

4.3 Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit Versuch einer Bestandsaufnahme

- Dr. Peter Stingl
CeramTec AG
Lauf a. d. Pegnitz

Die Folien finden Sie ab Seite 512.

4.3.1. Einleitung

Komfort, Sicherheit und Umweltverhalten: Schlagworte die jedem sofort in den Sinn kommen, wenn es um das Thema Auto geht.

Während in den 80er Jahren die Entwicklung weltweit geprägt war von der Erforschung und Entwicklung keramischer Werkstoffe für Applikationen im **Motorbereich**, hat sich in den vergangenen Jahren ein eher "stiller" Einsatz von Keramik für Sensoren, Katalysatoren und in der Fahrzeugelektronik vollzogen. Teile aus Hochleistungskeramik haben sich mittlerweile einen festen Platz im Automobilbau erobert. Als meist unsichtbare Helfer tragen sie dazu bei, Fahrsicherheit, Komfort und Umweltverträglichkeit des Fahrzeuges zu optimieren. Mehr noch: Bei vielen neuen Entwicklungen steht der Einsatz von keramischen Komponenten im Mittelpunkt. Dies trifft im besonderen Maße für die Werkstoffe der Piezokeramik zu.

4.3.2. Keramik im MOTOR - Eine Fehleinschätzung

Im Jahre 1985 prägten Schlagzeilen wie "Keramik-Motor aus Japan bald in Serie" oder "Der Keramikmotor ersetzt die Kühlung" die Fachpresse und sorgten für den Anstoß von umfangreichen Forschungsprogrammen mit dem Ziel, keramische Hochleistungswerkstoffe im Motorbereich einzusetzen.

Schwerpunktmäßig wurden dabei folgende Richtungen verfolgt:

1. **Wärmeisolierende Auskleidungen (Aluminiumtitanat, Zirkonoxid) des Brennraumes ⇒ adiabatischer Motor**

Bei den Dieselmotoren der damaligen Generation trat rund ein Drittel der Kraftstoffenergie als Verlustwärme auf. Ziel: Nutzungsgradsteigerung durch bessere Isolierung. Ergebnis: Keine messbare Verbrauchsreduzierung

2. **Wärmeisolierung des Abgasstranges (Aluminiumtitanat)**

Ziel: erhöhte Abgastemperatur; dadurch Reduzierung der Schadstoffemission.

Ergebnis: Kein Serieneinsatz auf breiter Basis. Serieneinsatz auf Fa. Porsche (944 Turbo, 911) beschränkt.

3. **Gewichtsreduzierung bewegter Massen (Siliciumnitrid)**

Hier gab es im Wesentlichen zwei Ansatzpunkte: Turboladerrotor und Ventil.

Durch die Verwendung deutlich leichter Werkstoffe (Si_3N_4 hat nur ca. 1/3 der Dichte von Stahl) lässt sich das Ansprechverhalten des **Turboladerrotors** verbessern.

Keramische Rotoren aus Si_3N_4 wurden einige Jahre in Serie in japanischen Motoren (Toyota, Nissan) eingesetzt. Bei europäischen Motorenherstellern konnte sich das Konzept nicht durchsetzen.

Durch den Einsatz von keramischen Ventilen versprach man sich Vorteile bezüglich Korrosionsbeständigkeit, Energieeinsparung und Umweltfreundlichkeit.

Durch die Fortentwicklung alternativer Konzepte mit Metallventilen (z. B. Rollenschlepphebel) sowie die zu hohen Kosten der Keramikventile konnte eine Serieneinsatz letztlich nicht realisiert werden.

4.3.3. Die Klassiker - Technische Keramik im langjährigen Serieneinsatz

2001 feierte die Zündkerze mit dem keramischen Isolationskörper ihren 100. (!!) Geburtstag. Dies dürfte wohl der erste Einsatz von Keramik im Automobil gewesen sein.

Im Jahre 1902 fertigte die Fa. Bosch 300 Kerzen/Jahr; derzeit werden alleine im Werk Bamberg über 1 Million Zündkerzen pro Tag (!!!) hergestellt!

Siliciumcarbid ist seit fast 2 Jahrzehnten der Werkstoff der Wahl für die Gleitringdichtungen in Kühlwasserpumpen.

Der keramische Abgaskatalysator zum Abbau der Schadstoffe CO, HC und NO_x ist seit vielen Jahren Stand der Technik. Hier wurden in der Vergangenheit auch Distanzringe aus Aluminiumtitanat eingesetzt.

In Verbindung mit dem Dreiwege-Katalysator kommt seit 1976 die Lambda-Sonde zum Einsatz. Herzstück der Fingersonde ist eine ZrO₂-Keramik, die für eine stöchiometrische Verbrennung ($\lambda = 1$) des Luft-Kraftstoffgemisches sorgt.

Die planare Lambda-Sonde ist die Weiterentwicklung der Fingersonde. Bei dieser Sonde bilden keramische Folien den Festkörperelektrolyt. Das Aufeinanderlaminiere der verschiedenen bedruckten Folien macht es möglich, einen Heizer im Sensorelement zu integrieren.

Piezokeramische Bauelemente haben sich mittlerweile auf breiter Basis insbesondere im Bereich der Sensorik etabliert. In erster Linie sind hier Klopf- und Rückfahr sensoren sowie Verzögerungssensoren zu nennen.

Viele keramische Großserienanwendungen sind weitgehend unbekannt geblieben, da diese Komponenten nicht sichtbar in Systeme integriert sind.

Hierzu gehören keramische Bauteile aus Aluminiumoxid oder Aluminiumnitrid, die als keramische Substrate für Hochleistungsschaltungen in der Hybridtechnik verwendet werden (Bild 1).



Bild 1: Die Hybridschaltung für ein stufenloses Automatikgetriebe wurde auf Keramikbasis entwickelt, um höchsten Belastungen standzuhalten. Die Schaltung wird direkt in den Hydraulikblock des Getriebes eingebaut.

Hybridschaltungen bilden die Grundlage für unterschiedlichste Anwendungen im Automobilbau. Solche Hochleistungsschaltungen sind für extreme thermische und elektrische Beanspruchungen ausgelegt und arbeiten in Systemen wie ABS, ASR, Airbag, λ -Sonde sowie in der Sensorik.

Weiterhin sind beispielhaft zu nennen:

- keramische Ventilplatten für die Common-Rail-Einspritzung (Hochdruckpumpe),
- Seitenplatten für Benzinpumpen.
- keramische Lager für Abgasventile und
- keramische Komponenten für die Rollenzellenpumpe im ABS.

Schließlich werden im Bereich der Lichttechnik (Halogen, Xenon) wegen der erforderlichen Temperaturstabilität silikatkeramische Halterungen und Sockel serienmäßig eingesetzt (Bild 2).



Bild 2: Keramische Sockel und Halterungen für Halogen- und Gasentladungslampen.
Wegen der starken Temperatureinwirkung bei extremer Dauerbelastung und UV-Strahlung wird Keramik eingesetzt.

