

<b>Datenblatt</b>		<b>Index-No.</b>		<b>WT/I-01_ICC</b>	
<b>Zur Beschreibung von:</b>					
Verfahren	X	Technik		anderes	
Bezeichnung	<b>Energieerzeugung aus Abfällen – Industrielle Mitverbrennung</b> (ohne Rauchgasreinigung) ↗ siehe auch Datenblatt "Rauchgasreinigung", Datenblatt-Nr. <a href="#">WT/I-04_FGC</a>				
Einsatz- bzw. Anwendungsziele	Thermische Verwertung von (zumeist vorbehandelten) Abfälle bzw. Abfallgemischen als sogenannter Ersatzbrennstoff (EBS) in industriellen Feuerungsprozessen zur Energiegewinnung und Substitution von Primärenergieträgern				
<b>Charakterisierung des allgemeinen Anwendungsrahmens (bitte auch Fußnoten beachten)</b>					
<b>Insbesondere anwendbar für folgende Abfallarten</b>					
Gemischte Haushaltsabfälle	X	Leichtverpackungen	(X <sup>1</sup> )	Speise- und Grünabfälle	
Papier/Pappe/Kartonagen	(X <sup>1</sup> )	Altglas		Sperrmüll einschließlich Elektro- und Haushaltsaltgeräte	(X <sup>1</sup> )
Altmittel		Altholz	X <sup>2</sup>	Bau- und Abbruchabfälle	(X)
Altöl	(X <sup>3</sup> )	Altfarben/-lacke	X	Altreifen	X <sup>3</sup>
Gefährliche Abfälle	(X)	teilweise, nur Stoffe mit mittlerem bis hohen Heizwerten			
Produktions- bzw. branchenspezifische Abfälle	X	Geeignete, insbesondere chlor- und schwermetallarme Stoffe mit mittlerem bis hohen Heizwerten			
Andere Abfallarten	X	insbesondere chlor- und schwermetallarme Stoffe mit mittlerem bis hohem Heizwert, speziell Klärschlamm, Tiermehl, Sortierreste von Gewerbeabfall			
<b>Spezielle Charakteristika und Anforderungen der Anwendung</b>					
<b>Notwendigkeit einer Vorbehandlung:</b> Zur Nutzung von Abfällen für die industrielle Mitverbrennung müssen die speziellen Anforderungen der entsprechenden Verwertungsanlagen beachtet und bei der Aufbereitung der Ersatzbrennstoffe entsprechend berücksichtigt werden. In der Regel ist die Einstellung bestimmter chemisch-physikalischer Eigenschaften (Heizwert, Feuchte, Stückigkeit, Chlor-/Schwermetallgehalte) notwendig. Es können auch spezielle Monoverbrennungsanlagen (sogenannte EBS-Kraftwerke) auf der Basis der Verfahren der Rost- [↗ siehe Datenblatt "Rostfeuerung", Datenblatt-Nr. <a href="#">WT/I-02_GCO</a> ] bzw. Wirbelschichtfeuerung [↗ siehe Datenblatt "Wirbelschichtverbrennung", Datenblatt-Nr. <a href="#">WT/I-03_FBC</a> ] genutzt werden, die speziell auf die Verbrennung von Ersatzbrennstoffen ausgelegt sind.					
<b>Verwertungsmöglichkeiten des Outputmaterials:</b> Schlacken aus der Abfallverbrennung können deponiert aber auch in der Bauindustrie eingesetzt werden, bspw. als ungebundene Tragschicht im Straßenbau, Brennstoffaschen können im Zementklinker Verwendung finden. In Kraftwerken anfallende mineralische Nebenprodukte (Flugasche, Grobasche – Kesselsand, Schmelzkammergranulat, REA-Gips) sind als Baustoffe im Betonbau, Bergbau, Straßen- und Wegebau sowie im Erd-, Grund- und Landschaftsbau einsetzbar					
<b>Beseitigungs- und Ablagerungsmöglichkeiten für Outputmaterial:</b> Verbrennungsrückstände (Schlacken, Asche) sind für eine Deponierung und unter bestimmten Umständen (Bett- und Flugaschen) auch zur bergbaulichen Verfüllung geeignet. Bei der Rauchgasreinigung abgetrennte Stoffe müssen jedoch wie gefährliche Abfälle gehandhabt werden und sind in besonderen Anlagen abzulagern, welche für diese Stoffe geeignet und zugelassen sind. ↗ siehe Datenblatt "Sonderabfalldeponie", Datenblatt-Nr. <a href="#">WD/D-04_HAL</a> .					
<b>Besondere Schutzanforderungen:</b> Mit- und Monoverbrennungsanlagen müssen insbesondere zusätzliche Brandschutzvorkehrungen für den Bereich der Lagerung der Ersatzbrennstoffe treffen. Rauchgase aus der Verbrennung sind so zu behandeln und zu reinigen, dass keine erhöhten Gesundheitsrisiken oder nachteiligen Wirkungen auf Schutzgüter und die Umgebung entstehen und rechtliche Vorgaben eingehalten werden. ↗ siehe Datenblatt "Rauchgasreinigung", Datenblatt-Nr. <a href="#">WT/I-04_FGC</a> .					

