

## 4 Vorträge 3

### 4.1 Gemeinsam Stärke entwickeln – Keramik-Verbundsysteme

- Rainer Steven  
ETEC Gesellschaft für Technische Keramik mbH  
Lohmar  
  
und
- Ulrike Wiech  
ETEC Gesellschaft für Technische Keramik mbH  
Lohmar

*Die Folien finden Sie ab Seite 307.*

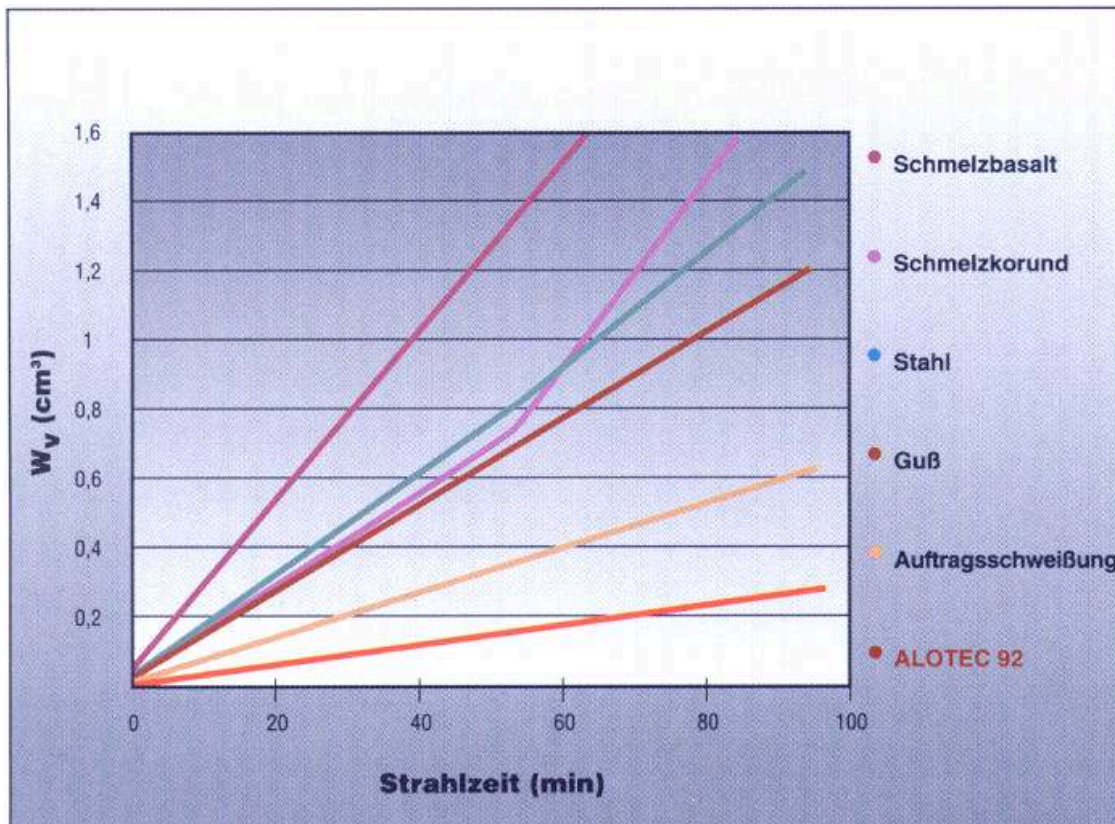
#### 4.1.1. Einleitung

Keramische Werkstoffe besitzen ein breites Anwendungspotential im Verschleiß- und Korrosionsschutz von Maschinen und Anlagen in der Aufbereitungs- und Fördertechnik. So sind z. B. Auskleidungen von Mischern, Mühlen, Rinnen und Rutschen, Übergabetrichter und Aerozyklone schon lange Stand der Technik. Sie ermöglichen wirtschaftliche Lösungen und erfüllen alle Forderungen hinsichtlich hoher Standzeiten bei hohen Durchsätzen.

#### **Der Einsatz von Keramik rechnet sich!**

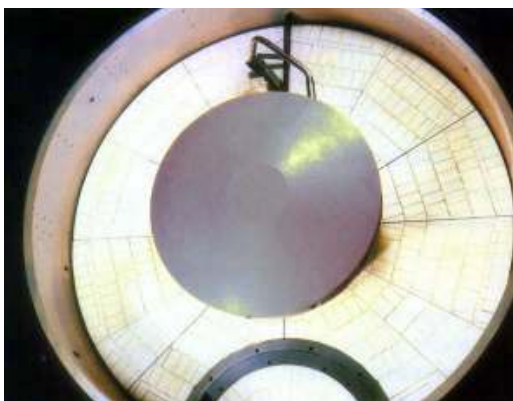
Vergleicht man Leistung, Durchsatz und Standzeit mit den Investitions-, Betriebs-, Wartungs- und Reparatur- sowie den Betriebsausfallkosten, sind keramische Auskleidungen in der Wirtschaftlichkeit allen anderen Lösungen deutlich überlegen. Aus Kostengründen werden in der Regel Aluminiumoxid - Keramikwerkstoffe mit  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - Gehalten von 92 bis 96% eingesetzt. Diagramm 1 beweist die Überlegenheit der Keramik im Vergleich mit metallischen und anderen anorganischen Verschleißschutzwerkstoffen.

### Vortragsblock 3



**Bild 1:** Vergleich der Verschleißfestigkeit von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - Keramik zu anderen Verschleißschutzwerkstoffen

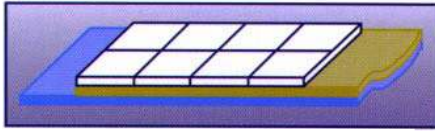
Bild 2 und Bild 3 zeigen die Anwendung von großflächigen Auskleidungen am Beispiel eines Betonmischers und eines Zyklons.



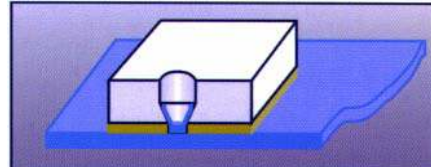
**Bild 2:** Mischerauskleidung

**Bild 3:** Zyklonverteiler

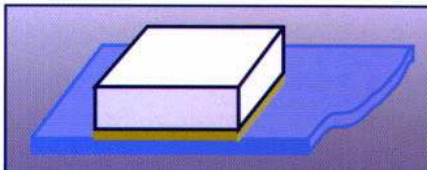
Bei der Auskleidung großer Flächen spielt neben der Qualität der Keramik die Montagetechnik und die Verbindungstechnik eine wesentliche Rolle. Hierfür wurden Montagetechniken entwickelt, die sich in einer Vielzahl von Anwendungen in der Praxis bewährt haben.



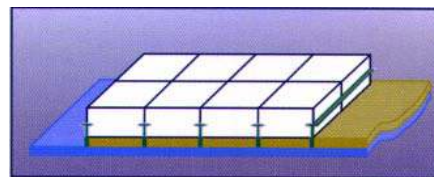
Vulkanisieren von  
Mosaiken in Gummi



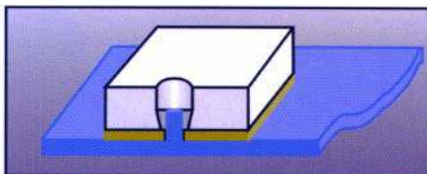
Kleben bzw. Zementieren in  
Kombination mit Schrauben:  
Beste, aber aufwändige Fügetechnik



Direktes Verkleben bzw.  
Zementieren auf Stahl



T-Nut-Verfahren in Kombination  
mit Kleben bzw. Zementieren



Kleben bzw. Zementieren in  
Kombination mit Schweißen

#### **Bild 4:** Montagetechniken für die Auskleidung großer Flächen

Keramische Werkstoffe werden in den wenigsten Fällen als Einzelbauteile eingesetzt sondern in Werkstoffverbunden. Die wichtigsten Verbundpartner sind Stahl und Polymere.

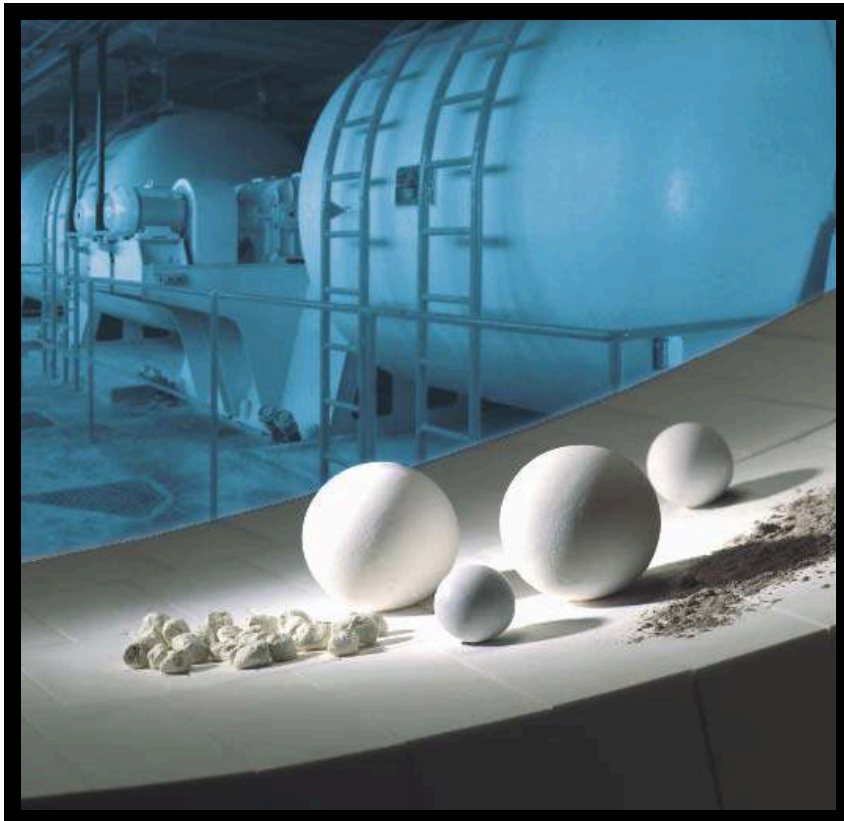
Eine Schlüsselrolle spielt dabei die richtige Auswahl des Klebers. In den Datenblättern der Kleberhersteller findet man nur unzureichende Informationen über anwendungsrelevante Eigenschaften. In der Praxis sind aus unserer Sicht u .a. folgende Eigenschaften von Bedeutung:

- Scherfestigkeit
- Visco - elastisches Verhalten:  
spröde Kleber, elastische Kleber
- Thermische Beständigkeit
- Chemische Beständigkeit
- Anwendung im Dick- oder Dünnbettverfahren
- Verarbeitungsbedingungen  
(Topfzeit, Fließfähigkeit, Aushärtezeit,  
Aushärtetemperatur etc.)

