

# Die Technik der Wirbelschicht-Verbrennung und deren Anwendung in der Zellstoff- und Papierindustrie speziell für die Verbrennung von Ablauge aus Zellstoff- und Halbzellstoffprozessen

W. PIESSLINGER-SCHWEIGER

## Allgemeines

Parallel zu neuen technologischen Entwicklungen in der Zellstoff- und Papierindustrie gewinnt das sogenannte Wirbelschicht- oder Flüssigbett-Verbrennungsverfahren an Bedeutung.

Obwohl dieses Wirbelschicht-Verbrennungsverfahren in seiner Technik und technologischen Verwertung seit Jahren in anderen Industrien Anwendung gefunden hat, konnte man erst in den letzten sechs Jahren nach einigen patentrechtlich geschützten Verfahren von Mr. Copeland das Fluid-Bedsystem für die Zellstoff-, Halbzellstoff- und Papierindustrie einsetzen.

Bei Anpassung dieses Systems an spezielle Zellstoff- oder Halbzellstoffverfahren bietet dieses einzigartige Vorteile für Verbrennungs- oder Kalzinierungsvorgänge. Zugleich mit der Kenntnis der Einsatzmöglichkeit dieses Wirbelbett-Verbrennungsverfahrens in der Verbrennung, zum Beispiel von Ablaugen aller Art aus Zellstoff- oder Halbzellstoffverfahren, kommen immer neue Anregungen aus dem Kreis der Verfahrenstechniker der Zellstoffindustrie selbst.

Der bisher bedeutendste Beitrag und Einsatz des Flüssigbett-Verbrennungsverfahrens in der Zellstoffindustrie der USA besteht in der Lösung des Problems der Ausschaltung von Abwasserbelastungen durch Ablaugen aus Sulfite- oder Bisulfite-Halbzellstoffprozessen aller Art.

Zur Zeit sind sieben Flüssigbett-Verbrennungsreaktoren mit allen notwendigen Nebeneinrichtungen der Abgasreinigungen für Halbzellstoffanlagen in Betrieb. Die älteste dieser Anlagen arbeitet seit sechs Jahren ohne Störung.

Eine weitere große Anlage wird noch in diesem Jahr in Betrieb genommen. Es liegen umfangreiche Erfahrungen vor, um derartige Ablaugenverbrennungsanlagen zu planen und für störungsfreien Dauerbetrieb zu übergeben. Zirka 600.000 m<sup>3</sup> Ablauge pro Tag, die die Flüsse belastet hätten, werden nun nach Eindampfung auf 38 bis 50% atro in Copeland Wirbelbett-Reaktoren verbrannt.

Organische Stoffe werden restloser Verbrennung zugeführt und der anorganische Anteil wird in Form von Pallets als Prozeßchemikalie im Kreislauf des Systems gehalten oder zur Verwertung in anderen Industriezweigen eingesetzt (zum Beispiel Sulfatzellstoffindustrie oder Glasfabriken). Derzeit beträgt der Wert der rückgewonnenen Chemikalien aus den in Betrieb befindlichen Anlagen 1,7 bis 2,2 Millionen US-Dollar pro Jahr.

Der Kapitaleinsatz für die sieben betriebsbereiten Anlagen in den USA betrug 8 Millionen US-Dollar. Sie ersehen daraus, mit welcher Rentabilität diese Anlagen in Betrieb stehen, abgesehen von den hohen ideellen Werten in der Verbesserung der Abwasserbelastung, die bisher durch diese Halbzellstoffanlagen bestanden haben bzw. entstanden wären.

#### Beschreibung des Flüssigbettssystems, wie es in der Verbrennung von Ablaugen eingesetzt werden kann

Flüssigbett-Verbrennungsanlagen kommen dadurch in Funktion, daß eine Schicht von Feststoffteilchen über einer Düsenplatte durch Einpressen von Verbrennungsluft oder Gasen in fluidisierende (tanzende) Bewegung gebracht werden, wobei die Luftmenge, Temperatur und Druck in bestimmte Verhältnisse zu dem in Bewegung zu haltenden Material gebracht werden muß.

Für einen guten Verfahrensablauf sollten die Teilchen kleiner als 3 bis 4 mm sein. Aber es ist dies von der Art der Chemikalien oder Feststoffe abhängig, die in dem Verbrennungsverfahren rückgewonnen werden sollen. Es ist ein besonderer Vorteil dieses Flüssigbett-Verfahrens, daß es gelingt, die Teilchen in dauernder tanzender, heterogener Bewegung zu halten. In dieser Form ähnelt der Zustand des Fließbettes einer kochenden Flüssigkeit und entspricht auch weitgehend hydraulischen Gesetzmäßigkeiten.

Die Vermischung der Festteilchen geschieht schnell und vollständig in allen Richtungen des Flüssigbettes. Der Austausch der Wärme zwischen dem sich bildenden Verbrennungsgas bestimmter Temperatur und den Feststoffteilchen ist ausgezeichnet und bietet in kleinstem Verbrennungsraum des Reaktors ideale Bedingungen.

