



# MASCHINENBAU

Komponenten aus  
Hochleistungskeramik

# FÜR HÖCHSTE ANSPRÜCHE

Im Maschinenbau steigen die Anforderungen an Bauteile aus Hochleistungskeramik stetig. Unsere Herausforderung ist es, durch langjährige Erfahrung und fundiertes technisches Know-how tagtäglich diesen Ansprüchen zu genügen.

Maschinenbauteile mit Hochleistungskeramiken der KYOCERA Fin ceramics Europe GmbH zeichnen sich durch überlegene Eigenschaften aus:

- ▶ Hohe Härte und Verschleißfestigkeit
- ▶ Korrosionsbeständigkeit gegen Säuren und Laugen
- ▶ Mechanisch hoch belastbar
- ▶ Extreme Temperaturbeständigkeit

Die Auswahl des richtigen Werkstoffs ist für jede Konstruktion eines technischen Bauelementes von wichtigster Bedeutung. Es wird eine Vielzahl von Aspekten abgewogen, die dann letztendlich zu dieser entscheidenden Wahl führen. Bei Ihrer Werkstoffauswahl profitieren Sie von unserer langjährigen Erfahrung, die wir im Zusammenhang mit den unterschiedlichsten Anwendungen unserer Bauteile bereits gesammelt haben.

## VORTEILE

- ▶ Kompetente Anwendungstechniker der KYOCERA Fin ceramics Europe GmbH unterstützen bei der werkstoffgerechten Konstruktion und Materialauswahl.
- ▶ Jahrelange Materialentwicklung zahlt sich mit unübertroffenen Werkstoffeigenschaften aus; Korrosions- und Temperaturbeständigkeit nehmen eine Spitzenposition ein.
- ▶ Eine gute Vernetzung mit Universitäten und Instituten sichert geeignete Partner für Forschungsvorhaben und Innovationen.
- ▶ Das weltweite Vertriebsnetz bietet auch im Ausland den Ansprechpartner vor Ort.
- ▶ Gesamte Fertigung von der Aufbereitung der Masse bis zum fertigen Bauteil am Standort in Mannheim.
- ▶ Kundenspezifische Komplettlösung in Keramik aus einer Hand.



**Profitieren Sie von  
150 Jahren Keramikerfahrung.**

# PUMPENBAUTEILE

Durch unsere Hochleistungswerkstoffe und unsere langjährige Erfahrung in Konstruktion und Entwicklung von Sonderbauteilen generieren wir lange Lebensdauer und hohe Betriebssicherheit Ihrer Maschinenkomponenten.



Spalttöpfe aus FZM



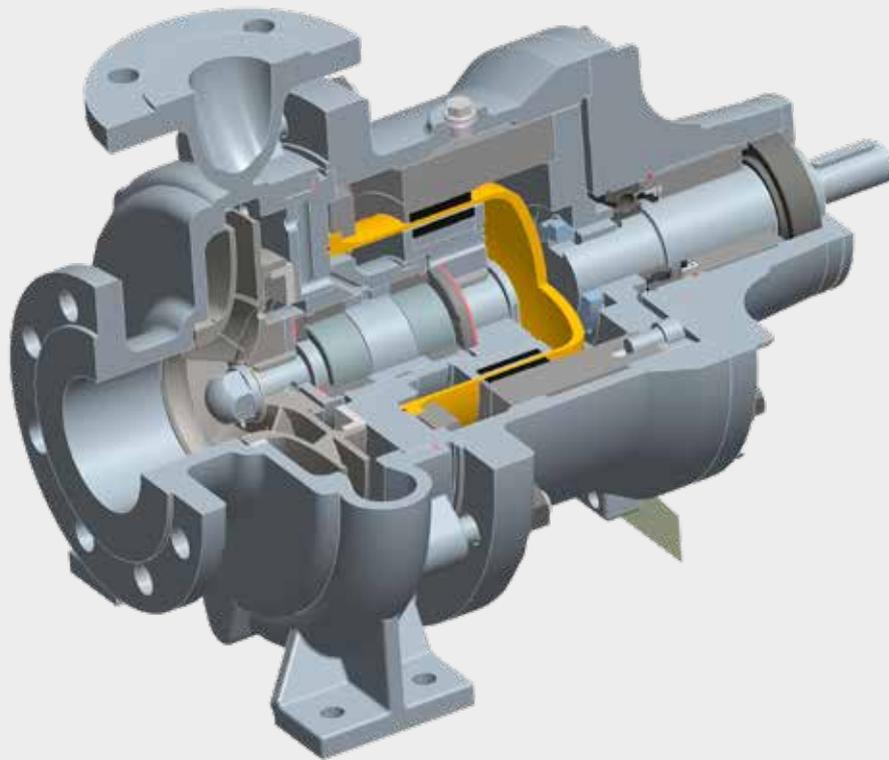
Hochdruckkolben aus FZM  
mit aufgeschwumpftem Haltering aus Metall

## SPALTTÖPFE

Der Einsatz von Spalttöpfen aus Hochleistungskeramik ermöglicht eine wartungs- und leckagefreie Wellendichtung in magnetisch gekoppelten Kreiselpumpen. Durch das hermetisch abgeriegelte Gehäuse wird sichergestellt, dass korrosive oder hochtoxische Medien nicht austreten. Es tritt auch keine systembedingte Tropfleckage auf – ein Gewinn für Mitarbeiter und Umwelt. Hier spielt die Keramik ihre Stärken aus: überlegene Korrosionsbeständigkeit und praktisch vollkommene Unmagnetisierbarkeit verhindern Korrosion und Wirbelstromverluste. Durch die hohe mechanische Belastbarkeit können, abhängig von der Größe, keramische Spalttöpfe bei 450 °C und Drücken von 60 bar eingesetzt werden.

## HOCHDRUCKKOLBEN

Kolben aus den keramischen Werkstoffen F99,7, FZT, FZM oder FZM/K werden für die Förderung von flüssigen bis hochviskosen Medien eingesetzt, auch wenn diese abrasive Bestandteile enthalten. Mit diesen Kolben werden Drücke bis zu 10.000 bar beherrscht. Die Einsatzgebiete sind z. B. Wasserstrahlschneidanlagen, Hochdruckreiniger, Entsalzungsanlagen und Kühl-, Spül- oder Filtrationskreisläufe. Die gute Verschleißfestigkeit, sowie optimale Gleiteigenschaften ( $R_a < 0,05 \mu\text{m}$ ) ermöglichen lange Standzeiten von mehr als 4.000 h bei 3.000 bar bei nur geringer Reibungswärmeentwicklung.



