

4.6. Verschleißschutz: Typische Produkte im Überblick

- Rainer Steven
ETEC Technische Keramik GmbH
Lohmar

Die Folien finden Sie ab Seite 545.

4.6.1. 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!

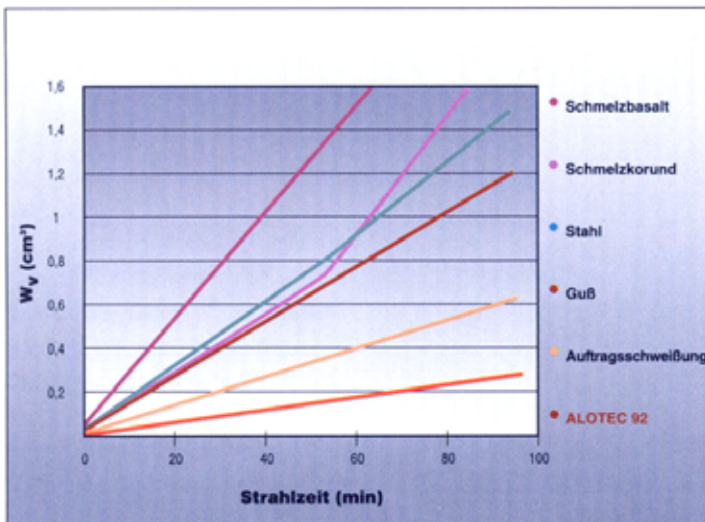


Bild 1: Vergleich der Verschleißfestigkeit von Al_2O_3 - Keramik zu anderen **Verschleißschutzwerkstoffen**

Maschinen- und Anlagenbau

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 1 beweist die Überlegenheit der Keramik im Vergleich mit metallischen und anderen anorganischen Verschleißschutzwerkstoffen.

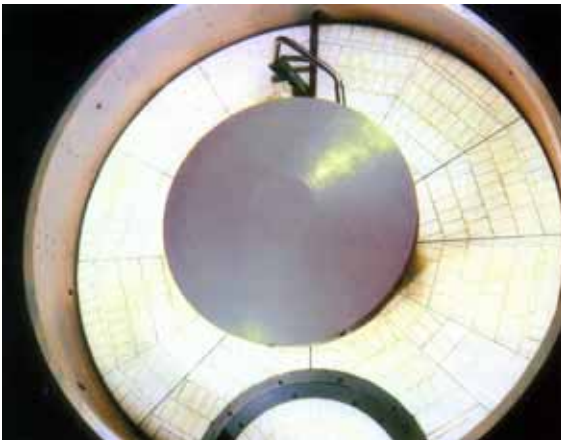


Bild 2: Mischerauskleidung



Bild 3: Zyklonauskleidung

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

Keramische Werkstoffe werden in den wenigsten Fällen als Einzelbauteile eingesetzt sondern in Werkstoffverbänden. Die wichtigsten Verbundpartner sind Stahl und Polymere. Die wichtigste Verbindungsmethode ist das Kleben.

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 und Verarbeitungshinweise von Bedeutung:

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

Zur Charakterisierung von Klebern wurden deshalb von ETEC Prüfverfahren entwickelt, die aussagekräftige, anwendungsbezogene Aussagen über Verarbeitbarkeit und Einsatzmöglichkeiten liefern.

Als Beispiele sollen hier stellvertretend für alle Meßmethoden zwei Diagramme gezeigt werden, zum Ersten die Last - Dehnungskurven und zum Zweiten ein Balkendiagramm für die Temperaturbeständigkeit.

Hierzu ist zu bemerken, dass eine hohe Dehnung für bestimmte Anwendungen positiv ist, für andere Verbundsysteme wird eine hohe Steifigkeit des Klebers gefordert.

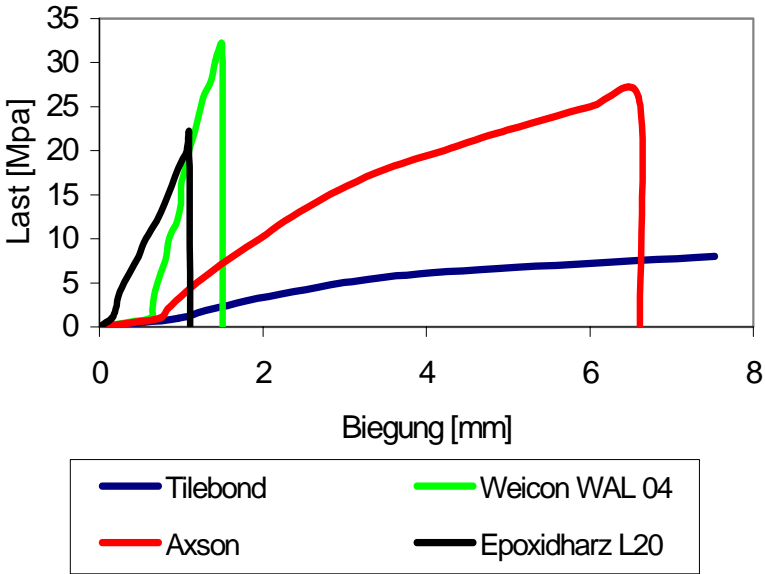


Bild 4: Last - Dehnungskurven verschiedener Kleber, ermittelt an Biegebruchstäbchen

