungstechnik zu den meist metallischen Komponenten einer Anlage stellt gelegentlich hohe Anforderungen an die Konstruktion. Unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten Metall und Keramik sowie die mit der hohen Härte verbundene Sprödigkeit der Keramiken sind in die Überlegungen über die Ausführung einzubeziehen.

### 4.1.2. Werkstoffeigenschaften von Oxidkeramik (Aluminiumoxid)

Mit der nachfolgenden Betrachtung sollen Werkstoffeigenschaften der Keramik aufgezeigt werden, die diesen Werkstoff deutlich von den herkömmlichen Konstruktionswerksoffen unterscheidet. Es sind die herausragenden Eigenschaften der meisten hochreinen Keramiken hier am Beispiel der Oxidkeramik aufgezeigt.

| | |
|---|---|
| Verschleißfestigkeit | Mechanisch hochbeanspruchte Lager laufen beispielsweise in Chemiepumpen ausschließlich vom Medium geschmiert. |
| Außerordentliche Härte | Als Einkristall wird Aluminiumoxid mit Saphir bezeichnet, dessen Härte sich nur unwesentlich vom Diamanten unterscheidet. |
| Gleitverhalten (Oberfläche) | Auch ohne Fettschmierung werden hervorragende Reibwerte beispielsweise bei Hochdruckkolben erreicht. |
| niedriges spezif. Gewicht | Bei Ventilkugeln kann das geringere Gewicht im Vergleich zu einer entsprechenden Metallkugel von entscheidender Bedeutung für die Leistung sein. |
| Korrosionsbeständigkeit | Apparate und Anlagenbau erfordert in der Regel äußerst Korrosionsbeständige Werkstoffe |
| Hochtemperaturfestigkeit | Eröffnet dem Werkstoff ein weites Feld im Ofenbau, als Tiegelmaterial sowie in der Temperaturmesstechnik. |
| Elektrische Eigenschaften | Bei hochvakuumdichten elektrischen Durchführungen, Thermoelement-Schutzrohren und Chip-Trägern werden die elektrischen Isoliereigenschaften genutzt. |

Dieses außergewöhnliche Eigenschaftsprofil steht einem erhöhten Preisniveau und der Notwendigkeit der konstruktiven Anpassung gegenüber.

Auf die Kombination der Eigenschaften eines Werkstoffs kommt es an. Ein erfolgreicher Einsatz dieses hochpreisigen Werkstoffs gelingt

in der Regel nur bei einem vielschichtigen Anforderungsprofil. Die Anwendung muss mehrere herausragende Eigenschaften der Keramik voraussetzen, wodurch das Angebot alternativer Werkstoffe reduziert wird.

Gute Gleiteigenschaften, Abriebfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit sind beispielsweise bei Pumpenlagerungen in der chemischen Industrie erforderlich. Es gibt preiswerte Werkstoffe, die gute Gleiteigenschaften zeigen. Es gibt auch billige Materialien, die ausreichend korrosionsbeständig sind. Wenige jedoch vereinen, wie in diesem Beispiel erforderlich, hervorragende Korrosionsbeständigkeit mit sehr guten Gleiteigenschaften und das noch bei hohen Temperaturen. Und wenn das die Verbindung auch noch elektrisch isolieren soll geht kein Weg mehr an einem Keramikbauteil vorbei.

### 4.1.3. Konstruktion

Maschinenelemente aus Keramik unterscheiden sich in Form und Auslegung meist von dem entsprechenden Teil aus Metall. Der akribische Nachbau einer Holzbrücke aus dem Werkstoff Beton würde den werkstoffspezifischen Eigenschaften ebenso wenig Rechnung tragen wie die schlichte Kopie eines Metallteils mit Keramik. Die Konstruktion berücksichtigt den Werkstoff schon immer in erheblichem Maße und so ist es auch bei den keramischen Werkstoffen.

Da die Auslegung von keramikgerechten Konstruktionen für Anwender häufig Neuland bedeutet, berät der Keramikhersteller bei der Auslegung von neuen kundenspezifischen Bauteilen. Ziel ist es eine keramikgerechte Konstruktion zu erreichen, damit die geforderte Funktion sicher erfüllt wird und eine kostengünstige Herstellung des Bauteils möglich wird. So wird es für Anwendungstechniker der keramischen Industrie häufig erforderlich sich intensiv mit den Aufgabenstellungen der Kundenkonstruktion auseinanderzusetzen.

Die Festlegung der Toleranzen nimmt erheblichen Einfluss auf die aufzuwendende Schleifarbeit, die für ein Bauteil aufzuwenden ist. Fertigungstoleranzen von ±2 bis 5 % sind beispielsweise ohne kostenintensive Endbearbeitung erreichbar. Bei konsequent optimierten Konstruktionen werden Toleranzen und Oberflächenanforderungen gewählt, die bei minimalem Schleifaufwand die Anforderungen der Anwendung erfüllen. Es kann durchaus lohnend sein die Konstruktion sorgfältig auf Einsparungspotentiale bzgl. schleifender Bearbeitung hin

abzuklopfen. Der Schleifaufwand kann bei hochpräzisen Teilen die Materialkosten um ein Vielfaches überschreiten.

Die Stückzahl ist ein entscheidender Einflussfaktor für die Auswahl des Fertigungsverfahrens. Automatpressen oder Spritzguss sind Formgebungsverfahren für Stückzahlen ab 800 Stück/Los. Rüst- und Werkzeugkosten sind bei kleineren Serien nicht rentabel. Die Formgebungsmöglichkeiten und somit auch die konstruktive Auslegung hängen vom eingesetzten Verfahren ab. So unterscheidet sich auch bei metallischen Werkstoffen ein gegossenes Werkstück von einem gefrästen oder gedrehten Teil.

Für den Anwender bzw. Konstrukteur ist es somit wichtig die Produktionsmöglichkeiten zu kennen, damit eine Abstimmung wirtschaftlicher Fertigungsverfahren und der vorhandenen Anforderungen gelingt.

### 4.1.3. Fertigungsverfahren

#### 4.1.3.1. Granulat

Aluminiumoxidpulver wird nach dem Bayer-Verfahren aus Bauxit gewonnen. Die reinen Pulver werden beim Keramikhersteller aufgemahlen, mit organischen Bindemitteln versetzt und anschließend meist sprühgetrocknet, da für die weitere Verarbeitung in der Regel ein rieselfähiges Granulat benötigt wird.

#### 4.1.3.2. Formgebung

**Trockenpressen**

Oberstempel und Unterstempel verpressen in Matrizen Granulat zu einem Grünling, der kreideähnliche Festigkeit hat. Meist wird der Grünling ohne weitere Bearbeitung gebrannt wodurch er seine außerordentliche Härte erhält. Dieses Verfahren findet bei große Serien und einfachere Geometrien für Dichtscheiben, Ringe und Platten Verwendung. Außenkonturen und Bohrungen können werkzeugtechnisch frei gestaltet werden, wohingegen Hinterschneidungen mit diesem Verfahren nicht realisiert werden können. Bei der Auslegung des Bauteils ist es notwendig presstechnische Eigenheiten zu berücksichtigen.

### Isostatisches Pressen

Auch hier wird ein Granulat verpresst. Das Granulat wird in einen für das gewünschte Bauteil ausgelegte Gummiform gefüllt, die gut verschlossen in einen flüssigkeitgefüllten Hochdruckbehälter gegeben wird. Flüssigkeit überträgt über die Gummiform den Pressdruck von ca. 2000bar auf das Pulver. Das Ergebnis ist ein Grünling, der vor dem Brennen kreideähnliche Festigkeit hat. Große Bauteile und Rohlinge können so gefertigt werden. Dieses Verfahren eignet sich auch für die Kleinserien- sowie Prototypenfertigung. Eine Bearbeitung im Grünzustand („grün“ heißt vor dem Brennen) ist bei isostatisch hergestellten Rohlingen in der Regel sinnvoll.

### Strangpressen

Das Strangpressen( Extrudieren, Ziehen) verwendet als Bindemittel organische Leime, die dem Pulver beigemischt werden. Es entsteht ein plastisch verformbare teigähnliche Masse, die durch eine Düse zu einem Strang gepresst wird. Der entstehende Strang wird getrocknet und gesintert (gebrannt).
Rohre Stäbe und Kapillaren beispielsweise für die Temperaturmessung in Glass und Metallschmelzen werden in diesem Verfahren hergestellt.

### Spritzguss

Das Verfahren entspricht weitgehend dem bekannten Spritzguss von gefüllten Kunststoffen. Nach dem Spritzen wird der Kunststoffanteil jedoch chemisch oder thermisch entfernt. Der verbleibende „Füllstoff“ wird gebrannt und so zu einem dichten keramischen Bauteil.
Dieses Verfahren eignet sich für die Herstellung kleiner Bauteile mit komplizierten Formen in großer Stückzahl. Aufwendige Werkzeuge sind erforderlich.

### Schlickerguss

Das keramische Pulver als Suspension mit Wasser in eine entsprechende Gipsform gegeben. Der Gips entzieht der Suspension das Wasser und das verbleibende Pulver wird ähnlich einem Filterkuchen verdichtet und ein Bauteil entsprechend der Gipsform entsteht. Tiegel

und Schiffchen für Hochtemperaturanwendungen werden so hergestellt.