<sup>1</sup> Stofflichen Verwertungswegen ist der Vorzug zu geben, allerdings gute Eignung für heizwertreichere Reste aus der Sortierung./Aufbereitung der genannten Materialien nach deren Aufbereitung und Abreicherung in Bezug auf Chlor- und Schwermetallgehalte

<sup>2</sup> Die Möglichkeit stofflicher Verwertungswege (Holzrecycling) insbesondere für unbehandelte, naturbelassene Altholzfraktionen ist zu prüfen und zu bevorzugen. Spezielle Holzverbrennungsverfahren (Monoverbrennung) sind ebenfalls geeignet.

<sup>3</sup> stoffliche Verwertungswege sind ebenfalls zu prüfen und ggf. zu bevorzugen

**Potenzielle Gesundheitsrisiken:** Die Freisetzung unbehandelter Rauchgase stellt ein hohes Gesundheitsrisiko für die Anrainerbevölkerung dar, dem jedoch durch Nutzung der hier angezeigten modernen Reinigungstechnik und Schutzvorkehrungen effektiv begegnet werden kann. Mit Rauchgasreinigungstechnologien nach heutigem Stand der Technik ausgerüstete Verbrennungsanlagen gelten als unbedenklich in Bezug auf Gesundheitsrisiken.

**Erfordernisse der Nachsorge:** abgelagerte Verbrennungsrückstände bedürfen der Überwachung und Nachsorge

**Geeignete Finanzierungsmechanismen:** Die zusätzlichen Investitionen und betrieblichen Maßnahmen zur Realisierung der Mitverbrennung lassen sich durch die Erhebung von Behandlungsgebühren vom Anbieter der Ersatzbrennstoffe (Zuzahlungen zur Brennstoffabnahme) oder aus den Ersparnissen für dadurch substituierte Regelbrennstoffe finanzieren. Die Behandlungsgebühr kann vom Abfallaufbereiter dem Abfallerzeuger durch Erhebung von Entsorgungsgebühren in Rechnung gestellt werden

### Einfluss äußerer Gegebenheiten auf die Art und den Umfang der Anwendbarkeit

**Infrastrukturelle Gegebenheiten:** Da die industrielle Mitverbrennung vorwiegend in bereits existierenden Anlagen erfolgt, sind die infrastrukturellen Voraussetzungen bereits gegeben. Aufgrund der erforderlichen Erweiterung des Annahmebereiches sowie der Lagerfläche für den Ersatzbrennstoff muss der dafür notwendigen Platz vorhanden sein bzw. geschaffen werden.

**Klimatische Gegebenheiten:** keine besonderen Anforderungen oder Einschränkungen, die Nutzung der industriellen Mit- oder Monoverbrennung von Ersatzbrennstoffen ist jedoch für kalte Regionen mit hohem Energie- und Fernwärmebedarf besonders empfehlenswert

