



19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 687 393 A5

51 Int. Cl.⁶: D 21 C 011/04
D 21 C 011/14**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 01435/92

22 Anmeldungsdatum: 05.05.1992

24 Patent erteilt: 29.11.1996

45 Patentschrift
veröffentlicht: 29.11.199673 Inhaber:
Granit S.A., 8bis, avenue du Théâtre,
1005 Lausanne (CH)72 Erfinder:
Plattner, Eric, Seltisberg (CH)
Gordon, Otto, Apples (CH)
Doppenberg, Frank, Lausanne (CH)

54 Kochchemikalienrückgewinnungsverfahren aus der Schwarzlauge der Zellstoffherstellung.

57 Zur Rückgewinnung von anorganischen Chemikalien aus Kochablaugen von Zellstoffprozessen wird die Abtrennung von Alkali oder Erdalkali von den organischen Bestandteilen durch eine teilweise Oxidation in wässriger Phase mit Luft und/oder Sauerstoff vorgeschlagen. Vor dieser Oxydation ist es möglich, das sich in der Schwarzlauge befindende Lignin durch Ansäuerung und Ausfällung mit einer Mineralsäure oder mit Essigsäure, die Harze durch Extraktion und die Hemizellulosen durch Ultrafiltration abzutrennen, worauf die noch in Lösung befindlichen restorganischen Stoffe oxydiert werden, wobei es möglich ist, die Nassoxydation so zu betreiben, dass die Karbonsäuren, insbesondere die Essigsäure nicht mitoxidiert werden und nach der Kaustifikation durch Kristallisation abgetrennt werden. Die so von organischen Stoffen befreite Chemikalienlösung kann durch Kaustifikation in Lauge zurückgeführt werden und im Kreislauf der Zellstoffproduktion zur Verfügung gestellt werden.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Rückgewinnung von Natronlauge aus der Schwarzlauge der Zellstofffabrikation durch eine teilweise Nassoxidation der organischen Bestandteile mit Luft und/oder Sauerstoff. Diese Schwarzlaugen stammen aus dem Kochverfahren der Zellstoffherstellung und enthalten, neben der Natronlauge, die sich in Form von organische Verbindungen befindet, eine hohe Konzentration an organischen Substanzen (Lignin, Hemizellulosen, Harzen, Zuckern, organische Säure, usw.) die aus dem Holz oder Einjahrespflanzen stammen. Bis anhin werden diese Schwarzlaugen nach ihrer Aufkonzentration in einem Recoveryboiler verbrannt, um Energie zu erzeugen, vor allem aber, um die anorganischen Kochchemikalien wiederzugewinnen und der Kocherei erneut zuzuführen. Eine direkte Ableitung der Kochereiablauge in den Vorfluter ist aus ökologischen Gründen nicht möglich. Die Verbrennungsverfahren sind kompliziert, riskant und stellen für die Zellstofffabriken eine grosse Investition dar, was wiederum eine grosse Produktionskapazität benötigt, um die Zellstoffherstellung rentabel zu gestalten. Mit dem hauptsächlich bei Einjahrespflanzen benutzten Sodaprozess, der meistens mit nur kleinen Kapazitäten verwendet wird, ist ein Recoveryboilersystem aus Kostengründen kaum mehr einsetzbar. Die dort verwendeten biologischen Abbauprozesse für die organischen Bestandteile der Abflauge führen nicht zu befriedigenden Ergebnissen. Die Rückführung der anorganischen Kochchemikalien ist nicht gewährleistet.

