



## Ersatzbrennstoff aus Altpapier-Rejekt

Laut Verband Deutscher Papierfabriken e. V.<sup>1</sup> wurden im Jahr 2010 in Deutschland 23,2 Mio t Papier (+11 % zum Vorjahr) produziert. Dabei lag die Altpapierein-satzquote bei ca. 70 %. Überschlüssig muss dabei mit mindestens 1 Mio. t zu entsorgender Rejekte gerechnet werden. Die Frage lautet nun:

Welches ist die effektivste Form der Entsorgung oder besser Nutzung dieses Materials?

Vorgestellt werden die aus Altpapier-Rejekt gewonnenen Ersatzbrennstoffe (EBS) [engl. „Refuse Derived Fuel (RDF)“] sowie insbesondere deren Aufbereitung.

Um welche Stoffe oder Rejekte geht es hier? Es sind erstens Schlämme ((homo-gene Stoffe), z. B. aus Vorklärung, Mikroflotation oder Deinking). Des Weiteren handelt es sich um Grob- und Feinrejekte aus verschiedenen Sortierstufen.

Diese EBS haben einen Heizwert von ca. 11–18 MJ/kg (zum Vergleich: Steinkohle hat einen Heizwert von ca. 30 MJ/kg, Heizöl von ca. 43 MJ/kg) und werden in Deutschland teilweise in eigens errichteten EBS Kraftwerken verbrannt und damit zur Energieerzeugung genutzt. Zurzeit werden in Deutschland 28 EBS Kraftwerke<sup>2</sup> (Abb. 1) mit einer Jahreskapazität von 4 Mio. t betrieben, fünf weitere (Kapazität 1,7 Mio. t) befinden sich in der Inbetriebnahme-Phase oder im Bau und gehen 2011 in Betrieb.

Häufig werden EBS-Kraftwerke als Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen in Verbindung mit größeren Industriebetrieben errichtet, beispielsweise mit Papierfabriken, die in großer Menge Energie und Wärme benötigen und bei denen gleichzeitig Spuckstoffe als EBS anfallen. Bei geschickter Kraft-Wärme-Kopplung können EBS-Kraftwerke die Hälfte des Strombedarfs und die komplette Menge Dampf für die Papiermaschine liefern. Damit können sich Industriebetriebe von der Preisspirale „Energie“ (Öl, Gas und Strom werden immer teurer) abkoppeln.

Die Firma BELLMER KUFFERATH Machinery mit Sitz in Düren hat sich als Spezialist für hochmoderne und effiziente Rejektentwässerungssysteme für die Behandlung von Grob- und Feinrejekten etabliert.

### Ersatzbrennstoff und gesetzliche Bestimmungen

Bis heute sind hier in Deutschland weder die Aufbereitung noch das Produkt Ersatzbrennstoff (EBS) gesetzlich definiert. Ein Ersatzbrennstoff bzw. Sekundärbrennstoff ist ein Brennstoff, der aus Abfällen gewonnen wird. Dabei kann es sich sowohl um gering aufbereitete, abgetrennte heizwertreiche Fraktionen oder, wie von uns nachfolgend betrachtet, um aus Abfall hergestellte Sekundärbrennstoffe mit einer hohen Aufbereitungsintensität (Rejekte) handeln.

Rejekte dürfen seit dem 01.06.2005 in Deutschland gemäß der „Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASi)“ nicht mehr deponiert werden. Andere Länder waren hier sogar Vorreiter (z. B. Österreich) oder sind gefolgt und werden folgen.

Deshalb wurden von uns im Jahr 2005 Versuche zur Erhöhung der End-trockengehalte von Altpapier-Rejekten auf über 65 % durchgeführt. Geplant war, die Rejekte auf höchstmögliche Trockengehalte zu entwässern und diese dann nicht nur durch Verbrennung zu entsorgen, sondern sie als Brennstoff in speziellen Kraftwerken zur Energieerzeugung zu verwenden. Die mit der Schneckenpresse AKUPRESS X von BELLMER KUFFERATH Machinery durchgeführten Versuche führten zu Trockengehalten von 65–77 %. Zu den Aufbereitungsschritten gehören die Vorsortierung, die Grobzerkleinerung, die Entwässerung, die Nachzerkleinerung und die Eisen- und Nicht-eisen Metallabscheidung sowie eventuell zusätzlich auch die PVC Ausschleusung.