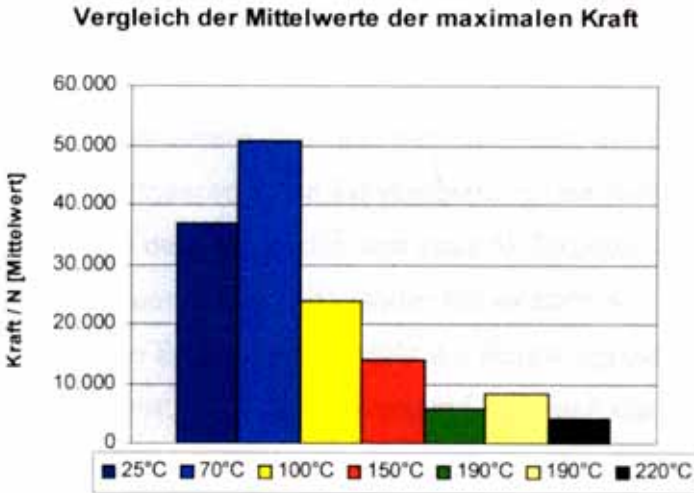


Bild 5: Beispiel der Temperaturbeständigkeit von Epoxidharzklebern

4.6.2. Förderung von Massenschüttgütern in Rohrsystemen

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

- 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.



Bild 6: Rohrleitungssystem

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 Keramikrohre 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.

4.6.3 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 7: Siloanlage mit pneumatischer Befüllung

4.6.3.1. 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 8: Komponenten für Rohrleitungssysteme vor der Montage

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 9: Flexible Rohrleitungssysteme

4.6.3.2. 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.

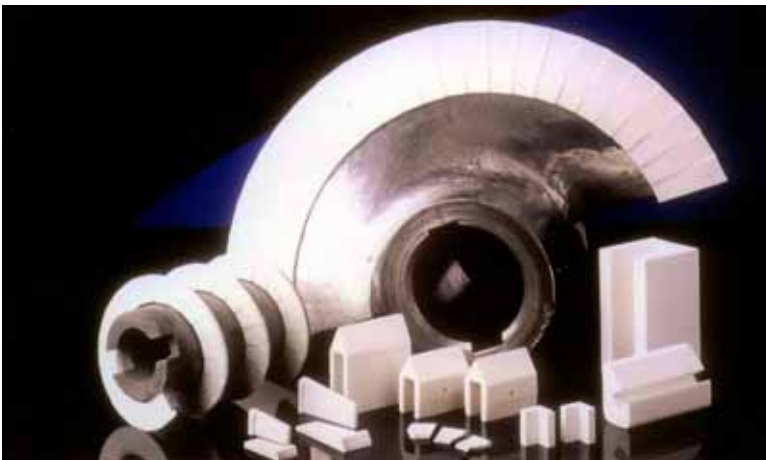


Bild 10: Kantenschutz von Förderschnecken

Das nächste Bild zeigt die Explosionszeichnungen einer Zellenrad-schleuse. Die am stärksten vom Verschleiß betroffenen Bereiche – Mantel, Zellenrad und Endplatten sind markiert.

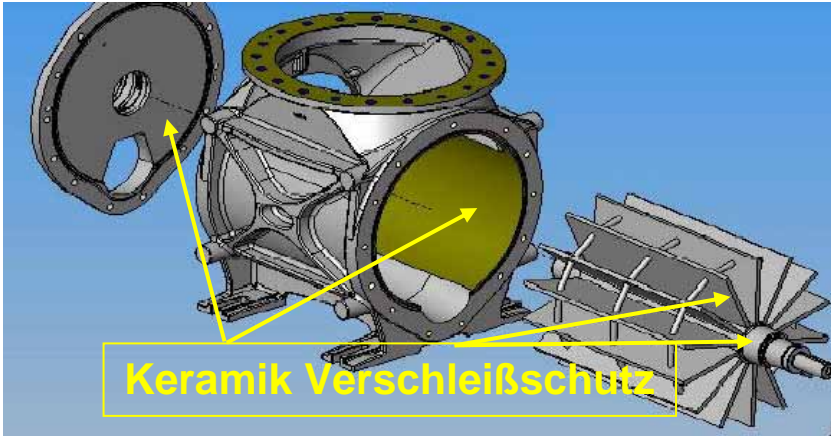


Bild 11: Explosionszeichnung einer Zellenradschleuse



Bild 12: Verschlissene Stahlelemente einer Zellenradschleuse

Wie verschleißgefährdet diese Elemente sind, ist in den Aufnahmen einer Endplatte und des Zellenrads (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 – Standzeiterhöhungen um den Faktor 10 bis 20 verglichen mit Stahllösungen. Um enge, definierte Spalte zu gewährleisten ist ein Nachschleifen der Bauteile erforderlich.