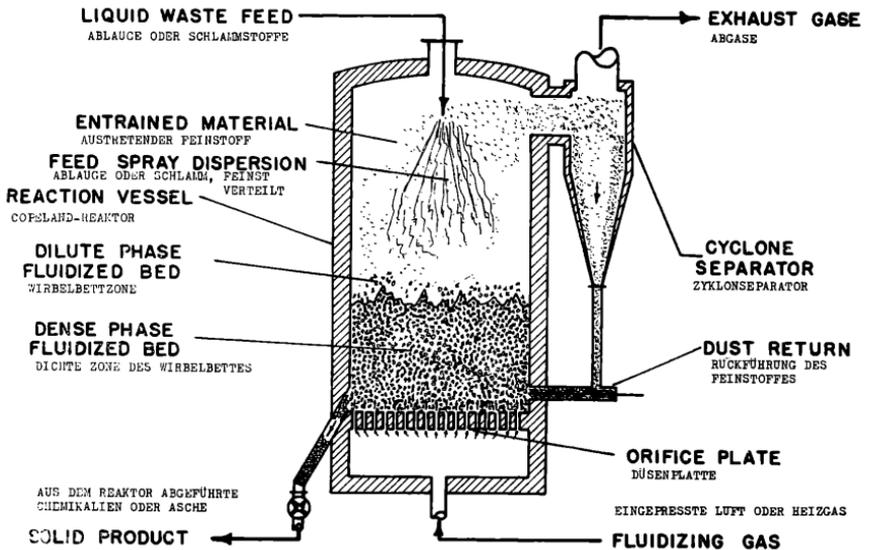


Abbildung 1

Prinzipschema des Copeland-Reaktors

Ein Flüssigbett-Reaktor zur Verbrennung von Ablauge benötigt Luft als fluidisierendes Gas und bietet eine große Oberfläche der schwebenden Teilchen im Kontakt mit der Verbrennungsluft. Die durch Verbrennung der organischen Bestandteile der Ablauge und je nach dem Zellstoffverfahren genau einzuhaltenen Temperatur in dem Reaktor und speziell in dem Flüssigbett sichert einen Betrieb ohne Stützfeuerung.

Da sich die Verbrennungsluft und die Festteilchen in einem ständigen idealen Mischzustand befinden und dadurch optimale Bedingungen für chemisch-thermische Reaktionen herrschen, ist durch genaue Messung der zugeführten Luft und der abgeführten Gasmenge in der Zeiteinheit bei entsprechender Temperaturregistrierung die Steuerung eines Copeland Wirbelschicht-Reaktors zur Ablaugenverbrennung und die Kontrolle der Reaktionsgeschwindigkeit sehr leicht möglich.

Die Abhängigkeit der Laugenzufuhr bei gleichbleibenden Konditionen der Zusammensetzung und der Abzug einer gewissen Menge an Feststoffteilchen aus dem Reaktor ist bei einem geordneten Prozeß zu beachten und meßtechnisch unter Kontrolle zu halten.

## Vorteile des Flüssigbett-Verbrennungsverfahrens, insbesondere für Ablaugen aus Zellstoff- oder Halbzellstoffprozessen

Dem Flüssigbett-Verbrennungssystem bieten sich viele Vorteile an, die mehr oder weniger offenkundig auftreten und festzustellen sind. Diese Vorteile können wie folgt zusammengefaßt werden.

### a) Einfachheit des Systems

Copeland-Wirbelschichtanlagen bestehen aus einfachen Bauelementen und sind im Betrieb leicht den Verfahrenswünschen anzupassen. Niedrige Anschaffungskosten gegen andere thermisch-chemische Verbrennungs- und Rückgewinnungssysteme zeichnen dieses Verfahren aus.

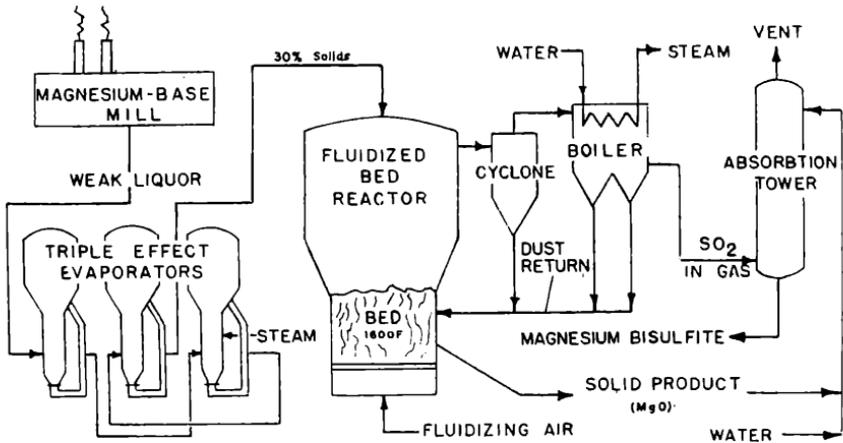


Abbildung 2

Verarbeitungs-Schema von Mg-Ablauge nach System Copeland

### b) Die Betriebselastizität des Systems

Die Änderung in der Leistung eines Verbrennungs-Reaktors ist sehr leicht möglich. Grundlegend ist die Luftmenge, die durch den Gesamtquerschnitt des Flüssigbettes geleitet wird. Mit der Luftmenge ist die vollkommene Verbrennung der eingebrachten Ablaugenmenge zu steuern. Die Leistung des

Verbrennungssystem ist bis zu einem Grenzpunkt der *Luftmenge* und *Luftgeschwindigkeit*, die für einen bestimmten Reaktordurchmesser berechenbar ist, ein Maximum. Eine Reduktion der Verbrennungsleistung auf etwa ein Drittel der Maximalkapazität ist möglich, wenn der Wärmehaushalt des Reaktors bei einem Minimalpunkt ohne Zusatzfeuerung ausreicht und nicht gestört wird.

Die Verbrennung einer doppelten Brennstoffmenge als dem theoretischen Maximalpunkt entspricht, ist dann möglich, wenn die zugeführte Wärmemenge auch abgeführt oder unwirksam gemacht werden kann (zum Beispiel Einspritzen von Kühlwasser). Die maximale Luftgeschwindigkeit ist auch gegeben durch das Gewicht des Bettmaterials und der Teilchengröße. Um wirtschaftlich arbeiten zu können, ist die Gebläseleistung (Antriebsleistung) zu beachten.

Nach genauer Kenntnis der dynamischen Vorgänge in einem Flüssigbett-Reaktor ist es möglich, die Luftgeschwindigkeit so zu regeln und festzulegen, daß die Teilchen des Bettmaterials in Schwebelage gehalten und Feinmaterial aus dem Reaktor mit den Verbrennungsgasen aus dem Flüssigbett ausgetragen wird (Staubabscheidung). Eine gewisse Menge an Feststoffteilchen wird aus dem Flüssigbett mit Kühlschnecke entnommen.

