

### B) Anwendungsbeispiele

- Helmut Benkert,  
St. Gobain Advanced Ceramics Lauf GmbH,  
Lauf a. d. Pegnitz

*Die Folien finden Sie ab Seite 252.*

#### Einleitung:

Keramik, wenn´s heiß wird. Heiß kann ja schon 100°C bedeuten oder man meint Temperaturen welche, in unserer normalen Vorstellung schon nicht mehr wirklich zu begreifen sind, wie z.B. nahezu 3000°C (Kohlenstoff in reduzierender Atmosphäre).

Aber exakt für diese sehr hohen Temperaturen sind keramische Werkstoffe je nach Komposition einsetzbar.

In dem Bereich der Elektowärmetechnik werden in der Regel Steatit oder Cordierit – bzw. mullithaltige Werkstoffe eingesetzt, welche aus natürlichen silikatischen Rohstoffen, wie Speckstein, Ton etc. hergestellt werden. Die Einsatzbereiche beginnen normalerweise bei den erwähnten niedrigen 100°C bis zu 1.400°C.



Bild 1: Steatitteile für Lichttechnik, z.B. Halogenlampen



Bild 2: Cordieritteile für Heizungen, z.B. von Wäschetrockner

Diese Rohstoffe ermöglichen mit modernen Herstellungsverfahren eine hohe Reproduzierbarkeit bei großen Stückzahlen. Die plastischen Eigenschaften ermöglichen es, sehr komplizierte Formen bei wirtschaftlichsten Preisen herzustellen. Somit sind diese Werkstoffe für die Elektrowärmetechnik, wo elektrische und thermische Isolation gefragt sind, am besten geeignet.

Ein typisches Merkmal der feuerfesten Stoffe sind die Erweichungspunkte, welche nicht unter  $1.500^{\circ}\text{C}$  liegen. Bei den modernen Müllverbrennungsanlagen entscheidet beispielsweise die Zustellung des Verbrennungsraums unter anderem darüber, ob die heutigen Umweltrichtlinien erfüllt werden. Weiterhin wird eine hohe Standzeit und somit Verfügbarkeit der Anlage erwartet. Die Palette der feuerfesten Erzeugnisse reicht von Schamottesteinen und bis zu tonerdereichen Steinen oder Magnesiasteinen, welche bis zu  $1.800^{\circ}\text{C}$  belastet werden können.

Diese hohen Temperaturen zollen aber auch ihren Tribut mit einer begrenzten Lebensdauer, welche je nach den jeweiligen Umgebungsbedingungen sehr unterschiedlich sein können.

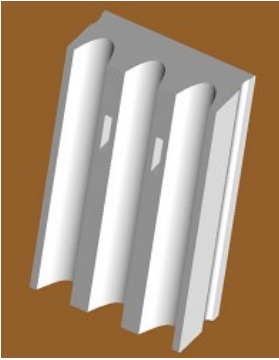


Bild 3



Bild 4

Bild 3: Flossenwandplatte für Müllverbrennungsanlagen

Bild 4: Zwickelausmauerung für Müllverbrennungsanlagen

Nun stehen neben den traditionellen silikatischen und oxidischen Werkstoffen wie Aluminiumsilikate, Magnesiumaluminiumsilikate und mit Zirkon angereicherten Oxiden auch nichtoxidische Werkstoffe vor allem Siliciumcarbid und Siliciumnitrid zur Verfügung. Diese Materialien zeichnen sich aus durch

- hervorragende mechanische Hochtemperatureigenschaften,
- sehr gute Temperaturwechselbeständigkeit,
- geringe Wärmedehnung,
- sehr hohe Wärmeleitfähigkeit und
- korrossionsbständig bei hohen Anwendungstemperaturen.

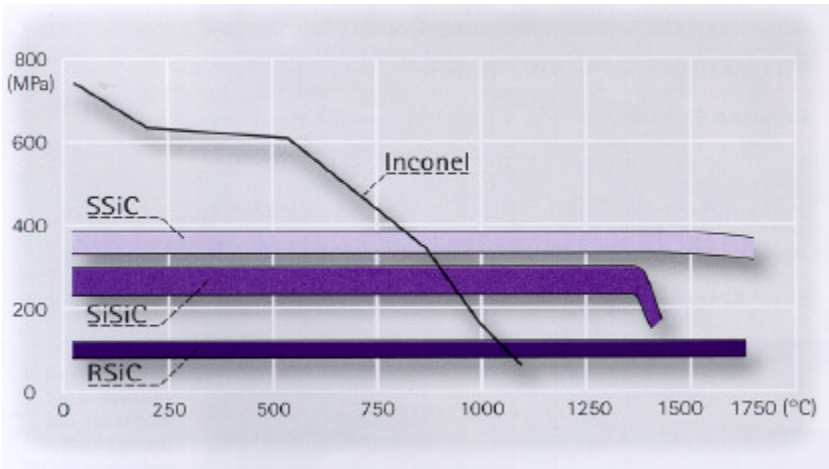


Bild 5: Festigkeit über die Temperatur verschiedener Werkstoffe

Bei den nichtoxidischen Werkstoffe sind Eigenschaftsunterschiede besonders nach den jeweiligen Betriebsatmosphären zu berücksichtigen.

### Einige wärmetechnische Eigenschaften keramischer Stoffe

#### Wärmeleitfähigkeit

Die **Wärmeleitfähigkeit** von Keramik ist im allgemeinen niedriger als bei Stahl oder Kupfer (siehe Bild 6). Werkstoffe wie Aluminiumoxid und Aluminiumnitrid werden jedoch wegen ihrer relativ hohen Wärmeleitfähigkeit gegenüber anderen elektrischen Isolierwerkstoffen für Wärmeleit-zwecke eingesetzt.

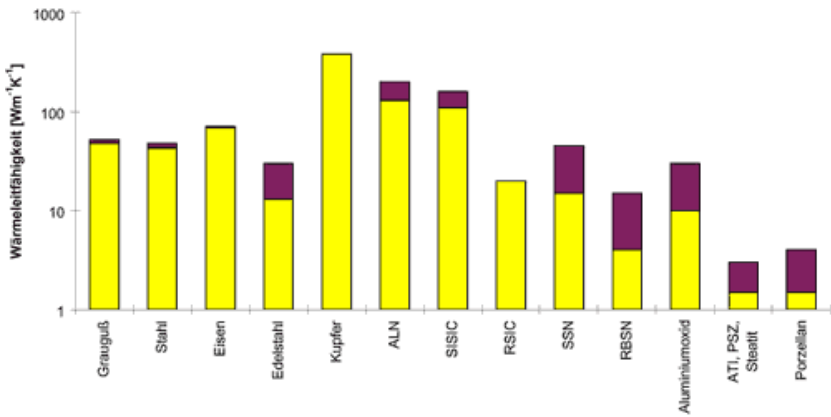


Bild 6: Wärmeleitfähigkeit verschiedener Keramiken

## Längenausdehnungskoeffizient (AK)

Die thermische **Längenausdehnung (AK)** ist - außer bei Zirkoniumoxid (ZrO<sub>2</sub>) und Magnesiumoxid (MgO) - bei der Technischen Keramik typischerweise geringer als bei Stahl oder Grauguß. Dies ist bei Verbundkonstruktionen zu berücksichtigen.

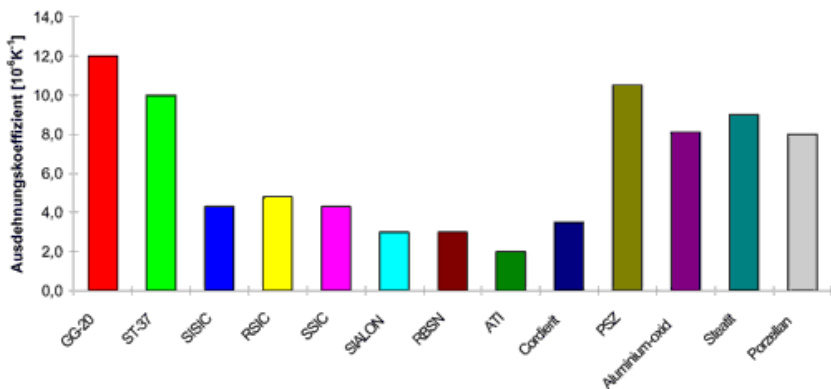


Bild 7: Ausdehnungskoeffizienten verschiedener Keramiken

## Temperaturfestigkeit

Technische Keramik zeichnet sich durch sehr gute **Hochtemperaturfestigkeit** aus, die bei maximaler **Arbeitstemperatur** auch die metallischer *Superlegierungen* übertrifft. Dadurch sind keramische Werkstoffe für den Einsatz bei Hochtemperaturprozessen prädestiniert. (siehe Bild 8).

