

Datenblatt		Index-No.		WT/I-03_FBC	
<b>Zur Beschreibung von:</b>					
Verfahren	X	Technik		anderes	
Bezeichnung	<b>Thermisch Abfallbehandlung – Wirbelschichtverbrennung</b> (ohne Rauchgasreinigung) ↗ siehe auch Datenblatt "Rauchgasreinigung", Datenblatt-Nr. <a href="#">WT/I-04_FGC</a>				
Einsatz- bzw. Anwendungsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduzierung von Volumen und Risikopotenzial des abzulagernden Abfalls durch Mineralisierung</li> <li>- Energieerzeugung aus Abfällen</li> </ul>				
<b>Charakterisierung des allgemeinen Anwendungsrahmens (bitte auch Fußnoten beachten)</b>					
<b>Inbesondere anwendbar für folgende Abfallarten</b>					
Gemischte Haushaltsabfälle	X	Leichtverpackungen		Speise- und Grünabfälle	
Papier/Pappe/Kartonagen		Altglas		Sperrmüll einschließlich Elektro- und Haushaltsaltgeräte	(X <sup>1</sup> )
Altmetall		Altholz	(X <sup>2</sup> )	Bau- und Abbruchabfälle	(X)
Altöl	(X <sup>3</sup> )	Altfarben/-lacke	(X)	Altreifen	
Gefährliche Abfälle	(X)	teilweise, nur brennbare Fraktionen			
Produktions- bzw. branchenspezifische Abfälle	X	brennbare Stoffe, besonders kleinstückige Gemische (z.B. Spuckstoffe der Papierindustrie)			
Andere Abfallarten	X	brennbare Stoffe, auch Klärschlamm			
<b>Spezielle Charakteristika und Anforderungen der Anwendung</b>					
<b>Notwendigkeit einer Vorbehandlung:</b> Der Abfall ist von groben Störstoffen zu befreien (z.B. große Metallteile), darf keine radioaktiven Bestandteile enthalten und ist auf das notwendige Größenmaß zu zerkleinern.					
<b>Verwertungsmöglichkeiten des Outputmaterials:</b> Verbrennungsschlacke kann abgelagert oder nach einer weiteren Aufbereitung stofflich genutzt werden. Die Aufbereitung umfasst die Abtrennung von Metallen und Zerkleinerung/Homogenisierung, so dass das Material für Bauzwecke (z.B. Straßenbau) eingesetzt werden kann.					
<b>Beseitigungs- und Ablagerungsmöglichkeiten für Outputmaterial:</b> Verbrennungsrückstände (Schlacken, Asche) sind für eine Deponierung 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>Erfordernisse der Nachsorge:</b> abgelagerte Verbrennungsrückstände bedürfen der Überwachung und Nachsorge					
<b>Besondere Schutzerfordernisse</b> Rauchgas aus der Abfallverbrennung ist zu behandeln und zu reinigen. ↗ siehe Datenblatt "Rauchgasreinigung", Datenblatt-Nr. <a href="#">WT/I-04_FGC</a> . Bei der Errichtung von Abfallverbrennungsanlagen ist ein Mindestabstand zur nächsten Bebauung zu berücksichtigen. Weiterhin ist sicherzustellen, dass keine nachteiligen Wirkungen durch die Anlage auf Schutzgüter entstehen.					
<b>Potenzielle Gesundheitsrisiken:</b> 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.					
<b>Geeignete Finanzierungsmechanismen:</b> Die Finanzierung der Abfallverbrennung sollte durch Erhebung von Gebühren beim Abfallerzeuger erfolgen, auch kann eine Verbrennungssteuer eingeführt werden, die darauf hinwirkt, dass nur die nicht verwert- und recycelbaren Abfälle der Abfallverbrennung zugeführt werden					
<b>Einfluss äußerer Gegebenheiten auf die Art und den Umfang der Anwendbarkeit</b>					
<b>Klimatische Gegebenheiten:</b> keine besonderen Anforderungen oder Einschränkungen					

<sup>1</sup> andere (mechanische) Verfahren sind besser zur Behandlung dieser Abfallarten geeignet. Wirbelschichtverbrennung sollte nur zur Behandlung der brennbaren Sortierreste dieser Abfälle angewandt werden.

<sup>2</sup> Holzrecycling oder spezielle Holzverbrennungsverfahren sind zur Behandlung dieser Abfallart mehr geeignet.