#### 4.1.3.3. **Grünbearbeitung** (Bearbeitung vor dem Brand)

Nach oben beschriebenen Systemen hergestellte Bauteile haben eine Festigkeit, die man mit der von Kreide vergleichen kann. Eine Bearbeitung in diesem Zustand ist möglich und besonders für die Herstellung kleinerer Serien beliebt. Es werden aus der Metallbearbeitung bekannte spanabhebende Verfahren wie Drehen, Fräsen und Bohren eingesetzt. Eine weitgehende Fertigstellung der endgültigen Bauteilform wird angestrebt, damit Schleifaufwand (Bearbeitung nach dem Brennen) reduziert werden kann.

#### 4.1.3.4. **Sintern** (Brennen)

Hier erfolgt die eigentliche Verdichtung bei einer Temperaturbehandlung unterhalb des Schmelzpunktes des Pulvers bei ca. 1.600℃ – 1.800℃. Der Sinterprozess ist mit einem Volumenschwund von ca. 50% verbunden. Die Schwindung ist von Brenntemperatur, Brandführung, Vorverdichtung und der Zusammensetzung des Granulates abhängig. Die Vorausberechnung gelingt mit einer Genauigkeit von ±2 - 5%.

#### 4.1.3.5. **Hartbearbeitung** (Nachbearbeitung)

Mit der Sinterung ist die Herstellung des oxidkeramischen Bauteils zunächst abgeschlossen.
Für viele Anwendungen in der Technik werden jedoch Teile benötigt, deren Anforderungen an Genauigkeit und Oberflächenbeschaffenheit ohne Nachbearbeitung nicht erfüllt werden. Für die Hartwerkstoffe stehen Verfahren wie Schleifen, Läppen, Honen und Polieren zur Verfügung.
Da die Nachbearbeitung zeit- und kostenintensiv ist wird versucht endformnah zu brennen.

### 4.1.4. Anwendungsbeispiele

#### 4.1.4.1. Folie 1 - Lager

Lager in Verzinkereianlagen werden unter Zink bei Temperaturen um 340°C einem extremen Verschleiß ausgesetzt. Kräfte, die 6 to entsprechen, werden mit diesen Keramischen Lagern beherrscht. Die gewählten Werkstoffpaarungen ermöglichen durch ruhigen und präzisen Lauf die erforderlichen Schichtdicken, die von der Automobilindustrie gefordert werden.

#### 4.1.4.2. Folie 2 und 3 – Gleitringe und Spalttöpfe

Für Wellenabdichtungen werden heute als Standard Gleitringdichtungen mit keramischem Gleitring eingesetzt. Wie die Rotorwelle der Laugepumpe einer Waschmaschine werden auch Rührer- und Pumpenwellen in der Chemischen Industrie sowie Speisewasserpumpen von Kraftwerken mit Gleitringdichtungen mit Keramik-Ringen abgedichtet.
Über Federkraft wird ein rotierender Kohlering angepresst. Die eben geläppten Dichtflächen gleiten aufeinander und sollten produktgeschmiert sein. Eine geringe Tropfleckage ist so unvermeidbar.

Eine weit aufwendigere aber weitgehend wartungs- und leckagefreie Wellendichtung ermöglicht die magnetische Kupplung. Das Drehmoment wird über Magnete, die durch einen Spalttopf aus Keramik getrennt werden, übertragen. Das Gehäuse ist hermetisch abgeriegelt.
Keine Tropfleckage, wie bei anderen Dichtungen üblich und für die Funktion erforderlich, belasten die Umwelt.
In Chemienormpumpen hat dieses Dichtungsprinzip bereits eine bedeutende Verbreitung gefunden.

#### 4.1.4.3. Folie 4 – Pumpenlaufräder

Pumpenlaufräder sind extremen Bedingungen durch Korrosion, Abrasion und auch Kavitation ausgesetzt. Dynamische Belastungen sind neben den Temperaturschwankungen zu beherrschen. Die Ausführung aus Keramik stellt außerordentliche Herausforderung dar.

### 4.1.4.4. Folie 5 – Mühlen

Mini Mühle mit großer Wirkung
Das Mahlgut wird mit Wasser und Mahlperlen (aus Keramik) in den Mahlbecher eingefüllt, der gerade einmal das Format einer Kaffeetasse hat. Ein Keramik-Zylinder rührt dann mit bis zu 10.000 upm in diesem Becher. Durch die entstehende Reibung wird das Mahlgut zerkleinert.

Für verschiedene Anwendungsfälle arbeitet man an der Herstellung von extrem feinen Pulvern und Stoffsystemen.

Bei Neuentwicklungen stehen häufig nur geringste Mengen an aufwendig hergestelltem Mahlgut zur Verfügung und entsprechend kleine Mühlen werden dann gebraucht. Bei diesen kleinen Mengen ist jeder Abrieb, der im Aggregat durch Abrasion entsteht, besonders lästig und kann leicht Einfluss auf das Untersuchungsergebnis haben. Für viele Versuche ist der gering auftretende keramische Abrieb ohne jeden Einfluss auf das Versuchsergebnis. Die produktberührten Teile wurden hier komplett aus Keramik gefertigt. Aufgrund der größeren mechanischen Festigkeit wurde der schnell laufende Rotor in Zirkonoxid ausgeführt. Der Mahlbecher hingegen wurde wegen der erforderlichen Wärmeleitfähigkeit aus Aluminiumoxid gefertigt.

### 4.1.4.5. Folie 6 – Rührer

Rührer aus Keramik mischen extrem abrassive und korrosive Medien. Diese Rührer stehen in Wettbewerb zu Glassbauteilen, die jedoch bezüglich der mechanischen Eigenschaften unterlegen sind.

Eine konstruktive Herausforderung stellt die Wellen/Naben Verbindung dar. Die vorgestellte Problemlösung der Drehmomentübertragung durch Polygon ermöglicht eine günstige Krafteinleitung in das Keramikbauteil. Die axiale Sicherung wird durch Polymerkleber erreicht. Da bei dem vorliegenden Anforderungsprofil der Einsatz des Klebers weder aus Gründen von Korrosion noch hoher Temperaturen ausgeschlossen werden musste, konnte diese Verbindung die Aufgabe optimal lösen.

Der abgebildete Ankerrührer wurde mit einer speziellen Peek-Hülse mit der Metallwelle verbunden. Hier hätte ein Kleber den Umgebungsbedingungen nicht genügt.

### 4.1.4.6. Folie 7 – Chargiergestelle

Chargiergestelle für die thermische Behandlung von Metallteilen aus Keramik.

- Einsatzgebiete
  - Temperaturbehandlung von Metallen
  - Temperaturbehandlung von Sinterwerkstoffen
  - Unterlage bei der Waverherstellung
- Eigenschaften:
  - Hochvakuumfest
  - Temperaturbeständig bis 1.800°C
  - geringes Gewicht
  - elektrisch isolierend
  - frei von Kohlenstoff
  - keine lokale Aufkohlung
  - keinerlei Verzunderung
  - Inert gegenüber den Werkstücken
  - Universeller Einsatz in oxidierender, reduzierender und Schutzgasatmosphäre

### 4.1.4.7. Folie 8 – Walzenstuhl

Im Walzenstuhl werden zwischen Keramikwalzen pastöse Medien homogenisiert, durchmischt, dispergiert und verfeinert. Die Härte, Verschleißfestigkeit und auch Korrosionsbeständigkeit sprechen hier für den Einsatz der Keramik. Produkte, die metallfrei verarbeitet werden sollen sind besonders für den Einsatz der Keramikwalzen prädestiniert.

### 4.1.4.8. Folie 9-11 – Durchflussmesser

Magnetisch induktive Durchflussmesser messen präzise den Durchfluss von Flüssigkeiten in Rohrleitungen. Durch Magnete wird ein Feld aufgebaut, das durch die durchströmende Flüssigkeit verändert wird. Messelektroden erfassen die Änderung, die Messgröße für den Durchfluss darstellt. Es wird eine hohe Messgenauigkeit erreicht. Bei diesem Messprinzip sind keine bewegten Teile im Medienstrom, wodurch der Fluss durch die Messung nicht behindert wird. Einsatzgebiete sind chemische- und Lebensmittelindustrie.

Ähnlich der Durchflussmessung werden in Lebensmitteln und bei Betonmassen Feuchtigkeit gemessen. Die elektronischen Bauteile werden durch Keramikplatten, geschützt. Die Keramik hat den erforderlichen Verschleiß und Korrosionsbeständigkeit, stört aber die elektronische Messung nicht.

### 4.1.4.9. Folie 12-14 – Sauerstoffmessung

Bei Temperaturen über 300°C leitet Yttriumstabilisiertes Zirkonoxid Sauerstoffjonen. Diese Eigenschaft ermöglicht den Einsatz dieser Keramik den Einsatz zur Bestimmung des Sauerstoffgehalts in Gasen. Die Lambdasonde zur Bestimmung des Sauerstoffgehalts in Rauchgasen zur Motorsteuerung ist der bekannteste Einsatz dieser Technologie. Rauchgasmessung für die Steuerung von Feuerungsanlagen, sowie die Kontrolle von Schutzgas für Schweißprozesse und Sauerstoffgehalt bei Lebensmittelabfüllung arbeiten unter Einsatz dieses Messprinzips.