Einige Verfahren, welche die Gewinnung und Verwertung eines Teils der organischen Bestandteile in der Schwarzlauge zum Ziel haben, wurden bereits vorgeschlagen. Es ist zum Beispiel möglich, fast die Gesamtheit des in der Schwarzlauge vorhandenen Lignins durch Ansäuerung mit mineralen Säuren auszufällen (Recovery of Lignin, European Patent Application 29.10.1986, Publ. Nb. 0 224 721 A1) und es ist auch möglich verschiedene Harze, welche sich in Lösung befinden, durch Extraktion zu gewinnen, oder die vorhandenen Hemizellulosen durch Ultrafiltration abzutrennen (L. D'Angiuro et al., Industria della Carta, April 1985 Vol. 23 n.4). Die aus diesem Verfahren resultierenden, oft verdünnten Lösungen sollen wie herkömmliche Schwarzlauge aufkonzentriert und verbrannt werden. Die elektrolitische Ausfällung von Lignin, (Offenlegungsschrift DE 3 339 449 A1 vom 31.10.1983) mit gleichzeitiger Abscheidung von Natriumhydroxid durch Membranelektrolyse wurde ebenfalls beschrieben. Dieses Verfahren hat bis jetzt zu keinen industriellen Anwendungen geführt.

Die Kochablaugen enthalten neben Lignin, Hemizellulosen, Zucker und Harzen noch beträchtliche Mengen an Karbonsäuren als Alkalisalze.

Das Verfahren, welches den Patentgegenstand bildet, erlaubt es, die in Kochablaugen enthaltenen organischen Substanzen, ohne die organischen Säuren zu oxidieren. Die Oxidation findet in wässriger Phase mit Luft, Sauerstoff oder Gemischen dieser beiden, unter Druck und bei erhöhter Temperatur statt. Diese sogenannte Nassoxidation wird in batch- oder in kontinuierlicher Fahrweise in einem Reaktor (5) unter starker Durchmischung, bei Drücken von 20 bis 300 bar und bei einer Temperatur von 150 bis 350°C, unter Einführung des Oxidationsmittels (6) während 1 bis 60 Minuten ausgeführt. Ein Teil der durch Oxidation gebildeten Kohlensäure, sowie vorhandene Inertgase und Wasserdampf (7) entweichen aus dem Reaktor und werden separat behandelt. Weiters wurde gefunden, dass die Oxidation in wässriger Phase es erlaubt, Lignin, Hemizellulosen, Zucker und Harze zu Kohlensäure, Karbonate und Wasser zu oxidieren, ohne die Natriumsalze von Karbonsäuren zu oxidieren, und das wird hier als «teilweise» Oxidation hier beschrieben. Diese teilweise Oxidation erlaubt es, die Verweilzeit im Oxidationsreaktor stark zu reduzieren, was eine starke Verkleinerung der Anlage zur Folge hat.

Bei der Kaustifizierung werden die Natriumkarbonate durch einen Zusatz von Kalziumoxyd in Natronlauge umgewandelt, die Natriumsalze der Karbonsäuren bleiben unverändert. Das Kalziumoxyd wird gleichzeitig in unlösliches Kalziumkarbonat umgewandelt, das durch Filtration abgetrennt wird. Durch weiteres Eindampfen der Lösung kann nach Abkühlung Natriumacetat zu Kristallisation (10) gebracht werden, wobei die Natronlauge in Lösung verbleibt. Die Natronlauge wird mit Anteilen an Natriumacetat dem Zellstoffkochprozess zurückgeführt. Natriumacetat steht als Verkaufsprodukt zur Verfügung.

Das Lignin kann vor der Oxidation mit Mineralsäuren ausgefällt werden. Diese Ausfällung von Lignin kann aber auch mit Essigsäure erfolgen, was den Vorteil hat, dass man tiefere pH-Werte und damit vollständigere Lignin Ausfällung erzielen kann. Wird Lignin mit Essigsäure gefällt, ist es von Vorteil, vor der Nassoxidation einen Überschuss an Natronlauge vorzulegen, welche mit der bei der Nassoxidation entstehenden Essigsäure zu Natriumacetat reagieren kann. Wird Lignin mit Essigsäure gefällt und Natronlauge in der der entstehenden Essigsäure entsprechenden Menge zugegeben, entfällt der Kaustifikationsprozess mit Kalziumoxid. Dafür ist es notwendig, das Natriumacetat nach der Nassoxidation durch Membranelektrolyse aufzuspalten. Natriumhydroxid wird dem Kochprozess erneut zugeführt, Essigsäure wird separat behandelt.