In all diesen Anwendungsbereichen beweisen Keramikbauteile seit vielen Jahren, dass sie die hohen Ansprüche der Automobilindustrie hinsichtlich Qualität, Funktion und Wirtschaftlichkeit zuverlässig erfüllen.

4.3.4. Neue Applikationen im Serieneinsatz

Im Rahmen der zunehmenden Bestrebungen, das Fahrzeuggewicht drastisch zu reduzieren, gewinnen im Automobil Leichtbauteile aus Aluminium und Titan an Bedeutung. Hier bestehen an hochbelasteten Stellen wieder Chancen für den gezielten Einsatz keramischer Komponenten. Die Verwendung von Keramik wird auf jene Bereiche konzentriert, die für die gewünschte Funktionsverbesserung zwingend notwendig sind.

Als Beispiel dafür sind hochporöse Keramikformkörper (Si-Preforms) zu nennen. Sie werden mit Leichtmetall infiltriert und umgegossen

(z.B. im Motorblock); es entstehen metallkeramische Verbundwerkstoffe. Durch das neue Verfahren lassen sich sehr kompakte und leichte Motoren fertigen. Die Reibung zwischen Lauffläche und Kolbenring wird reduziert, Emissionen und Ölverbrauch gesenkt. Erster Serieneinsatz: ein thermisch und mechanisch hochbelastbares Kurbelgehäuse für den Porsche Boxster (Bild 3).

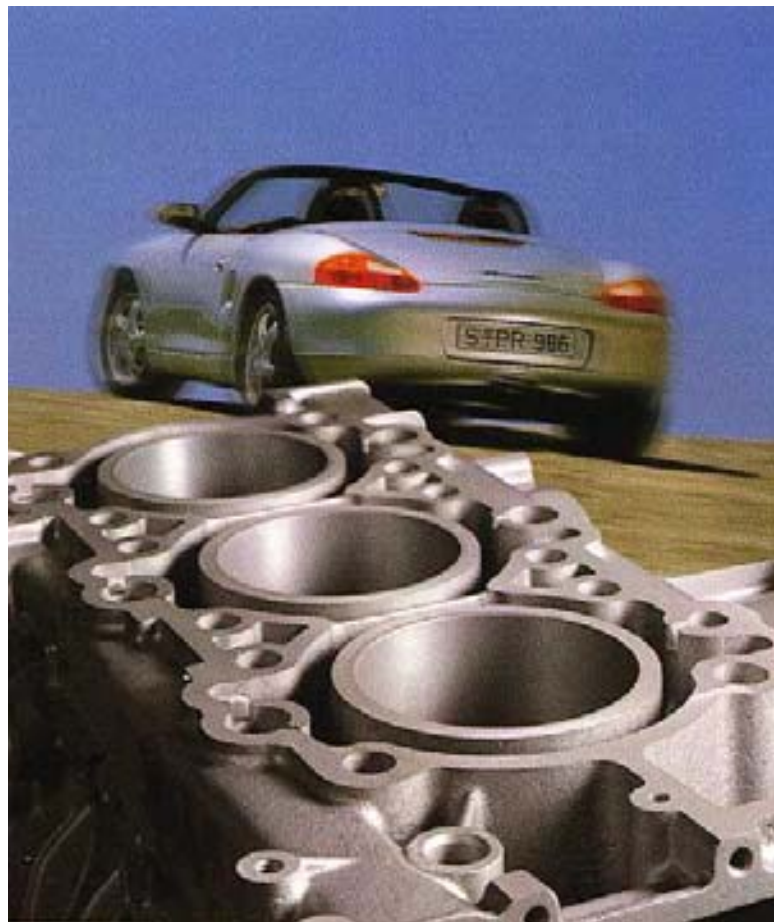


Bild 3: Eine neue Werkstoffklasse in Serie: Motorblock des Porsche Boxster mit MMC-Zylinderlauffläche.

Welches Potential neue Werkstoffentwicklungen haben, zeigt sich sehr eindrucksvoll bei dem neuen, für den Porsche 911 Turbo entwickelten Highend-Bremssystem PCCB (Porsche Ceramic Composite Brake). Vorteile: Konstant hohe Bremsleistung und exzellentes Ansprechverhalten bei deutlich höherer Lebensdauer. Beim scharfen Bremsen entstehen Temperaturen bis 800 °C. Um die Bremsflüssigkeit vor dem Sieden zu schützen (Siedepunkt 210°C!), werden in diesem Bremssystem Isolierstücke aus Zirkonoxid (niedrige Wärmeleitfähigkeit) eingesetzt.

Vermischtes

Aufgrund des hohen Kostenniveaus ist allerdings von einer Beschränkung auf den Premiumbereich auszugehen.

Ein Dieselmotor ohne Rauch- und Partikelaustritt - Wunschtraum der Ingenieure seit vielen Jahren. Um die strengen Forderungen zur Partikelemission nach der EURO-4-Norm zu erfüllen, sind geeignete Maßnahmen beim Motormanagement oder Filterelemente notwendig, welche die ultrafeinen Russpartikel auffangen und zurückhalten.

Die inzwischen etablierte Partikelfilter-Technologie, ist derzeit die effektivste technische Lösung, um die bei Dieselmotoren auftretende Russemission wirksam zu vermeiden. Herzstück des neuen Systems ist ein Wabenkörper aus porösem Siliciumcarbid. Über einen Drucksensor wird gemessen, wie sich der Filter allmählich mit Ruß zusetzt. Der entstehende Ruß muss in regelmäßigen Abständen verbrannt werden, damit der Filter funktionsfähig bleibt.

Im Durchschnitt emittiert der Peugeot-Motor mit SiC-Filter 10.000-mal weniger Russpartikel in die Umwelt als ein moderner Common-Rail-Diesel ohne Partikelfilter.

Durch die Einführung der Common-Rail-Technik mit Einspritzdrücken von bis zu 1.600 bar wurde vor einigen Jahren die Dieselmotortechnik revolutionär verbessert. Seitdem nimmt der Anteil an Dieselfahrzeugen beständig zu und hat bei einigen Automobilherstellern bereits die 50 %-Marke überschritten.

Der Einspritzvorgang wird mittels Magnetventilen gesteuert, die pro Zündzyklus zweimal Dieselkraftstoff einspritzen. Noch schneller geht es, wenn die hydraulischen Einspritzventile von piezokeramischen Stallelementen betätigt werden. Kernstück der neuen Technologie sind piezokeramische Multilayer-Aktoren (Bild 4), die sich beim anlegen einer elektrischen Spannung ausdehnen (inverser Piezoeffekt).

Dies geschieht im Bereich von Bruchteilen von Millisekunden sowie mit hoher Stellkraft und Präzision. Es sind 4-fach schnellere Schaltzeiten wie beim Magnetventil realisierbar. Damit ist ein modulierter Einspritzverlauf mit bis zu fünf Teileinspritzungen möglich. Dies bringt erhebliche Vorteile hinsichtlich Kraftstoffverbrauch, Geräusentwicklung und Abgasemission. Außerdem lässt sich eine späte Nacheinspritzung verwirklichen, wie sie z.B. beim Betrieb eines Partikelfilters vorteilhaft ist. Eine Milliarde Einspritzvorgänge muss ein Piezo-Aktor in einem "Autoleben" mindestens schaffen, pro Zündung bis zu fünf. Peugeot war der erste Automobilhersteller, der seine Dieselmotoren mit piezogesteuerten Common-Rail-Systemen serienmäßig ausstattet (Peugeot 307) hat.

