

5 Vorträge 4

5.1 SiC in Heizanlagen – Müllverbrennung bis Privathaushalt

- Dipl.-Ing. André Hiemann
Schunk Ingenieurkeramik GmbH
Willich-Münchheide

Die Folien finden Sie ab Seite 418.

5.1.1. Einleitung

SiC hat sich als Werkstoff für Bauteile im Temperaturbereich über 1.000°C in verschiedenen Anwendungen fest etabliert. Neben rein thermischen Beanspruchungen treten in zunehmendem Maß chemische Belastungen der den Verbrennungsgasen ausgesetzten Materialien in den Vordergrund. Das führt dazu, dass neben herkömmlichen Materialien wie z. B. Schamotte oder Edelstahl immer häufiger Keramik auf SiC-Basis zum Einsatz kommt.

Im vorliegenden Beitrag wird in diesem Zusammenhang auf die wachsende Bedeutung von Müllverbrennungsanlagen eingegangen, dem dortigen Einsatz von Hochleistungskeramik in der Rauchgaszone sowie keramischen Bauteilen für Heizungsanlagen in Privathaushalten, die mit Biomasse oder Heizöl betrieben werden.

5.1.2. Müllverbrennung

Abfall – eine Begleiterscheinung der modernen Zivilisation. Er steigt proportional mit dem Wohlstand einer Gesellschaft an.



Bild 1: Mülldeponie

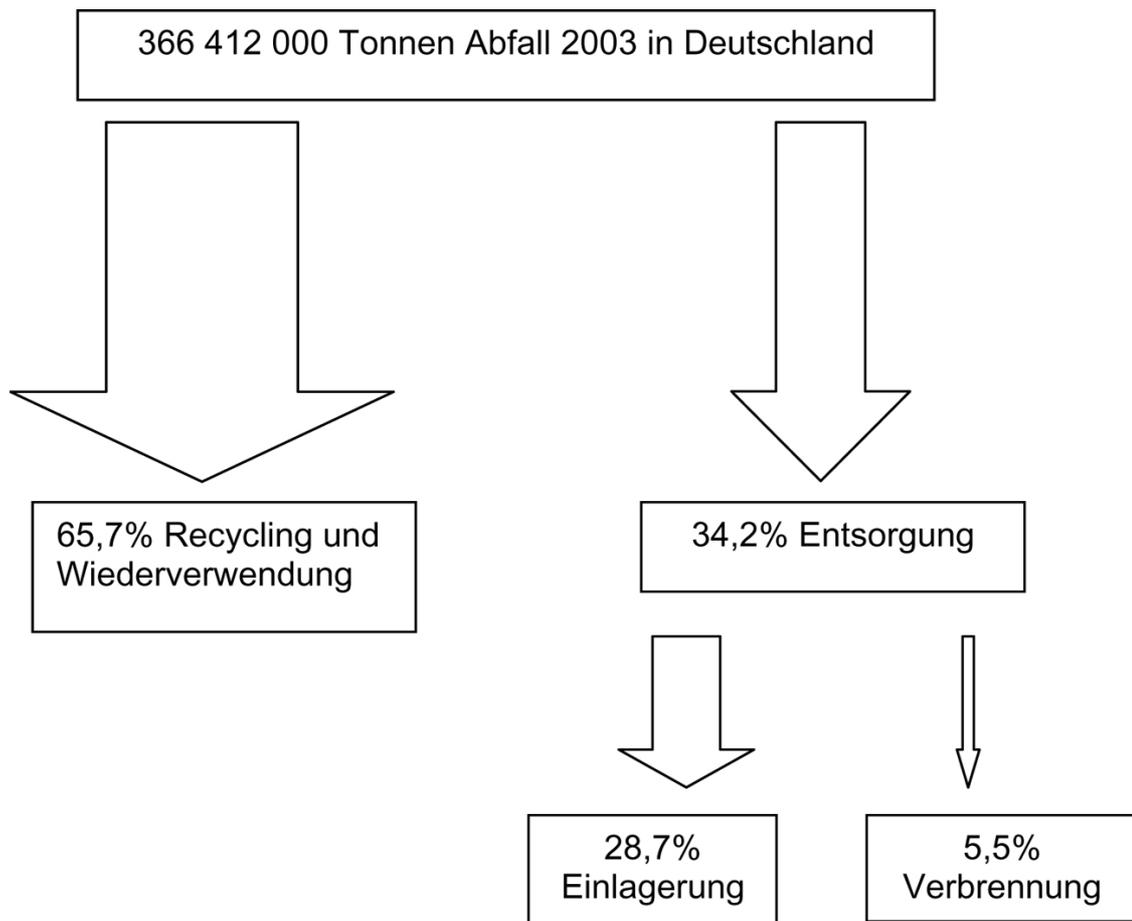


Bild 2: Weg des Abfalls

Vortragsblock 4

Im Jahr 2003 fielen allein in Deutschland insgesamt 366.412.000 Tonnen Abfall an.

Dieser Abfall wird differenziert entsorgt und seit vielen Jahren einer steigenden Wiederverwendung durch Recycling zugeführt. Auf das Jahr 2003 bezogen wurden von den ca. 366 Mio. Tonnen Abfall (65,8%) verarbeitet und dem Stoffkreislauf wieder zugeführt.

Der andere Teil - immerhin 34,2% - wurden endgültig entsorgt. Die Entsorgung geschieht dabei sowohl über Einlagerung als auch über Verbrennung.

Von diesem entsorgten Abfall wurden 28,7% in über- oder unter-tägigen Deponien eingelagert - der verbleibende Rest von 5,5% wurde verbrannt (1).

Bei diesen 5,5% handelte es sich mengenmäßig immerhin noch um rund 20 Mio. Tonnen Abfall, der entweder in Müllheizkraftwerken oder aufgrund seiner Toxizität oder Beschaffenheit in Sondermüllverbrennungsanlagen unter höheren Temperaturen thermisch umgesetzt wurde.

Betrachtet man die Herkunft des verbrannten Abfalls, so ergibt sich folgende Zusammensetzung.



Bild 3: verbrannter Abfall 2003 in Deutschland nach Herkunft

Der Hauptanteil stammt aus Siedlungsabfällen. Diese Abfälle kann jeder mit seinem Verhalten direkt beeinflussen.

Mitte 2005 trat in Deutschland ein Gesetz in Kraft, welches besagt, dass nur noch „behandelter“ Abfall auf Deponien eingelagert werden darf. „Behandelt“ heißt in diesem Sinne:

- mechanisch/biologisch behandelt oder
- -thermisch behandelt

Unbehandelter Abfall darf nicht mehr deponiert werden.