Die Auskristallisation von Natriumacetat kann umgangen werden, wenn die Nassoxidation sauber ausgeführt wird. Die nassoxidierte Abflauge, welche die Karbonsäurenatriumsalze und wenig Natriumkarbonat enthält, wird durch Zugabe der notwendigen Menge Essigsäure von Karbonaten befreit und direkt der Membranelektrolyse unterworfen, wobei die Natronlauge, welche in Form von Salzen von Karbonsäuren ist, abgetrennt wird. An der Anodenseite erhält man freie Karbonsäure. Die Natronlauge wird für die Kochlauge der Zellstoffproduktion wiederverwendet.

Die durch Nass-Oxidation behandelte Flüssigkeit, welche aus dem Reaktor kommt, enthält neben den

Karbonsäuren keine oder nur geringe Anteile an anderen organischen Substanzen, jedoch die anorganischen Chemikalien in Form von Karbonaten und Bikarbonaten, welche für den Zellstoffkochprozess benutzt wurden. Diese Lösung der Alkalikarbonate beziehungsweise Bikarbonate lässt sich leicht und vollständig durch Kaustifizierung (8) in beinahe farblose Lauge, zum Beispiel Natronlauge, umwandeln, welche zum Kochprozess rückgeführt wird (9).

Die Oxydation in wässriger Phase setzt auch eine substantielle Menge thermischer Energie frei, welche für die Aufkonzentration der Schwarzlauge, jedoch auch für den Kochprozess, verwendet werden kann.

Das Verfahren kann bei allen Lösungen, welche einem schwefelfreien Kochvorgang von Holz oder von Einjahrespflanzen wie Stroh, Baggasse, Bambus und anderen entstammen und von organischen Substanzen befreit werden müssen, um die anorganischen Bestandteile wiederzugewinnen, eingesetzt werden. Es wird im Besonderen an Schwarzlaugen, welche zum Beispiel einem Organosolv- (Kochverfahren, das auf eine Mischung von Natronlauge und ein organisches Lösungsmittel als Kochchemikalien basiert ist, z.B. der Organocell-Prozess (Deutsche Papierwirtschaft 1991/3, S. 50–56)) oder einem Soda-Prozess (Kochverfahren, das nur auf Natronlauge als Kochchemikalien basiert ist) zur Herstellung von Zellstoff entstammen angewendet, nach oder auch vor der Abtrennung der Lignine (1, 2), der Hemizellulosen und der Harze (3, 4).

Bei der Herstellung von CTMP (Chemi-Thermo-Mechanical-Pulp) werden zur Zerkleinerung zwischen 0,5 und 3% Natriumsulfit dem Wasser zugesetzt.

Die Ablauge und die Waschwasser aus diesem Verfahren können in Heat-Recovery-Boilern verbrannt werden, oftmals werden sie aber auch noch in biologischen Abwasseranlagen behandelt. Beide Möglichkeiten verursachen erhebliche Kosten.

Ähnliche Probleme stellen sich bei der Herstellung von TMP (Thermo-Mechanical-Pulp), beziehungsweise bei der Herstellung von Faserplatten, wo zur Zerkleinerung von Holz der Asplund-Prozess zum Einsatz kommt. Die Abwasserbehandlung stellt einen nicht unerheblichen Kostenfaktor dar.

Durch Einsatz der Oxidation in wässriger Phase ist es möglich, die Abwässer der genannten Verfahren so zu behandeln, dass eine Einleitung ins Abwasser möglich ist, und Energie in Form von Dampf gewonnen wird, welche bei den vorgenannten Prozessen wiederverwendet werden kann.

Beispiel 1

Schwarzlauge aus einer Kochung von Tannenholz mit folgender Zusammensetzung der gelösten organischen und anorganischen Bestandteile,

Wasser	75,5%
Lignin	7,7%
Hemizellulosen	3,3%
organische Säuren	3,0%
NaOH total	4,4%

wurde auf 65°C erwärmt und mit Rauchgas, welches 12% CO₂ enthielt, unter starkem Rühren begast. Nach Erreichen von pH 7,7 wurde das ausgefällte Lignin durch Filtration getrennt und gewaschen.