Quelle: Klaus Union



Laufwerk aus FZM mit ca. 300 mm Durchmesser



Gleitlager aus Siliziumcarbid, produktgeschmiert

## LAUFRÄDER

Laufwerke für Kreiselpumpen aus F99,7 oder FZM eignen sich für Spezialpumpen unter extremen Einsatzbedingungen. Je nach Ausführung des Gehäuses können so hochkorrosive, abrasive und heiße Medien transportiert werden. Sehr komplexe Laufwerk-Geometrien werden durch Diffusionsfügen hergestellt. Konventionell lassen sich diese Geometrien nicht fertigen.

## GLEITLAGER

Gleitlager aus Keramik mit den Gleitpartnern Siliciumcarbid oder Zirkonoxid FZM werden in Rührwerken und Pumpen für Lebensmittelindustrie, Pharmazie und Chemieindustrie erfolgreich eingesetzt. Herausragende Oberflächenqualitäten erzielen exzellente Gleiteigenschaften, wie auch Sterilisation und Reinigung der Bauteile ohne Demontage (CIP/SIP). Mit der mediengeschmierten Gleitlagerung können Dichtungsaufgaben mit Magnetkopplung gelöst werden.

# BAUTEILE ZUM DOSIEREN

Präzise eingepasste Kolbenzylindereinheiten tragen zu geringer Leckage und niedrigem Verschleiß bei. Mit unserem Material müssen Sie sich um Korrosion keine Sorgen mehr machen.



Dosierscheibe aus F99,7



Bauteil aus FZM mit eingesinterter Platin-Cermet-Elektrode zur magnetischen Durchflussmessung

## SCHIEBER UND DICHTSCHEIBEN

Dichtscheibenpaare für Abfüll-, Aufbereitungs- und Mischanlagen ermöglichen das präzise Dosieren verschiedenster Medien. Durch die gezielte Einstellung der Oberflächenrauheit der Gleitflächen kann ein Anhaften (sog. Stick-Slip-Effekt) vermieden und ein reibungsloser Ablauf gewährleistet werden.

## DURCHFLUSSMESSER

Die magnetisch-induktive Durchflussmessung von Flüssigkeiten unterschiedlichster Viskosität erfordert ein elektrisch isolierendes Rohrsegment mit einem Elektrodenpaar exakter Größe und Position. Genau dies wird mit Durchflussmessern aus FZM mit eingesinterter Platin-Cermet-Elektrode erreicht. Dank der einzigartigen Technologie des Einsinterns der KYOCERA Fin ceramics Europe GmbH wird eine kompromisslose Dichtheit der Fügstelle auch bei hohem Druck gewährleistet.



Quelle: KRONES AG



Eingepaste Kolben-/Zylindereinheit aus F99,7

## **KOLBEN- UND ZYLINDEREINHEITEN**

Für Abfüllanlagen von Flüssigkeiten wird die Sicherheit und Produktivität durch den Einsatz von Keramik deutlich gesteigert. Die FDA-Zulassung der keramischen Werkstoffe F99,7, FZT und FZM ermöglicht einen unbedenklichen Einsatz in unterschiedlichen Bereichen wie Lebensmittelindustrie, Pharmazie und Chemieindustrie. Im Gegensatz zur konventionellen Bauweise wird bei dem Einsatz von Keramik durch hochpräzises Einpassen von Kolben und Zylindern, Spaltspiel  $\leq 3 \mu\text{m}$ , eine Abdichtung ohne Dichtungselemente erreicht. Mit unseren Keramikbauteilen werden Reinigung und Sterilisation ohne Demontage der Anlage (CIP / SIP) zu einem gelösten Problem.

# MAHLEN UND ZERKLEINERN

Die Verschleißfestigkeit und FDA-Zertifizierung unserer Materialien ermöglichen die Zerkleinerung extrem widerstandsfähiger und kontaminationsempfindlicher Materialien.



Mahlkörper aus FZM und F99,7



Mahlbecher mit Deckel aus FZM

## MAHLKÖRPER

Mahlkörper aus Hochleistungskeramiken sind unmagnetisch und zeichnen sich durch eine hohe Verschleißfestigkeit aus. Die hohe chemische Beständigkeit und Inertheit erlaubt den Einsatz auch bei extrem sensiblen Mahlgut. Durch den geringen Abrieb wird die Reinheit nicht beeinflusst. Dies ist bei der Aufbereitung von Proben zur Analyse von entscheidender Bedeutung.

## MAHLBECHER

Mahlbecher sind in unterschiedlichen Größen und Ausführungen verfügbar. Der Werkstoff garantiert durch seine hervorragenden mechanischen Eigenschaften maximale Standzeit bei minimalem Verschleiß – auch bei hohen Temperaturen und stark korrosiven Medien. FZM und F99,7 sind gemäß FDA-Richtlinien zertifiziert.



Großes Sicherterrad aus F99,7 (Außendurchmesser 300 mm)



Keramischer Walzenkörper aus F99,7 (Außendurchmesser 250 mm) im Metall-Keramik-Verbund

## SICHTERRÄDER

Sicherterräder aus Hochleistungskeramik genügen aufgrund der überlegenen Werkstoffeigenschaften und der durchdachten Konstruktion höchsten Ansprüchen. Gerade im Kontakt mit stark abrasiven Mahlgütern zeigt Keramik ihre Stärken: geringerer Wartungsaufwand und reduzierte Kosten sind die Folge. Das geringe spezifische Gewicht wirkt sich positiv auf die auftretenden Kräfte und die Laufruhe aus.

## WALZENKÖRPER

Paarweise eingesetzte Walzenkörper aus Oxidkeramik werden zur Zerkleinerung von sehr harten Werkstoffen genutzt. Das Produkt wird nicht kontaminiert und der keramische Walzenkörper aus F99,7 und FZM hält den Beanspruchungen problemlos stand. Um das gewünschte Ergebnis zu erreichen empfiehlt sich hier in der Regel eine Metall-Keramik-Kombination, durch welche die Vorteile von beiden Werkstoffen in einem Bauteil vereint werden.