### 4.1.4.10. Folie 15-17 – Kolben / Zylindereinheiten

Für das Fördern, Pumpen und Dosieren von Lebensmittel, Reinigungsmitteln, Parfüms und Pharmazeutika werden Kolben / Zylindereinheiten in den unterschiedlichsten Ausführungen und Größen aus Keramik gefertigt. Die Kolben werden quasi spielfrei in Zylinder, die ebenfalls aus Keramik sind, eingepasst. So sind alle produktberührten Teile aus Keramik und eine Determination mit toxischem Abrieb ist ausgeschlossen. Aufgrund der Temperatur- und Korrosionsfestigkeit der Keramik ist eine Reinigung mit Dampf und den entsprechenden Chemikalien in der montierten Position möglich. Ein Verzug der hochpräzisen Bauteile erfolgt genau so wenig wie Korrosion oder Abrieb.

### 4.1.4.11. Folie 18-19 – Düsen

Hohe Strömungsgeschwindigkeiten und Kavitation setzen Düsenwerkstoffe einem außerordentlichen Verschleiß aus. Keramikwerkstoffe für Düsen ermöglichen einen nahezu unveränderten Düsendurchmesser über lange Zeit hinweg. Verschleiß kann durch Keramikeinsätze drastisch reduziert werden.

### 4.1.4.12. Folie 20 – Kleinbauteile

Kleinbauteile, die für unterschiedliche Anwendungen hergestellt werden. Spritzgusstechnologie ermöglicht die Herstellung kleiner Bauteile mit komplexer Geometrie in großen Stückzahlen. Durch die erweiterten Formgebungsmöglichkeiten im Vergleich zu den verfügbaren Verfahren eröffnen sich weitere Anwendungen für die Keramik.

### 4.1.4.12. Folie 21 – Pressmatrizen

Metall-Keramik-Verbundkonstruktion

Metall hat eine gute Zähigkeit und Keramik ist hart und korrosionsbeständig. Anspruchsvolle Anwendungen verlangen all diese Eigenschaften jedoch von einem Werkstoff. Mit Verbundbauteilen werden diese eigentlich gegensätzlichen Eigenschaften in einem Bauteil vereint.
Das Metall-Keramik-Verbundbauteil zeigt in dieser Kombination deutlich bessere Eigenschaften als jeder einzelne der verwendeten Werkstoffe für sich. Dies wird durch eine dem Eignungsprofil des Materials entsprechende Beanspruchung möglich.

Pressmatrizen

Gegenläufige Stempel verpressen in Hülsen (Matrize) unter hohem Druck Pulver zu Tabletten. Die Wandreibung im Inneren der Matrize führt durch ein Zusammenwirken von Korrosion und Abrasion zu einem starken Verschleiß an der Matrizenbohrung.
Dem Reibverschleiß und chemischen Angriff widersteht Zirkonoxid deutlich besser als Metall. Durch den hohen Innendruck tritt jedoch eine Sprengkraft auf, die für eine rein keramische Hülse problematisch werden kann.

Die Lösung liegt hier in der Verbundkonstruktion. Eine eingeschrumpfte Keramikhülse minimiert den Reibverschleiß und den korrosiven Angriff, wohingegen der hohe Innendruck durch eine aufgeschrumpfte Metallbuchse aufgenommen wird.

Erfolgreich hat sich diese partnerschaftliche Aufgabenteilung von Metall und Keramik bereits bei der Batterieherstellung durchgesetzt. Weitere Anwendungsgebiete in der pharmazeutischen sowie der Lebensmittelindustrie werden untersucht.

### 4.1.4.13. Folie 22-24 – Metall/Keramik-Verbund

Metall/Keramik Verbund durch Löten hergestellt, schaffen die Möglichkeit hohe Spannungen und Ströme bei hohen Drücken und auch im Vakuum zu beherrschen. Physikalische Apparate in Forschung und Medizin arbeiten mit Schlüsselkomponenten aus Keramik.

Es handelt sich bei den Beispielen um eine Auswahl, die das Potenzial des Werkstoffs aufzeigen soll. Bei diesen Bauteilen wurden gemeinsam mit Anwendern Problemlösungen entwickelt.

Für viele Problemstellungen bietet die Keramik eine sinnvolle und auch wirtschaftliche Lösung. Meist ist eine anwendungsbezogene Bauteilkonstruktion erforderlich. Kenntnisse über das zu lösende Problem, den keramischen Werkstoff sowie die Herstellungsmethoden der Keramik werden für die optimale Konstruktion benötigt.
Das Zusammenspiel von Anwender, Konstrukteur und Keramikhersteller ist Voraussetzung für das Gelingen von Unternehmungen in Keramik.

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 24) finden sich auf den folgenden Seiten.

