

3. Vortragsblock 2

3.1 „Der Klügere gibt nach“ oder: intelligente Keramik - Verbundsysteme

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

Die Folien finden Sie ab Seite 132.

3.1.1. Verschleißmechanismen bei Abrasivverschleiß

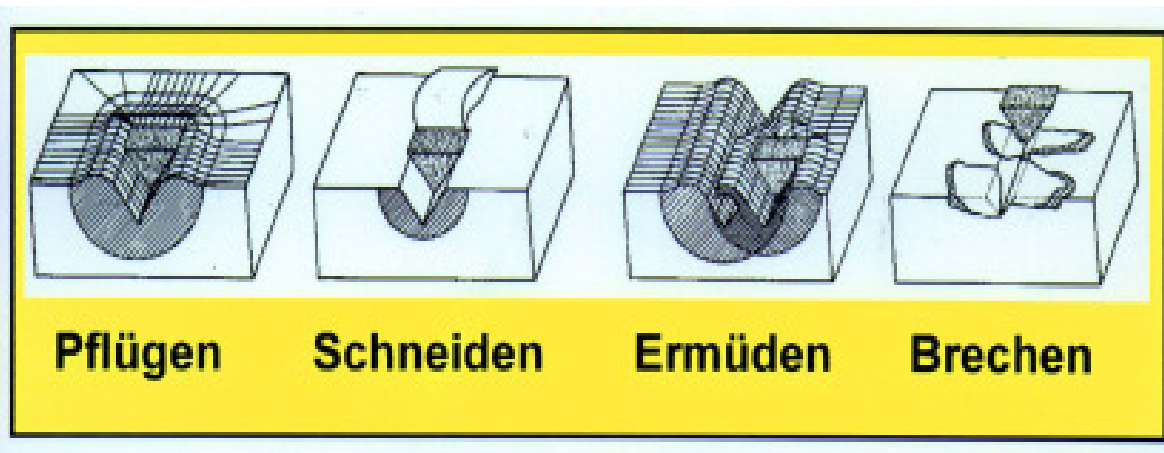


Bild 1: Verschleißmechanismen

Mit intelligenten „nachgebenden“ Verbundsystemen wird einerseits die hervorragende Härte der Aluminiumoxidkeramik, die für die extreme Verschleißbeständigkeit unabdingbar ist, zur Geltung gebracht, andererseits aber auch die werkstoffbedingte Sprödigkeit kompensiert und damit Risse und Abplatzungen vermieden.

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 3 fasst die wesentlichen Füge-techniken für Keramik – Metall – Verbundsysteme zusammen

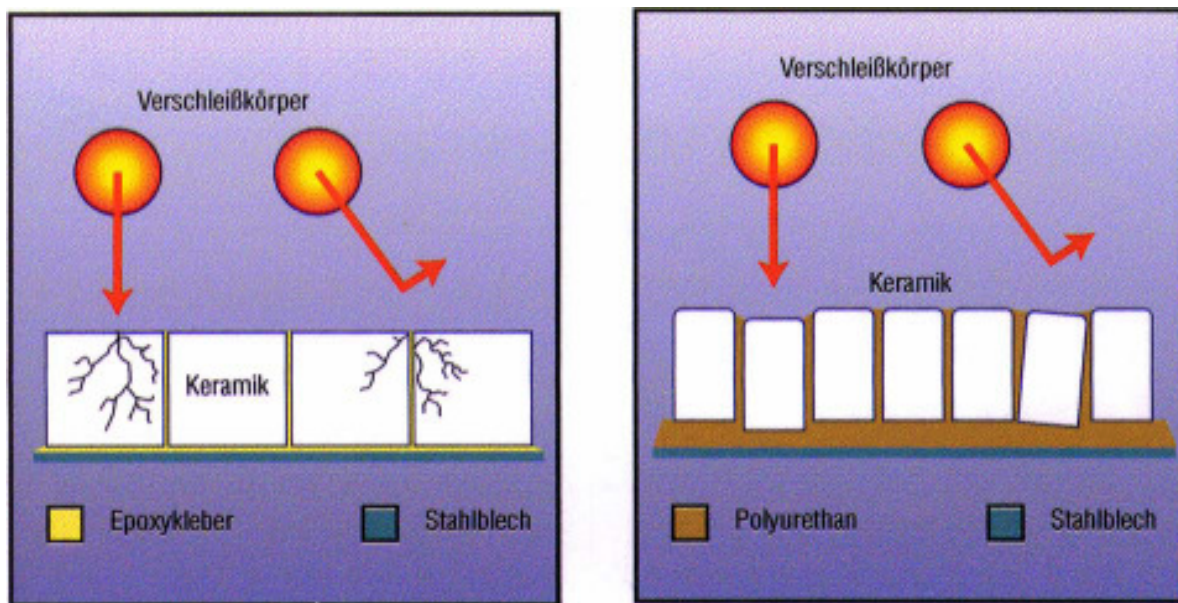
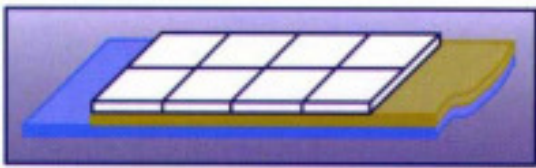


Bild 2: Verschleißmechanismen

Neben den bekannten und in der Vergangenheit praxisbewährten Befestigungssystemen gewinnen anwendungsbezogene Verbundsysteme immer mehr an Bedeutung. Neben den Klebverfahren mit Polymeren werden moderne Verbunde bestehend aus Keramik und den verschiedensten PU – Materialien immer mehr eingesetzt. Damit können die Stärken der Keramik noch besser zur Geltung gebracht werden.



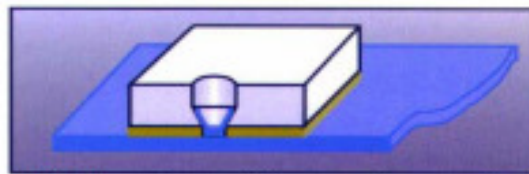
Vulkanisieren von **ALOTEC 92** in **Gummi** und Kleben auf Stahl



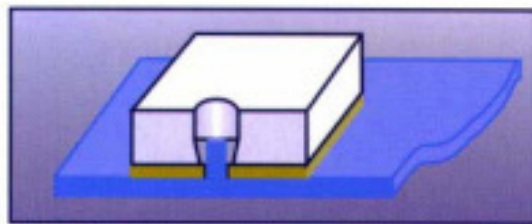
Verbund **PU / ALOTEC 92** nach **Kundenanforderung**



Direktes **Verkleben** von **ALOTEC 92** auf **Stahl**



Kleben bzw. Zementieren in Kombination mit **Schrauben**.



Kleben bzw. Zementieren in Kombination mit **Schweißen**

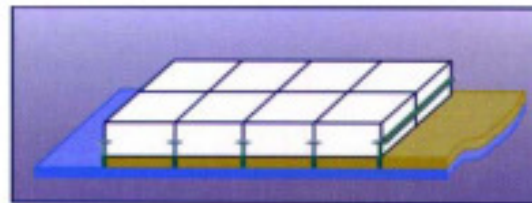


Bild 3: Befestigungsarten mit Verbundsystemen

3.1.2. Keramik im Verschleißschutz

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 Al_2O_3 - Gehalten

von 92 bis 96% eingesetzt. Bild 4 beweist die Überlegenheit der Keramik im Vergleich mit metallischen und anderen anorganischen Verschleißschutzwerkstoffen.

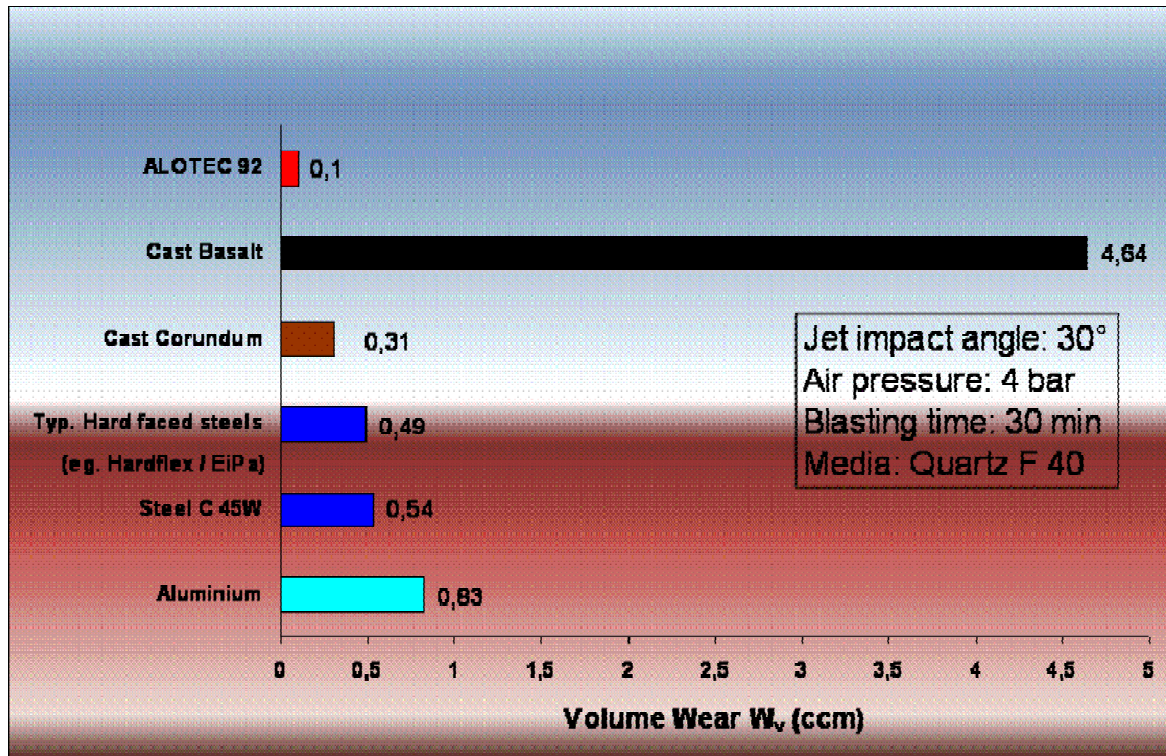


Bild 4: Vergleich der Verschleißfestigkeit von Al_2O_3 - Keramik zu anderen Verschleißschutzwerkstoffen

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.