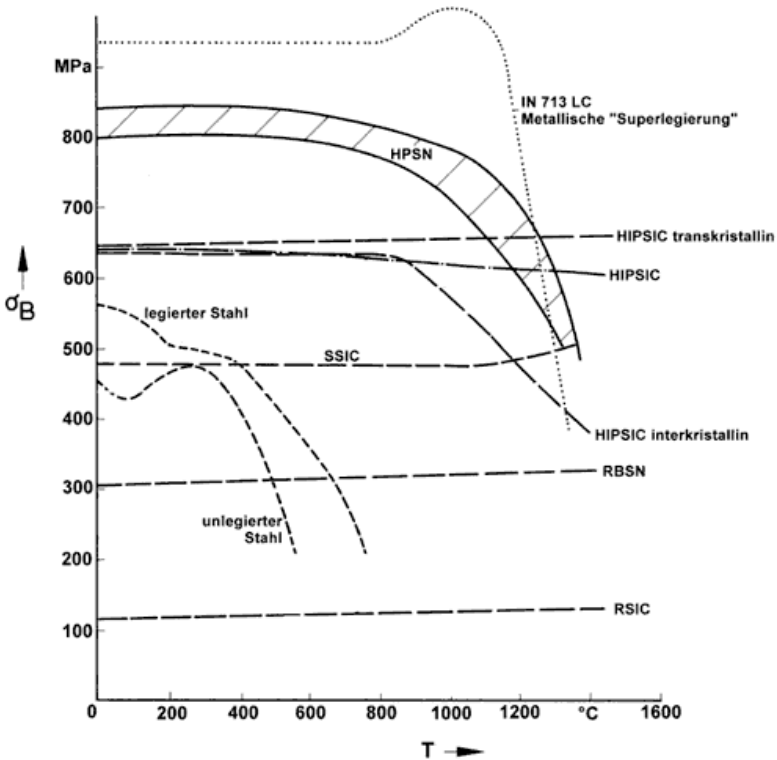


Bild 8: Festigkeit über Temperatur verschiedener Werkstoffe

### Temperaturwechselbeständigkeit

Allgemein ist bekannt, dass die keramischen Werkstoffe besonders bezüglich des Thermoschockverhaltens kritisch betrachtet werden müssen. Hierbei spielt vor allem die Bauteilgeometrie eine entscheidende Rolle.

Zur Charakterisierung von Bauteilen und Werkstoffen, die mit Temperaturwechsel belastet sind, werden bei strukturkeramischen Bauteilen rechnerische Verfahren verwendet, wobei sich dies meist auf dichte Werkstoffe mit einer offenen Porosität von < 1% beschränkt.

$$R1 = \sigma_B / E \alpha$$

$$R2 = \sigma_B \lambda / E \alpha$$

$$R3 = K_{1c} \lambda T_M / E \alpha$$

Mit:

$\sigma_B$  = Biegefestigkeit,

$\lambda$  = Wärmeleitfähigkeit,

$T_M$  = Temperaturkoeffizient,

$E$  = E-Modul und

$\alpha$  = Ausdehnungskoeffizient.

Dabei ergibt sich, dass hohe Werte für Biegefestigkeit, Wärmeleitfähigkeit und Temperaturkoeffizient sowie niedrige Werte für E-Modul und Ausdehnungskoeffizient positiv für hohe Temperaturwechselbeständigkeit sind.

Darüber hinaus hat das weitverbreitete Prüfverfahren der Standfestigkeit der Werkstoffe gegen Abschrecken mit Wasser seine Bedeutung\*. Man ermittelt hiermit eine Rangordnung der Werkstoffe. Im Prinzip werden vorgeheizte Probekörper in ein Wasserbad eingetaucht, also plötzlicher Kühlung ausgesetzt und anschließend auf Veränderungen untersucht. Dies geschieht nach zwei Verfahren:

1. Nach dem Abschrecken der Normstäbe wird die Biegefestigkeit gemessen. Der Festigkeitsverlust im Vergleich zu den nicht geschockten Stäben zeigt thermische Rissbildung an.
2. Die Probekörper werden mit einer Farbstofflösung geprüft. Das Erscheinen von farbigen Spuren zeigt an, dass thermische Risse aufgetreten sind. Dieses Verfahren kann nur bei Werkstoffen mit einer offenen Porosität <1% angewendet werden.

\*DIN 60672 Teil2

Mit diesem praktischen 2. Test kann man den Einfluss der Porosität für den Temperaturwechsel gut mitbeschreiben. Der Rissverlauf entlang den Korngrenzen wird am Ende an einer offenen Pore gestoppt. Solche Risse bedingen zwar eine Festigkeitsminderung, sie führen in der Regel jedoch nicht zum spontanen Bruch und schränken die weitere Brauchbarkeit nicht ein. Beispielgebend sind dafür Katalysatorträger für die Automobilindustrie.

### Anwendungsgebiete der Keramiken in der Elektrowärmetechnik

Sockel und Gehäuse aus Steatit haben nicht nur eine gute mechanische Festigkeit (Biegefestigkeit  $>140\text{MPa}$ ), sondern neigen bei den im Alltag vorhandenen Betriebstemperaturen ( $> 400^\circ\text{C}$ ) weder zur Versprödung noch zu einem Nachlassen der Isolationswiderstände, ein großer Vorteil gegenüber Kunststoff. Die Formbeständigkeit ist auch bei hohen Temperaturen bis  $1.200^\circ\text{C}$  gewährleistet und eröffnet somit beachtliche Anwendungsgebiete.



Bild 9

Thermostate [Bimetall-Regler (Bild 9, 10, 11)] mit keramischem Sockel werden zum Zwecke der Leistungsbegrenzung eingesetzt. Ohne Ausnahme sind die Heizkörper von Glaskeramik-Kochmulden mit einem Regler und mindestens einem Sockel bestückt.

Auch in Haushaltsanwendungen, wie Toaster, Wasserboiler, Kaffeemaschinen usw. werden Keramiksockel montiert.

Oft wird die mechanische Kraft in Thermostatkonstruktionen mittels kleiner keramischer Stifte weitergeleitet.





Bild 10: Heizkörper

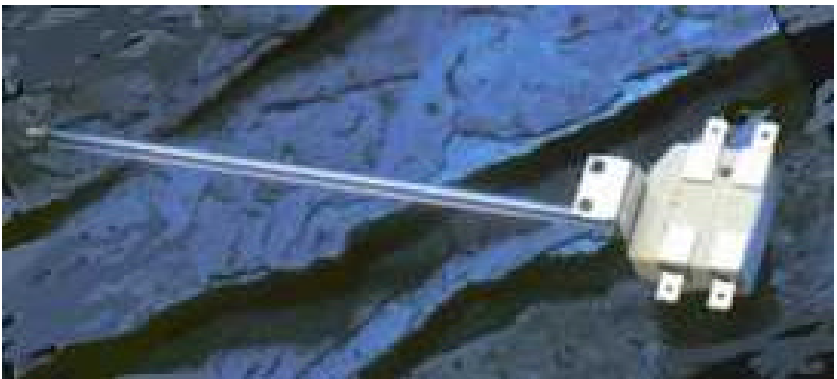


Bild 11: Temperaturregler



Bild 12: Isolation

### Keramische Lochplatten für Infrarotbrenner und Low – Nox – Systeme

#### *Material und Produkt:*

- Cordierit oder cordierit-/mullithaltige Keramik
- niedriger bis sehr niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient
- hervorragende Temperaturschockbeständigkeit
- Temperaturbeständigkeit bis 1400°C
- sehr niedrige Wärmeleitfähigkeit
- geringes Gewicht
- flexible Geometrien
- hoher Automatisierungsgrad der Herstellung
- gutes Preis/Leistungsverhältnis

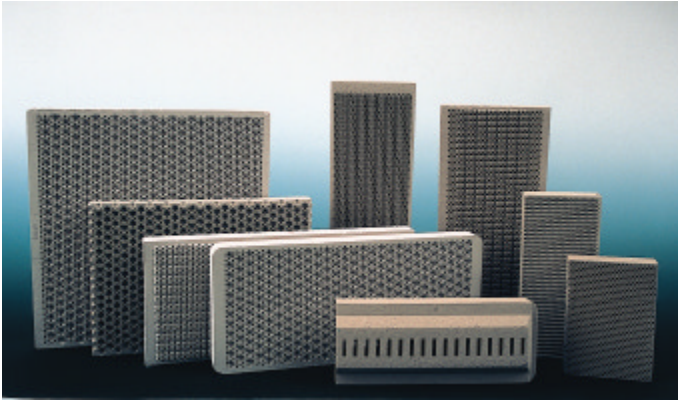


Bild 13: Keramische Lochplatten

Der Einsatz von Lochplatten in keramischen Flächenbrennern als thermo-mechanisch stabiles System ist in vielen Applikationen bereits Stand der Technik. Das Prinzip beruht auf der Wärmeübertragung durch Strahlung im Infrarot-Bereich ( $0,8\mu\text{m} - 4\mu\text{m}$ ). Die extremen Anforderungen an das Material bei Lastwechseln müssen durch eine hohe Temperaturwechselbeständigkeit der hochporösen cordierit- oder aluminiumsilikathaltigen Keramik (Bild 5, 6) ausgeglichen werden. Die schadstoffarme, nahezu vollständige Verbrennung des Gas-Luft-Gemisches innerhalb der Keramikplatte ergibt einen hohen Wirkungsgrad und ist auch für den Umweltschutz bei der Begrenzung von Stickoxiden von größter Bedeutung (LOW-NOX-Gedanke).



