

# **BMU - Umweltinnovationsprogramm**

## **Abschlussbericht Nr. 20125**

### **Zum Vorhaben:**

Streichfarbenrückgewinnung in der Papierproduktion

Aktenzeichen: 42 15-9/110

**Sappi Ehingen GmbH**

Ressourceneffizienz, Wasserwirtschaft, Energie

**(Februar 2008 - Dezember 2008)**

Dipl. Ing. (FH) Claus Finke, Dr. Stefan Karrer, Dipl. Ing. Markus Hilpert

Biberacher Strasse 73

D – 89584 Ehingen

Gefördert aus Mitteln des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und  
Reaktorsicherheit (BMU)

Juli 2009

### Berichtskennblatt

Aktenzeichen UBA: 42155-9/110		Berichtsnummer: 20155
Titel des Berichts: Streichfarbenrückgewinnung in der Papierproduktion		
Autor (en): Name(n) Finke Karrer Hilpert	Vorname (n) Claus Stefan Markus	Abschlussdatum: März 2009 Veröffentlichungsdatum: Juli 2009
Fördernehmer (Name, Anschrift) Sappi Ehingen GmbH Biberacher Str. 73 D – 89584 Ehingen		
	Seitenzahl: 33	
	Literaturangabe: 9	
	Tabellen und Diagramme: 1 Abbildungen: 22	
Gefördert im Rahmen der Klimaschutzinitiative im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms des Bundesministeriums für Umwelt, Natur und Reaktorsicherheit (BMU)		
<b>Kurzfassung</b> Ziel des hier vorgestellten Verfahren ist die 100%ige Rückgewinnung von Pigmenten aus streichfarbenhaltigen Abwässern, wie sie in Papierfabriken anfallen, die gestrichene Papiere herstellen. Durch das Spülen der Streichaggregate und Sortenwechsel gingen dem Produktionsprozess bisher große Mengen an hochwertigen Pigmenten verloren. Da diese verunreinigt waren (Schmutz und Agglomerate) und einen Feststoffgehalt von nur 1 – 5 %TS hatten, war eine Rückführung in den Prozess bis jetzt nicht möglich. Die Pigmente flossen mit dem Produktionsabwasser in die Betriebskläranlage, wurden dort abgeschieden und als Papierschlamm entsorgt. Hierdurch entstanden dem Betrieb erhebliche Kosten für die Entsorgung des Papierschlammes einerseits und durch die Wiederbeschaffung der verlorenen Pigmente andererseits. Durch die Umsetzung des nachfolgend beschriebenen Verfahrens, werden die Pigmente zu 100% in den Prozess zurückgeführt, wodurch sich erhebliche Einsparpotentiale zum Nutzen der Umwelt ergeben. So wird zur Wiederaufbereitung ca. 70% weniger Energie, als bei der Vermahlung eines Frischpigments benötigt. Der CO <sub>2</sub> – Ausstoß, der für die den Ersatz des verlorenen Pigments bisher bei Herstellung und Transport anfiel, kann vollständig entfallen. Die Abwassermenge wird um 130.000 m <sup>3</sup> /a reduziert werden, da das abgetrennte Klarwasser ebenfalls vollständig in den Prozess zurückgeführt und dadurch die Kläranlage entlastet wird. Die Entsorgung von 3.500 t/a Pigmenten, die bis jetzt über das Abwasser in der Kläranlage und damit im Papierschlamm landeten, kann entfallen. Um die Pigmente vollständig zu recyceln, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein. Erstens muss der Feststoffgehalt des zurück zu gewinnenden Produkts mindestens 50%TS betragen, da es sonst zu einer unerwünschten Verdünnung der Streichfarbe kommt. Zweitens muss das zurückgewonnene Pigment mindestens die Eigenschaften eines HC60 (Streichpigment) aufweisen, damit die Qualität der Streichfarbe nicht negativ beeinflusst wird. Aus diesem Grund wurde nachfolgender Anlagenaufbau gewählt: Die streichfarbenhaltigen Abwässer werden zentral in einer Sammelgrube unterhalb der Maschine erfasst und von dort in einen Pufferbehälter gepumpt. Von dort passieren sie eine 2- stufige Siebung (300 µm und 100 µm). Die Pigmente werden anschließend mittels Flockung in einem Sedimentationsbehälter abgeschieden und auf ca. 20 %TS eingedickt. Der Klarwasserüberstand wird zurück in den Prozess gepumpt. Die Pigmente werden in einer Kugelmühle auf den nötigen Feinheitsgrad vermahlen und anschließend in einem Dekanter auf ca. 50 – 55 %TS entwässert. In einem Dispergierbehälter wird unter Zugabe von Dispergiermittel, Natronlauge und Biozid die fertige Dispersion erstellt. Aus einem nachgelagerten Vorratsbehälter wird die Dispersion nach Bedarf in die Dispergiermaschinen gepumpt und durchläuft dabei noch eine 150 µm Kontrollsiebung. Durch die Anlage werden 10 t/d an Pigmenten zurückgewonnen, dies entspricht 100% der Streichfarbenverluste.		
Anzahl der gelieferten Berichte:		Sonstige Medien:
Elektronische Datenträger:		Internet:
<b>Schlagwörter:</b> 100% Recycling, Streichereiabwasser aus der Papiererzeugung, Pigmente		

### Report - Specification

UBA Ref. Number: 42155- 9/110		Report Number: 20155
Report title: Coating colour recovery within paper production		
Author (s):	Family Name (s) Finke Karrer Hilpert	First Name (s) Claus Stefan Markus
		Report Date: March 2009
		Publication Date: July 2009
Performing Organisation (Name, Adresse) Sappi Ehingen GmbH Biberacher Str. 73 D – 89584 Ehingen		No. of Pages: 33
		No. of References: 9
		No. of Tables, Diagrams: 1
		No. of Figures 22
Promoted within the climate protection initiative within the environmental innovations program of the Federal Environment ministry		
Abstract		
<p>Aim of the here presented process is a 100% recycling rate of pigments out of coating colour containing effluents as they accrue within paper mills, producing coated papers.</p> <p>At the moment there are huge amounts of pigments that got lost for the production process because of flushing the coating equipment and production changes. These effluents couldn't be recycled as a matter of impurities and as the value of 1 – 5 % DS has been much to low. Until now these pigments have been flowing to waste water treatment, where they have been separated as "paper sludge" and then have been disposed to landfill. Hereby remarkable costs have been occurred to the mill. On one hand for the paper mud disposal and on the other side lost pigments have to be replaced.</p> <p>By implementation of the below specified process, pigments will be recycled to the process by 100% which means enormous environmental benefits. For recycling about 70% less energy, compared to the grinding of fresh pigments, is needed. CO<sub>2</sub> - emissions result from transports and grinding to replace lost pigments until now, they can be saved. The amount of effluent will be decreased by 130.000 m<sup>3</sup>/a, because separated clear water will be completely recycled to the process as well.</p> <p>This will release the waste water treatment site. Disposal of 3.500 t/a pigments as paper sludge, that have been transported with effluent to waste water treatment site can also be dropped.</p> <p>For a complete recycling, two conditions have to be met. The solid content of recycled product has to be at least 50% DS, because a lower solid content will dilute coating colour and this will limit capabilities. Quality of recycled pigments has to fit at least properties of a fresh HC60 (coating pigment) to avoid negative impacts on coating colour quality. Therefore following installation has been chosen:</p> <p>Coating colour containing effluents will be collected in a central collecting pit below coating machine. From here water will be pumped to a buffer tank followed by a double-stage screening (300 µm and 100 µm). Afterwards pigments will be separated in a sedimentation tank using flocculation agents and concentrated up to 20 % DS. Separated clear water will be returned to the process. Pigments will be grinded to the necessary fineness and afterwards dewatered up to 50 – 55 % DS using a decanter. In the dispersing tank dispersion is finished by adding dispersing agent, caustic soda and biocide.</p> <p>As required dispersion is pumped into the dispersing units from a following storage tank. A 150 µm control screening is installed at the pipe to the dispersing units..</p> <p>This installation recycles 10 t/d pigments, which means a recycling rate of 100%.</p>		
<b>Number of reports delivered:</b>		<b>Other media:</b>
<b>Electronic storages:</b>		<b>Internet:</b>
Keywords: 100% Recycling, Coating colour effluent from paper production, pigments		

<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
<b>1</b>	<b>Firmenbeschreibung</b>	<b>6</b>
1.1	Firmenbeschreibung Sappi Fine Paper Europe	6
1.2	Firmenbeschreibung Sappi Ehingen GmbH	6
<b>2</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>8</b>
2.1	Zielsetzung	8
2.2	Ausgangssituation	10
2.3	Stand der Technik	12
2.4	Förderung durch das Umweltbundesamt	13
<b>3</b>	<b>Bau und Inbetriebnahme der Streichfarbenrückführung</b>	<b>14</b>
3.1	Anlagenkonzept	14
3.2	Beschreibung und Auslegung des Druckfilters	17
3.3	Beschreibung und Auslegung des Schrägsiebs (Bogensieb)	17
3.4	Beschreibung und Auslegung der Flockung und Sedimentation	17
3.5	Beschreibung und Auslegung der Kugelmühle	18
3.6	Beschreibung und Auslegung des Dekanters	19
3.7	Beschreibung und Auslegung der Dispergierung	21
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>22</b>
4.1	Streichfarbe	22
4.1.1	Qualität der zurückgewonnenen Streichfarbe	22
4.1.2	Auswirkungen der zurückgewonnenen Streichfarbe auf die Papiereigenschaften	24
4.2	Umwelt	26
4.2.1	Umweltbilanz	26
4.2.2	Klarwasser (Qualität und Recycling)	27
4.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	29
4.4	Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren der Streichfarbenrückgewinnung	31
4.5	Modellcharakter der Technik – Verbreitung und weitere Anwendungen des Verfahrens	32
4.6	Ausblick	32
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>33</b>

<b>6</b>	<b>Anhang</b>	<b>38</b>
<b>6.1</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>38</b>
<b>6.2</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>39</b>
<b>6.3</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>40</b>
<b>6.4</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>41</b>
<b>6.5</b>	<b>Bilder</b>	<b>42</b>
<b>6.6</b>	<b>Streichpigment HC60</b>	<b>49</b>

## **1 Firmenbeschreibung**

### **1.1 Firmenbeschreibung Sappi Fine Paper Europe**

Das Sappi Werk Ehingen gehört zum Sappi Konzern mit Sitz in Johannesburg, Südafrika. Der Konzern verfügt über eine Gesamtproduktionskapazität von 5 Mio. Tonnen Papier sowie 3 Mio. Tonnen Zellstoff. Zu Sappi Fine Paper als Teil des Sappi Konzerns gehören 3 Fabriken in Südafrika, 3 in Nordamerika und 10 in Europa, die insgesamt über eine Produktionskapazität von ca. 4 Mio. Tonnen Feinpapier verfügen.

### **1.2 Firmenbeschreibung Sappi Ehingen GmbH**

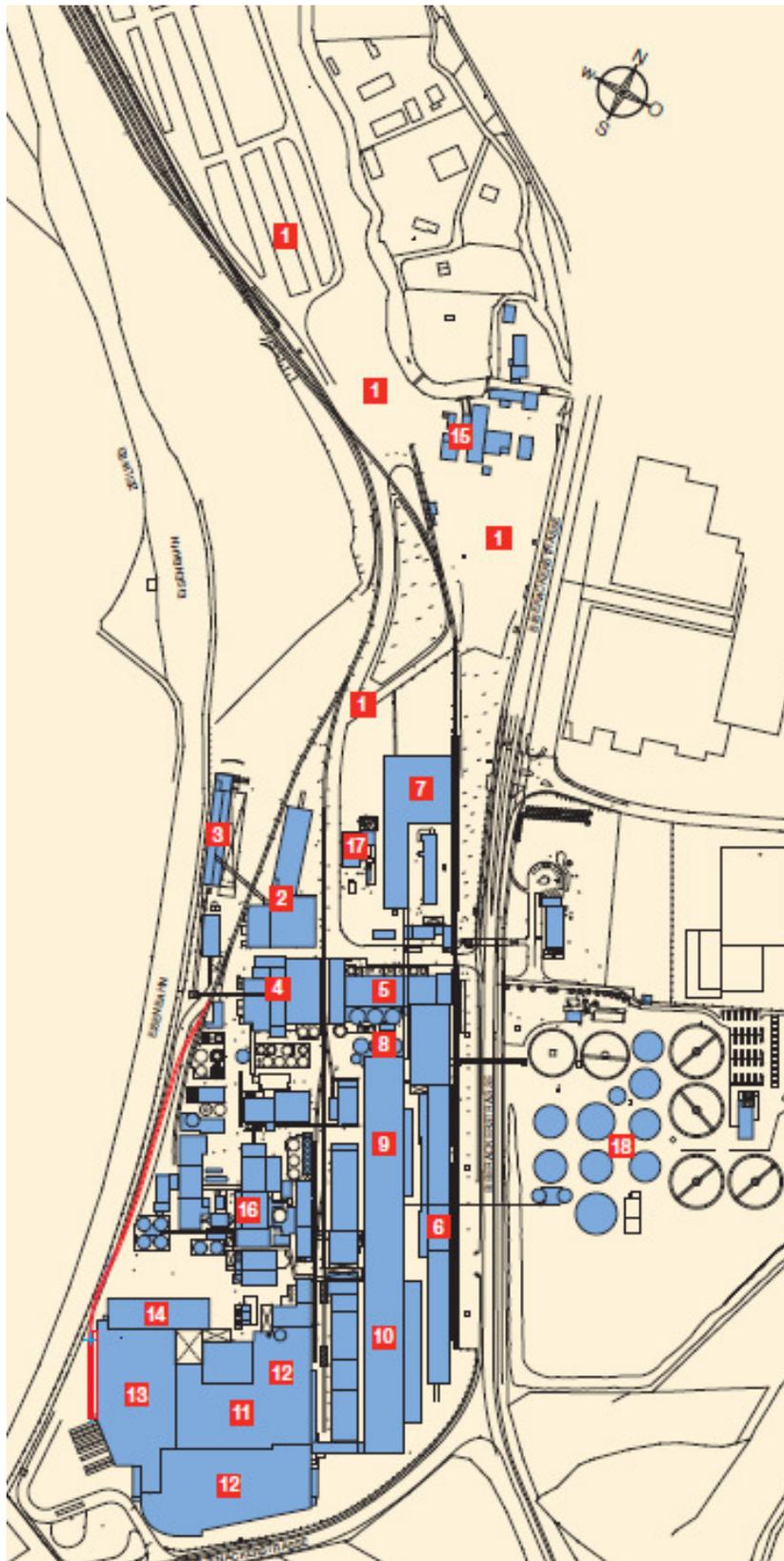
In Fortentwicklung des Standorts Ehingen hat sich der Schwerpunkt der Unternehmenstätigkeit von der früheren Zellstofferzeugung seit 1991 praktisch vollständig verlagert auf die Herstellung von Papier. Sappi Ehingen als eines der europäischen Feinpapierwerke stellt in seiner integrierten Zellstoff- und Papierfabrik in Ehingen holzfreie gestrichene und ungestrichene grafische Papiere her. Daneben wird ein Teil der Zellstofferzeugung an andere Sappi Werke in Europa verkauft. Die Gesamtkapazität der Papierherstellung in Ehingen beträgt derzeit rd. 300.000 t/a. Die Zellstoffproduktionskapazität beträgt etwa 140.000 t/a.