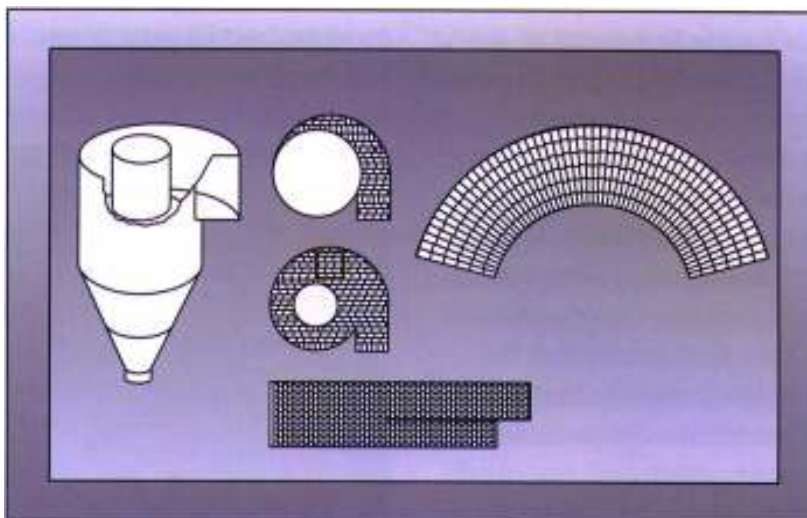
### Vortragsblock 3

---

Weitere Anwendungen für den Einsatz von Keramik als Verschleißschutzwerkstoff für großflächige Auskleidungen sind: Mühlenauskleidungen, Entstaubungszyklone und Sichter, Vibrationsförderrinnen und Übergabetrichter für Gurtförderanlagen.



**Bild 5:** Mühlenauskleidungen und Mahlkugeln



**Bild 6:** Layout eines Sichters



**Bild 7:** Förderrinne

#### 4.1.2. Fügetechniken

Werkstoffverbunde werden durch Fügen unterschiedlicher Werkstoffe hergestellt. Ziel aller Werkstoffverbunde muss sein:

- Die vorteilhaften Eigenschaften der Einzelwerkstoffe nutzen, ohne dass die nachteiligen Eigenschaften versagenskritisch werden
- Krafteinleitung und Fügetechnik müssen den Eigenschaften der einzelnen Werkstoffkomponenten entsprechen, z.B. angepasste thermische Dehnung, E-Moduli
- Die Werkstoffkomponenten müssen Funktionstrennungen verwirklichen, sodass die Nachteile des einen Werkstoffes durch den Fügepartner kompensiert werden.

Geeignete Fügepartner für Keramik sind Metalle (vor allem Stähle) und Polymere. Bei vielen Anwendungen bestimmt die Stahlkomponente die Konstruktion und wirken als tragende Komponente. Die Keramik ist verantwortlich für die Funktion (Reibverhalten, Temperaturfestigkeit, Verschleiß). Für den Einsatz von Stahl sprechen das schadenstolerante Verhalten und seine hohe Festigkeit. Polymere werden vor allem aus wirtschaftlichen Gründen, wenn niedriges Gewicht oder gummielastisches Verhalten gefordert wird, eingesetzt.

### Vortragsblock 3

---



**Bild 8:** Förderhunte für die Beschickung von Hochöfen:  
Stahl-Keramik-Verbund



**Bild 9:** Bauteile einer Koksförderung

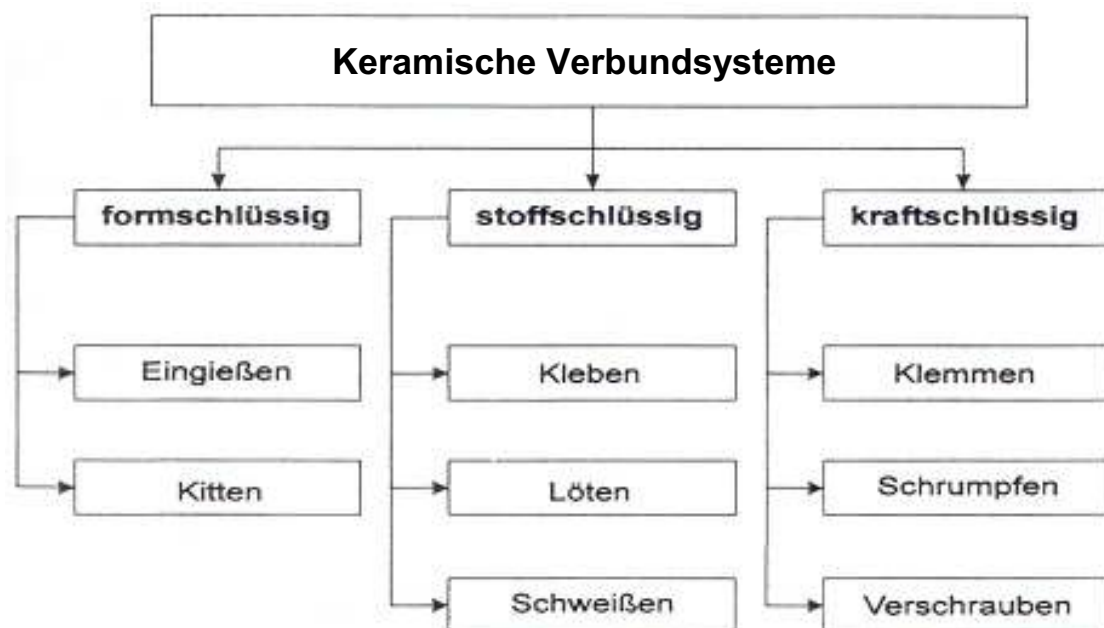


**Bild 10:** Verfahrbare Bunker im Hochofen



**Bild 11:** Belegung von Antriebsrollen von Förderbändern:  
Stahl-Gummi – Keramik – Verbund

Die Verbindungs- oder Fügetechnik hat bei der Integration eines keramischen Bauteils in ein technisches System eine ganz entscheidende Bedeutung. Keramik lässt sich grundsätzlich mit jedem anderen Werkstoff lösbar und unlösbar verbinden. Zur zuverlässigen Verbindung können stoff-, form- und kraftschlüssige Fügetechniken verwendet werden. Maßgebend für die Wahl des Fügeverfahrens sind die Eigenschaften der Partnerwerkstoffe und die Anforderungen, die an das System gestellt werden. Bild 12 fasst die wesentlichen Füge-techniken für Keramik – Metall – Verbundsysteme zusammen:



**Bild 11:** Fügetechniken für keramische Verbundsysteme

## Vortragsblock 3

---

Bei Werkstoffverbunden – wie z. B. Keramik - Stahl – treten bei mechanischer oder thermischer Beanspruchung durch unterschiedliche E-Moduli bzw. Wärmeausdehnungskoeffizienten zwangsläufig hohe Spannungen auf. Die Keramik kann wegen ihrer geringen Verformbarkeit diese Spannungen nicht aufnehmen. Lösungsmöglichkeiten sind u. A.:

- Großflächige Krafteinleitung
- Keramik nicht auf Zug, sondern auf Druck belasten
- Einbau von Dehnungsfugen
- Anpassen der AK – Werte der Fügeschicht

Von den heute eingesetzten Fügetechnologien hat in den letzten Jahren das Kleben die größte Bedeutung erlangt. Eine Schlüsselrolle spielt dabei die richtige Auswahl der Klebstoffe. Forderungen an die Klebstoffe sind: gute Benetzbarkeit der Fügepartner, hohe Scherfestigkeit und ihr elastisches Verhalten (eingesetzt werden je nach Anwendung sprödelastische viskose Kleber). Ihr größter Nachteil liegt in der niedrigen Temperaturbelastbarkeit. So können Hochleistungskleber – z. B. Epoxide – im Dauerbetrieb nur Temperaturen bis ca. 150°C ausgesetzt werden. Für höhere Temperaturen sind Weich-, Hart- und Aktivlote bewährte Technologien. Weitere Alternativen sind Kitten und Eingießen mit anorganischen Zementen oder kraftschlüssige Fügeverfahren (z. B. Schrumpfen).

### **4.1.3. Förderung von Massenschüttgütern in Rohrsystemen**

Die Förderung von Massenschüttgütern in geschlossenen Rohrsystemen gewinnt immer höhere Bedeutung. Ihr Anwendungsbereich erstreckt sich – angefangen von Kohlen, Erzen, Mineralstoffen, Zement über Lebensmittel und Kunststoffgranulate bis hin zu abrasiven Stäuben und Schlacken. Die Vorteile dieser Systeme sind:

- Es gibt nur wenig bewegte Anlagenteile: Deshalb sind die Ausfallzeiten niedrig und der Reparaturstillstand gering.
- Trotz des geringen Platzbedarfs ist eine flexible Leitungsführung möglich.



- Es liegt ein geschlossenes Transportsystem vor: Dadurch ist eine geringe Kontamination des Fördergutes und eine deutlich reduzierte Umweltbelastung gewährleistet.
- Das System lässt sich einfach in bestehende Prozessabläufe integrieren. Seine Vorteile kommen besonders dann zum Tragen, wenn kontinuierliche Masseströme gefördert werden.
- Der nicht zu verhindernde Verschleiß kann durch konstruktive Maßnahmen, vor allem aber durch werkstofftechnische Maßnahmen, z. B. durch Auskleidung der Rohre mit Keramik, deutlich reduziert werden.

Der Schwerpunkt dieses Berichtes beschreibt den Einsatz von keramischen Werkstoffen in der pneumatischen Fördertechnik. Trotzdem soll am Anfang das Bild eines Fördersystems für den Hydrotransport von Erzen gezeigt werden. Diese Leitung fördert Nickelerze von der Grube über acht Kilometer, zum Teil über unwegsames Gelände, zur Aufbereitungsanlage.



**Bild 13:** Rohrleitungssystem

Ursprünglich bestand die gesamte Förderleitung aus Stahlrohren.

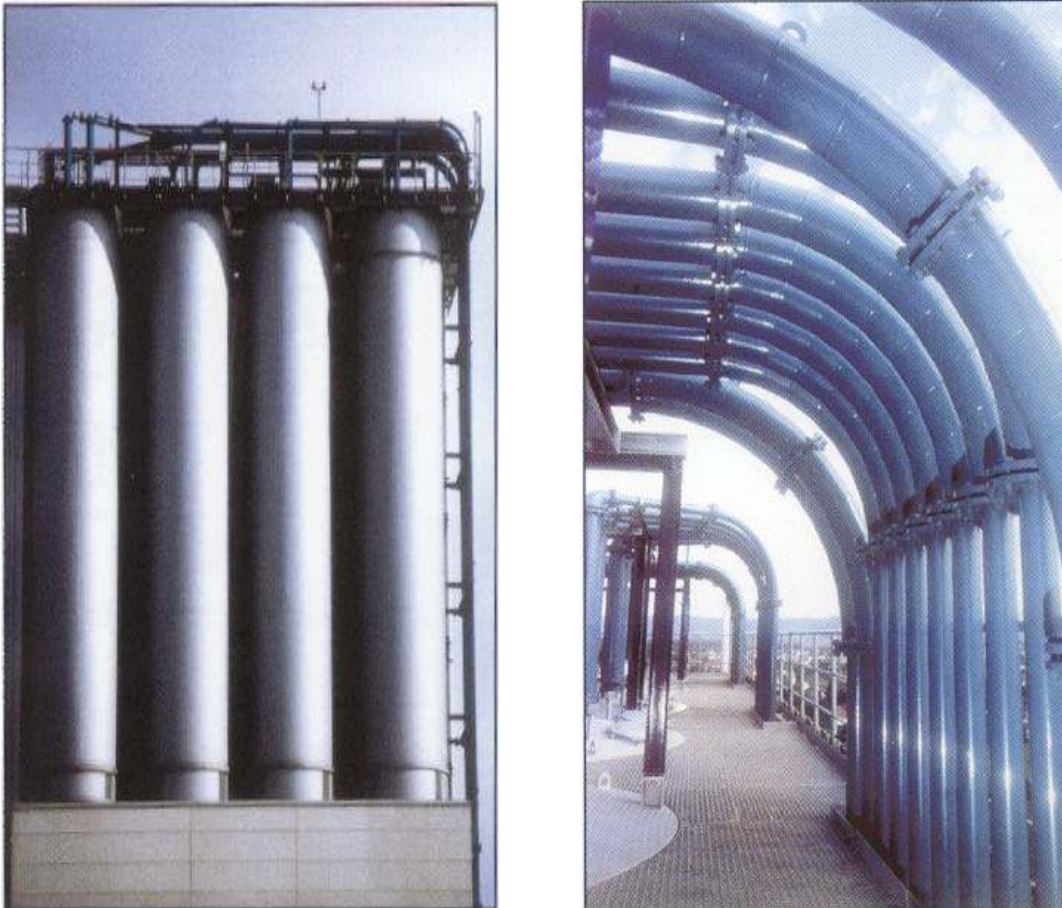
## Vortragsblock 3

---

Bedingt durch die hohe Abrasivität der Erzsuspension traten schon im ersten Jahr, vor allem in den verschleißgefährdeten Bereichen wie den Bögen, starke Verschleißschäden auf. Nach dem ersten Einbau der Keramikröhren vor vier Jahren wurde beschlossen, für die gesamte Leitung Keramik zu verwenden. Bis heute sind ca. ein Drittel des Systems erneuert. Die komplette Erneuerung des Gesamtsystems soll in den nächsten drei Jahren erfolgen.