### Produktionsdaten

Die Jahresproduktion, dargestellt am Beispiel neuer moderner Papiermaschinen zur Erzeugung von braunen Papieren, liegt bei ca. 650 000 t (=1 900 t/d) aus 100 % Altpapier als Rohstoff.

RDF Power Plant Name and location	Capacity [Mg/a]	Start-up year
HKW Meuselwitz	50.000	2000
HKW Minden	40.000	2002
RABA Chemnitz	130.000	2003
IKW Amsdorf	60.000	2004
HKW Bremen	66.000	2005
TEV Neumünster	150.000	2005
EBS-KW Großräschen	240.000	2007
HKW Stravenhagen	90.000	2007
EVE Premnitz	150.000	2008
IKW Premnitz	100.000	2008
IHKW Korbach	70.000	2008
DZ Weener	140.000	2008
MKK Bremen	226.000	2009
MHKW Neumünster	270.000	2009
EBS-KW Hürth Knappsack	240.000	2009
IKW Rüdersdorf	226.000	2009
HKW Gersthofen	70.000	2009
HKW Witzenhausen	270.000	2009
HKW Hagenow	80.000	2009
IHKW Andernach	114.000	2009
IKW Amsdorf	60.000	2009
TVA Schwarza	60.000	2009
TREA Gießen	25.000	2010
EVA Essen	26.000	2010
KW Glückstadt	270.000	2010
TRB Bitterfeld	110.000	2010
EBS-KW Berneburg	400.000	2010
HKW Rostock	230.000	2010
HKW Schwedt	250.000	2011
EBS-KW Eisenhüttenstadt	340.000	2011
EBS-KW Frankfurt Hoechst	675.000	2011
DZ Dampfzentrale Stade	140.000	2011
HKW Brunsbüttel	325.000	2011

Abb. 1: EBS-Kraftwerke in Deutschland

Autor: Thomas von Bothmer, BELLMER KUFFERATH Machinery GmbH, Düren, bothmer@bellmer-kufferath.de  
Vortrag gehalten beim IMPS 2011 in München

Bei diesen Produktionsmengen fallen 5–7 % Rejekt und ca. 3–5 % Schlamm, vom Eintrag gerechnet, an. Für das Anlagenlayout der Rejektentwässerungsanlagen wird mit einem Sicherheitsfaktor kalkuliert, sodass diese Anlagen für 10 % Grobrejekt (im vorliegenden Fall 200 BDMT/D) und 5 % Feinrejekt bzw. Schlamm (= 100 BDMT/D)) ausgelegt werden. Diese Mengen beziehen sich auf Deutschland und Mitteleuropa. Bereits in Südeuropa und Nahost können erfahrungsgemäß und je nach Altpapierqualität auch viel größere Mengen Rejekt anfallen. Diese Rejekte müssen nicht nur hier in Deutschland, sondern in immer mehr Ländern weltweit, grundsätzlich zur Verbrennung, und erst die Verbrennungsrückstände können deponiert werden.

Um diese Möglichkeit zu gewährleisten und den Transport und die Verbrennung so effektiv wie möglich zu gestalten, müssen hohe Anforderungen an die Rejekte (und damit Brennstoffe) gestellt werden, die sich wie folgt definieren können:

- Abtrennung von nichtbrennbarem Material Glas, Sand, Metall (und deren Verwertung)
  - o Metallbestandteile FE-Metalle < 1 %,
  - o Metallbestandteile NE-Metalle < 1 %.
- Trockengehalt  $\geq 65\%$ ,
- Siebdurchfall  $\varnothing 90\text{mm}$  (Kantenlänge Grobrejekte < 100x50x20mm (oder alternativ 200x50x25mm)),
- und ggf. NEU: PVC Anteil < 1 %,
- Entsorgung und Verwendung der entwässerten Rejekte zu 100 % als Sekundärbrennstoff, und das „just in time“.