Bild 13: Mantel und Rotor mit Verschleißschutz aus Aluminiumoxid

Die Vorteile von mit Keramik ausgekleideten Zellenradschleusen sind

- deutlich erhöhte Standzeiten,
- dadurch geringere Instandhaltungskosten
- und erhöhte Verfügbarkeit,
- verbunden mit bemerkenswerter Kosteneinsparung / m³ Fördergut.

4.6.3.3. Kugelhähne

In der pneumatischen Fördertechnik sind Kugelhähne die wichtigsten Absperrorgane. Auch hier sind Keramikwerkstoffe Stand der Technik. Basiswerkstoffe sind Aluminiumoxid und Zirkonoxid. Die Auswahl der Werkstoffe wird durch das Anforderungsprofil: Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Druckfestigkeit etc. bestimmt.

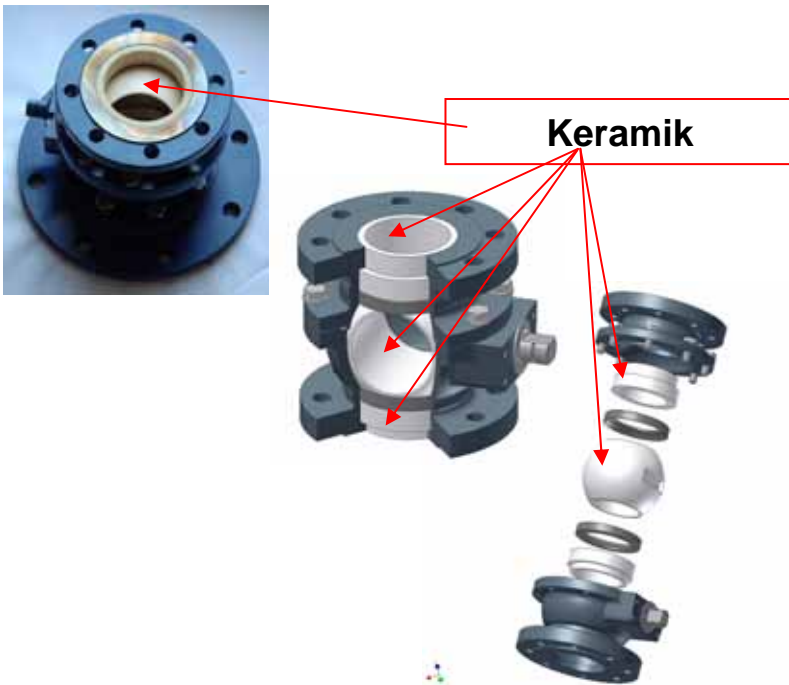


Bild 14: Keramik-Kugelhähne

4.6.3.4. Abscheidezyklone und Schikanen

Das letzte Glied einer pneumatischen Förderleitung sind in der Regel die Abscheideorgane. 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 Ab-

scheidung des Feststoffes gewährleistet. Sie wirken gleichzeitig als Staubabscheider. Unerwünschter Feinststaub wird durch das Steigrohr im Zyklon entfernt und in Filtern abgeschieden – eine umweltgerechte Lösung.

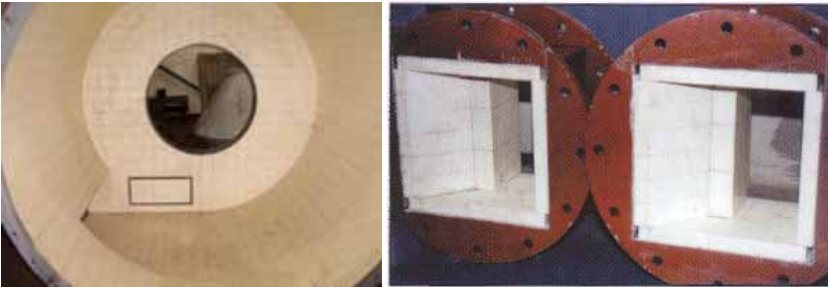


Bild 15: Abscheidezyklon und Schikane mit Keramikauskleidung

4.6.3.5. Hydrozyklone und Cleaner



Bild 16: 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.