Die dynamischen Vorgänge in einem Reaktor sind bestimmend für die Größe des Bettdurchmessers und der Reaktorhöhe für die Verbrennung bestimmter Maximalmengen pro Stunde eines vorgesehenen Produktes. Der Reaktor wird somit stets für die Maximalverbrennungsmenge berechnet und ausgelegt. Ein Betrieb des Reaktors mit Teillasten ist möglich.

## Kontrolle und Überwachung des Wirbelbettsystems

Damit eine richtige Funktion des Wirbelbettes mit Maximalerfolg möglich ist, muß sicher sein, daß eine vollkommene Mischung des Bettes eintritt und erhalten wird. Teilchengröße, Temperatur und Druckabfall im Raum über dem Flüssigbett erreichen dabei ganz bestimmte Werte.

Die Verbrennungsluft oder das Gas muß vollkommen gleichmäßig über den ganzen Querschnitt des Bettes verteilt sein. Dies wird dadurch erreicht, daß an geeigneter Stelle im unteren Teil des Reaktors eine Düsenplatte eingebaut wird, durch die die Verbrennungsluft gleichmäßig verteilt in das Bett einströmt. Die vorliegenden Erfahrungen und Berechnungsmöglichkeiten gestatten eine Reaktorkonstruktion, die eine absolut gleichmäßige Mischung zwischen entstehendem Verbrennungsgas und Luftstrom sichert. Damit wird

ein Reaktionszustand gesichert, der so genau gesteuert werden kann, als Meßgeräte gestatten, die Regelwerte zu erfassen.

*Jeder Techniker, der die Elastizität eines Wirbelbettreaktors im Dauerbetrieb miterlebt hat, ist begeistert von der Einfachheit der Betriebsführung dieses Verbrennungssystems.*

### Wärmeleistung des Wirbelbettsystems

Die Kontrolle des Systems ist eine Betriebsnotwendigkeit, um, wie schon gesagt, den Zustand im Reaktor der Verbrennung des eingebrachten Stoffes in der Zeiteinheit anpassen zu können. Die verschiedenen Ablaugen, je nach dem, ob sie von *Ca*, *Na*, *Mg* oder *Ammoniumprozessen* stammen, sind vollkommen verschieden in der einzuhaltenden Temperatur im Bett und oberhalb desselben zu verbrennen. Der große Vorteil des Reaktorsystems ist, daß in einem verhältnismäßig kleinen Reaktorvolumen oberhalb der Düsenplatte die vollkommene Verbrennung aller anorganischen Substanzen erfolgt. Es ist möglich, zum Beispiel *Mg-Ablaugen* bei 60 bis 65 % Wasseranteil, also nur 35 bis 40 % Trockengehalt ohne Zusatz-Heizmaterial zu verbrennen. Auch Ablaugen aus NSSC-Prozessen brennen bei 65 % Wassergehalt ohne Stützfeuerung. Sulfatablaugen können sogar mit 70 bis 74 % Wasseranteil nach feiner Zerstäubung im Reaktor verbrannt werden.

Trotz Heizwerten von nur 1800 bis 2000 Cal. bei NSSC Ablaugen, die aus Verfahren mit hoher Ausbeute stammen (80 bis 85 % Ausbeute bezogen auf atro Holzgewicht), ist deren Verbrennung im Copeland-Reaktor möglich. Und dies bei nur 35 bis 40 % atro Gehalt der eingebrachten Ablauge. Normale Verbrennungssysteme, zum Beispiel Ablaugenverbrennungskessel, müssen mit 55 bis 60 % ATS beschickt werden, um ohne Stützfeuer betrieben werden zu können.

Die hohe Wärmeleistung eines Reaktors ist auch ein Vorteil des Wirbelschicht-Verbrennungssystems.

a) Das Wirbelbett selbst arbeitet als ein beachtlicher Wärmespeicher. Als Vergleich erwähne ich, daß das Bettmaterial einer Mg-Bi-Si-Anlage in Wausau ein Gewicht von etwa 100 t hat. Die Halbzellstoffproduktion dieser Anlage beträgt etwa 200 t pro Tag.

Schwankungen in der zugeführten Ablaugenmenge oder deren Heizwert werden durch das Material des Flüssigbettvolumens ausgeglichen. In dem Reaktor der Anlage Wausau, die Ablauge aus einem Mg-Bi-Si-Prozeß ver-

brennt, ist der Wärmeinhalt des Bettes zirka 20 bis 25 Millionen kcal., wenn die zugeführte Wärmemenge 300.000 cal. pro Minute beträgt.

b) Die Oberfläche der Teilchen des Wirbelbettes ist enorm und ermöglicht daher günstige Reaktionen und Einflußnahme der Hitzeeinwirkung auf das Material und den Ausbrand.

### Ausschaltung der Verunreinigung der Abluft aus Wirbelschichtanlagen bei Verbrennung von Ablaugen

Die Wirbelbett-Verbrennungsanlagen, die Ablaugen von Sulfit- oder Sulfatprozessen verbrennen, können so eingerichtet werden, daß keine giftigen oder schwebstoffhaltigen Gase abgeführt werden müssen.

Die völlige Ausschaltung der Geruchsbelästigung durch Mercaptane oder reduzierte Schwefelverbindungen ist ein besonderer Vorteil der Copeland-Reaktoranlagen. Die gesetzlichen Bestimmungen werden auch in den USA streng gehandhabt, so daß es vorteilhaft ist zu wissen, daß mit einem Wirbelbettsystem keine Sorgen wegen Abgasbelästigungen entstehen können.

Die Gasanalysen bei spektrometrischen Untersuchungen ergaben im Dauerbetrieb eine Durchschnittsanalyse von

	NSSC-Ablauge	Sulfit-Ablauge
O <sub>2</sub>	6.7	10.3
CO <sub>2</sub>	12.3	8.4
CO	0.1	1.0
H <sub>2</sub>	0.5	0.6
H <sub>2</sub> S	0.00	0.00
Mercaptane	0.00	0.00
Schwefel-Kohlenstoff	0.00	0.00
CH <sub>4</sub>	0.3	0.08
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.03	0.001
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.02	0.03

Jedes Wirbelbettsystem mit hoher Oxydations-Wärmeleistung gibt die Sicherheit, daß keine Luftverunreinigung auftritt.