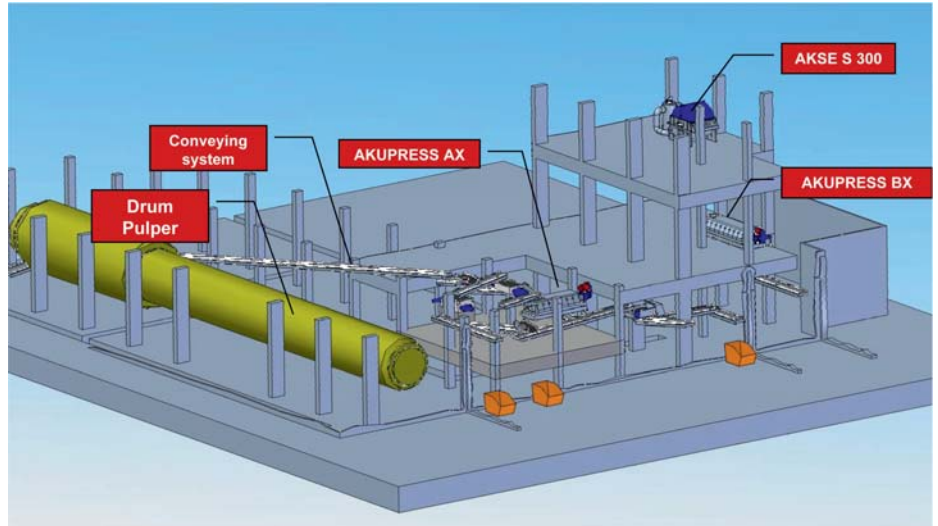


Abb. 2: Maschinentechnik für die Rejektbehandlung

Diese hohen und bis dahin in der Komplexität nicht dagewesenen Anforderungen erfordern eine anspruchsvolle, umfangreiche und dafür abgestimmte hochmoderne Maschinentechnik (Abb. 2).

### Maschinentechnik zur Erzeugung von EBS

Diese Maschinentechnik hochmoderner und effizienter Rejektentwässerungssysteme für die Behandlung von Grob- und Feinrejekten zur Erzeugung von EBS wird vorgestellt und anhand von Referenzanlagen und projektierten Anlagen erläutert.

Anhand der dargestellten Flow Sheets soll gezeigt werden, dass die Zusammensetzung der Rejekte und damit deren notwendige Behandlung primär von der Art des Auflösesystems abhängt. Zwei Systeme werden unterschieden, **vertikale** Auflöser bzw. Pulper und **horizontale** Pulper /Trommelpulper).

Der Erfolg eines Rejektbehandlungssystems wird entscheidend vom Gesamtkonzept und richtigen Layout beeinflusst. Hier wird festgelegt, welche Anlagen in welcher Anordnung ineinandergreifen (Förderanlagen, Detektoren, Abscheider, Reversier- und Bypassschaltungen, Zerkleinerer, Entwässerungsmaschinen) und wie die Betriebssicherheit und Verfügbarkeit sichergestellt werden kann. Dies schließt auch die Zugänglichkeit für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten mit ein. Flow Sheet 1 Abb. 3 zeigt eine Anlage mit vertikalem Pulper als Auflösesystem. Bei den heutigen großen Produktionsmengen werden hier meist zwei parallele Linien installiert.