Das Werk beschäftigt ca. 560 Mitarbeiter. Die integrierte Produktion ist für den Umweltschutz von großer Bedeutung. Durch die Eigenerzeugung eines Teiles des für die Papierherstellung benötigten Zellstoffs werden Trocknungsenergie und Transportaufwand eingespart. Die für die Papierherstellung nicht benötigten Holzinhaltsstoffe, die im Zellstoffaufschluss in eine wässrige Lösung überführt werden, werden umweltfreundlich (CO<sub>2</sub>-neutral, da Biomasse) thermisch verwertet. Auf dem Betriebsgelände befinden sich die Zellstofffabrik, die Papierfabrik, das Kraftwerk und die Kläranlage sowie die Gebäude für den Verwaltungs- und Werkstattbereich und die logistischen Einrichtungen.

Das Betriebsgelände liegt am südlichen Ortsrand von Ehingen zu beiden Seiten der B 465. Aus der Nähe zu bewohnten Gebieten und Verbrauchermärkten ergeben sich besondere Anforderungen an Emissionsbegrenzungen und Sicherheitsvorkehrungen. Die Nähe zur Donau bedingt besondere Anforderungen an den Gewässerschutz.

Das Frischwasser wird zu 96% aus einem nahe gelegenen Flösschen, der Schmiech, gewonnen, der Rest ist Grundwasser aus eigenen Brunnen. Etwa 28.000 m<sup>3</sup>/d Flusswasser werden über Kiesfilter gereinigt und stehen als Prozess- und Kühlwasser für die Papier- und Zellstoffproduktion zur Verfügung. Da auch enthärtetes Wasser erforderlich ist, wird etwa die Hälfte des Wassers über eine Entcarbonisierung gefahren und steht als Weichwasser zur Verfügung. Durchschnittlich werden 65% des Frischwassers für die Zellstoffproduktion und Kraftwerk benötigt, die übrigen 35% von der Papier- und Streichmaschine.

Sappi Ehingen betreibt seit 1990 eine betriebseigene Abwasserreinigungsanlage zur Behandlung aller Abwässer aus der Produktion. Es ist eine mechanisch biologische Kläranlage mit einer Anaerobie mit 4 Methanreaktoren und einer einstraßigen Belebung mit 4 Belebttanks und 4 Nachklärbecken. Das gereinigte Abwasser wird direkt in die Donau eingeleitet.



**Zellstofffabrik**

- 1 Holzplatz
- 2 Entrindung/Hackerei
- 3 Hackschnitzzellager
- 4 Zellstoffkocher
- 5 Bleicherei
- 6 Zellstoffentwässerung

**Papierfabrik**

- 7 Fremdzellstoffaufbereitung
- 8 Stapeltürme  
Eigenzellstoffaufbereitung
- 9 Papiermaschine
- 10 Streichmaschine
- 11 Rollenzwischenlager
- 12 Format- und Rollenausrüstung
- 13 Verladung
- 14 Hochregallager

**Ver- und Entsorgung**

- 15 Wasserversorgung
- 16 Kraftwerk
- 17 Rindenverbröckelung
- 18 Abwasserreinigung

**Pulp mill**

- 1 Wood yard
- 2 Wood debarking/Chip plant
- 3 Storage woodchips
- 4 Digesters
- 5 Bleaching
- 6 Pulp Dryer

**Paper mill**

- 7 Pulp preparation plant
- 8 Pile tower for pulp preparation
- 9 Paper machine
- 10 Coating machine
- 11 Warehouse for reels
- 12 Sheet- and reel finishing
- 13 Dispatch
- 14 High rack warehouse

**Utilities**

- 15 Water supply
- 16 Power station
- 17 Bark boiler
- 18 Waste water treatment

Abb.1: Lage des Werkes

## 2 Aufgabenstellung

### 2.1 Zielsetzung

Der Sappi Konzern verpflichtet sich in seinen Unternehmensgrundsätzen zu einer „Umweltpolitik der ökologischen und sozialen Verantwortlichkeit“ und somit auch zu einem schonungsvollen Umgang mit der Umwelt. Basis ist eine entsprechende Organisation in den Betrieben.

Heute besitzt Sappi ein integriertes Managementsystem, welches auf den Normen DIN ISO 9001, DIN ISO 14001 und OHSAS 18001 aufbaut. Das Werk ist nach EMAS entsprechend der EG- Öko- Audit- Verordnung zertifiziert,

Um den Anforderungen des Umweltschutzes gerecht zu werden, gehören zum festen Bestandteil des Sappi- Werte- Codex:

- die kontinuierliche Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes,
- die Auswirkungen des Betriebes auf die Umwelt so gering wie möglich zu halten,
- die Nachhaltigkeit im Handeln.

Auf Grund der im Jahr 2006 durchgeführten Umbauarbeiten an Papier- und Streichmaschine PM6/SM6 haben sich folgende Änderungen im Produktionsprozess ergeben:

- Umstellung der Produktion von einfach- auf mehrfach Strich und
- damit verbunden ein Anstieg von Rohstoffbedarf und Abwasserbelastung.

Zur Vermeidung negativer Auswirkungen auf die Umwelt sollen durch eine neuartige Streichfarbenrückgewinnung die Streichfarbenverluste weitestgehend reduziert werden. Als Vorgabe für das neu zu errichtende Streichfarbenrückgewinnungssystem wurden folgende Zielvorgaben festgelegt:

- Sammlung aller Streichfarbenreste,
- Versetzung mit Flockungsmittel und sedimentativen Trennung,
- Aufkonzentrierung auf einen einheitlichen Feststoffgehalt,
- Vermahlung ohne Zuhilfenahme von Chemikalien,
- Erreichen einer für den Folgeprozess erforderlichen Teilchengröße,
- Wiederverwertung als hochwertige Streichfarbe.

Im Vergleich zu bisher eingesetzten Verfahren der Streichfarbenrückgewinnung, bietet das bei Sappi Ehingen umgesetzte Konzept eine Reihe wichtiger Vorteile und Innovationen. Dazu gehören:

- Die in den gesammelten Spülwässern enthaltenen Störstoffe wie Papierabrieb, Agglomerate, Fasern, Schmutz, Sand, usw. werden in der Kugelmühle auf die Teilchenfeinheit von 60 % unter 2 µm zerkleinert und stören somit nicht mehr die nachfolgende Wiederverwertung. Erst durch die Mahlung kann die 100%ige Rückführung der Pigmente sichergestellt werden.
- Die Mahlung ohne weitere Zusatzstoffe ist ein wesentliches Merkmal des Systems. Durch die Anwesenheit von Flockungshilfsmittel reduziert sich darüber hinaus die Abrasion der Streichfarbe im Vergleich zu frisch angesetzte Streichfarbe.
- Die für die 2. Entwässerungsstufe verwendete Zentrifuge sichert einen Feststoffgehalt von über 50 %. Die zurückgewonnene Streichfarbe kann daher vollständig im weiteren Prozess eingesetzt werden.

- Durch die eingebauten Feststoffregelungen kann die notwendige Prozessstabilität erreicht werden. Nur so kann ein korrektes Funktionieren von Sedimentation, Mahlung und Dekanter gewährleistet werden.
- Rückgewinnungsrate 100 %.
- Das beim Aufkonzentrieren der Pigmente abgeschiedene Klarwasser wird in den Prozess zurückgeführt. Das Klarwasser wird für die Auflösung von Ausschuss im Pulper eingesetzt und reduziert dadurch den Frischwasserbedarf der Papierproduktion um ca. 130.000 m<sup>3</sup>/a. Der Anfall von Streichfarbenabwasser zur Entsorgung fiel von ca. 12 l/t Papier auf ca. 3 l/t Papier im Monatsmittel.

Im Vergleich zum Verfahren der Membranfiltration ergeben sich folgende Vorteile:

- Rückgewinnung sämtlicher Streichereistoffe, z.B. Rohstoffe und Restpaste, im Gegensatz zur teilweisen Rückgewinnung bei UF-Anlagen.
- Störstoffe stellen keine Beeinträchtigung der Wiederverwendung dar, in der UF-Anlage verbleiben diese im Recyclat.
- Endkonzentration mit bis über 50 % Feststoffgehalt, daher vollständig wieder einsetzbar, bei UF-Anlagen max. 30 % Feststoffgehalt und daher nur in kleinen Mengen wieder einsetzbar.
- Hohe Lebensdauer, verschleißarmes Mahlmedium (UF-Membranen sind vergleichsweise teuer und haben eine kurze Lebensdauer). [1]

Die Vorteile im Unterschied zum bei Stora Enso Hagen Kabel eingesetzten Verfahren ohne Mahlvorgang sind:

- Keine aufwendige Siebung zur Vorabscheidung von Störstoffen notwendig. (Bei Stora Enso verbleiben trotzdem Partikel unter 70 µm nach wie vor im Prozess und führen so zu Qualitätsbeeinträchtigungen beim Streichvorgang).
- Es erfolgt keine Sammlung der Spülwässer im Schlammbecken, dadurch kann der massive Einsatz von Bioziden, wie er bei Stora Enso [2] erforderlich ist, entfallen.
- Es sind keine Sonderchemikalien wie Wasserstoffperoxid zur Erhöhung der Weiße erforderlich (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> wird als Bleichmittel verwendet).
- Es ist keine Aufkonzentrierung mit Hilfe von Trocken- bzw. Pulverpigmenten auf 50 % Feststoffgehalt erforderlich. Dieser Vorgang führt beim Verfahren von Stora Enso nicht nur zu zusätzlichen Verkehrsbelastung, sondern auch zu Staubentwicklung und somit zu weiteren Umweltbelastungen.
- Bedeutend geringere Prozessaufwendungen und somit geringerer Verschleiß und Wartungsaufwand mit entsprechenden weiteren Entlastungseffekten für die Umwelt.

## 2.2 Ausgangssituation

Der größte Teil des weltweit hergestellten Papiers wird zu Informations- und Darstellungszwecken verwendet und dazu beschrieben oder bedruckt. Für Druckerzeugnisse mit hohen Anforderungen an das Schriftbild, die Wiedergabe von Farbbildern, den Glanz, die Glätte, die Weiße, den gesamten optischen Eindruck, die Dauerhaftigkeit usw., genügen aber die Eigenschaften der sogenannten Naturpapiere in den meisten Fällen nicht. Deshalb werden solche Papiere nach der Herstellung durch Bestreichen mit einer weißen Farbe veredelt. Weltweit werden schätzungsweise 20% des hergestellten Papiers und Kartons nach der Herstellung in Streichmaschinen weiterverarbeitet. Das Papierstreichen ist allgemeiner Stand der Technik.

Der wesentliche Bestandteil einer sogenannten Streichfarbe ist, neben dem Wasser, ein Pigment, das dem veredelten Papier eine hohe Weiße, eine hohe Opazität und eine gute Bedruckbarkeit geben soll. Als Pigmente kommen hauptsächlich Kaolin und Kreide zum Einsatz. Allen Pigmenten ist jedoch gemeinsam, dass sie sehr feinteilig sein müssen. Die Teilchengrößen bewegen sich üblicherweise zwischen 0,1 und 5 µm. Damit diese feinen Teilchen in einer geschlossenen Schicht fest auf dem Papier haften, wird in die Streichfarbe ein Bindemittel oder ein Gemisch mehrerer Bindemittel eingearbeitet. Solche Bindemittel können synthetischen und natürlichen Ursprungs sein, z. B. Latices aus Copolymeren auf der Basis von Styrol und Butylacrylat oder von Styrol und Butadien oder von Vinylacetat, oder aber wasserlösliche modifizierte Stärken, Carboximethylcellulose (CMC) und Proteine sowie andere dem Fachmann geläufige Bindemittel. Daneben enthalten die Streichfarben aber noch eine Reihe weiterer Produkte, die die Qualität des Papiers erhöhen oder die Verarbeitbarkeit in der Streichmaschine verbessern, z. B. optische Aufheller, Cobinder, Verdicker, Strichhärter und andere Produkte, die sich in ihrer chemischen Zusammensetzung auch innerhalb der Produktklasse stark unterscheiden können. Alles in allem sind Streichfarben sehr komplex zusammengesetzte Gemische aus Wasser, Pigmenten, polymeren und niedermolekularen Verbindungen und Salzen.