# POSITIONIER- UND SCHWEISSSTIFTE

Unsere einzigartigen Werkstoffe gewährleisten durch die spezielle Zusammensetzung höchste Härte und Verschleißfestigkeit, sodass auch nach vielen Zyklen noch eine exakte Positionierung möglich ist.



**Für höchste  
Präzision und  
Lebensdauer.**



Vollkeramischer Schweißstift aus Siliciumnitrid



Positionierstifte in Keramik-Kappenversion  
aus FZT mit Metallgrundkörper



Positionierstifte in Keramik-Stabversion  
aus DEGUSSIT DD57 mit Metallgrundkörper

Namhafte Automobilhersteller arbeiten mit Positionier- und Schweißstiften aus Hochleistungskeramik. Die Vorteile liegen auf der Hand: Die hohe Verschleißfestigkeit und Härte der Werkstoffe führt zu präziser Positionierung in der Serienfertigung. Eine konstant hohe Genauigkeit kann mit einer im Vergleich zu Stahl 100-fachen Standzeit erreicht werden. Materialeigenschaften wie elektrische Isolation und Hochtemperaturbeständigkeit ermöglichen einen unkomplizierten und wartungsarmen Einsatz der Positionierstifte über lange Zeit.

Die Kombination der Werkstoffe Metall und Keramik ermöglicht eine optimierte und kostengünstige Konstruktion: Keramik nur dort, wo es wirklich notwendig ist. Dank der jahrelangen Erfahrung bei Metall-Keramik-Verbundbauteilen bieten wir unterschiedlichste und auf den Kunden zugeschnittene Lösungen an. Profitieren Sie von niedrigen Werkzeugkosten, geringen Stillstandzeiten und gleichzeitig minimalen Instandhaltungs- und Wartungskosten.

Um unterschiedlichen Kundenanforderungen gerecht zu werden schöpfen wir aus einem breiten Portfolio an Hochleistungskeramiken. Je nach Anwendungsfall beraten wir Sie gerne bei der geeigneten Werkstoffauswahl.

# UMFORMWERKZEUGE

Die Kombination aus Metall und Keramik führt durch geschickte Konstruktion zu erhöhter Festigkeit, was sich in längerer Standzeit und geringerer Ausfallwahrscheinlichkeit manifestiert.



In Metallgehäuse eingeschrumpfter Ziehring aus FZM



Verschiedene Umformwerkzeuge aus FZM und FZT, teilweise im Metall-Keramik-Verbund

## ZIEHRINGE

Hochleistungskeramiken weisen eine Kombination von Materialeigenschaften auf, die bei anwendungsbezogenen Konstruktionen optimal genutzt werden können. Die ausgezeichnete Verschleißfestigkeit bei sehr hohen mechanischen Beanspruchungen führt zu einer hervorragenden Wirtschaftlichkeit, gerade in der Ziehtechnik. Unsere Werkstoffe ermöglichen hohe Standzeiten und hervorragende Oberflächenqualitäten bei optimalem Ziehverhalten. Diese Vorteile bleiben auch bei hohen Temperaturen und in korrosiver Umgebung erhalten. Die Verwendung von Zieh fett oder Ziehölen kann stark reduziert oder ganz eingespart werden.

## PRESSMATRIZEN

Gegenläufige Stempel verpressen in Hülsen / Matrizen unter hohem Druck Pulver zu kompakten Bauteilen. Die Wandreibung im Inneren der Matrize führt durch ein Zusammenwirken von Korrosion und Abrasion zu einem starken Verschleiß an der Matrizenwand. Dem Reibverschleiß und chemischen Angriff widersteht Oxidkeramik deutlich besser als Metall. Durch eine von außen aufgeschumpfte Metallhülse werden die kritischen Spannungen abgefangen und die Keramik druckverspannt, was zu einer Erhöhung der Festigkeit führt.



Umformwalze (Außendurchmesser 200 mm) aus FZM



Umformrollen aus FZM

## UMFORMWALZEN

Keramikwalzen aus Hochleistungskeramik zur Metallumformung haben sich als Alternative zu herkömmlichen Werkstoffen bewährt. Durch die hohe Härte und Verschleißfestigkeit der Keramik, gepaart mit der enormen Temperaturbeständigkeit, können Standzeiten bis zum 20-fachen vergleichbarer Stahlwerkzeuge gewährleistet werden. Hierdurch kann der Werkzeugbestand reduziert werden und die Werkzeugreparaturen und -instandhaltungen verringern. Im Einzelfall kann die Werkzeugkühlung entfallen. Durch die hohe Oberflächengüte der Keramik und die geringe Adhäsionsneigung zu Metall ist der Umstieg von Metall auf Keramik mit einer verbes-

serten Oberfläche und Qualität der gewalzten Bauteile verbunden.

Zudem sind Hochleistungskeramiken chemisch inert und reagieren nicht mit Metallen oder ihren Oxiden. Sie sind zudem gegen fast alle Säuren und Laugen beständig und sind somit auch unter schwierigsten Umgebungsbedingungen einsetzbar.

# OBERFLÄCHENBEARBEITUNG

Beste Oberflächen und lange Einsatzdauer: unser einzigartiges Material Sinterrubin DEGUSSIT DD57 erhält durch spezielle Dotierung seine rote Farbe, sowie seine extreme Härte und Verschleißfestigkeit.



