



## BSQ TECH GmbH

WE CREATE SWISS SOLUTIONS.  
ENGINEERING  
TECHNISCHE KERAMIK  
CUTTING SOLUTIONS

# Konstruktionsregeln der technischen Keramik.

Nicht selten gibt es Anfragen, denen eine Zeichnung für ein metallisches Bauteil beigelegt ist. Der Auftrag lautet, eine gleichartige keramische Komponente zu fertigen.

Die Motivation ist schnell verstanden: eine besondere Anwendung (z. B. Kontakt mit korrosiven Medien) überfordert die im Normalfall ausreichenden Materialeigenschaften von Metallen. Die Keramik soll das Problem lösen, natürlich ohne die Systemkosten in die Höhe zu treiben. Häufig aber können diese hohen Erwartungen nicht erfüllt werden, denn die anderen Eigenschaften oxidkeramischer Materialien bedingen auch andere Konstruktionsprinzipien.

Ist nun das Konstruieren mit Keramik ein Problem? Sicherlich nicht, wenn man einige grundlegende Eigenschaften dieser Werkstoffe berücksichtigt.

Generell hat Keramik andere mechanische, chemische, elektrische und optische Eigenschaften als Metalle. Daraus ergeben sich wünschenswerte Eigenschaften, aber auch solche, die im Allgemeinen als hinderlich für die Konstruktion von Komponenten angesehen werden.

### **Keramik: Stärken**

Härte  
Druckfestigkeit  
Steifigkeit  
Temperaturbeständigkeit  
El. Isolation  
Korrosionsresistenz  
Verschleissfestigkeit

### **Keramik: Schwächen**

Sprödigkeit  
Unterkritisches Risswachstum  
Schwindung beim Sintern  
geringere Zugfestigkeit

Die Kunst des Konstrukteurs liegt nun darin, die Stärken oxidkeramischer Materialien für sich nutzbar zu machen und die materialbedingten Schwächen dabei durch geeignete konstruktive Massnahmen auszugleichen. Wir möchten Ihnen an dieser Stelle einige grundsätzliche Tips weitergeben, die lediglich der groben Orientierung dienen. Was mit den verschiedenen Materialien im einzelnen möglich und machbar ist, diskutieren wir gern im persönlichen Kontakt.

### **Einige praktische Hinweise**

Metalle und Kunststoffe erlauben es, Formen und Funktionalitäten zu verknüpfen. Dies hilft, die Anzahl von Komponenten zu reduzieren und Gewicht und Kosten einzusparen. Keramik erlaubt dort weniger Freiheitsgrade. Häufig ist es nötig, Form und Funktion wieder sauber zu trennen, um keramische Komponenten sehr gezielt einsetzen zu können. Es gilt die Faustformel: je gezielter ein keramisches Bauteil eingesetzt wird, desto weniger komplex ist seine Formgebung und desto preisgünstiger kann es hergestellt werden.

Eine kostengünstige Bearbeitung ist auf den ungebrannten (ungesinterten) Zustand beschränkt. Dabei ist es nicht möglich, die Endform mit gleich hoher Präzision wie bei Metallen zu erreichen, da der Pulverpressling beim Sintern um 10 bis 30% schwindet. Aufgrund der hohen Härte der gesinterten Keramik kann die Endform dann nur noch durch Schleifen mit Diamantwerkzeugen erreicht werden. Dies ist ein langsamer und aufwendiger Prozess. Eine Konsequenz daraus ist, dass praktisch jedes Teil aus einem speziell gefertigten Rohling produziert werden muss. Dies bedingt relativ lange Fertigungszeiten. Man muss auch immer davon ausgehen, dass die Kosten für ein keramisches Bauteil deutlich höher sind als für ein metallisches.



## BSQ TECH GmbH

WE CREATE SWISS SOLUTIONS.  
ENGINEERING  
TECHNISCHE KERAMIK  
CUTTING SOLUTIONS

### Dies sind die gebräuchlichen Formgebungsverfahren für oxidkeramische Bauteile:

- Formgebung des Rohlings, z. B. durch Giessen oder Formpressen
- Drehtechnische Grünteilbearbeitung
- Hartbearbeitung (nach dem Sintern)
- Schleifen mit Diamantschleifwerkzeugen
- Trennschleifen mit Diamantschleifscheiben
- Honen
- Läppen, Polieren.

Komponenten aus Keramik lassen sich gut auf Druck belasten. Beanspruchung auf Zug und Biegung sind nur in gewissen Grenzen möglich und sollten weitgehend vermieden werden.