In jeder Papierfabrik, in der gestrichene Papiere hergestellt werden, gibt es je nachdem welche Eigenschaften das Papier besitzen soll (Strichqualität, Rohprodukte, Bearbeitungsverfahren, Gewicht) eine Vielzahl von Streichfarbenrezepten. Wenn nun von der Produktion einer bestimmten Sorte gestrichenen Papiers auf die Produktion einer anderen Sorte umgestellt wird, oder wenn die Produktion unterbrochen wird, oder wenn die Streichfarbenherstellungsanlage gereinigt wird oder auch wenn bei der Herstellung der Streichfarben ein Fehler unterlaufen ist, dann fallen große Mengen, häufig viele Kubikmeter, mit viel Reinigungswasser verdünnter, nicht mehr verwendbarer Streichfarbe an. Diese Streichfarben enthaltenden Abwässer stellen nicht nur einen finanziellen Verlust für den Papierhersteller dar, sondern die Entsorgung dieser Abwässer führt auch zu einem immer größer werdenden Problem für die Papierindustrie.

Bei der Produktion von in Ehingen gestrichenen Papieren kann der Anteil der Streichfarbe – je nach produzierter Papiersorte - bis zu 40 % am Gesamtprodukt betragen. Dabei kommt es zwangsläufig zu Streichfarbenverlusten bzw. fällt streichfarbenhaltiges Abwasser an. Generell gibt es in Ehingen zwei Quellen für Streichfarbenverluste:

- die gesamte Streichfarbenaufbereitung, d.h. Streichküche,
- die Streichmaschine SM 6.

Es erfolgt keine getrennte mengen- oder anteilmäßige Erfassung an diesen Stellen. Alle streichfarbenhaltigen Abwässer werden in einer separaten Abwassergrube (SM 6 – Abwassergrube) gesammelt und sind somit von allen anderen Abwässern der Fabrik klar getrennt.

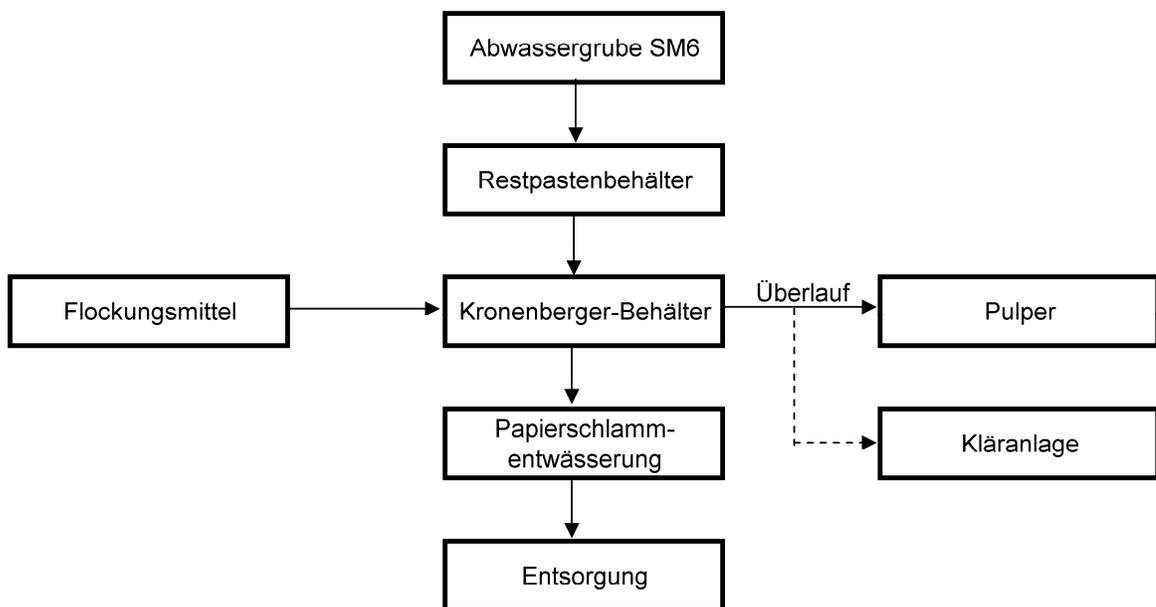
Gründe für das Entstehen von Abwasser im Bereich der Streichmaschine und -küche sind vor allem:

- Reinigungsarbeiten bei Produkt/Streichfarbenwechsel (Kadys, Bütten, Pumpen, Rohrleitungen),
- Abrisse der Papierbahn, die mit einem Spülen der Aggregate verbunden sind,
- Sperrwässer (sollen zukünftig separat erfasst werden),
- Überläufe von Behältern und Bütten,
- allgemeine Reinigungsarbeiten in der Anlage (Gebäude),
- Lecks in den Rohrleitungen,
- schadhafte Dichtungen.

Die in der Streichfarbenaufbereitung und an der Streichmaschine SM 6 anfallenden Abwässer werden in der SM 6- Abwassergrube zusammengeführt und getrennt vom übrigen Fabrikationsabwasser, mit einer Kreiselpumpe diskontinuierlich in den Restpastenbehälter (5 m<sup>3</sup>) gepumpt. Abbildung 2 veranschaulicht den Zusammenhang in der Ausgangssituation. Von hier wird das Abwasser über eine Rohrleitung in zwei Absetzbehälter (Kronenberger) gepumpt. Durch die Zugabe von Flockungsmittel in den zweiten Absetzbehälter sedimentieren die Feststoffe und werden durch eine Abzugspumpe zur Papierschlamm-entwässerung gefördert. Der pigmenthaltige Schlamm aus dem Absetzbehälter wird mit den anderen anfallenden Schlämmen und Faserrückständen aus der Papier- und Zellstoffproduktion sowie dem Überschussschlamm aus der Betriebskläranlage gemischt und anschließend in der Schlamm-entwässerung auf ca. 35% Trockengehalt entwässert.

Dieser so erzeugte Papierschlamm, der zu etwa 40 % aus Streichereirückständen besteht, wird über ein externes Unternehmen entweder in die Kompostierung/Landschaftsbau oder in die thermischen Verwertung (Zementindustrie und Braunkohlekraftwerk) geliefert.

Das Klarwasser läuft zur Kläranlage. Bedingt durch den schlechten Abscheidegrad der Kronenberger- Behälter gelangt so in der Ausgangssituation eine nicht unerhebliche Menge an pigmenthaltigem Feststoff in die Kläranlage und ist damit für den Produktionsprozess verloren. Diese unbefriedigende Situation war Auslöser für das Vorhaben.



**Abb. 2: Blockschema Streichfarbenfällung (Ausgangssituation)**

## 2.3 Stand der Technik

Unsere Verpflichtung zur Schonung der Umwelt, die Notwendigkeit zur Senkung von Kosten und die Aufgabe zur Verbesserung der Papierqualität waren Auslöser für die Entwicklung eines neuartigen Prozesses als Teil der Papier- bzw. Kartonstreicherei.

### Heutiger Status

In den Streichereibetrieben gehen in der Streichfarbenaufbereitung, an den Streichmaschinen und auch bei der Lagerung große Mengen an Streichfarben und Streichfarbenkomponenten durch Sortenwechsel, Reinigung und Betriebsstörungen verloren. Diese Verluste, die "Streichfarben- Rejekte" genannt werden, liegen zwischen 4 und 11 %, meist bei 7 bis 8 % Feststoff bezogen auf die Tonnage an hergestellter Streichfarbe. Dazu kommen weitere Mengen an „Cleaner- Rejekten“.

Es gibt verschiedene Ansätze, das Problem zu lösen, angefangen von der Ausfällung und Abtrennung mit Hilfe von Flockungsmitteln, wobei das abgetrennte Pigment-Chemikalien-Gemisch als Füllstoff bei der Papierherstellung verwendet werden soll, bis hin zur Ultrafiltration, wobei das Retenat wieder in frische Streichfarben eingearbeitet werden soll.

Die Bedeutung dieses Problems und die vielfältigen Aktivitäten der Papierindustrie und ihrer Zuliefererindustrie gehen beispielsweise aus einem Hinweis in der Zeitschrift Pulp & Paper International, Mai 1998, S. 23/24 hervor.

Alle bisherigen Verfahren leiden aber unter gravierenden Nachteilen. So kann es z. B. gelingen, durch Flockung mit handelsüblichen Flockungsmitteln oder Koagulationsmitteln den größten Teil der Feststoffe aus den Streichfarbenabwässern zu entfernen und ein genügend sauberes Restwasser zur Endreinigung an die Kläranlage abzugeben. Solche handelsüblichen Flockungsmittel oder Koagulationsmittel sind z. B. positiv geladene Derivate von hochmolekularem Polyacrylamid, Polyethylenimin, Derivate des Polyethylenimins, Polyamidoamine, Polydiallyldimethylammoniumchlorid, Polyvinylamine und seine Derivate und Aluminiumsalze, um nur die wichtigsten zu nennen. Die mit diesen Flockungsmitteln und Koagulationsmitteln ausgeflockten Rückstände sind häufig jedoch so stark agglomeriert und verfestigt, dass sie für die Papierstreicherei nicht mehr mit einfachen Mitteln ausreichend zerkleinert werden können und zu Problemen auf der Streichmaschine führen. Sie können daher auch nicht als Rohstoff für die Herstellung frischer Streichfarben eingesetzt werden. Auch beim Einsatz in der Papierherstellung als Füllpigment gibt es Probleme mit verstärkter Abrisshäufigkeit und erhöhtem Flockungsmittelverbrauch.

Für Filtrationsverfahren, z. B. für die Ultrafiltration, sind die Flüssigkeitsmengen häufig zu hoch, um noch einen wirtschaftlichen Betrieb der Ultrafiltrationsanlage zu ermöglichen. Zudem haben verschiedene Streichfarbenbestandteile die Eigenschaft, vorzeitig die Poren der Filter zu verlegen und zu verstopfen. Auch wenn vor der Ultrafiltration eine Aufkonzentrierung mit den üblichen Flockungsmitteln durchgeführt wird, bleibt das Problem, dass das Retenat wegen der Stabilität der geflockten Partikel für eine Verwendung in frischer Streichfarbe nicht mehr problemlos eingesetzt werden kann. Vor allem die agglomerierten Latexteilchen führen zu frühzeitigem Verstopfen der Filter, die üblicherweise in den Streichfarbenkreislauf vor das Streichaggregat geschaltet sind.

### Zukünftiger Status

Bei Anwendung des **ESAP** (Ehinger-Streichfarbe-Abwasser-Pigment) - Verfahrens gehen diese wertvollen Rohstoffmengen nicht länger verloren, sondern werden zu 100 % über den **ESAP**-Prozess der Papierstreicherei zur Wiederverwendung zugeführt.

## **2.4 Förderung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)**

Zur Realisierung des von Sappi und GAW entwickelten Verfahrens zur Streichfarbenrückführung wurde im April 2006 bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) ein Antrag auf Förderung im Rahmen des Förderprogramms des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) „Förderung von Demonstrationsvorhaben“ gestellt.

Nach der grundsätzlichen Feststellung der KfW, dass das Vorhaben „Streichfarbenrückgewinnung in der Papierindustrie“ die Fördervoraussetzungen des Förderprogramms erfüllt, erging im Juni 2008 der Zuwendungsbescheid, in dem ein Investitionskostenzuschuss von 25,3% bzw. höchstens 247.256,90 Euro bewilligt wurde.

Die Bewilligung der Zuwendung ist an die Auflage gebunden, die zur Verfügung gestellten Mittel zweckgebunden für die geplante Streichfarbenrückgewinnungsanlage einzusetzen und die folgende Zielvorgaben anzustreben:

- eine jährliche Einsparung von 130.000m<sup>3</sup> Frischwasser,
- die Vermeidung von CO<sub>2</sub> in Höhe von ca. 264,6 Mg/a,
- eine Reduzierung der Gesamtreststoffe der Papierfabrik um mindestens 60%.

Ob diese Ziele vollständig erreicht oder übertroffen werden, kann mit letzter Gewissheit erst nach einer längeren Phase kontinuierlichen Betriebs beurteilt werden. Die ersten Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Vorgaben erreicht werden können.

Die Laufzeit des Projektes erstreckte sich von Feb. 2008 bis Dez. 2008. Bedingt durch die gesamtwirtschaftliche Lage und den damit bedingten Unterbrechungen konnte erst im März 2009 mit dem Nachweis der Leistungsdaten begonnen werden, obwohl die Anlage bereits seit dem 29. September 2008 in Betrieb ist. Aus diesem Grund wurde bei der KfW ein Antrag auf Vorhabensverlängerung bis März 2009 gestellt, dem auch stattgegeben wurde.