### 4.1.4. Pneumatische Förderung

Sind die Förderwege nicht zu lang, werden zum Transport von Schüttgütern pneumatische Fördersysteme eingesetzt. Auch hier hat sich Aluminiumoxid – Keramik als Verschleißschutzauskleidung bewährt. Lieferten wir vor einigen Jahren ausschließlich gerade Rohre und Bögen, liefert ETEC heute praktisch alle Komponenten für das Leitungssystem.



**Bild 14:** Siloanlage mit pneumatischer Befüllung

#### 4.1.4.1. Rohre und Bögen

Heute verwendet ETEC immer noch als Verschleißschutz das bewährte Segmentsystem, d.h. Keramikzylinder werden in Stahlrohre eingebaut und mit Zement bzw. Gießharz fixiert. Die Fixierung der Rohrsegmente mit aushärtenden, niedrigviskosen Polymeren bringt neben Gewichtseinsparungen vor allem eine Erhöhung der Durchsatzleistung. Die Polymerfixierung erlaubt engere Spalte zwischen dem Stahl und der Keramik und eine Reduzierung der Wandstärke der Keramik. So führt eine Vergrößerung des Innendurchmessers um 10 mm bei einem 100 mm Rohr zu einer Vergrößerung der Fläche um 21%.



**Bild 15:** Komponenten für Rohrleitungssysteme vor der Montage



**Bild 16:** Rohrkrümmer im Einbau: Stahl/Keramik - Verbundsystem

### Vortragsblock 3

---

Eine Neuentwicklung ist die Herstellung von flexiblen Rohrsystemen - ein Keramik / Polymer - Verbund. Die ausreichende Flexibilität wird durch speziell geformte, ineinandergeschobene, konische Rohrsegmente erreicht. Voraussetzung für die problemlose Anwendung ist eine hohe Kantenfestigkeit der Keramik. Das flexible Rohrsystem bietet folgende Vorteile:

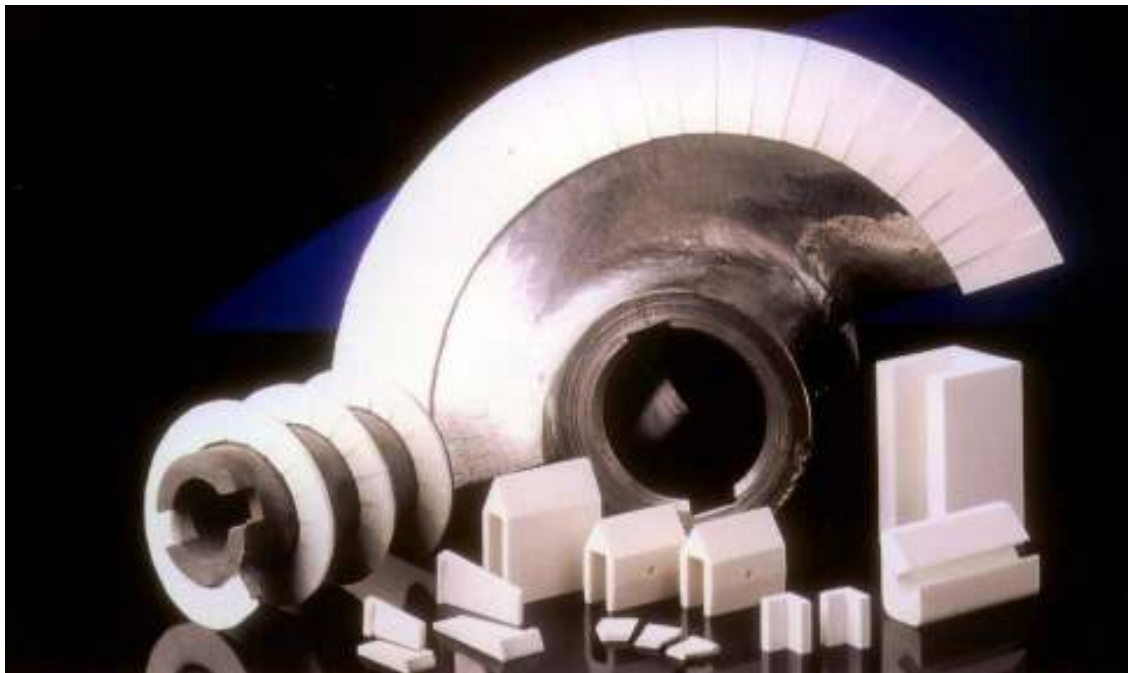
- Schnelle und gezielte Einstellung des Krümmungsradius von  $0^\circ$  bis  $> 90^\circ$
- Problemlose Verbindung von bestehenden, fest installierten Rohrsystemen
- Dehnungsausgleich nicht erforderlich
- Bei Silobefüllung flexible Anbindung an das Tankfahrzeug
- Gleiche Verschleißfestigkeit wie bei fest fixierten Systemen



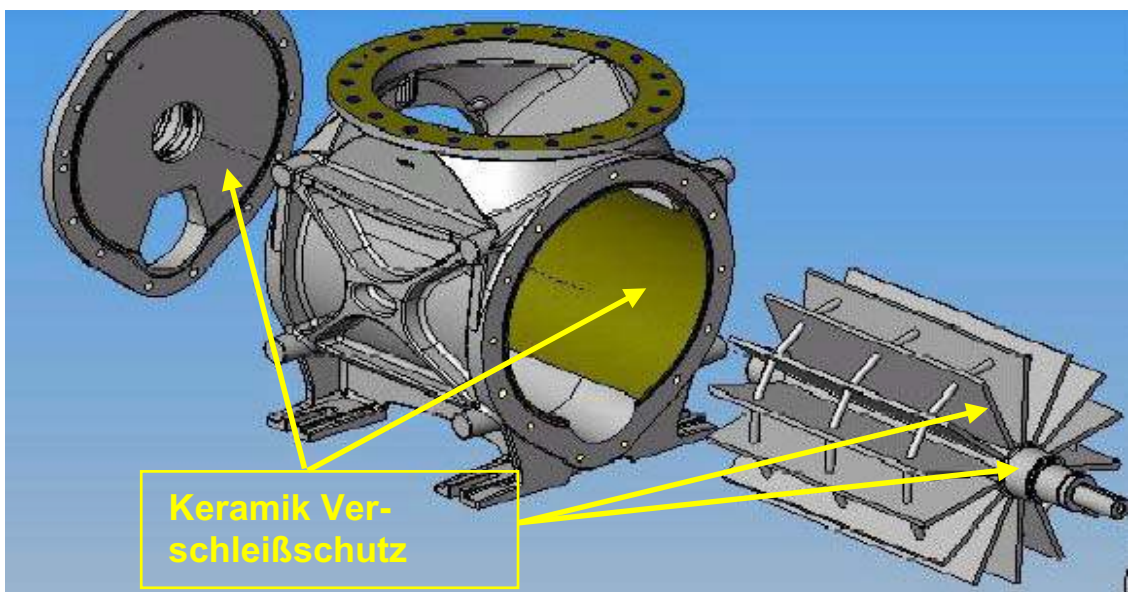
**Bild 17:** Flexible Rohrleitungssysteme

#### 4.1.4.2. Zellenradschleusen

Zellenradschleusen sind neben Schneckenförderern und Injektoren die wichtigsten Dosierorgane beim Transport von Massenschüttgütern. Für den Verschleißschutz der Schnecken gibt es bereits bewährte Verfahren. In letzter Zeit wurden auch Technologien entwickelt, komplette Zellenradschleusen durch den Einbau von Keramik verschleißfest zu machen.



**Bild 18:** Kantenschutz von Förderschnecken



**Bild 19:** Explosionszeichnung einer Zellenradschleuse

Wie verschleißgefährdet die Elemente einer Zellenradschleuse sind, ist in den Aufnahmen einer Endplatte und des Zellenrad bestehend aus Nickelhartstahl zu sehen. Die Lebensdauer einer Zellenradschleuse wird vom Verschleiß bestimmt. Von Bedeutung ist, dass verschlissene Elemente nicht mehr ausreichend abdichten. Obwohl Fördergut noch gleichmäßig transportiert wird geht teure Druckluft verloren. Keramiklösungen bringen – je nach Fördergut – Standzeit-

### Vortragsblock 3

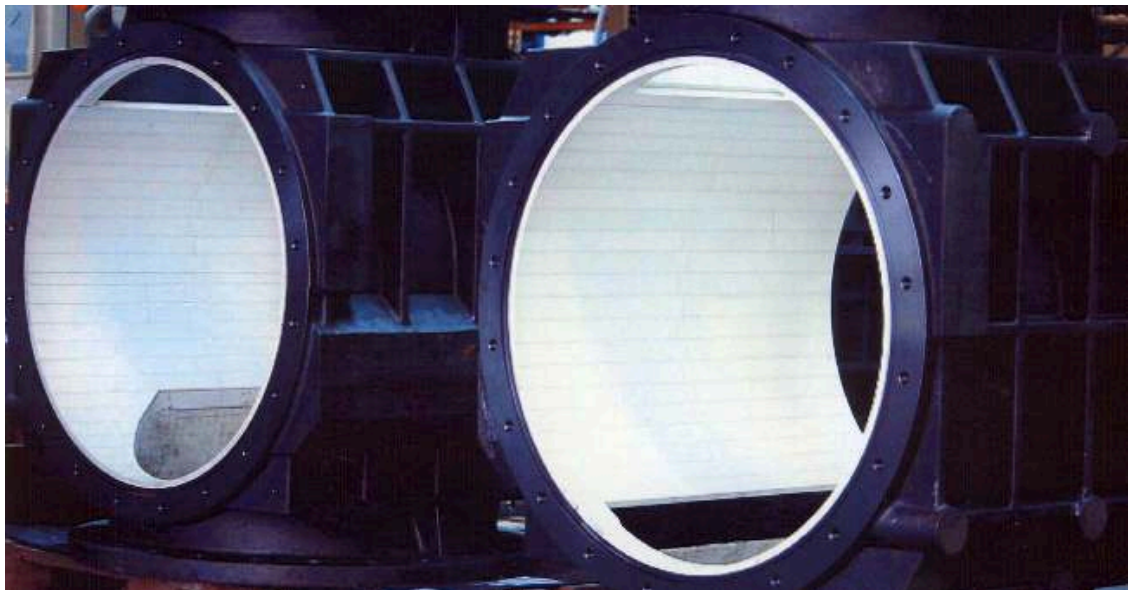
erhöhungen um den Faktor 10 bis 20 verglichen mit Stahllösungen. Um enge, definierte Spalte zu gewährleisten ist ein Nachschleifen der Bauteile erforderlich.