Die Mischung aus Filtrat und Waschwasser wurde in den Oxidationsreaktor eingebracht. Nachdem eine Temperatur von 220°C und ein Druck von 105 bar erreicht war, wurde die Oxidation durch Einblasen von Luft während 10 Minuten durchgeführt. Die Energie, die durch die Oxidation freigesetzt wurde, erlaubte es, das Flüssigkeitsvolumen durch Verdampfung wesentlich zu verringern. Bei den genannten Bedingungen ist es möglich, die organischen Produkte in der Schwarzlauge selektiv zu verbrennen. Die Restlignine, die Hemizellulosen, die Harze und Zucker wurden verbrannt, die Karbonsäuren jedoch bleiben in unverbrannter Form als Natriumsalze in Lösung. Durch ein Zusatz von Kalziumoxyd wird diese Lösung dann der Kaustifikation unterworfen, wobei die Natriumkarbonate in Natriumhydroxid überführt werden, die Natriumsalze der Karbonsäuren bleiben als solche erhalten. Nach Abtrennung des ausgefällten Kalziumkarbonates und Eindampfung des Filtrates wird Natriumacetat auskristallisiert (CH₃COONa·3H₂O).

Der verbleibenden Restlösung wird Natriumhydroxid und Wasser zugesetzt, bis der Gehalt an freier Natronlauge die Kochlaugenkonzentration erreicht und dem Zellstoffkochprozess, einschliesslich der verbleibenden Karbonsäuren, zugeführt.

Beispiel 2

Schwarzlauge aus einem Organosolvprozess stammend, mit folgender Zusammensetzung,

5	NaOH total	11,5%
	Lignin	15,4%
	Hemizellulosen	6,6%
10	organische Säuren	6,6%
	Wasser	48,4%

15 wurde in einen Oxidationsreaktor eingebracht, auf 300°C erhitzt und auf einen Druck von 130 bar gebracht. Die Oxidation wurde durch Einblasen von Sauerstoff während 60 Minuten in den unteren Teil des Reaktors durchgeführt, indem eine kräftige Durchmischung sichergestellt wurde. Die durch die Verbrennung entstandene Kohlensäure wurde gemeinsam mit Wasserdampf ausgetragen. Die resultierende Lösung wies einen Restkohlenstoffgehalt von 1,82 g/l auf.

20 Beispiel 3

Schwarzlauge der gleichen Zusammensetzung wie im Beispiel 1 wurde auf 65°C erwärmt und mit Rauchgas, welches 12% CO₂ enthielt, unter starkem Rühren begast. Nach Erreichen eines pH von 7,8 wurde das ausgefällte Lignin durch Filtration abgetrennt und gewaschen.

25 Die Mischung aus Filtrat und Waschwasser wurde in den Oxydationsreaktor eingeführt, ohne dass die Harze und die Hemizellulosen vorher abgetrennt worden waren. Nachdem eine Temperatur von 220°C und ein Druck von 155 bar erreicht war, wurde die Oxydation durch das Einblasen von Luft während 20 Minuten durchgeführt. Die Energie, die durch die Oxydation freigesetzt wurde, erlaubte es, das Flüssigkeitsvolumen durch Verdampfung wesentlich zu verringern.

30 Das Natrium kann nach der Kaustifikation der aus der Nassoxidation erhaltenen Natriumbicarbonat-respektive Karbonatlösung, in Form von Natriumhydroxid, in der für den Zellstoffkochprozess notwendigen Konzentration zurückgeführt werden, nachdem die in der Nassoxidation verbliebenen Natriumsalze der Karbonsäuren, insbesondere das der Essigsäure, durch Kristallisation abgetrennt wurde.

35 Beispiel 4

Eine Schwarzlauge aus der Kochung von Tannenholz, Zusammensetzung wie in Beispiel 1, wurde bei 65°C mit CO₂ begast, um das Lignin auszufällen und abzutrennen. Ein weiterer Teil an organischen Bestandteilen wie Hemizellulosen und Harze konnten durch Ultrafiltration abgetrennt werden.