**Höchste Qualität  
für unübertroffene  
Oberflächengüte.**



Feinschleifwerkzeuge quadratisch, dreieckig, halbrund, rund aus DEGUSSIT DD57



Schleifscheibe aus DEGUSSIT DD57 mit Messinghalterung



Schleifstifte aus DEGUSSIT DD57 mit Metallhalterung zum Einspannen

Feinschleifwerkzeuge der KYOCERA Fineceramics Europe GmbH sind bindemittelfrei und eignen sich zur Bearbeitung praktisch aller gängigen Hartstoffe wie z. B. Glas, Porzellan oder Hartmetall. Durch die gezielte Dotierung mit Zusätzen weist der Sinterrubin DEGUSSIT DD57 eine extrem hohe Härte und eine besonders hohe Verschleißfestigkeit auf. Zudem bekommt er hierdurch seine tiefrote Färbung. Einsatz finden unsere Feinschleifwerkzeuge unter anderem bei der Herstellung präziser, feinmechanischer Geräte, in der Uhren-, Glas- und Schmuckindustrie oder als Messerschärfer. Durch die Schleifbearbeitung mit DEGUSSIT DD57 Feinschleif-

werkzeugen können beim Schleifen, Läppen, Honen und Rollieren unübertroffene Oberflächengüten erreicht werden. Bei der Bearbeitung mit DEGUSSIT-Feinschleifwerkzeugen wird die Oberfläche des Werkstückes nicht nur spanabhebend bearbeitet, sondern sie kann bei Verwendung der feinsten Sorte auch durch Druck verfestigt und poliert werden. Zu unserem Lieferprogramm zählen Feilen, Handläpper, Rollierscheiben, Schleifwerkzeuge, Banksteine und Schleifstifte in unterschiedlichen Körnungen von grob über mittel bis fein. Auch kundenspezifische Bauteile können auf Anfrage gefertigt werden.

# FÜR SPEZIALANWENDUNGEN

Große und komplexe Bauteile werden durch unsere vielfältigen Fertigungs- und Bearbeitungsmöglichkeiten mit höchster Präzision hergestellt.



Kameragehäuse aus F99,7 für die Luft- und Raumfahrt



Dielektrikumleiste für Brennstoffzellen aus F99,7

## KAMERAGEHÄUSE

Dank der hauseigenen CNC-5-Achs-Bearbeitung mit Ultraschallunterstützung sind auch komplexe Bauteile fertigbar, so wie zum Beispiel dieses Kameragehäuse. In diesem Anwendungsfall kommt die Durchlässigkeit der Keramik für elektromagnetische Strahlung zum Tragen: Die elektromagnetischen Wellen der Sensoren im Inneren des Gehäuses können nach außen dringen, während von außen kommende Radarstrahlen kaum reflektiert werden und dadurch die Detektierung des Fluggerätes erschweren.

## DIELEKTRIKUMLEISTEN FÜR BRENNSTOFFZELLEN

Neue Wege erfordern neue Konzepte: Im Bereich der Brennstoffzellen-Technik werden korrosionsresistente Dielektrika für hohe Temperaturen benötigt. Hier kommt Hochleistungskeramik ins Spiel. Über die gesamte Länge auf wenige  $\mu\text{m}$  exakt bearbeitete Präzisionsleisten garantieren hochgenaue Abstände und elektrische Isolation in MCFCs (Molten Carbonate Fuel Cells).



Brennstoffzellenkraftwerk auf dem Werksgelände der KYOCERA Fineceramics Europe GmbH



Vakuummkammer aus F99,7 im Metall-Keramik-Verbund  
(Länge 1.350 mm, Durchmesser 320 mm)



Gehäuse für Röntgenbildverstärker aus F99,7

## VAKUUMKAMMERN

Keramische Vakuummkammern aus Hochleistungskeramik werden in bekannten Teilchenbeschleunigern wie dem LHC bei CERN, DESY in Hamburg oder dem HIT in Heidelberg benötigt und eingesetzt. Wegen ihrer exzellenten Eigenschaften dienen diese Bauteile zur Hochspannungsisolation oder zur Strahlablenkung durch schnell gepulste Magnete. Die Kombination aus F99,7 und Metall zeigt nur geringste Leck- und Ausgasraten, wodurch sie für den Einsatz im Ultra-Hochvakuum (UHV) prädestiniert ist. Zur Abführung der auf den Innenwänden entstehenden Spiegeladungen ist eine dünne Beschichtung der Innenseiten mit Titan möglich.

## GEHÄUSE FÜR RÖNTGENBILDVERSTÄRKER

Schlüsselkomponenten in der Medizintechnik, wie z. B. Gehäuse für Röntgenbildverstärker, erfordern die Kombination von Metall und Keramik. Unsere Bauteile genügen nicht nur höchsten Ansprüchen an Präzision und Zuverlässigkeit, sondern sie vereinen auch die Vorteile beider Materialien in einem Bauteil: Schweiß- bzw. schraubbares Metall auf der einen Seite und elektrisch isolierende, durchschlagfeste Keramik auf der anderen Seite; beides dicht miteinander verbunden. Dank modernster Anlagen und jahrelanger Erfahrung im Löten von Keramik profitieren unsere Kunden von höchster Prozesssicherheit.