**Bild 20:** Mantel und Rotor mit Aluminiumoxidkeramik - Verschleißschutz



**Bild 21:** Verschlissene Stahlelemente



**Bild 22:** Zellenradschleuse

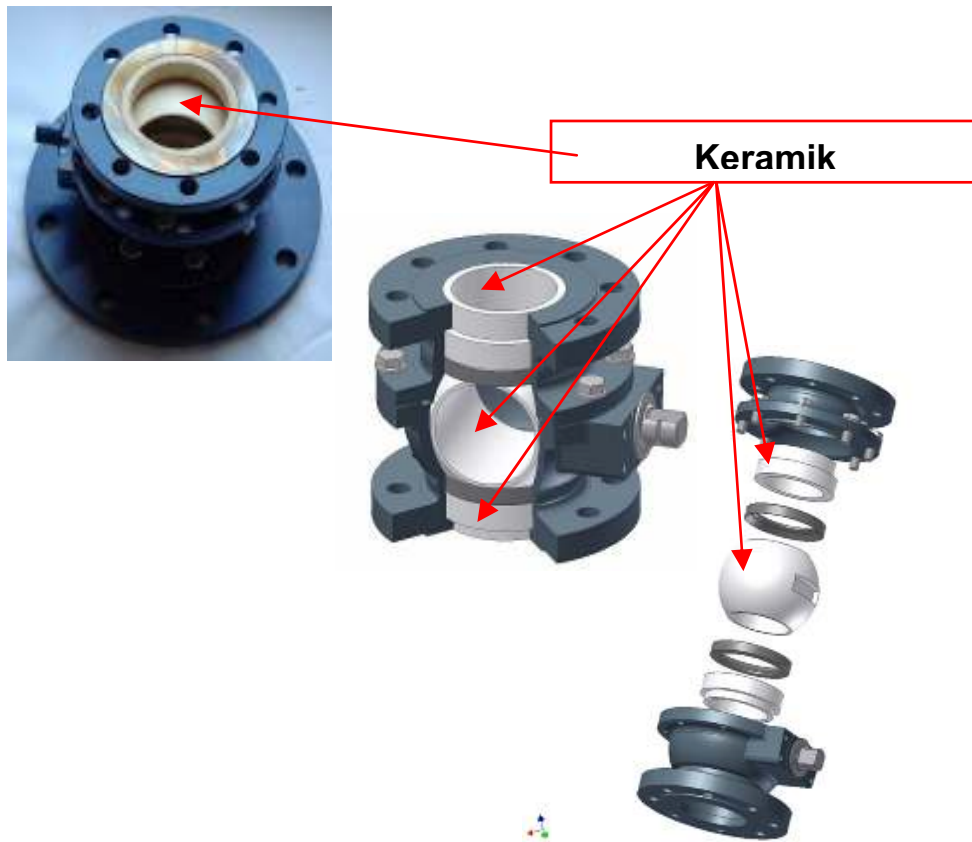
Die Vorteile von mit Keramik ausgekleideten Zellenradschleusen sind:

- deutlich erhöhte Standzeiten,
- dadurch geringere Instandhaltungskosten
- und erhöhte Verfügbarkeit
- verbunden mit bemerkenswerter Kosteneinsparung / m<sup>3</sup> Fördergut

#### **4.1.4.3. Kugelhähne und Drehrohrweichen**

In der pneumatischen Fördertechnik sind Kugelhähne und Drehrohrweichen die wichtigsten Regelorgane.

Auch hier sind Keramikwerkstoffe Stand der Technik. Basiswerkstoffe sind Aluminiumoxid und Zirkonoxid, aber auch Siliciumcarbid und Siliciumnitrid. Die Auswahl der Werkstoffe bestimmt das Anforderungsprofil: Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Druckfestigkeit etc.



**Bild 23:** Keramikkugelhähne

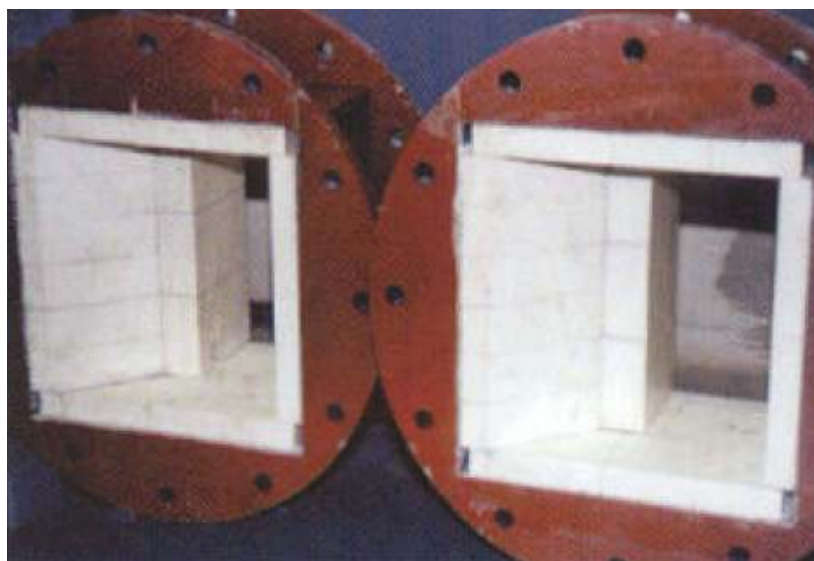


**Bild 24:** Drehrohrweichen (Komplettsystem)



#### 4.1.4.4. Abscheidezyklone und Schikanen

Das letzte Glied einer pneumatischen Förderleitung sind in der Regel die Abscheidungsorgane. Liegen hohe Fördergeschwindigkeiten vor, empfiehlt es sich zur Reduzierung der Geschwindigkeit Schikanen einzubauen. Ein eleganter Weg ist es, Abscheidezyklone zu verwenden. In ihnen wird die Luftgeschwindigkeit der Partikel unter die Schwebegeschwindigkeit gebracht. Dadurch ist eine schonende Abscheidung des Feststoffes gewährleistet. Sie wirken gleichzeitig als Staubabscheider. Unerwünschter Feinststaub wird durch das Steigrohr im Zyklon entfernt und in Filtern abgeschieden – eine umweltgerechte Lösung.



**Bild 25:** Abscheidezyklon und Schikane mit Keramikauskleidung

### 4.1.5. Hydrozyklone und Cleaner

Hydrozyklone werden zum Klassieren im Feinkornbereich von 2  $\mu\text{m}$  bis 500  $\mu\text{m}$  eingesetzt. Im Hydrozyklon bildet sich eine stabile Strömung aus, die aus der abwärtsgerichteten Umlaufströmung und der aufwärtsgerichteten Sekundärströmung besteht. Das Grobgut fließt durch die Apexdüse nach unten ab, das Feingut wird durch den Sekundärwirbel über das Steigrohr ausgetragen. Bedingt durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten und aggressives Korn tritt sowohl in der Einlaufdüse, am Zyklonmantel, besonders aber beim Grobgutaustrag (Apex – Düse) starker Verschleiß auf. Durch den Verschleiß ändern sich die Geometrien im Zyklon. Aus der stabilen Strömung entsteht eine labile Wirbelströmung, die wiederum den Verschleiß fördert, vor allem aber die Trennleistung und Trennschärfe reduziert.



**Bild 26:** Hydrozyklone und Cleaner



**Bild 27:** Apexdüse / Cleaner



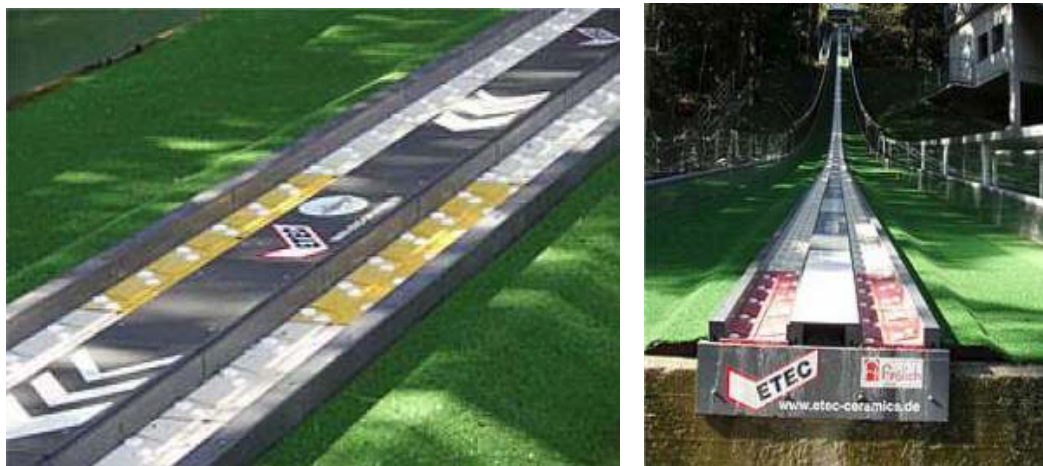
**Bild 28:** Zyklonkopf: Aluminiumoxid / PU – Verbund

Zyklone haben sich bei abrasiven Suspensionen bewährt. In Leistung und Standzeit übertreffen Sie die Polymer- und Stahlzyklone deutlich. Je nach Kundenwunsch werden komplette Zykclone in Modulbauweise, aber auch Einzelteile wie Apexdüsen allein für Verbundsysteme geliefert.

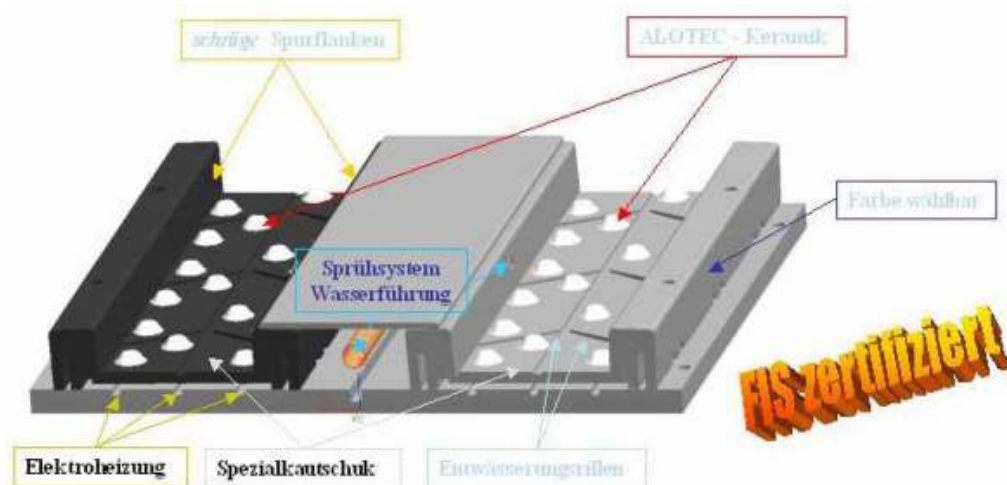
### 4.1.6. Anlaufspuren für Sprungschanzen

Als neuestes Produkt soll noch auf das Aloslide - System für Anlaufspuren von Sprungschanzen – ein Polymer / Keramik / Verbundsystem - hingewiesen werden.

Sommerski – Springen ist in Mode. Heute gibt es bereits eine Vielzahl von Spursystemen basierend auf Porzellan, Stahl, Email und Kunststoffen. Das neuentwickelte und erprobte Aloslide - System ist allen anderen überlegen. Die Spur ist schnell und geräuscharm, braucht wenig Wasser als Gleitmittel und vermittelt dem Springer ein Gleitgefühl wie auf Schnee. Vor allem aber ist sie gerecht, denn sie bietet jedem Sportler die gleichen Voraussetzungen.