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

4.6.4. Anlaufspuren für Sprungschanzen

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

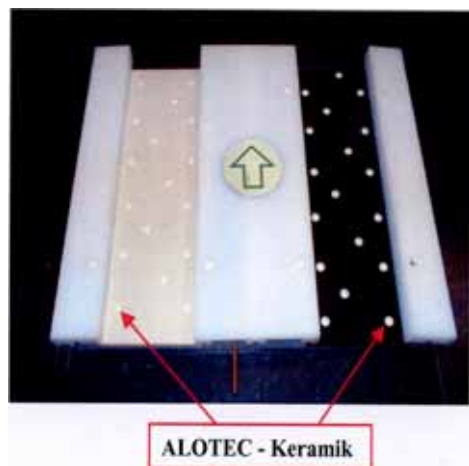


Bild 17: Keramik - Anlaufspur für Skisprungschanzen

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.

Im Frühjahr 2003 wurde die erste 50m – Schanze mit diesem neuen System ausgerüstet. Es gab nur Lob, keine Kritik. Wir erwarten, dass wir noch in diesem Jahr einige Großschanzen damit ausstatten. Vierschanzen Tournee und Olympiade Turin auf Keramik sind keine Utopien mehr. Das „Geheimnis“ ist, dass Aluminiumoxidkeramik eine hohe Affinität zu Wasser besitzt. Die monomolekulare, festhaftende Wasserschicht ist Voraussetzung für gleichmäßig gute Gleiteigenschaften.

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 22) finden sich auf den folgenden Seiten.

Maschinen- und Anlagenbau

Verschleißschutz Typische Produkte im Überblick

Rainer Steven
ETEC Gesellschaft für Technische Keramik mbH
Lohmar



think ceramics

think ceramics
TECHNISCHE KERAMIK

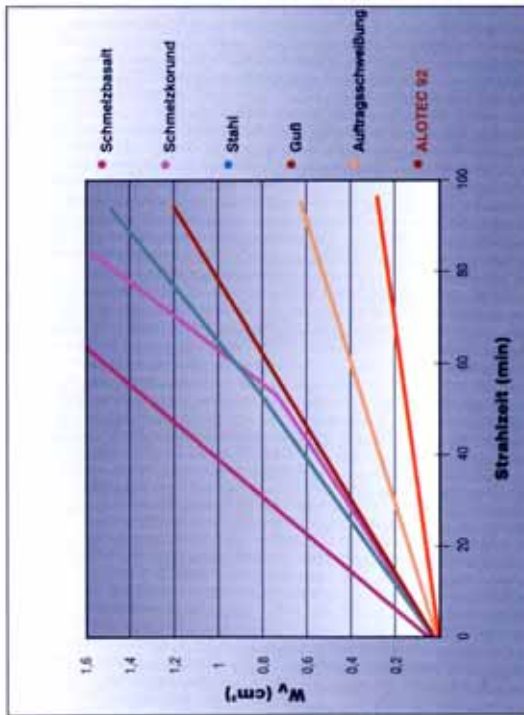
Aluminiumoxid - Keramik



Rainer Steven
ETEC Gesellschaft für Technische Keramik mbH
Lohmar

think ceramics
TECHNISCHE KERAMIK

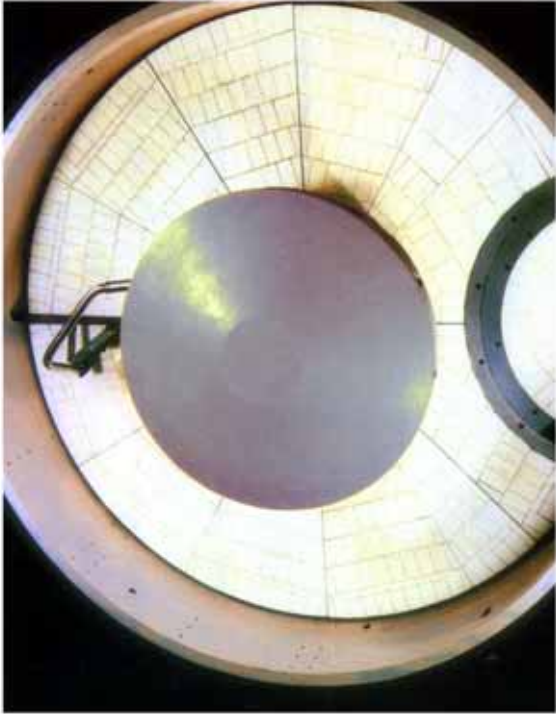
Vergleich der Verschleißbeständigkeit



Vergleich der Verschleißbeständigkeit von Al_2O_3 -
Keramik zu anderen Verschleißschutzwerkstoffen