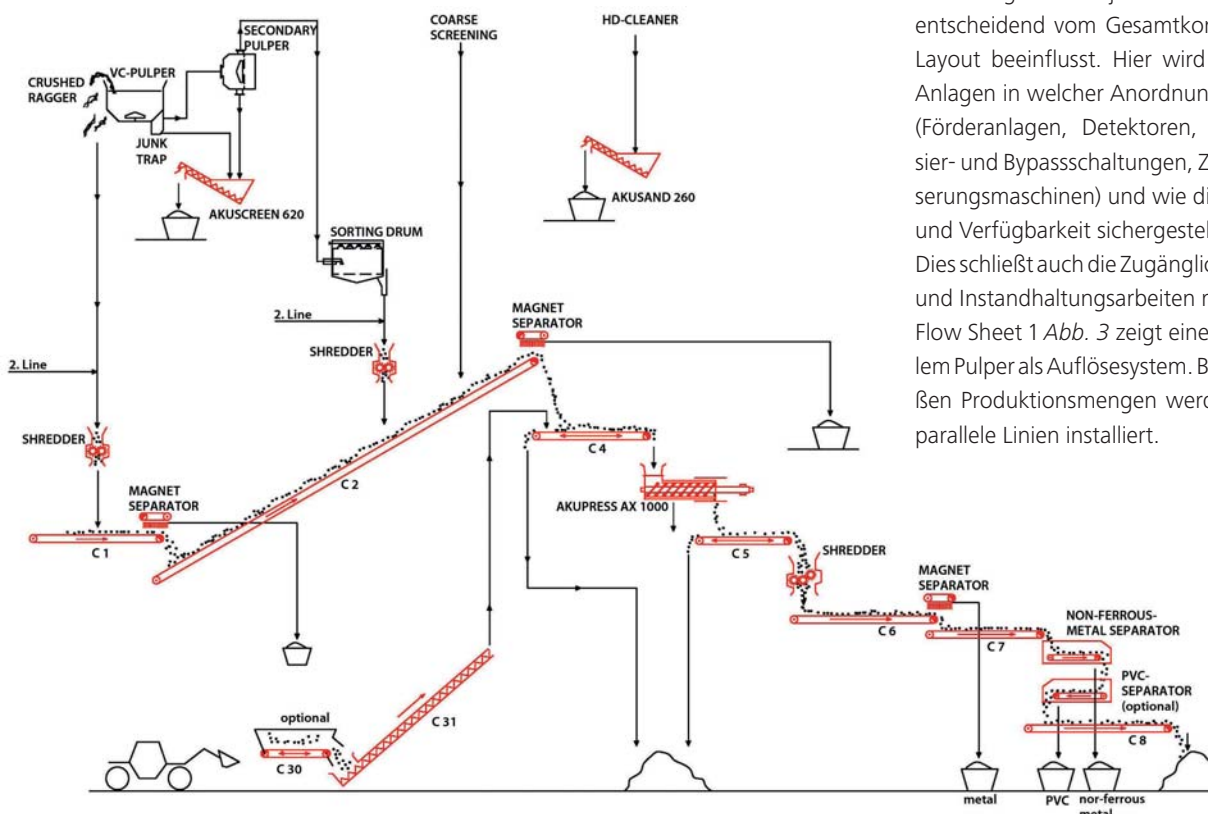
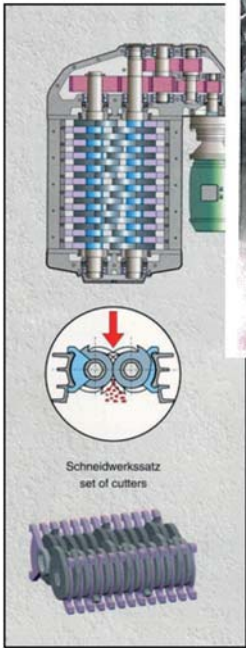


Abb. 3: Rejektbehandlung nach dem Vertikal-Pulper



Shredder



Magnetic separator

Abb. 4: Maschinentechnik für die Rejektbehandlung



Abb. 5: Schneckenpresse AKUPRESS AX



Abb. 6: LKW- oder Container-Verladestation

Der Schwerschmutz aus der entsprechenden Schleuse wird ausgeschleust. Der Zopf (abhängig von der Pulpergröße immerhin bis 15 m/h) wird entweder komplett entsorgt oder optional geschreddert (Abb. 4) und anschließend durch einen Magnetabscheider teilweise von Metallen befreit. Die „normalen“ Grobrejekte (Flow Sheet 1 Abb. 3) gehen via Sekundärpulper und Sortiertrommel mit einer Stoffdichte von ca. 15–20 % weiter Richtung Entwässerungsaggregat Schneckenpresse werden die Grobrejekte grob vorzerkleinert, sowie durch einen Metallabscheider weitgehend von magnetischen Metallen befreit. Die Schneckenpresse AKUPRESS AX (Abb. 5) entwässert die Rejekte auf über 65 % und der Nachschredder liefert anschließend die geforderte Partikelgröße (Flow Sheet 1 Abb. 3). Die Rejekte sind nun trocken und größtmäßig sehr gut mittels Eisen- und Nichteisenmetallabscheidern auf Metallgehalte von < 1 % sortierbar. Eine mögliche weitere neue Anforderung, nämlich die Ausschleusung von PVC, kann ebenfalls an dieser Stelle verwirklicht werden (Infraroterkenkung und Abblasung).