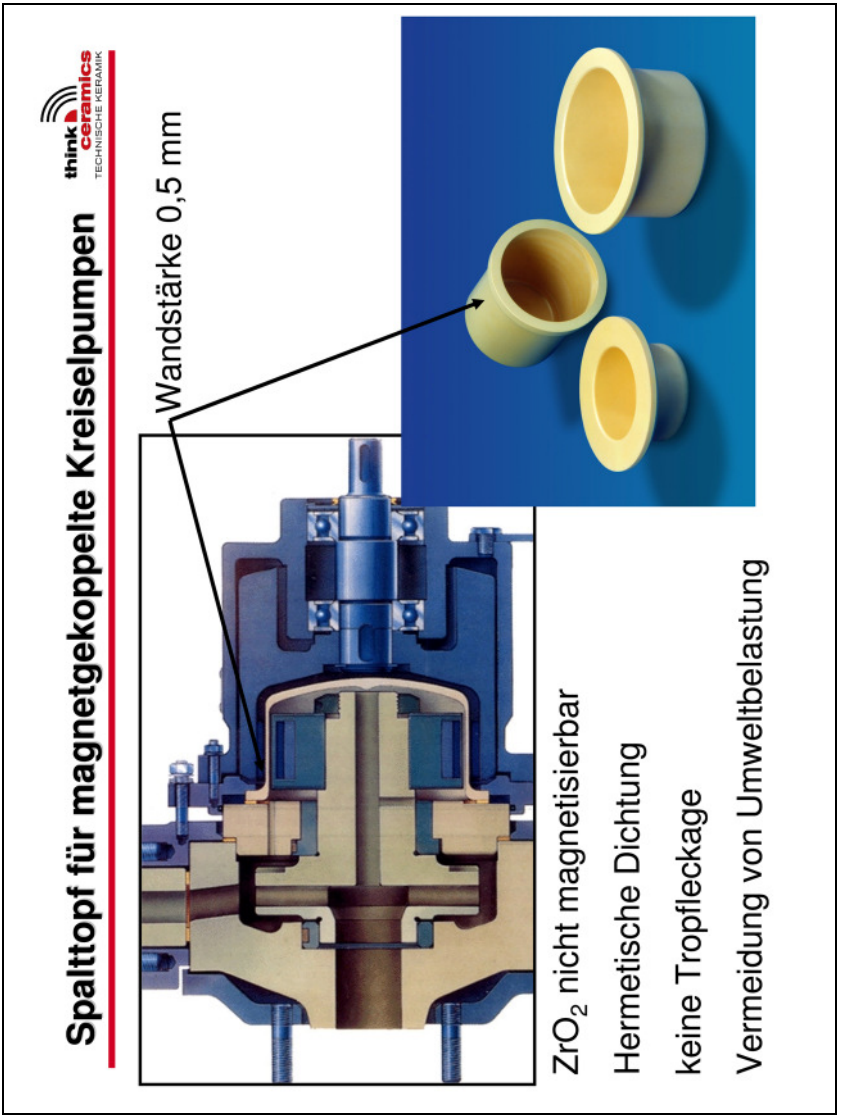
# Anwendungsbeispiele Oxidkeramik

Alexander Heitmann
FRIATEC AG
Division FRIALIT®-DEGUSSIT®
Mannheim

think ceramics
TECHNISCHE KERAMIK

4.1 Oxidkeramiken für techn. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 1

4.1 Oxidkeramiken für techn. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 2




4.1 Oxidkeramiken für techn. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 3

# Pumpenlaufrad

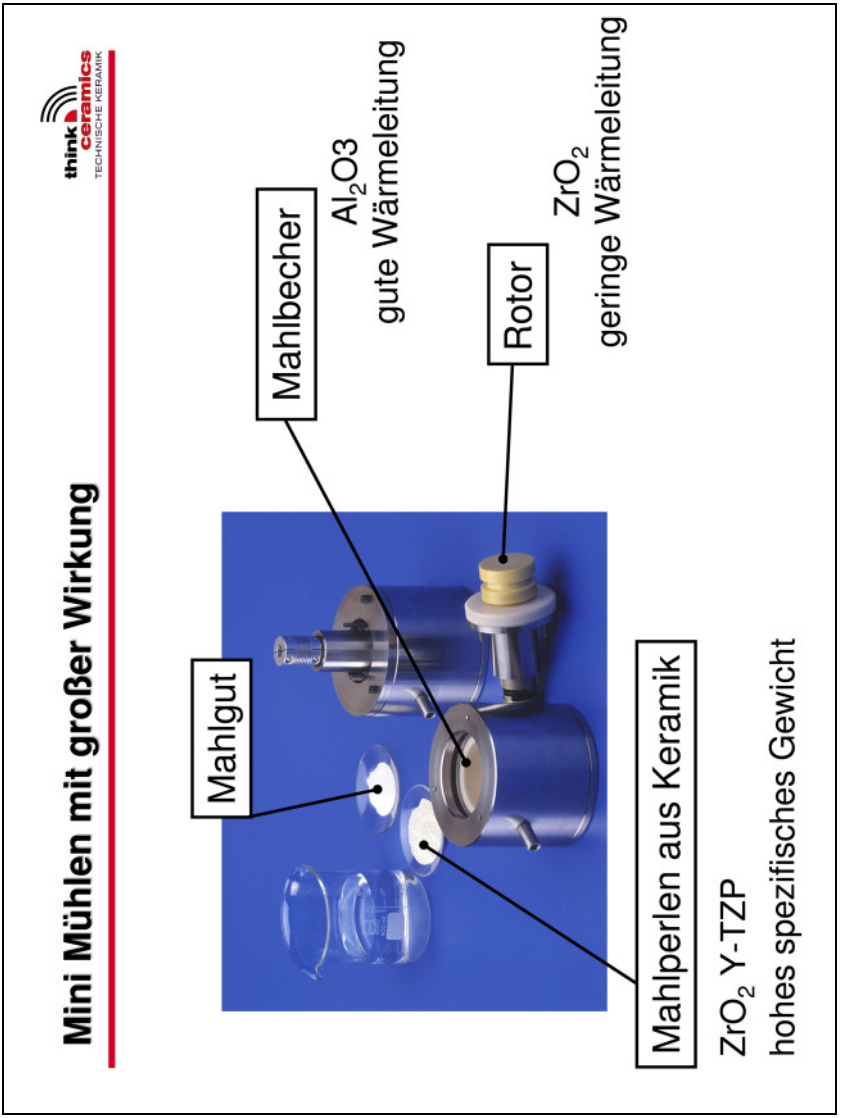
Vollkeramik

hochtemperaturbeständig

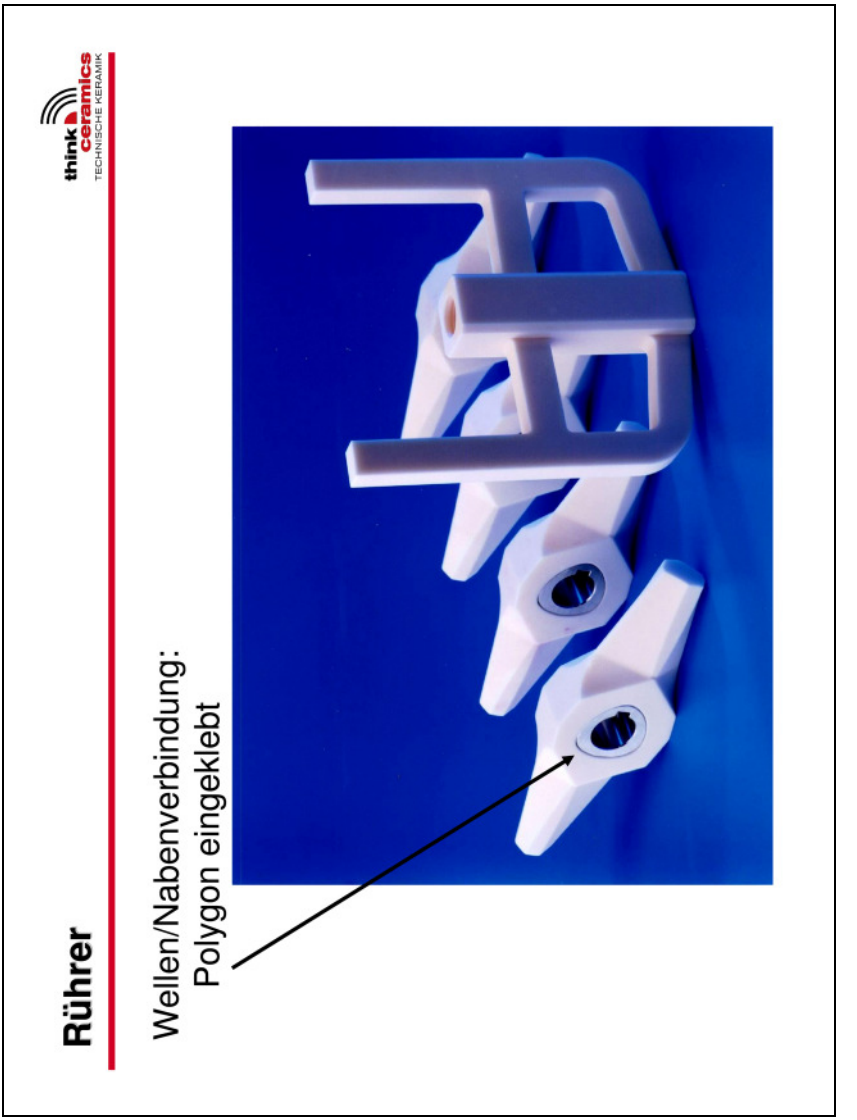
korrosionsbeständig

für hohe Temperaturen geeignet

4.1 Oxidkeramiken für techn. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 4

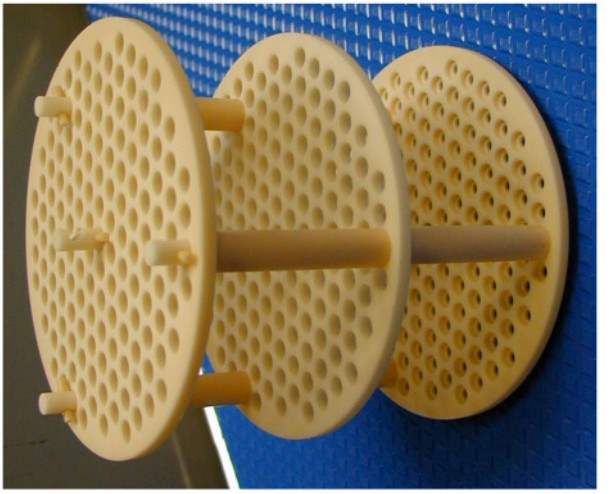



4.1 Oxidkeramiken für techn. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 5




4.1 Oxidkeramiken für techn. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 6

# Chargiergestell



## Einsatzgebiete

- Temperaturbehandlung von Metallen
- Temperaturbehandlung von Sinterwerkstoffen
- Unterlage bei der Waverherstellung

## Eigenschaften

- Hochvakuumfest
- Temperaturbeständig bis 1800 °C
- geringes Gewicht
- elektrisch isolierend
- frei von Kohlenstoff
  - keine lokale Aufkohlung
  - keinerlei Verzunderung
  - Inert gegenüber den Werkstücken
- Universeller Einsatz in oxidierender, reduzierender und Schutzgasatmosphäre

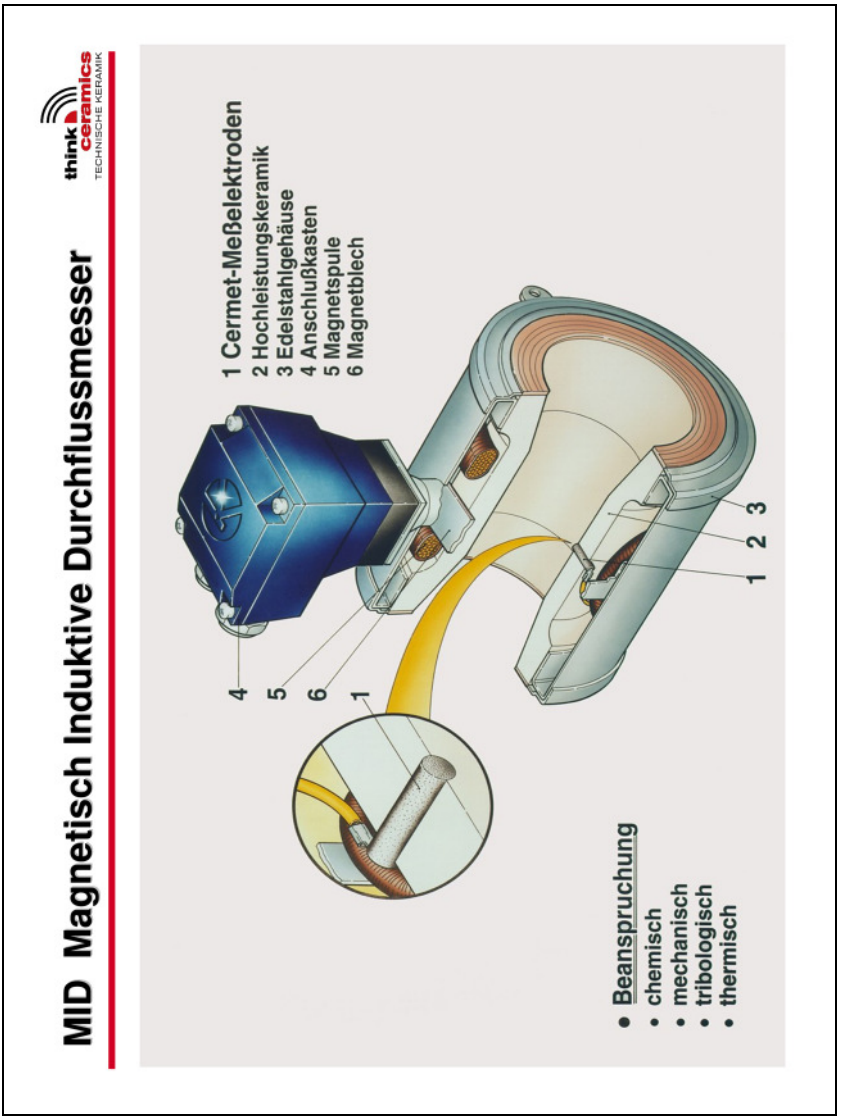
4.1 Oxidkeramiken für techn. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 7