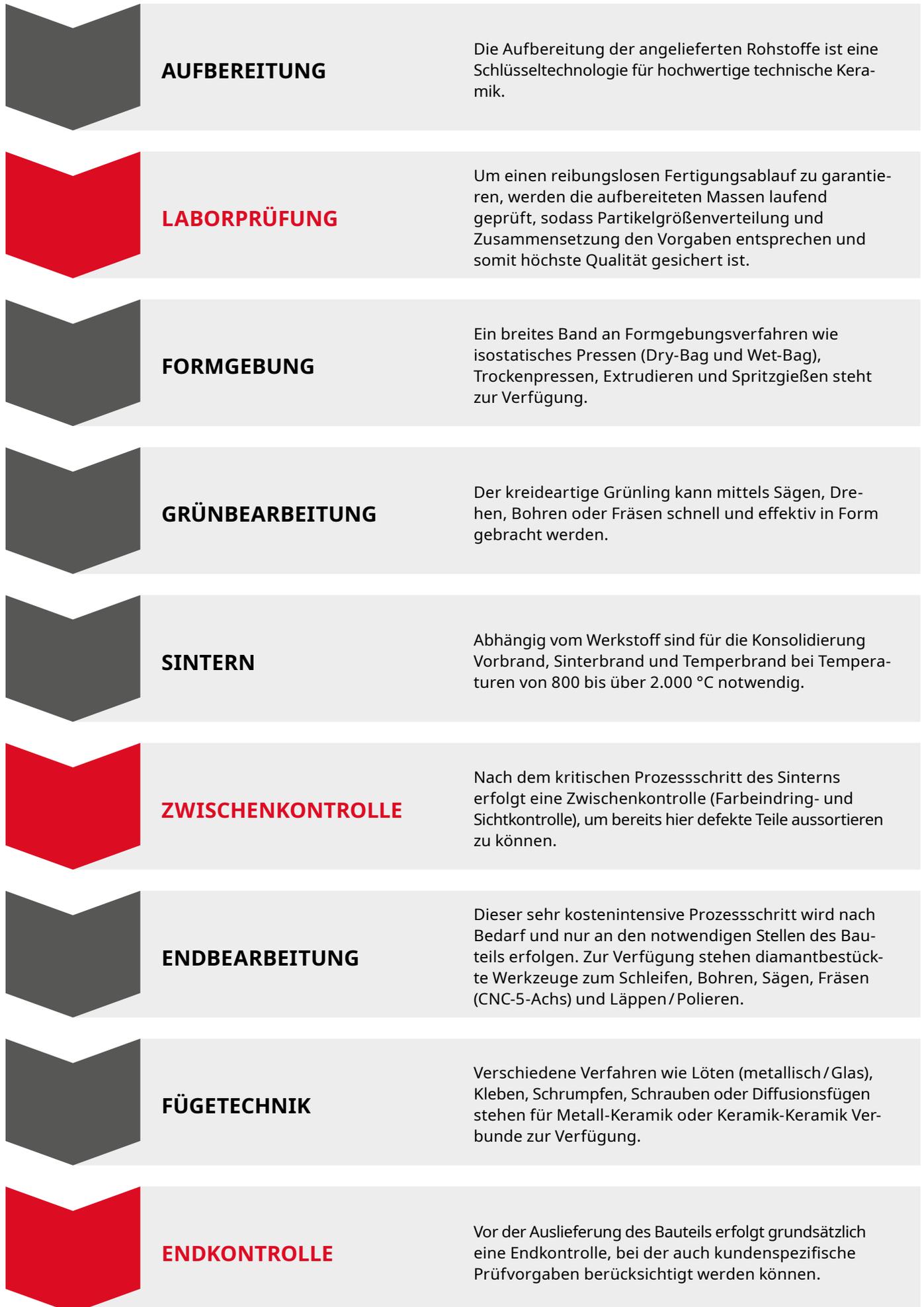
# FERTIGUNGSABLAUF

Der keramische Fertigungsablauf vom Rohstoff bis zum Endprodukt unterscheidet sich grundlegend von der Metall- oder Kunststoffherstellung: Dauer, Aufwand und Kosten prädestinieren Keramik für Spezialanwendungen.

Keramikteile unterliegen während des Sinterprozesses bei ca. 1.800 °C einer technisch bedingten Schwindung. Aus wirtschaftlichen Gründen sollten deshalb nur dort enge Toleranzen gefordert werden, wo es unumgänglich ist. Im Allgemeinen können Maßtoleranzen von  $\pm 1\%$  ohne Nachbearbeitung eingehalten werden. Bei präziseren Toleranzen werden die entsprechenden Flächen durch Schleifen mit Diamantwerkzeugen nachgearbeitet.

Obwohl beim Schleifen keine technischen Schwierigkeiten entstehen, erfordert dies einen hohen Bearbeitungsaufwand und verteuert das Produkt. Darum lohnt es sich immer, sich schon bei der Konstruktion mit uns in Verbindung zu setzen, um gemeinsam eine zweckmäßige – d.h. technisch alle Anforderungen erfüllende, aber auch preiswerte und keramikgerechte – Lösung zu finden.





# FÜGETECHNOLOGIEN

Anspruchsvolle Anwendungen erfordern oft die Kombination von Eigenschaften unterschiedlicher Werkstoffe in einem Bauteil. Aus diesem Grund ist die Fügetechnik eine Herausforderung für Werkstoffwissenschaftler.

Keramik-Metall-Verbundbauteile zeigen 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.

KYOCERA Fineceramics Europe GmbH erarbeitete in Zusammenarbeit mit Kunden bereits eine Vielzahl von innovativen Problemlösungen. Die Einsatzgebiete reichen über Maschinen-, Pumpen-, Apparatebau bis hin zu Hochtemperatur- und elektrischen Anwendungen.