<sup>3</sup> nur in geringen Anteilen, stoffliche Nutzungsoptionen oder andere Verwertungswege sind zu bevorzugen

<b>Infrastrukturelle Gegebenheiten:</b> Zum wirtschaftlichen Betrieb von Abfallverbrennungsanlagen bedarf es einer Mindestkapazität (ca. 50.000 t/a). Anfallschwerpunkte der für diese Technologie in Frage kommenden Abfallstoffe (z.B. Industrieansiedlungen) sind daher bevorzugte Standorte. In der Regel liegen hier zumeist auch die benötigten infrastrukturellen Voraussetzungen, wie eine gute logistische Anbindung an Straße, Schiene oder Wasserweg sowie Abnahmemöglichkeiten für produzierten Strom/Dampf vor. Die Anwendung in oder in der Nähe von Städten bedeutet die Einhaltung von Mindestabständen zur Umgebungsbebauung und zusätzliche Schutzvorkehrungen	
<b>Arbeitskräfteverfügbarkeit:</b> Es besteht insbesondere für das technische Leitungspersonal ein Bedarf an speziell qualifiziertem Personal.	
<b>Technische Details</b>	
<b>Allgemeiner Überblick</b>	
Kurzbeschreibung	Die Wirbelschichtverbrennung ist eine besonders effiziente und schadstoffarme Technologie für Verbrennungsanlagen. In dem Verfahren werden die Brennstoffe in einem aufwärts gerichteten Luftstrom dem Verbrennungsprozess ausgesetzt. Das Ergebnis ist eine turbulente Vermischung von Gas und Feststoff (Wirbelschicht). Das Verwirbeln des Abfalls ermöglicht effektive chemische Reaktionen und einen effektiven Wärmetransport. Die Wirbelschichtverbrennung wurde u.a. entwickelt, um Schadstoffemissionen soweit zu beherrschen, dass sehr kostenintensive Reinigungsmaßnahmen wie z.B. Wäscher teilweise entfallen bzw. minimiert werden können.
grundlegende Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Prozessführung muss so eingestellt sein, dass die Temperaturen unterhalb eines Bereiches liegen, bei welchem Asche sintert und schädliche Stickoxide entstehen.</li> <li>• Vorbehandlung des Abfalls so dass ein möglichst gut zerkleinerter Input mit relativ gleichbleibenden physikalischen Eigenschaften entsteht</li> </ul>
zu erwartende Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Output: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asche mit keiner oder wenig Schlacke (Kohlenstoffanteil im Bereich 0,5 % bzw. mit einem Anteil brennbarer Bestandteile &lt; 0,5-Masse-%)</li> <li>- Kesselstaub</li> <li>- Rauchgas</li> </ul> </li> <li>• niedrige NO<sub>x</sub>-Bildung, kein oder reduzierter Bedarf zur Rauchgasentstickung und geringe Bindung von Schwermetallen in der Asche infolge der vergleichsweise geringen Prozesstemperatur</li> </ul>
besondere Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prozess ist weniger empfindlich bei Änderungen des Heizwertes im Input und kann auch für die Verbrennung von Schlamm/pastösen Stoffen eingesetzt werden</li> <li>- geringe Ansprüche an die Entstickung im Ergebnis geringer Schadstoffbildung durch Verbrennung bei eher geringen Temperaturen</li> <li>- guter Ausbrand</li> <li>- geringerer Kapitalbedarf im Verhältnis zu anderen Techniken</li> </ul>
spezifische Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prozess ist durch einen geringeren Durchsatz im Verhältnis zu anderen Techniken gekennzeichnet</li> <li>- Relativ höherer Verschleiß im Verbrennungsraum und im Kessel durch die große Menge an abrasiven Materialien (Sand) in der Wirbelschicht</li> <li>- in geringerem Umfang Bindung von Schwermetallen in der Asche</li> <li>- geringere Anwendungserfahrungen im Vergleich mit anderen Techniken</li> </ul>
<b>Anwendungsdetails</b>	
Technische Umsetzung	Bei der Wirbelschichtverbrennung werden meist zerkleinerte Abfälle mit inerten Materialien in eine Wirbelschicht versetzt und bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen von 800-850°C verbrannt. Lange Verweilzeiten, große spezifische Oberflächen und ein guter Wärmetransport führen zu einem guten Ausbrand (Restanteil Kohlenstoff < 0,5 Masse-%). Die Verbrennungstemperatur liegt unterhalb des Grenzbereiches der Stickoxidentstehung, was zu einer vergleichsweise geringen NO <sub>x</sub> -Bildung führt.