Ziel dieser Maßnahme soll sein, die vorhandenen Deponiekapazitäten längstmöglich zu nutzen.

Durch die damit einhergehende deutliche Reduzierung des Deponieabfallaufkommens ist mit einer gesteigerten Menge an Verbrennungsabfall (thermische Behandlung) zu rechnen.

Der technischen Ausstattung von industriellen Verbrennungsanlagen für diesen Abfall kommt eine besondere Bedeutung zu. Zu betrachten ist hier unter anderem die Heißgaszone in einer solchen Anlage (Bild 4, Bereich 4), da dieser Bereich sowohl thermisch (ca. 1.000°C – 1.200°C) als auch chemisch extrem hoch belastet ist. Die verbrannten Stoffe müssen möglichst schadstoffarm verbrennen und die dabei erzeugte Wärme soll maximal genutzt werden.

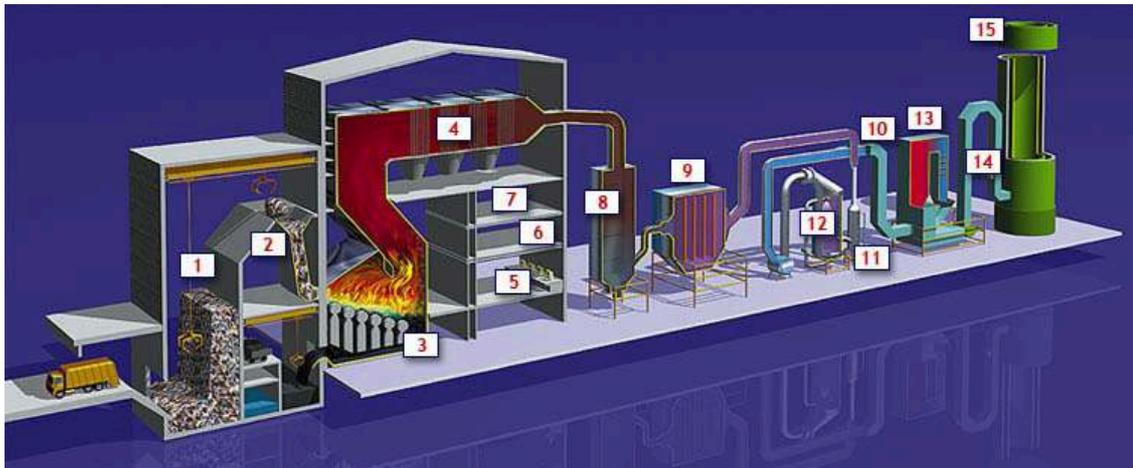


Bild 4: Schema eines Müllheizkraftwerks

Bereich 1 = Bunker

Bereich 2 = Aufgabetrichter in den Feuerungsraum

Bereich 3 = Feuerungsraum mit Stufenrost

Bereich 4 = Heißgaszone mit Wärmeabfuhr

Bereiche 5-7 = Schaltwarte, Fernwärmanlage, Dampfturbine (Die anderen Bereiche dienen im wesentlichen der mechanischen und chemischen Rauchgasreinigung und sollen hier unberücksichtigt bleiben)

Vortragsblock 4

Im Bereich 4 befinden sich Metallrohre in der Wandung, in denen das zur Wärmeübertragung genutzte Wasser zirkuliert. Das Wasser wird durch die Verbrennungsgase aufgeheizt und gibt seine Energie in Form von Dampf an Turbinen und/oder Fernwärmeanlagen ab.

Um diese Rohre chemisch und thermisch zu schützen werden sie zum Feuerraum hin mit einer feuerfesten Betonschicht versehen. Diese Schicht unterliegt einem hohen thermisch-chemischen Verschleiß und muss in regelmäßigen Wartungsintervallen erneuert werden.

Damit der Beton beim Aufbringen mittels Spritztechnik optimal abbinden kann, sind die Rohre außen mit waagerechten Metallstiften (Bild 5) versehen. Diese verhindern ein Abrutschen des aufgetragenen Frischbetons.

Um die Metallstifte vor Oxidation zu schützen werden Kappen oder Röhrrchen aus SiC-Keramik über die Stifte geschoben und einbetoniert.



Bild 5: Rohrsystem mit Stiften

Ein anderes System schützt die Wasserrohre, in dem SiC-Platten zum Feuerraum hin verbaut werden (Bild 6). Diese werden mit Beton hinterfüllt.

Ein Vorteil dieses System liegt darin, dass sich aufgrund der wesentlich glatteren Oberfläche der SiC-Platten gegenüber dem reinen Beton keine bzw. wesentlich weniger Ablagerungen durch die Heißgase bilden. Das führt zu weniger Verschleiß am Gesamtsystem, zu einem höheren Wärmeaustausch und zu verlängerten Wartungsintervallen.

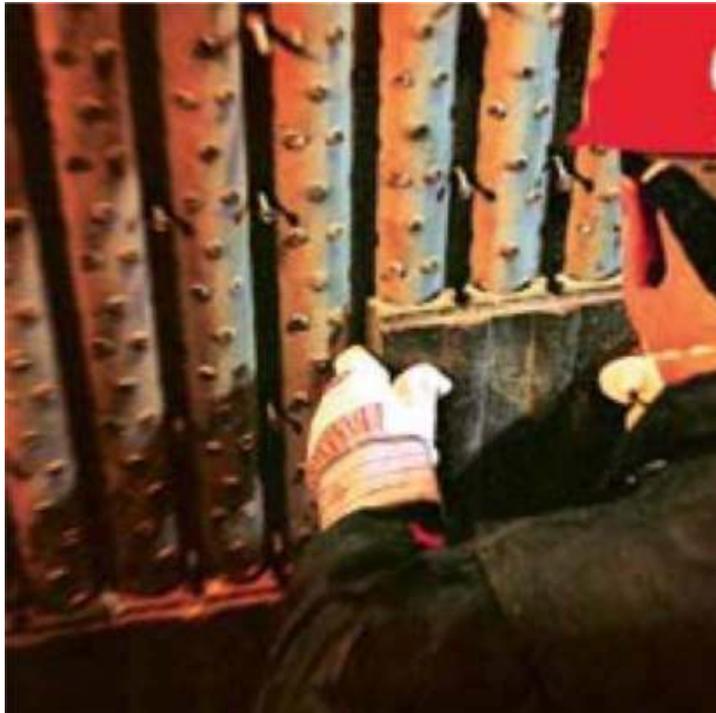


Bild 6: Verkleidungssystem mit SiC-Platten

Neben dem Einsatz von SiC in Hochtemperaturanlagen der Industrie gibt es auch Bedarf an diesem Material im häuslichen Heizungs-bereich.