### Technische Details

#### Allgemeiner Überblick

**Kurzbeschreibung** Bei der industriellen Mitverbrennung werden vorbehandelte Abfälle als sogenannte Ersatzbrennstoffe (EBS) in industriellen Feuerungsprozessen thermisch genutzt. Dafür in Frage kommende Anlagen sind vorwiegend Kraftwerke mit Stein- oder Braunkohleneinsatz, Zement- und Kalkwerke, Hochofen- und Pyrolyseanlagen sowie speziell konzipierte Kraftwerksanlagen die eine Monoverbrennung der EBS vornehmen. Durch den Einsatz der Ersatzbrennstoffe werden Primärenergieträger substituiert und Abfälle energetisch verwertet. Während sich die Substitutionsrate in Kraftwerken in einem Bereich von 5-25% bezogen auf die Feuerungswärmeleistung bewegt, ersetzen Zementwerke ihren Brennstoffbedarf zum Teil bereits zu bis zu 60% und darüber auf diese Weise. Die Mitverbrennung in Kraftwerksanlagen erfolgt unter Einschluss einiger Modifizierungen z.B. in der Brennstofflagerung und -aufgabe zumeist mittels gängiger Techniken der Rost- [↗ siehe Datenblatt "Rostfeuerung", Datenblatt-Nr. [WT/I-02\\_GCO](#)] bzw. Wirbelschichtfeuerung [↗ siehe Datenblatt "Wirbelschichtverbrennung", Datenblatt-Nr. [WT/I-03\\_FBC](#)], vor allem in Zementwerken kommt noch das Verfahren der Drehrohrfeuerung hinzu. Bestehende Anlagen zur Rauchgasreinigung können mitgenutzt werden oder benötigen im Abhängigkeit vom Brennstoff gewisse Erweiterungen.

**grundlegende Anforderungen** - durch vorwiegend mechanische Aufbereitung der einzusetzenden Abfälle sind bestimmte chemisch-physikalische Eigenschaften, die den speziellen Anlagenanforderungen genügen, beim Ersatzbrennstoffe herbeizuführen, ferner ist die so erreichte Qualität gleichbleibend zu sichern. Einige gängige Qualitätskriterien sind nachfolgend im Überblick wiedergegeben.

Parameter	Einheit	Kraftwerke	Zementwerke
Korngröße	mm	10-25	ca. 30
Störstoffe		Mineralien, Metalle, Holz, Hartkunststoffe, Langteile	
Aschegehalt	Ma.-% (TS)	10-25	10-25
Feuchtegehalt	Ma.-%	10-25	10-26
Heizwert	MJ/kg	16-19	14-22
Chlorgehalt	Ma.-% (TS)	0,5-1,0	
Schwermetallgehalt	mg/kg (TS)	Vorgaben entsprechend RAL-GZ 724	

zu erwartende Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Output Kraftwerke: <ul style="list-style-type: none"> <li>- mineralische Nebenprodukte in Form von Schlacken, Flugasche, Grobasche (Kesselsand), Schmelzkammergranulat und REA-Gips</li> <li>- Energie</li> <li>- Rauchgas</li> </ul> </li> <li>• Output Zementwerke: <ul style="list-style-type: none"> <li>- durch den Einbau der Brennstoffaschen in den Zementklinker handelt es sich bei der Verwertung von Ersatzbrennstoffen in der Zementindustrie um eine weitgehend reststofffreie Verwertung</li> </ul> </li> </ul>
besondere Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Substitution von Primärenergieträgern (in Verbindung mit Ersparnissen oder sogar Einnahmen aus der Nutzung des Alternativbrennstoffs)</li> <li>- Reduzierung der weiterzubehandelnden und abzulagernden Abfallmenge, Entlastung von Deponien</li> <li>- Senkung des Schadstoff- und Reaktionspotenzials von Abfällen, z.T. sogar reststofffreie Verwertung</li> <li>- deutlich weniger kostenintensiv als Regelabfallverbrennungsanlagen</li> </ul>
spezifische Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>- evtl. Veränderungen von Produkten (Zement, Ziegel, Stahlschlacke)</li> <li>- erhöhte (thermische) Belastung und Beanspruchung der Feuerungsanlage und Abgasführung</li> <li>- erhöhte Korrosionsgefahren, somit höherer Wartungsbedarf</li> <li>- z.T. höhere Abgaswerte als bei Monoverbrennungsprozessen (Standardbetrieb)</li> <li>- Reaktive Aschen/Schlacken</li> <li>- Zusätzliche Investitionen und kompliziertere Betriebsführung</li> <li>- erhöhtes Risiko von Anlagenstillständen durch EBS bedingte Störungen</li> </ul>
<b>Anwendungsdetails</b>	
Technische Umsetzung	<p>Abfallaufbereitungsverfahren und dabei bestehende Möglichkeiten zur Herstellung von Ersatzbrennstoffen sind bereits in verschiedenen Datenblättern ausgeführt (↗ siehe z.B. Datenblätter "Sperrmüllsortierung", Datenblatt-Nr. <a href="#">WT/R-04 BWS</a> bzw. "Mechanisch-biologische Behandlung", Datenblatt-Nr. <a href="#">WT/S-01 MBT</a>) Für den eigentlichen Verbrennungsprozess kommen im Grundsatz die ebenfalls separat dargestellten Techniken der Rost- [↗ siehe Datenblatt "Rostfeuerung", Datenblatt-Nr. <a href="#">WT/I-02 GCO</a>] bzw. Wirbelschichtfeuerung [↗ siehe Datenblatt "Wirbelschichtverbrennung", Datenblatt-Nr. <a href="#">WT/I-03 FBC</a>] in Frage. Üblicherweise kommen folgende Varianten zur Anwendung für eine Mitverbrennung:</p> <p><u>in Dampfkraftwerken:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Variante 1: Nutzung und Optimierung der bestehenden Anlagenkomponenten zur vorwiegenden Mitverbrennung von EBS</li> <li>- Variante 2: Verwertung der EBS in einem vorgeschalteten Vergaser oder Pyrolysedrehrohr und Mitverbrennung im bestehenden Kessel</li> <li>- Variante 3: Verwertung der EBS in einem Kessel mit zirkulierender Wirbelschicht</li> <li>- Variante 4: Verwertung der EBS in einem extern betriebenen Wirbelschichtkessel mit Rauchgasreinigung und Nutzung des bestehenden Dampfkessels (Verbundschaltung).</li> </ul>