Die Erfahrungen im Entwurf von Copeland-Reaktoren zur Verbrennung von Ablauge aus Zellstoffprozessen sind heute so fundiert, daß den strengsten Vorschriften einzelner Länder entsprochen werden kann und Garantien übernommen werden.

## Nachteile des Wirbelschicht-Verbrennungssystems

Die Vorteile des in der Zellstoff- und Papierindustrie angewandten Copeland-Verbrennungsverfahrens überwiegen alle noch näher erläuterten Nachteile.

Jede neue Technik, so auch der Copeland-Prozeß, bedarf einer Schulung und Anpassung des Betriebes und des Bedienungspersonals, insbesondere für die Verwendung in der Papier- und Zellstoffindustrie.

Ein Nachteil ist die Steuerung und Einhaltung maximaler Temperaturwerte bei Verbrennung von Abläugen auf Na-Basis.

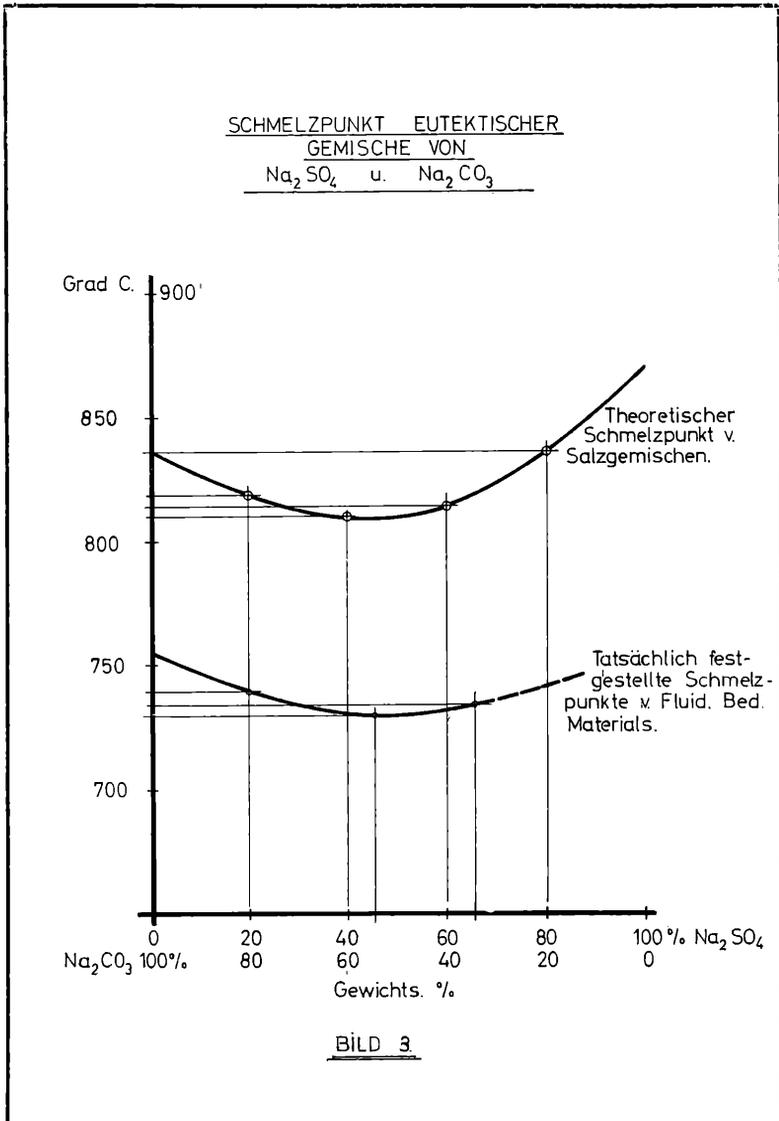
Schon zu Beginn der Ablaugenverbrennung aus NSSC-Prozessen war es klar, daß man bei Temperaturen arbeiten muß, bei denen die Na-Verbindungen nicht plastisch oder klebend werden, geschweige denn der Schmelzpunkt erreicht wird. Eine Überschreitung des Temperaturlimits bewirkt eine sofortige Störung der Fluidisierung des Bettmaterials.

Es waren die Schmelzpunkte von Natriumsulfat und Natriumkarbonat bekannt. Man wußte auch aus Laborversuchen, daß Verbindungen dieser Stoffe niedrigere Schmelzpunkte haben als jedes der beiden Salze. Unbekannt war, daß Spurenelemente und andere Salze, die in geringen Mengen vorkommen, den Schmelzpunkt der ganzen Mischung wesentlich herabsetzen können.

Bei NSSC-Prozessen liegt der kritische Punkt bei etwa  $1370^{\circ}\text{F} = 743,3^{\circ}\text{C}$ , bei welcher Temperatur die Klebrigkeit des Materials im Flüssigbett festzustellen ist. Die Anlagen werden alle mit Betthöchsttemperatur von  $1300$  bis  $1340^{\circ}\text{F} = 704,4$  bis  $726,7^{\circ}\text{C}$  betrieben. Die Temperatur im Flüssigbett kann so gehalten werden, daß Temperaturschwankungen von  $5,5^{\circ}\text{C}$  nicht überschritten werden.

Bild 3 zeigt in einer Kurve den theoretischen Schmelzpunkt der Salzmische aus NSSC-Ablaugen und die tatsächlichen Fusionstemperaturen, die während der Entwicklungsarbeit aufgetreten sind.

Zur Zeit ist der einzige wirklich fühlbare Nachteil in der Anwendung des Wirbelschichtverfahrens in der Zellstoff- und Papierindustrie die mangelnde Kenntnis dieser Verfahrenstechnik in dem Technikerkreis dieser Industrie. Nur zögernd wird die neue Verbrennungstechnik beschritten oder aufgegriffen. Die bereits seit sechs Jahren arbeitenden Anlagen werden aber nun immer häufiger auch von Interessenten aus Europa besucht und es ist festzustellen, daß die persönlichen Erfahrungen, die Techniker beim Studium des Betriebes der Anlagen über einige Tage sammeln können, das Gefühl der unbedingten Betriebssicherheit vermitteln.