Gummierte Mosaikmatten werden zur individuellen Auskleidung größerer Flächen mit Impactbelastung genutzt. Sie werden mit Standard – Gummiklebesystemen direkt auf die Stahloberfläche geklebt.



Bild 5: Mosaikmatten, einvulkanisiert in Kautschuk

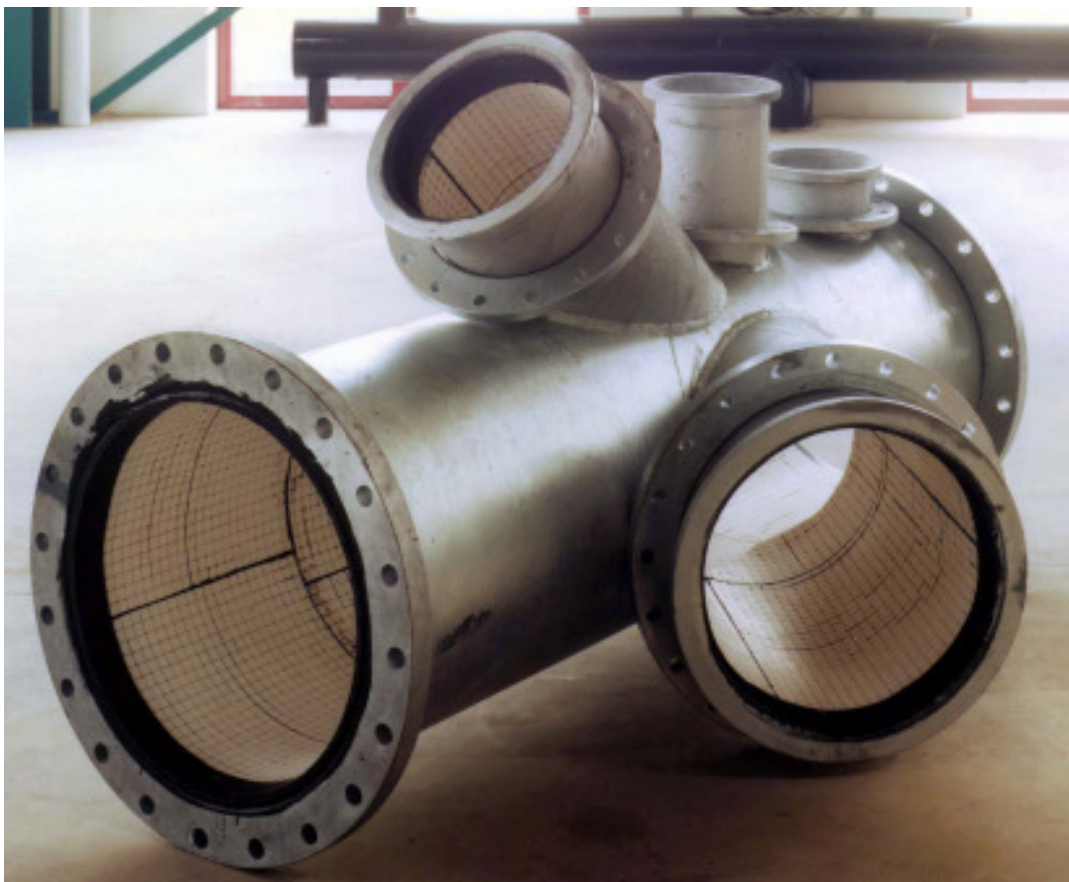


Bild 6: Auskleidung von Rohrteilen mit gummierten Mosaikmatten

Im gesamten Bereich der Förderbandtechnik werden in der Praxis bei extremen abrasiven Belastungen der Bänder, Antriebs- und Umlenksrollen Keramik – Gummi Verbundsysteme eingesetzt. Sie weisen erheblich bessere Standzeiten gegenüber bisher gebräuchlichen Trommelbelägen auf.



Bild 7: Belegung von Antriebsrollen von Förderbändern:
Stahl-Gummi – Keramik - Verbund



Bild 8: Belegung von Antriebsrollen von Förderbändern:
Stahl-Gummi – Keramik - Verbund

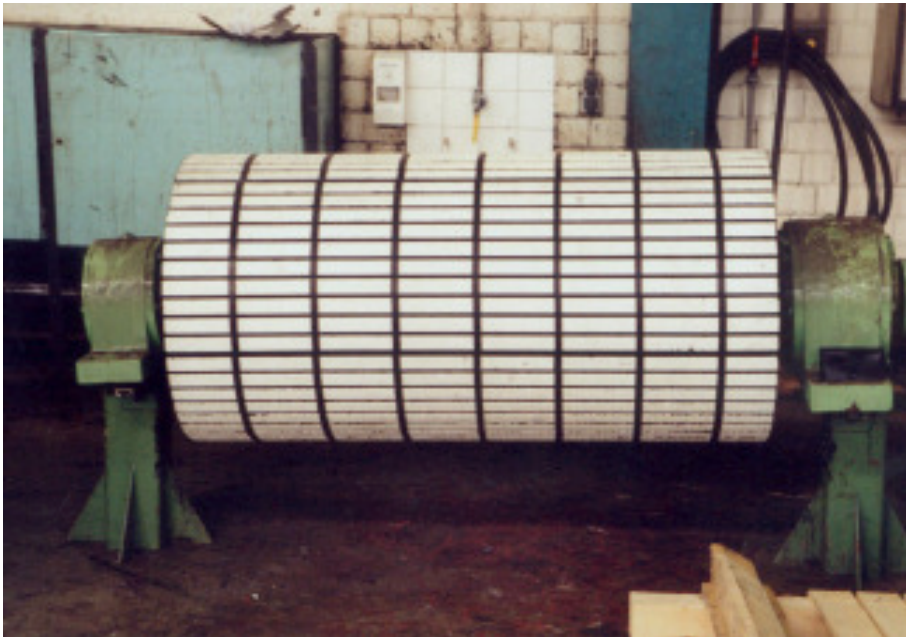


Bild 9: Belegung von Antriebsrollen von Förderbändern:
Stahl-Gummi – Keramik - Verbund

Impact-Panels - hoher Verschleißschutz mit extremen Prallschutz

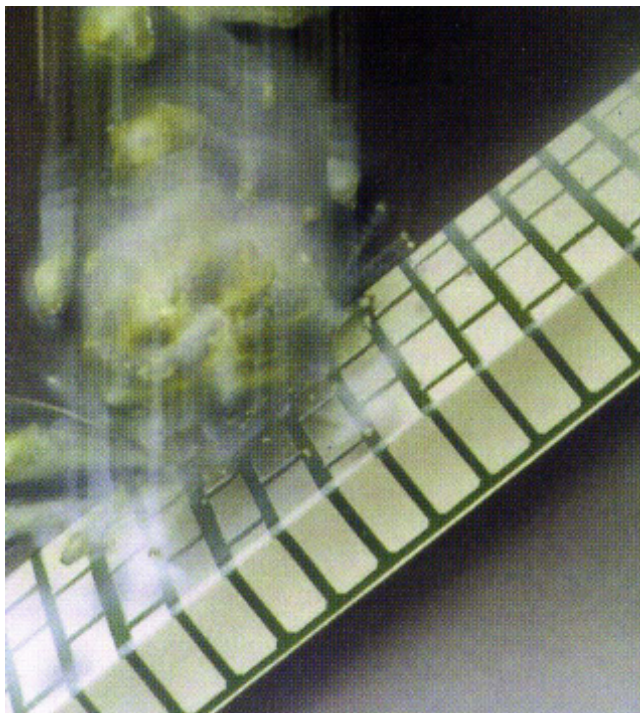


Bild 10: bei dieser patentierten Lösung werden spezielle
Keramikformatsteine in PU eingegossen

Die Kombination spröder, verschleißfester Keramik mit elastischem PU - Kunststoff bringt die Voraussetzung für die sehr hohen Prallenergien.