**Bild 29:** Bischofshofen – die größte Sommerskischanze der Welt



**Bild 30:** Anlaufspur mit Hightech Keramik: Gleiten wie auf Schnee, Sommer wie Winter



**Bild 31:** Keramik - Anlaufspur für Skisprungschanzen

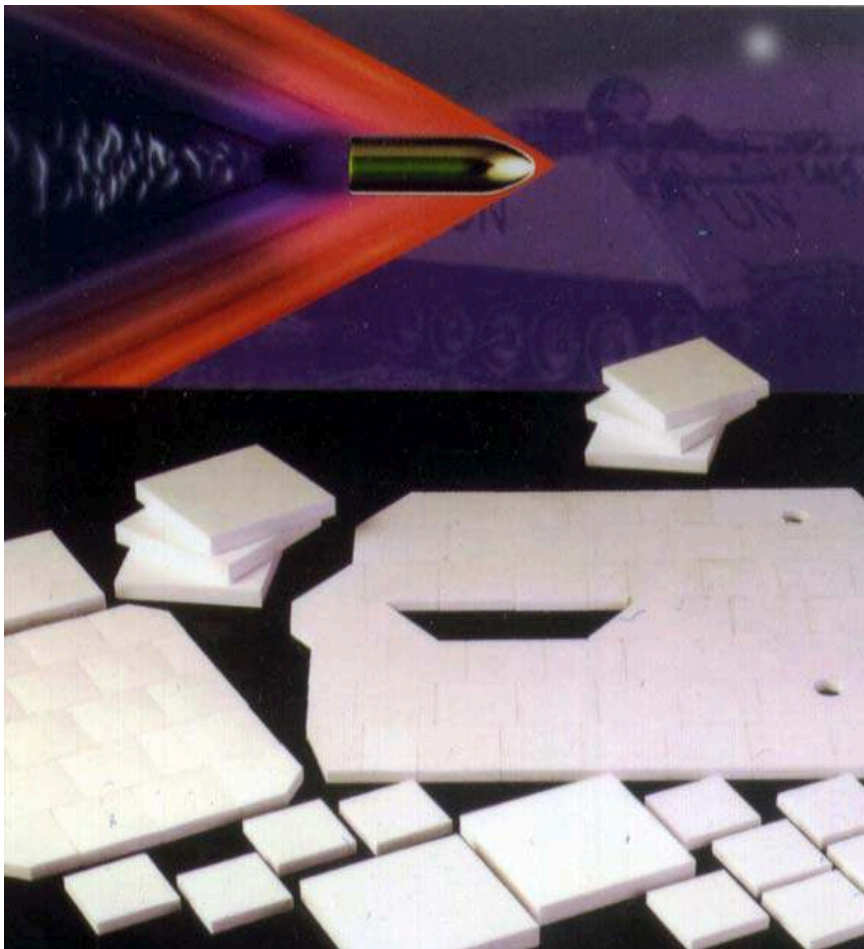
Im Frühjahr 2003 wurde die erste 50m – Schanze mit diesem neuen System ausgerüstet. Es gab nur Lob, keine Kritik. Schon beim ersten Sommerskispringen wurde der bestehende Schanzenrekord gebrochen. Aufbauend auf diese Erfahrungen erfolgte eine Optimierung des gesamten Anlaufsystems. Neben einigen Übungsschanzen erfolgte die Einführung dieses Systems auch bei Großschanzen u. a. Bischofshofen, Courcheville und die fünf Olympiaschanzen in Turin.



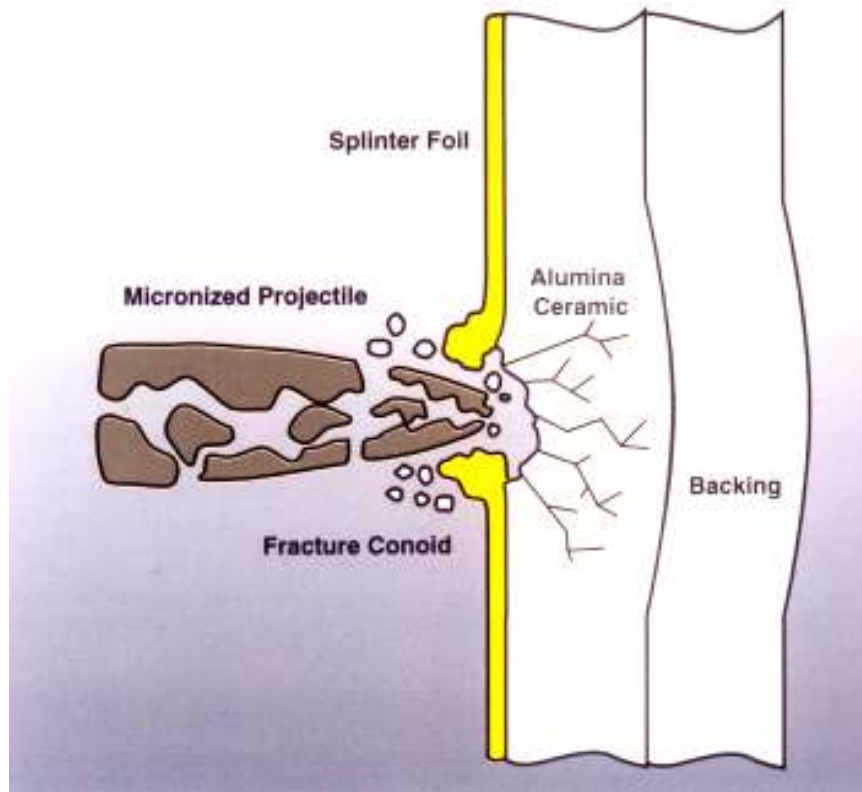
**Bild 32:** Olympiaschanzen in Turin (im Bau)

### 4.1.6. Anlaufspuren für Sprungschanzen

Eine weitere interessante Anwendung von Keramik ist der ballistische Personen- und Objektschutz. Hier ist vor allem die deutliche Gewichtseinsparung der Keramikverbundsysteme von mehr als 50% im Vergleich zu den konventionellen Panzerstählen von Bedeutung. Angewendet werden heute im wesentlichen Aluminiumoxide, aber auch Siliciumcarbid- und Borcarbidwerkstoffe.



**Bild 33:** Ballistischer Schutz



**Bild 34:** Schutzmechanismus



**Bild 35:** Dingo (KMW)

## Vortragsblock 3

---



**Bild 36:** ASV Textron



**Bild 36:** Personenschutz

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 41) finden sich auf den folgenden Seiten.



# **Gemeinsam Stärke entwickeln – Keramik - Verbundsysteme**

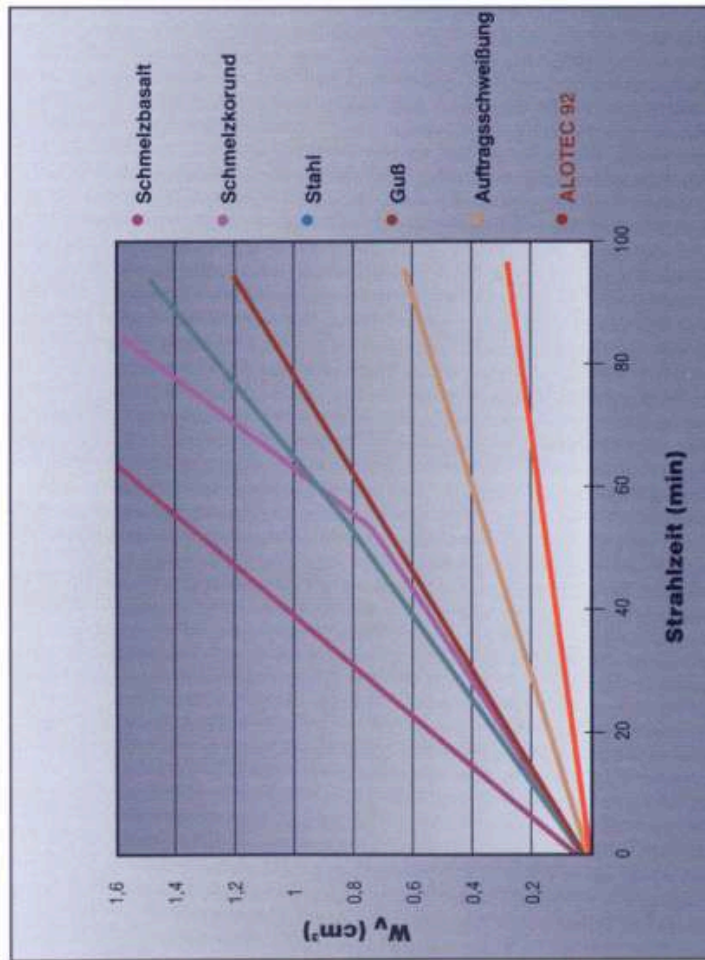


Rainer Steven  
Ulrike Wiech

ETEC Gesellschaft für Technische Keramik mbH

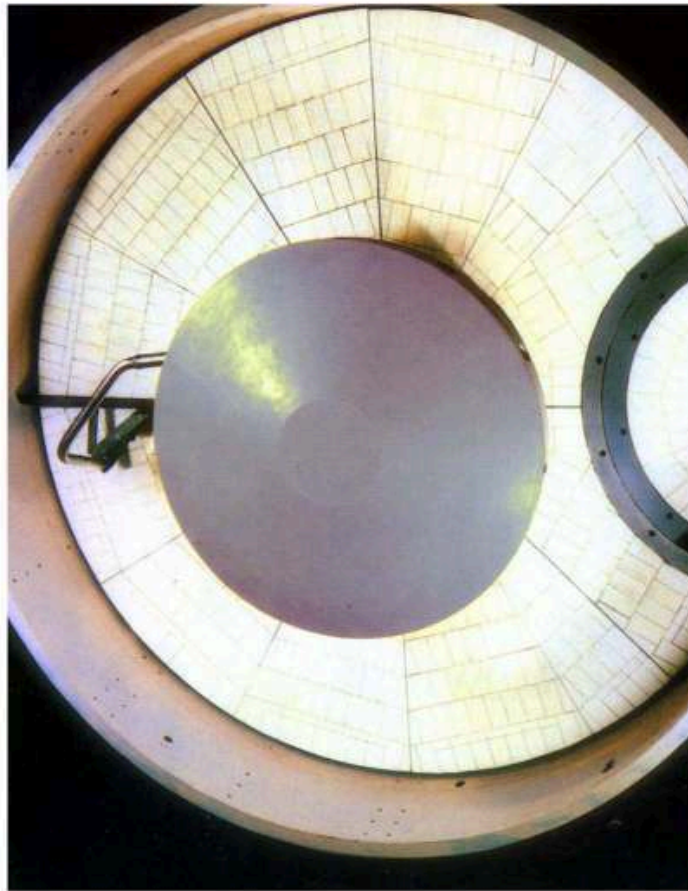


## Keramik - Verbundsysteme



Vergleich der Verschleißfestigkeit von  $Al_2O_3$  - Keramik zu anderen Verschleißschutzwerkstoffen

## Keramik - Verbundsysteme



Mischerauskleidung

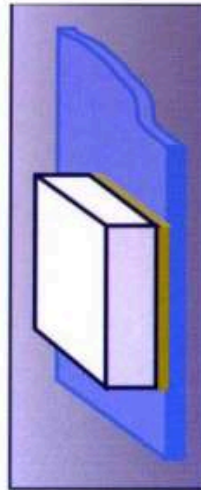


**Zyklonverteiler**

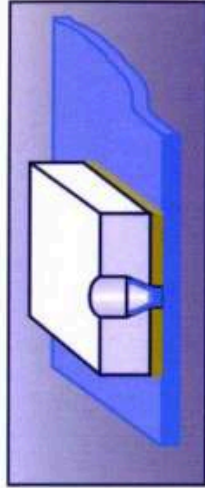
## Keramik - Verbundsysteme



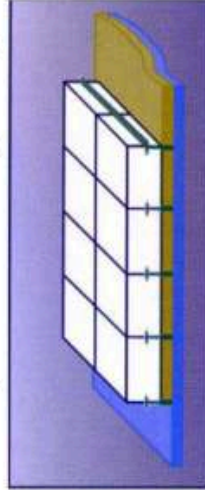
Vulkanisieren von Mosaiken in Gummi



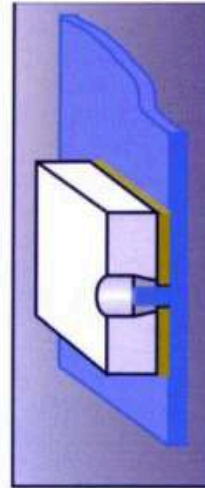
Direktes Verkleben bzw. Zementieren auf Stahl



Kleben bzw. Zementieren in Kombination mit Schrauben. Beste, aber aufwendige Fügetechnik.