## Flüssigbettverfahren zur Verbrennung von Ablauge aus Sulfitprozessen

### Neutralsulfit

Die erste derartige Anlage in der Sulfit-Halbzellstofferzeugung war die Anlage von Mr. Copeland im Werk Carthage — Indiana, einem Werk der American Container Corporation. Diese Anlage ist nun sechs Jahre in Betrieb und hat keine Störungen verursacht. Es handelt sich um Ablauge aus einem Neutralsulfit-System. Dieses Werk sollte über Beschluß der Behörden wegen der eingetretenen Abwasserschäden stillgelegt werden. Das Container Copeland-Verfahren hat das Werk vor der Stilllegung bewahrt. Das Verfahren wurde patentiert und ist für die meisten Länder der Erde patentrechtlich geschützt.

Der Prozeß und die Anwendung zur Verbrennung von Neutralsulfit-ablaugen ist ausführlich in Vorträgen und Veröffentlichungen in Fachzeitschriften bekannt gemacht worden (siehe beiliegenden Literaturnachweis).

In dreistufiger Verdampferanlage wird Ablauge von 9 bis 12 % ATS auf 35 bis 38 % ATS eingedampft. Die Höhe der notwendigen Eindampfung ist abhängig von der Ausbeute, mit der im Halbzellstoffprozeß gearbeitet wird.

Die Ablauge mit 35 bis 38 % ATS wird ohne Zusatzbrennstoffe im Wirbelschichtreaktor verbrannt. Organische Stoffe verbrennen unter günstigen Bedingungen zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$ . Abgase werden nach entsprechender Wäsche in die Atmosphäre abgelassen. Durch geeignetes Einsprühen der Ablauge vom Dom des Reaktors gegen das bewegte Flüssigbett verbrennen die organischen Substanzen und die Natrium- und Schwefelsalze werden im Flüssigbett deponiert, wo sie in Form von kleinen Kügelchen aus *Natriumsulfat* — *Natriumkarbonat* das eigentliche Fließbett aufbauen. Dieses Material wird in Sulfat-Zellstoff-Fabriken oder in der Glasindustrie eingesetzt.

Die gesamte Reaktoranlage wird von einem Bedienungsmann von der Steuerwarte aus bedient und überwacht. In manchen Anlagen ist auf Grund örtlicher Vorschriften ein Helfer vorgeschrieben. Jedenfalls aber ist es möglich, mit einem Minimum an Lohnkosten die Anlage zu betreiben.

Die Verdampfer werden fallweise gespült, aber es ist möglich, jegliche Belagprobleme auf Grund der Konstruktion der Eindampfkörper auszuschalten. Wesentlich ist zu wissen, daß alle Anlagen, die für Verbrennung von NSSC-Ablauge in Betrieb sind, 98,5 bis 99 % des B. O. D. Materials zerstören, die dem Eindampfsystem zugeführt werden.

*Copeland Prozess Corporation hat derzeit folgende Anlagen nach  
NSSC-Prozessen im Dauerbetrieb:*

Kunde und Standort der Anlage	Jahr der Inbetrieb- setzung	Leistung t atro pro Tag
Container Corporation of American Carthage, Indiana	1962	125
Container Corporation of American Circleville, Ohio	1964	150
WesCor Corporation Hawesville, Kentucky	1967	155—200
Stone Container Corporation Coshocton, Ohio	1967	300—400
Settsu-Itagami Board Paper Co. Osaka, Japan	1967	120

Auch die Anlage in Green Bay ist gemäß letzten Nachrichten in Dauerbetrieb übernommen worden.

Sulfit- und Bisulfit-Ablaugenverbrennung  
mit Wirbelschichtreaktoren

Sulfit-Ablaugen, die nicht aus Na-Bi-Si-Prozessen (NSSC) kommen, können leicht mit der Flüssigbett-Technik verbrannt werden. Für Mg-Bi-Si-Verfahren und Ammoniumablaugen stehen geschlossene Kreislaufsysteme mit Copeland-Reaktoren zur Verfügung. Leider können Ablaugen aus *Na-* oder *Ca-Prozessen* zur Zeit noch nicht so verbrannt werden, daß die Basen wieder im Prozeß verwendbar sind. Es entstehen zumeist Sulfatverbindungen, die aus dem Verfahren ausgeschieden und anderwärtig verwendet werden können. Es sind dauernd Versuche im Gang, um besonders eine Ca-Verbindung zu erhalten, die in der Baustoffindustrie verwertet werden kann, wenn es schon nicht gelingt, reines CaO oder CaCO<sub>3</sub> zu gewinnen, so will man CaSO<sub>4</sub> erzeugen.

Die Eindampfung der Ablauge auf nur 35 bis 40% ATS bringt große Vorteile im Dauerbetrieb des Eindampfersystems. Die Betriebskontrolle und die Steuerung des gesamten Systems der Ablaugenverbrennung und Chemikalienrückgewinnung ist so einfach zu handhaben, daß damit auch eine hohe Rate an SO<sub>2</sub> und Mg-Rückgewinnung aus der Ablauge des Prozesses erreicht wird.

Über mein Ersuchen wird der Bedeutung der Verbrennung von Ca-Bisulfitablauge in USA dadurch Rechnung getragen, daß laufend Versuche mit einer Pilotanlage durchgeführt werden mit dem Ziel, ein Ca-Produkt zu erzeugen, welches in der Baustoffindustrie eingesetzt werden kann. Durch genaue Temperaturhaltung und Modifizierung des Verbrennungsprozesses will man eine

hochwertige Ca-Verbindung als Endprodukt erzielen, so daß neben der Entlastung des Vorfluters und der Dampferzeugung aus Abwärme des Reaktors ein Ca-Produkt anfällt, welches durch Verkauf, zum Beispiel Zementindustrie, die Rendite der Anlage verbessert.