Fortsetzung  
Technische Umsetzung

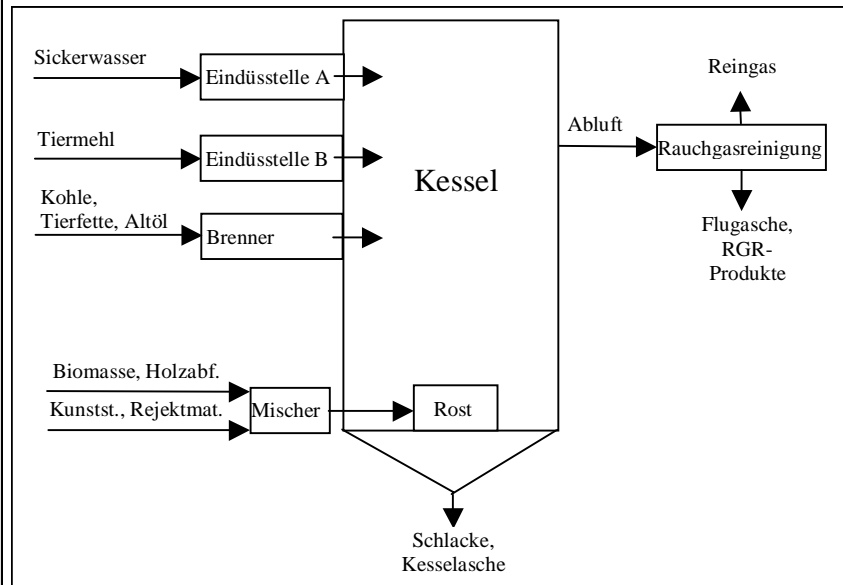


Abb. a: Schema zur beispielhaften industriellen Mitverbrennung in einem Kraftwerk *in der Zementindustrie:*

Der Einsatz von Ersatzbrennstoffen in der Zementindustrie erfolgt in der Phase des Klinkerbrennprozesses sowie im Zementherstellungsprozess. Zur Anwendung kommt dabei insbesondere der *Drehrohrofen*.