T-Nut-Verfahren in Kombination mit Kleben bzw. Zementieren



Kleben bzw. Zementieren in Kombination mit Schweißen

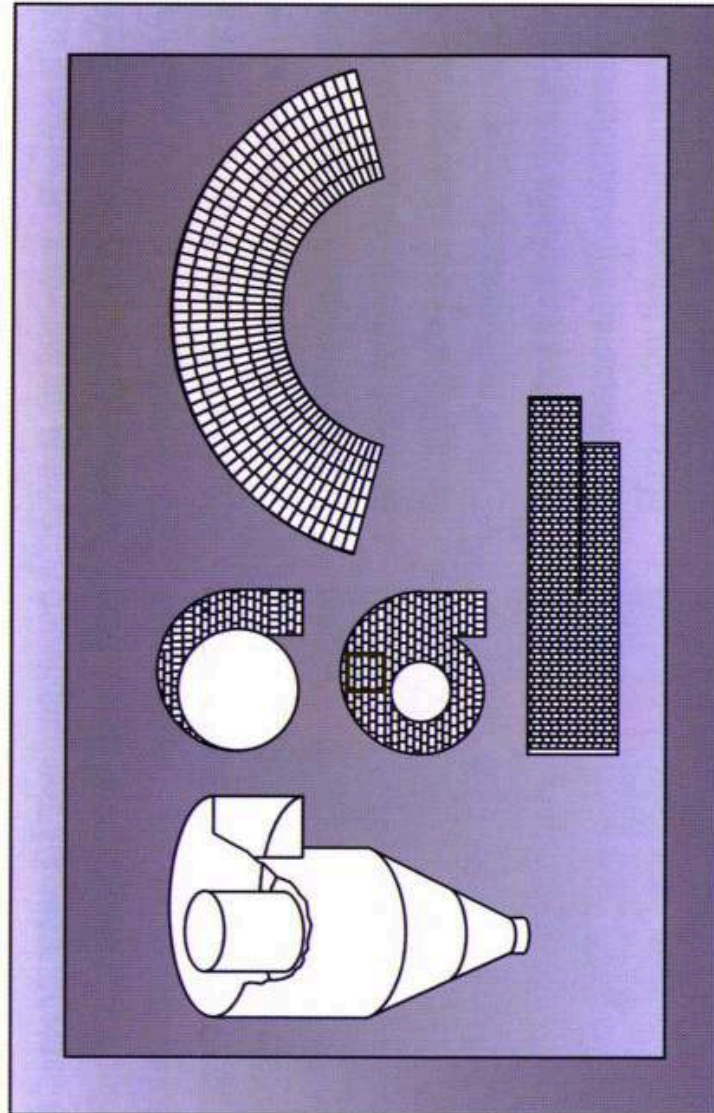
Montagetechniken für die Auskleidung großer Flächen

**Keramik - Verbundsysteme**



**Mühlenauskleidung mit Mahlkugeln**

## Keramik - Verbundsysteme



Layout eines Sichters

**Keramik - Verbundsysteme**

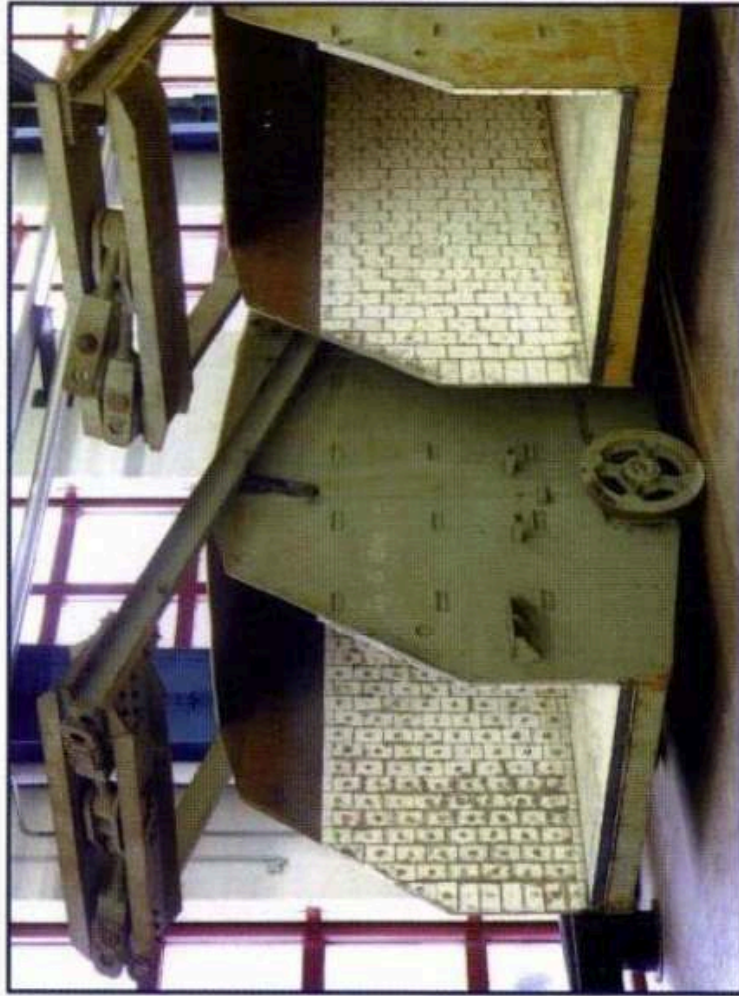


**Förderrinne**

4.1 Keramik-Verbundsysteme - Folie 8



## Keramik - Verbundsysteme



Förderhunte für die Beschickung von Hochöfen: Stahl-Keramik-Verbund

**Keramik - Verbundsysteme**



**Bauteile aus der Koksförderung**

4.1 Keramik-Verbundsysteme - Folie 10

## Keramik - Verbundsysteme

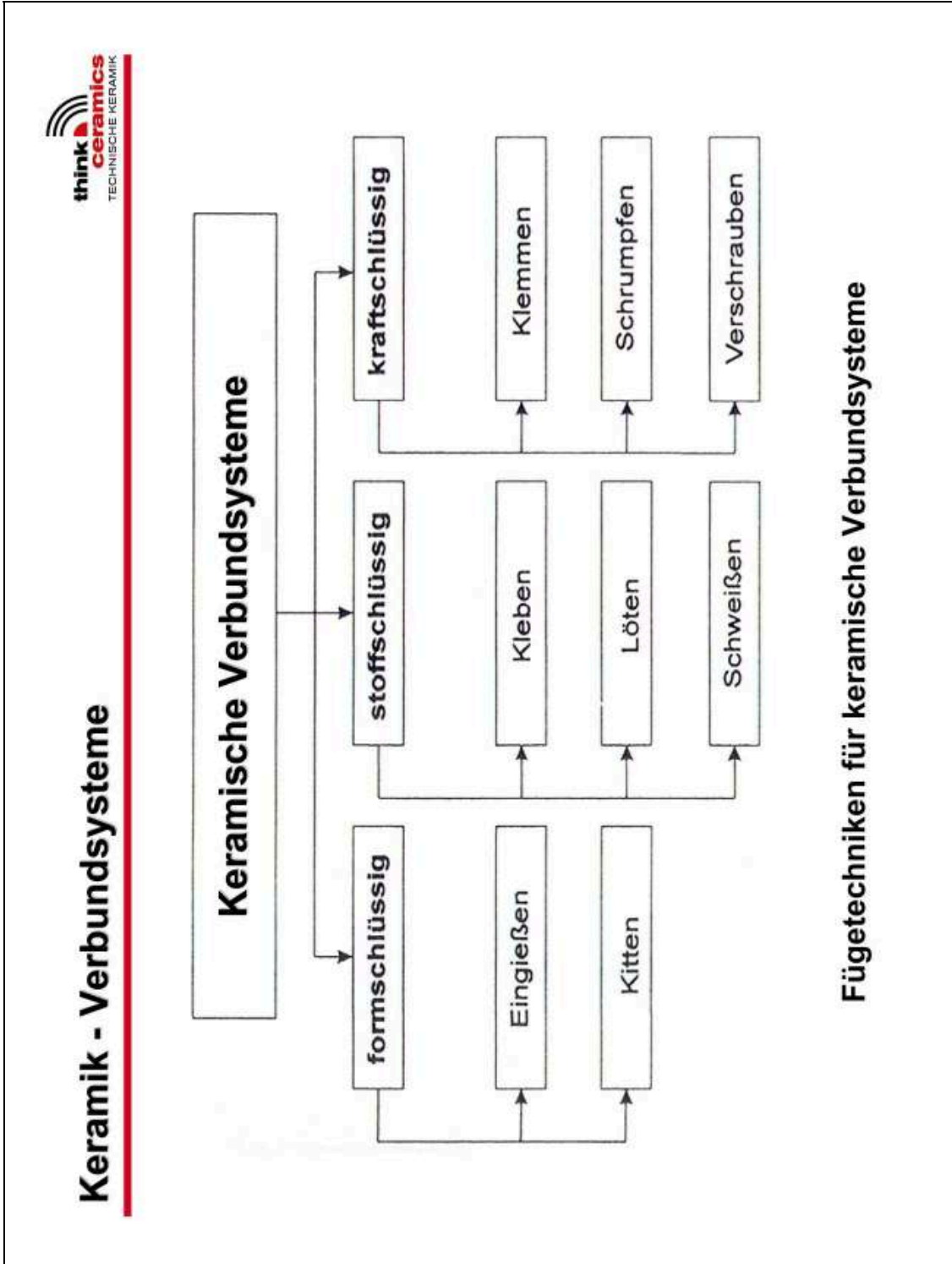


Verfahrbare Bunker im Hochofen

## Keramik - Verbundsysteme



**Belegung von Antriebsrollen  
von Förderbändern:  
Stahl - Gummi - Keramik - Verbund**



4.1 Keramik-Verbundsysteme - Folie 13

## **Keramik - Verbundsysteme**

### **Anwendungsrelevante Eigenschaften von Klebern**

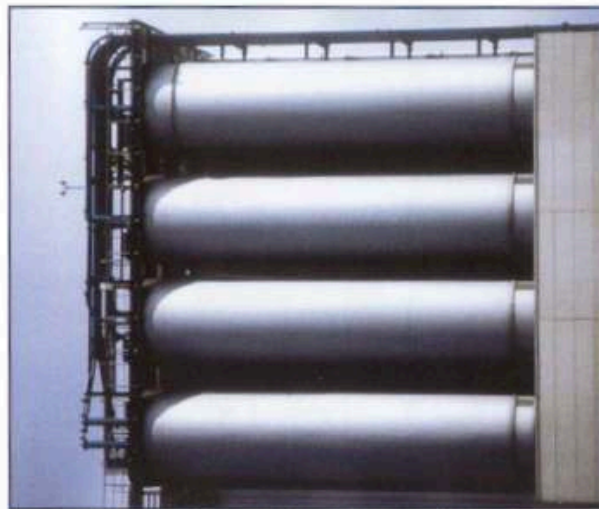
- Scherfestigkeit
- visco – elastisches Verhalten
- thermische Beständigkeit
- chemische Beständigkeit
- Anwendung im Dick- oder Dünnbettverfahren
- Verarbeitungsbedingungen: Topfzeit  
Fließfähigkeit  
Aushärtezeit  
Aushärtetemperatur  
etc.