**think
ceramics**
TECHNISCHE KERAMIK

Mischerauskleidung



4.6. Verschleißschutzprodukte - Folie 4

Zyklonauskleidung

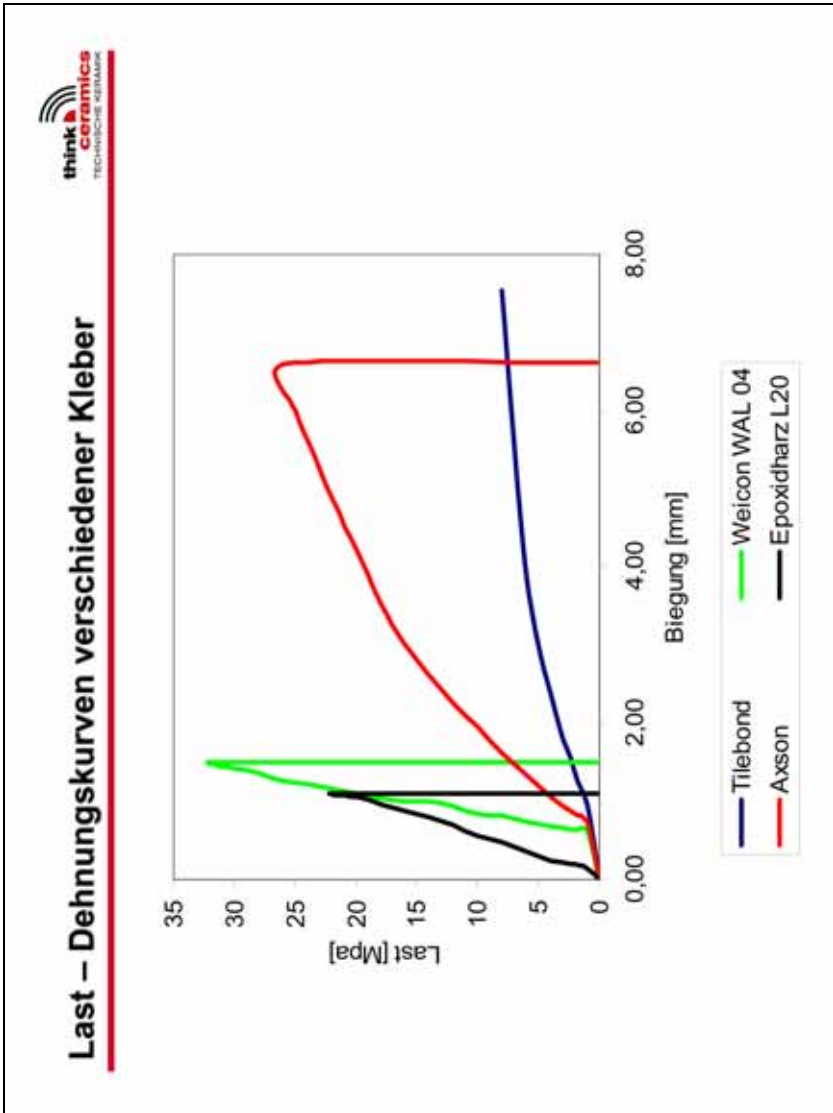


4.6. Verschleißschutzprodukte - Folie 5

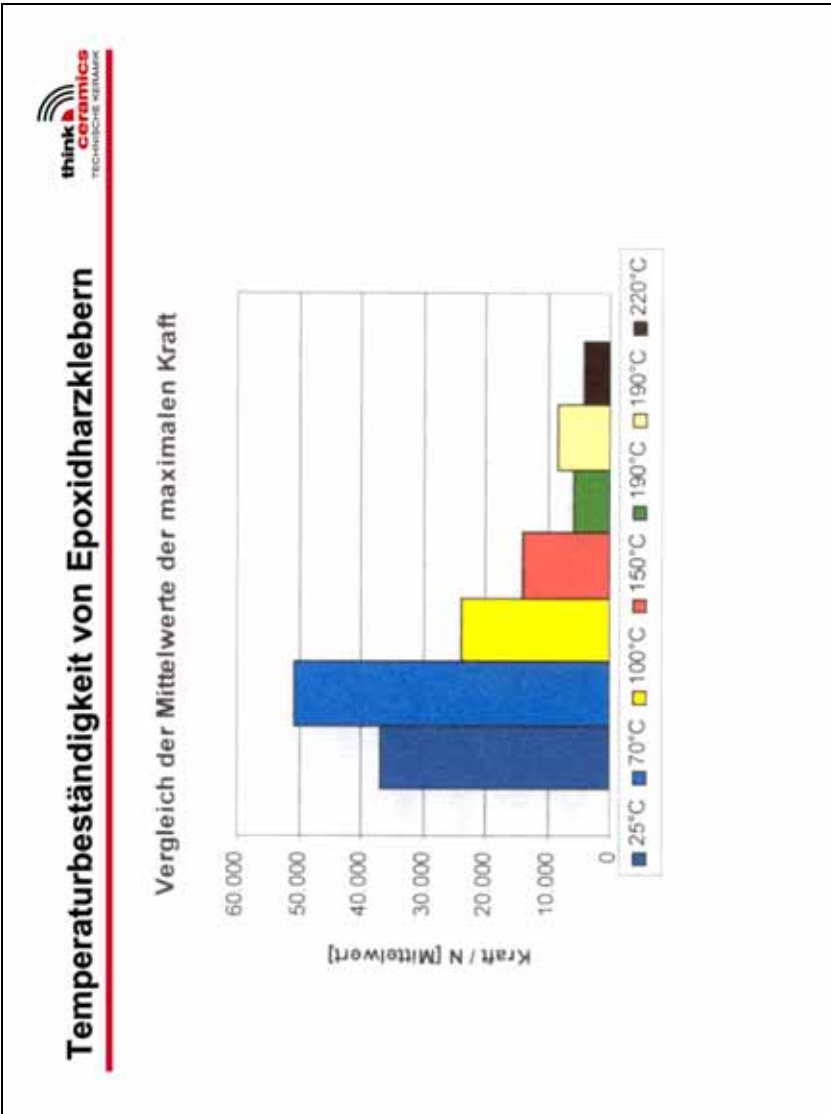
Anwendungsrelevante Eigenschaften von Klebern