Bild 14: Ofen mit Keramischen Lochplatten

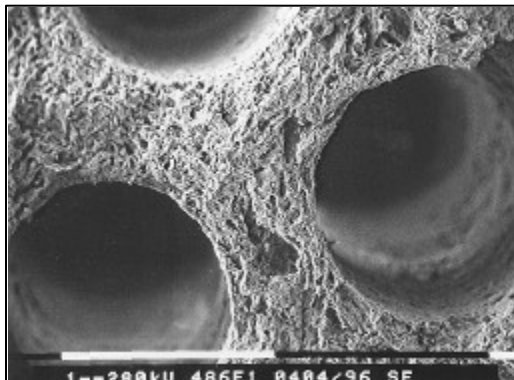


Bild 15: Gefügaufnahme einer Lochplatte

<b>Farbe:</b>	gelb-braun
<b>Mineral:</b>	Cordierit, Mullit, Quarz
<b>Rohdichte:</b>	1,00 - 1,10g/cm <sup>3</sup>
<b>Wasseraufnahme:</b>	55 - 60 Gew%
<b>scheinb. Porosität:</b>	58 - 63Vol%
<b>lin Ak x10-6 20 -600:</b>	3 - 4,5
<b>max Temp.:</b>	1200°C
<b>Erweichungspunkt:</b>	1430°C
<b>mögl. LochØ:</b>	0,85 - 1,5 ( 2,5)mm
<b>Anwendung:</b>	Industrie

Bild 16: Werkstoffdaten

Neben den traditionellen Märkten der Raumheizgeräte (Bild 14) im Haushalts- bzw. Industriesektor gibt es zahlreiche weitere Anwendungen. Die Lochplatten werden z.B. in Trocknungs- und Temperprozessen der Ofenbau- und Papierindustrie verwendet. Der Einsatz in kommerziellen Grillgeräten (Bild 17) und im Campingbereich zeigt Perspektiven für die Zukunft auf. Die keramischen Flächenbrenner werden ebenfalls in Glaskeramik- Gaskochfeldern eingesetzt.

- Raumheizgeräte
- Industrieheizstrahler
- Industrielle Prozeßtechnik
- Camping Professionelles
- Catering Wasser- und Zentralheizkessel
- Glaskeramik-Kochfelder



Bild 17: Grill

Die neuesten Entwicklungen liegen auf dem Gebiet der Niedertemperatur oder Brennwerttechnik bei Heizungsboilern. Durch die in den letzten Jahren geänderte Gaspolitik und die daraus resultierende Erweiterung der Erdgasnetze wird diese Technologie für Haushaltsgeräte und Industrieanlagen aufgrund der Umweltfreundlichkeit und Leistungsfähigkeit weltweit immer mehr an Bedeutung gewinnen.



Bild 18: Brennwertgerät

Im vergleich zu metallischen Brennern, welche ebenfalls weit verbreitet sind, können sich keramische Brenner sehr gut behaupten und erzielen Werte, die weit unterhalb der Richtwerte des „blauen Engels“ liegen. Es ist abzuwarten, ob die Zukunft noch striktere Werte bringt, ein Keramikbrenner könnte dann eine gute Lösung sein. Die Leistungsbereiche liegen zwischen 200 – 1200kW/m<sup>2</sup>

Gas ist teuer geworden, mit der Brennwerttechnologie kann man aber sehr sparsam heizen und somit Kosten senken.

Mit dieser Brennertechnologie (modulierende keramische Gas-Vormischbrenner) erreicht man einen Nutzungsgrad von 109%.

Man erreicht NO<sub>x</sub>-Werte von 6(8)mg/kWh und CO – Werte von 3(5)mg/kWh. Es ist aber immer notwendig die Geometrie der Keramikplatte mit dem Gasheizgerätehersteller abzustimmen.

Im vergleich zu metallischen Brennern, welche ebenfalls weit verbreitet sind,

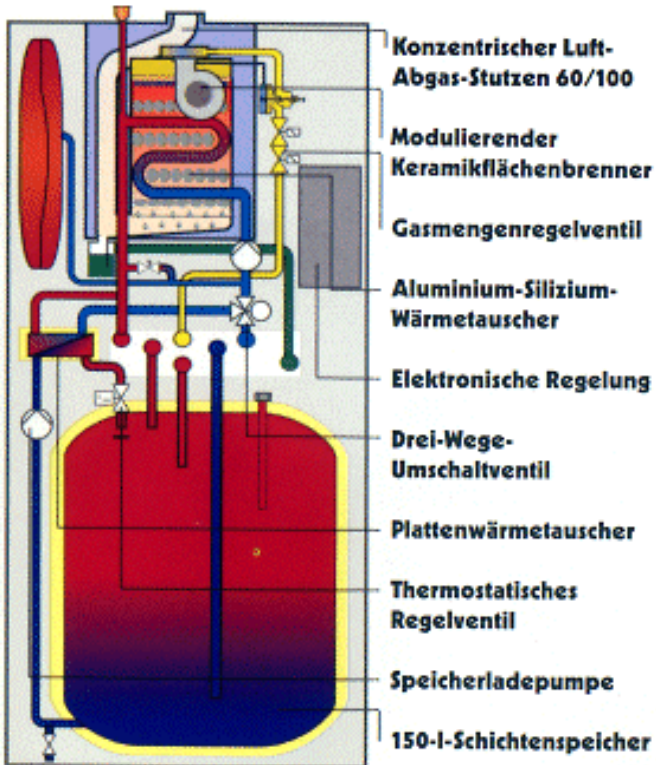


Bild 19: Aufbau eines Brennwertgeräts

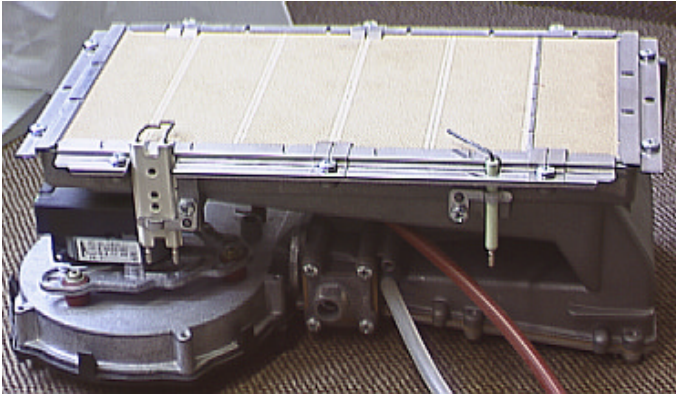


Bild 20: Brennermodul

### Aktives Heizsystem: „Hot Surface Ignitors“

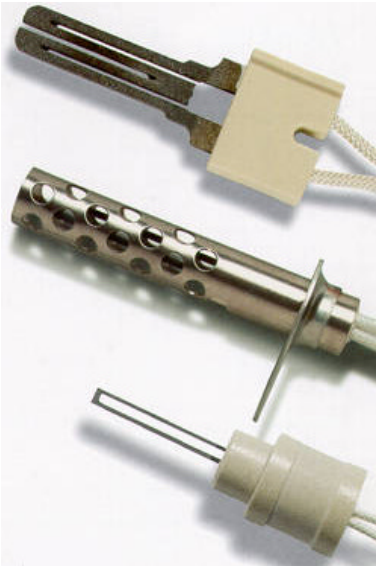


Bild 21: Ignitors

Eingesetzt werden entweder rekristallisiertes SiC oder Keramikmetallkomposit mit höchster Reinheit. Diese Keramiken sind auf einen genauen elektrischen Widerstand einstellbar und können in diesem Falle ähnlich einer Heizwendel agieren. Man erreicht Temperaturbereiche zwischen  $1.050^{\circ}\text{C}$  und  $1.450^{\circ}\text{C}$ .

Sie sind stabil über eine geforderte Spannungsbreite und haben gute mechanische Eigenschaften. Die diesen Werkstoffen eigene gute Thermoschockbeständigkeit gewährleistet eine sehr hohe Aufheizgeschwindigkeit.

Alle Zündersysteme sind einzementiert in hochisolierende Steatit- oder Cordieritkeramiken.