Es liegt nun die für die Nutzung als EBS notwendige Spezifikation vor. Die Rejekte werden über eine automatische Container- oder LKW-Verladestation (Abb. 6) zum Abtransport verladen oder ggf. direkt per Förderanlage in eine angeschlossene Verbrennung transportiert.

Flow Sheet 2 (Abb. 7) zeigt eine Anlage mit horizontalem Pulper (Drum Pulper) als Auflösungssystem.

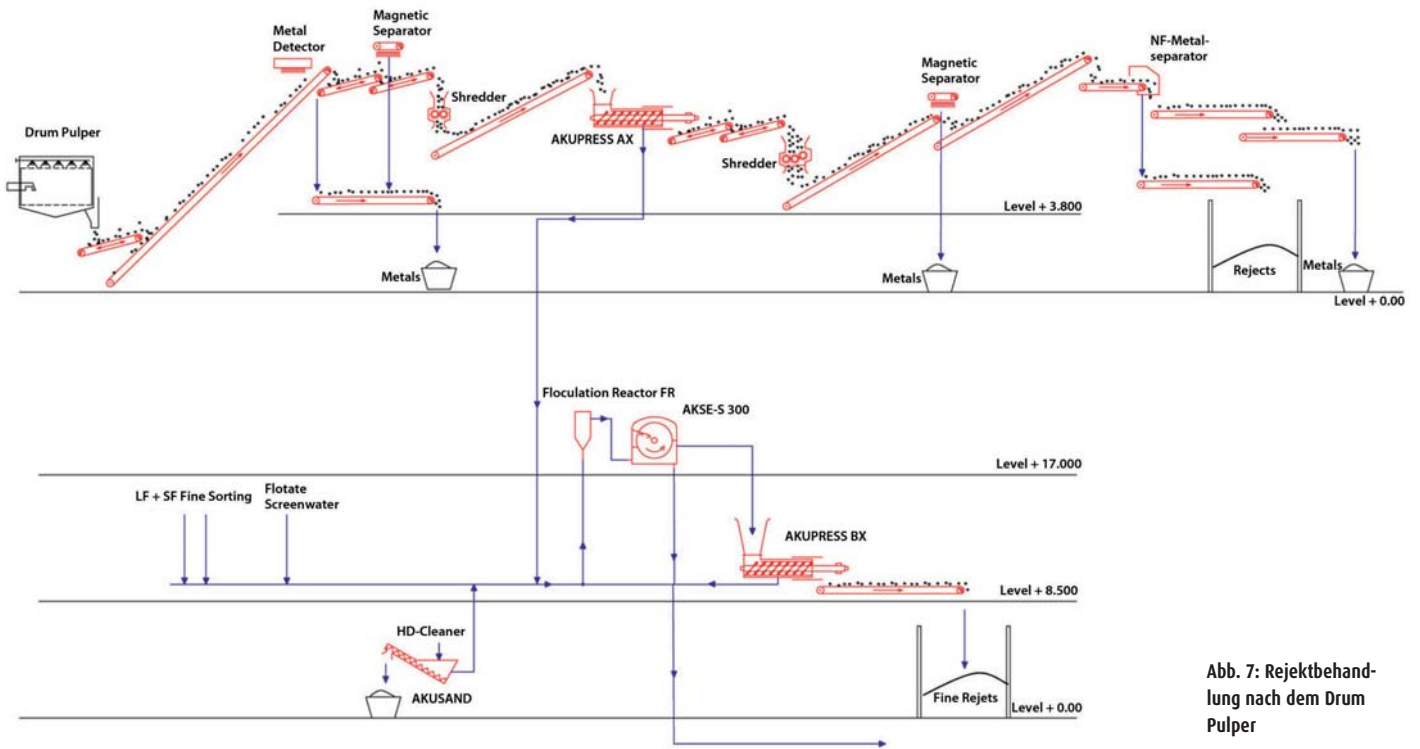


Abb. 7: Rejektbehandlung nach dem Drum Pulper

Der gravierendste Unterschied für die Rejektbehandlung besteht darin, dass **alle Rejekte** am Ende der Trommel konzentriert herauskommen und behandelt werden müssen. Die einzige Ausnahme besteht in der Drahtmenge. Im Gegensatz zu vertikalen Pulpfern mit Zopf, wo der Draht zur Zopfbildung benötigt wird, kann hier beim Drumpulper vorher eine Entdrahtung installiert werden.