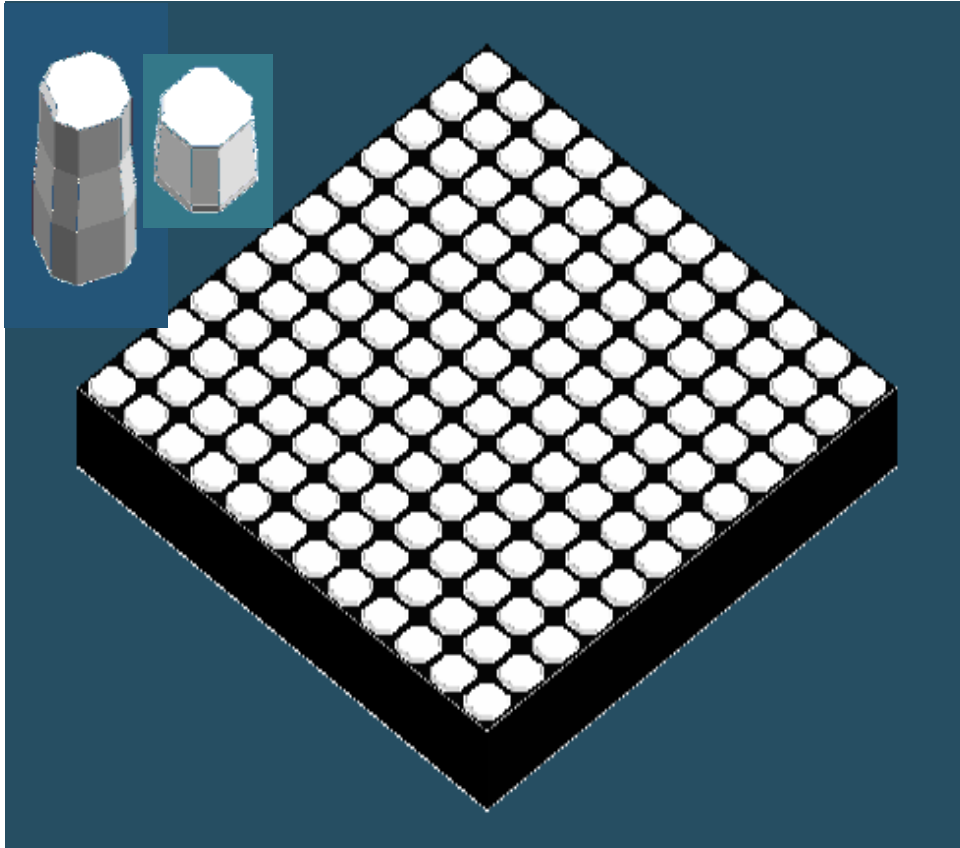


Bild 11: bei dieser patentierten Lösung werden spezielle Keramikformatsteine in PU eingegossen

Flexible Schlauchkrümmer mit Keramiksegmenten

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° bis $> 90^\circ$
- Problemlose Verbindung von bestehenden, festinstallierten Rohrsystemen
- Dehnungsausgleich nicht erforderlich

- Bei Silobefüllung flexible Anbindung an das Tankfahrzeug
- Gleiche Verschleißfestigkeit wie bei fest fixierten Systemen

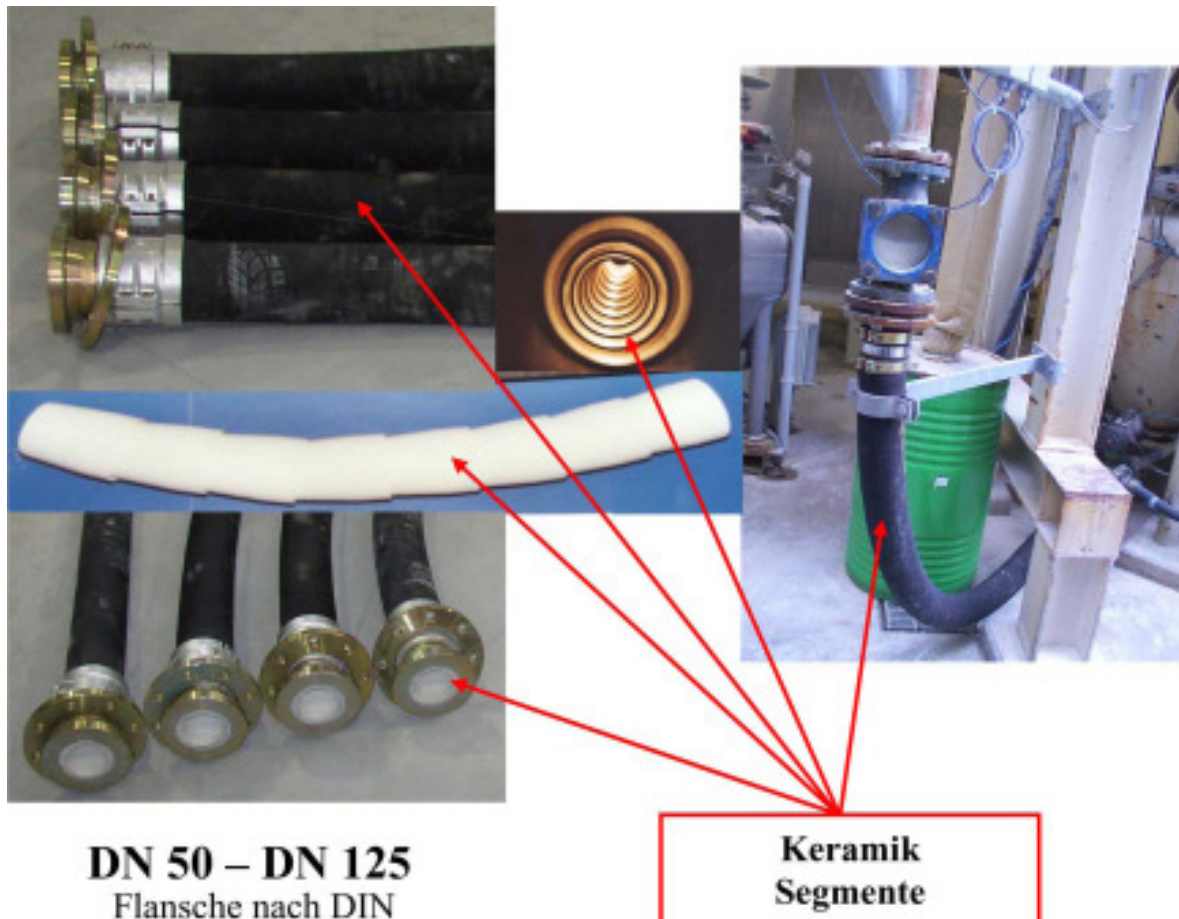


Bild 12: Flexible Schlauchkrümmer mit Keramiksegmenten

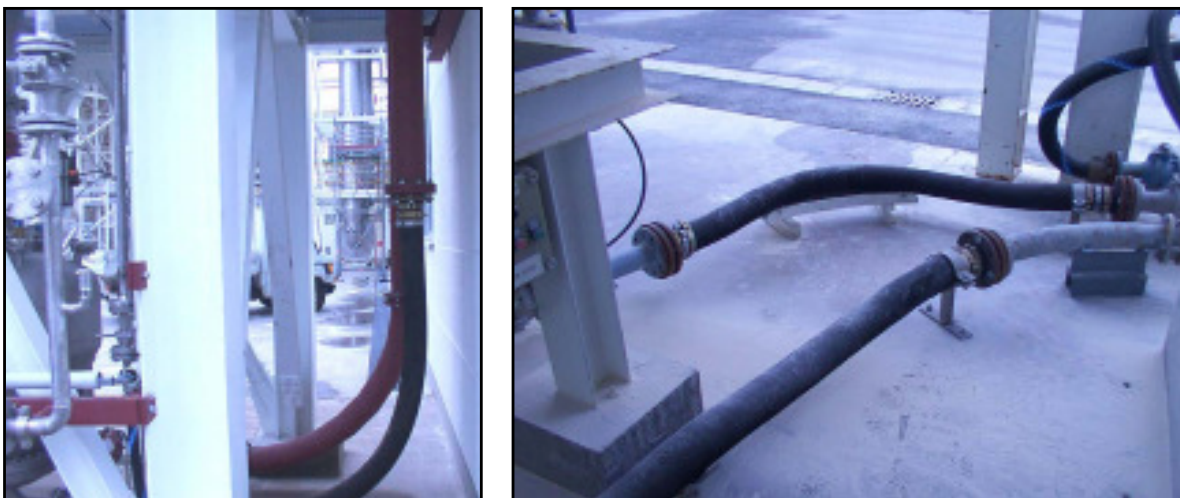


Bild 13: Flexible Rohrleitungssysteme

In der pneumatischen Fördertechnik sind Kugelhähne 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.

Keramik-Kugelhahn - extrem verschleiß- u. korrosionsbeständig



Bild 14: Patentierter Keramik - Kugelhahn

Bei diesem patentierten Verbundsystem (Keramik – Stahl - Kugel) gibt auch „*der Klügere nach*“. Bei anderen Kugelhahnsystemen können bei vollkeramischen Kugeln an den Aufnahmepunkten Rissbildungen auftreten, durch die teilweise zu großen Drehmomentkräfte der angebauten Antriebe.

Hydrozyklone und Cleaner

Hydrozyklone werden zum Klassieren im Feinkornbereich von 2 μm bis 500 μm 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 15 und 16: Hydrozyklone und Cleaner



Bild 17: Apexdüse / Cleaner



Bild 18: Zyklonkopf: Aluminiumoxid / PU – Verbund

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

Allgemeines zur 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.

Ursprünglich bestand die gesamte Förderleitung aus Stahlrohren. 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 ist. ca. ein Drittel des Systems erneuert. Die komplette Erneuerung des Gesamtsystems soll in den nächsten drei Jahren erfolgen.



Bild 19: Rohrleitungssystem

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. Wurden vor einigen Jahren ausschließlich gerade Rohre und Bögen geliefert, so kommt heute praktisch in alle Komponenten für das Leitungssystem Keramik zu Einsatz.



Bild 20 und 21: Siloanlage mit pneumatischer Befüllung

Rohre und Bögen

Heute wird immer noch als Verschleißschutz das bewährte Segment-system verwendet, d.h. Keramikzylinder werden in Stahlrohre eingebaut und mit Zement bzw. Gießharz fixiert. Die Fixierung der Rohr-segmente 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%.