Dieser besteht aus einem in Längsrichtung leicht geneigtem Drehrohr, bei dem durch rotierenden Umlauf ein Transport des am Drehrohereinlauf aufgegeben Materials einschließlich der Abfallstoffe innen längs im Ofen herbeigeführt wird und zwar von der Einlaufseite zur Auslaufseite. Die Zugabe von stückigen Abfällen im Drehrohrofeneinlauf beeinflusst sowohl die zuzuführende Menge an fossilen Brennstoffen als auch deren Verteilung auf Drehrohrofen und Calcinator. Diese Verteilung muss z.B. für die Steuerung der Anlage bekannt sein, um konstante Brennbedingungen zur Erzielung einer gleichmäßig hohen Produktqualität zu erreichen. Trocknung, Aufheizung und Entgasung von flüchtigen Abfallbestandteilen findet bereits in der Nähe des Drehrohrofeneinlaufs statt, die freigesetzten Gase durchströmen zusammen mit den Abgasen aus dem Drehrohrofen den Calcinator. Die Verbrennung der flüchtigen Komponenten findet innerhalb des Calcinators statt. Die Vergasung der festen Bestandteile, Verbrennung der erzeugten Gase und der Stoffübergang finden erst in Richtung des Rohrauslaufes statt. Eine entscheidende Rolle beim Einsatz von Substitutionsbrennstoffen spielt das Elementverhältnis sowie das Verhältnis der Heizwerte von fossilen und Ersatzbrennstoffen. Letztere verbrennen aufgrund der extrem hohen Temperaturen im Drehrohr (Flammentemperatur >2000 °C) ohne die Entstehung schädlicher Abgase. Stickoxide werden durch sogenannte DeNOx-Verfahren aus den Abgasen entfernt.

Stofffluss und –mengen

In Abhängigkeit von der Technologie, welche zur industriellen Mitverbrennung von Ersatzbrennstoffen eingesetzt wird, wird ein Teil des herkömmlich eingesetzten Regel- oder Primärbrennstoffes durch EBS ersetzt. Wie hoch dieser Anteil ist, hängt von der Art des EBS, der Technologie und den Anforderungen an die Produkte ab.

Anwendungsbereich,  
Kombinierbarkeit mit  
anderen Techniken

- Die industrielle Mitverbrennung kommt für Produktions- und Energieerzeugungsprozesse auf der Basis von Verbrennungsverfahren für mittel- und hochkalorische Stoffe in Frage, neben speziell konzipierten EBS-Monokraftwerken spielen hierbei insbesondere die Zementindustrie, Stein- und Braunkohlekraftwerke, seltener Kalk- und Ziegeleiwerke, die Eisen- und Stahlindustrie und NE-Metallindustrie eine vordergründige Rolle

<b>Orientierungswerte für die Anwendung</b>	
<b>Ressourceneinsatz</b>	
Energiebilanz	durch Einsparung von Primärenergieträgern, der Energie für deren Gewinnung und Aufarbeitung sowie durch die Nutzung regenerativer Abfallanteile und deren energetischen Potenzials wird eine positive Energiebilanz erzielt
CO <sub>2</sub> -Relevanz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um bis zu 35 % bei teilweisen Ersatz der Primärbrennstoffe,</li> <li>- bei ausschließlichen Einsatz von EBS würden die klimarelevanten Emissionen aus den Primärbrennstoffen und aus der anderweitigen Verwertung der EBS entfallen</li> </ul>
Benötigte Hilfsmittel oder Zusatzstoffe	- Hilfs- und Zusatzstoffe um EBS im Rahmen der industriellen Mitverbrennung einsetzen zu können, werden nicht benötigt. Es besteht aber ein erweiterter Aufbereitungsbedarf für die Abfälle einschließlich der hieraus resultierenden Zusatzaufwendungen.
Personalbedarf	- geringfügig zusätzlicher Personalbedarf bei der Verwertungsanlage für die Annahme und Aufgabe des EBS (Qualitätssicherung, Aufgabe ggf. mittels Radlader, Wartung und Instandhaltung der Sekundärbrennstoffdosierung)
Flächenbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zusätzlich Lagerfläche für EBS, je nach Bedarf und Einsatz in der Anlage</li> <li>- zusätzlich Platzbedarf im Annahmehereich</li> </ul>
Nachsorgeaufwand	<ul style="list-style-type: none"> <li>- der überwiegende Teil der Produkte wird verwertet</li> <li>- ein geringer Anteil der Produkte (Schlacke, Grobasche) kann zur Entsorgung in Deponien oder Tagebaue eingebracht werden und unterliegt dort den herkömmlichen Nachsorgeprozeduren</li> </ul>
<b>Kosten</b>	
Investitionskosten	<p>Für die Mitverbrennung von Ersatzbrennstoffen in bestehenden industriellen Feuerungsanlagen sind Zusatzinvestitionen erforderlich. Diese ergeben sich insbesondere durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planung und Errichtung des Annahmehereiches, der Förder- und Dosiereinrichtungen</li> <li>- einer ggf. erforderlichen Erweiterung der Rauchgasreinigung und Emissionsmesstechnik.</li> </ul> <p>Die zusätzlichen spezifischen Investitionskosten erreichen einen Bereich von 1,3 bis 6 Mio. EUR pro bestehende Verwertungsanlage bzw. 25-44 EUR/Mg Ersatzbrennstoff. Darin enthalten sind auch die Kosten für die Vorhaltung von Lagerkapazitäten mit entsprechenden brandschutztechnischen Vorkehrungen.</p>
Betriebskosten	Eine leichte Erhöhung der Betriebskosten wird sich aufgrund des erhöhten Personalbedarfs und erhöhten Wartungs- und Investitionsaufwandes ergeben. Aufgrund möglicher Änderung der Verwertungswege der Nebenprodukte (insb. Flugasche) in Kraftwerken kann es zu einem Rückgang im Bereich der Verwertungseinnahmen bzw. Anstieg von Entsorgungsausgaben kommen
Möglichkeit von Einnahmen	<p>Durch die Übernahme der abfallstämmigen Brennstoffe zur Mitverbrennung sind Einnahmen in Form eines Behandlungsentgeltes möglich. Als grobe Orientierung sind folgende Preisspannen zu nennen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- EBS aus Produktionsabfällen: 0-15 EUR/Mg</li> <li>- EBS aus Siedlungsabfällen: 8-30 EUR/Mg</li> </ul> <p>Zuzahlungen für weniger stark aufbereitete EBS zur Verbrennung in Monokraftwerken liegen deutlich über diesen Beträgen, z.Zt. ca. 50-70 EUR/Mg. Hinzu kommen Kostenersparnisse aus nicht benötigten Regelbrennstoffen.</p>
Massespezifische Gesamtkosten	Die Zusatzkosten für den Einsatz von EBS in einer Industrieanlage liegen in einem Bereich von 25-45 EUR/Mg.