# Walzwerk

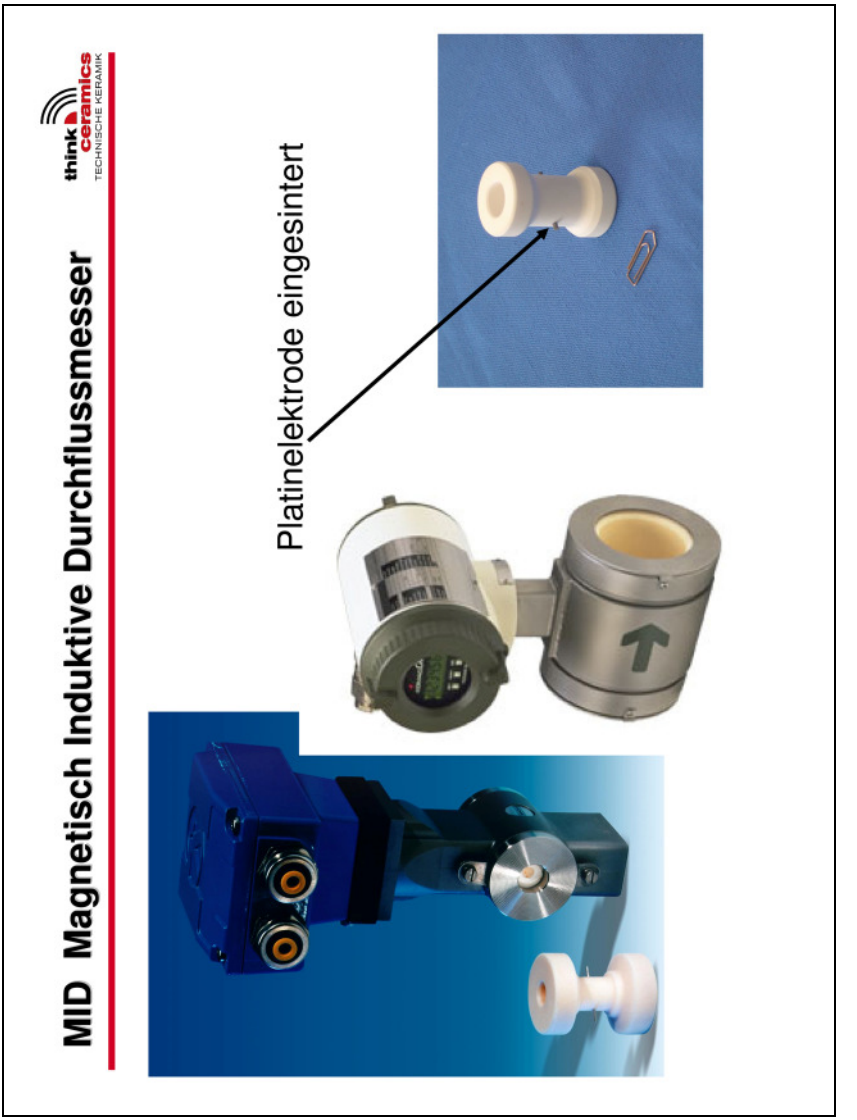
Walzen aus $Al_2O_3$, $ZrO_2$

Der min. Spalt zwischen den Walzen beträgt **3-5µm**

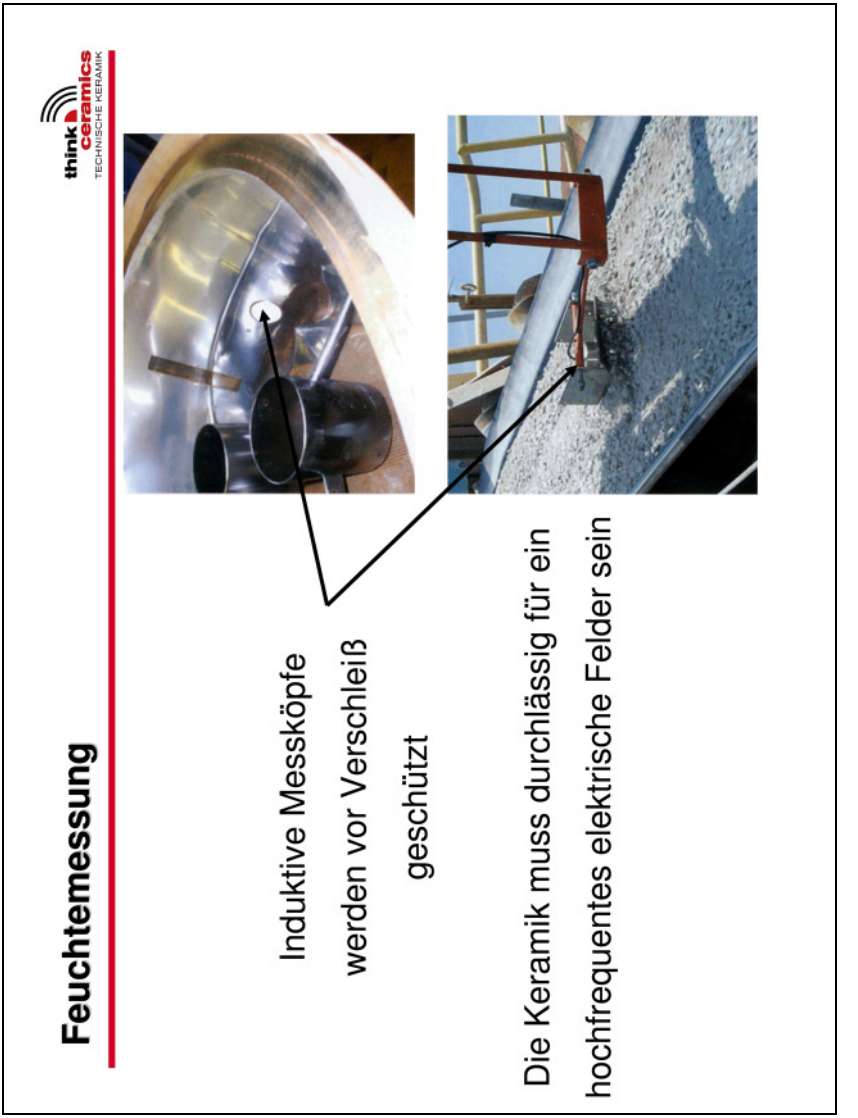
*Einsatz:*
Feinverreibung, Dispergierung, Homogenisierung pastöser bis fließender Massen, z. B. Kosmetik, Fette, Salben, Dental-Zahnfüllungen.