## Keramik - Verbundsysteme



Rohrleitungssystem

**Keramik - Verbundsysteme**



**Siloanlage mit pneumatischer Befüllung**



## Keramik - Verbundsysteme



**Komponenten für Rohrleitungssysteme vor der Montage**

**Keramik - Verbundsysteme**



**Rohrkrümmer im Einbau: Stahl / Keramik – Verbundsystem**

## Keramik - Verbundsysteme



## Flexible Rohrleitungssysteme

## **Keramik - Verbundsysteme**

### **Vorteile der flexiblen Rohrsysteme**

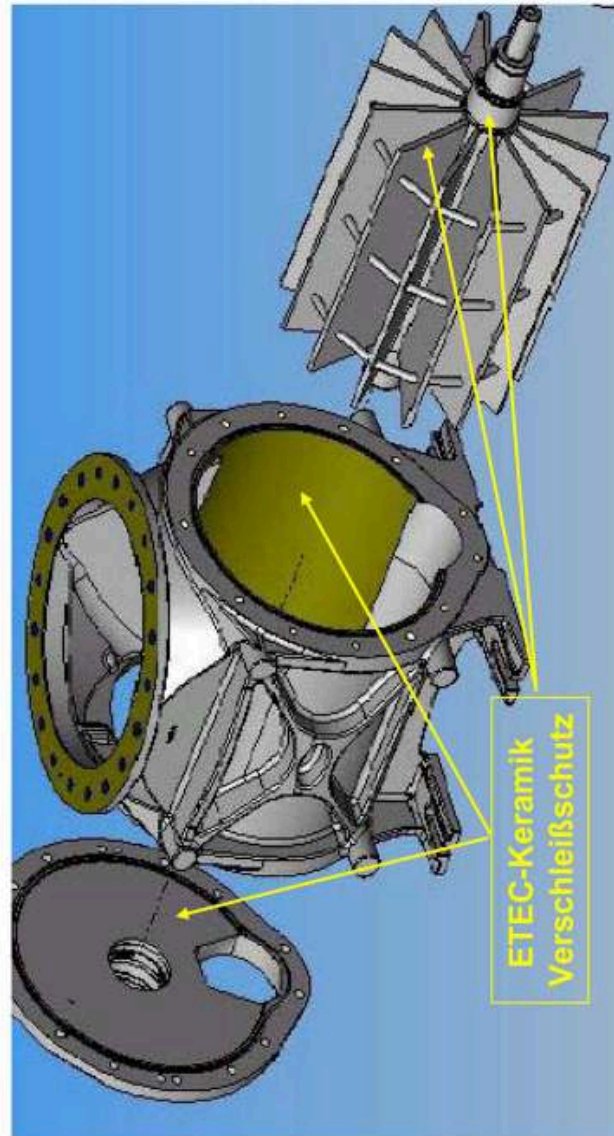
- **Schnelle und gezielte Einstellung des Krümmungsradius von 0° bis > 90°**
- **Problemlose Verbindung von bestehenden, festinstallierten Rohrsystemen**
- **Dehnungsausgleich nicht erforderlich**
- **Bei Silobefüllung flexible Anbindung an das Tankfahrzeug**
- **Gleiche Verschleißfestigkeit wie bei fest fixierten Systemen**

## Keramik - Verbundsysteme



Kantenschutz von Förderschnecken

**Keramik - Verbundsysteme**



**Explosionszeichnung einer Zellenradschleuse**

## Keramik - Verbundsysteme



**Mantel:**  
Auskleidungsstärke 6 – 10 mm  
Mech. fixiert und geklebt  
Wand geschliffen



**Rotor:**  
Keramikscheiben geklemmt  
Dichtflächen geschliffen

**Mantel und Rotor mit Aluminiumoxidkeramik - Verschleißschutz**

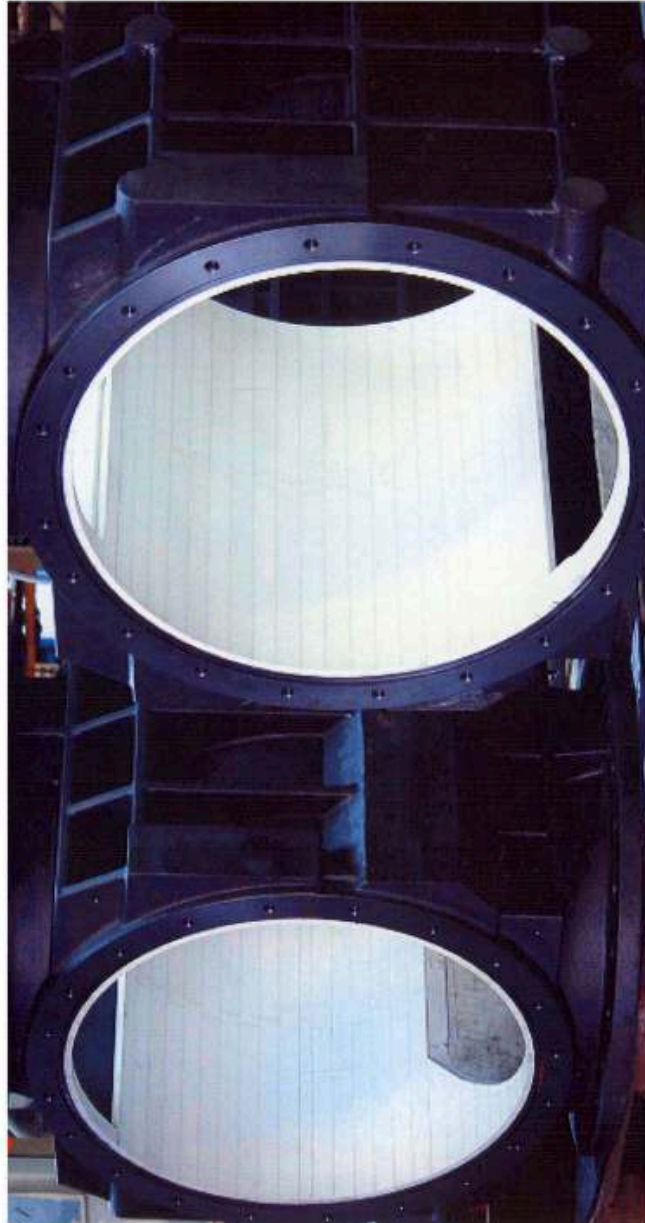
**Keramik - Verbundsysteme**



**Verschlossene Stahlelemente**



## Keramik - Verbundsysteme



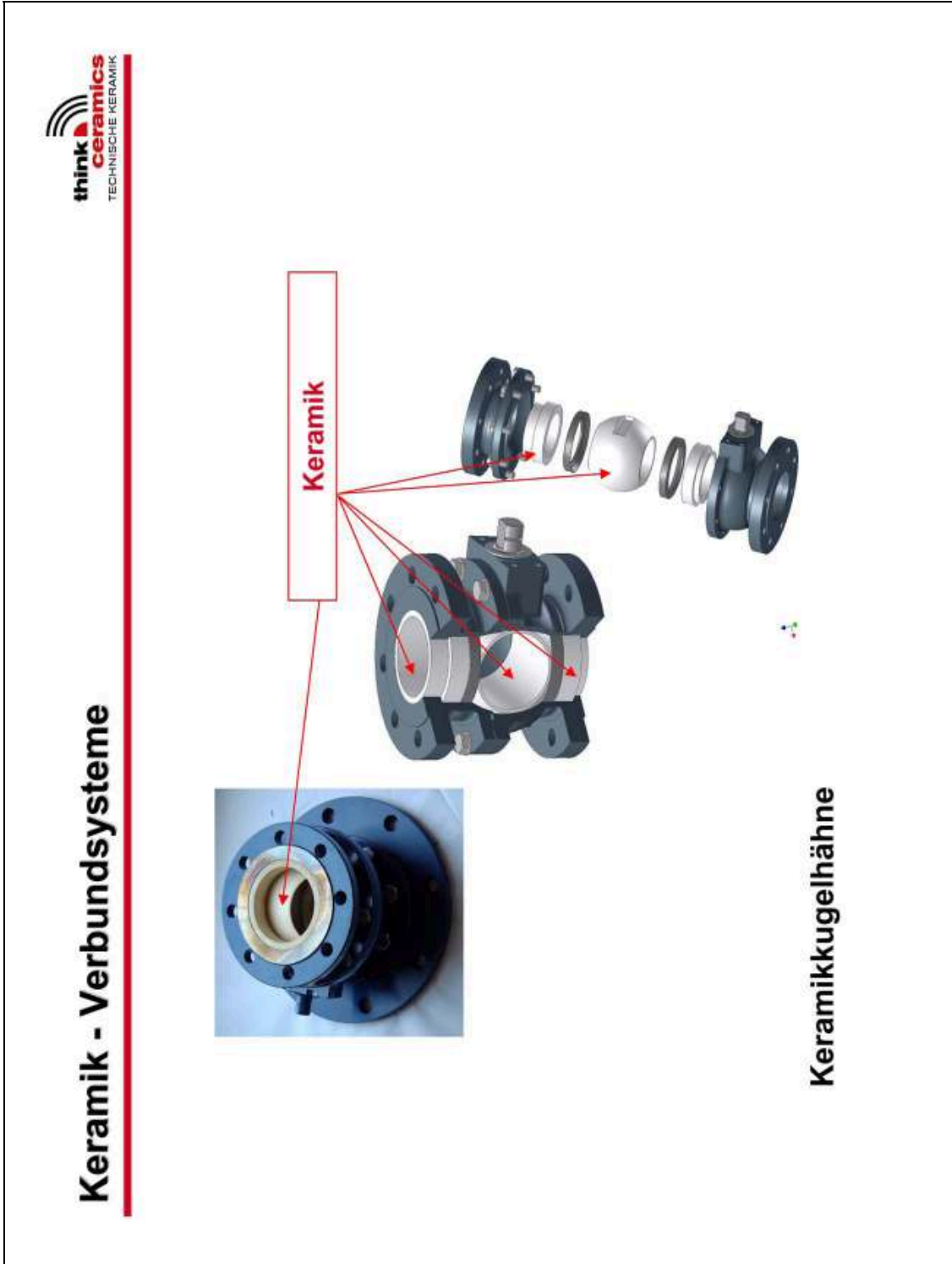
Zellenradschleuse



## **Keramik - Verbundsysteme**

### **Vorteile von keramikausgekleideten Zellenrad schleussen**

- **Deutlich erhöhte Standzeiten**
- **Geringere Instandhaltungskosten**
- **Erhöhte Verfügbarkeit**
- **Bemerkenswerte Kosteneinsparung / m<sup>3</sup> Fördergut**