40 Die Analyse der Restlauge ergab einen Kohlenstoffgehalt von 25 g/l in gelöster Form (TOC).

Diese Lösung wurde in den Oxydationsreaktor eingebracht und auf 270°C aufgeheizt und auf einen Druck von 150 bar gebracht. Die Oxydation wurde durch Einblasen von Luft während 40 Minuten in den unteren Teil des Reaktors durchgeführt, indem eine starke Agitation gesichert wurde und die Kohlensäure, die sich durch die Verbrennung gebildet hat und der bei der Reaktion ungebrauchten Luftanteile, sowie Wasserdampf ausgetragen wurde. In der resultierenden Lösung wurde ein Kohlenstoffgehalt von 1,43 g/l gemessen und das Natrium in Form von Natriumbikarbonat, respektive Karbonat, wiedergefunden. Nach der Kaustifikation konnten 95% der im Kochprozess eingesetzten Natronlauge festgestellt und dem Prozess rückgeführt werden.

50 Beispiel 5

Ablauge aus dem Soda-Kochprozess von Pappelholz stammend, mit folgender Zusammensetzung,

55	– Trockensubstanz	26,8%
	– Lignin	8,0%
	– Zucker total	6,5%
	– Hemizellulose	4,8%
60	– organische Säuren	3,8%
	– NaOH total	5,6%

65 wurde in den Oxidationsreaktor gebracht und auf 210°C bei einem Druck von 140 bar eingestellt. Durch Einblasen von Luft während 15 Minuten in den unteren Teil des Reaktors und Abziehen von nicht ver-

brauchtem Sauerstoff und entstehender Kohlensäure am Kopf des Reaktors wurden bei starker Umwälzung, hervorgerufen durch die Gasströmung, die organischen Materialien verbrannt.

In der ausgetragenen Lösung konnte noch ein Karbonsäuregehalt von 26 g/l festgestellt werden. Der Na_2CO_3 -Gehalt der warmen Restlösung betrug 14,8%. Nach der Kaustifizierung wurde das Lösungsvolumen durch die freiwerdende Verbrennungsenergie auf ein Drittel reduziert. Das Natriumacetat wurde auskristallisiert und abgetrennt.

Beispiel 6

Die Natriumverbindungen in der Ablauge der Soda-Kochung von Reisstroh verteilen sich folgendermassen (berechnet als NaOH):

–	NaOH total	6,4%
–	freie Natronlauge	1,6%
–	freies Na_2CO_3	1,5%
–	gebunden an Lignin	1,2%
–	Na_2SiO_3	0,7%
–	gebunden an organische Säuren	1,4%

Nach Einbringen von 250 ccm dieser Schwarzlauge in den Nass-Oxidationsreaktor wurde die Temperatur auf 290°C angehoben und der Druck bei 230 bar eingestellt. Während nunmehr 60 Minuten wurde Luft eingeblasen, wodurch die organischen Teile der Flüssigkeit oxidiert wurden. Das resultierende Flüssigkeitsvolumen nach Ausnutzung der durch die Verbrennungsreaktion freigesetzten Energie zur Verdampfung von Wasser betrug 180 ccm. Der Gehalt an Alkali, berechnet als NaOH dieser Lösung, betrug 8,9%. Der TOC wurde mit 1,8 g/l gemessen.

Beispiel 7

Schwarzlauge aus dem Soda-Kochprozess von Weizenstroh mit einem Anteil von 22,3% an Trockensubstanz wurde bei einer Temperatur von 65°C mit CO_2 begast, wobei es zu einer Ausfällung von Kieselsäure und Lignin kam. Gesamthaft wurden 120 g/l ausgefällt und abfiltriert. Das Filtrat wurde bei 270°C und 210 bar während 20 Minuten der Nassoxidation unterworfen und die freigesetzte Energie zum Abdampfen von Wasser benützt. Die resultierende Flüssigkeit wies einen TOC von 5,2 g/l auf. Das anfänglich vorhandene Alkali wurde zum grössten Teil in Form von NaHCO_3 und Na_2CO_3 wiedererhalten.

Beispiel 8

Abwasser aus der Produktion von TMP (Termo-Mechanical-Pulp), welches lösliche, organische Bestandteile des Holzes wie Zucker, Hemizellulosen, Harze enthält, wurde mit Hilfe der Oxidation in wässriger Phase weitestgehend von diesen organischen Stoffen befreit, sodass das Abwasser wiederverwendet werden konnte. Die Reaktionstemperatur betrug 235°C bei einem Druck von 140 bar, die Verweilzeit unter ständigem Einblasen von Luft betrug 30 Minuten.