In USA ist derzeit Hauptaugenmerk auf den Einsatz der Wirbelschichtverbrennung von Ablauge aus Halbzellstoffprozessen gerichtet, von denen man eine 45 fache Produktionssteigerung von 1950 bis 2000 erwartet. Auch in Europa müssen wir zur Deckung des Faserstoffbedarfes immer mehr auf Halbzellstoffverfahren übergehen, so daß auch für uns in Europa die Wirbelschichtverfahren an Bedeutung gewinnen werden.

Das Copeland-Reaktorsystem für die Anlage Wausau (Wausau Paper Mill Company, Brokaw, Wisconsin), die nach dem Mg-Bi-Si-System seit Mitte 1967 in kontinuierlichem Betrieb arbeitet, hat sich bestens bewährt.

Der Mg-Bi-Si-Prozeß zur Erzeugung eines Halbzellstoffes aus Pappel- und Aspenholz, der bei Ausbeuten von 75 % auf 80 bis 85 GE gebleicht wird, hat sich zur Erzeugung bester Papierqualitäten bewährt. Die Tagesproduktion beträgt 150 bis 200 t atro Halbzellstoff.

Kunde und Standort der Anlage	Jahr der Inbetriebsetzung	Leistung t atro pro Tag
Wausau Paper Mills Company, Brokaw, Wisconsin	1967	155—200
Franconia Paper Corporation, Lincoln, New Hampshire	1968	155—200

Eine zweite Anlage der Bisulfitprozesse wird bei Franconia Paper Company, Lincoln, New Hampshire sein, die in Kürze in Betrieb gehen wird. Die Anlage ist so erstellt, daß sie zu einem späteren Zeitpunkt auf einen Mg-Bi-Si-Prozeß umgestellt werden kann.

Der Betrieb der Eindampfanlage in Wausau hat hinsichtlich der Eindampfkörper die Betriebserfahrungen erbracht, daß es möglich ist, nahezu ohne Störung des Betriebes zu arbeiten. Es wurden keine Beläge über lange Betriebszeiträume festgestellt. (Zumeist wurde erst nach 60 Tagen Betrieb ein Eindampfkörper gewaschen.)

### Das Flüssigbett-Verbrennungssystem in der Sulfat-Zellstoff-Industrie

Obwohl die bewährte Technik der Verbrennung von Ablauge in den Laugenverbrennungskesseln, besonders bei hohen Produktionsleistungen, durch das Flüssigbettverfahren keineswegs ersetzt werden soll, sind durch ein-

gehende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten bedeutende Fortschritte erzielt worden.

Es wurde festgestellt, daß die Störungen durch Abgase (Merkaptane oder Schwefelverbindungen) durch die Verwendung eines Wirbelschicht-Reaktors eliminiert werden können.

Wenn man zum Beispiel Wirbelschicht-Reaktoren bei Sulfatanlagen als Oxydationsanlagen einsetzt, so enthalten die Abgase keine der unangenehmen Geruchsbelästigungen.

Ein anderer Vorteil bei kleineren Produktionseinheiten ist die Einfachheit des Systems, die besonders bei Anlagen in Entwicklungsländern entscheidend ist.

Die Wärmerückgewinnung in Abhitzekesteln ist einfach, wohl nicht mit so hohem Wirkungsgrad als bei Laugenverbrennungskesseln, aber man hat keine Schmelzphase und es sind Gefahren durch Schmelzexplosionen ausgeschaltet.

Die bessere Wärmeausnützung für die Dampferzeugung wird im Flüssigbettverfahren dadurch verhindert, daß man die Temperaturen im Flüssigbett niedriger halten muß, um nicht in den Schmelzbereich der anorganischen Substanzen zu kommen. Das Problem wird aber eingehend weiter erforscht und man kann hoffen, daß es erfolgreich gelöst wird. Wenn es gelingt, mit höheren Temperaturen in Reaktorsystemen zu arbeiten, dann würde man in zwei getrennten Reaktoren den Prozeß führen, wobei eine

Oxydations-Stufe und eine  
Reduktions-Stufe vorzusehen ist.

Aus einem derartigen System würden die Abgase ohne Geruchsbelästigung abgeführt werden können. Das System wäre in *Anschaffung* und *Bedienung* sehr billig im Vergleich zu den Kosten der bekannten Ablaugenverbrennungsanlagen.

Eine Referenzanlage für einen modifizierten Sulfatprozeß ist seit 1967 in Betrieb.

Kunde und Standort der Anlage	Jahr der Inbetrieb- setzung	Leistung t atro pro Tag
Olin Mathieson Chemical Corp. Pisgah Forest, North Carolina	1967	50

*Die Rückbrennung von Kalk aus Sulfatanlagen* wird seit Jahren mit Wirbelschicht-Reaktoren durchgeführt und stellt insbesondere für kleinere Sulfatanlagen eine billige Einrichtung dar. In USA sind erst fünf Anlagen, die mit Wirbelbett-System arbeiten, in Betrieb.

Copeland hat erst kürzlich ein Patent über Kalkrückbrennung erhalten, wobei eine bedeutende Einsparung an Heizmitteln möglich ist.

Der Kalk fällt bestens ausgebrannt in Form von kleinen Kügelchen an, ist gut lösbar und hat eine ausgezeichnete Qualität. Es darf angenommen werden, daß in ein bis zwei Jahren auch die Kalkregenerierung in der Sulfatindustrie größeren Einsatz findet.

*Auch Rinde- und Rindenfeinstoffverbrennung kann für große Zellstofffabriken mit Wirbelschicht-Reaktoren gut gelöst werden. Die Auspressung des Wassers bis auf 45 bis 50% atro ist nicht mehr erforderlich, da in dem kleinen Feuerraum eines Reaktors die Verbrennung der Rinde auch bei höherem Wasseranteil möglich ist.*

Atro-Gehalte von 35 bis 40% sind vollkommen ausreichend, wobei der Schlamm- und Rindenfeinstoff aus der Filteranlage des Umlaufwassers der Rinde zugemischt werden kann, ohne die Verbrennung des Hauptrindenanteils zu stören.