Fortsetzung  
Technische Umsetzung

Die geringe Prozesstemperatur garantiert, dass die Asche nicht sintert, so dass Schwermetalle in geringerem Umfang in der Asche gebunden werden. Die Vermischung in der Wirbelschicht führt weiterhin dazu, dass das Rauchgas in Kontakt mit der Schwefelabsorbersubstanz (Kalkstein, Dolomit) kommt. Damit kann ein hoher Anteil des Schwefels innerhalb des Kessels am Sorptionsmittel gebunden werden. Im Ergebnis der beschriebenen Effekte ist eine zusätzliche Entstickung nicht notwendig.

Wirbelschichtverbrennungssysteme lassen sich in zwei grundlegende Hauptgruppen unterteilen, dem atmosphärischen System (FCB) und den unter Druck stehenden System (PFBC). Letztgenanntes System arbeitet mit einem erhöhten Druck und erzeugt einen Hochdruckluftstrom, welcher den Betrieb einer Gasturbine ermöglicht. Dampf, erzeugt durch die Wärme aus der Wirbelschicht, wird in eine Dampfturbine geleitet; ein hoch effizientes kombiniertes Kreislaufsystem.

Grundsätzlich gibt es drei unterschiedliche Arten von Wirbelschichtsystemen:

- stationäre Wirbelschicht
- rotierende Wirbelschicht und
- zirkulierende Wirbelschicht.

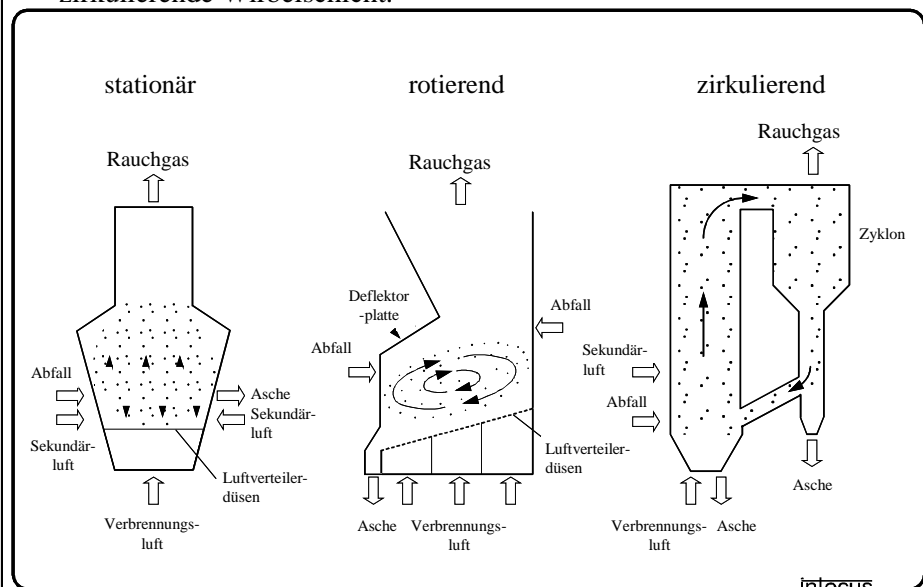


Abb.a: Wirbelschichtsysteme

Bei der stationären Wirbelschicht ist die Betthöhe konstant. Es gibt im wesentlichen keine diagonalen Transporte in der Wirbelschicht. Die stationäre Wirbelschicht wird oft für Klärschlamm genutzt. Sie ist besonders geeignet für die Verbrennung von Abfällen mit geringen Heizwerten (6,5 bis 13 MJ/kg). Auch die Verbrennung von Abfällen im höheren Heizwertbereich (bis 18 MJ/kg) ist beim Vorliegen bestimmter Voraussetzungen möglich.

Bei der rotierenden Wirbelschicht ist die Wirbelschicht ebenfalls stationär. Eine Rotation entlang der eigenen Achse bewirkt eine diagonale Durchmischung. Die rotierende Wirbelschicht ist geeignet für Abfälle mit höherem Heizwert (7 bis maximal 20 MJ/kg). Schlamm kann ebenfalls verbrannt werden.