## 3 Bau und Inbetriebnahme der Streichfarbenrückführung

### 3.1 Anlagenkonzept

Kernelement der neuen Anlage ist die Vermeidung des bisher erforderlichen Siebprozesses. Hierdurch soll es ermöglicht werden, die Pigmente verlustfrei aus dem Streichfarbenabwasser zurück zu gewinnen. Dabei waren Herausforderungen nicht zuletzt im Hinblick auf den Mahlprozess zu meistern, damit sowohl die Pigment- als auch weiteren Rückstände ausreichend zerkleinert werden als auch eine daraus resultierende Pigmentqualität entsprechend HC 60 zu erreichen. Zudem war sicherzustellen, dass eine Konzentration von mindestens 50% TS erreicht werden kann. Nur so ist es möglich, dass die zurückgewonnenen Pigmente direkt und ohne Qualitätseinbußen oder aufwändige Weiterverarbeitung in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden können und ebenso das Klarwasser genutzt werden kann. Damit sind folgende Ansatzpunkte Kerninnovationen gegenüber allen bisher bekannten Anlagenkonzepten, die die aufgeführten Umweltentlastungseffekte ermöglichen:

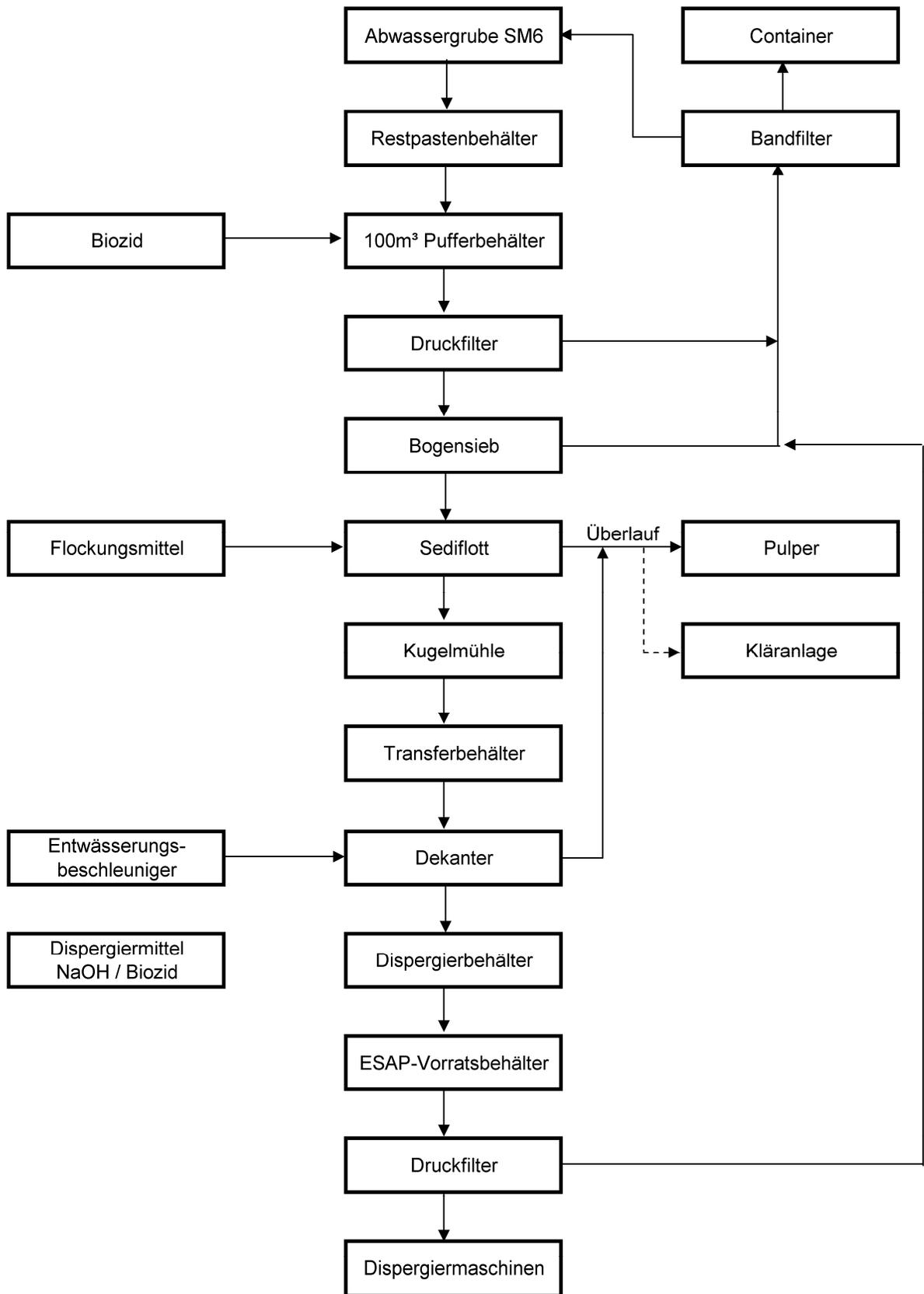
- Mahlung der gesammelten und eingedickten Abwässer, inklusiv der darin enthaltenen Störstoffe. Nur durch die Mahlung kann die 100%ige Rückführung der Pigmente erfolgen.
- Feststoffregelungen schaffen die notwendige Prozessstabilität, um im Endprodukt einen Feststoffgehalt von mindestens 50 %TS zu gewährleisten.

Ausgehend von der unter 2.2. beschriebenen Ausgangssituation wird das streichfarbenhaltige Abwasser nach dem Restpastenbehälter in die neue Streichfarbenrückgewinnungsanlage umgeleitet (siehe Abb. 3). Mittels einer Exzentrerschneckenpumpe wird das Abwasser über eine Rohrleitung in einen 100 m<sup>3</sup>-Pufferbehälter gepumpt. Der Pufferbehälter besitzt ein Rührwerk, um das Absetzen des Feststoffes zu vermeiden und eine Vergleichmäßigung der verschiedenen Abwässer zu erreichen. Pro Stunde werden etwa 16 m<sup>3</sup> Streichereiabwasser mit einem durchschnittlichen Feststoffgehalt zwischen 0,3 – 5 % befördert. Daraus ergibt sich, in Abhängigkeit vom Betrieb der SM, eine Fracht von ca. 10 t otro /d. Durch eine Feststoffregelung in der Abzugsleitung wird der Feststoffgehalt möglichst konstant bei 4% gehalten.

Das Abwasser wird anschließend über einen redundanten automatischen Druckfilter mit einem 300 µm Filtereinsatz gepumpt. Über ein Schrägsieb mit 100 µm werden weitere Verunreinigungen entfernt.

Die anschließende Vorbehandlung der Streichereiabwässer mit Flockung und Sedimentation erfolgt, um einen Großteil der Feststoffe zu entfernen und dadurch die Kläranlage so wenig wie möglich mit störenden Feststoffen zu belasten.

Die Streichereiabwässer werden einer zweistufigen Flockungskaskade mit anschließender Sedimentation zugeführt. Der Sediflott- Behälter (Fabr. GAW, Abb. 5) ist ein kombinierter **Sedimentations-** und **Flockungs**behälter. Der Behälter besteht aus einem 1 m<sup>3</sup> großen Ansetzbehälter, hier wird zuerst das kationische Flockungsmittel zugegeben. In einen zweiten 1 m<sup>3</sup> großen Reifebehälter wird dann das anionische Flockungsmittel dosiert. Damit sich eine Flocke ausbilden kann, ist eine gewisse Verweilzeit (Reifezeit) im Reifebehälter erforderlich, diese beträgt 1 - 5 Minuten. Die Zugabe der Flockungsmittel bewirkt eine Agglomeration der Streichfarbenreste, die dann besser sedimentieren und so besser abgetrennt werden können. Im nachgeschalteten 15 m<sup>3</sup> Sedimentationsbehälter mit Lamellenabscheider sinken die Agglomerate durch die Schwerkraft nach unten und sammeln sich im konischen Teil des Behälters. Es bildet sich ein geschlossener Schlammspiegel als Grenzfläche zwischen Schlamm und dem darüber stehenden Klarwasser aus. Das Klarwasser wird im Überlauf des Sedimentationsbehälters abgetrennt und von dort in den Prozess zurückgeführt. Durch den Lamellenabscheider wird der Absetzeffekt verstärkt [5]. Im Lamellenabscheider verlangsamt sich die Strömung und die Turbulenzen werden minimiert, zudem vergrößern die Lamellen die Absetzfläche.



**Abb.3: Blockschaema Streichfarbenrückführung**

Durch ein umlaufendes Krählwerk wird das pigmenthaltige Sediment im Behälterkonus aufkonzentriert und zum Austrag transportiert. Ein Krählwerk ist ein langsam umlaufendes Rührorgan (1 Umdrehung/Stunde), das mit Hilfe von Räumschilden den Feststoffgehalt im Konus erhöht und gleichzeitig ein Zusetzen des Behälters verhindert.

Mit einer Exzentrerschneckenpumpe wird dann das eingedickte Sediment abgezogen. Eine Feststoffregelung regelt den Feststoffgehalt vor der Mühle auf 20% ein.

In einer Kugelmühle mit einem Mahlvolumen von 200 l werden die Partikel auf die notwendige Korngröße von 60% kleiner  $2\mu\text{m}$  vermahlen. Die Mühle ist mit Zirkoniumoxid Kugeln, Durchmesser ca. 1,5 mm, befüllt. Nach einer Mahldauer von ca. 11 Minuten laufen die gemahlene Pigmente drucklos in den Transferbehälter. Der Transferbehälter dient als Pufferbehälter zwischen der Mühle und dem nachfolgenden Dekanter. Vom Transferbehälter wird das Pigment in den Dekanter gepumpt. Um die Trennung von Pigment und Wasser zu verbessern wird in den Zulauf des Dekanters noch Entwässerungsbeschleuniger dosiert. Im Dekanter steigt der Feststoffgehalt auf 50 – 55 % im Auslauf, von dort wird das aufkonzentrierte Pigment über eine Schnecke in den Dispergierbehälter gefördert. Im Dispergierbehälter wird dem Pigment noch Biozid, Natronlauge und Dispergiermittel zugesetzt. Das so aufbereitete Pigment wird nach Bedarf den Streichfarbenansätzen in den Dispergiermaschinen 1 - 3 zugemischt. Das im Dekanter anfallende Klarwasser wird mit dem Überlauf des Sedimentationsbehälters zusammengefasst und abgeführt.

Die Abbildung 4 zeigt diese Arbeitsschritte im Gesamtkonzept.

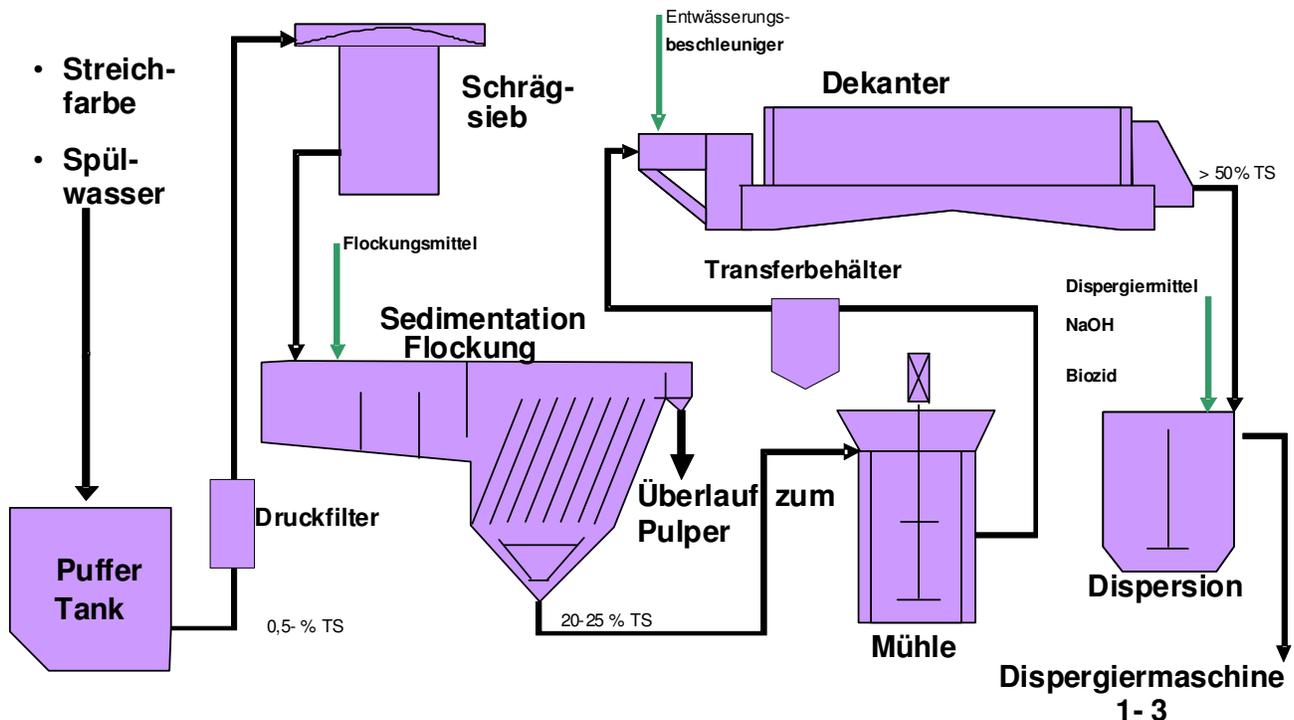


Abb.4: Konzept Streichfarbenrückführung

### **3.2 Beschreibung und Auslegung Druckfilters**

Die in der Streichfarbenaufbereitung und an den Streichmaschine SM 6 anfallenden Abwässer werden - wie bisher - in der SM 6-Abwassergrube zusammengeführt und über den Restpastenbehälter in einen 100 m<sup>3</sup> Puffertank gepumpt. Die Feststoffe bestehen zu ca. 98 % aus Streichfarbe, der Rest sind Schmutz- und Störstoffe, die im Bereich der Produktionsanlagen in den Abwasserkreislauf gelangen.

Der Druckfilter soll grobe, mechanische Bestandteile wie Kabelbinder, Folienreste usw. aus dem Streichereiabwasser absieben. Er ist redundant ausgeführt und ist für eine Durchsatzmenge von 16 m<sup>3</sup>/h ausgelegt (Druckfilter Fabr. GAW, Typ ECO-R).

Die Filterelemente sind mit Gewebe einer Maschenweite von 300µm bespannt. Über eine Differenzdruckmessung wird die automatische Filterrückspülung bei einem Differenzdruck von 1 bar ausgelöst. Hierzu wird zunächst das im Standby wartende Filterelement zugeschaltet und anschließend der in Betrieb befindliche Filter abgeschiebert. Nachfolgend öffnen die mit Frischwasser beaufschlagten Rückspülklappen und das Filterelement wird im Gegenstrom gereinigt. Nach einer Spülzeit von 30 Sekunden werden die Rückspülklappen geschlossen und das gespülte Filterelement geht in den Standby- Betrieb.