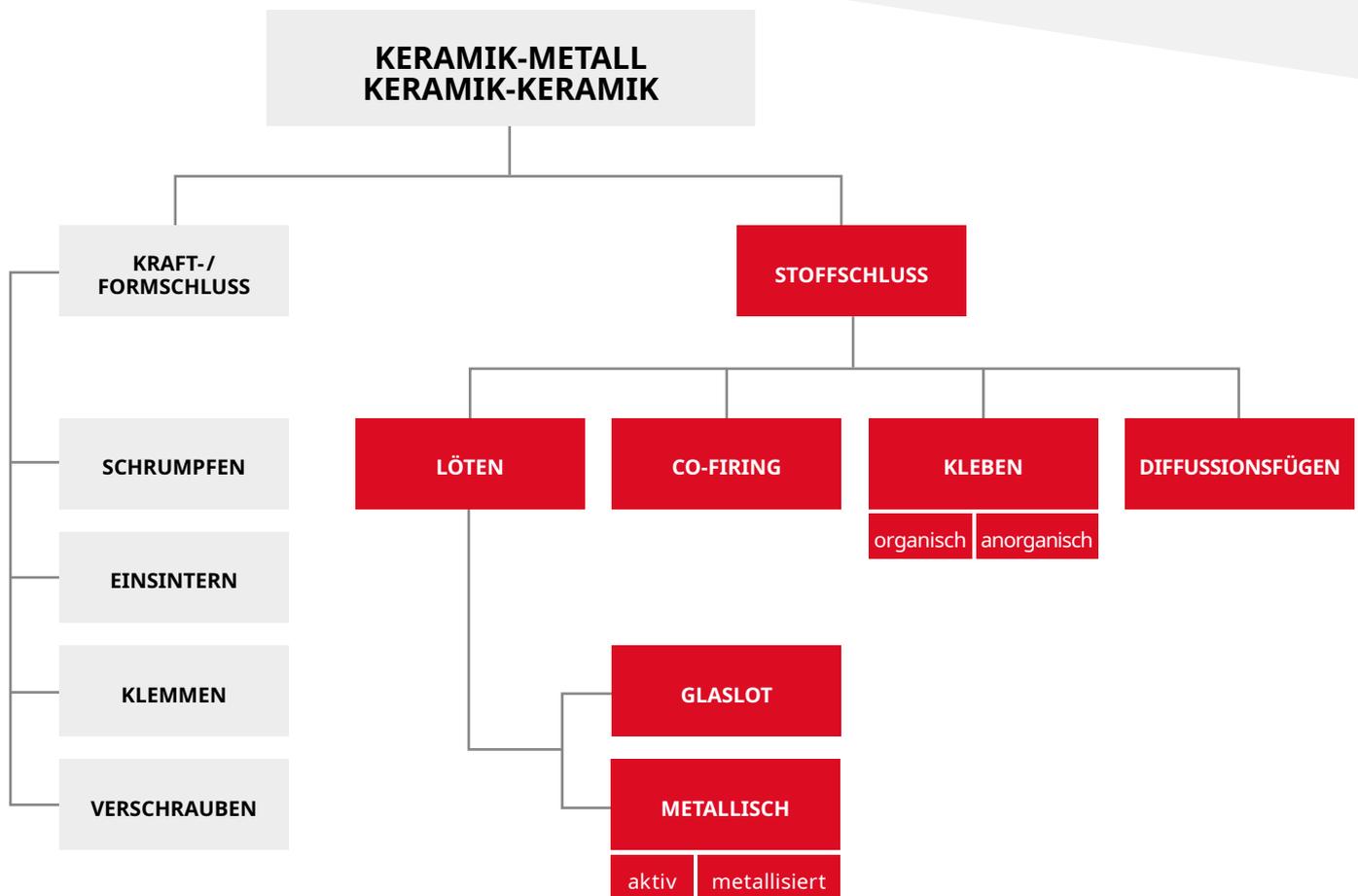
## KLEBEN

Für viele Keramik-Metall-Anwendungen haben sich Kleber auf Epoxidharzbasis bestens bewährt. Diese zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

- ▶ gute mechanische Eigenschaften
- ▶ gute allgemeine chemische Beständigkeit
- ▶ geringe Aushärtungsschrumpfung

- ▶ durch den Reaktionstyp Polyaddition einfache, drucklose Verarbeitung

Der große Vorteil der Klebeverbindung liegt in der einfachen Kombination von unterschiedlichen Werkstoffen. Klebeverbindungen zwischen Keramik und Metall können bei Auswahl geeigneter Klebstoffe und entsprechender klebegerechter Konstruktion Zugfestigkeiten bei Raumtemperatur von 50 MPa erreichen. Es ist jedoch zu beachten, dass Klebeverbindungen mit organischen Klebstoffen einem Alterungsprozess unterliegen und im Allgemeinen nicht über 150 °C dauerhaft erhitzt werden sollten. Spezielle Hochleistungsklebstoffe können noch bis zu Anwendungstemperaturen von 250 °C eingesetzt werden. Werden höhere Anwendungstemperaturen gefordert, kommen nur noch Klebstoffe auf anorganischer Basis in Frage. Die Klebstoffe bestehen in der Regel aus mineralischen Füllstoffen wie  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$  und  $\text{MgO}$  und einer Bindephase aus Wasserglas, wasserlöslichen Alumosilikaten oder Phosphaten.



Übersicht der Fügeverfahren

Die Festigkeitswerte liegen jedoch weit unter denen von organischen Klebstoffen, je nach Aushärtemechanismus bei 10 bis 20 % von standardmäßigen Epoxidharzklebstoffen. Der entscheidende Vorteil dieser Klebstoffe liegt in den sehr hohen Anwendungstemperaturen bis maximal 1.750 °C. Graphithaltige Systeme können unter Schutzgas bis 2.900 °C eingesetzt werden.

## LÖTEN

Das Verlöten von Keramik mit Metallbauteilen ist ein technologisch sehr anspruchsvolles Fügeverfahren und wird vorwiegend für stromführende Bauteile in der Vakuumtechnik verwendet. Die Kombination zwischen Keramik und Metall ist aufgrund der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten hinsichtlich der Werkstoffauswahl begrenzt und bedingt durch das geringe Benetzungsvermögen der keramischen Oberflächen für klassische metallische Lote auch nicht ohne weiteres möglich. Um ein ausreichendes Benetzungsverhalten des Lotes zu ermöglichen ist es notwendig, die keramische

Fläche vorher zu metallisieren, oder das Lot selbst so zu modifizieren, sodass ein direktes Benetzen der Keramik stattfinden kann.

Hinsichtlich des Lötprozesses unterscheidet man daher zwischen dem Löten von metallisierter Keramik und dem Aktivlöten. Die Festigkeiten dieser Verbindungen betragen bei einer Metallisierungsbreite von mindestens 2 mm mehr als 50 MPa. Selbst bei großen Bauteilen können He-Leckraten  $<10^{-10}$  mbar·l/s realisiert werden. Das Löten metallisierter Keramik ist eine seit mehreren Jahrzehnten erprobte Technik zur Verbindung von keramischen und metallischen Bauteilen, bestens bewährt hat sich das Mo-Mn Verfahren. Die Schichtdicke der Metallisierung beträgt etwa 15–35 µm.

# FÜGETECHNOLOGIEN



Ein in Glaslöttechnik gefertigter Ozongenerator



Diffusionsgeschweißtes Pumpenlaufrad

## GLASLÖTEN

Sollen keramische Bauteile gasdicht miteinander verbunden werden, so bietet sich das Glaslöten an. Dieses Fügeverfahren zeichnet sich durch eine sehr gute allgemeine chemische Beständigkeit und Einsatztemperaturen bis 1.100 °C aus. Die Raumtemperaturfestigkeiten solcher Verbindungen erreicht Werte von 100 MPa. Der Gestaltungsspielraum hinsichtlich der zu realisierenden Geometrien ist groß, da das Glaslöten im Vergleich zum Löten mit metallischen Loten weniger aufwendig ist. Es kann unter oxidierender Atmosphäre durchgeführt werden und eine Metallisierung entfällt. Die Verbindung ist absolut gasdicht und chemisch inert.