*Typische Merkmale sind:*

- niedriger Stromverbrauch
- kompakte Konstruktion
- flexibles System und einfache Montage
- geeignet für 110V und 230 V

*Anwendung:*

- Glaskeramik - Kochfelder
- Industrieheizstrahler
- Camping und Grillapplikationen
- Raumheizgeräte und Heizungsanlagen
- Industrielle Prozesstechnik

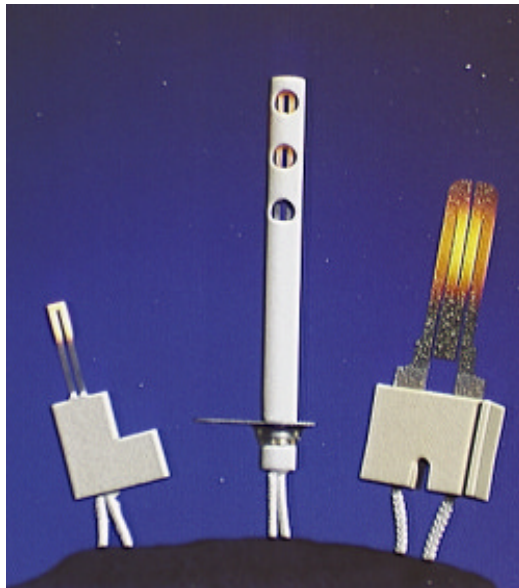


Bild 22: Ignitors

Spezifikation A

MODEL NO.	HEATING 201	HEATING 271	DRYER 101	RANGE 501
Time to temperature	34 sec.	17 sec.	30 sec.	30 sec.
Room temperature	45-400 Ohms	40-75 Ohms	40-75 Ohms	40-75 Ohms
Resistance				
Temperature range:	1800°F / 980°C @ 102V	1800°F / 980°C @ 102V	1800°F / 980°C @ 80V	1800°F / 980°C @ 80V
Minimum				
Maximum	3100°F / 1705°C @ 132V	3100°F / 1705°C @ 132V	3100°F / 1705°C @ 132V	2650°F / 1455°C @ 116V
Typical	2400-2650°F / 1320-1455°C @ 120V	2400-2650°F / 1320-1455°C @ 120V	2400-2800°F / 1315-1540°C @ 120V	2400-2800°F / 1315-1540°C @ 120V
Steady-state current	3.50-4.75 Amps @ 132V	3.50-4.75 Amps @ 132V	Maximum 5.0 @ 132V	3.2-3.6 Amps @ 116V
Igniter material	CRYSTAR® re-crystallized silicon carbide	CRYSTAR® re-crystallized silicon carbide	CRYSTAR® re-crystallized silicon carbide	CRYSTAR® re-crystallized silicon carbide

Spezifikation B

MODEL NO.	301	401	601
Time to temperature	3 sec.	3 sec.	5 sec.
Room temperature	1.0-6.0 Ohms	1.0-6.0 Ohms	25-300 Ohms
Resistance			
Temperature range:	1895°F / 1035°C @ 10.2V	1895°F / 1035°C @ 20.4V	1895°F / 1035°C @ 102V
Minimum			
Maximum	2875°F / 1580°C @ 13.2V	2875°F / 1580°C @ 20.4V	2875°F / 1580°C @ 132V
Typical	1895°F / 1035°C @ 13.2V	2325-2650°F / 1275-1455°C	2325-2650°F / 1275-1455°C

		@ 24V	@ 120V
Steady-state current	1.0-2.2 Amps @ 24V	1.0-2.2 Amps @ 24V	0.4-1.2 Amps @ 120V
Igniter material	Proprietary ceramic composite	Proprietary ceramic composite	Proprietary ceramic composite
System type	Interrupted		
Holder material	Standard and custom designs available in steatite or cordierite		

### Keramische Filter für Eisenwerkstoffe (Grauguß, Sphäroguß oder Stahlguß)

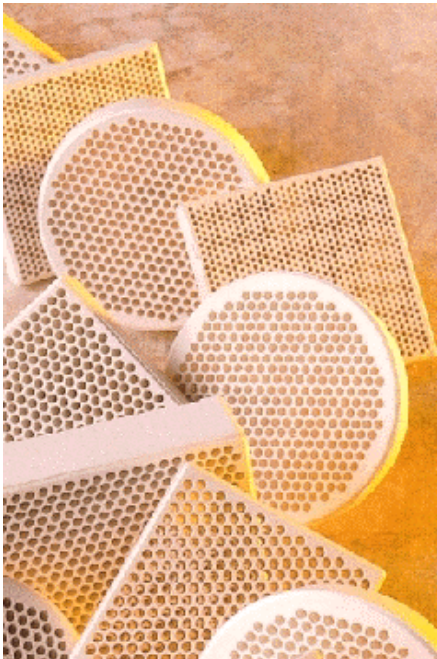


Bild 23: Gießfilter

Der Einsatz keramischer Gießfilter hat den Vorteil, daß eine mechanische Separation von Verunreinigungen wie Schlacken, Sandabspülungen oder nichtmetallische Oxide des flüssigen Metalls auf der Filteroberfläche erfolgen. Ebenfalls kann eine Erhöhung der Ausbringung durch Reduzierung der Eingußsysteme wie auch Optimierung der Modellplattenbelegung erfolgen. Damit ist eine Qualitätssteigerung und Verbesserung der nachgeschalteten mechanischen Verarbeitung gewährleistet. Moderne mullitische Keramiken sind standhaft gegen die hohen Gießtemperaturen (ca. 1.450°C max. 1.730°C), widerstehen sowohl kurzfristig den mechanischen

wie auch großen Thermoschock-Belastungen. Eine geeignete Materialwahl (Rohdichte, offene Porosität) ist notwendig, um das ge-

fürchtete „Priming“ (verschließen der Löcher während des Gießvorganges, besonders bei Stahlguß und Buntmetallen) zu vermeiden. Die engen Toleranzwerte gewährleisten während der gesamten Gießzeit eine konstante Durchflußrate bei weitgehend laminarer Durchströmung.

Dieses System reduziert grundsätzlich den Metallverbrauch, erzielt höhere Abgußraten pro Modell und spart damit auch Energiekosten ein. Mit dem Einsatz der Filter sind die Fertigungskosten niedriger.

Keramische Gießfilter werden von führenden Automobilfirmen oder Gießereien eingesetzt, welche z.B. Motorblöcke, Eisenbahnräder, Ventile, Röhren etc. gießen.

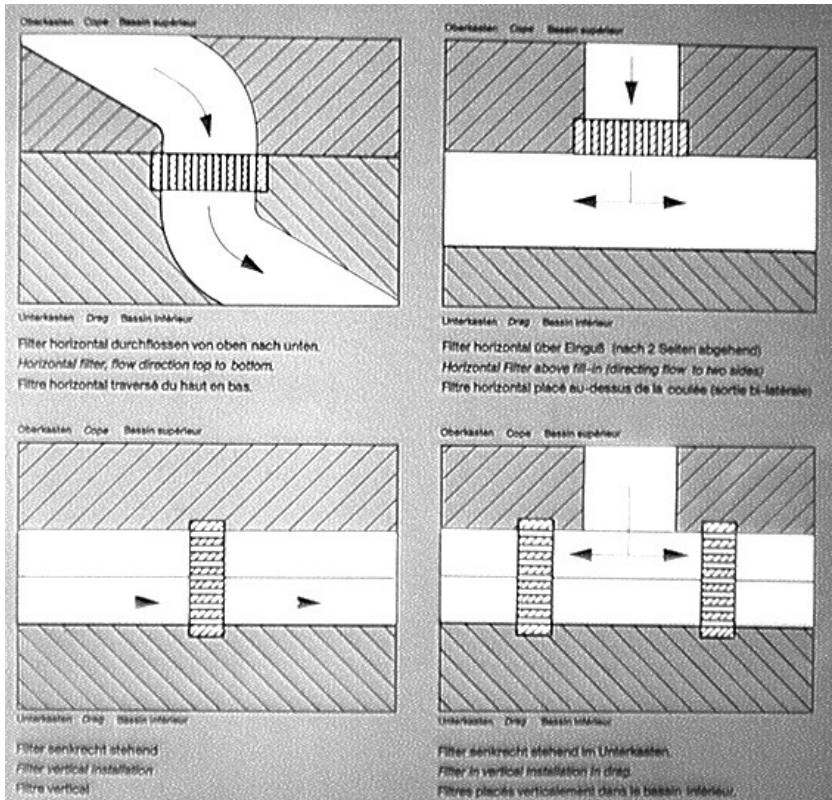


Bild 24: Einsatz von Gießfiltern

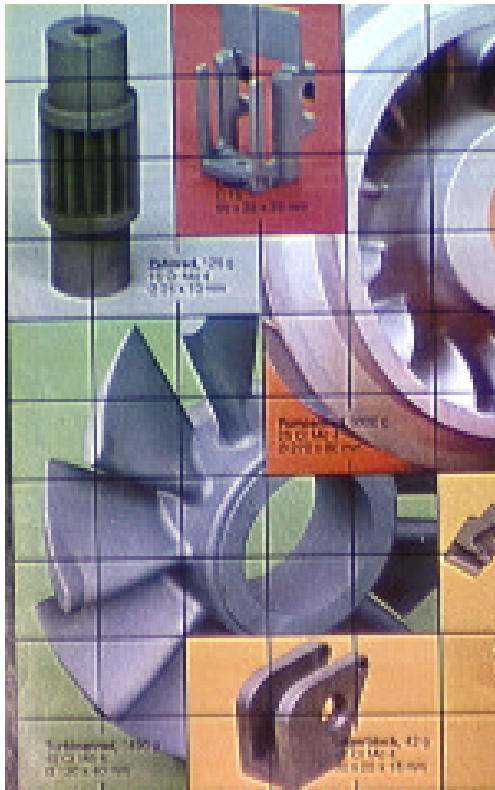


Bild 25: Einige gegossene Teile

### Literatur:

Hornbogen: Werkstoffe  
Brevier Technische Keramik  
Bild Fa. Bosch Thermotechnik  
Bild Fa. Brötje  
Bild Fa. Blank