### **3.3 Beschreibung und Auslegung des Schrägsiebs (Bogensieb)**

Nach der Vorfiltration mittels des oben beschriebenen Druckfilters wird das Abwasser auf ein Schrägsieb oder Bogensieb geleitet. Dieses ist oberhalb der Flockungskaskade und des Sedimentationsbehälters so angeordnet, dass die folgenden Aggregate im freien hydraulischen Gefälle durchströmt werden.

Das Schrägsieb wird von oben mit dem Abwasser beaufschlagt und Verunreinigungen bleiben im 100µm Siebeinsatz hängen. Alle 30 Sekunden werden die Siebrückstände mit oberhalb des Siebes angebrachten Düsen weggespritzt. Die Spritzdüsen werden nur für ca. 3 Sekunden mit Frischwasser beaufschlagt.

### **3.4 Beschreibung und Auslegung der Flockung und Sedimentation**

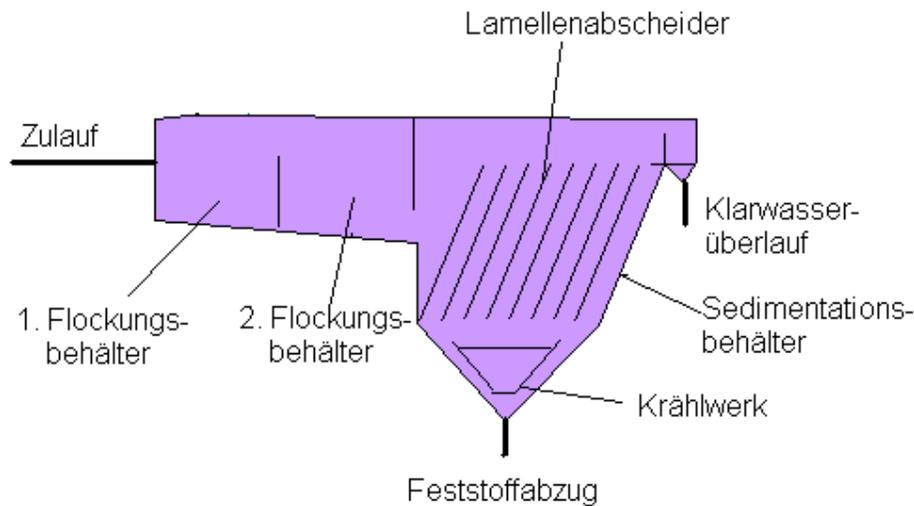
Das Abwasser mit den zu recycelnden Pigmenten läuft vom Schrägsieb in die 2-stufige Flockungskaskade (siehe. Abb. 5).

Im Ansatzbehälter (1 m<sup>3</sup>) wird als erstes Flockungsmittel ein kationisches Polymer zugegeben und mit einem Rührwerk gleichmäßig im Abwasser verteilt. Durch das Flockungsmittel polarisieren die Streichpigmente. Das positiv geladene Flockungsmittel lagert sich an die Pigmente an und erzeugt so an der Oberfläche eine positive Ladung. Die Verweilzeit im Flockungsbehälter beträgt ca. 5 Minuten bei einer hydraulischen Belastung von 10 – 16 m<sup>3</sup>/h.

Im Überlauf zum Reifebehälter wird das zweite Flockungsmittel, ein anionisches Polyacrylamid, zudosiert.

An das fadenförmige anionische Polyacrylamid lagern sich durch Anziehungskräfte auf Grund der unterschiedlichen Ladung die kationischen Streichpigmente an und bilden schließlich Flocken. Diese Flocken werden auch als CLC-Farbe (Close-Loop-Coat) bezeichnet. Die Verweilzeit (Reifezeit) im Reifebehälter beträgt ca. 5 Minuten bei der gleichen hydraulischen Belastung wie im Ansatzbehälter.

Nach Beendigung des Flockungsvorgangs fließt das geflockte Abwasser in den Sedimentationsbehälter (15 m<sup>3</sup>) mit Krählwerk.



**Abb. 5: Schema des Sediflott- Behälters (Fabr. GAW)**

Im mit Lamellenabscheidern versehenen Sedimentationsbehälter werden die in der CLC-Farbe enthaltenen Pigmente abgeschieden und sinken im konischen Behälterteil ab. Ein Krähwerk dickt das Pigment weiter ein, gleichzeitig verhindert es ein Festsetzen an der Behälterwandung. Am tiefsten Punkt wird das Pigment mit einem Trockengehalt von ca. 20% abgezogen.

Um die Eindickleistung zu erreichen, muss ein entsprechendes Schlammniveau vorhanden sein, deshalb wird die Schlammabzugsmenge über eine Schlammspiegelmessung niveauabhängig geregelt.

Das weitgehend feststofffreie Wasser, das Klarwasser, läuft über ein Rinnensystem in einen Sammelbehälter von 1 m<sup>3</sup> Volumen ab und wird von dort wieder dem Prozess (Pulper) zugeführt.

### 3.5 Beschreibung und Auslegung der Kugelmühle

Die Kugelmühle (Fabr. FDM Typ ULTRA 200), ist eine Maschine mit einem vertikalen 400 l Behälter zum kontinuierlichen Feinstmahlen und Dispergieren von Feststoffen in Flüssigkeiten. Sie arbeitet nach dem Prinzip der Rührwerkskugelmühlen, wobei durch eine Rührwelle die Mahlkörper im Mahlbehälter beschleunigt werden. Diese geben wiederum durch Geschwindigkeitsabbau (Kollision/Verzögerung) einen Teil ihrer Energie zur Zerkleinerung der Feststoffteilchen im Mahlgut ab.

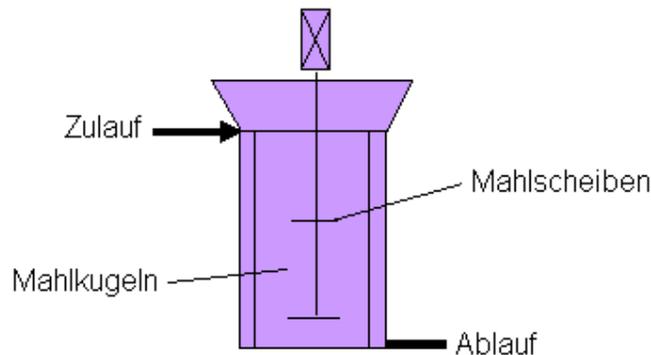
Das Spezialrührwerk erreicht eine gleichmäßige Aktivierung der Mahlkörper über den gesamten Behälterinhalt. Daraus ergeben sich folgende Vorteile:

- hohe Mahlleistung (400kg/h),
- enge Kornverteilung, da die Mahlenergie auf alle Teilchen gleichmäßig einwirkt, siehe Abb.9.
- geringe mechanische Beanspruchung des Mahlsystems.

Die aus dem Sediflott abgezogene Pigmentsuspension wird mit einer Feststoffregelung auf 20 %TS eingestellt. Es hat sich gezeigt, dass eine konstante Feststofffracht für die Prozessstabilität sowohl in der Mühle als auch im Dekanter von großer Bedeutung ist. Durch Schwankungen der Feststofffracht im Zulauf der Kugelmühle verändert sich die Korngrößenverteilung des Mahlguts, da der spezifische Energieeintrag auf das einzelne Partikel geringer wird. Bei einer sich ändernder Feststofffracht müsste eigentlich die Drehzahl der Mühle

angepasst werden, um die Korngrößenverteilung stabil zu halten. Die Schwankungen können aber nur mit einem hohen mess- und regelungstechnischen Aufwand ausgeglichen werden, ob es technisch realisierbar ist, ist nicht bekannt. Entscheidend für die Mahlung ist die richtige Wahl der Feststoffkonzentration und –fracht im Zulauf.

Die Pigmente durchströmen die Kugelmühle und werden dabei in einem Durchlauf verarbeitet. Um den gewünschten Mahlgrad bzw. Feinheit des Produkts zu erreichen, ist eine Verweilzeit von ca. 11 Minuten erforderlich, d.h. die Beschickung wird entsprechend geregelt.



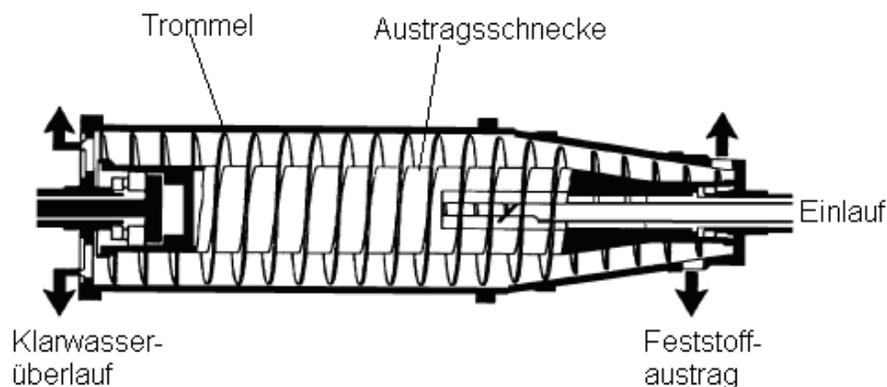
**Abb. 6: Kugelmühle**

Durch die Veränderung der Drehzahl kann die Korngrößenverteilung beeinflusst werden. Um ein gutes Mahlergebnis zu erreichen, sind Größe der Mahlkörper und Werkstoff entsprechend den Produkthanforderungen anzupassen. Im vorliegenden Fall werden mit Zirkoniumoxid beschichtete Mahlkörper mit einem Durchmesser von 1,5 mm verwendet. Die Maschine wurde speziell auf das Mahlgut und den vorliegenden Einsatzfall abgestimmt.

Das gemahlene Produkt verlässt die Kugelmühle und läuft drucklos in einen gekühlten Transferbehälter (400 l). Die Kühlung ist notwendig, um die Wärme, die durch den Energieeintrag bei der Mahlung entsteht, abzuführen. Der Transferbehälter dient auch als Pufferbehälter zwischen Kugelmühle und Dekanter.

### 3.6 Beschreibung und Auslegung des Dekanters

Im Anschluss an die Mahlung wird das Pigment erneut eingedickt. Das mit etwa 20 % TS anfallende Pigment wird in einem Dekanter (Fabr. Alfa Laval, Typ ALDEC G2-40) auf ca. 50 - 55 % TS entwässert. Die folgende Abbildung 7 zeigt schematisch den Aufbau des Dekanters.



**Abb. 7: Dekanter [6]**

Der Dekanter ist eine horizontal gelagerte Schneckenzenrifuge mit zylindrisch- konischer Vollmanteltrommel für die kontinuierliche Entwässerung der zurückgewonnen Pigmentsuspension. Die Suspension läuft durch das zentral angeordnete Einlaufrohr in den Einlaufraum der Schnecke, dringt durch Öffnungen in den Suspensionsraum der Trommel und wird dort auf Betriebsdrehzahl beschleunigt (Hauptantrieb: P = 22 kW, n = 3000 upm). Im Einlaufrohr wird Entwässerungsbeschleuniger (Hercules Perform PC 9783) zugegeben, um speziell die Abscheidung von kolloidalen Partikeln zu verbessern. Durch Einwirkung der Zentrifugalkraft setzen sich die Streichfarbenteilchen in kürzester Zeit an der Trommelwand ab. Die mit einer etwas größeren Drehzahl als der Trommelmantel rotierende Schnecke (P = 5,5 kW) fördert die ausgeschleuderten Streichpartikel kontinuierlich zum konisch zulaufenden und sich damit stetig verengenden Ende der Trommel (Konuswinkel 8,5°). Die Drehzahl der Schnecke wird in Abhängigkeit von dem an der Schnecke anliegenden Drehmoment geregelt, da das Drehmoment ein direkter Indikator für das Feststoffniveau in der Trommel ist. In der Entfeuchtungszone wird das Pigment aus der Flüssigkeit gehoben (bedingt durch die konische Form der Trommel) und durch die Zentrifugalkraft von anhaftender Flüssigkeit befreit. Am Ende der Trommel werden die Streichfarbenpartikel durch Öffnungen im Trommelmantel in die Fangkammer des Gestells geschleudert, von Flügeln erfasst und ausgeworfen. Die Klarphase strömt zwischen den Schneckenwendeln dem zylindrischen Trommelende zu. Die Klarphase verlässt den Separationsraum als Überlauf über eine Stauscheibe. Das Wasser wird frei in das Gehäuse teil ausgetragen und läuft aus diesem drucklos ab. Das als Dekantat bezeichnete Klarwasser wird in den Pulper zurückgeführt.

Es hat sich auch hier gezeigt, dass die Regelung der Feststoffkonzentration sehr wichtig ist, da der Dekanter sehr empfindlich auf Feststoffschwankungen im Einlauf reagiert. Bei Schwankungen über +/- 3 %TS kann Pigment mit der Klarphase ausgetragen werden, da die drehmomentgeregelt Drehzahlregelung der Schnecke nicht schnell genug reagiert und trotz minimaler Differenzdrehzahl zu viel Pigment ausgetragen wird. Befindet sich zu wenig Feststoff im Dekanter um den Spalt zwischen Trommel und Schnecke zu schließen, dann wird der Feststoff mit dem Fluidstrom zum Klarwasserüberlauf mitgerissen. Ist hingegen der Feststoffgehalt im Zulauf zu hoch, besteht die Gefahr, dass der Dekanter zugefahren wird, oder aber es wird Flüssigkeit mit dem Konzentrat (Pigment) ausgetragen, was zu einer Reduzierung des Feststoffgehalts. Beide Effekte sind unerwünscht und führen zu Leistungseinschränkungen des Dekanters.