5.1.2. Privathaushalt

Bei privat genutzten Heizungen geht es nicht um das Verbrennen von Abfall, sondern um reine Heizzwecke für den Wohnbereich und das Bereiten von Warmwasser.

Der dabei auftretende chemische Angriff auf thermisch belastete Bauteile sollte dementsprechend vernachlässigbar sein – meint man!

Dem kann aber nur z. T. zugestimmt werden. Je nach Heizmedium ist die Beanspruchung unterschiedlich stark ausgeprägt.

Teilt man die Heizungsanlagen nach der Art ihrer Beheizung ein, so zeigen sich im Wesentlichen folgende Anlagentypen:

- Öl beheizte Anlagen
- Gas beheizte Anlagen
- elektrische Heizungen
- Feststoff beheizte Anlagen

Vortragsblock 4

- Kombinationen daraus

(Geothermische, Photovoltaik- und Solarwärmeanlagen sollen hier nicht berücksichtigt werden)

Nicht zuletzt die stetig steigenden Bezugspreise von Gas und Öl lassen den Bedarf an Feststoff beheizten Anlagen in den letzten Jahren in die Höhe schnellen (Bild 7).

Dabei rückt zunehmend der Brennstoff Holz wieder in den Blickpunkt des Interesses. Dieser Brennstoff ist z. Zt. relativ kostengünstig zu beziehen und im CO₂ Ausstoß aufkommensneutral. Es wird nur soviel CO₂ ausgestoßen wie beim Wachsen aufgenommen wurde.



Bild 7: Pelletsheizungen in Deutschland

Mit einem weiteren starken Anstieg dieser Heizungen ist in den nächsten Jahren zu rechnen.

Im Gegensatz zu früheren Holzheizungen werden in modernen Anlagen nicht nur massive Holzscheite sondern auch andere Holzprodukte als Heizmittel genutzt. Damit verbunden ist eine Weiterentwicklung der Regelungstechnik der gesamten Heizungsanlage, die dadurch u. a. einen vollautomatischen Betrieb der Heizungen gewährleistet - genau so komfortabel wie man es von Gas- oder Ölheizungen her kennt.

Die erzeugte Wärme wird direkt an mehrere Bauteile im Ofenraum abgegeben, die als Wärmewandler wiederum das in Ihnen zirkulierende Wasser erwärmen.



Bild 8: moderne Heizstoffe aus Holz
(links Pellets, mitte Hackschnitzel,
rechts Stückgut)

In Bild 8 sind die heute zur Verbrennung üblichen Holzvarianten aufgeführt.

Pelletsheizungen werden i. d. R. bei kleineren Leistungen installiert (z. B. Einfamilienhäuser, Wohnungen). Die Pellets werden industriell in großen Mengen hergestellt und bestehen aus gepressten reinen Sägespänen. Zusatzstoffe jeglicher Art sind verboten. Die Zuführung in den Brennraum wird direkt über eine Förderschnecke aus einem Vorratsbehälter heraus realisiert.

Hackschnitzel werden in Heizungsanlagen höherer Leistung (> 30kW) eingesetzt und bestehen aus geschreddertem Holz, das in unterschiedlichen Feinheiten im Handel erhältlich ist. Auch hier erfolgt die Zuführung des Brennguts automatisch aus einem Vorratsbehälter heraus.

Sowohl Pellets als auch Hackschnitzel sind in Ihrer Zusammensetzung und Ausführung genormt, so dass gute Vergleichbarkeit besteht. Stückgutheizungen werden meist als Kombianlagen (Bild 9) eingesetzt, um neben dem automatischen Betrieb auch das Heizen mit manuell zugeführten Holzscheiten zu ermöglichen.

Im Gegensatz zu früheren Holzheizungen sind diese Anlagen feuerungstechnisch soweit optimiert, dass die Verbrennung nahezu rückstandsfrei erfolgt.

Die Restasche muss je nach Brenngutqualität einige wenige Male in der Saison entfernt werden.

Die dazu notwendige hohe Energiedichte in der Feuerzone stellt hohe thermische Ansprüche an die verwendeten Materialien.

Dazu kommt, dass das Holz aus unterschiedlichen Herkunftsgebieten stammt.



Bild 9: Kombikessel

Es leuchtet ein, dass natur belassenes Holz weitab jeder Industrie andere Inhaltsstoffe aufweist als Holz, das z. B. direkt neben einer viel befahrenen Autobahn geschlagen wurde (Einfluss von Streusalz, Abgase, Reifenabrieb usw.). Diese Inhaltsstoffe gehen z. T. in das Holz über und führen zu einer sehr starken chemischen Belastung der in der Heizung befindlichen Konstruktionsmaterialien.

So ist es nicht verwunderlich, dass einzelne Komponenten aus SiC-Keramik eine bessere Standzeit aufweisen als hitzebeständiger Edelstahl. Besonderes Augenmerk gilt hier diversen Rostbauteilen, Reaktorkammern und Auskleidungen.

In Heizungsanlagen, die mit Heizöl betrieben werden, kann es zu verkürzten Standzeiten an Brennerbauteilen aus hitzebeständigem Edelstahl kommen. Der Grund liegt nach heutigen Erkenntnissen darin, dass zunehmend entschwefeltes Heizöl als Energieträger eingesetzt wird um die Umwelt zu entlasten. Dieses Öl ist zurzeit noch nicht flächendeckend verfügbar – mit einer flächendeckenden Belieferung ist in den nächsten Jahren zu rechnen.

Beim Verbrennen dieses Öls wird beobachtet, dass Korrosion an Edelstahldüsen auftritt. Dieses als „metal dusting“ bezeichnete Phäno-

men kommt daher, da anwesender Schwefel im Gesamtsystem als Katalysator gegen Metallkorrosion wirkt – weniger Schwefel im Öl bedingt weniger Schutz der Metalle vor Korrosion. Das nachträgliche Zufügen von Additiven kann diese Erscheinung momentan noch nicht beheben.

Eine Substitution dieses Bauteils durch geeignetes SiC-Material verlängert die Standzeit der Düse nachweislich um ein Vielfaches. Das Heizöl kann weiterhin schwefelarm und umweltfreundlich eingesetzt werden, zusätzliche Additive sind nicht notwendig.

Mit einer zu erwartenden weiteren Verbesserung des Wirkungsgrades an Heizungsanlagen in Verbindung mit der Verbrennung von Feststoffen und im Zusammenhang mit der Kostensituation eines Bauteils über seine Standzeit gesehen sind die keramischen Materialien in den genannten Anwendungen weiter im Vormarsch.