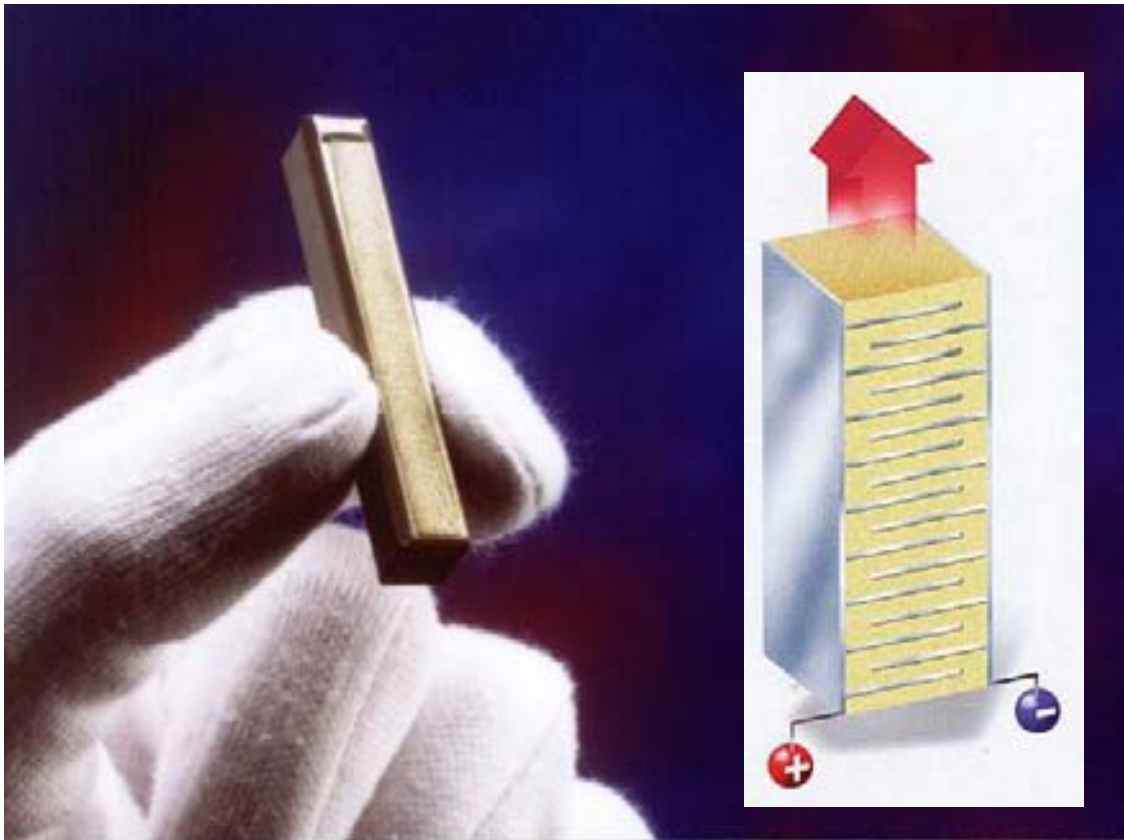


Bild 4: Piezokeramische Vielschichtaktoren.
Mit Kräften im KN-Bereich und Ansprechzeiten im Millisekundenbereich sind sie anderen Antrieben weit überlegen.

4.3.5. „Keramische Zukunft“

Der Trend zum zunehmenden Einsatz von Leichtbaumaterialien wird sich weiter verstärken. Leichtmetalle haben jedoch hinsichtlich Verschleiß und Festigkeit ihre Grenzen. Ziel derzeitiger Entwicklungen ist, die Schwächen von Leichtmetall durch die Verstärkung mit keramischen Partikeln oder Fasern zu kompensieren, ohne das spezifische Gewicht zu erhöhen. Metallkeramische Verbundwerkstoffe sind bei geringem Gewicht sehr formstabil und verschleißbeständig. Erste Bauteile befinden sich in der Testphase.

Bei vielen neuen Entwicklungen im Bereich der Automobiltechnik haben piezokeramische Werkstoffe gute Chancen.

Aufgrund der sehr kurzen Ansprechzeiten sowie der hohen Kräfte wird insbesondere den piezokeramischen Multilayer-Aktoren ein hohes Zukunftspotential zugeschrieben. Ein Arbeitsschwerpunkt liegt

Vermischtes

im Bereich der elektropneumatischen Ventile, wo die folgenden Einsatzmöglichkeiten derzeit überprüft werden:

- Hydraulikventilsteuerungen für ABS, ASR und ESC
- Hydraulikventilsteuerungen im Getriebe

Auch im Bereich der **Benzin**-Direkteinspritzung wird derzeit mit piezokeramischen Stellgliedern experimentiert.

Ziel: Verbrauchsreduzierung.

Eine der interessantesten keramischen Forschungsschwerpunkte der letzten Jahre ist die Entwicklung sog. adaptiver Werkstoffe. Auch im Automobilbau wird zunehmend mit leichten Werkstoffen gearbeitet. Problem: je leichter die Teile sind, desto stärker vibrieren sie und erzeugen damit Lärm.

Intelligente, adaptive Werkstoffe können hier Abhilfe schaffen. Die Basis dafür sind beispielsweise piezokeramische Fasern und Folien mit adaptiven Reglern.

Es wird ein Faserverbundwerkstoff aufgebaut, der nicht nur tragende Funktionen übernimmt, sondern auch aktorische und sensorische Fähigkeiten aufweist. Solche Elemente können auf äußere Veränderungen reagieren, bevor störende Verformungen auftreten.

Piezokeramische Bauteile können helfen, die Schwingungen stark zu verringern. Sie registrieren die Vibrationen und werden dann über einen Regler mit genau derselben Frequenz angeregt, in der das Fahrzeug schwingt. Die Schwingungen werden zeitlich so versetzt, dass sie sich gegenseitig auslöschen. So lassen sich Schwingungen und Körperschallprobleme schon dort unterbinden, wo sie entstehen. Damit kann der Gewichtsvorteil der Leichtbauwerkstoffe genutzt und gleichzeitig der Komfort für die Insassen erhöht werden, da der Lärmpegel im Fahrzeug gesenkt wird.

Derzeit experimentiert man mit dem Einbau von piezokeramischen Folien in das Autodach. Die Folien werden an bekannt neuralgischen Punkten angebracht und sorgen dafür, dass sich der Körperschall nicht länger über das vibrierende Dach und damit auf die Insassen überträgt.

Die Mobilität, die das Auto vermittelt, ist ein Menschheitstraum und mit entsprechender Dynamik wird an neuen Entwicklungen gearbeitet. Dabei hat sich die technische Keramik bereits etabliert und bewährt.