Der Einsatz eines Dekanters zur Erhöhung des Feststoffgehalts ist an dieser Stelle aus verfahrenstechnischen Gründen sinnvoll, da so sowohl ein hoher Durchsatz, als auch ein hoher Endfeststoffgehalt erreicht werden kann. Das zurückgewonnene Pigment entspricht von der Korngrößenverteilung einem HC60. Durch den hohen Feststoffgehalt von ca. 55 %TS kann das zurückgeführte Pigment direkt als Ersatz für frisches HC60 eingesetzt werden, da so auch ein Feststoffgehalt von 68% in der fertigen Streichfarbe gewährleistet werden kann. Würde der Feststoffgehalt im ESAP- Pigment 50 %TS unterschreiten, dann muss der Endfeststoffgehalt von 68% in der Streichfarbe durch die Zugabe von Trockenpigment ausgeglichen werden. Dies ist dann mit einem erhöhtem Aufwand und Mehrkosten verbunden. Der Einsatz von Streichfarbe an der Streichmaschine mit zu niedrigem Feststoffgehalt ist unwirtschaftlich und wirkt sich negativ auf die Papierqualität aus. Es muss das zusätzliche Wasser an der Streichmaschine verdampft werden. Bei der Verdampfung wird die Papieroberfläche negativ beeinflusst und somit auch die Papierqualität; die Bedruckbarkeit des Papiers wird schlechter.

### 3.7 Beschreibung und Auslegung der Dispergierung

Die Dispergierung wird diskontinuierlich betrieben. Sie besteht aus zwei Behältern:

- dem Dispergierbehälter (500 l) und
- dem Vorratsbehälter (2,5 m<sup>3</sup>) bzw. Vorlagebehälter für die Nachsiegung.

Das entwässerte Pigment wird vom Feststoffaustrag des Dekanters mit einem Trogschneckenförderer kontinuierlich in den Dispergierbehälter gefördert, der auf Wägezellen steht. Zu jeweils 100 kg entwässertem Pigment (Feststoffgehalt ~ 55 %), werden diskontinuierlich die Natronlauge (NaOH 10%ig), Dispergiermittel (Polysalz S 5%ig) und Biozid (300 ppm) zugesetzt und mit einer Dispergierscheibe ca. 15 Minuten gut durchmischt. Das entstandene Gemisch, die Slurry, läuft dann über ein Ablassventil in den tiefer stehenden Vorratsbehälter.

Der Einsatz von Biozid ist erforderlich, da das Streichereiabwasser organische Bestandteile enthält und somit einen ausgezeichneten Nährboden für Mikroorganismen darstellt. Die Mikroorganismen werden über das Wasser in das System eingetragen. Die erhöhten Temperaturen führen dann zu einer raschen Verkeimung der zurückgewonnenen Streichfarbe, wodurch es zu folgenden Problemen kommen kann:

- Ablagerungen von Schleim in Rohrleitungen, welche sich von Zeit zu Zeit lösen und zu Produktionsstörungen führen.
- Korrosionserscheinungen durch aggressive Stoffwechselprodukte.
- Rapider Abbau der Streichmassebindemittel, dadurch Änderung der Viskosität und, bedingt durch schnell eintretende pH- Verschiebungen, eine Verschlechterung der rheologischen Eigenschaften (Fließeigenschaften) bis hin zum Unbrauchbarwerden des Streichfarbenansatzes innerhalb kurzer Zeit.

Die als Biozid eingesetzten Chemikalien (Natronbleichlauge und Hercules Spektrum XD3899) unterscheiden sich weder in Art noch Menge von den in der Streichküche verwendeten Produkte, relevante Umweltauswirkungen sind daher nicht zu erwarten und können auch nicht festgestellt werden.

Das fertig aufbereitete Pigment wird nach der Dispergierung in einen Vorlagebehälter gefahren und von dort entsprechend des Bedarfs dem Streichfarbenansatz zugemischt. Ein den Dispergiermaschinen vorgeschalteter 150 µm Filter sichert zusätzlich die Qualität.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Streichfarbe

In der Papierfabrik Ehingen, in der gestrichene Papiere hergestellt werden, gibt es je nachdem welche Eigenschaften das Papier besitzen soll (Strichqualität, Rohprodukte, Bearbeitungsverfahren, Gewicht) eine Vielzahl von Streichfarbenrezepten. Wenn nun von der Produktion einer bestimmten Sorte gestrichenen Papiers auf die Produktion einer anderen Sorte umgestellt wird, oder wenn die Produktion unterbrochen wird, oder wenn die Streichfarbenherstellungsanlage gereinigt wird oder auch wenn bei der Herstellung der Streichfarben ein Fehler unterlaufen ist, dann fallen große Mengen, häufig viele Kubikmeter, mit viel Reinigungswasser verdünnter, nicht mehr verwendbarer Streichfarbe an. Diese Streichfarben enthaltenden Abwässer stellen nicht nur einen finanziellen Verlust dar, sondern die Entsorgung dieser Abwässer führt auch zu einem immer größer werdenden Problem für den Standort.

Daher wird durch den ESAP- Prozess verstärkt versucht, die Streicherei- Waschwässer so stark einzuengen, dass sie mit entsprechender Konzentration der Papier- Streichfarbe wieder zugesetzt werden können. Dies geschieht mehrstufig. In der ersten Stufe erfolgt eine Flockung des Waschwassers mit Hilfe von entsprechend ausgewählten Flockungsmitteln. Nur mit Hilfe dieser Vorflockung ist eine kostenmäßig vertretbare Eindickung möglich, da sonst das Volumen der in sog. Trichtern oder Rundklärbecken erfolgenden ersten Eindickphase immens groß ausgelegt werden müsste. Der hieraus entstehende Dickstoff wird sodann zur weiteren Eindickung einem Dekanter zugeführt. Erst hiernach gelangt man letztlich zu Pigmentkonzentrationen, wie sie zur Wiedereinbringung in die Papierstreichfarbe notwendig sind. Diese liegen bei 50 bis 55 Gewichtsprozent Trockengehalt.

Diese Wiedereinbringung der zu einer Slurry eingedickten Streichfarbenabwässer in die Streichfarbe ist jedoch nur dann problemlos möglich, wenn die Slurry "entflockt", d. h. redispersiert wird. Bei der Suche nach geeigneten Flockungsmitteln hat sich dabei herausgestellt, dass es mit einer Vielzahl kationischer und anionischer, hochmolekularer Substanzen möglich ist, eine ausreichende Flockung des Waschwassers zu erreichen.

Aus einem auf diese Weise behandelten Streichfarbenabwasser kann man somit problemlos Pigmente zurückgewinnen und zur Herstellung einwandfreier, frischer Streichfarben verwenden.

#### 4.1.1 Qualität der zurückgewonnenen Streichfarbe

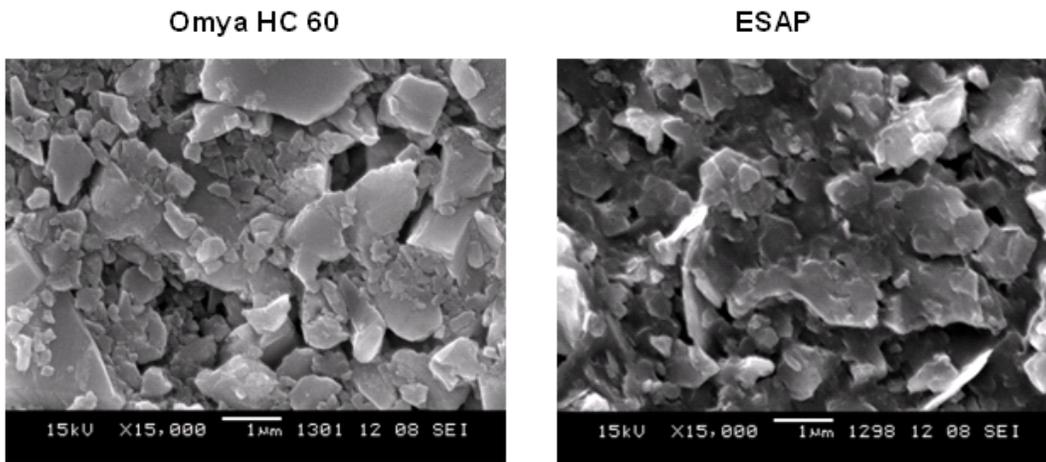
Der Mahlprozess bildet den eindeutigen Schwerpunkt im Wiedergewinnungsprozess. Ein großer Vorteil besteht darin, dass er eine kontinuierliche Herstellung erlaubt und damit eine gleichbleibende Produktqualität garantiert.

Die Untersuchung der zurückgewonnenen Streichfarbe hat gezeigt, dass die Qualität der Pigmente mit der von frischen Pigmenten gleichzusetzen ist.

Die Abb. 8 zeigt den Vergleich von HC60 und **EhingerStreichfarbeAbwasserPigment** unter dem Rasterelektronenmikroskop; es sind keine Unterschiede erkennbar. Die Messung wurde mit dem SEM der Firma Carl Zeiss durchgeführt.

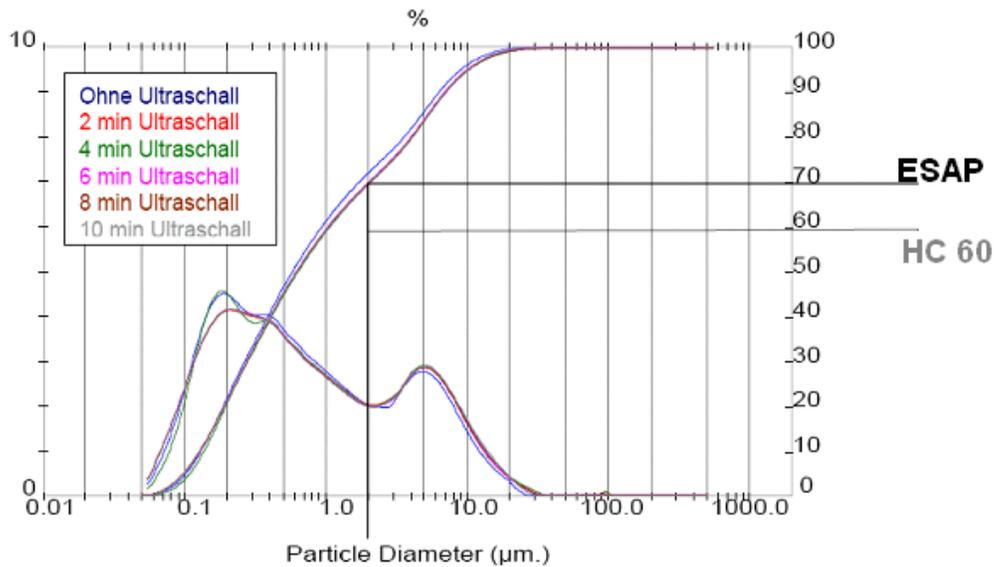
Das Hydrocarb 60 mit 60% aller Teilchen kleiner als 2  $\mu\text{m}$  eignet sich hauptsächlich für den Vorstrich oder in Kombination mit Hydrocarb 90 für den Mattstrich im Deckstrich.

Hydrocarb 90 finden vorwiegend in Einfachstrichen oder Deckstrichen von Papier und Karton Verwendung.



**Abb. 8: Elektronenmikroskopische Aufnahme von HC 60 und ESAP Pigment**

Die Ultraschall-Untersuchung zeigt die gleiche Korngrößenverteilung von ESAP im Vergleich zum HC60. Die Kurven liegen fast deckungsgleich und bestätigen nur die identische Korngrößenverteilung, wie in den Elektronenmikroskopischen Aufnahmen zu sehen ist. Die Messung wurde mit einem Messgerät der Firma Sympatec GmbH System Partikel Technik durchgeführt.



**Abb. 9: ESAP Größenverteilung nach Mahlung bei verschiedenen Ultraschalluntersuchungen**

Auch die Gegenüberstellung von weiteren wichtigen Eigenschaften zeigt nur geringe Unterschiede, die jedoch zu keinerlei Einschränkungen bei den Einsatzmöglichkeiten des Produktes führen.

Eigenschaften		ESAP	HC 60
Feststoffgehalt	[%]	50	76
pH- Wert		8,5	8,8
opt. Weisse (ISO R457)	[%]	86,0	89,0
a- Wert		-0,44	-0,11
b- Wert		0.88	0.28

**Tab. 1: Gegenüberstellung von ESAP- und HC60-Pigmenten**

Die Farbmesswerte optische Weiße, a- Wert und b- Wert wurden mit einem Elrepho 3000 der Firma Datacolor gemessen.

#### **4.1.2 Auswirkungen der zurückgewonnenen Streichfarbe auf die Papiereigenschaften**

Es sind keine Auswirkungen auf die Papiereigenschaften, wie Bedruckbarkeit, Weiße, Abdeckung, Opazität und Laufeigenschaften auf der Streichmaschine festgestellt worden. Auch eine 100%ige Substitution von HC60 durch ESAP stellt kein Problem dar.

##### **Vergleich der Striche mit/ohne ESAP Pigment**

In einem direkten Vergleich der beiden Vorstriche mit/ohne ESAP Pigment konnte folgendes demonstriert werden. Der Einfluss der Vorstriche auf die Eigenschaften des fertigen Papiers zeigte keine Unterschiede in Glanz, Weiße, Opazität und Bedruckbarkeit bei Substitution von HC 60 durch das ESAP-Pigment.

Das erste Bild zeigt einen Standardstrich, wie er in Egingen, vor ESAP Pigment, erzielt wurde unter Einsatz von zugekauftem „60er“ Calciumcarbonatslurry für den Vorstrich sowie zugekauftem „90er“ Calciumcarbonatslurry für den Deckstrich.

Das zweite Bild zeigt den resultierenden Strich, der unter sonst identischen Bedingungen unter Einsatz von bis zu 8% ESAP-Pigment hergestellten „60er“ Calciumcarbonatslurry für den Vorstrich sowie „90er“ Calciumcarbonatslurry für den Deckstrich erhalten wurde.