Literaturverzeichnis:

(1) Statistisches Bundesamt 2003, Fachserie 19, Reihe 1

Bildverzeichnis:

Bild 1: Informationsdienst Wissenschaft 2004, Website

Bild 3: Energieversorgung Offenbach, Website

Bild 5: Mokesa AG Birsfelden, Prospekt

Bild 6: Pelletsverband Österreich, Pellets-Zeitung Frühjahr 2003

Bild 7: Ökofen Lembach, Prospekt

Bild 8: SHT Salzburg, Prospekt

Andere Bilder: Schunk Ingenieurkeramik GmbH

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 18) finden sich auf den folgenden Seiten.

***SiC in Heizungsanlagen
Müllverbrennung bis Privathaushalt***

André Hiemann
Schunk Ingenieurkeramik GmbH
Willich-Münchheide

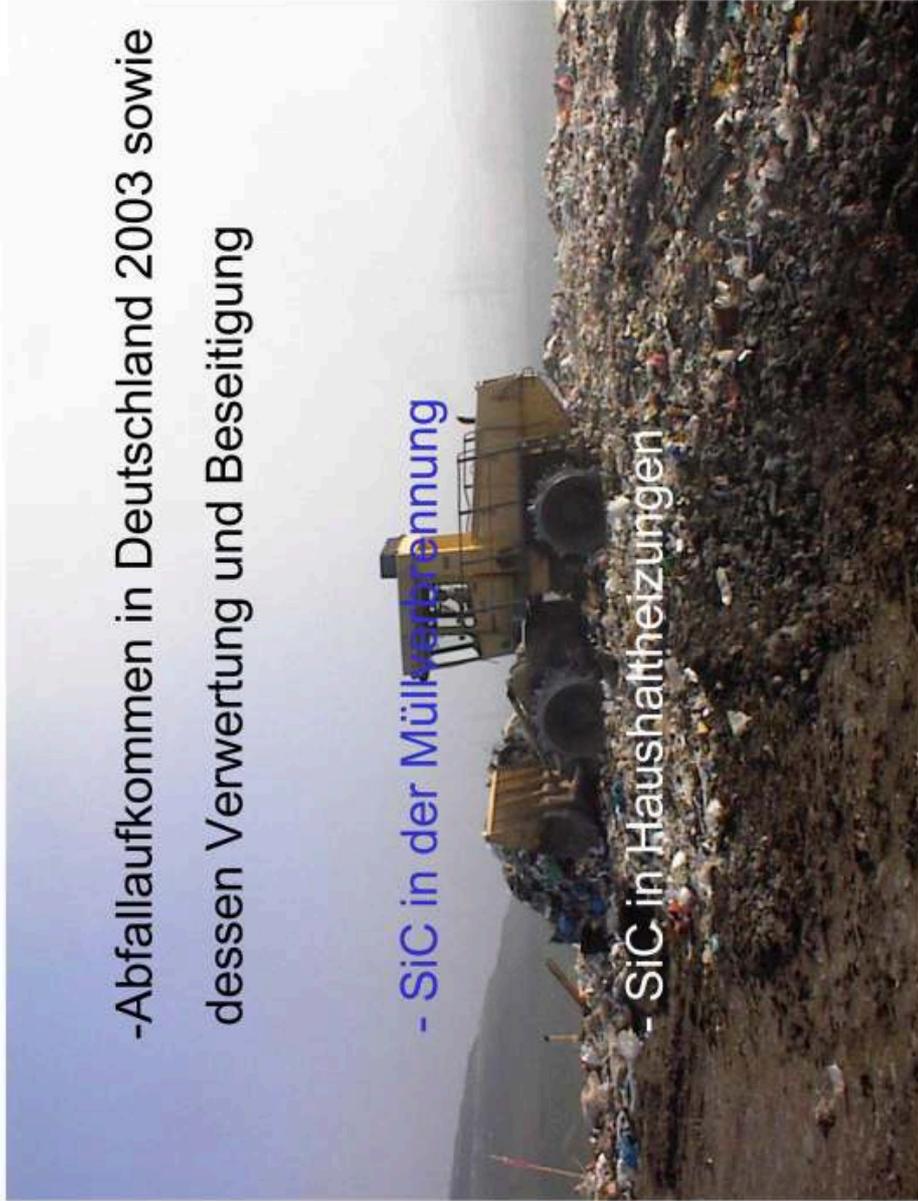


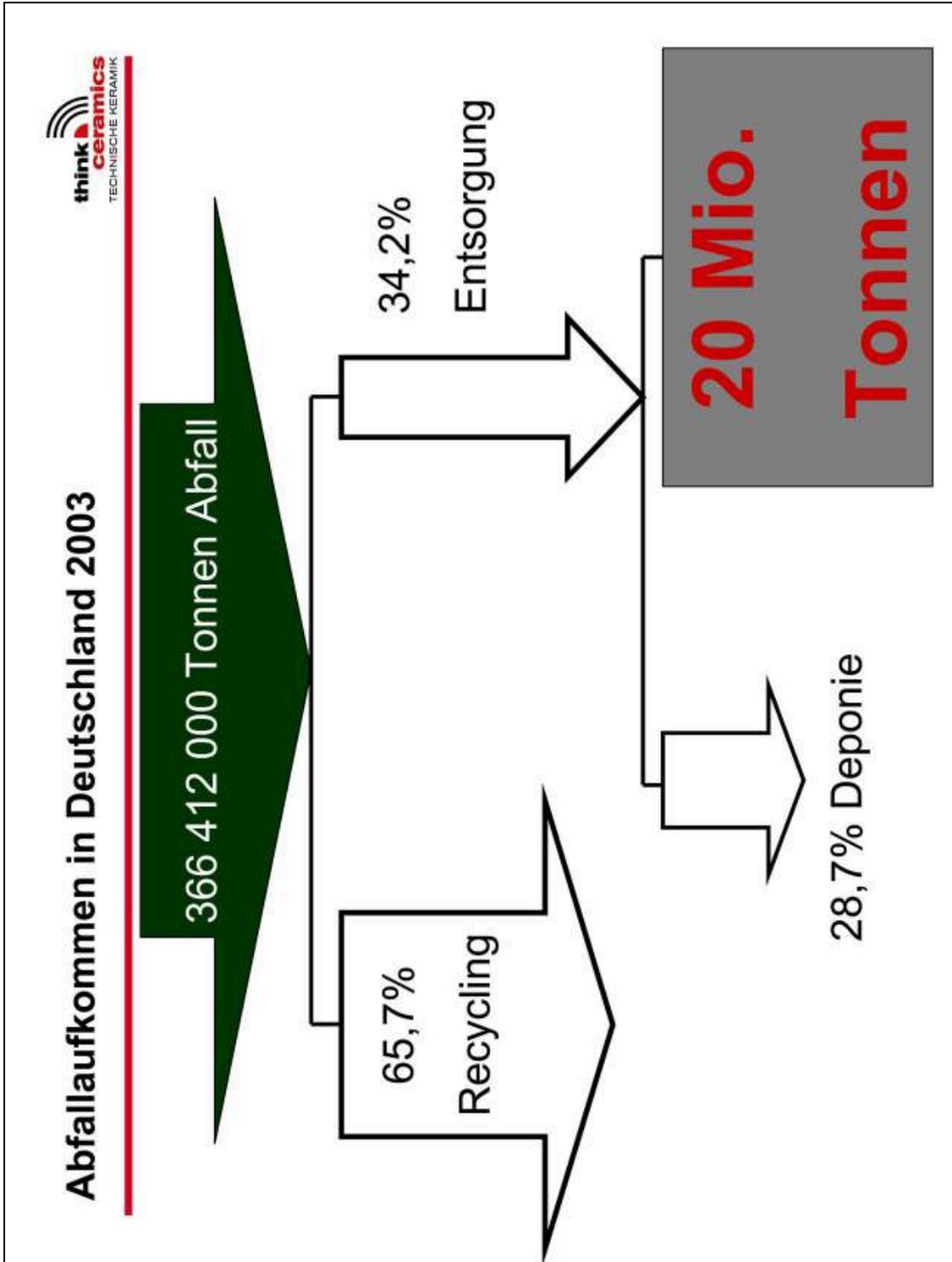
Gliederung

- Abfallaufkommen in Deutschland 2003 sowie