<b>Andere relevante Aspekte</b>	
<b>Sonstige Details</b>	
<b>Marktinformationen</b>	
Referenzanwendungen <i>(wichtiger Hinweis: die Aufzählung von Firmen in dieser Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit)</i>	<p>Eine industrielle Mitverbrennung wird in Deutschland in zahlreichen Industrieanlagen und zunehmend auch in anderen Staaten Europas und der Welt durchgeführt: Beispiele in Deutschland sind aus dem Bereich der <u>Zementindustrie</u></p> <p>Cemex Zementwerke Rüdersdorf <a href="http://www.cemex.de">www.cemex.de</a>  Dyckerhoff Zementwerke Deuna <a href="http://www.dyckerhoff.de">www.dyckerhoff.de</a></p> <p><u>Kraftwerke</u></p> <p>Kraftwerk Jänschwalde <a href="http://www.vattenfall.de">www.vattenfall.de</a>  Kraftwerk Werne <a href="http://www.rwe.com">www.rwe.com</a></p> <p><u>Eisen- und Stahlerzeugung</u></p> <p>DK Recycling und Roheisen GmbH, Duisburg <a href="http://www.dk-duisburg.de">www.dk-duisburg.de</a></p>
Anerkannte Hersteller und Dienstleister <i>(wichtiger Hinweis: die Aufzählung von Firmen in dieser Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit)</i>	<p>Hersteller für Anlagen und Anlagenkomponenten zur Mit-/Monoverbrennung von Ersatzbrennstoffen sind zum Beispiel:</p> <p>MARTIN GmbH für Umwelt- und Energietechnik, München <a href="http://www.martingmbh.de">http://www.martingmbh.de</a>  Fisia Babcock Environment GmbH, Gummersbach <a href="http://www.fisia-babcock.com">www.fisia-babcock.com</a>  Oschatz GmbH <a href="http://www.oschatz.com">www.oschatz.com</a>  BAMAG (ehemals ThyssenKrupp EnCoke), Butzbach <a href="http://www.bamag-gmbh.de">www.bamag-gmbh.de</a></p>
<b>Anmerkungen und weitere Referenzdokumente</b>	
<p>Eine relevante <b>Organisation</b> und Anlaufstelle für <b>weitere Informationen</b> über gütegesicherte Ersatzbrennstoffe und ihren Einsatz ist die Gütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und Recyclingholz e.V. (BGS). <a href="http://www.bgs-ev.de">www.bgs-ev.de</a></p>	