Die verwendete Formulierung für das doppelt gestrichene holzfreie Offsetpapier ist wie folgt:

##### **Vorstrich**

###### **Traditioneller Strich**

100 Teile HC 60  
6 Teile Stärke und 6 Teile Synthetischer Binder

###### **ESAP Pigment Strich**

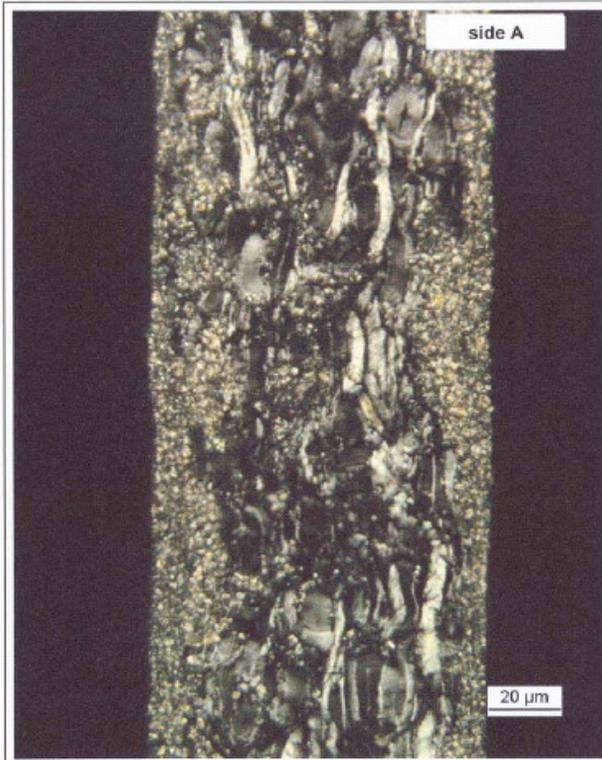
**92 Teile HC 60 und 8 Teile ESAP Pigment**  
6 Teile Stärke und 6 Teile Synthetischer Binder

##### **Deckstrich**

90 Teile HC 90 und 10 Teile HC 60  
8 Teile Synthetischer Binder

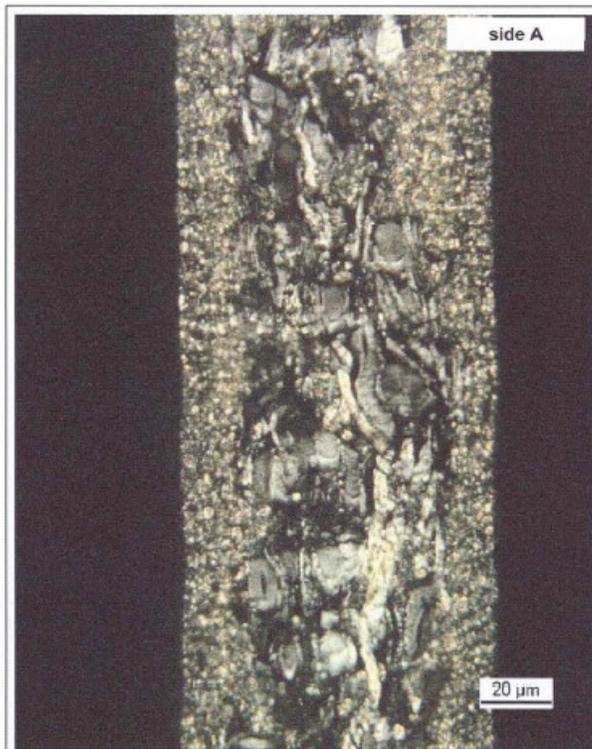
Die Aufnahme im Mikrotomschnitt im Vergleich zeigt keine Unterschiede bezüglich Abdeckung und Strichverteilung.

### **Traditioneller Strich**



**Abb. 10: Mikrotomschnitt doppelt gestrichenes Papier mit HC 60/HC 90 Pigmenten**

### **ESAP Strich**



**Abb. 11: Mikrotomschnitt doppelt gestrichenes Papier mit HC 60/HC 90 und ESAP Pigmenten**

## 4.2 Umwelt

### 4.2.1 Umweltbilanz

Durch die Umsetzung des neuen Konzepts der Streichfarbenrückgewinnung bei Sappi Ehingen - das im Kapitel 3 im Detail vorgestellt wird - werden insgesamt folgende umweltrelevanten Verbesserungen erreicht (Basis 300.000 jato Papier).

1.	Rohstoffeinsparung 10 t otro / d durch zurückgewonnene Pigmente	3.500 t/a	0,011 kg/t Papier
2.	Energieeinsparung in Höhe von 110 kWh/t für zurückgewonnene Pigmente. Im Vergleich zum Energiebedarf bei der Mahlung eines Frischpigments (150 kWh/t) [4]	385.000 kWh/a	1,28 kWh/t Papier
3.	Wassereinsparung durch die Rückführung von Klarwasser in den Produktionsprozess. Hydraulische Belastung der Anlage 16m³/h oder 134.400 m³/a entsprechend 134.400 t/a, da die Dichte der Suspension (3,5% Feststoff) annähernd gleich Wasser, abzüglich 3500 t Feststoff	130.900 m³/a	0,43 m³/t Papier
4.	Minderung von CO <sub>2</sub> -Ausstoß durch einen geringeren Rohstofftransportbedarf von ca. 3.500 t Pigmenten pro Jahr (ca. 140 LKW-Ladungen á 140 km Hin- und Rückfahrt Ehingen-Burgberg. Dieselverbrauch: 34,5 l/100km, CO <sub>2</sub> -Ausstoss 2,65 kg/l [7]	17,919 t/a	0,059 kg/t Papier
	Minderung von CO <sub>2</sub> -Ausstoß durch die Einsparung elektrischer Energie 385.000 kWh/a * 541 g CO <sub>2</sub> /kWh[8]	208,935 t/a	0,69 kg/t Papier
	Minderung von CO <sub>2</sub> -Ausstoß durch einen geringeren Entsorgungsbedarf von ca. 10.000 t Papierschlamm pro Jahr (ca. 400 LKW-Ladungen á 280 km Hin- und Rückfahrt Ehingen-Heilbronn. Dieselverbrauch: 34,5 l/100km, CO <sub>2</sub> -Ausstoss 2,65 kg/l	102,395 t/a	0,341 kg/t Papier
	<b>Gesamtminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoss</b>	<b>329,249 t/a</b>	<b>1,097 kg/t Papier</b>
5.	Reduzierung der spezifischen Verluste Papierproduktion um ca. 60%		1,51% → 0,66 %

**Tab. 2 : Ergebnisse des Projektes**

Die ESAP- Anlage führt wie beabsichtigt zu einer Umweltentlastung durch Streichfarbenabwasser und zu einer Entlastung der Kläranlage bzw. Papierschlammwässerung von ca. 300 tCSB /a und ca. 3.500 tTS/a.

Daneben konnten eine Reihe von weiteren wesentlichen Entlastungen für die Umwelt erreicht werden. Hierzu gehören:

- Bessere Funktion der Kläranlage durch Rückgewinnung von störenden Dispergiermitteln und Latex.
- Schonung der Landschaft durch verminderten Abbau (im Tagebau) von Pigmenten.
- Der Einsatz an Flockmittel ist unverändert, es wird nach wie vor die gleiche Flockmittelkombination (anionisch und kationisch) eingesetzt. Dadurch, dass der Weg

zur Schlammpresse unterbrochen ist, gelangen diese Flockmittelreste nicht mehr direkt bzw. über das Filtrat ins Abwasser.

- Reduzierung der zu entsorgenden Papierschlammmenge führt neben der Reduzierung von LKW-Transport zu einer Verringerung des Energieeinsatzes bei der thermischen Verwertung und zu einer Schonung von stofflichen Verwertungskapazitäten.

#### 4.2.2 Klarwasser (Qualität und Recycling)

Das anfallende Klarwasser aus der ESAP hat eine Qualität, die eine 100%ige Rückführung in den Prozess erlaubt und für die Auflösung von Ausschuss im Pulper eingesetzt wird. Dadurch reduziert sich der Frischwasserbedarf der Papierproduktion um ca. 130.000 m³/a.

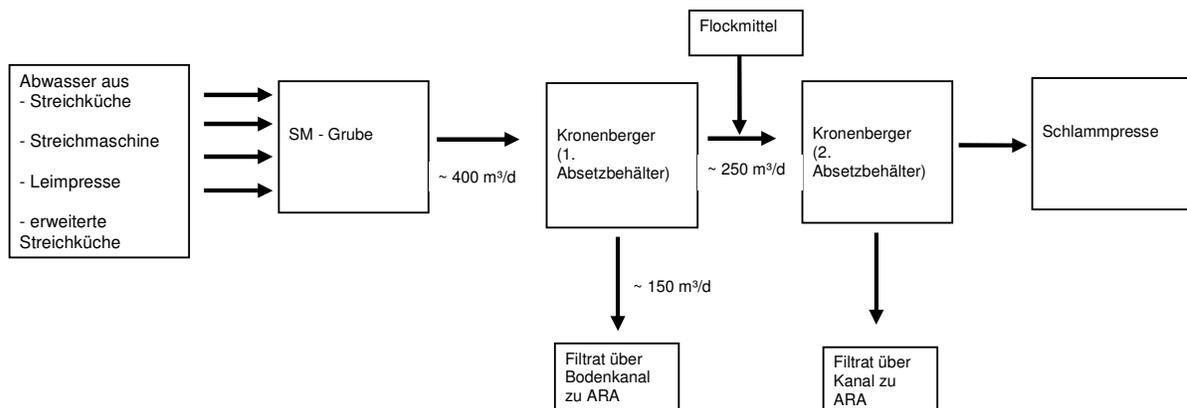
Untersuchungen des Klarwassers nach der Sedimentation im Sediflott haben folgende Qualitäten ergeben:

Klarwasser	Messwerte	Im Mittel	
Trübung	80 - 150	100	FUA
pH	7,5 – 8,5	8	
Temperatur	23 - 27	25	°C
TS Ablauf	30 - 180	110	mg/l
TS Zulauf	17000 - 40000	26000	mg/l
CSB	1000 – 2000	1600	mg/l

**Tab 3: Messergebnisse des Klarwassers**

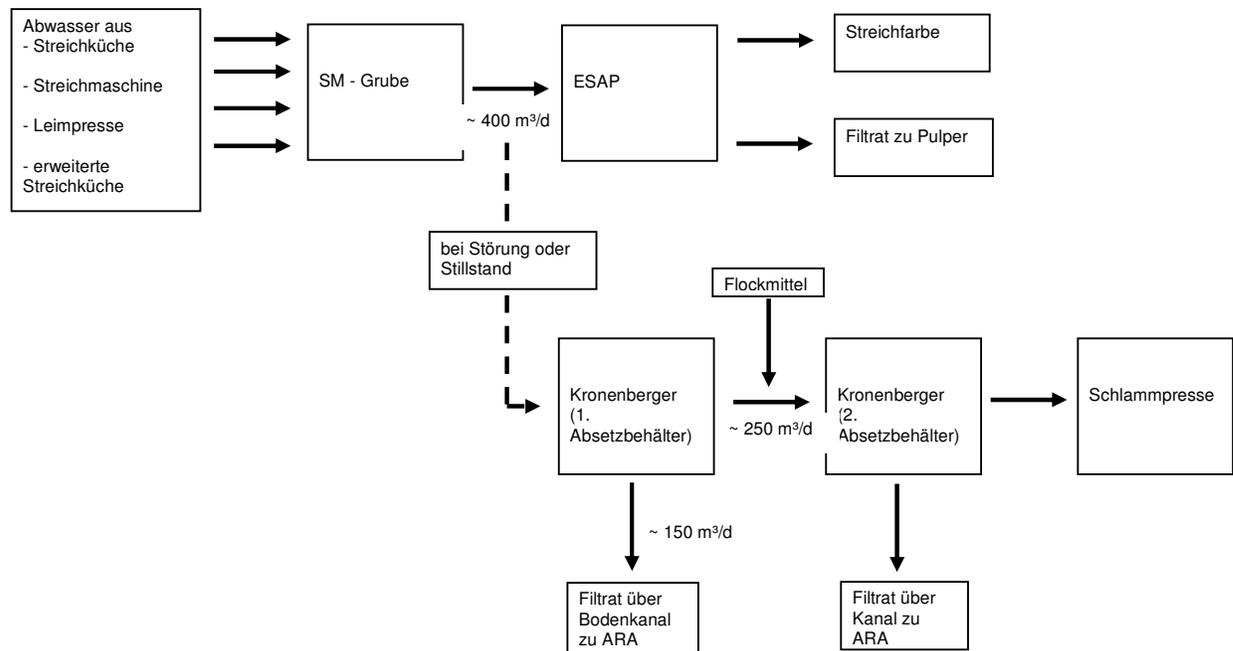
Die Feststoffabscheidung beträgt über 99%. Das anfallende Klarwasser kann somit ohne weitere Behandlung im Pulper eingesetzt werden um Ausschuss aufzulösen. Die in der Streichfarbe enthaltene Hilfsstoffe oder Chemikalien wie Binder, Biozide, Stärke etc. stören dabei nicht. Auch die CSB- Konzentration wirkt sich nicht negativ aus. Wichtig ist, dass der Feststoffanteil (TS- Ablauf) unter 200 mg/l liegt und im Wasser keine groben Bestandteile enthalten sind, die zu einer Beeinträchtigung der Papierqualität führen können, z.B. Schmutzpunkte. Da keine bunten Papiere hergestellt und keine Farben eingesetzt werden, spielt Farbe keine Rolle und kann somit auch nicht zu einer Beeinträchtigung der Papierqualität führen.

Die folgenden Schemata sollen die Abwasserströme verdeutlichen und die Veränderungen zur ursprünglichen Situation aufzeigen.



**Abb. 12: Ursprünglicher Verfahrensablauf**

Durch den Einbau der ESAP wird der Strang in Richtung Schlammpresse bei regulärem Betrieb unterbrochen. Eine wesentliche Voraussetzung ist ein weitgehend störungsfreier- und stillstandsfreier Lauf der Streichmaschine, d.h. keine (marktbedingten) Stillstände über einen Zeitraum von mehr als 24 Stunden.