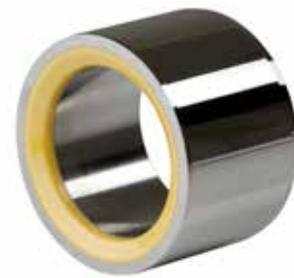
## DIFFUSIONSFÜGEN

Beim Diffusionsschweißen, oder auch Pressschweißen genannt, werden Bauteile bei höheren Temperaturen, aber unterhalb des Schmelzpunktes miteinander verbunden. Durch Diffusionsschweißen können keramische Bauteile miteinander verbunden werden. Die zu fügenden Bauteile müssen an den Kontaktflächen hinsichtlich der Oberflächengüte und den Formtoleranzen mit der benötigten Präzision bearbeitet werden, so dass im Sinterprozess eine stoffschlüssige Verbindung durch Diffusion der einzelnen Gefügebestandteile entsteht. Ein Beispiel für komplexe keramische Bauteile, die über dieses Fügeverfahren gefertigt wurden, sind keramische Pumpenlaufräder mit gebogenen Schaufeln.

## Keramik-Metall Verbunde für ideale Eigenschaften.



Bauteil mit eingesinterter Platin-Cermet-Elektrode zur magnetisch-induktiven Durchflussmessung



In Metallgehäuse eingeschrumpfter Ziehring

### CO-FIRING

Eine weitere Möglichkeit Keramik mit Metall zu verbinden ist das gemeinsame Sintern beider Werkstoffe während des Brennprozesses. Die Keramik schwindet dabei auf einen Körper aus einem hochtemperaturbeständigen Metall oder Cermet auf. Einer der wenigen Werkstoffe die dafür in Frage kommen ist Platin, das neben einem Schmelzpunkt von ca. 1.770 °C über eine exzellente Oxidationsbeständigkeit verfügt. Das Paradebeispiel für den äußerst erfolgreichen Einsatz dieser Technik stellen Messzellen für magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte (MID) dar. Der zum Spannungsabgriff benötigte Leiter, ein Platindraht oder wie bei den MID neuerer Generation ein auf Platin basierender Cermet, wird im Verbund mit der Keramik des Typs FZM gesintert. Varianten mit Cermetelektroden zeigen He-Leckraten  $<10^{-10}$  mbar $\cdot$ l/s und können bis zu einem Berstdruck von  $>1.000$  bar belastet werden.

### SCHRUMPFEN

Ein Beispiel für den keramikgerechten Kraftschluss ist die Pressverbindung zwischen einem keramischen Innen- und einem metallischen Außenteil durch Aufschrumpfen des Metallteiles. Um den äußeren metallischen Körper über den mit Übermaß gefertigten keramischen Kern zu schieben, wird das Außenteil erwärmt. Beim Erkalten wird das Metallteil durch thermisches Rückdehnen auf die Keramik geschrumpft. Da keramische Werkstoffe extreme Druckfestigkeit aufweisen, kommt dieses Konstruktionsprinzip den Festigkeitseigenschaften der Keramik entgegen.

Die hohe Festigkeit der Pressverbindungen wurde in hausinternen Versuchen an Probekörpern nachgewiesen. Durch Einfügen einer zusätzlichen Zwischenlage aus duktilem Metall zwischen Innen- und Außenteil können sogar vakuumdichte Verbindungen realisiert werden.

# WERKSTOFFDATEN

Eigenschaften		Einheit	Kennwert F99,7
Hauptkomponenten		-	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Reinheit		Gew.-%	> 99,5
Dichte (Bereich)		g/cm <sup>3</sup>	≥ 3,90
Offene Porosität		Vol.-%	0
Restporosität		Vol.-%	-
davon offene Porosität		Vol.-%	-
Mittlere Kristallitgröße		µm	10
Biegebruchfestigkeit $\sigma_m$	DIN EN 843-1	MPa	350
Weibull-Modul		-	> 10
Bruchzähigkeit $K_{Ic}$	SEVNB	MPa * m <sup>0,5</sup>	3,5
Druckfestigkeit		MPa	3.500
Elastizitätsmodul	statisch	GPa	380
Poisson-Zahl		-	0,22
Härte	HV1	-	1.760
Maximale Einsatztemperatur	in Luft inerte Atmosphäre	°C	1.950 -
Linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient	-100 – 20 °C	10 <sup>-6</sup> /K	5,5
	20 – 100 °C		-
	20 – 500 °C		7,3
	20 – 900 °C		-
	20 – 1.000 °C		8,2
Spezifische Wärme	20 °C	J/(kg * K)	900
Wärmeleitfähigkeit	20 °C	W/(m * K)	34,9
	100 °C		-
	500 °C		-
	900 °C		-
	1.000 °C		6,8
	1.500 °C		5,3
Spezifischer elektrischer Widerstand	20 °C	Ω * cm	10 <sup>15</sup>
	50 °C		-
	100 °C		-
	300 °C		-
	600 °C		-
	900 °C		-
Elektrische Durchschlagfestigkeit	20 °C	kV/mm	> 30
Typische Farbe		-	elfenbein

Für die in der Tabelle angegebenen Eigenschaftswerte gilt sinngemäß die Vorbemerkung zu DIN 60672-2, wonach die mitgeteilten Werte nur für die Probekörper gelten, an denen sie gemessen worden sind. Die Übertragung auf andere Formen ist daher nur bedingt zulässig. Die genannten Werte sind als Richtwerte aufzufassen. Sie beziehen sich auf eine Temperatur von 20 °C, sofern nicht anders angegeben. Die Kennwerte weiterer Werkstoffe finden Sie unter [www.kyocera-fineceramics.de](http://www.kyocera-fineceramics.de)

Kennwert FZM	Kennwert FZT	Kennwert FZM / K	Kennwert DEGUSSIT DD57
ZrO <sub>2</sub> , MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZrO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub> , Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
> 99,7	> 99,5	≥ 99,8	> 99,5
≥ 5,70	≥ 4,10	≥ 6,0	≥ 3,90
0	0	0	0
-	-	-	-
-	-	-	-
50	5	0,8	10
500	460	1.000	300
> 15	> 15	10	-
6,3	3,3	4,6	-
2.000	3.000	2.200	3.000
185	360	200	380
0,3	0,24	0,3	0,22
1.220	1.880	1.420	1.660
900	1.700	1.000	1.950
-	-	-	-
7,7	4,9	-	-
-	-	-	7,5
10,4	7,5	-	-
10,6	-	-	-
-	8,3	10,5	8,5
400	850	400	900
3	-	-	34,9
-	25	2,5	-
2,3	-	-	-
2	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
10 <sup>10</sup>	-	-	-
-	-	5 * 10 <sup>10</sup>	-
-	-	2,5 * 10 <sup>9</sup>	-
-	-	4,5 * 10 <sup>5</sup>	-
-	-	8 * 10 <sup>3</sup>	-
84	-	-	-
-	-	15	-
-	-	> 5	-
gelb	weiß	weiß	rot