Alle Rejekte (Stoffdichte 10–20 %) werden abgeworfen auf ein Förderband, über dem eine Schwerteil-/Großteilklaappe installiert ist. Falls notwendig reversiert dann das Band und schleust das Problemmaterial aus. Im Normalbetrieb wird das Rejekt weitertransportiert und mittels Metallabscheider (kleine Metallpartikel) und Metalldetektor (große Metallteile → Ausschleusung über das nächste reversierbare Band) weitgehend von Eisenmetallen befreit. Anschließend kommt ein Schredder zur Grobzerkleinerung zum Einsatz und danach wird das Rejekt per Schneckenpresse AKUPRESS AX auf TG > 65 % entwässert. Das entwässerte Material wird anschließend mit einem weiteren Schredder auf die geforderte Partikelgröße zerkleinert.

Da das Rejekt nun einen sehr hohen TG (> 65 %) aufweist und aufgrund

der Teilchengröße flockig vorliegt, erreichen die nachgeschalteten Eisen- und Nichteisen-Metallabscheider sehr gute Wirkungsgrade und es können Metallanteile von < 1 % garantiert werden. Eine Ausschleusung von PVC kann ebenfalls an dieser Stelle verwirklicht werden (Infraroterkennung und Abblasung).

Nun liegen die Rejekte in der geforderten Größe und Zusammensetzung vor und können direkt über Förderanlagen in ein angeschlossenes Kraftwerk transportiert werden.

Nur angedeutet sind in dem gezeigten Flow-Sheet 2 (Abb. 7) die Filtrate aus den Rejekt-, Kanal und Abwasser-Bereichen. Diese müssen selbstverständlich in die Gesamtbetrachtung mit einbezogen werden und sind bei der Anlagenplanung zu berücksichtigen.

Im Beispielfall wird hier ebenfalls spezialisierte Maschinenteknik eingesetzt. Diese Anlagen sind heutzutage komplett geschlossen und benötigen nur eine geringe Aufstellfläche (Abb. 8: Scheibeneindicker zur Schlammvorentwässerung). Zur Erreichung höchster Trockengehalte von > 65 % haben sich auch hier Schneckenpressen AKUPRESS BX (Abb. 9) durchgesetzt.



Abb. 8: Scheibeneindicker AKSE S 300/05



Abb. 9a: Schneckenpresse AKUPRESS BX® 1000

Abb. 9b: Feinrejekt / Schlamm – TG 65 %

## EBS-Kraftwerke

Verwertet werden EBS als alleiniger Brennstoff in EBS-Kraftwerken (Abb. 10) oder zusammen mit konventionellen Brennstoffen in der sogenannten Mitverbrennung, vor allem in Zement- und Kalkwerken, in Braunkohle- und zum Großteil in Industriekraftwerken (heizwertreiche Fraktion) sowie in Müllverbrennungsanlagen (70 Stück mit Kapazität 19 Mio t/a in D)<sup>3</sup>.

Ein Ersatzbrennstoffkraftwerk (abgekürzt EBS-Kraftwerk) ist ein Dampfkraftwerk, welches mit Ersatzbrennstoffen (EBS) oder anderen mittel- oder hochkalorischen Reststoffen als Regelbrennstoff befeuert wird.

Bedeutende Brennstoffparameter von EBS sind Heizwert, Glührückstand und Chlorgehalt. Zum Vergleich: Steinkohle ist in etwa doppelt so energiereich wie EBS, kostet aber heute etwa 70 Euro pro Tonne frei Kraftwerk, während pro Tonne EBS bei langfristigen Verträgen rund 60 Euro pro Tonne (vom Lieferanten) bezahlt werden.

Die meisten EBS-Kraftwerke sind Industriekraftwerke<sup>4</sup>. Wie eingangs erwähnt werden EBS-Kraftwerke häufig als Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen in Verbindung mit größeren Industriebetrieben errichtet, die Prozessdampf oder Nahwärme abnehmen und/oder die Ersatzbrennstoffe liefern. Eine übliche Größe für ein EBS-Kraftwerk ist 50–220 MW. Die Feuerungstechnologie der EBS Kraftwerke ist weitgehend von klassischen Typen anderer Kraftwerke abgeleitet, die mit Festbrennstoffen mittlerer Stückigkeit befeuert werden, insbesondere von Biomassekraftwerken und Müllverbrennungsanlagen. Zur Anwendung kommen je nach genauen Brennstoffeigenschaften und Leistungen vor allem Rostfeuerungen (für kleinere Leistungen und grobstückigen Brennstoff) und Wirbelschichtfeuerungen (für größere Leistungen und feinstückigen Brennstoff).