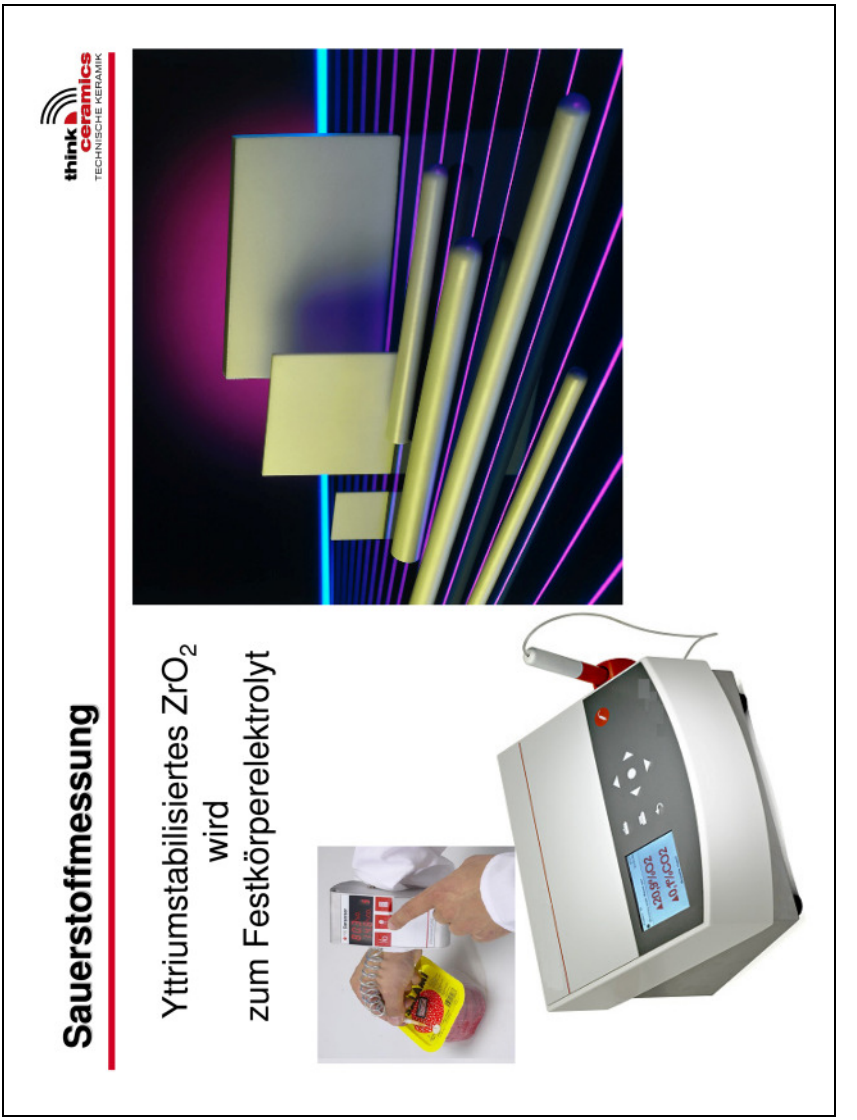

4.1 Oxidkeramiken für techn. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 9



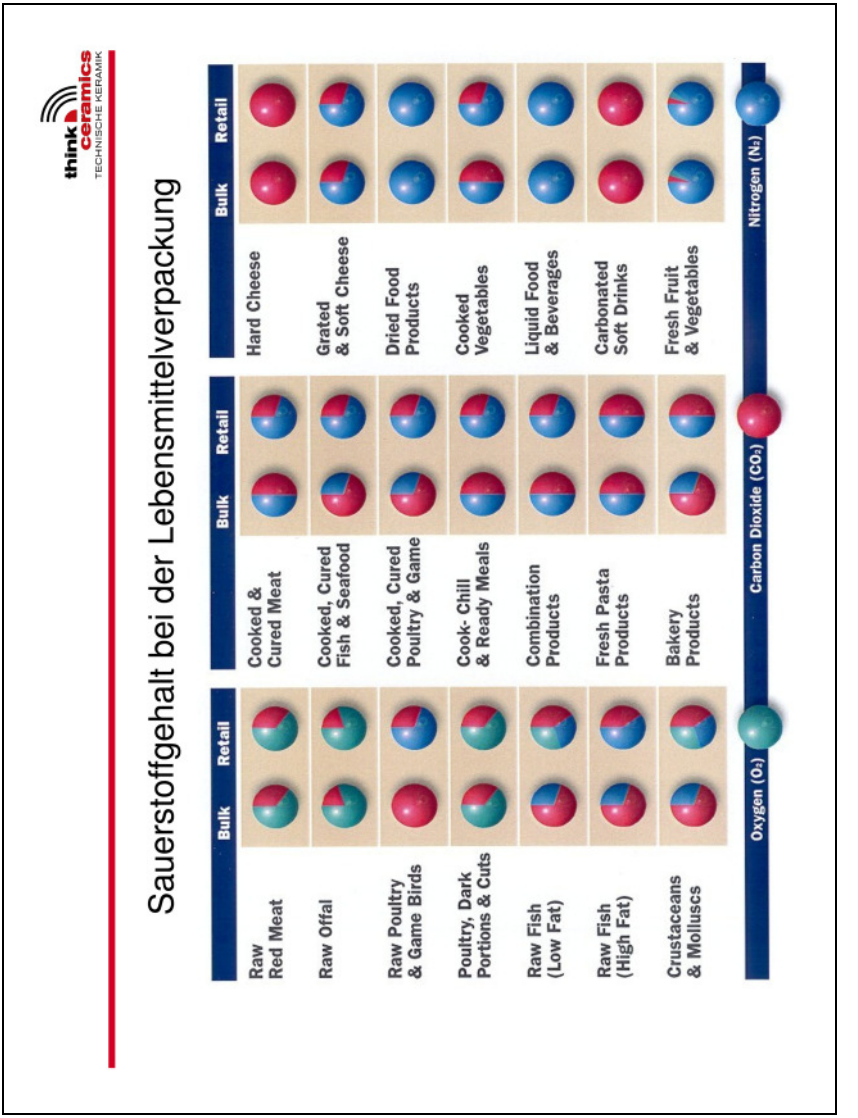

4.1 Oxidkeramiken für tech. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 10




4.1 Oxidkeramiken für tech. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 11



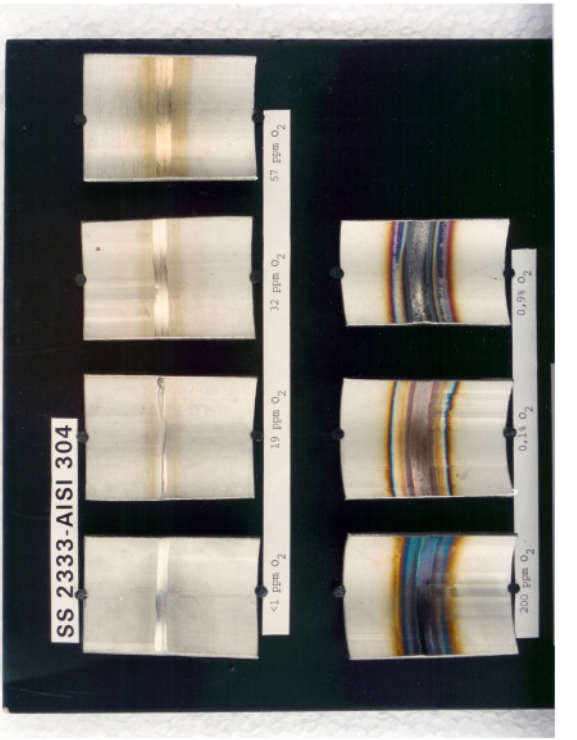

4.1 Oxidkeramiken für tech. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 12



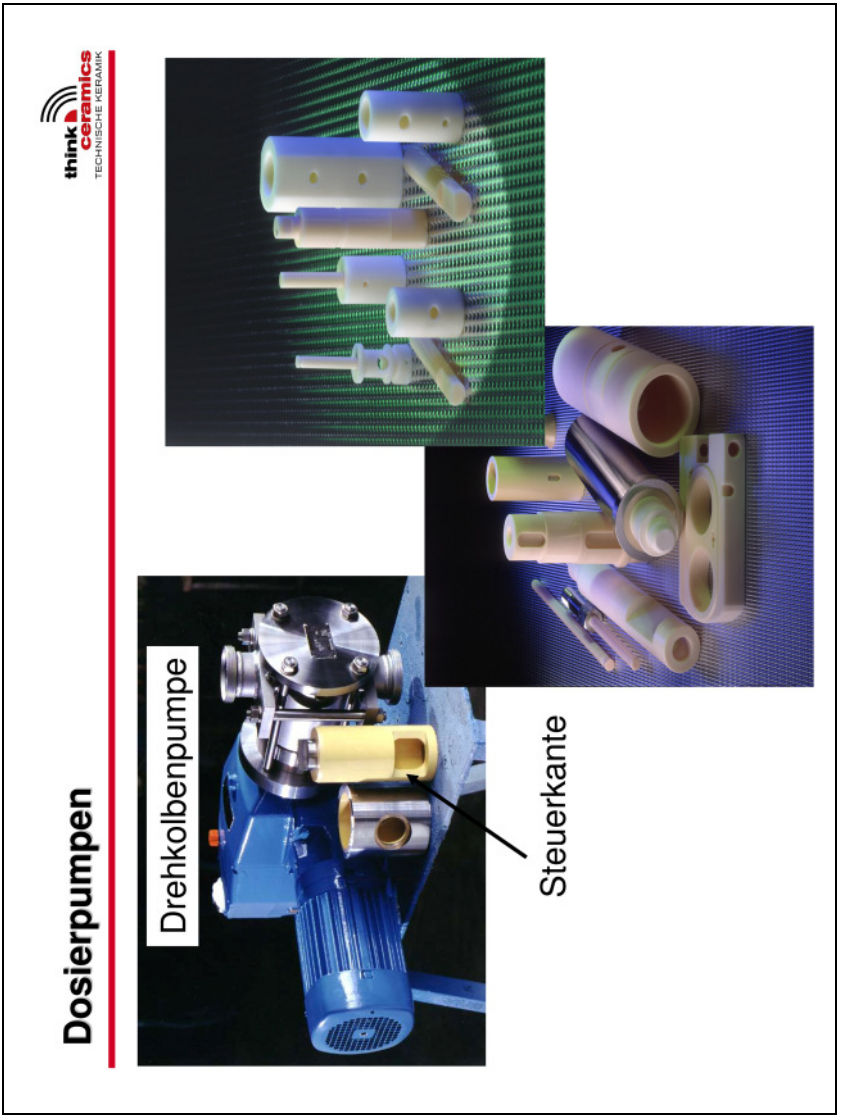

4.1 Oxidkeramiken für tech. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 13