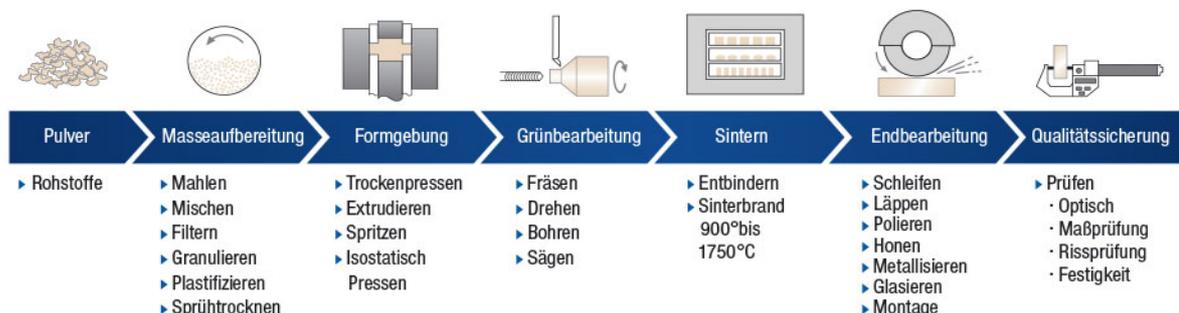
Dünne Wandstärken sind problematisch, insbesondere in Zonen hoher Belastung, bedingt durch die Sprödigkeit der Keramik. Aus diesem Grund sind auch lange, dünne Teile schwieriger zu bearbeiten als solche mit einem günstigen Verhältnis von Länge zu Durchmesser.

Die Bearbeitungswerkzeuge (Schleifscheiben, Schleifstifte) haben bestimmte Dimensionen und nutzen sich auch während der Bearbeitung ab. Strukturen mit scharfen Kanten wie Nuten und Hinterschneidungen sind darum nur begrenzt möglich. Im Kehlbereich von Werkstücken, die schleiftechnisch bearbeitet werden, entstehen immer Eckradien.

Komplexe Innenkonturen sind problematisch, insbesondere an kleinen Teilen. Im Idealfall muss die Innenkontur nach dem Sintern nicht mehr bearbeitet werden, was aber grosszügige Toleranzen voraussetzt.

Diese Hinweise sollen ermutigen, einen gewissen konstruktiven, zeitlichen und finanziellen Mehraufwand in Kauf zu nehmen. Häufig lohnt es sich, denn keramische Komponenten tragen dazu bei, neue Anwendungen zu erschliessen und einen Mehrwert für Ihren Kunden zu schaffen.

## Herstellungsprozesse der technischen Keramik.





## BSQ TECH GmbH

WE CREATE SWISS SOLUTIONS.  
ENGINEERING  
TECHNISCHE KERAMIK  
CUTTING SOLUTIONS

# Checkliste.

## Gestaltung von Bauteilen

Einfache Formen und fertigungsgerechte Vermassung anstreben.

Spannungsspitzen vermeiden

- Kerbspannungen minimieren
- Grossflächig Kräfte einleiten
- Ecken und scharfe Kanten (bezüglich Festigkeit) vermeiden
- Zugspannungen minimieren
  - Konstruktiv Zug- in Druckspannungen umwandeln
  - Druckvorspannungen einbeziehen
  - Krafterleitungen keramikgerecht gestalten
- Nachbearbeitungen minimieren
  - Grünbearbeitung der Endbearbeitung vorziehen
  - Nur kleine, abgesetzte Bearbeitungsflächen zulassen
  - Bearbeitungsfreie Rundungen und Fasen definieren

## Verbindungs- und Fügtechnik

Vermeidung von Spannungsspitzen und Punktbelastungen

- Grosse Krafterleitungsflächen
- Kraftfluss ohne scharfe Umlenkung
- Parallele Kontaktflächen
- ggf. elastische Zwischenlage vorsehen

Vermeidung von Zugspannungen im Keramikteil

- Pressverbindungen (Keramikteil innen)
- Druckvorspannungen einplanen
- Vermeidung von Schlag- und Stossbeanspruchungen
- Vermeidung von Zusatzbeanspruchungen durch Wärmeausdehnungskoeffizienten

## Verbindungstechnik

- Klemmverbindung mit keramikgerechter Auflage
- Schrumpferbindung bei Rundteilen
- Klebeverbindungen, wenn Temperatur dies zulässt