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 23) finden sich auf den folgenden Seiten.

think  
ceramics

---

# KERAMIK, wenn´s heiß wird

## Werkstoffe und Anwendungen

Helmut Benkert  
Saint-Gobain Advanced Ceramics Lauf GmbH  
Lauf a.d. Pegnitz



## Keramik wenn's heiß wird

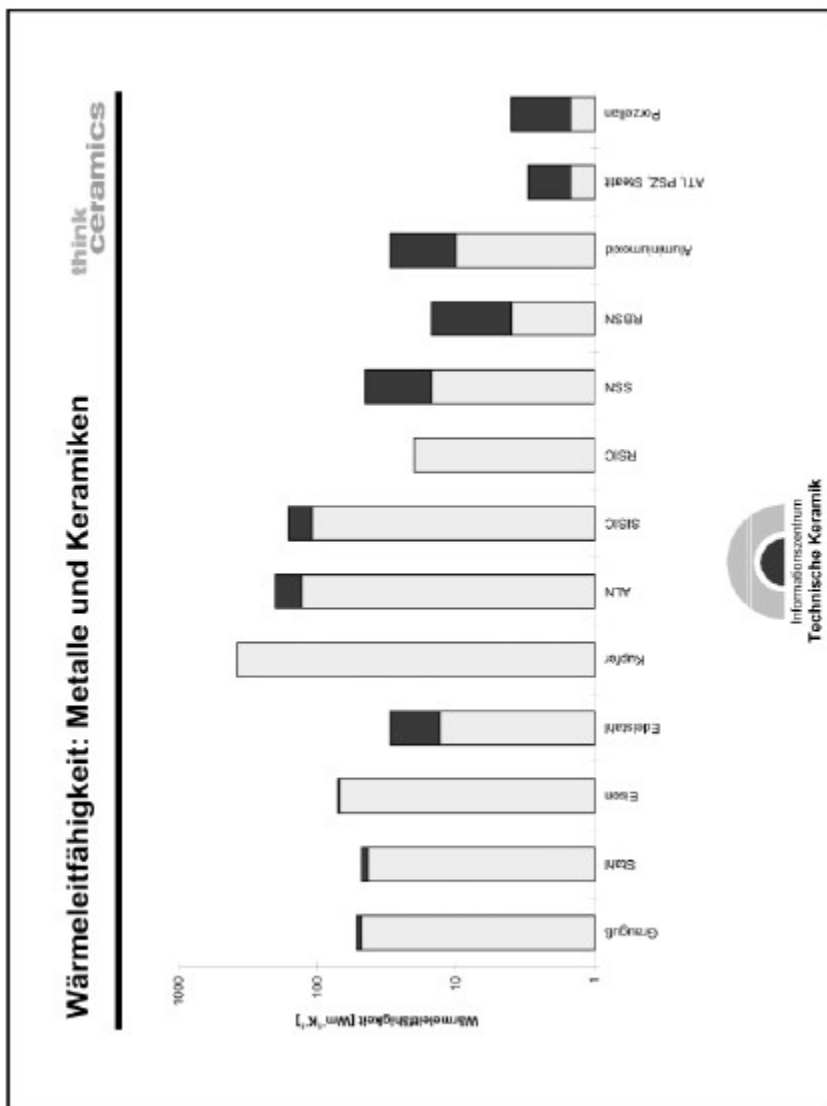
think  
ceramics

Typ. Temperaturfestigkeit (Einsatztemperatur) einiger silikatischer Werkstoffe

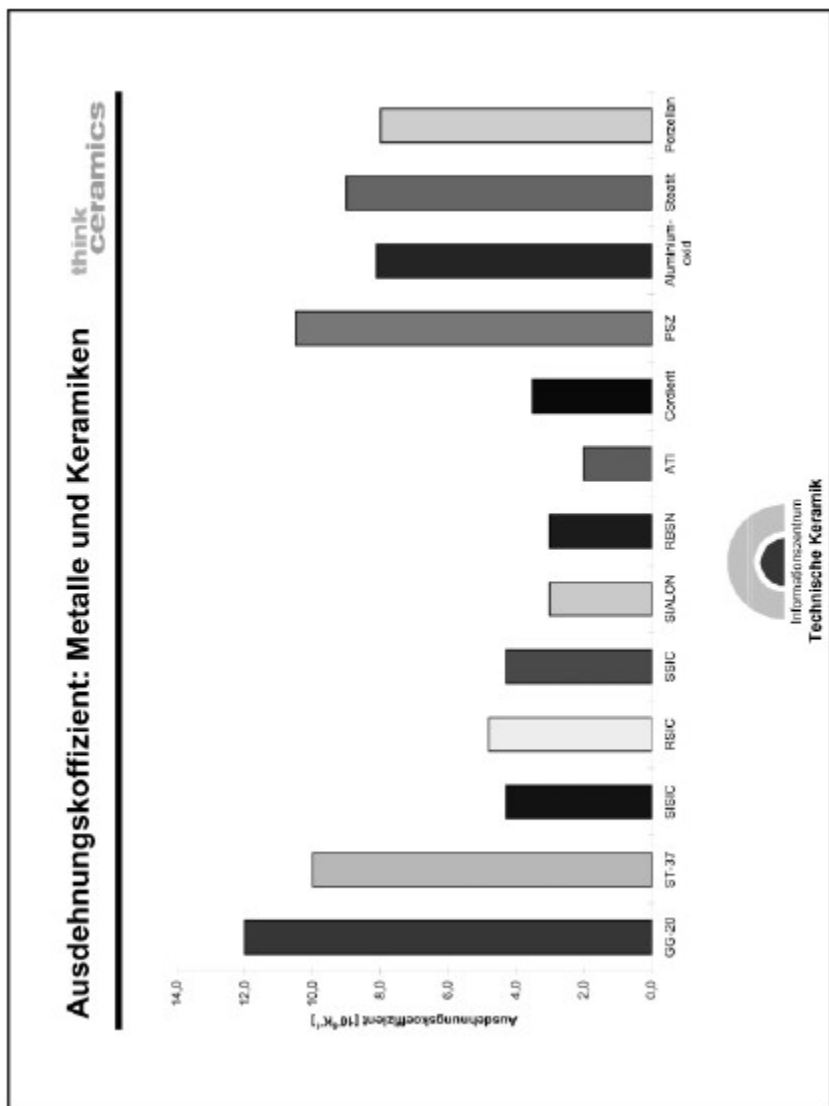
Steatit:	1000°C	(1150°C)
Cordierithaltige Werkstoffe:	1100°C	(1250°C)
Cordierit:	1300°C	
Mullit:	1500°C	
Mullit tonereich:	1700°C	

Diese allgemeinen Angaben sind abhängig von den Einsatzbedingungen, wie Atmosphäre, Größe, Belastung oder Zeit.





Folie 3



Folie 4

## Thermoschockbeständigkeit

think  
ceramics

Wichtigste Einflußgrößen:

- Biegefestigkeit ↑
- Ausdehnungskoeffizient ↓
- E - Modul ↓
- Wärmeleitfähigkeit ↑
- (Quer)kontraktionszahl ↓
- Konstante (u.a. Wärmeübergangszahl)

$$TWB = \frac{\sigma_b (1-\mu) \times \lambda}{E \times \alpha} \times K$$

\* Diese Berechnung ist eine Näherung unter der Voraussetzung, daß die Keramik dicht gebrannt ist

**Keramik wenn's heiß wird**

think  
ceramics

**Steatit** Magnesiumsilikat

**Rohstoffe:** Speckstein  
Tone  
Flußmittel (Alkalien, Erdalkalien)  
(div. Oxide)

Informationszentrum  
Technische Keramik

Folie 6-1

**Keramik wenn's heiß wird**

think  
ceramics

**Typische chemische Analyse für Steatit C 221:**

	MA %
SiO <sub>2</sub>	58 - 62
MgO	27 - 32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 - 6
BaO	3,5 - 5,5