- **Scherfestigkeit**
- **Visco – elastisches Verhalten**
- **Thermische Beständigkeit**
- **Chemische Beständigkeit**
- **Anwendung im Dick- oder Dünnbettverfahren**
- **Verarbeitungsbedingungen:** Topfzeit
Fließfähigkeit
Aushärtezeit
Aushärtetemperatur
etc.



4.6. Verschleißschutzprodukte - Folie 7



4.6. Verschleißschutzprodukte - Folie 8

Rohrleitungssystem



4.6. Verschleißschutzprodukte - Folie 9



Siloanlage mit pneumatischer Befüllung




4.6. Verschleißschutzprodukte - Folie 10

Komponenten für Rohrleitungssystem



think ceramics
TECHNISCHE KERAMIK

Flexible Rohrleitungssysteme



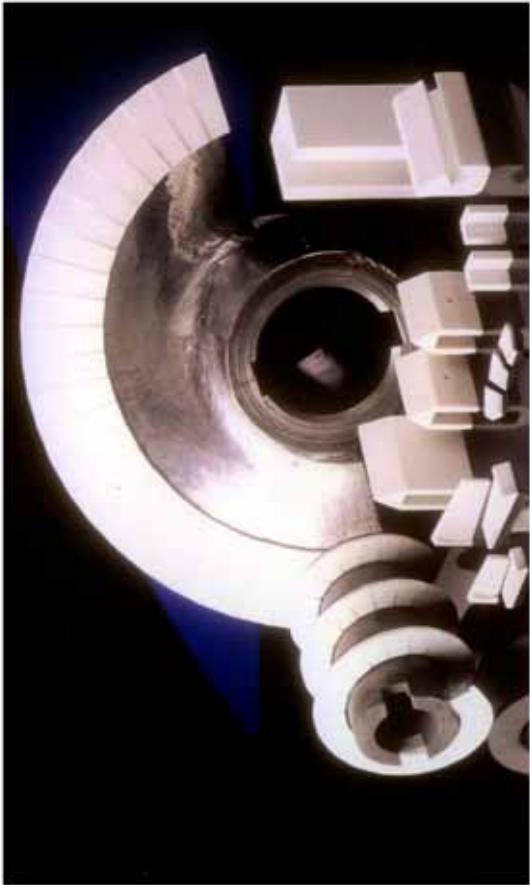
The image contains two photographs of flexible pipe systems. The top photograph shows a black flexible pipe with a metal fitting, connected to a metal structure. The bottom photograph shows a red flexible pipe with a metal fitting, also connected to a metal structure. Both pipes are shown in an industrial setting with metal beams and other equipment visible in the background.