Anlaufspuren für Sprungschanzen

Als neuestes Produkt soll noch auf das ALOSLIDE - System für Anlaufspuren von Sprungschanzen – ein Polymer / Keramik / Verbund-system - 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 22 / 23: Bischofshofen - die größte Sommerskischanze der Welt

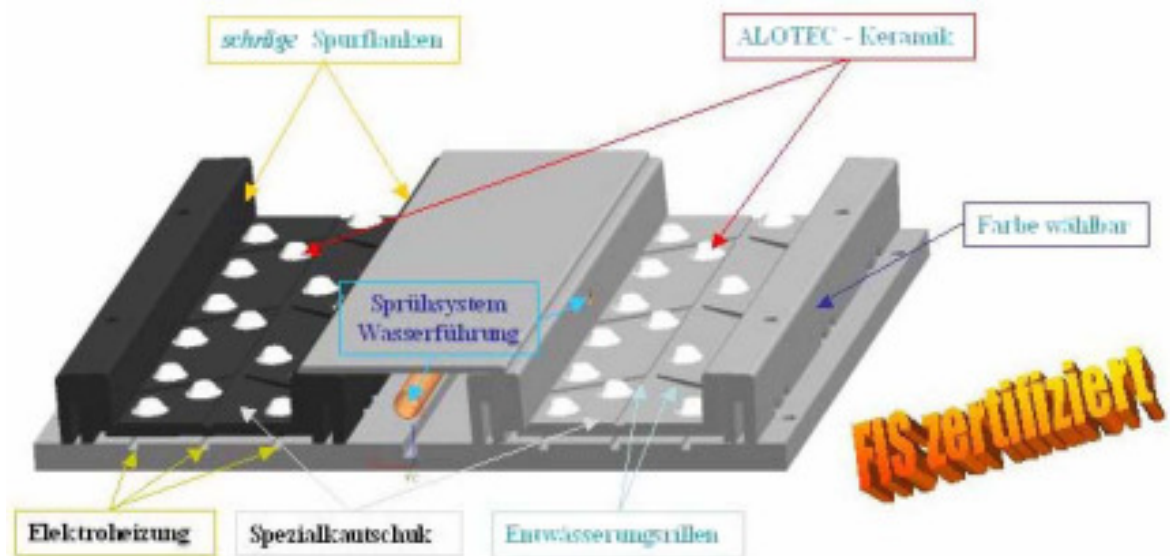


Bild 24: Mit Hightech Keramik: Gleiten wie auf Schnee, Sommer wie Winter



Bild 25: Keramik - Anlaufspur für Skisprungschanzen



Bild 25: Olympiaschanzen in Turin (im Bau)

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.

Ballistischer Schutz

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 Siliciumcarbide und Borcarbide.

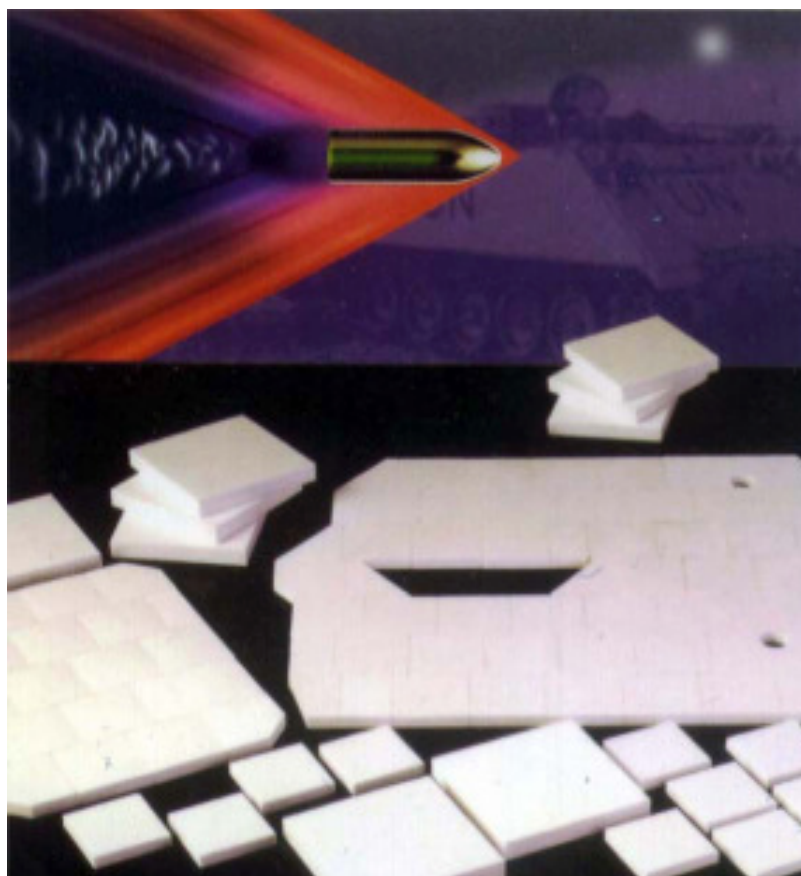


Bild 26: Ballistischer Schutz

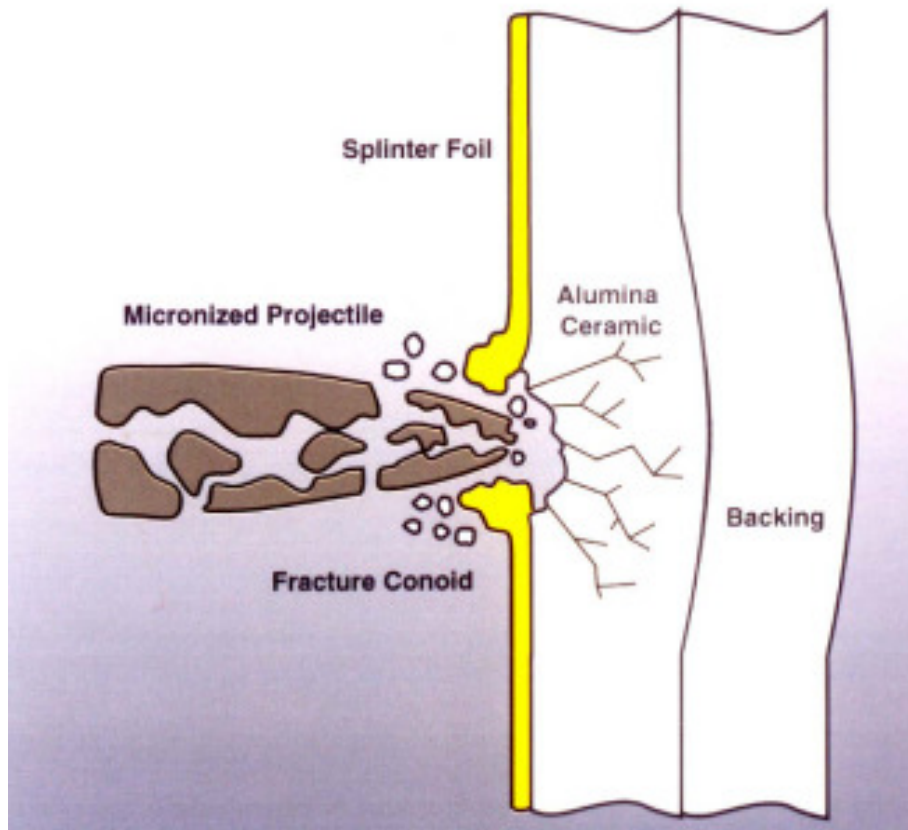


Bild 27: Schutzmechanismus



Bild 28: Dingo (KMW)



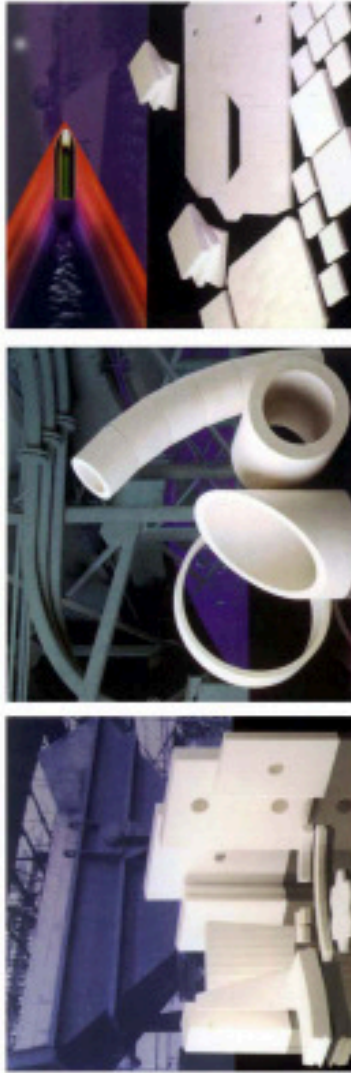
Bild 29: ASV Textron



Bild 27: Personenschutz

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 35) finden sich auf den folgenden Seiten.

Der Klügere gibt nach ...