So bestreitet die CeramTec AG, einer der weltweit größten Hersteller von Technischer Keramik, bereits jetzt mehr als 20 % des Umsatzes mit Teilen für Automotive-Anwendungen. Als Basis für fortschrittliche Lösungen bietet die Hochleistungskeramik weitere hervorragende Perspektiven für die Zukunft.

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 45) finden sich auf den folgenden Seiten.

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Dr. Peter Stingl
CeramTec AG
Lauf a.d. Pegnitz



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

- 1. Die Irrwege**
- 2. Innovationstreiber
Automobilindustrie**
- 3. Einsatzbeispiele**
 - **Etablierte Applikationen**
 - **Neue Anwendungen**
- 4. Entwicklungstrends**



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

1. Die Irrwege

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Keramik im Automobil – Schlagzeilen 1985

**Keramik-Motor aus
Japans bald in Serie**
Keramik- und Kunststoff im Automobil
Keramik- und Kunststoff bald in Serie

**Neue Werkstoffe
mit glänzender Zukunft**
Auch 80 mit Keramik-Verbundwerkstoffen geht in Serie

Keramik erobert das Automobil
Werkstoff der Zukunft
Ceramic Engine

Keramikmotor vor der Serienreife
**Der Keramikmotor
ersetzt die Kühlung**

**Ingenieurkeramik
erobert den Motor**

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



Keramik im Automobil – Schlagzeilen 1995

Mit neuen Werkstoffen auf dem Weg zum 3-Liter-Automobil

Keramik-Ventile erfolgreich.
Vier-Millionen-Kilometer-Test bestanden

Keramische Werkstoffe für den Motoren- und Triebwerksbau

Automotoren-Ventile aus Keramik bald in Massenproduktion?

Neue Werkstoff-Klasse vor entscheidendem Durchbruch/Material-Probleme gelöst
•Keramik-Papst* in Pension /

Feuer und Flamme

Leichte Hochleistungs-komponenten sind im Automobilbau auf dem Vormarsch.

KERAMIK: WERKSTOFF DER ZUKUNFT

Automotoren-Ventile aus Keramik in Massenproduktion?

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Keramik im Automobil – Schlagzeilen 1996

*Hochleistungskeramik im
Automobilbau – nur eine Vision?*

*Ingenieurkeramik
Hoffnung
und Realität*

Der Weg zur Zukunft ist lang - die A. durchs. Keram.

**High-Tech-Keramik
bleibt Risikomarkt**

Keramik im Motorenbau: Quo vadis?



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Keramik im Automobil – Die Irrwege

Erwartete Markteinführung keramischer Komponenten mit Marktanteil > 5% bei PKW/Klein-LKW (Glüsing und Aengeneyndt 1990)

	Werkstoff	Jahr 5% Marktanteil	Realisierung (Stand 2005)
Portliner	ATI	1995	Serie Porsche
Kipphebel	Si ₃ N ₄	1996	nein
Turboladerrotor	Si ₃ N ₄	1997	Serie Nissan u. a. (Japan)
Ventilführung	Si ₃ N ₄	1998	nein
Ventilsitz	Si ₃ N ₄	1999	nein
Ventil	Si ₃ N ₄	2001	nein
Kolbenbolzen	Si ₃ N ₄	2001	nein
Kolbenboden	ATI	2002	nein
Kolbenring	Si ₃ N ₄	2002	nein
Zylinderlauffläche	SiC	2004	MMC Laufbuchse
Kolben	SiC/Si ₃ N ₄	2007	nein

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



Ventile aus Siliziumnitrid



Vorteile

- Geringes Gewicht (bewegte Masse)
- Reduzierung Kraftstoffverbrauch



- Flottenversuch mit 2000 Fahrzeugen positiv
- Kosten!
- Vergleichbare Vorteile mit anderen technischen Lösungen in Metall

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



Turbolader-Rotor aus Siliciumnitrid



- Großserie für einige Jahre in Japan
- Kein Serieneinsatz im europäischen Raum (⇒ Kosten!)

Vorteile

- Geringes Gewicht (verbessertes Ansprechverhalten)
- Reduzierung Verbrauch (höhere Verbrennungstemperatur)



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



Portliner aus Aluminiumtitanat



- Serieneinsatz bei Porsche über mehrere Jahre
- Kosten!
- Wirksamkeit umstritten

Vorteile

- Wärmeisolation im Abgaskanal
- Höherer Wirkungsgrad bei Turbolader und Katalysator



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



2. Innovationstreiber **Automobilindustrie**

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



Warum Keramik im Automobil?

Schwachpunkte von Metallen
und Kunststoffen

Lösungsmöglichkeiten mit
Keramik, weil

Verschleißbeständigkeit

Verschleißfest

Korrosionsbeständigkeit

Beständig gegen chemische
Korrosion

Hohes Gewicht; z. B. Stahl

Niedriges spez. Gewicht;
z. B. MMC

Nicht hochtemperaturbeständig

Hohe Temperaturbeständigkeit

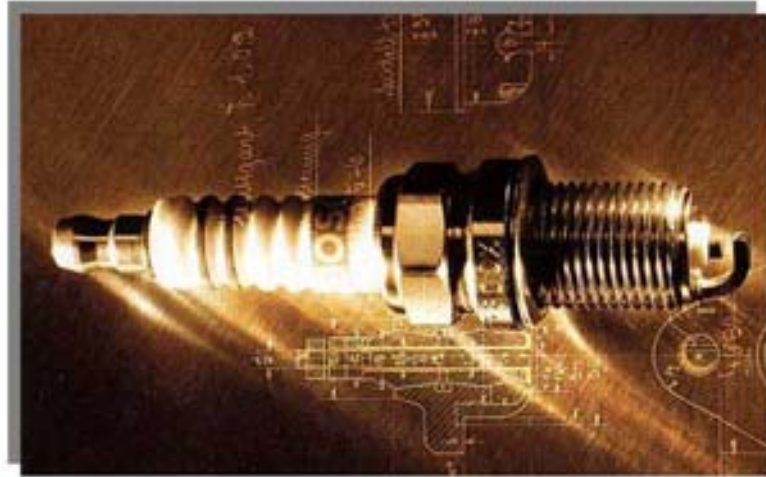


Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

3. Einsatzbeispiele

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Zündkerze (Historie)



Werkbild Bosch

- ★ 1902 Patentanmeldung Fa. Bosch
Zündkerze in Kombination mit
Hochspannungs-Magnetzünder
- ★ Isolierkörper aus Keramik
- ★ 1902 fertigte Bosch 300 Zündkerzen
pro Jahr
- ★ 2002 > 1 Mio. Kerzen pro Tag
allein im Werk Bamberg

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



Prallplättchen aus Aluminiumoxid für Einspritzanlagen (Gemischmengenregler)

Vorteile

- Verschleißbeständigkeit
- Keine chemische Korrosion (Benzin)



- Großserie über ca. 10 Jahre
- Bosch Jetronic



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Seitenplatten aus Aluminiumoxid für die Kraftstoffpumpe