4.6. Verschleißschutzprodukte - Folie 12

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**

Kantenschutz von Förderschnecken

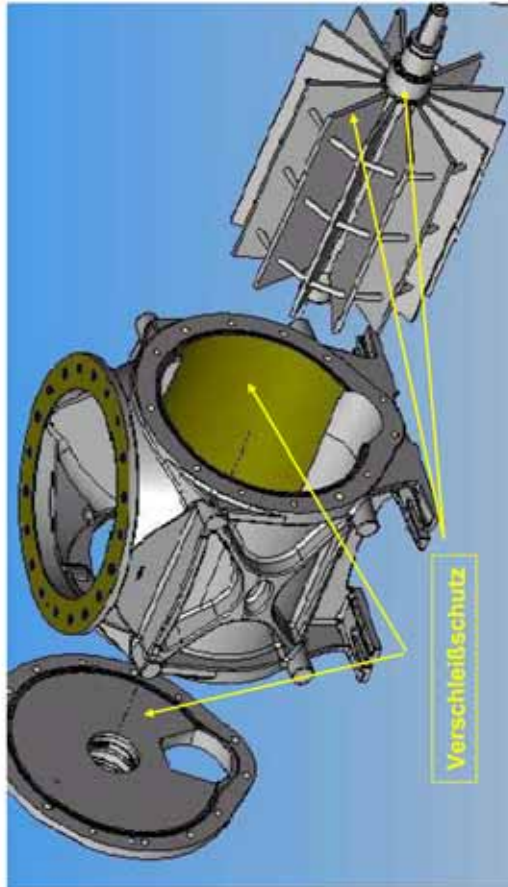


think
ceramics
TECHNISCHE KERAMIK

The image displays a large, curved metal conveyor screw with a ceramic coating applied to its outer edge. To the right of the screw, several individual ceramic wear rings are shown, which are designed to fit around the screw's edge to provide protection against wear. The background is dark, highlighting the metallic and ceramic components.