Bei der zirkulierenden Wirbelschicht ist die Betthöhe nicht konstant. Dafür verlassen Bettasche und Bettsand kontinuierlich den Ofen aufgrund der hohen Luftgeschwindigkeit. Dieses Bettmaterial wird in einem Zyklon abgeschieden und meist in die Verbrennung zurückgeführt. Die hohen Luftgeschwindigkeiten/-verwirbelungen ermöglichen den Einsatz von hochkalorischen Abfällen (7 bis zu 22 MJ/kg).

Stofffluss und -mengen	<p>Massenbilanz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Input: <ul style="list-style-type: none"> <li>- feste Abfälle</li> <li>- Sand/Inertes</li> <li>- Wasser (Dampfgenerator), der Frischwasserbedarf liegt im Minimum bei 1 m<sup>3</sup>/h je t/h Durchsatz</li> </ul> </li> <li>• Output: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 200 bis 250 kg Bettasche/t Input</li> <li>- 50 bis 100 kg Zyklonasche</li> <li>- 5 bis 20 kg Kesselasche/t Input</li> <li>- 4.500 bis 5.500 m<sup>3</sup> Rauchgas/t Input</li> <li>- Wasser (vom Dampfgenerator)</li> </ul> </li> </ul>
Anwendungsbereich	<p>Das Angebot von Techniken dieser Technologie bewegt sich momentan in einem Kapazitätsbereich von</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 28.000 t/a = 4 t/h bis</li> <li>- 85.000 t/a = 12 t/h (pro Linie) im Maximum,</li> </ul> <p>im Falle der Co-Verbrennung von Schlamm bei 120.000 t/a im Maximum.</p>
Zusammenhänge und Kombinierbarkeit mit anderen Techniken	<p>Die Wirbelschichtverbrennung dient der thermischen Behandlung von brennbaren Materialien, welche anders nicht behandelt werden können (z.B. Abfälle &lt; 30 mm, Schlamm). Sie kann daher mit allen vorhergehenden Maßnahmen und Prozessen der Abfallbehandlung kombiniert werden. Von Vorteil ist es Synergien mit Verfahren herzustellen, welche einen hohen Bedarf an thermischer Energie haben (Bsp. Papierfabriken welche im Gegenzug den Großteil ihrer Prozessabfälle in solchen Anlagen verwerten können). Alternativ sollten zumindest Möglichkeiten bestehen, überschüssige thermische Energie (Dampf oder Warmwasser) zur externen Nutzung abgeben zu können oder elektrische Energie in das Stromnetz einzuspeisen.</p>
<b>Orientierungswerte für die Anwendung</b>	
<b>Ressourceneinsatz</b>	
Energiebilanz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Input: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hilfsenergie, z.B. Erdgas &lt; 3 % des Abfallinputs</li> </ul> </li> <li>• Output: <ul style="list-style-type: none"> <li>- elektrischer Strom; Erzeugungseffizienz von bis zu 20 %* (*unter Abzug des Eigenbedarfs)</li> <li>- thermische Energie; Erzeugungseffizienz von bis zu 60 %</li> </ul> </li> </ul> <p>Eine kombinierte Erzeugung und Bereitstellung von elektrischer und thermischer Energie ist ebenfalls möglich und anstrebenswert. Die Regel hierbei ist jedoch, dass eine Erhöhung der Dampfabgabe jeweils eine Verringerung des Erzeugungspotenzials an elektrischer Energie nach sich zieht.</p>
CO <sub>2</sub> -Relevanz	- aufgrund des Anteils an regenerativen Bestandteilen im Abfall (welcher in Europa bei durchschnittlich 50 % liegt) ist eine positive CO <sub>2</sub> -Balance erreichbar
Benötigte Hilfsmittel oder Zusatzstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sand</li> <li>- Heizöl oder Erdgas für das Anfahren sowie für die Stützfeuerung</li> </ul>
Personalbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10-15 ausgebildete Personen je Linie und Tag, einschließlich wenigstens 1 Ingenieur und 2 Vorarbeiter</li> <li>- Zusätzlich Personal für Verwaltung Reinigungsarbeiten und Eingangskontrolle</li> </ul>
Flächenbedarf	der minimal erforderliche Flächenbedarf bei einer Anlagenkapazität von 50.000 t/a liegt in einem Bereich von ca. 10.000 m <sup>2</sup> .
Nachsorgeaufwand	Überwachung und Nachsorge sind insbesondere für alle abgelagerten Verbrennungsrückstände notwendig