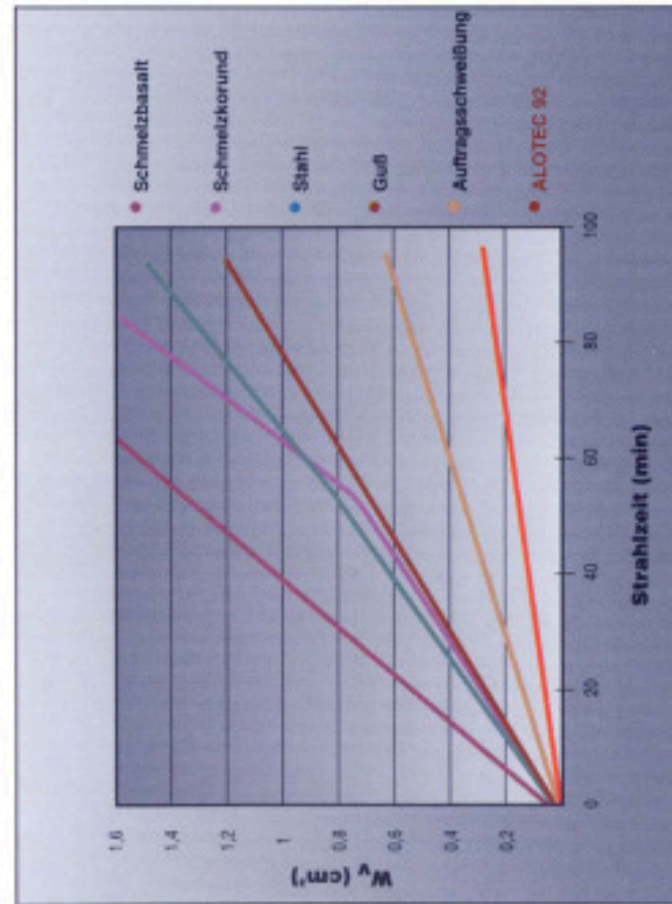


**Aluminiumoxidkeramik in intelligenten
Verbundsystemen**

Ulrike Wiech
Rainer Steven
ETEC Gesellschaft für Technische Keramik mbH
Lohmar

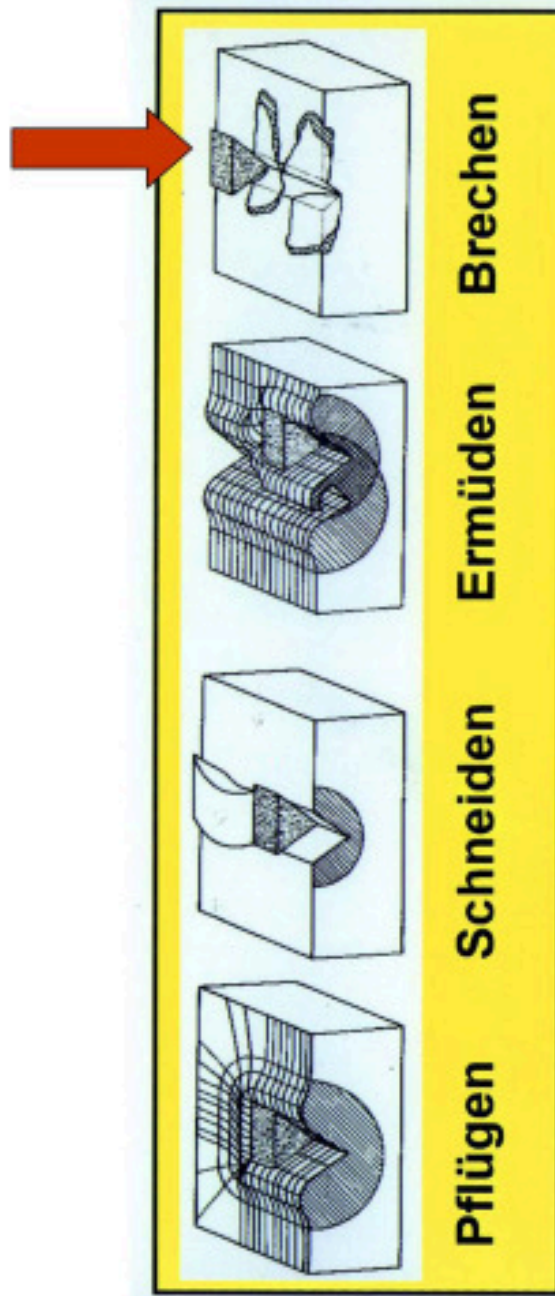


Der Klügere gibt nach ...



Vergleich der Verschleißfestigkeit von Al_2O_3 - Keramik zu anderen Verschleißschutzwerkstoffen

Der Klügere gibt nach ...



Verschleißmechanismen bei Abrasivverschleiß

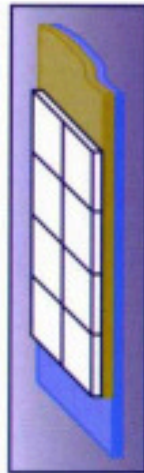
Der Klügere gibt nach ...



neu



Verbund **PU / ALOTEC 92**
nach **Kundenanforderung**



Vulkanisieren von **ALOTEC 92**
in **Gummi** und Kleben auf **Stahl**



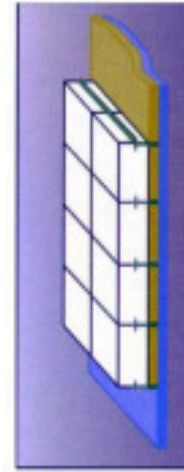
Direktes **Verkleben** von
ALOTEC 92 auf **Stahl**



Kleben bzw. Zementieren in
Kombination mit **Schweißen**

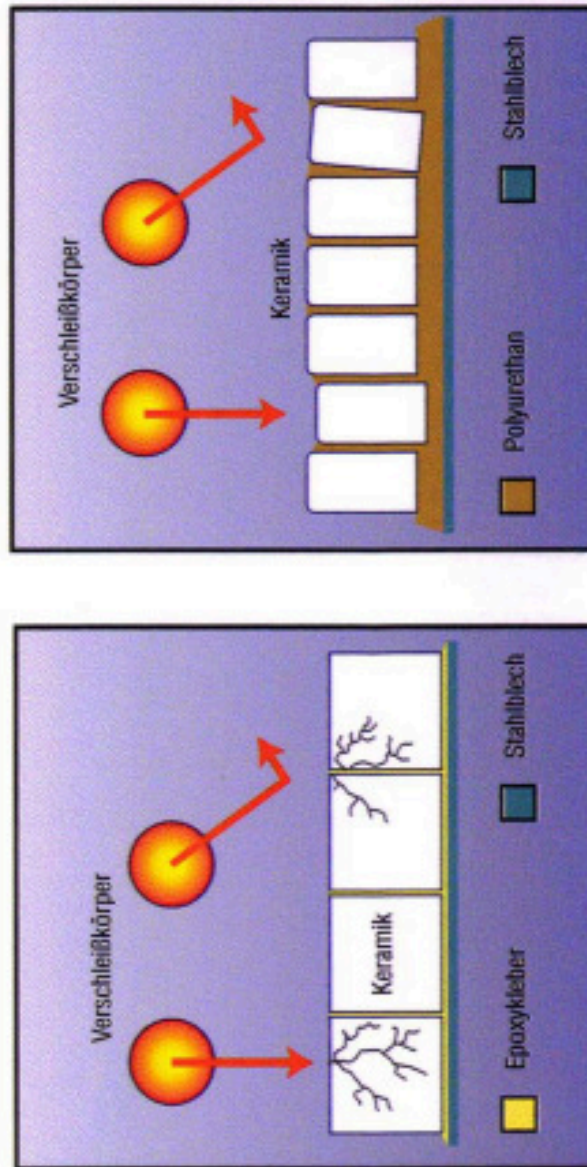


Kleben bzw. Zementieren in
Kombination mit **Schrauben**.



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

Der Klügere gibt nach ...



Prinzip Impakt - Panel

3.1 Verbundsysteme - Folie 5

Der Klügere gibt nach ...

Keramik – Gummi - Verbund



Der Klügere gibt nach ...

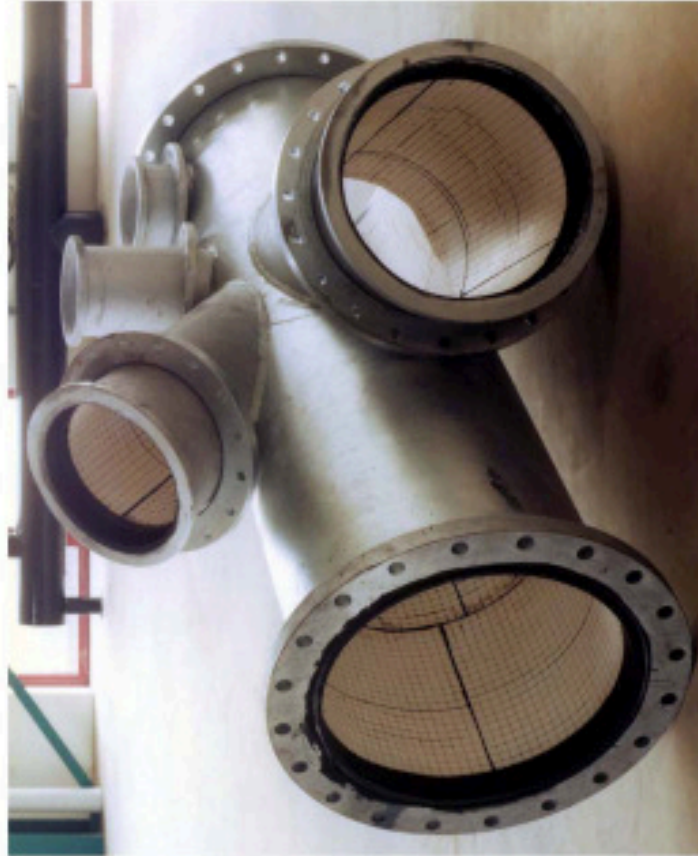


Belegung von Antriebsrollen
von Förderbändern:
Stahl - Gummi - Keramik - Verbund



3.1 Verbundsysteme - Folie 7

Der Klügere gibt nach ...