Beispiel 9

Abwasser, wie es bei der Anwendung des Asplund-Prozesses zur Auffaserung von Holz, welches zur Herstellung von Faserplatten dient, anfällt, wurde der Nassoxidation unterworfen und so weitgehend von den gelösten organischen Stoffen befreit, sodass es als Abwasser keine Probleme für die Ableitung stellt und auch eine Rückführung in den Prozess möglich wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Wiedergewinnung von anorganischen Kochchemikalien in Form von Natronlauge aus der Kochablauge der Zellstoffherstellung durch eine teilweise Luft- oder Sauerstoff-Oxidation der organischen Bestandteile in wässriger Phase, gefolgt von einem Kaustifizierungsprozess zur Überführung der befreiten Karbonate in die entsprechende Lauge.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die teilweise von organischen Bestandteilen befreite Kochablauge nach Erhitzen zur Überführung von Bikarbonat in Karbonat, über den Kaustifizierungsprozess in die entsprechende Lauge überführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Kochablaugen aus der Zellstoffproduktion, welche neben den anorganischen Kochchemikalien noch organische Bestandteile enthalten,

- a) nach Ausfällung von Ligninbestandteilen mit Mineralsäure, insbesondere Kohlensäure, oder
- b) nach Ausfällung von Ligninbestandteilen mit Karbonsäure, insbesondere mit Essigsäure, oder
- c) ohne Ausfällung von Ligninbestandteilen, durch Nass-Oxidation von organischen Bestandteilen teilweise oder ganz befreit werden.

5 4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Oxidation in wässriger Phase nach einer Abtrennung von Harzen durch Extraktion erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die durch die Nassoxidation der organischen Bestandteile freigesetzte Energie in Form von Dampf abgeführt werden kann.

10 6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Oxidation in wässriger Phase unter Reaktionsbedingungen erfolgt, bei welchen die durch Oxidation entstandenen Karbonsäuren, insbesondere die Essigsäure nicht mitoxidiert werden.

7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass Natriumacetat nach der Kautifikation der Natriumkarbonate auskristallisiert wird und die Restlösung, Natriumhydroxid und Restacetat enthaltend, nach Einstellung der geeigneten Konzentrationen an Chemikalien dem Kochprozess rückgeführt wird.

15 8. Verfahren nach Anspruch 1 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass für die Oxidation in wässriger Phase folgende Bedingungen eingehalten werden:

- a) Temperaturen von 150°C bis 350°C, vorzugsweise aber zwischen 200°C und 300°C,
- b) Drücke von 20 bis 300 bar Luft oder Sauerstoff, oder Gemischen aus beiden, vorzugsweise aber zwischen 40 und 250 bar,
- c) Verweilzeiten im Reaktor von 1 bis 60 Minuten, vorzugsweise aber zwischen 3 und 15 Minuten.

20 9. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die der Nassoxidation unterworfenen Ablaugen folgenden Prozessen entstammen können:

- a) einem Organosolv-Prozess z.B. dem Organocell-Prozess
- 25 b) einem CTMP-Prozess
- c) einem TMP-Prozess
- d) einem Asplund-Prozess
- e) aus der Herstellung von Holzfaserplatten

30 10. Verfahren zur Wiedergewinnung von anorganischen Kochchemikalien in Form von Natronlauge aus der Kochablauge der Zellstoffherstellung durch eine teilweise Luft- oder Sauerstoff-Oxidation der organischen Bestandteile in wässriger Phase, dadurch gekennzeichnet, dass aus der Ablauge nach der Nassoxidation mit Hilfe der Membranelektrolyse die Natriumionen in Form von Karbonaten und Salze von Karbonsäure, von der Kohlensäure und den Karbonsäuren abgetrennt werden.

35

40

45

50

55

60

65

Fig.:1

S.R.S. Fließbild Nass-Oxidation
mit Lignin Rückgewinnung