**Rohdichte:** 2,70 - 2,85 g/cm<sup>3</sup> (teilweise mit Additiven)

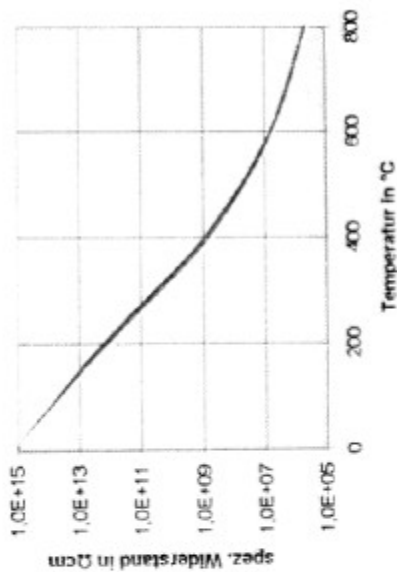
**Biegefestigkeit:** 140 - 165

**WAK** 7 - 9 x 10<sup>-6</sup> 30 - 600°C



## Keramik wenn's heiß wird

think  
ceramics



Steatit C 221  
typ. Isolationswiderstand  
 $f_{(Temperatur)} > 10^7 \Omega\text{cm}$   
Vergleich DIN - Wert  
bei 600°C Soll:  $10^5 \Omega\text{cm}$

**Keramik wenn's heiß wird**

think  
ceramics

Stabregler aus Steatit zur punktgenauen  
Regulierung (Federschaltung oder Bimetall)  
der Kochfelder



Bilder Ceramesspeed

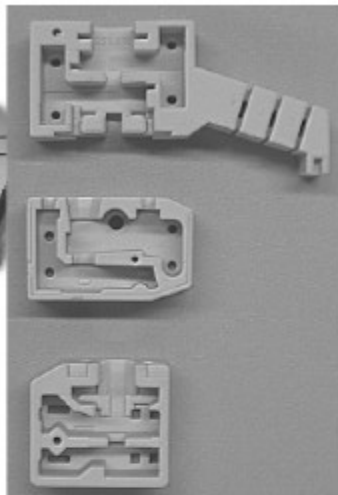


## Keramik wenn's heiß wird

think  
ceramics

### Stabregler aus Steatit zur punktgenauen Regulierung (Federschaltung oder Bimetall) der Kochfelder

- sichere Rohstoffreserven
- gute Verformbarkeit
- Formbeständig bei hohen Temperaturen
- geringer Werkzeugverschleiß
- hoher Automatisierungsgrad
- Isolation auch bei hohen Temperaturen
- keine Stoffalterung
- enge Toleranzen
- sehr gutes Preis/Leistungsverhältnis



Bilder Ceramaspeed





**Keramik wenn's heiß wird**

think  
ceramics

**Cordierit**  
Magnesiumaluminiumsilikat

**Rohstoffe:** Talkum  
Tone  
Schamotten  
(div. Oxide)

Informationszentrum  
Technische Keramik

Folie 9-1

## Keramik wenn's heiß wird

think  
ceramics

Typische chemische Analysen für C 511/520 Reincordierit

SiO <sub>2</sub>	50 - 60	49,5 - 50,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27 - 38	34,5 - 35,5
MgO	6 - 15	13,6 - 14,0

Rohdichte 1,9 - 2,3 1,2 - 1,4

Biegefestigkeit 35 - 80 20 - 30

Wasseraufnahme 4 - 15 22 - 35

WAK 30 - 600 (x10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup>) 3 0,6



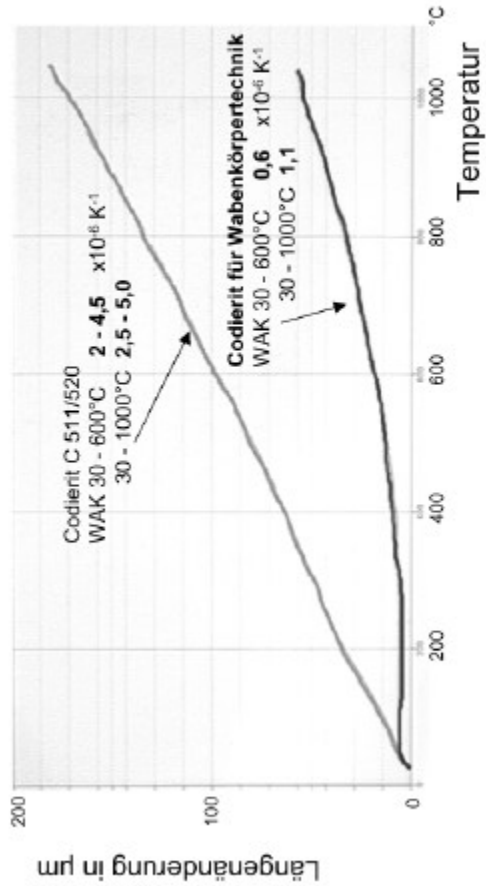
Informationszentrum  
Technische Keramik

Folie 9-2

## Keramik wenn's heiß wird

think  
ceramics

Thermische Längenausdehnung **Beispiel: Cordieritkeramik**

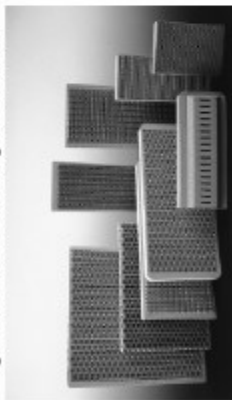


## Keramik wenn's heiß wird

think  
ceramics

### Keramische Lochplatten

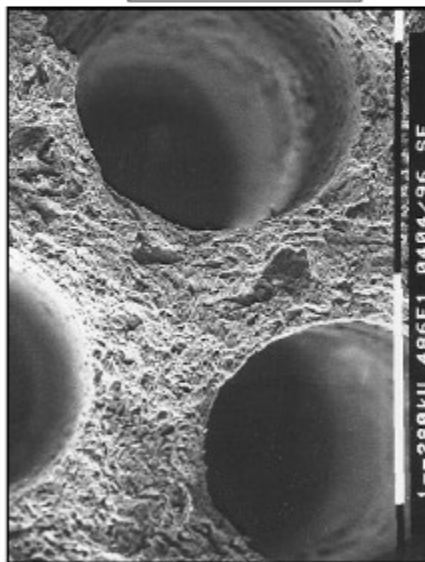
- Cordierit oder cordierit-/mullithaltig
- niedriger bis sehr niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient
- hervorragende Temperaturschockbeständigkeit
- Temperaturbeständigkeit bis 1400°C
- sehr niedrige Wärmeleitfähigkeit
- geringes Gewicht
- hoher Automatisierungsgrad der Herstellung
- flexible Geometrien
- gutes Preis/Leistungsverhältnis



Informationszentrum  
Technische Keramik

## Keramik wenn's heiß wird

think  
ceramics



Farbe:	gelb-braun
Mineral:	Corundum, Mullit, Quarz
Rohdichte:	1,00 - 1,10g/cm <sup>3</sup>
Wasseraufnahme:	55 - 60 Gew%
scheinb. Porosität:	58 - 63Vol%
lin Ak x10-6 20 -200:	3 - 4,5
max Temp.:	1.200°C
Erweichungspunkt:	1.430°C
mögl. LochØ:	0,85 - 1,5 ( 2,5)mm
Anwendung:	Industrie

## Keramik wenn's heiß wird

think  
ceramics

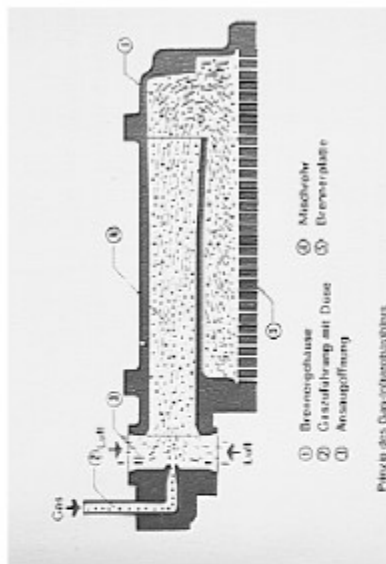
### Keramische Lochplatten für Infrarotbrenner und Low - NOx - Systeme



Wir empfinden Temperatur  
im wesentlichen als Summe  
von Luft- und  
Strahlungstemperatur.

$$T_E = T_L + T_S$$

Behaglichkeit kann man mit geringerer  
Lufttemperatur bei erhöhtem Strahlungs-  
anteil erzielen.