Werkstoff

- Aluminiumoxid

Vorteile

- Optimierte Oberflächentopografie für metallische Laufpartner
- Integriertes Kohlenstofflager für die Motorwelle
- Korrosionsbeständigkeit gegen Kraftstoff

Status

- Serieneinsatz seit > 15 Jahren



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



Rollenzellenpumpe für ABS-Systeme

Werkstoff

- Aluminiumoxid

Vorteile

- Verschleißbeständigkeit

Status

- Serieneinsatz seit 1990



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Lagerbuchse für das Abgasregelventil

Werkstoff

- Stabilisiertes Zirkonoxid

Vorteile

- Temperatur- und Korrosionsbeständig
- Wärmeausdehnung an Stahl angepasst
- schmierungsfreie Lagerung

Status

- Serieneinsatz seit ca. 1994





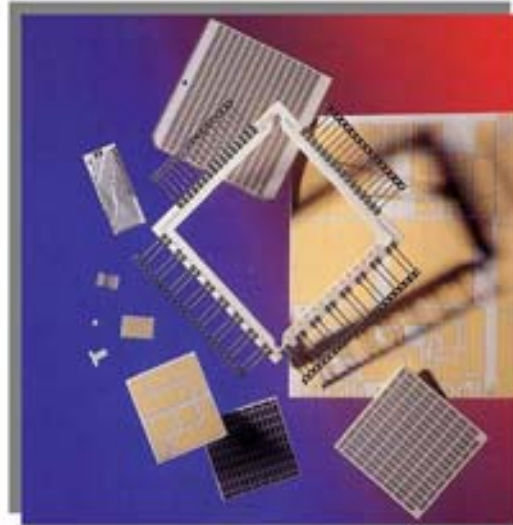
Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Keramische Substrate für die Hochleistungselektronik

Gepresst/gestanzt/gelasert



Metallisierte Substrate



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Keramische Substrate für die Hochleistungselektronik

Werkstoffe

- Aluminiumoxid
- Glaskeramik (LTTC)
- Aluminiumnitrid

Vorteile

- Temperaturbeständigkeit
- Hohe Wärmeleitfähigkeit (insbesondere AlN)
- Höhere Leistungsdichte

Status

- Großserie im Automotivbereich
- Diverse Applikationen in der HL-Elektronik



Werkbild Bosch



Werkbild Bosch



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Hybridschaltung für stufenloses Automatikgetriebe

Werkstoff

- Aluminiumoxid

Vorteil

- Höhere thermische und elektronische Belastung
- Höhere Integrationsdichte



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

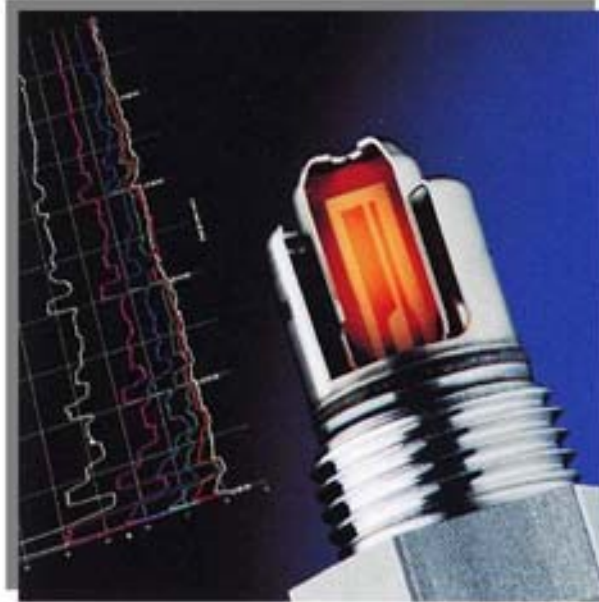
Beheizte Lambda-Sonde in Planartechnik

Vorteile:

- Betriebstemperatur wird in < 10 s erreicht
- Lebensdauer durch gleichmäßige Betriebstemperatur doppelt so hoch
- Sauerstoffgehalt kann in einem sehr breiten Messbereich quantitativ bestimmt werden
 - ⇒ Einsatz bei Magermotorkonzepten
 - ⇒ Einsatz in Dieselmotoren

Mengen:

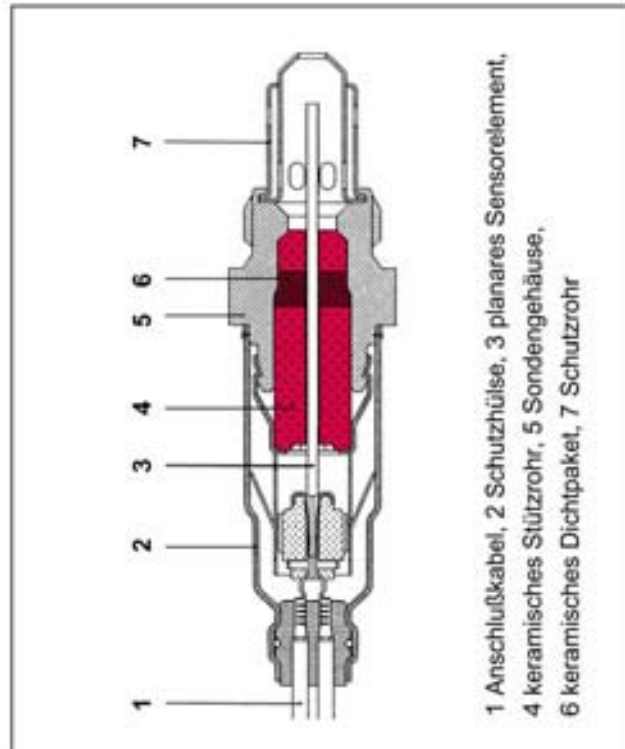
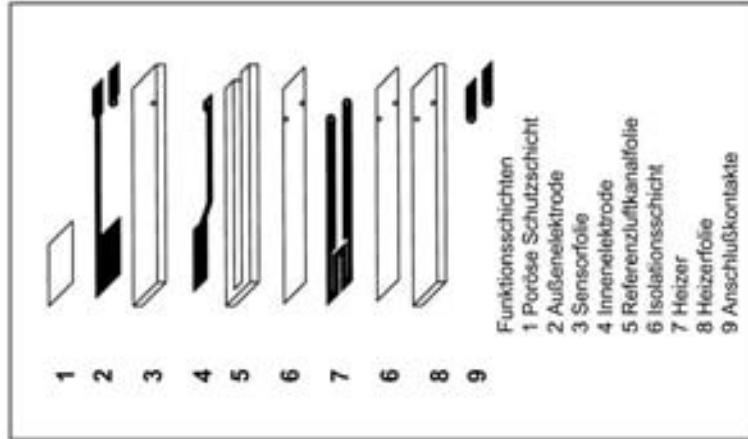
- ca. 85 Mill. Stück/Jahr



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



Aufbau planare Lambda-Sonde



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Katalysator auf Basis keramischer Komponenten



Katalysator-Ringe aus Aluminiumtitanat
und Wabenkörper für Katalysatoren aus
Cordierit