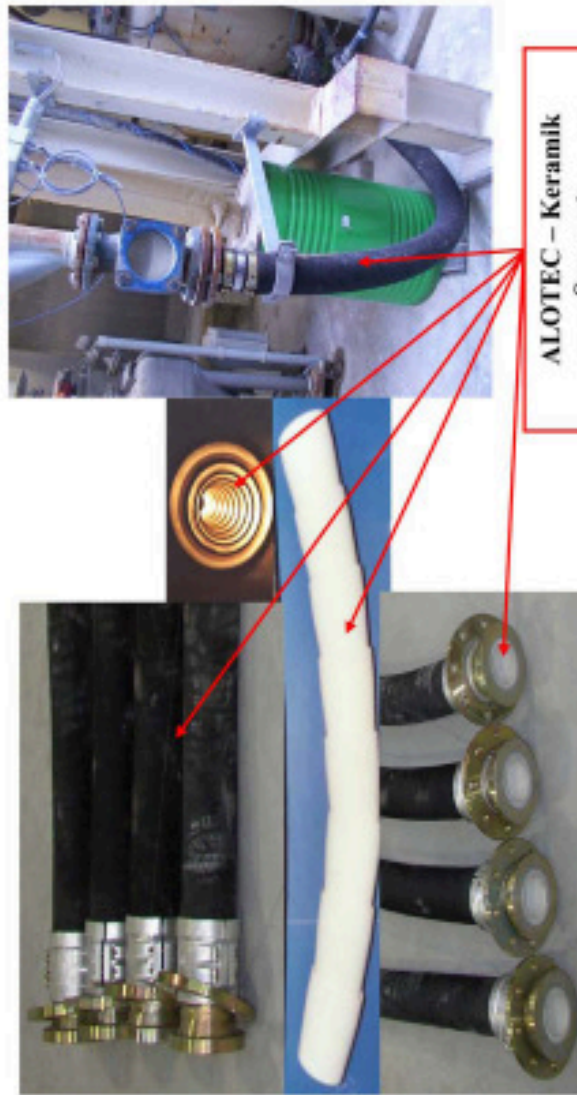
Rohrsegment mit gummierten Mosaiken

Der Klügere gibt nach ...



flexible Schlauchkrümmer mit Keramiksegmenten

Extrem verschleißbeständig



ALOTEC – Keramik
Segmente

DN 50 – DN 125
Flansche nach DIN

Einsatz in der Schüttguttechnik mit hoch abrasiven Stoffen, z.B. bei pneumatischen Förderungen

Der Klügere gibt nach ...



Flexible Rohrleitungssysteme

Der Klügere gibt nach ...



Stahlwerke



Entwässerungssilo (AJO)
Keramik: gummierte Mosaik

3.1 Verbundsysteme - Folie 11

Der Klügere gibt nach ...

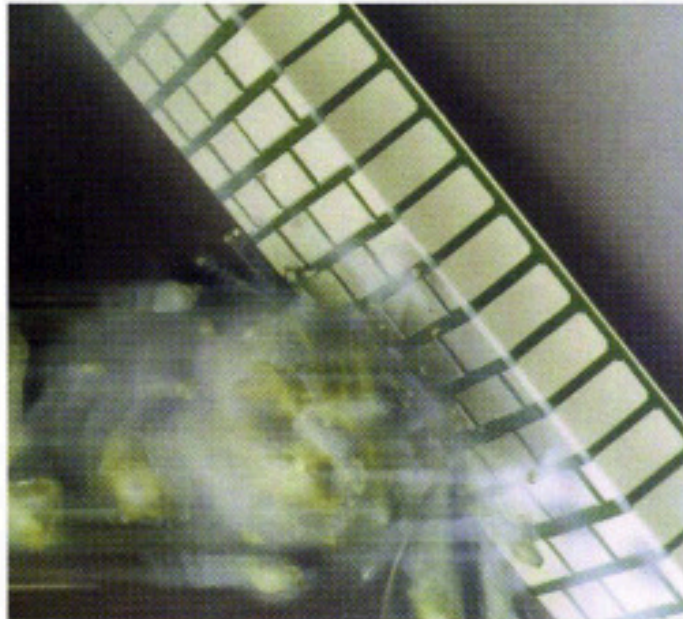
Möllerung



Prallbleche



Der Klügere gibt nach ...



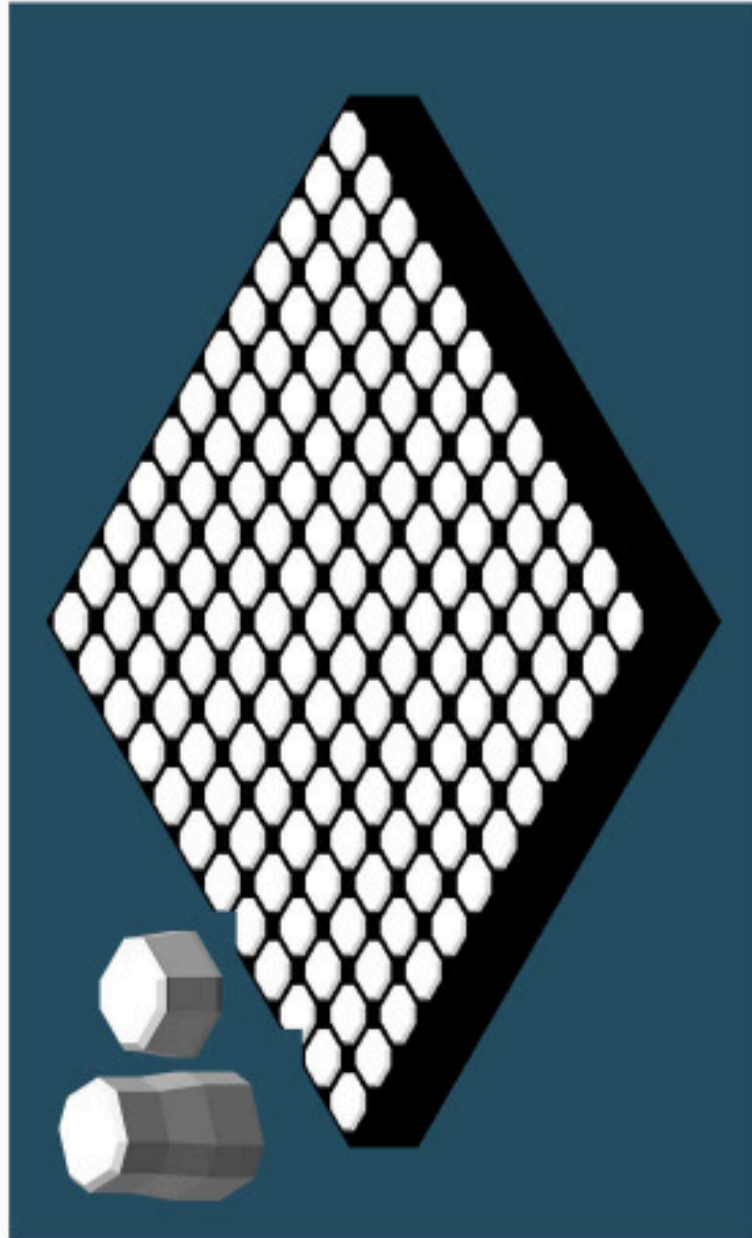
Die Kombination
spröder, verschleißfester
Keramik mit elastischem
PU - Kunststoff bringt
die Voraussetzung für
die sehr hohen Prallenergien.

Impact - Panel

3.1 Verbundsysteme - Folie 13

Der Klügere gibt nach ...

Impact Panels für extreme Prallenergie



Der Klügere gibt nach ...

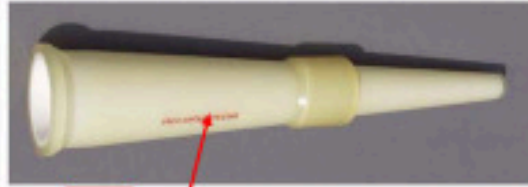


Keramik



NEU

PU – Keramik - Verbund



Hydrozyklone / Cleaner

3.1 Verbundsysteme - Folie 15

Der Klügere gibt nach ...



Apexdüsen/Cleaner

Der Klügere gibt nach ...



Apexdüse / Cleaner

3.1 Verbundsysteme - Folie 17

Der Klügere gibt nach ...



Zyklonkopf: Aluminiumoxid / PU - Verbund

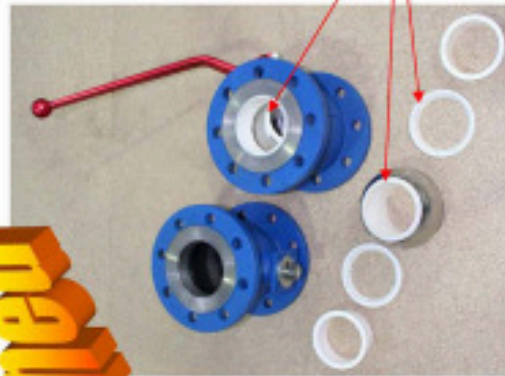
Der Klügere gibt nach ...



Keramik- Kugelhahn

extrem verschleiß- und korrosionsbeständig

neu



ALOTEC 92
Keramik - Stahl -
Kugel

alt



bei hohem Drehmoment
in der Aufnahme, knackte
die vollkeramische Kugel

Flansche nach
DIN

Der Klügere gibt nach ...