Prinzip des Gas-Infrarotbrenners

- ① Brennhäuser
- ② Gaszuführung mit Düse
- ③ Ansaugöffnung
- ④ Mischrohr
- ⑤ Brennerplatte

## Keramik wenn's heiß wird

think  
ceramics

Keramische Lochplatten für Infrarotbrenner und Low - NOx - Systeme

### Keramische Hellstrahler nach dem Prinzip der Sonne

(Infrarotstrahlen übertragen direkt die Energie auf den Körper)

- minimale NOx Emission < 10ppm (Plattenoberflächentemp.: ca 950°C)
- umweltschonend und wirtschaftlich
- besonders geeignet für hohe, teilbeheizte Hallen z.B. Sportarenen oder Kirchen --- schnelles Erreichen der gewünschten Behaglichkeit
- Leistung bei 50 und 100% Regelung
- spez. Plattenbelastung: 50 - 150kW/m<sup>2</sup>
- gleichbleibende Wärme und Luftfeuchte
- geräuscharm
- zugfrei dadurch Staubminderung
- wartungarm und indirekte Abgasführung

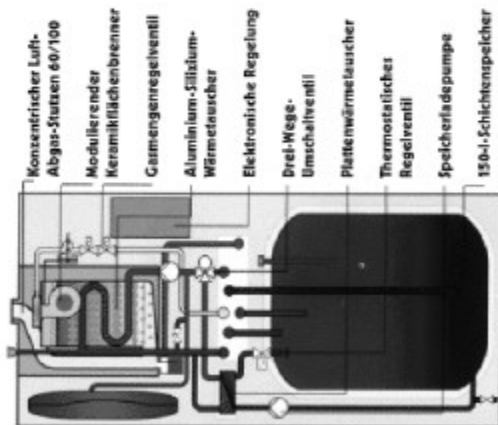


Informationszentrum  
Technische Keramik

Keramik wenn's heiß wird

think  
ceramics

## Keramische modulierende Flächenbrenner für Heizthermen, Brennwertgeräte



**Leistungsbereiche:**  
200kW/m<sup>2</sup> bis 1200kW/m<sup>2</sup>

**Modulation:**  
1 : 3 bis 1 : 5 möglich



Bilder: Fa. Brojke, Bosch Thermotechnik

Informationszentrum  
**Technische Keramik**



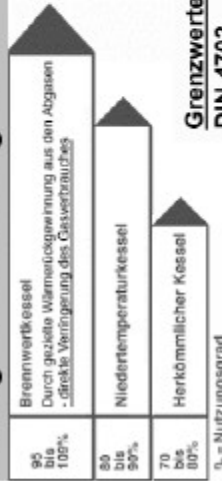
Keramik wenn's heiß wird

think  
ceramics

## Brennwert-Gas-Heizkessel mit modulierenden keramischen Flächenbrenner



### Energieausnutzung der



Grenzwerte mg/kWh	CO	NOX
DIN 4702	100	200
RAL-UZ 61 "Blauer Engel"	50	65
LRV Schweiz (Hamburger Förderprogramm)	60	80
EcoCondens BBS	17	26)
	<5	<8



Blaier Fa. Böhle, ATAG

## Keramik wenn's heiß wird

think  
ceramics

### Keramische Lochplatten

- geringer Energieverbrauch
  - niedrige Wartungskosten
  - präzise Regelungsfähigkeit und Steuerung
  - gute therm. Behaglichkeit
  - einfache Installation
  - hoher Wirkungsgrad
  - niedrige Emissionswerte
  - hohe Betriebssicherheit
  - lange Lebensdauer
- Papiertrocknung
  - Lacktrocknung
  - Waggonaufbauanlagen
  - mobile Wärme
  - Haushaltsheizungen
  - Hallenheizung
  - Heizung für Kirchen
  - Tribünenheizung
  - Grillanwendungen
- Gebläsebrenner
  - modulierende Gebläsebrenner
  - atmosphärische Brenner

Keramik wenn´s heiß wird

think  
ceramics

## Aktives System: "Hot Surface Ignitors"

### Anwendung:


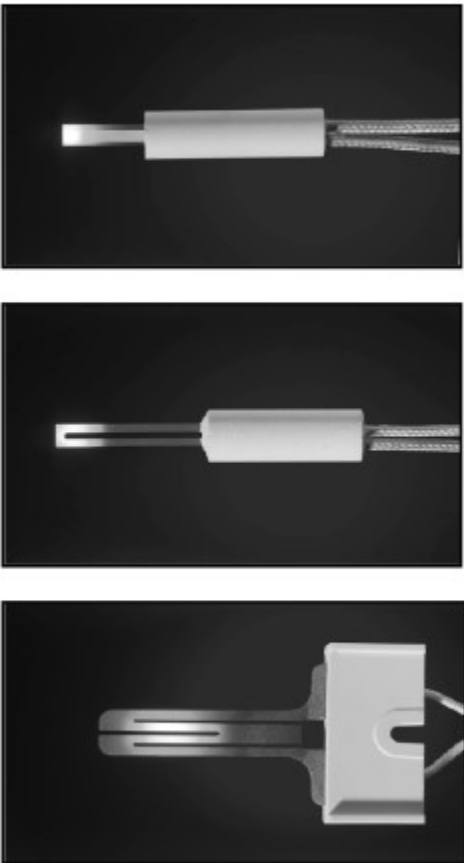
Glaskeramik – Kochfelder  
Industrieheizstrahler  
Camping und Grillapplikationen  
Raumheizgeräte und Heizungsanlagen  
Industrielle Prozesstechnik



**Keramik wenn´s heiß wird**

think  
ceramics

**Aktives System: "Hot Surface Ignitors"**



Informationszentrum  
Technische Keramik

Folie 17-2

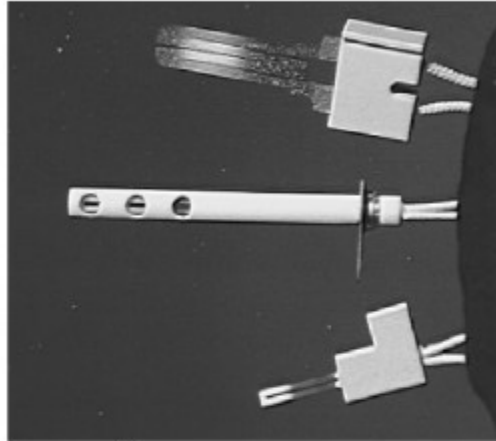
Keramik wenn's heiß wird

think  
ceramics

## Aktives System: "Hot Surface Ignitors"

**Aktive Keramik:  
rekristallisiertes SiC**

- Temperaturbereich: 1.050 – 1.450°C
- stabil über geforderte Spannungsbreite
- gute mechanische und Temperaturfestigkeit
- schnelle Aufheizgeschwindigkeit
- niedriger Stromverbrauch
- kompakte Konstruktion
- flexibles System und einfache Montage
- geeignet für 110V und 230 V

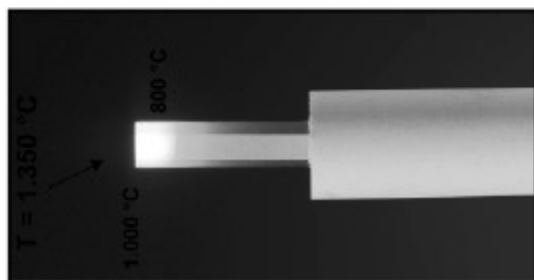


Informationszentrum  
**Technische Keramik**

Keramik wenn's heiß wird

think  
ceramics

## Aktives System: "Hot Surface Ignitors"



12V and 24V rugged igniters (1-2 Amps)

Strong, impact resistant

Heating zone concentrated at the tip ( $T \sim 1300^{\circ}\text{C}$ )

Rapid Time to Temperature (1-3 sec.)

Flexible Geometry

stovetop (smaller, rapid TTT)

heating (larger, higher power).

Range of operation 85% to 110% rated voltage

Very resistant to burnouts



Keramik wenn's heiß wird

think  
ceramics

## Aktives System: "Hot Surface Ignitors"

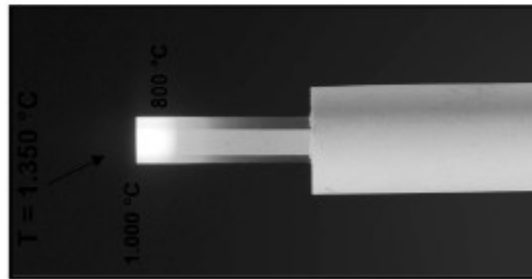


Table I : MINIIGNITER MATERIAL PROPERTIES

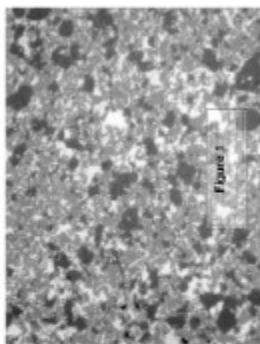
Density	3.55 g/cc
Elastic modulus	346 GPa
Poisson's ratio	0.22 unitless
Bulk modulus	208 GPa
Shear modulus	141 GPa
Material strength	418 MPa
High temperature strength	306 MPa
Fracture toughness ( $K_{IC}$ )	3.4 MPa $\sqrt{m}$
Hardness <sub>v</sub>	20 GPa
Heat capacity	1.3 J/g-K
Thermal diffusivity	0.25 cm <sup>2</sup> /sec
Thermal conductivity	118 W/m-K
Thermal expansion	5.5 /K
Resistivity at temperature	0.30.1 Ohm-cm

Keramik wenn's heiß wird

think  
ceramics

## Aktives System: "Hot Surface Ignitors"

Materialkomposit: SiC - Keramik mit  
„intermetallischem“ System



- Miniignitor mit breitem Nennspannungsbereichen  
208 bis 240 Volt
- niedriger Stromverbrauch bei 80 - 120W
- geringe Alterungsneigung daher lange Lebensdauer
- rasche Reaktion zur Zündtemperatur < 5s