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



Silikatkeramische Bauteile für die Lichttechnik

Sockel, Halterung und Isolierkomponenten von Halogen- und Xenonlampen sind hohen Temperaturbelastungen ausgesetzt

Vorteile:

- Lebensdauer
- Wirtschaftlichkeit



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Keramische Ventilplatte für die Hochdruckpumpe im Common-Rail-System

Vorteile:

- Formstabilität bei gleichzeitiger Gewichtsreduzierung
- Verschleißbeständigkeit

Werkstoff:

- Siliziumnitrid

Status:

- Serie (Peugeot 307)



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Keramische Gleitringe für die Kühlwasserpumpe



Vorteile:

- Verschleißbeständigkeit
- chemische Beständigkeit
- Gutmütiges tribologisches Verhalten

Werkstoff:

- Al_2O_3
- SiC

Rußpartikelfilter aus Siliziumkarbid für Diesel – Kfz

Vorteil:

- Drastische Reduzierung der Emission von Rußpartikeln

Status:

- Großserie seit einigen Jahren



- 01: Filterblock aus SiC
- 02: Temperatursensor
- 03: Messung der Druckverhältnisse

Quelle: Volkswagen Magazin 04.2003

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



Rußpartikelfilter aus Siliziumkarbid für Diesel – Kfz

Die Wirkung von SiC-Filtern

Ausstoßmenge Rußpartikel
nach 80.000 km



Moderner Diesel ohne Filter:

ca. 3.000 g Rußpartikel
(0,03 g/km)

Dieselmotor mit Partikelfilter:

**< 100 g
(0,001 g/km)**

Quelle: ADACmotorwelt; Sept. 2001

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



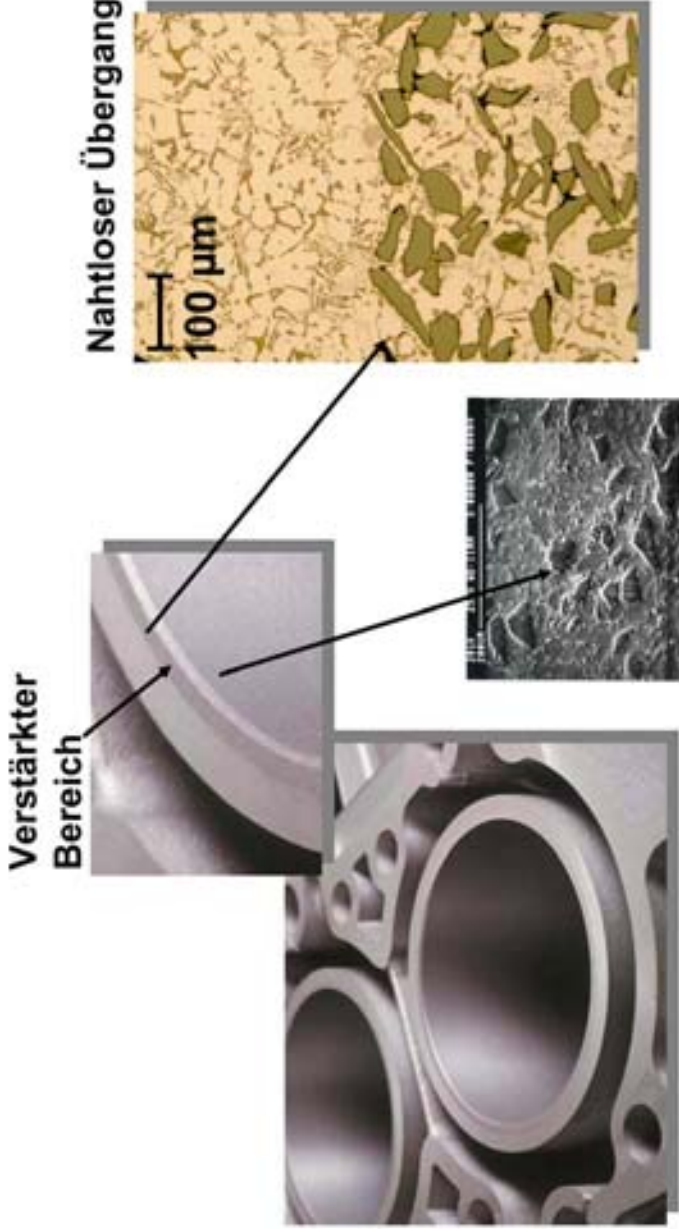
Rußpartikelfilter aus Siliziumkarbid für Diesel – Kfz Vergleich der Partikelmengen



think ceramics
TECHNISCHE KERAMIK

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Keramische Preforms für Zylinderlaufflächen



Verstärkter Bereich

Nahtloser Übergang

100 µm

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Carbon-Keramik-Bremse

Werkstoff:

- Mit Carbonfasern verstärktes Siliziumkarbid

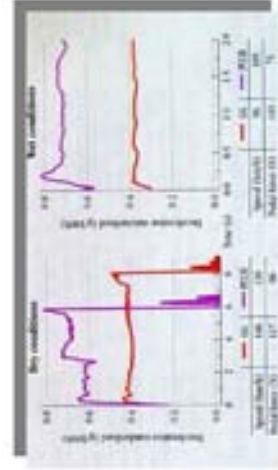
Vorteile:

- Deutlich geringeres Gewicht (65%!)
- Überlegene Bremsleistung
- Lebensdauer (1 Autoleben)

Aber: Preis!!!

Status:

- Serieneinsatz Porsche



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



Keramische Isolierstücke für die CFC-Hochleistungsbremse

Werkstoff:

- Zirkonoxid

Vorteile:

- Temperaturbeständigkeit
- Hohe Wärmeableitung



Status:

- Serie

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Sensor zur optimalen Motornutzung (Klopfsensor)



Werkstoff:

- Piezokeramik

Vorteile:

- Motor kann nahe der Klopfgrenze betrieben werden
- Dadurch optimaler Wirkungsgrad
- Geringerer Kraftstoffverbrauch

Status:

- Großserie seit vielen Jahren



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



Rückfahrsensor für Luftultraschall-Abstandsmessungen



Material:

- Piezokeramik

Status:

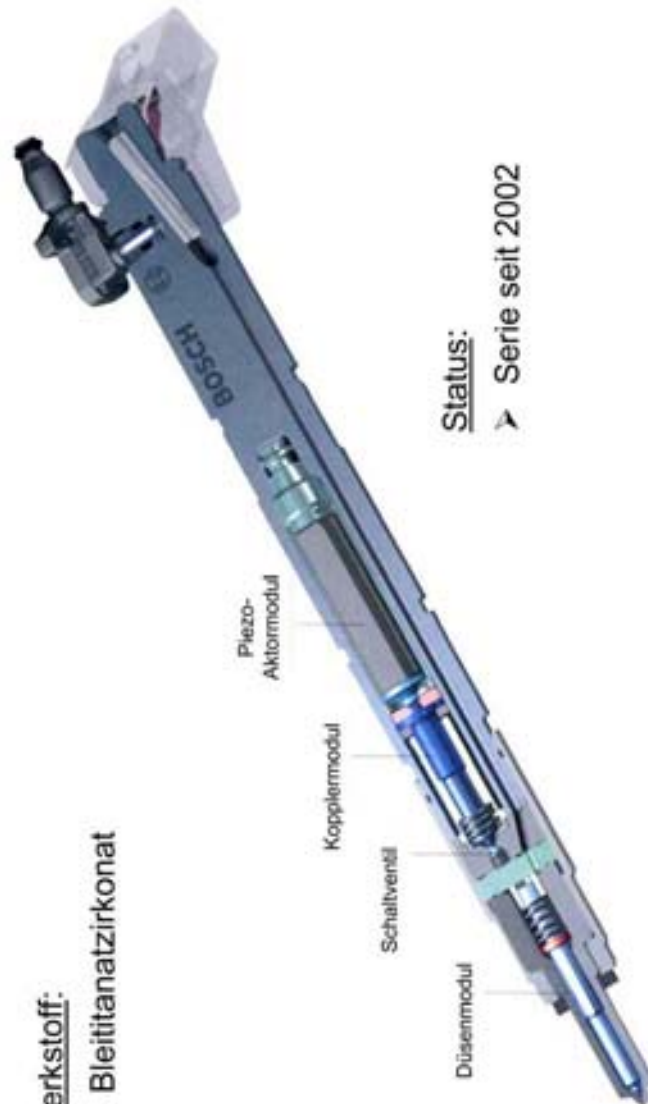
- Großserieneinsatz > 8 Jahre

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Piezo-Inline-Injektor für die Dieseldirekteinspritzung

Werkstoff:

- Bleititanatzirkonat



Status:

- Serie seit 2002

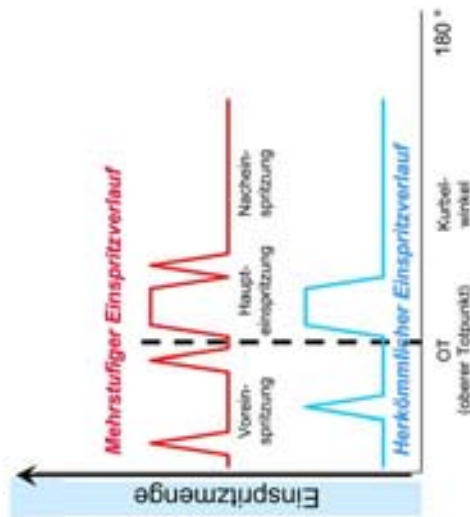
Quelle: Robert Bosch GmbH



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Vorteile der Dieseldirekteinspritzung (Comon-Rail) mit Piezo-Aktoren

Einspritzcharakteristik Common-Rail



Piezo-Aktor (PA) vs. Magnetventil (MV)

- Schaltzeit PA mit hoher Wiederholgenauigkeit 4x schneller als MV!**
 - äußerst präzise Dosierung kleinster Kraftstoffmengen
 - exakteres Einspritz-Timing
 - mehrere Vor- bzw. Nachheinspritzungen (bis 6) möglich
 - drastische Reduzierung der Schaltpausen
 - Optimale Einstellung des Einspritzprofils**
- Konsequenzen (Kundennutzen)**
 - Reduzierung Abgasemission (NO_x, HC, Ruß); (2005; EURO 4)
 - Verminderung des Geräuschpegels
 - Verbrauchsreduzierung
 - Verbesserung Durchzugsverhalten

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Benzin-Direkteinspritzung mit Piezo-Injektor

Werkstoff:

- Piezokeramik

Vorteile:

- Geringerer Kraftstoffverbrauch durch Mehrfacheinspritzung
- Höheres Drehmoment
- Geringere Abgasemission

Status:

- Entwicklung



Quelle: MTZ-Motortechnische Zeitung, 5/2004

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



Aktive Schwingungsdämpfung durch adaptive Systeme

Werkstoffe:

- Faserverbundwerkstoffe aus Piezokeramik

Funktion:

- Adaptive Systeme, die sich über selbstregelnde Mechanismen an unterschiedliche Betriebsbedingungen anpassen

Applikationsmöglichkeiten:

- Lärmreduzierung im Kfz-Innenraum (Pkw-Dach)
- Lärmreduzierung bei Helikoptern
- Lärmreduzierung ICE

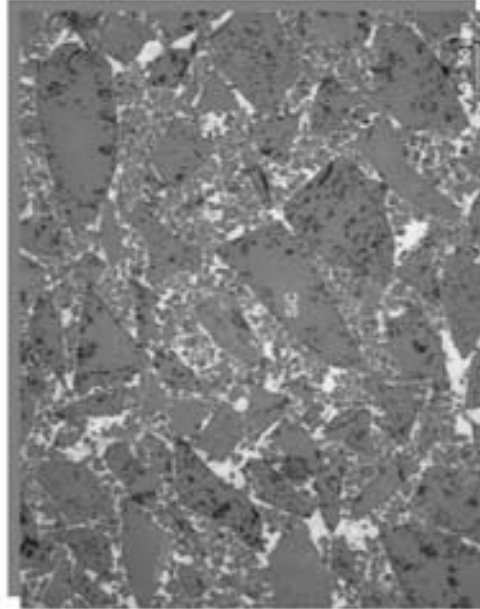
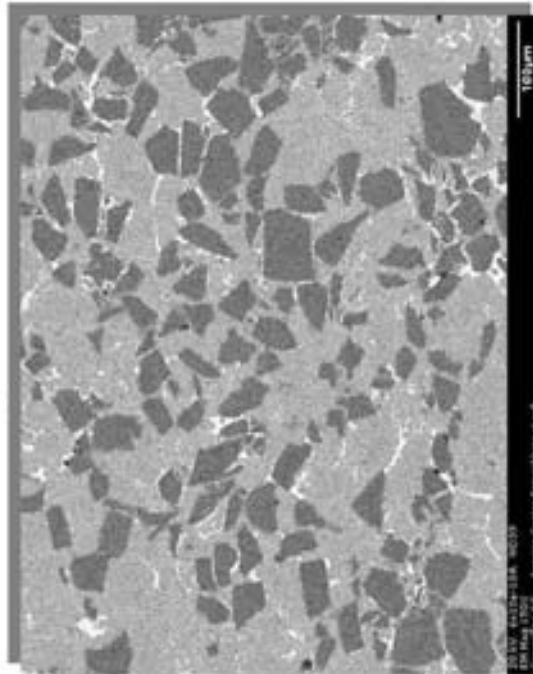


Einlaminierte Piezo-Fasern als Vorstufe für Sensormodule
Quelle: Fraunhofer Gesellschaft

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Metallkeramischer Verbundwerkstoff für tribologische Anwendungen