dessen Verwertung und Beseitigung

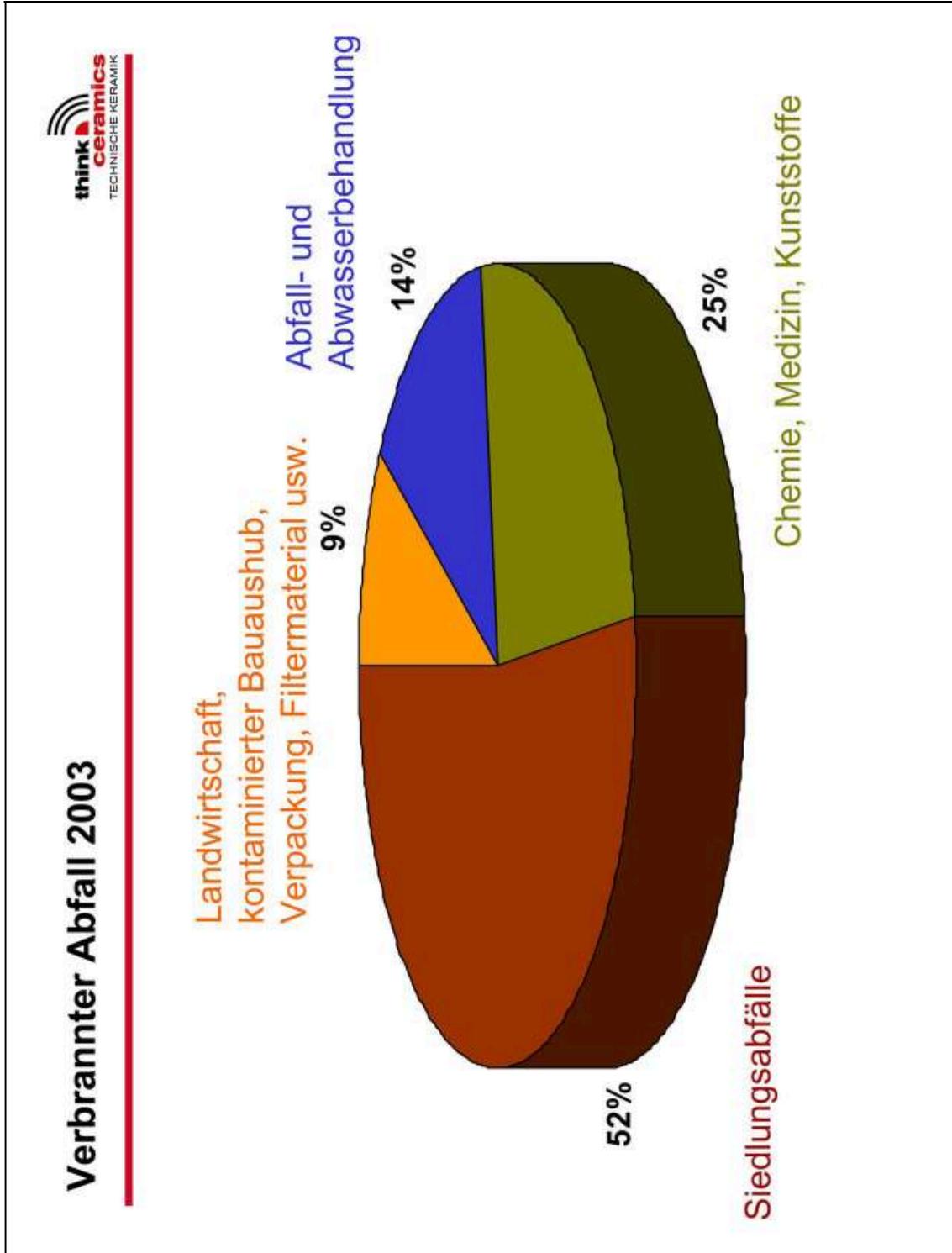
- SiC in der Müllverbrennung

- SiC in Haushaltheizungen

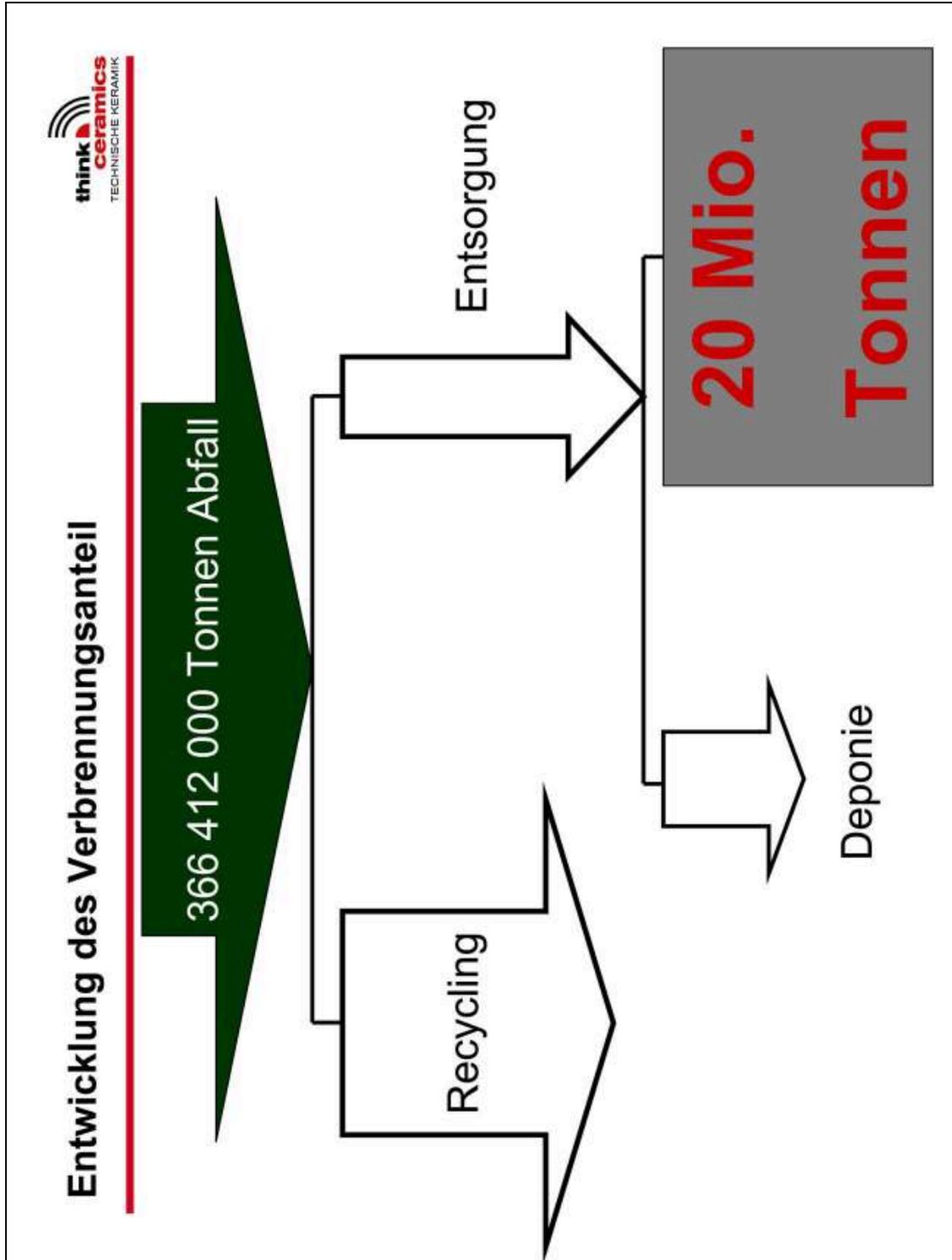




5.1 Keramik in Heizanlagen - Folie 3

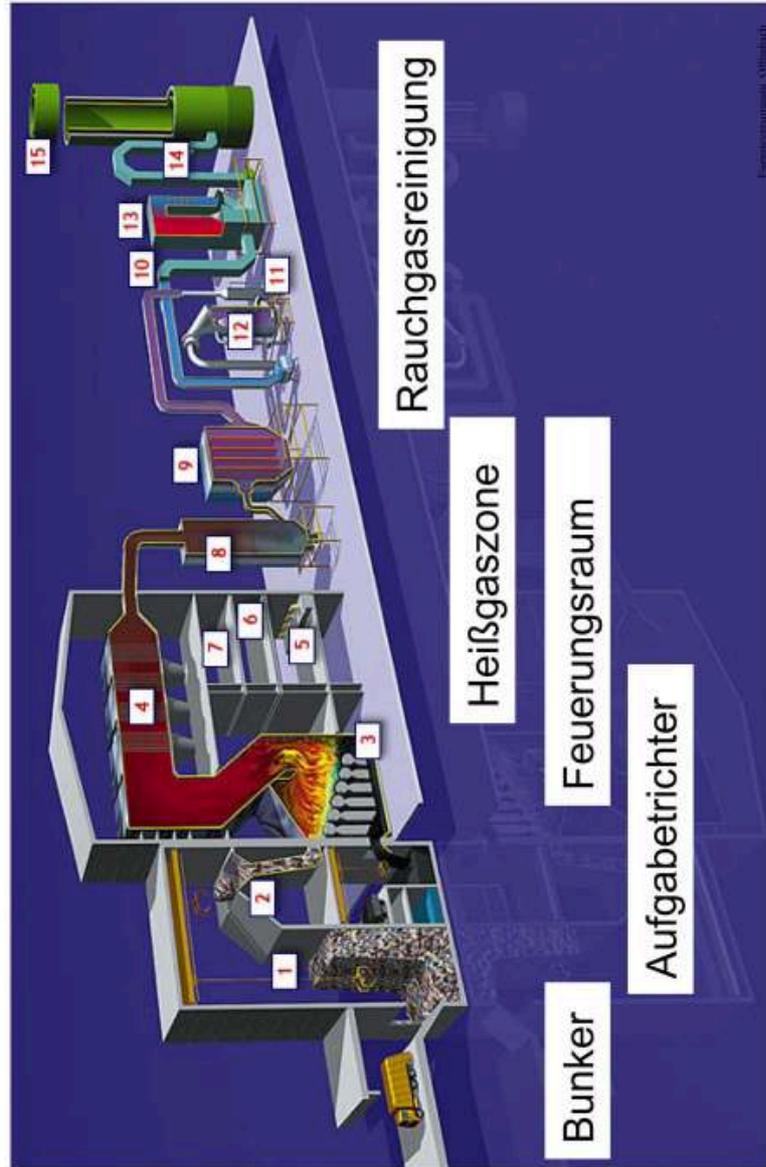


5.1 Keramik in Heizanlagen - Folie 4



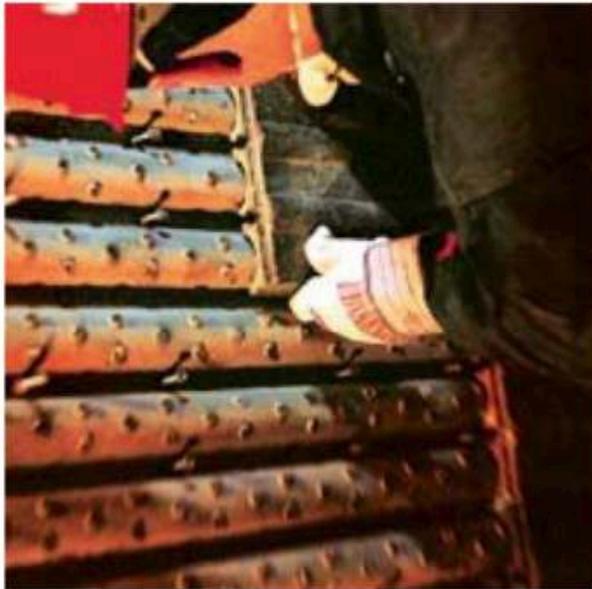
5.1 Keramik in Heizanlagen - Folie 5

Müllheizkraftwerk (Schema)