Wegen der normalerweise unbekanntenen Brennstoffzusammensetzung mit potenziell gefährlichen Schadstoffen erhalten EBS-Kraftwerke immer eine Abgasreinigung nach 17. BImSchV (Bundes-Immissionsschutzverordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe) zur Abscheidung von sauren und adsorptiv anlagerbaren Schadstoffen, vergleichbar der einer Müllverbrennungsanlage.

Hinsichtlich des Wasser-Dampf-Kreislaufes und sonstiger Nebenanlagen unterscheidet sich ein EBS-Kraftwerk prinzipiell nicht von anderen Dampfkraftwerken. Im Detail wird die Anlage den Gegebenheiten des jeweiligen Standortes angepasst.

Das neue EBS-Industriekraftwerk Eisenhüttenstadt mit einer Feuerungswärmeleistung von 150 MW und einer elektrischen Leistung von bis zu 32 MW wird künftig jährlich rund die Hälfte des Strombedarfs und circa eine Million Tonnen Dampf für die Papiermaschine PM2 der Propapier AG im Industriepark Eisenhüttenstadt liefern<sup>5</sup>. Das Heizkraftwerk wird nach seiner Fertigstellung vorwiegend mit Ersatzbrennstoff und Reststoffen aus der Papierproduktion befeuert. Außerdem können Klärschlamm, Steinkohle und Heizöl als Brennstoff zum Einsatz kommen.



Abb. 10: EBS-Kraftwerk Weener (Germany)

Das rund 225 Millionen Euro teure Heizkraftwerk wird von der EnBW Energy Solutions GmbH finanziert, gebaut und betrieben. Dieses Contracting-Modell zur Energieversorgung der Papiermaschine in Eisenhüttenstadt läuft zunächst über 15 Jahre.

## Zusammenfassung und Ausblick

Die Anforderungen an die als Ersatzbrennstoff zu nutzenden Rejekte sind bezüglich Stückigkeit, Reinheit und Trockengehalt von > 65 % so hoch, dass die Erfüllung der Anforderungen nur durch hochspezialisierte Maschinenteknik und ein durchdachtes Gesamtkonzept zu erreichen ist. Ferner kann es sich hier nicht um Standardlösungen handeln, sondern jedes System ist auf die jeweiligen Gegebenheiten individuell anzupassen.

Die Investitionskosten der dargestellten Anlagen zur Grob- und Feinrejektentwässerung sowie zur Schlammmentwässerung einschließlich aller Peripherie können im niedrigen einstelligen Millionenbereich liegen.

Es zeichnet sich ab, dass Neuanlagen weltweit heute gar nicht mehr ohne diese aufwendige Technik geplant und gebaut werden. Aber auch bestehende Anlagen können optimiert werden. Bisher ist hier Europa Vorreiter, aber zunehmend folgen auch andere Länder weltweit unseren Beispielen.

Ein integriertes Rejektbehandlungssystem bietet neue Möglichkeiten (Kraft-Wärme-Kopplung, Minimierung der Umweltbelastung, Abkoppelung von der Preisspirale Entsorgungskosten und Energie).

Was schon viele Referenzanlagen bewiesen haben: Eine Investition in diese spezialisierte Technik verbessert die Produktivität und zahlt sich damit in der Summe aus.

### Literaturhinweise

- 1 Quelle: Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Papier 2010, Ein Leistungsbericht
- 2 Quelle: Umweltbundesamt, eigene Zusammenstellung allgemein zugänglicher Daten, September 2010
- 3 Quelle: [umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft](http://umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft), Januar 2011
- 4 Quelle: [wikipedia.org](http://wikipedia.org); Ersatzbrennstoffkraftwerk
- 5 Quelle: [www.recyclingportal.eu](http://www.recyclingportal.eu); MSV Mediaservice & Verlag GmbH, Bergstr.16, D-82239 Biburg, Oktober 2010