<b>Kosten</b>	
Investitionskosten	<p>Kosten liegen in der gleichen Größenordnung wie bei der Rostfeuerung. Mögliche Einsparungen ergeben sich aus den geringeren Anforderungen an die Entstickung. Höhere Kosten können aufgrund verstärkten Verschleißes und teilweise durch die Vorbehandlung des Inputs entstehen.</p> <p>Insbesondere wenn feinkörnige Materialien wie getrockneter Schlamm oder anderes Material &lt; 30 mm von der mechanisch-biologischen Behandlung verbrannt werden, kann die Kostenersparnis bei der Wirbelschichtverbrennung bis zu 20-30 % im Vergleich zur Rostfeuerung liegen.</p> <p>➤ siehe auch Datenblatt "Rostfeuerung", Datenblatt-Nr. <a href="#">WT/I-02_GCO</a></p>
Investitionskosten	<p>Kapitalkosten für die Errichtung einer Anlage: Annahme: Durchsatz 200.000 t/a, ohne Rauchgasreinigung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erschließung &gt; 1.000.000 EUR</li> <li>- Tiefbunker 4.000.000 EUR</li> <li>- Andere Bauteile 6.500.000 EUR</li> <li>- Kessel und Dampfgenerator 32.000.000 EUR</li> <li>- Elektrogenerator 4.000.000 EUR</li> <li>- Sonstige Konstruktions- und Kapitalkosten 7.000.000 EUR</li> </ul>
Betriebskosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betriebskosten, abhängig vom Marktpreis für Betriebsmittel (Heizöl)</li> <li>• Reparatur und Wartung <ul style="list-style-type: none"> <li>- für jedes Bauteil ca. 1 % der Investitionskosten/a</li> <li>- Maschinen und Elektrotechnik ca. 3-4 % der Investitionskosten/a</li> </ul> </li> <li>• Personalkosten, abhängig vom lokalen Arbeitsmarkt</li> </ul>
Möglichkeit von Einnahmen	durch die Einspeisung von elektrischem Strom und Dampf/Warmwasser
Massespezifische Gesamtkosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Input gemischte Siedlungsabfälle: 90 bis 175 EUR/t (inkl. Rauchgasreinigung)</li> <li>• Input getrockneter Schlamm oder Materialien &lt;30mm: 50 bis 100 EUR/t</li> </ul> <p>große Anlagenkapazitäten, eine einfache Rauchgasreinigung und gute Erlössituation für abgegebenen Strom/Dampf verbessern i.d.R. die Kostensituation</p>
<b>Andere relevante Aspekte</b>	
<b>Sonstige Details</b>	
<b>Marktübersicht</b>	
Referenzanwendungen <i>(wichtiger Hinweis: die Aufzählung von Firmen in dieser Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit)</i>	<p>Deutschland betreibt neben einigen anderen Staaten in der EU (Österreich, Italien, Spanien) bislang erst einzelne Verbrennungsanlagen dieser Art, deren Anzahl ist jedoch ansteigend. In der jüngeren Vergangenheit wurde die Verbrennung von Abfälle nach der Methode der Wirbelschichtverbrennung vor allem in Japan und England in breiterem Umfang angewandt.</p> <p><b>Beispiele:</b></p> <p><i>Deutschland</i> Anlage TEV Neumünster: zirkulierende Wirbelschicht, 150.000 t Jahreskapazität</p> <p><i>Österreich</i> Anlage Lenzing: zirkulierende Wirbelschicht, 300.000 t Jahreskapazität, erbaut 1998</p>
Anerkannte Hersteller und Dienstleister <i>(wichtiger Hinweis: die Aufzählung von Firmen in dieser Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit)</i>	<p>Anerkannte Hersteller und Erbauer von Anlagenteilen oder Komplettanlagen mit Wirbelschichttechnik sind z.B.:</p> <p>BAMAG (ehemals ThyssenKrupp EnCoke), Butzbach <a href="http://www.bamag-gmbh.de">www.bamag-gmbh.de</a></p> <p>Alstom Deutschland AG, Mannheim <a href="http://www.de.alstom.com">www.de.alstom.com</a></p>
<b>Anmerkungen und weitere Referenzdokumente</b>	
<p><b>Weitere Informationen und Auflistungen von relevanten Anlagen</b> sind erhältlich durch die: ITAD - Interessengemeinschaft der thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V. <a href="http://www.itad.de">www.itad.de</a> ein Mitgliedsverband der CEWEP - Confederation of European Waste-to-Energy Plants <a href="http://www.cewep.com">http://www.cewep.com</a></p>	