Werkstoff: Al/SiC, Al-Anteil variabel
Dichte: 2,6-2,8 g/m³



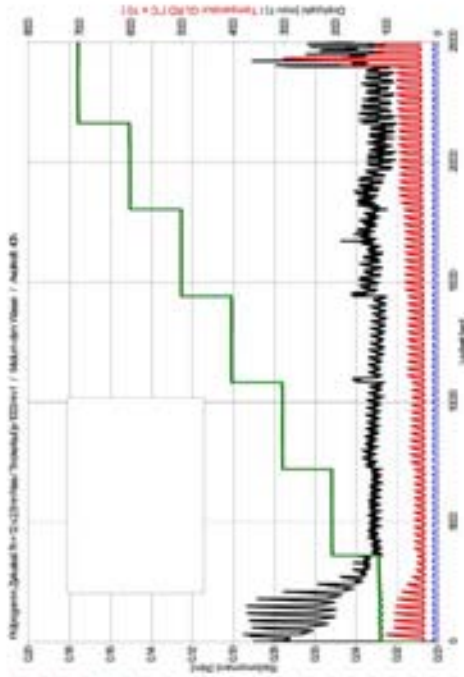
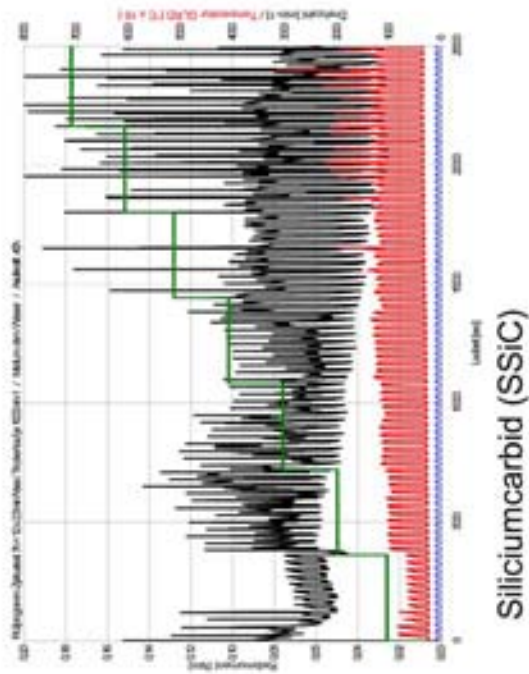
Potential: Tribologie
Verschleiß
Leichtbau

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



Metallkeramischer Al/SiC-Verbundwerkstoff

Vergleich der Reibwerte
gegen Kohle als Reibpartner



Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

4. Entwicklungstrends

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit



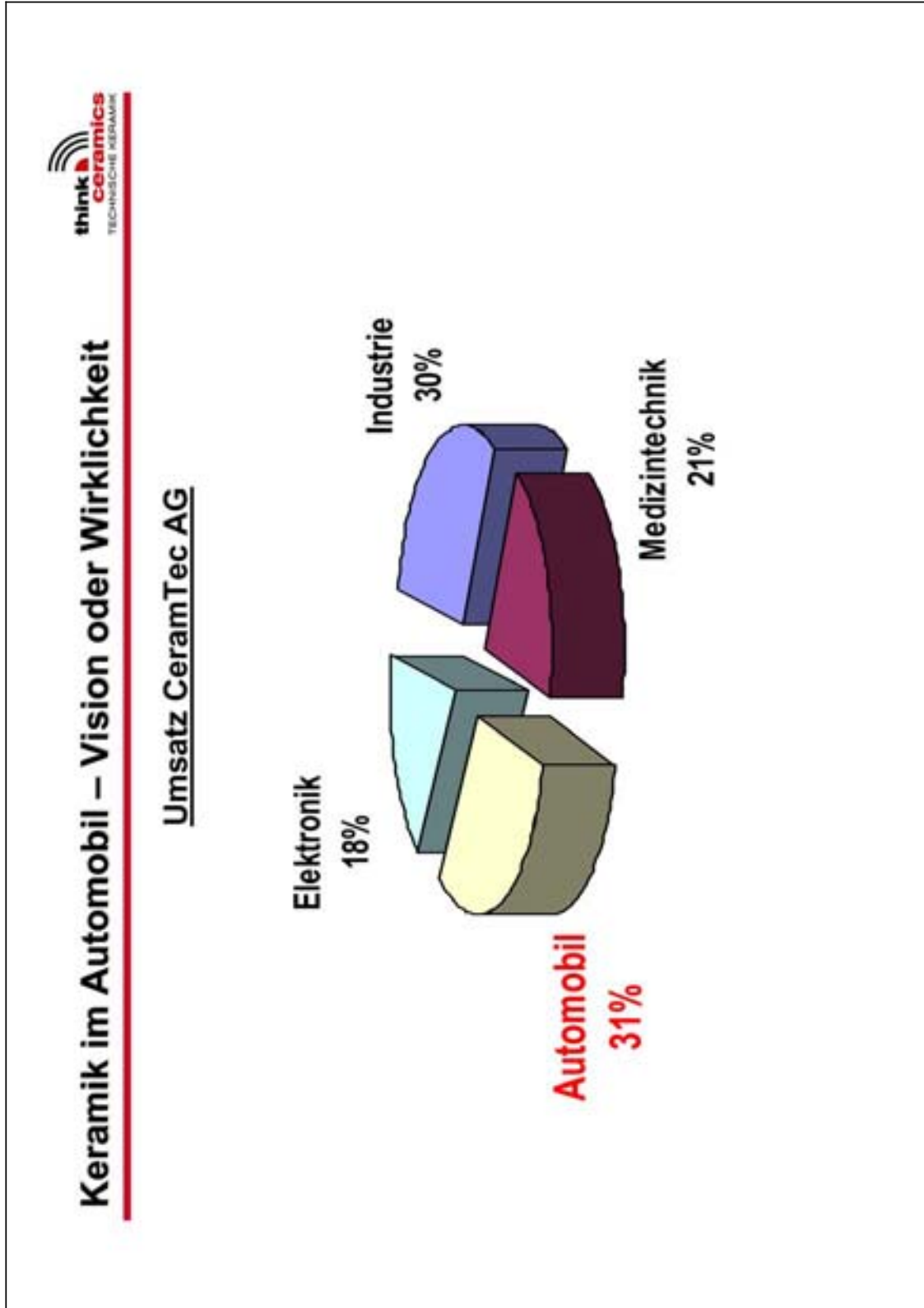
Entwicklungstendenzen

- ↳ *Verwendung extrem feiner und reiner Pulver (Nanoteilchen)*
- ↳ *Neue Herstellungstechnologien (Gelcasting, reaktionsgebundene Werkstoffe)*
- ↳ *Umwandlungsverstärkung*
- ↳ *Faser-/Whiskersverstärkung*
- ↳ *Mischkeramiken (Metall + Keramik)*

Keramik im Automobil – Vision oder Wirklichkeit

Zusammenfassung und Ausblick

- ★ **Bauteile aus HL-Keramik auf breiter Basis seit vielen Jahren im Großserieneinsatz**
- ★ **Chancen im Motorenbereich aufgrund des kritischen Kosten-Nutzen-Verhältnisses eher gering**
- ★ **Beträchtliches Zukunftspotential insbesondere im Bereich der piezokeramischen Sensoren**
- ★ **Weites Einsatzfeld bei elektronischen Steuerungen (insbes. Substrate)**



4.3 Keramik im Automobil - Folie 45