Informationszentrum  
Technische Keramik

Folie 20-1

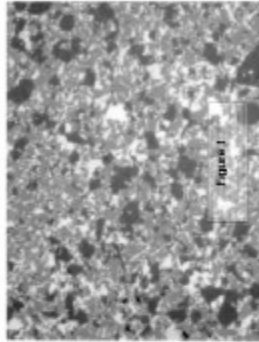


**Keramik wenn's heiß wird**

think  
ceramics

**Aktives System: "Hot Surface Ignitors"**

Materialkomposit: SiC - Keramik mit  
„intermetallischem“ System



**TABLE II : MINI IGNITER PERFORMANCE STATISTICS**

Model#	Nominal voltage	Minimum voltage	Maximum voltage	Temperature (Optimal)	Time to 1000°C	Heating zone	Power
300	12	10.2	13.2	1275-1450°C	3 seconds	0.318 cm	25 W
400	24	20.4	26.4	1275-1450°C	3 seconds	1.02 cm	40 W
600	120	102	132	1275-1450°C	5 seconds	3.05 cm	70 W
700	210	195.5	253	1275-1455°C	5 seconds	4.32 cm	110 W

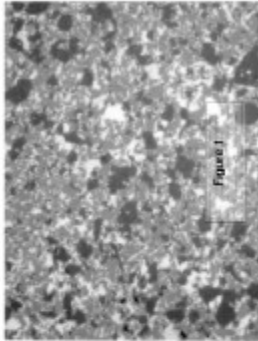


Keramik wenn's heiß wird

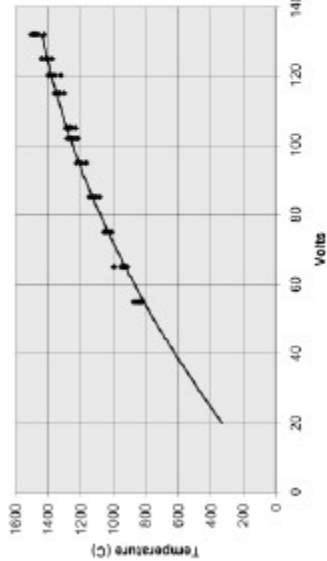
think  
ceramics

## Aktives System: "Hot Surface Ignitors"

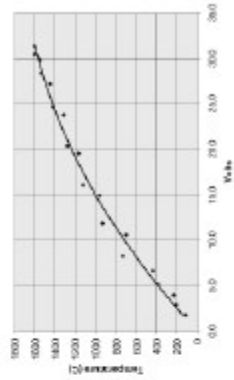
Materialkomposit: SiC - Keramik mit  
„intermetallischem“ System



Mini Igniter Model 601 : Voltage vs. Temperature



Mini Igniter Model 601 : Voltage vs. Temperature



Informationszentrum  
Technische Keramik

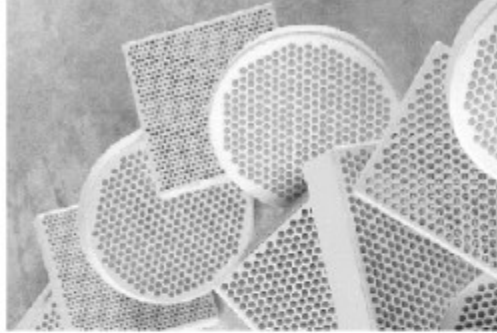
**Keramik wenn's heiß wird**

think  
ceramics

## **Gießfilter für Sphäro, Stahl oder auch Buntmetallguß**

### **Filter aus mullithaltigem Material**

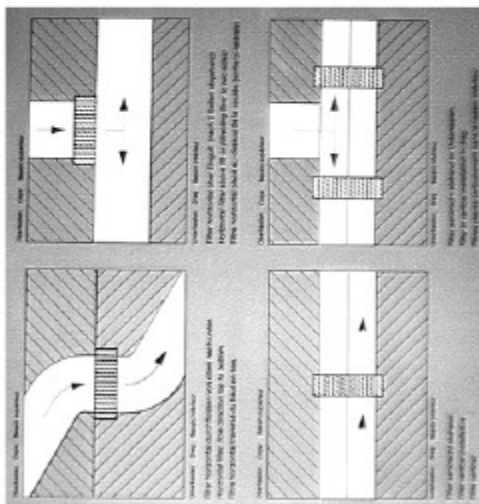
- Widerstand gegen hohe kurzzeitige Temperaturen bis 1730°C
- gutes TWB - Schockverhalten
- konstante Durchflußrate laminare Strömung
- Reduzierung der Lunkenbildung
- Optimierung gegenüber Priming
- Vermeidung von Schlackenbildung
- signifikante Qualitätsverbesserung in Gießereien



Keramik wenn's heiß wird

think  
ceramics

Gießfilter für Sphäro, Stahl oder auch Buntmetallguß

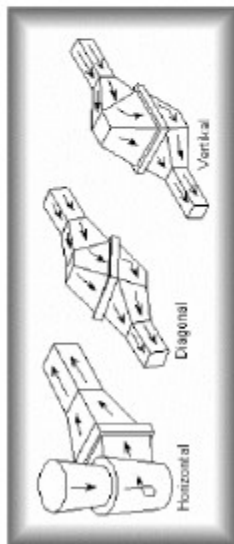


Bilder: Fa. Blank

**Keramik wenn's heiß wird**

think  
ceramics

**Gießfilter für Sphäro, Stahl oder auch Buntmetallguß**



**Keramik wenn's heiß wird**

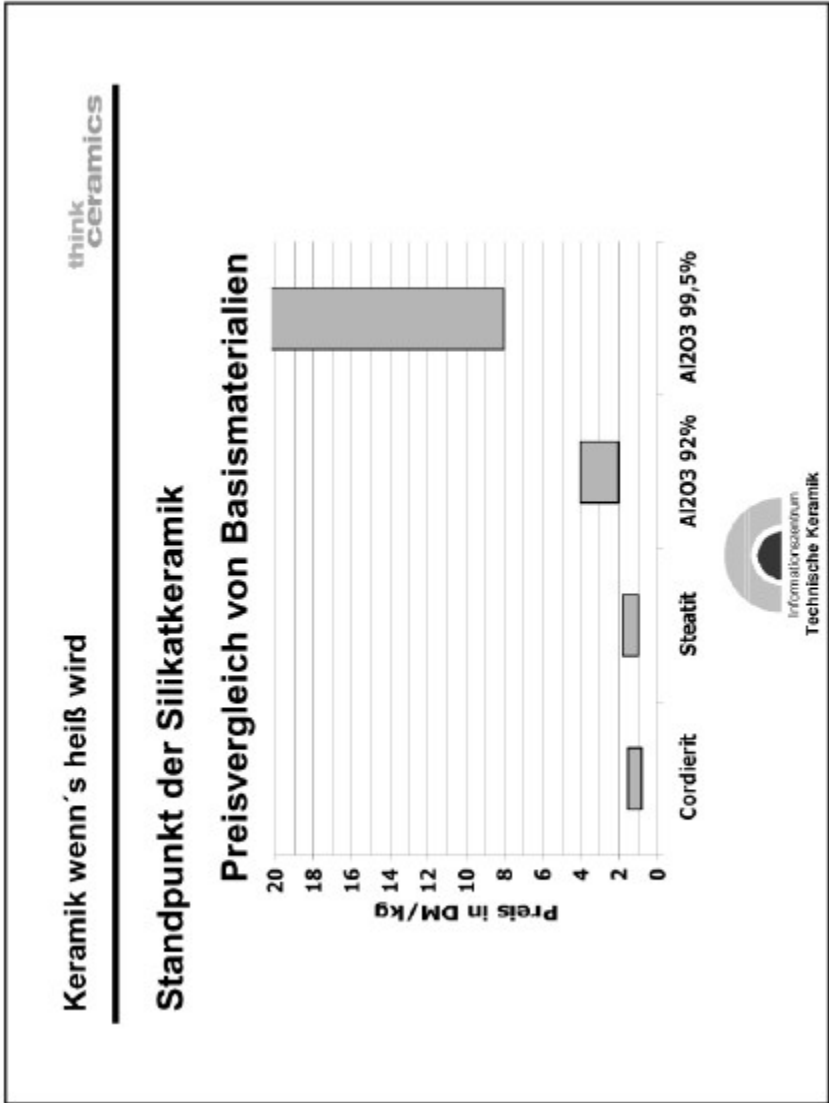
think  
ceramics

## **Standpunkt der Silikatkeramik**

Silikatkeramik hat seit mehr als 100 Jahren seine technischen Fähigkeiten bewiesen. Die Entwicklungen der letzten 20 Jahren bestätigen, daß nicht nur neue keramischen Werkstoffe einen großen Fortschritt in der Keramik erkennen lassen, sondern, wenn auch teilweise in kleinen Schritten, die Silikatkeramik verbunden mit großen Innovationen immer weiter verbessert wird.



Folie 23-1



Folie 23-2