Die Verbrennung der Rinde ist ohne Stützfeuerung möglich und bereitet keinerlei Schwierigkeiten. Ein Teil der Asche kann aus dem Reaktor abgezogen werden, so daß die Abgasreinigung mit Zyklon und Wäschersystem entlastet wird. Ein Abhitzeessel nach einem Rinden-Verbrennungsreaktor arbeitet mit günstigem Wirkungsgrad, da mit hohen Temperaturen gearbeitet wird. Anlagekosten und Instandhaltung sind bei einer Rindenverbrennungsanlage günstig. Man errechnet in USA bei einem Werk mit Laubholz-Zellstoffherzeugung von 350 t atro pro Tag mit einer Einsparung von zirka 1 US-Dollar pro Tonne Zellstoff durch das wesentlich vereinfachte Rindenverbrennungssystem mit Copeland-Reaktor.

### Verbrennung von Feinstfasern und Schlamm aus Abwässern der Zellstoff- und Papierindustrie

Auf diesem Gebiet sind praktisch die Entwicklungsarbeiten abgeschlossen, aber es gibt noch keine Anlage, die im Dauerbetrieb arbeitet.

Die hohe Temperatur, die man bei Verbrennung von organischen und anorganischen Substanzen in Reaktoren halten kann, dient der restlosen Verbrennung von Schlamm aus Abwasserreinigungsanlagen der Zellstoff- und Papierindustrie.

Schlämme aus De-Inking-Anlagen oder Zellstofffabriken brennen bei Eindickung auf eine Konsistenz, die mindestens 1800 bis 2000 cal bezogen auf atro Zustand bieten, ohne Zusatzfeuerung. Bei Papierfabriken mit Streich-

anlagen, die einen hohen Anteil von Füllstoffen in den Abwässern haben, kann es möglich sein, daß der Aschegehalt des Schlammes überwiegt und nur mit Zusatzfeuerung der Schlamm verbrannt werden kann.

Es sind Großversuche einer Anlage im Gang, um aus dem Schlamm wertvolle Füllstoffe, die hier verwendet werden, in einem Reaktor so abzuscheiden, daß deren Weißgehalt annähernd wieder erreicht werden kann. Man will einen idealen Zustand eines geschlossenen Wasserkreislaufsystems erhalten, indem die Feinstfasern und der Schlamm verbrannt werden, die Füllstoffe aber in die Anlage wieder zurückgeführt werden können.

Es muß darauf verwiesen werden, daß verschiedene Füllstoffarten bei dem Glühprozeß Veränderungen erfahren, die eventuell den Verschleiß von Sieben beeinflussen.

Abschließend möchte ich noch darauf verweisen, daß es möglich ist, mit dem Copeland-Reaktorsystem oder mit dem von Dorr-Oliver Fäkalien zu verbrennen, die aus Kläranlagen größerer Siedlungsgebiete anfallen. Die Beseitigung der Abwasserschlämme durch Verbrennung ist einfach gegen die Deponie von gewonnenen Schlammprodukten.

Copeland hat eine derartige Anlage für eine Siedlung von 45.000 Personen errichtet und ich konnte gelegentlich einer Besuchsreise nach USA diese Einrichtung genau überprüfen.

Ein Copeland-Reaktor für Fäkalienverbrennung gestattet auch die Zusatzverbrennung des so unangenehmen Altöles großer Sammelgebiete ohne Rauch- und Rußbelästigung.

Neuerdings wurde die Copeland Process Corporation eingeladen, sich des Problems der Verbrennung von unverwertbaren Schlämmen aus dem Erdöl- und Raffinerieanfall anzunehmen. Die erste Anlage dieser Art ist für Texaco in Betrieb gegangen und es ist bewiesen, daß man mit einem Wirbelschicht-Reaktor sandhaltige Schlämme aus Raffinerien mit allen Abfallprodukten, die sonst große Sorgen wegen Abwasser oder Grundwasserbelastung bereiten, verbrennen kann.

*Zusammenfassend* stelle ich nochmals fest, daß das Wirbelbett-Verbrennungssystem an und für sich keine Neuentdeckung ist, sondern in vielen Anwendungsgebieten erprobt wurde. Einige tausend Patente liegen in der Welt auf, aber nur etwa zehn Patente schützen die Verbrennung von Ablauge aus den verschiedensten Zellstoff- und Halbzellstoffverfahren. In Kreisen der Zellstoff- und Papierindustrie war das Wirbelbettverfahren wenig beachtet und nur zur Verarbeitung von Flotationskies in der Zellstoffindustrie in einigen Anlagen eingesetzt.

Herrn Copeland ist es zu danken, daß er das Wirbelschicht-Verbrennungsverfahren für die Verbrennung von Ablauge aus Halbzellstoffherzeugung (Neutral Sulfit-Prozessen) erstmalig verwendet hat.

Die vollkommen neu ausgestatteten Anlagen Carthage und Circleville der American Container Corporation wurden durch behördliche Maßnahmen gezwungen, den Betrieb einzustellen oder eine Lösung zu bieten, die weder Abwasser noch Luftverunreinigung nach sich zieht.

Herrn Copeland, der selbst aus der metallurgischen Industrie kam und technischer Direktor bei Container Corporation war, ist es gelungen, in Zusammenarbeit mit einem Forschungsinstitut nachzuweisen, daß es möglich ist, Ablauge aus Halbzellstoffprozessen mit niedrigem Heizwert (1800 bis 2000 cal) ohne Stützfeuerung so zu verbrennen, daß weder Abwasser noch Rauchgasprobleme entstehen.

Mit dem Aufbau der zwei Anlagen in Carthage und Circleville, die seit fünf und sechs Jahren ohne Störung in Betrieb sind, wurde der Weg der Ablaugeverbrennung mit einem sogenannten

#### Copeland Reaktor System

erstmalig erfolgreich beschritten. Beide Halbzellstoffanlagen wurden in der Produktion weiter ausgebaut und die Abwässer sind klar und in gutem Zustand. Den Wünschen der Behörde konnte voll entsprochen werden.