4.6. Verschleißschutzprodukte - Folie 14

Explosionszeichnung einer Zellenrad schleuse



4.6. Verschleißschutzprodukte - Folie 15

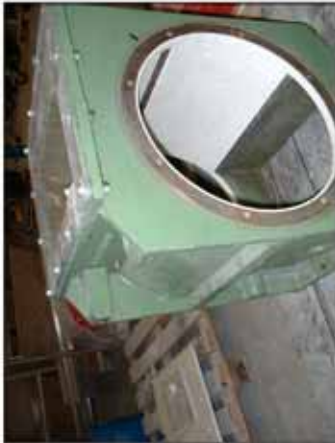


Verschlossene Stahlelemente



4.6. Verschleißschutzprodukte - Folie 16

Mantel und Rotor mit Aluminimidkeramik



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

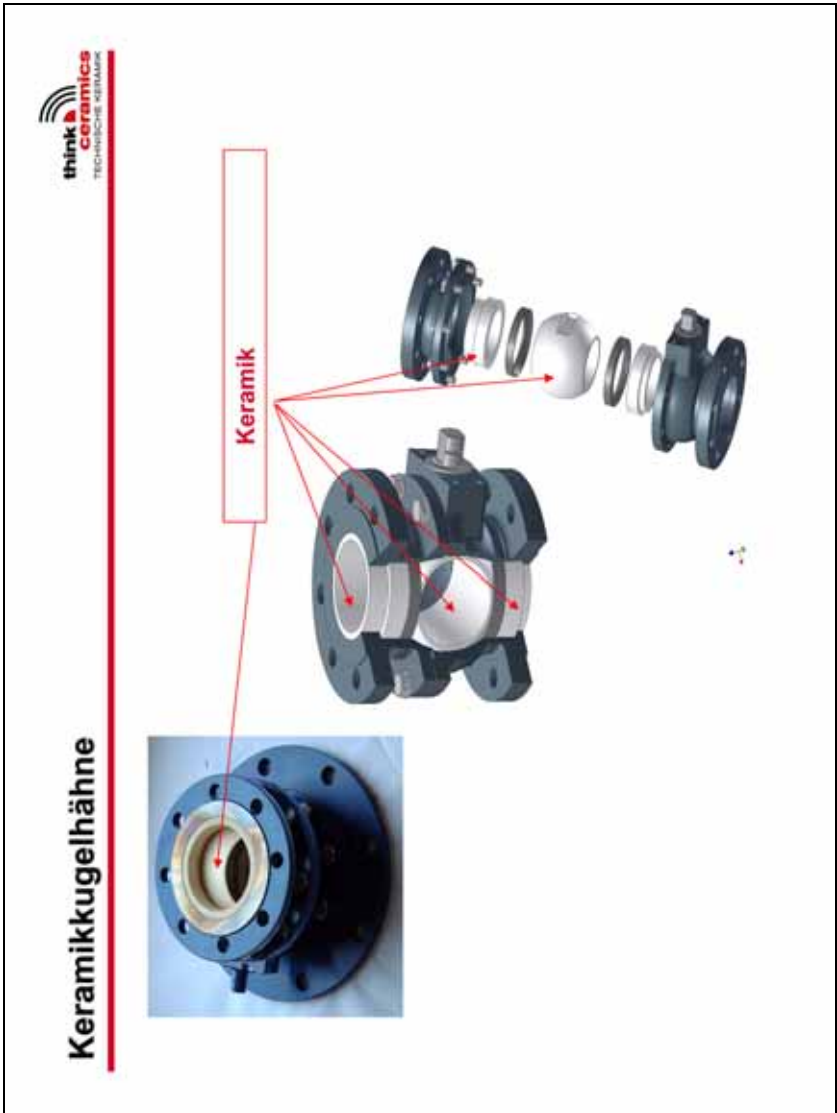


Rotor:
Keramikscheiben geklemmt
Dichtflächen geschliffen

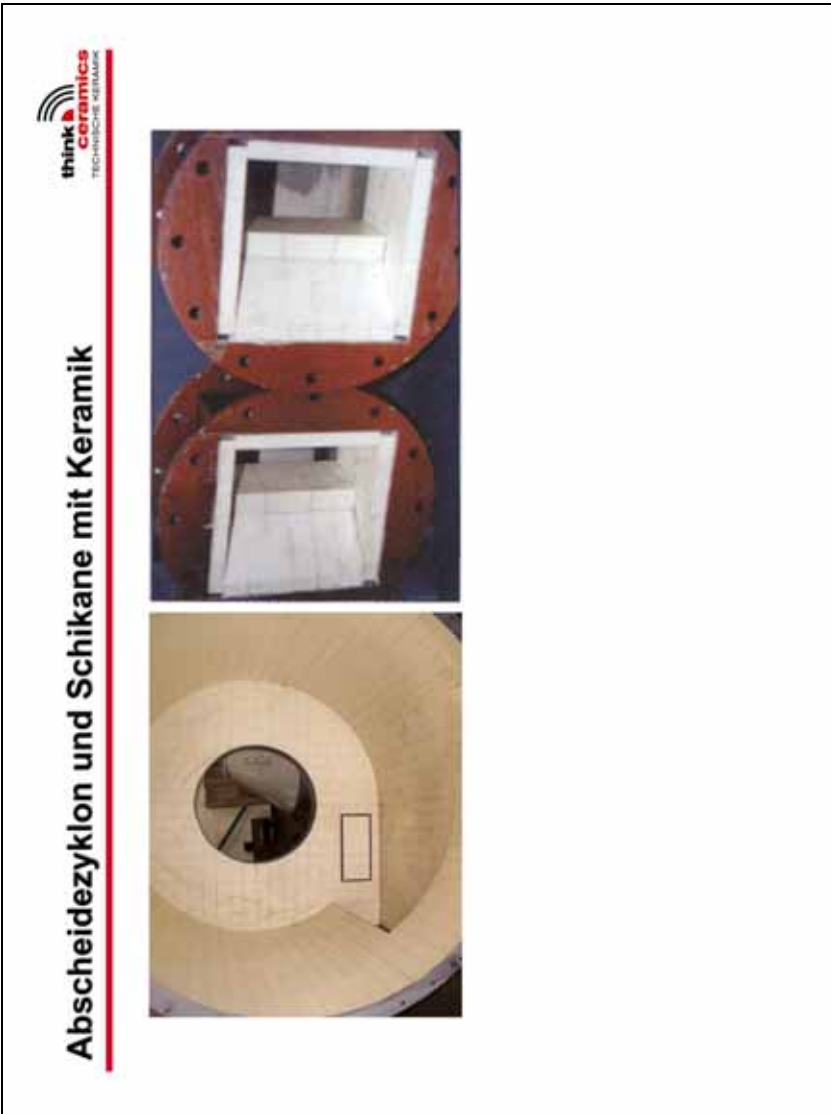


Vorteile von ausgekleideten Zellenradschleussen

- **Deutlich erhöhte Standzeiten**
- **Geringere Instandhaltungskosten**
- **Erhöhte Verfügbarkeit**
- **Bemerkenswerte Kosteneinsparung / m³ Fördergut**



4.6. Verschleißschutzprodukte - Folie 19

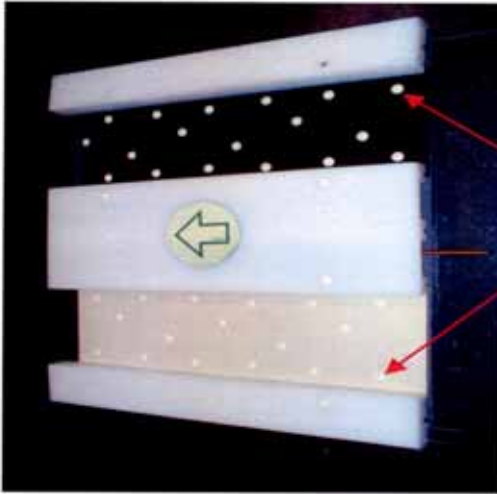


4.6. Verschleißschutzprodukte - Folie 20

Hydrozyklon und Cleaner



Keramik – Anlaufspur für Skisprungschanzen



ALOTEC - Keramik

4.6. Verschleißschutzprodukte - Folie 22