think ceramics
TECHNISCHE KERAMIK

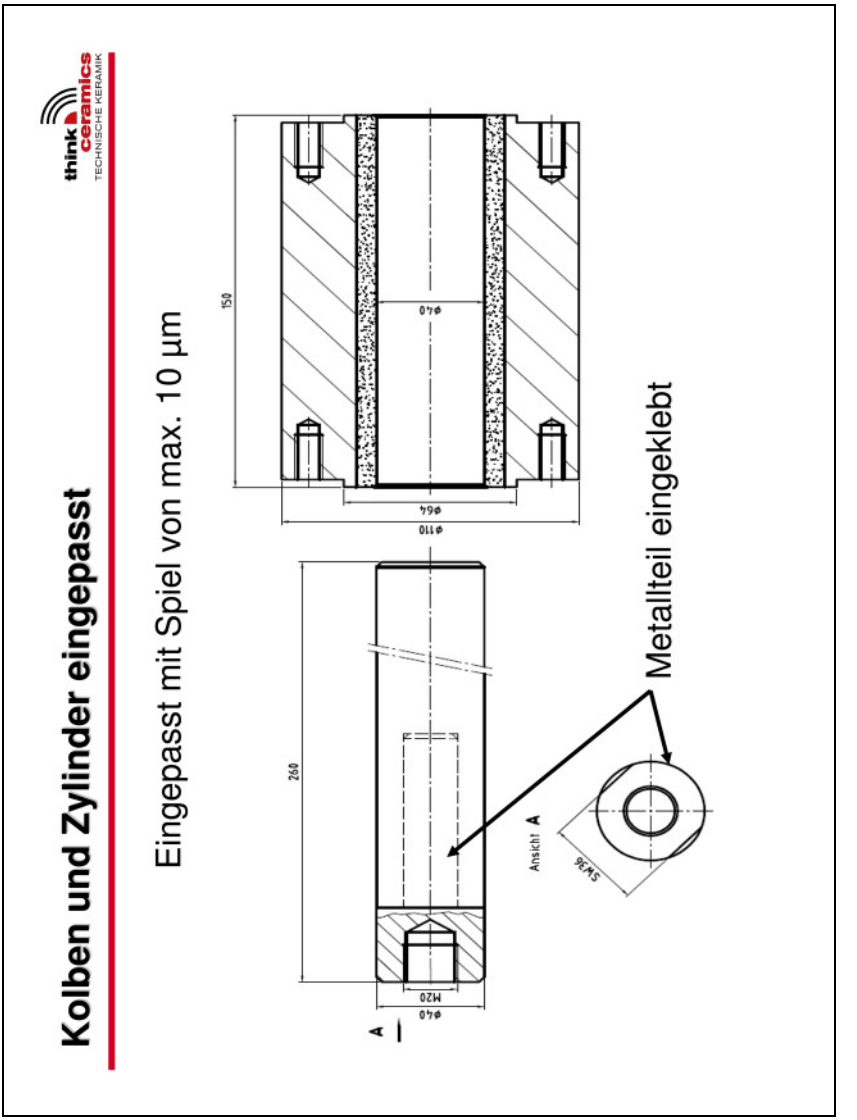
# Sauerstoffgehalt in Schutzgasatmosphäre




4.1 Oxidkeramiken für tech. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 14




4.1 Oxidkeramiken für tech. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 15




4.1 Oxidkeramiken für tech. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 16

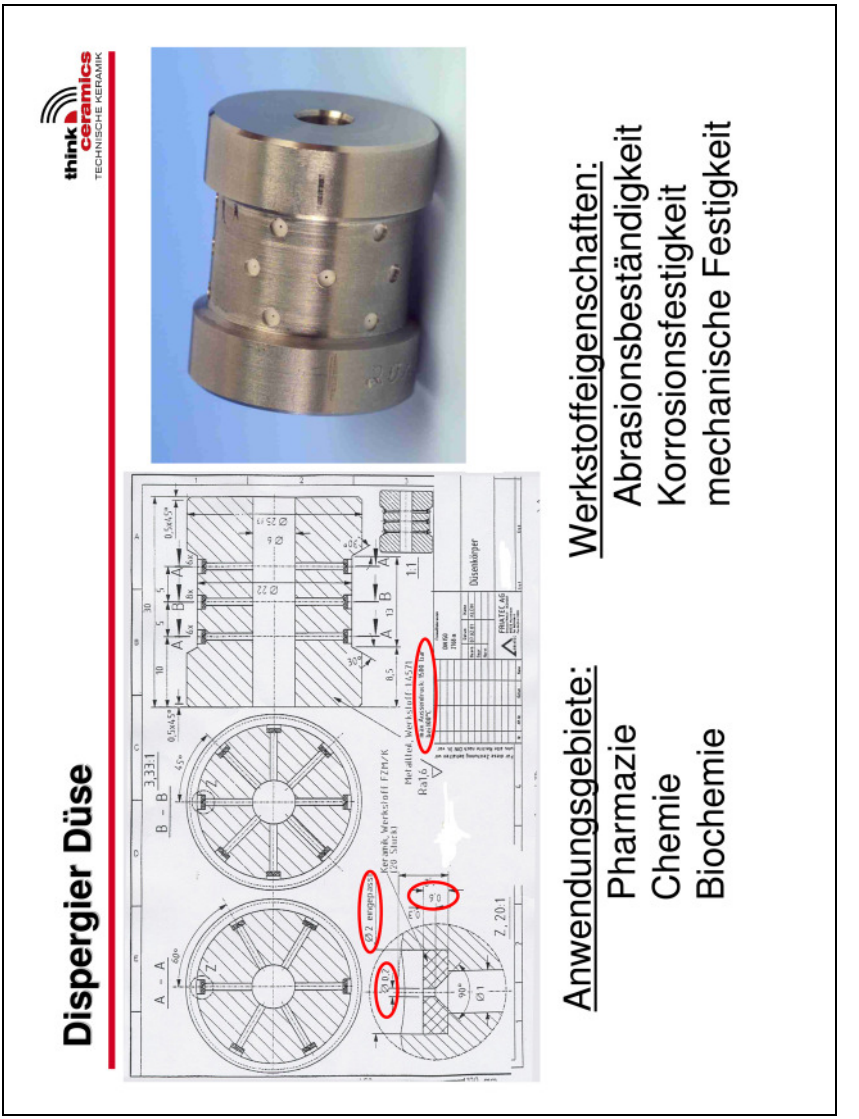
4.1 Oxidkeramiken für tech. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 17

# Düsen

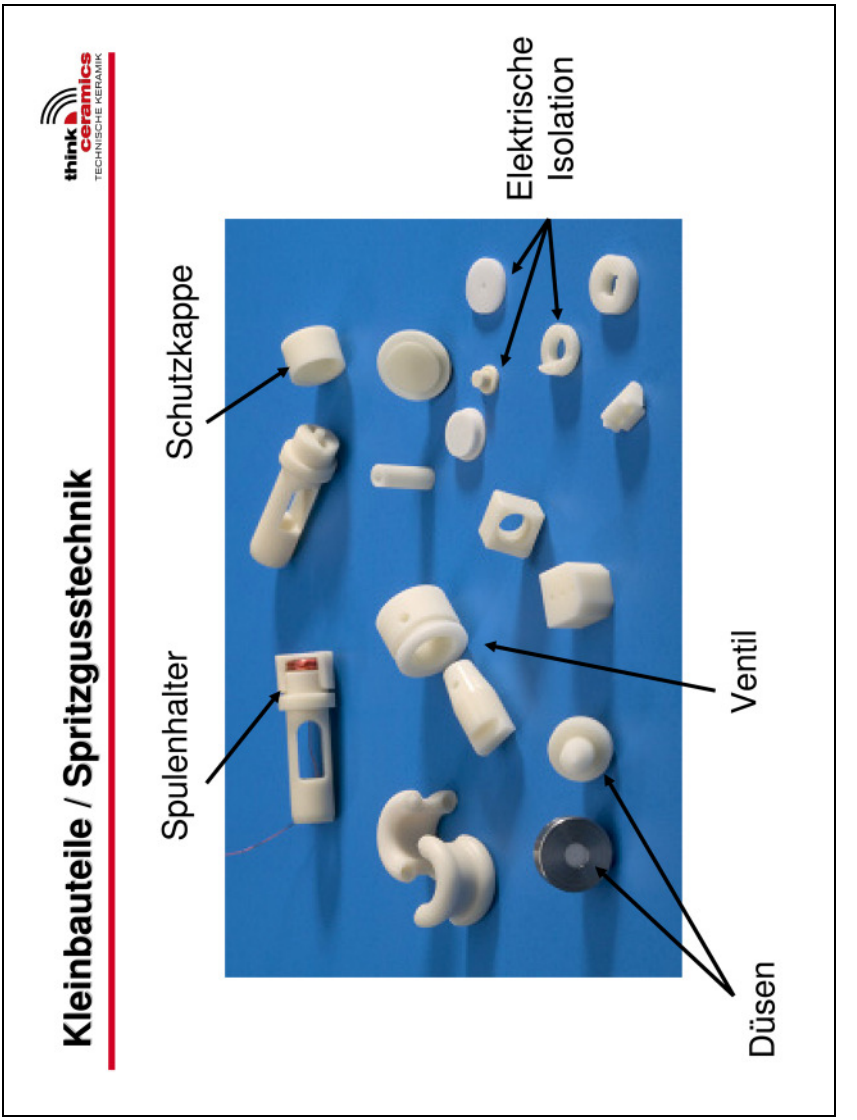
Beanspruchung:

- Kavitation
- Korrosion
- Verschleiß

4.1 Oxidkeramiken für tech. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 18

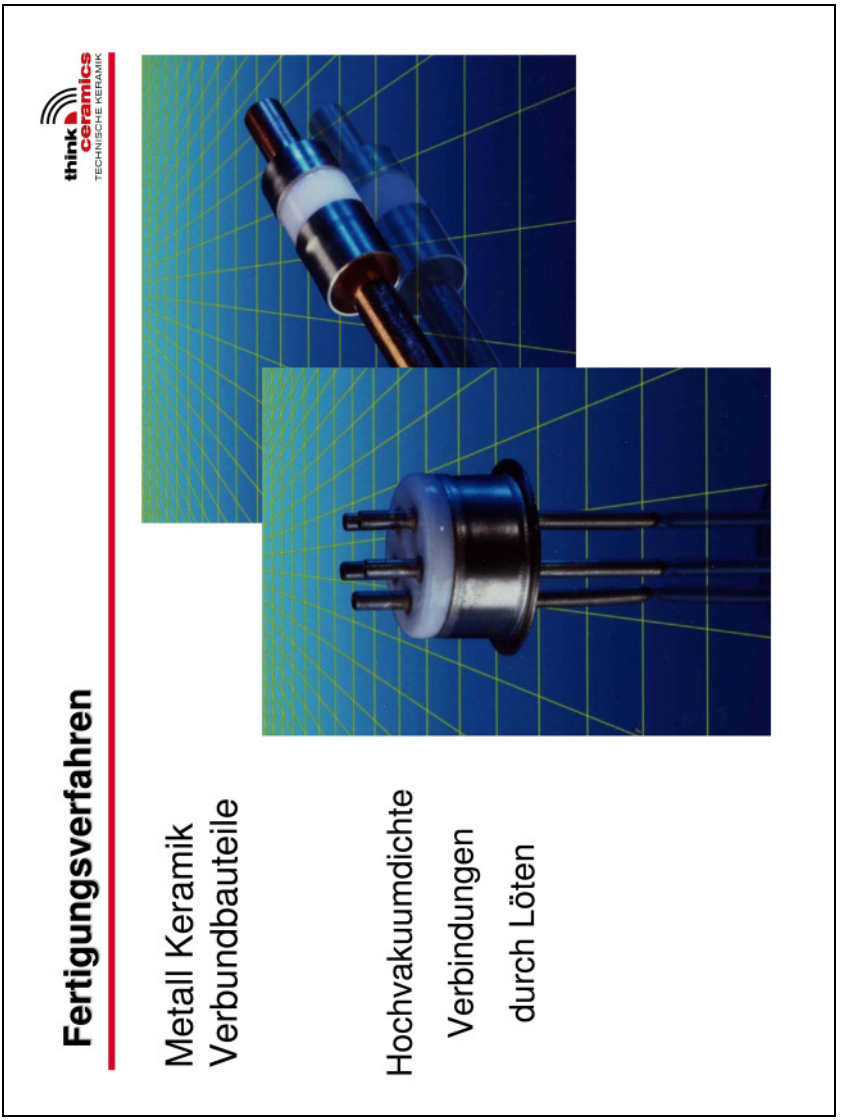



4.1 Oxidkeramiken für tech. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 19

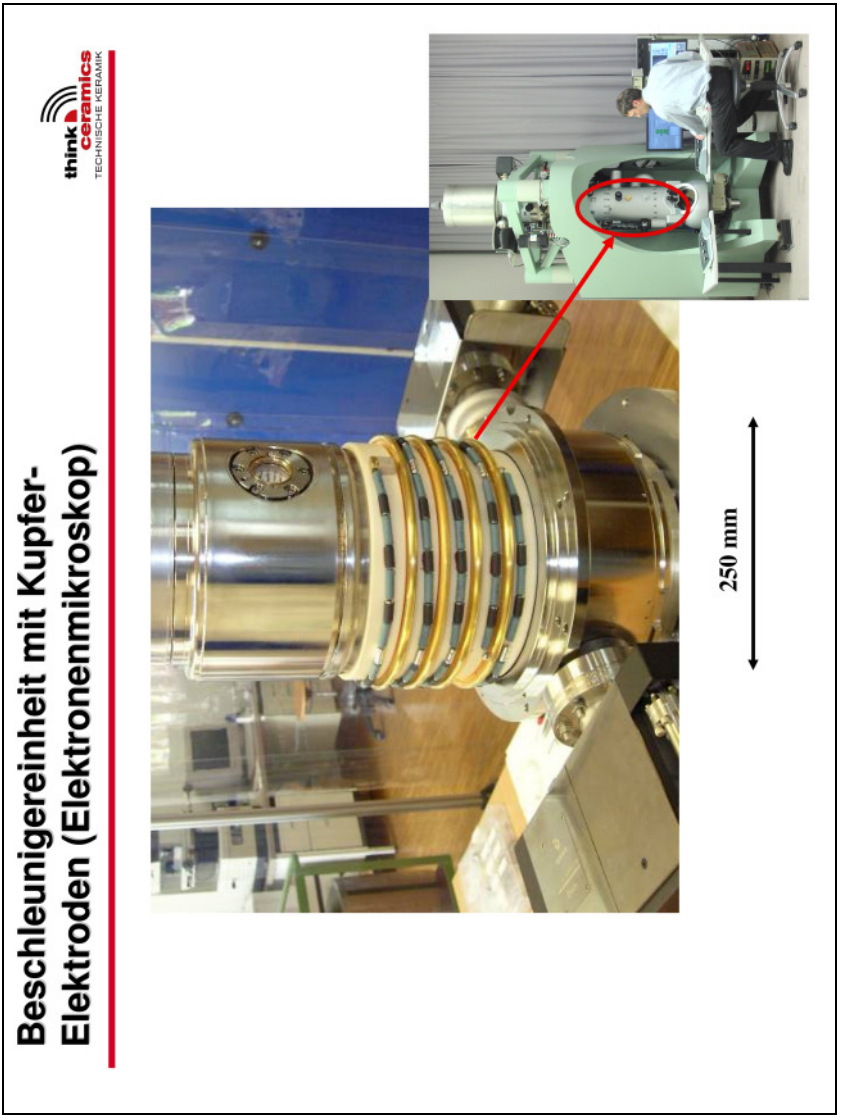



4.1 Oxidkeramiken für tech. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 20

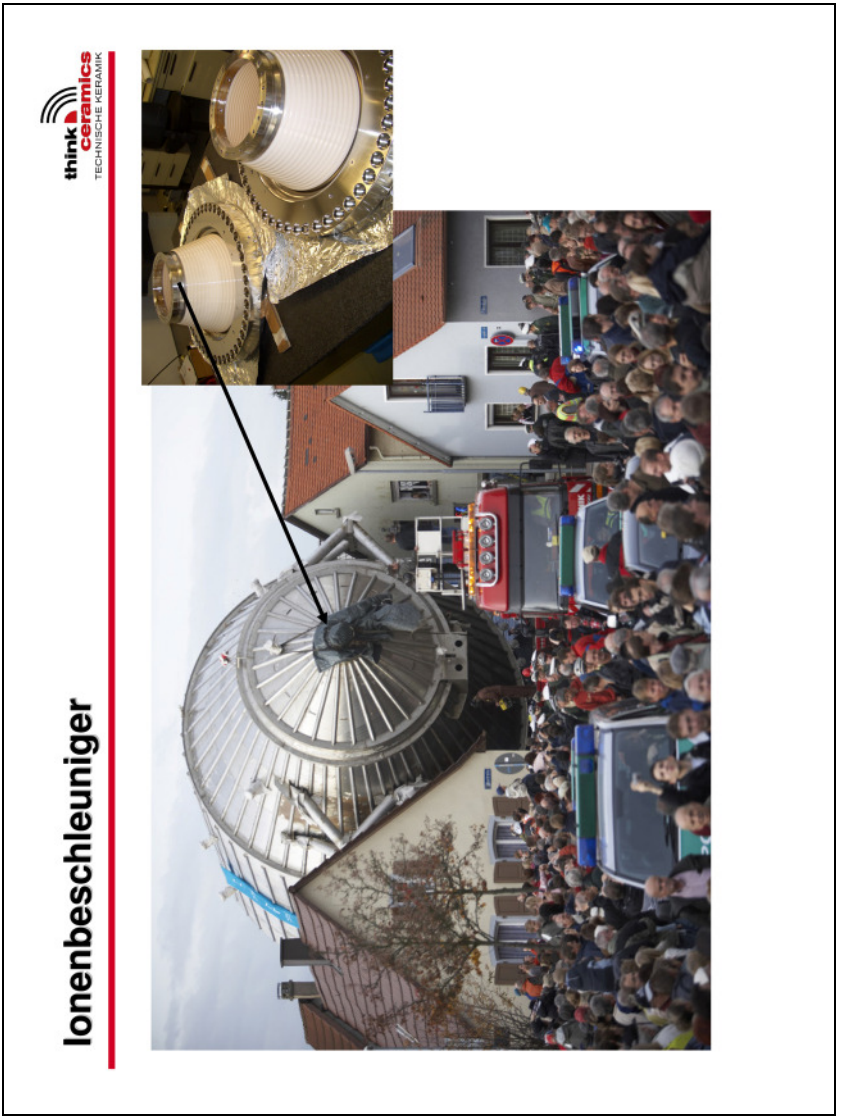
4.1 Oxidkeramiken für tech. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 21




4.1 Oxidkeramiken für tech. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 22




4.1 Oxidkeramiken für tech. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 23




4.1 Oxidkeramiken für tech. Anspruchsvolle Lösungen - Folie 24