Schneepflugleisten aus Keramik – Gummi - Stahl

...für Autobahnen

empfohlen.

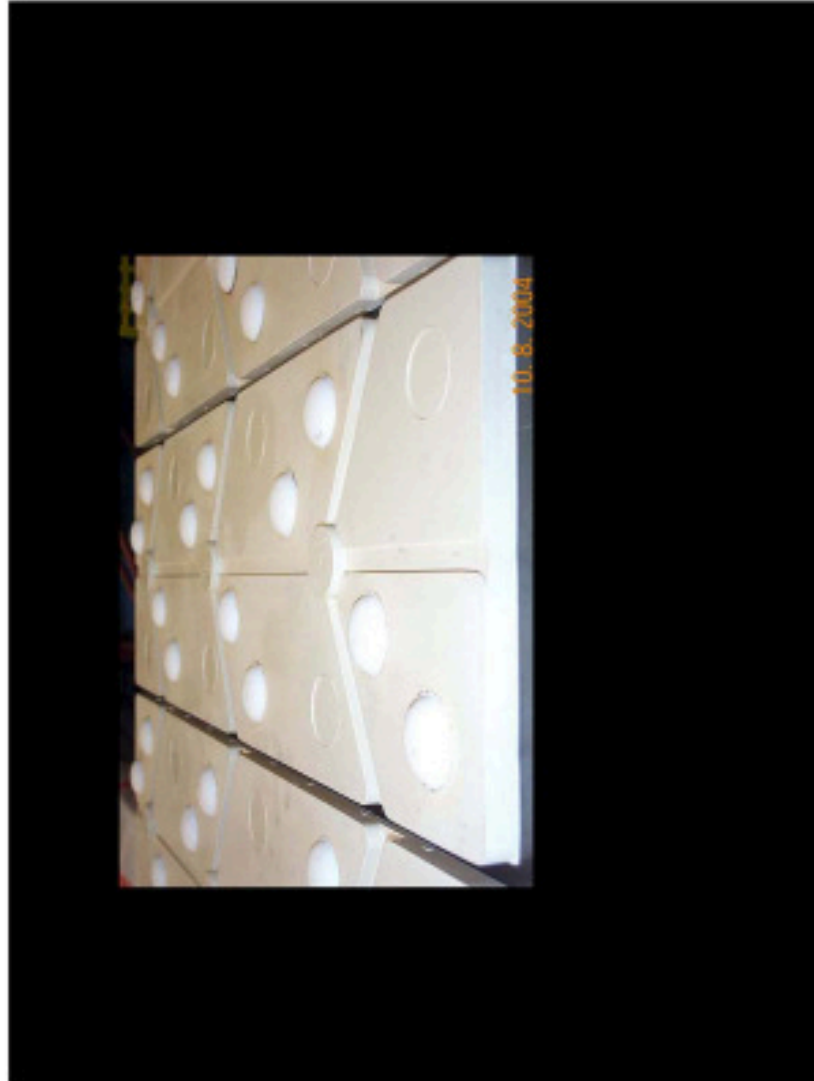


Zur Langzeiträumung empfehlen wir diese Kombinationsleiste aus hochwertigem Stahl, Gummi und **ALOTEC 92** von **ETEC** mit:

- langer Lebensdauer
- guter Gleiteigenschaft
- reduziertem Kraftstoffverbrauch
- und Abfahrmarkierungen

Die Leiste ist recycelbar und ist für alle Pfluggtypen lieferbar.

Der Klügere gibt nach ...



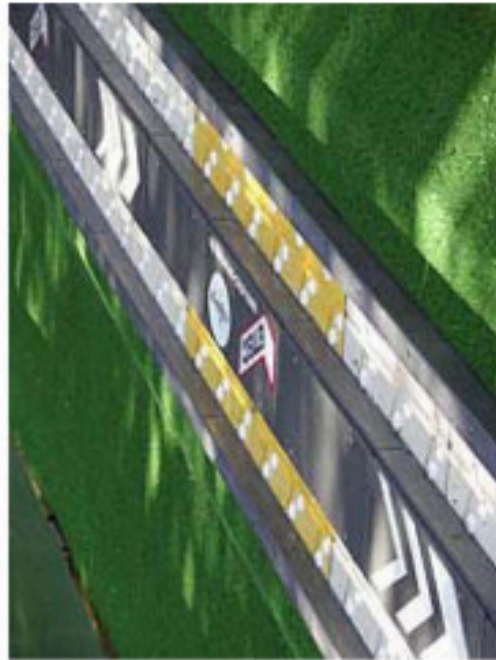
3.1 Verbundsysteme - Folie 21

Der Klügere gibt nach ...



Aloslide - System: Keramik / Spezialkautschuk - Verbund

Der Klügere gibt nach ...

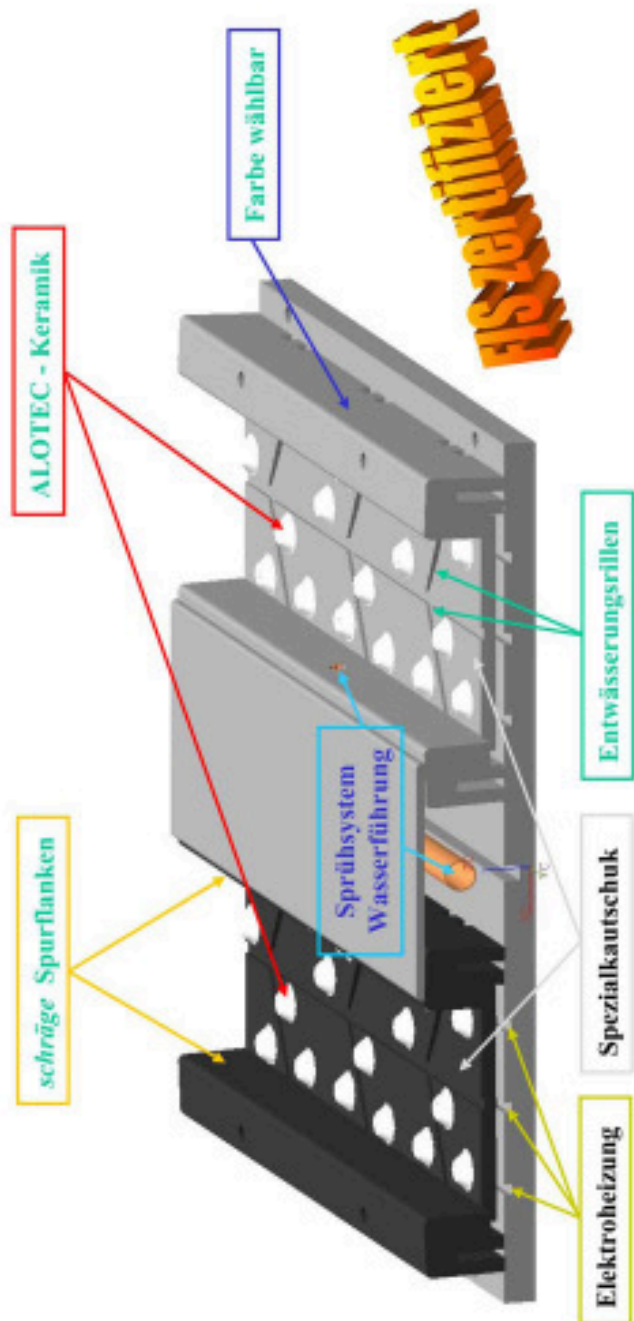


Bischofshofen – die größte Sommerskischanze der Welt

3.1 Verbundsysteme - Folie 23

Der Klügere gibt nach ...

Anlaufspur mit Hightech Keramik Gleiten wie auf Schnee, Sommer wie Winter



Der Klügere gibt nach ...



Olympiaschanzen in Turin

3.1 Verbundsysteme - Folie 25

Der Klügere gibt nach ...



Mühlenauskleidung mit Mahlkugeln

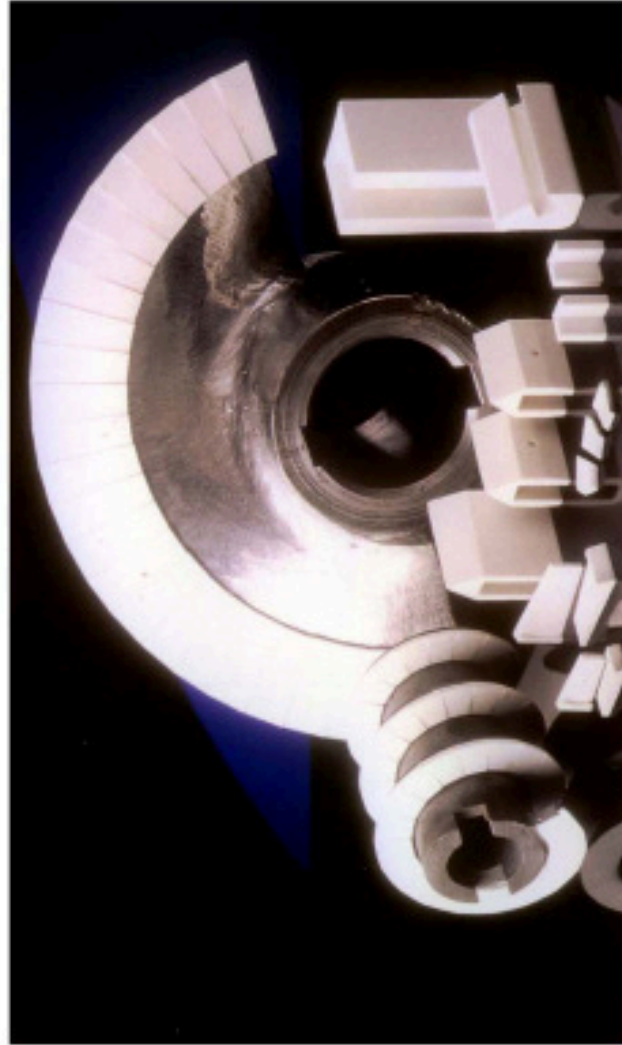
Der Klügere gibt nach ...