5.1 Keramik in Heizanlagen - Folie 6

Müllheizkraftwerk Wandverkleidung

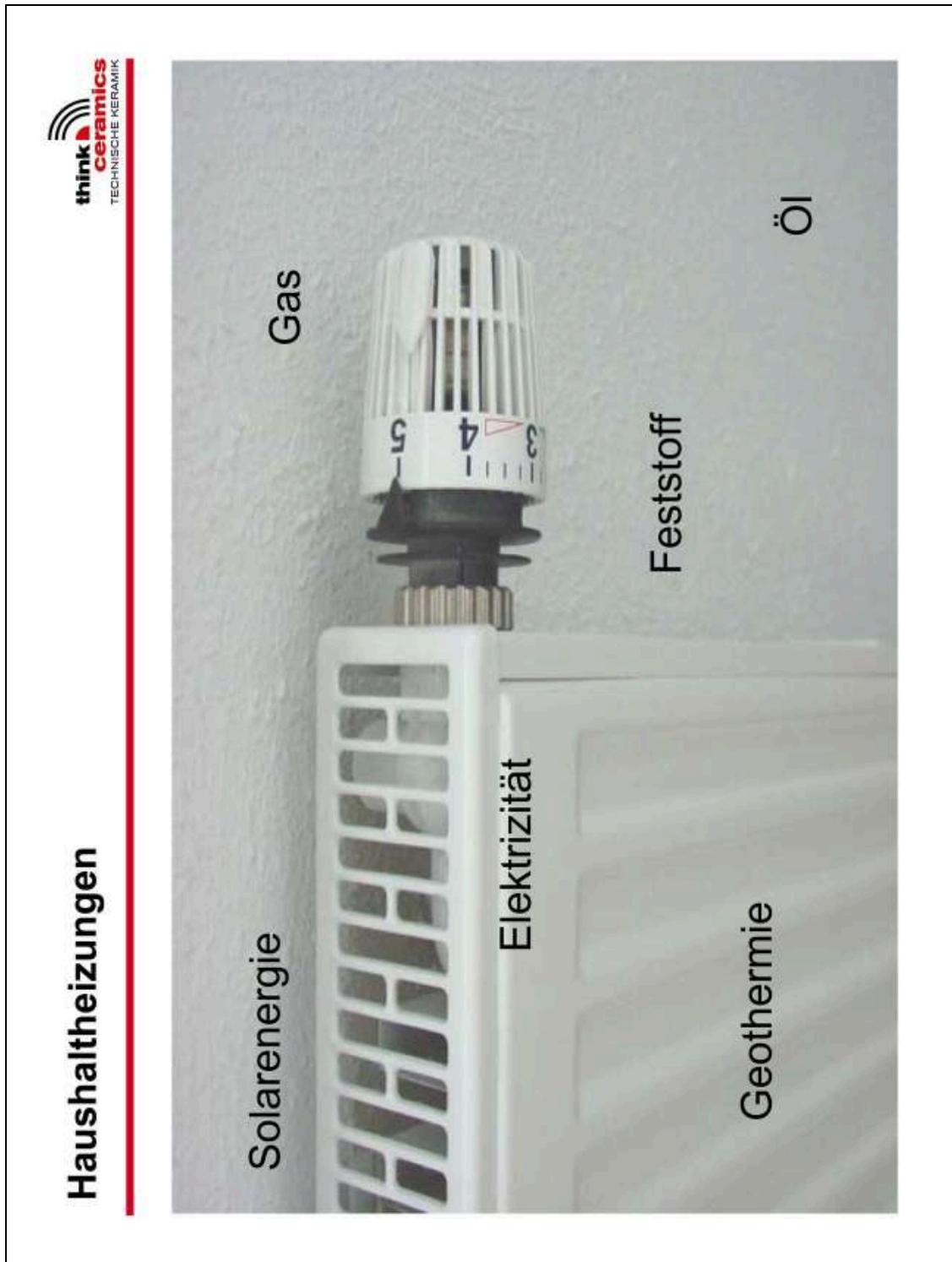


5.1 Keramik in Heizanlagen - Folie 7

Müllheizkraftwerk Wandverkleidung



5.1 Keramik in Heizanlagen - Folie 8



5.1 Keramik in Heizanlagen - Folie 9

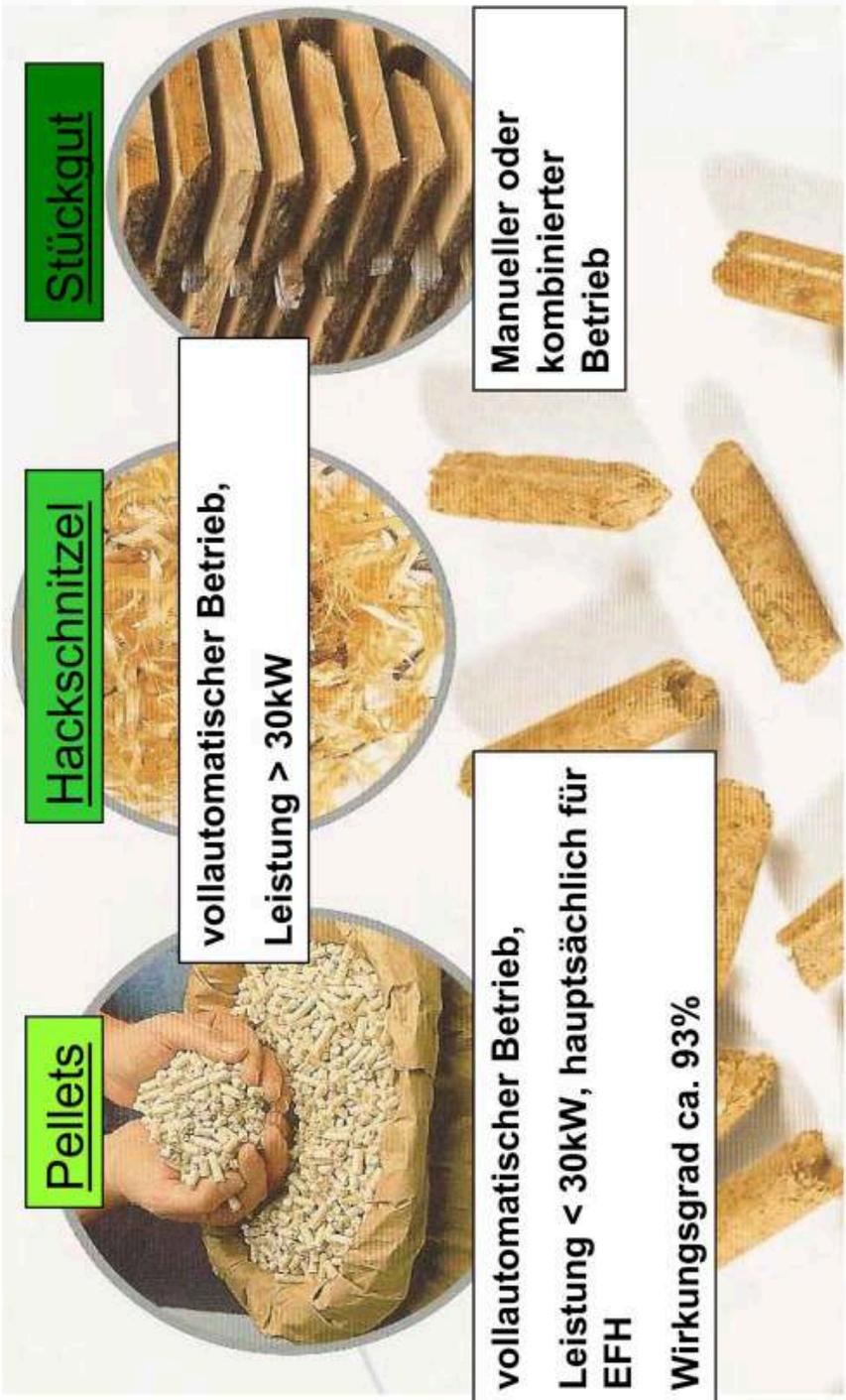
Entwicklung von Pelletsheizungen

Anhaltende Verteuerung von Gas und Heizöl



→ Ökologieaspekt → Biomasseheizungen

Bioheizstoffe



Pellets
vollautomatischer Betrieb,
Leistung < 30kW,
hauptsächlich für EFH
Wirkungsgrad ca. 93%

Hackschnitzel
vollautomatischer Betrieb,
Leistung > 30kW

Stückgut
Manueller oder kombinierter Betrieb

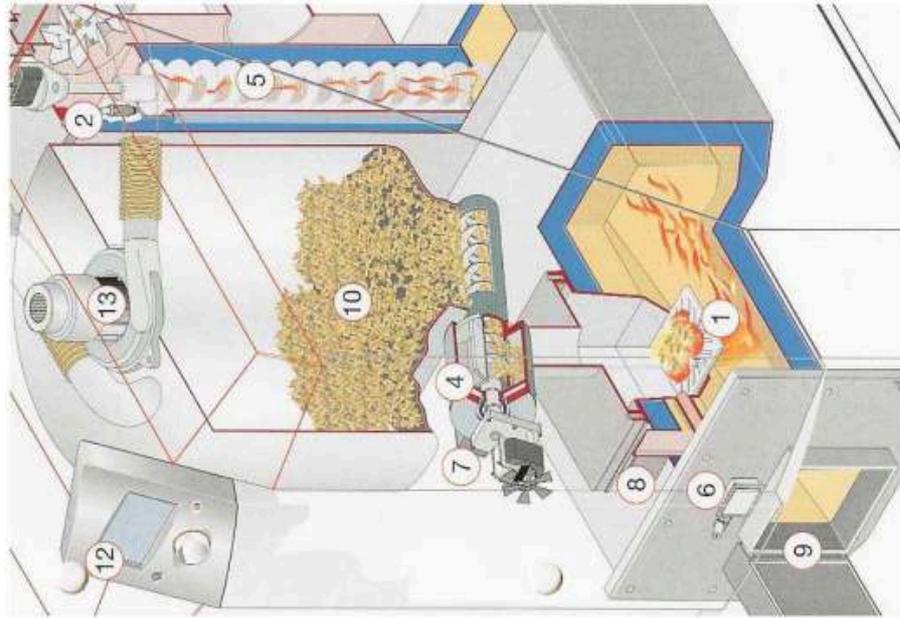
5.1 Keramik in Heizanlagen - Folie 11

Stückgutheizung in Kombination mit Pellets



5.1 Keramik in Heizanlagen - Folie 12

Pelletsheizung mit Sturzbrand



5.1 Keramik in Heizanlagen - Folie 13

Holz von hier... ... oder von hier !



Vortragsblock 4

think
ceramics
TECHNISCHE KERAMIK



Brennkammer

5.1 Keramik in Heizanlagen - Folie 15

Besonders beanspruchte Teile

- Roste
- Wandauskleidungen
- Reaktorkammern