**Keramik - Verbundsysteme**

**Keramikkugelhähne**

4.1 Keramik-Verbundsysteme - Folie 27

**Keramik - Verbundsysteme**






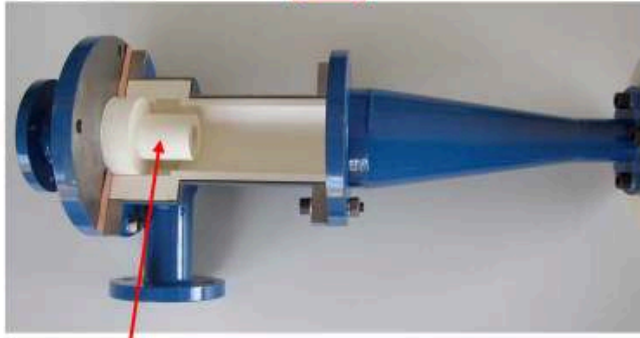

**Drehrohrweichen (Komplettsystem)**

## Keramik - Verbundsysteme



Abscheidezyklon und Schikane mit Keramikauskleidung


**Keramik - Verbundsysteme**



**Keramik**

**PU – Keramik - Verbund**

**Hydrozyklone / Cleaner**



4.1 Keramik-Verbundsysteme - Folie 30

## Keramik - Verbundsysteme



Apexdüse / Cleaner

**Keramik - Verbundsysteme**



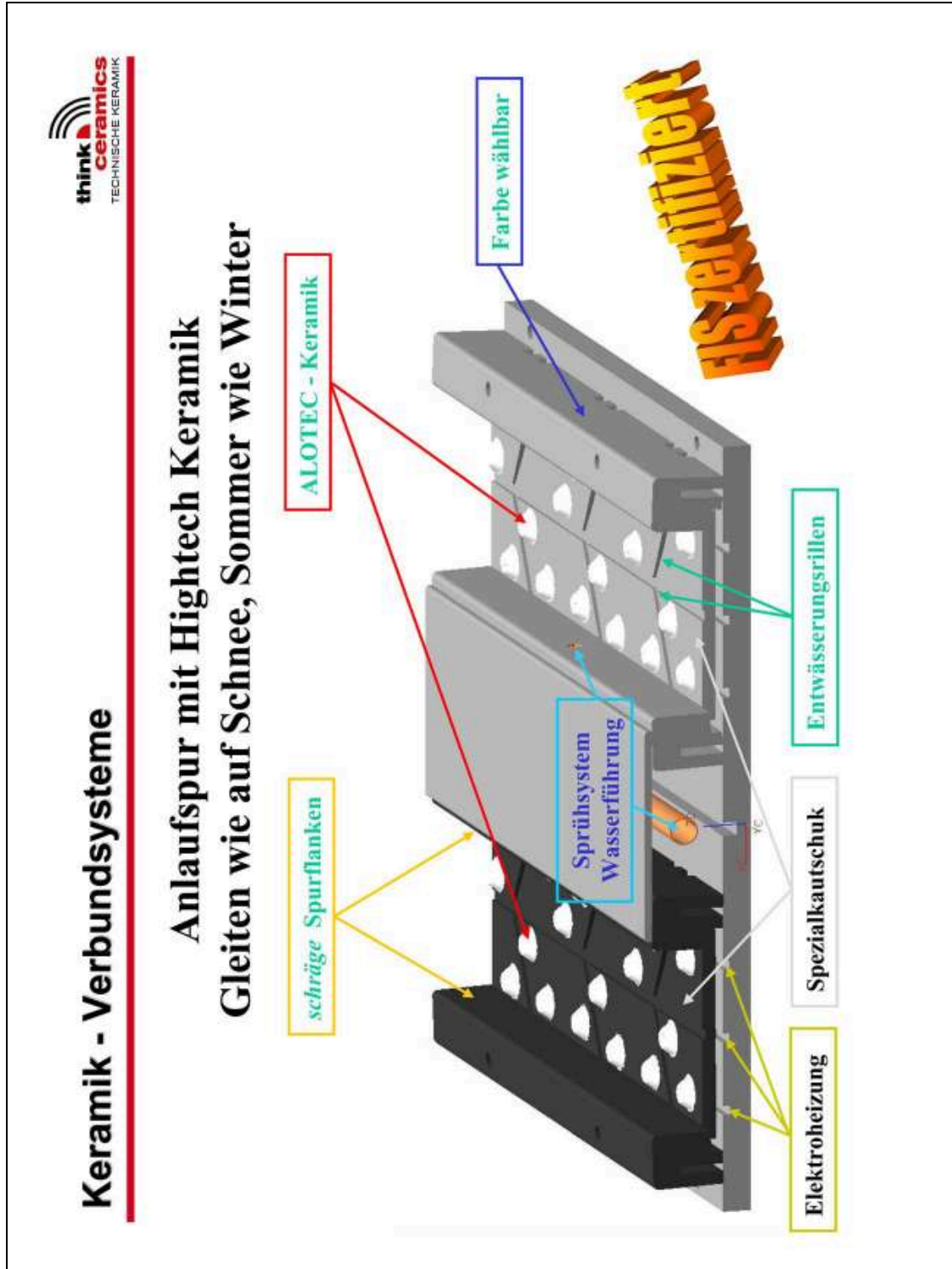
**Zyklonkopf: Aluminiumoxid / PU - Verbund**



## Keramik - Verbundsysteme



Bischofshofen – die größte Sommerskischanze der Welt



4.1 Keramik-Verbundsysteme - Folie 34

## Keramik - Verbundsysteme



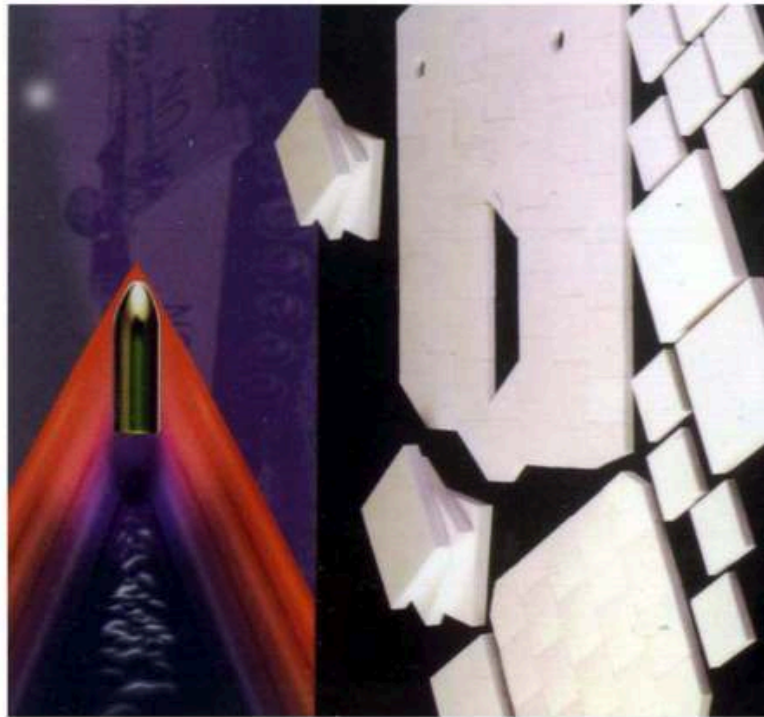
Aloslide - System: Keramik / Spezialkautschuk - Verbund

**Keramik - Verbundsysteme**

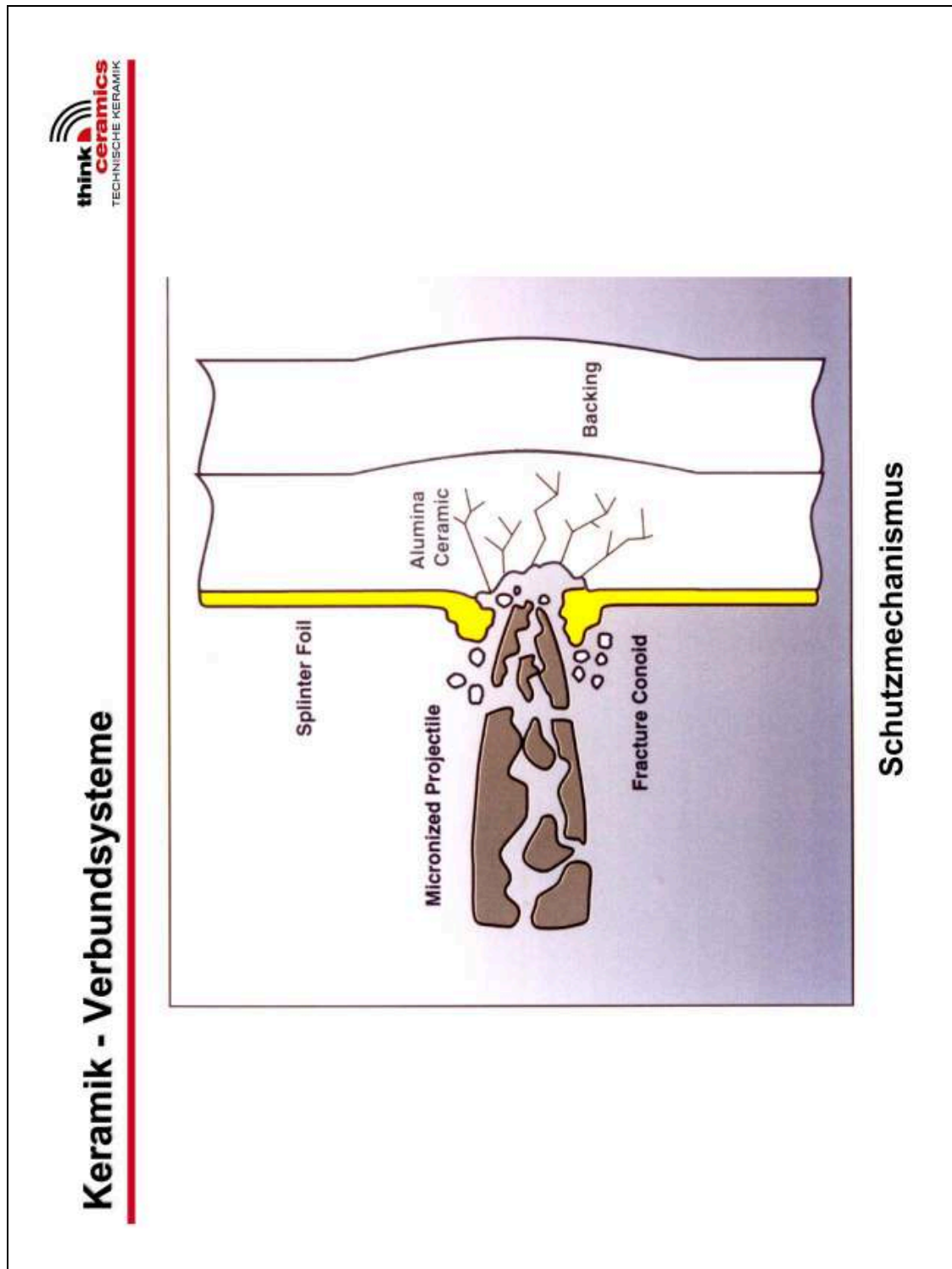


**Olympiaschmnen in Turin (im Bau)**

## Keramik - Verbundsysteme



Ballistischer Schutz



4.1 Keramik-Verbundsysteme - Folie 38

## Keramik - Verbundsysteme



Dingo (KMW)

**Keramik - Verbundsysteme**



**ASV Textron**

4.1 Keramik-Verbundsysteme - Folie 40



## Keramik - Verbundsysteme



Personenschutz