Siloanlage mit pneumatischer Befüllung

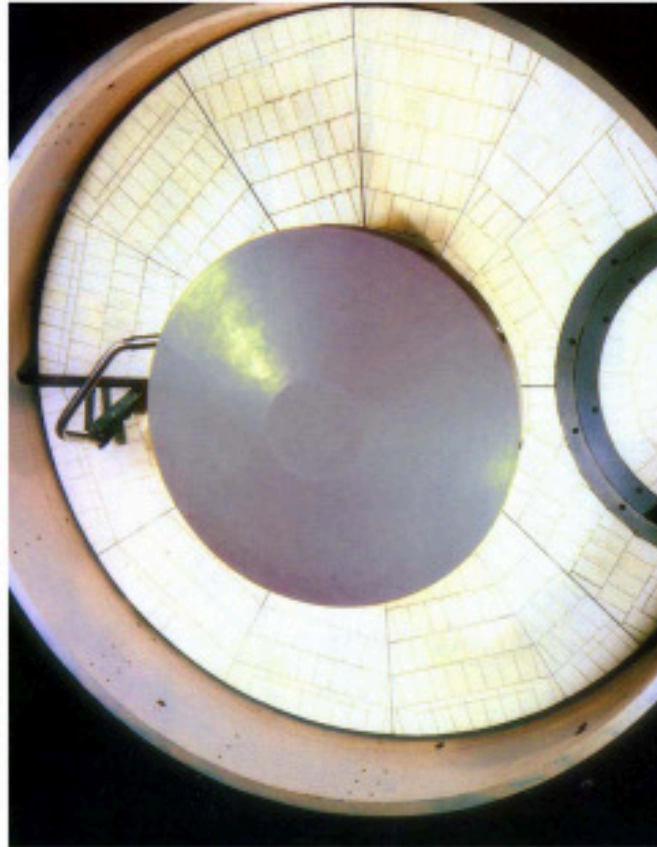
3.1 Verbundsysteme - Folie 27

Der Klügere gibt nach ...



Kantenschutz von Förderschnecken

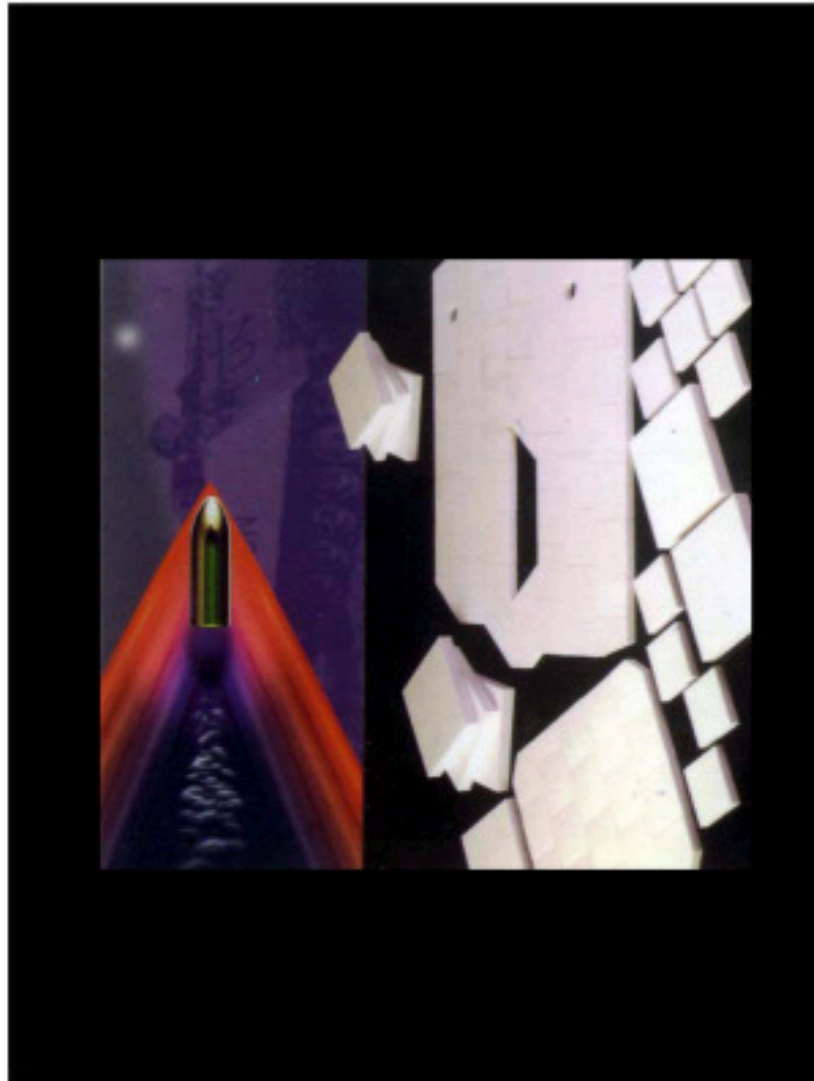
Der Klügere gibt nach ...



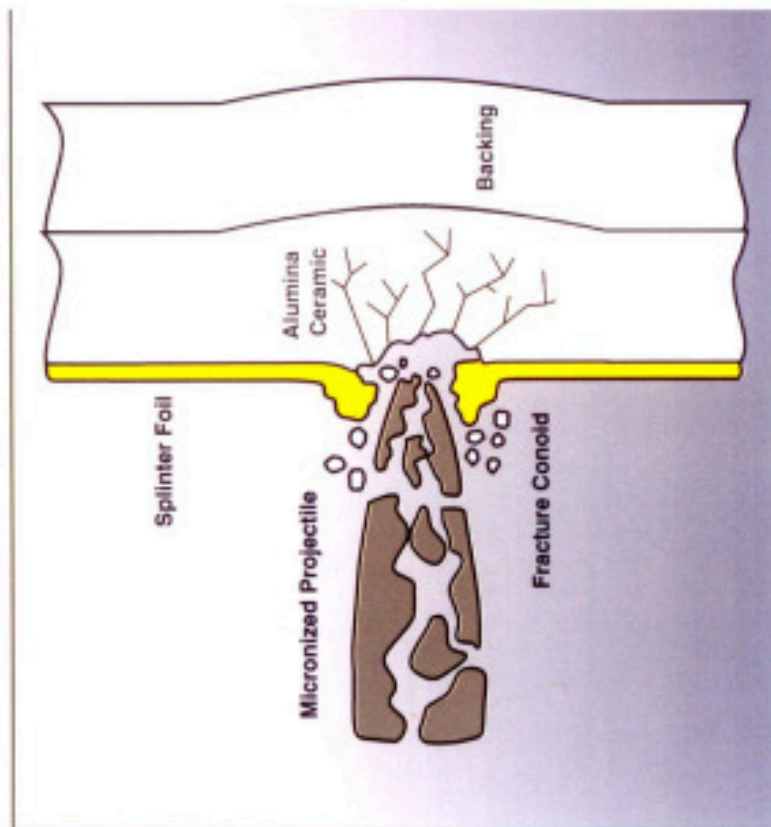
Mischerauskleidung

3.1 Verbundsysteme - Folie 29

Der Klügere gibt nach ...



Der Klügere gibt nach ...



Schutzmechanismus

3.1 Verbundsysteme - Folie 31

Der Klügere gibt nach ...



Dingo (KMW)

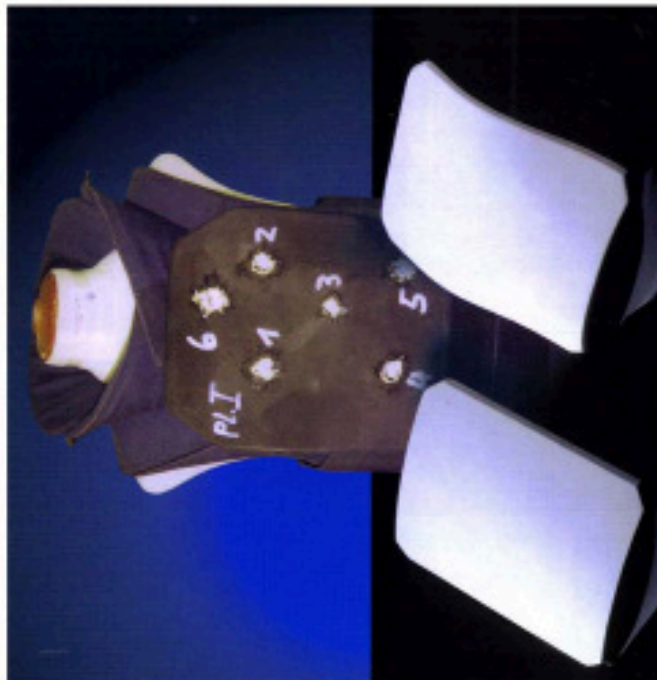
Der Klügere gibt nach ...



ASV Textron

3.1 Verbundsysteme - Folie 33

Der Klügere gibt nach ...



Personenschutz

Der Klügere gibt nach ...



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

3.1 Verbundsysteme - Folie 35