Die Qualität der Pellets spielt eine entscheidende Rolle für die Standzeit der Hochtemperaturmaterialien
(Holz, Stroh, Getreide usw.)

Ölheizungen mit schwefelarmen Heizöl



Metal-Dusting = katastrophale Form der HT-Korrosion an Eisen-Nickelbasis-Legierungen (z.B. Alloy 601)

Besonders beobachtet bei Verwendung von schwefelarmen Heizölen.

Ursache: Kohlenwasserstoffe führen zu stark aufkohlenden Atmosphären bei 400°C – 800°C

Wirkung: an den Korngrenzen der aufgekohlten Bereiche bilden sich Metallcarbide → grübchenförmiger Abtrag von Metallpartikeln innerhalb kurzer Zeit

Verantwortlich: Aromatengehalt im Öl und fehlender Schwefel im Öl (Schwefel hemmt die Aufkohlung der Metalloberfläche).

Beim Einsatz von Keramik als Brennermaterial spielt weder Schwefel noch der Aromatengehalt eine Rolle!

Zusammenfassung



Der zu verbrennende Abfall in industriellen Anlagen steigt stark an. Die Anforderungen an die Materialien in der Heißgaszone steigen entsprechend.

Biomasse ist thermo-chemisch hoch aggressiv.
Biomasseheizungen nehmen zahlenmäßig weiter zu.

Standzeitverlängerung von Brennerdüsen beim Einsatz schwefelarmer Heizöle in Haushaltheizungen.