# ÜBER KYOCERA



## Der Weltkonzern Kyocera – ein starker Partner.

- ▶ **Hauptsitz:** Kyoto, Japan
- ▶ **Gründung:** 1959
- ▶ **Mitarbeiter:** über 80.000 weltweit
- ▶ **Europäischer Hauptsitz:** Esslingen, Deutschland
- ▶ **Europäische Produktionsstandorte:** Mannheim, Deutschland  
Selb, Deutschland  
(weitere Niederlassungen in Europa)

 **KYOCERA** = **KYOTO CERAMICS**

## KYOCERA – alles begann mit Keramik

KYOCERA Fineceramics Europe GmbH ist eine Tochtergesellschaft der KYOCERA Europe GmbH, die bereits seit über 50 Jahren in Europa erfolgreich ist. Die Kyocera-Gruppe ist einer der weltweit führenden Anbieter von Komponenten aus Hochleistungskeramik für die Technologieindustrie und bietet heute über 200 verschiedene Keramikwerkstoffe sowie modernste Technologien und Services, die auf die individuellen Bedürfnisse der jeweiligen Märkte zugeschnitten sind.

Die KYOCERA Fineceramics Europe GmbH ist in den letzten Jahren stetig gewachsen – und ist heute ein führender europäischer Anbieter kundenspezifischer Lösungen aus technischer Keramik. In partnerschaftlicher Zusammenarbeit entwickeln und fertigen wir Produkte, die unseren Kunden Mehrwert in ihren jeweiligen Märkten bieten und ihren Technologievorsprung nachhaltig sichern. Dafür setzen wir uns tagtäglich ein.

Europaweit sind wir mit zwei Produktions- und Entwicklungsstandorten in Mannheim und Selb sowie mit sechs Vertriebsbüros – Mannheim, Selb, Esslingen, Neuss, Rungis (Frankreich) und Frimley (Vereinigtes Königreich) – vertreten.

Unsere Herzen schlagen voll und ganz für die Keramik. Bei der Auswahl der keramischen Werkstoffe, dem Produktdesign und der Projektausführung berät unser Team umfassend – vom Entwicklungsstadium über die Prototypenfertigung bis zur Serienreife. Wir liefern Systemkomponenten für Hochtechnologieanwendungen in zahlreichen Branchen. Unsere Produkte zeichnen sich durch hohe Qualität, Präzision und Langlebigkeit aus.

Unsere Geschäftspartner profitieren davon, dass wir innerhalb der Kyocera-Gruppe bereichsübergreifend denken und arbeiten. Denn Innovationen und wirkliche Meilensteine erreicht man nur gemeinsam – über Branchen und Ländergrenzen hinweg. Das ist unsere Überzeugung.

## Über den KYOCERA Konzern

KYOCERA Europe GmbH ist ein Unternehmen der KYOCERA Corporation mit Hauptsitz in Kyoto/Japan, einem weltweit führenden Anbieter von Halbleiter-, Industrie- und Automobil- sowie elektronischen Komponenten, Druck- und Multifunktionssystemen sowie Kommunikationstechnologie. Der Technologiekonzern ist weltweit einer der erfahrensten Produzenten von smarten Energiesystemen, mit mehr als 45 Jahren Branchenfachwissen. Die Kyocera-Gruppe umfasst circa 300 Tochtergesellschaften.

Kyocera hat sich zum Ziel gesetzt, eine bessere Zukunft für die Welt zu schaffen, indem wir die Kraft der Technologie nutzen, um Probleme zu lösen, denen wir als globale Gesellschaft gegenüberstehen. Diese Ambition ist in unserer Kyocera Management Rationale verwurzelt: einen Beitrag zum Fortschritt der Gesellschaft und der Menschheit zu leisten.

Wir werden weiterhin mit Menschen auf der ganzen Welt zusammenarbeiten, um Probleme zu lösen, die für die Gesellschaft von entscheidender Bedeutung sind, und dabei alle Technologien und Managementfähigkeiten nutzen, die wir in unserer über 60-jährigen Geschichte angesammelt haben.

Das Unternehmen engagiert sich auch kulturell: Über die vom Firmengründer ins Leben gerufene und nach ihm benannte Inamori-Stiftung wird der imageträchtige Kyoto-Preis als eine der weltweit höchstdotierten Auszeichnungen für das Lebenswerk hochrangiger Wissenschaftler und Künstler verliehen.





#### **KYOCERA Fineceramics Europe GmbH**

Steinzeugstraße 92  
68229 Mannheim / Deutschland  
Tel: +49 621 40547-300  
E-mail: [info@kyocera-fineceramics.de](mailto:info@kyocera-fineceramics.de)  
[www.kyocera-fineceramics.de](http://www.kyocera-fineceramics.de)

#### **Standort Selb**

Lorenz-Hutschenreuther-Straße 81  
95100 Selb / Deutschland  
Tel: +49 9287 807-0

#### **Vertriebsbüro Esslingen**

Fritz-Müller-Straße 27  
73730 Esslingen / Deutschland  
Tel: +49 711 93 93 4-0

#### **Vertriebsbüro Neuss**

Hammfelddamm 6  
41460 Neuss / Deutschland  
Tel: +49 2131 16 37-0

#### **Vertriebsbüro Großbritannien**

Prospect House, Archipelago, Lyon Way  
Frimley Surrey  
GU16 7ER / Großbritannien  
Tel: +44 1276-69 34 50

#### **Vertriebsbüro Frankreich**

Parc Icade Orly - Rungis  
21 rue de Villeneuve  
94150 Rungis / Frankreich  
Tel: +33 1 41-73 73 30