Damit wurde Herr Copeland angeregt, neue Möglichkeiten in der Bekämpfung von Abwasserproblemen der Zellstoff- und Papierindustrie zu suchen und damit das

Wirbelschicht-Verbrennungsverfahren  
in dieser Industrie bekanntzumachen.

Wir kennen alle die konservative und vorsichtige Einstellung der Techniker im Einsatz neuer Verfahren und Anlagen. Es ist aber notwendig, daß durch intensive Mitarbeit und das Mitdenken der Techniker dieser Branche alles getan wird, um den Einsatz des Copeland-Verfahrens in der Zellstoff- und Papierindustrie zu fördern.

Trotz neuer, die Zellstoff- und Papierindustrie schwer belastenden Vorschriften zur Reinhaltung unserer Gewässer müssen Mittel und Wege gesucht werden, um die beiden lebensnotwendigen Elemente Wasser und Luft zu schützen, soweit es nur möglich ist.

Ein Copeland-Reaktor-System kann überall dort eingesetzt werden, wo aus dem Abfallprodukt organische und anorganische Substanzen zur Verfügung stehen, die verbrannt werden können und einen Mindestheizwert von 1800 bis 2000 cal bieten.

## LITERATUR

- COPELAND, G. G., HANWAY, E. Jr. (1963): The Treatment of Neutral Sulfite Semi-chemical Spent Liquors in a Fluidized-Bed Reactor. — 17th Alkaline Pulping Conference, Green Bay, Wisconsin, September 26.
- COEPLAND, G. G. (1964): Chemical Recovery and the Container-Copeland Fluidized Bed Systems. — First International Sulfite Pulping Conference, Chicago, Illinois, June 16–19.
- (1964): Water Re-Use and Black Liquor Oxidation by the Container-Copeland Process. — 19th Annual Industrial Waste Conference, Purdue University, Lafayette, Indiana, May 5–7.
- (1965): Potential of the Container-Copeland Process and Fluid Bed Applications in the Pulp and Paper Industry. — Japan TAPPI, Tokyo, Japan, May 28.
- COPELAND, G. G., HANWAY, J. W. Jr. (1965): The Application of the Container-Copeland Process to Stream Pollution Problems. — 12th Ontario Industrial Waste Conference, Lake of Bays, Muskoka District, Ontario, June 14–16.
- COPELAND, G. G. (1968): The Copeland Sulfite Recovery Process At Franconia Paper Corporation. — Maine-New Hampshire TAPPI Meeting, Kennebunk, Maine, June 14–15.
- HANWAY, J. E. Jr., SMITHSON, G. R. Jr. (1966): Application of Fluidized-Bed-Systems in the Pulp and Paper Industry. — Annual Meeting of the American Institute of Chemical Engineers, Detroit, Michigan, December, 1966.
- HANWAY, J. E. Jr., WHEELER, C. M. (1967): Fluidized-Bed Treatment of Magnesia-Base Waste Effluents. — TAPPI Engineering Conference Session 12 — Chemical Engineering, Atlanta, Georgia, September 20.

## DISKUSSION

- LIEPOLT: Wie sehen Sie die Entwicklung der Zellstoffindustrie im Hinblick auf die Errichtung von Anlagen zur Verbesserung der Abwassersituation?
- PIESSLINGER-SCHWEIGER: Momentan ist eine große Strukturänderung in der Zellstoffindustrie. Kleinere Betriebe werden schließen, größere bestehen bleiben. Was dabei herauskommt, wissen wir selber noch nicht. Es ist klar, daß kleine Betriebe mit 100 Tonnen Leistung kaum daran denken, jetzt noch eine solche Anlage zu errichten. Größere Betriebe werden daran denken müssen und diese werden auch gefördert. Die Kapitalkraft der Papier- und Zellstoffindustrie wird bei weitem überschätzt. Heute besteht eine sehr starke Konkurrenz auf dem Weltmarkt, die zur Stilllegung kleinerer Betriebe zwingt. In Deutschland gibt man Subventionen.
- LEITHE: Bestehen beim Calciumbisulfiterfahren nach Copeland Abgasprobleme ( $\text{SO}_2$ )?
- PIESSLINGER-SCHWEIGER: Die Anlagen, die ich gesehen habe, hatten keinerlei Abgasschwierigkeiten. Es gab dort auch keine Abwasserbelastung.

- JANIK: Es ist mir nicht verständlich, wie man zu der Annahme kommt, Faserholz sei Mangelware bzw. der Bedarf der Papierindustrie könne in Hinkunft nicht mehr gedeckt werden. Im Gegenteil: Faserholz ist zu kostendeckenden Preisen nicht mehr anbringbar. Mengenmäßig kann schon deshalb ein Engpaß bei der Versorgung nicht eintreten, da Österreich bekanntlich ein Bewaldungsprozent von 43 hat. Überdies sind erst acht Prozent der Wälder der Welt bisher erschlossen.
- KAINZ: Ich möchte noch zur Frage der Geruchsbelästigung feststellen, daß Mercaptane ohnehin nicht bei der Ablaugenverbrennung entstehen und daher dieses Fehlen von Mercaptanen in den Verbrennungsgasen beim Copeland-Verfahren keine besondere Eigenschaft dieses Verfahrens darstellt.

Anschrift des Verfassers: Dipl.-Ing. Walter PIESSLINGER-SCHWEIGER, Ingenieurbüro, Schubertstraße 46, Postfach 122, A-4021 Linz.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1969

Band/Volume: [1969](#)

Autor(en)/Author(s): Piesslinger-Schweiger W.

Artikel/Article: [Die Technik der Wirbelschicht-Verbrennung und deren Anwendung in der Zellstoff- und Papierindustrie speziell für die Verbrennung von Ablauge aus Zellstoff- und Halbzellstoffprozessen 179-196](#)