**Abb. 13: Verfahrensablauf mit ESAP**

Bei Störungen oder Stillständen, muss der ursprüngliche Weg über die Schlammpresse gefahren und die Streichfarbenreste der Entsorgung zugeführt werden. Hintergrund ist die begrenzte Lagerfähigkeit der frischen und auch der zurückgewonnenen Streichfarbe. Durch organische Bestandteile und Temperaturen um die 30 °C kommt es schnell zu Verkeimungen, die auch mit Hilfe von Bioziden nur begrenzt beherrschbar sind. Wird Biozid überdosiert besteht die Gefahr, dass Biozidreste in die Abwasserreinigungsanlage kommen und dort zu Störungen des biologischen Systems führen. Neben den ökologischen Gründen, ist auch aus ökonomischen Gründen der Biozideinsatz nur begrenzt sinnvoll.

Die zurückgewonnene Wassermenge von ca. 130.000 m<sup>3</sup> /a. führt zu einer Reduzierung des spezifischen Abwasseranfalls um etwa 0,43 m<sup>3</sup>/t Papier. Für die in Ehingen hergestellten Papierqualitäten beträgt der durchschnittliche Abwasseranfall etwa 10 m<sup>3</sup>/t. Die Einsparung an Wasser durch Rückführung ist somit durchaus ein Beitrag zur Schonung der Ressource Wasser.

Aufgrund von häufigen, marktbedingten Stillständen konnte erst im Frühsommer 2009 gezeigt werden, dass eine 100%-ige Rückführung der Pigmente möglich ist.

### 4.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

In der folgenden Tabelle sind die jeweiligen Einsparungen sowie die Investitions- und Betriebskosten zusammengestellt (Datenbasis Mai 2009):

#### Einsparungen (bei vollem Betrieb 350 d/a):

**Gesamteinsparung bei vollem Betrieb** **841.200 €/a**

- Kosten für Streichpigment-Verluste 267.500 €/a  
(Kosten für Vorstrichpigment: 79 €/t)  
 $79 \text{ €/t} * 10 \text{ t} * 350 \text{ d}$
- Kosten für Chemikalien zur Flockung und Sedimentation  
keine Einsparung, da bereits im Prozess integriert
- Kosten für Personal  
keine Einsparung, Betreuung der Anlage erfolgt durch  
Mitarbeiter der Streichküche
- Entsorgungskosten für Streichfarbe (incl. Transport) 497.000 €/a  
(Entsorgungskosten für Papierschlamm bei 100 %  
Trockensubstanz: 142 €/t)  
 $142 \text{ €/t} * 10 \text{ t/d} * 350 \text{ d/a}$
- Wassereinsparung
  - Abwasser 66.300 €/a  
 $130.000 \text{ m}^3/\text{a} * 0,51 \text{ €/m}^3$
  - Frischwasser 10.400 €/a  
 $130.000 \text{ m}^3/\text{a} * 0,08 \text{ €/m}^3$

**Investitionskosten** **1.010.275 €**

- Förderung (Zuschuss) 2008 227.257 €
- Förderung (Zuschuss) 2009 (noch nicht ausgezahlt) 20.000 €
- Eigene Mittel, entsprechen den tatsächlichen Anschaffungskosten 763.018 €

**Summe der Kapitalkosten** **114.463 €/a**

- Zinsen für eigene Mittel (5 % auf tats. Anschaffungswert, 10 Jahre) 38.151 €/a
- Abschreibung (10 Jahre) 76.312 €/a

<b>Summe der Betriebskosten (bei vollem Betrieb)</b>	<b>349.504 €/a</b>
- Kosten für Biozid, NaOH, Flockungsmittel, Dispergiermittel 86 €/t * 10 t/d * 350 d	301.000 €/a
- Energieverbrauch  140kW installierte Leistung * 30% Stromaufnahme /(0,4 t Pigment /h) 105 kWh/t * 10 t/d * 350 d * 0,077 €/kWh	28.298 €/a
- Kosten für Wartung und Instandhaltung  2 % der Investitionskosten	20.206 €/a
<b>Rentabilität</b>	<b>64,44 %</b>
- Gewinnveränderung * 100 / Kapitaleinsatz (841.200-349.504) * 100 / 763.018	
<b>Amortisationsdauer</b>	<b>1,34 Jahre</b>
- Kapitaleinsatz / (Gewinnveränderung + Afa p.a) 763.018 / (841.200 - 349.504 + 76.312)	

Diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt, dass bei vollem Betrieb 509.214 €/a durch die Streichfarbenrückführung erwirtschaftet werden können. Die Rentabilität liegt bei ca. 66,73% und die Amortisationsdauer bei ca. 1,34 Jahren. Die Verkürzung der Amortisationsdauer auf 1,34 Jahre gegenüber der im Förderantrag angegebenen Zeit von 3,5 Jahren ist auf gestiegene Kosten für Pigmente und Entsorgungskosten zurückzuführen.

#### 4.4 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren der Streichfarbenrückgewinnung

In den Streichereibetrieben gehen in der Streichfarbenaufbereitung, an den Streichmaschinen und auch bei der Lagerung große Mengen an Streichfarben und Streichfarbenkomponenten durch Sortenwechsel, Reinigung und Betriebsstörungen verloren. Diese Verluste, die "Streichfarben- Rejekte" genannt werden, liegen zwischen 4 und 11 %, meist bei 7 bis 8 % Feststoff bezogen auf die Tonnage an hergestellter Streichfarbe. Dazu kommen weitere Mengen an „Cleaner- Rejekten“.

Es gibt verschiedene Ansätze, das Problem zu lösen, angefangen von der Ausfällung und Abtrennung mit Hilfe von Flockungsmitteln, wobei das abgetrennte Pigment-Chemikalien-Gemisch als Füllstoff bei der Papierherstellung verwendet werden soll, bis hin zur Ultrafiltration, wobei das Retenat wieder in frische Streichfarben eingearbeitet werden soll.

Im Vergleich zu Verfahren der Membranfiltration bzw. Ultrafiltration (UF) sowie der Verfahren ohne Mahlvorgang (Stora Enso Hagen Kabel) ergeben sich folgende Vorteile:

- Rückgewinnung sämtlicher Streichereistoffe, z.B. Rohstoffe und Restpaste, im Gegensatz zur teilweisen Rückgewinnung bei UF-Anlagen.
- Störstoffe stellen keine Beeinträchtigung der Wiederverwendung dar, in der UF-Anlage verbleiben diese im Recyclat.
- Endkonzentration mit bis über 50 % Feststoffgehalt, daher vollständig wieder einsetzbar; bei UF-Anlagen max. 30 % Feststoffgehalt und daher nur in kleinen Mengen wieder einsetzbar.
- Hohe Lebensdauer, verschleißarmes Mahlmedium (UF-Membranen sind vergleichsweise teuer und haben eine kurze Lebensdauer). [1]
- Rückgewinnungsrate 100 %.
- Keine aufwendige Siebung zur Vorabscheidung von Störstoffen notwendig. (Bei Stora Enso verbleiben trotzdem Partikel unter 70 µm nach wie vor im Prozess und führen so zu Qualitätsbeeinträchtigungen beim Streichvorgang).
- Die in den gesammelten Spülwässern enthaltenen Störstoffe wie Papierabriebe, Agglomerate, Fasern, Schmutz, Sand, usw. werden in der Kugelmühle auf die Teilchenfeinheit von 60 % unter 2 µm zerkleinert und stören somit nicht mehr die nachfolgende Wiederverwendung.
- Es erfolgt keine Sammlung der Spülwässer im Schlammbecken, dadurch kann der massive Einsatz von Bioziden, wie er bei Stora Enso [2] erforderlich ist, entfallen.
- Der für die 1. Aufkonzentrierung verwendete Sediflott arbeitet mit einem niedrigen Einsatz von Flockungshilfsmitteln.
- Das zurückgewonnene Klarwasser ist ein hochwertiger Frischwasserersatz und dient zum Auflösen von Papier im Pulper.
- Es sind keine Sonderchemikalien wie Wasserstoffperoxid zur Erhöhung der Weiße erforderlich (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> wird als Bleichmittel verwendet).
- Es ist keine Aufkonzentrierung mit Hilfe von Trocken- bzw. Pulverpigmenten auf 50 % Feststoffgehalt erforderlich. Dieser Vorgang führt beim Verfahren von Stora Enso nicht nur zur zusätzlichen Belastung der Verkehrswege, sondern auch zur Staubentwicklung und somit zu zusätzlichen Emissionen.
- Bedeutend geringere Prozessaufwendungen und somit geringerer Wartungsaufwand und Verschleiß mit entsprechenden weiteren Entlastungseffekten für die Umwelt.

#### **4.5 Modelcharakter der Technik - Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens**

Im Gegensatz zu allen bisher bekannten Verfahren, wurde in der hier vorgestellten Anlage erstmals eine Rückgewinnungsquote von 100% realisiert. Durch das vergleichsweise einfache Anlagenkonzept, kann diese Anlage ohne großen Aufwand auch bei anderen Papierherstellern eingesetzt werden, ungeachtet der Papierqualität. Neben der Entlastung der Umwelt dürfte für die meisten Papierhersteller die kurze Amortisationszeit von großer Bedeutung sein. In Abhängigkeit von der Größe des Produktionsbetriebes kann die erzielte Einsparung sogar noch größer sein, als die im vorliegenden Projekt.

#### **4.6 Ausblick**

Nach der Inbetriebnahme der Anlage zeigte sich, dass zwar die Feststofffrachten den Berechnungen entsprechen, aber die hydraulische Belastung teilweise deutlich über den Auslegungsdaten liegt. Eine detaillierte Betrachtung des Systems hat ergeben, dass viele unbelastete, nicht streichfarbenhaltige Abwässer in das Sammelsystem gelangen und zu einer unnötig hohen hydraulischen Belastung führen. In erster Linie sind dies Sperrwässer von Pumpen, die zwar allein gesehen keine großen Quellen darstellen, aber in Summe ein erhebliches Volumen darstellen. Eigentlich sind Sperrwässer unbelastet und nur bei Defekten der Dichtungen können Streichfarbenreste austreten. Durch ein Folgeprojekt sollen die Sperrwässer getrennt erfasst und in den Prozess zurückgeführt werden.

## 5 Zusammenfassung

Der Sappi Konzern verpflichtet sich in seinen Unternehmensgrundsätzen zu einer „Umweltpolitik der ökologischen und sozialen Verantwortlichkeit“ und somit auch zu einem schonungsvollen Umgang mit der Umwelt. Basis ist eine entsprechende Organisation in den Betrieben.

Heute besitzt Sappi ein integriertes Managementsystem, welches auf den Normen DIN ISO 9001, DIN ISO 14001 und OHSAS 18001 aufbaut. Das Werk ist nach EMAS entsprechend der EG- Öko- Audit- Verordnung zertifiziert.

Auf Grund der im Jahr 2006 durchgeführten Umbauarbeiten an Papier- und Streichmaschine PM6/SM6 haben sich Änderungen im Produktionsprozess ergeben, es erfolgte eine Umstellung der Produktion von einfach- auf mehrfach Strich und führte so zu einem Anstieg des Rohstoffbedarfs und der Abwasserbelastung.

Bei der Produktion von gestrichenen Papieren kommt es zwangsläufig zu Streichfarbenverlusten bzw. fällt streichfarbenhaltiges Abwasser an. Generell gibt es in Ehingen zwei Quellen für Streichfarbenverluste:

- die gesamte Streichfarbenaufbereitung (Streichküche),
- die Streichmaschine SM 6.

Es erfolgt keine getrennte mengen- oder anteilmäßige Erfassung an diesen Stellen. Alle streichfarbenhaltigen Abwässer werden in einer separaten Abwassergrube (SM 6 – Abwassergrube) gesammelt und sind somit von den anderen Abwässern der Produktion klar getrennt.

Gründe für das Entstehen von Abwasser im Bereich der Streichmaschine und -küche sind vor allem:

- Reinigungsarbeiten bei Produkt/Streichfarbenwechsel (Kadys, Bütten, Pumpen, Rohrleitungen),
- Abrisse der Papierbahn, die mit einem Spülen der Aggregate verbunden sind,
- Sperrwässer (sollen zukünftig separat erfasst werden),
- Überläufe von Behältern und Bütten,
- allgemeine Reinigungsarbeiten in der Anlage (Gebäude),
- Lecks in den Rohrleitungen,
- schadhafte Dichtungen.

Zur Vermeidung negativer Auswirkungen auf die Umwelt sollen durch eine neuartige Streichfarbenrückgewinnung die Streichfarbenverluste weitestgehend reduziert werden. Als Vorgabe für das neu zu errichtende Streichfarbenrückgewinnungssystem wurden folgende Zielvorgaben festgelegt:

- Sammlung aller Streichfarbenreste,
- Versetzung mit Flockungsmittel zur sedimentativen Trennung,
- Aufkonzentrierung auf einen einheitlichen Feststoffgehalt,
- Vermahlung ohne Zuhilfenahme von Chemikalien,
- Erreichen einer für den Folgeprozess erforderlichen Teilchengröße,
- Wiederverwertung als hochwertige Streichfarbe.

Im Vergleich zu bisher eingesetzten Verfahren der Streichfarbenrückgewinnung, bietet das bei Sappi Ehingen umgesetzte Konzept eine Reihe wichtiger Vorteile und Innovationen. So werden

die in den gesammelten Spülwässern enthaltenen Störstoffe wie Papierabrieb, Agglomerate, Fasern, Schmutz, Sand, usw. in einer Kugelmühle auf die Teilchenfeinheit von 60 % unter 2 µm zerkleinert und stören somit nicht mehr die nachfolgende Wiederverwendung. Erst durch die Mahlung, als bisher in keinem Konzept integrierter Bearbeitungsschritt, kann die 100%ige Rückführung der Pigmente sichergestellt werden. Die Mahlung ohne weitere Zusatzstoffe stellt ein wesentliches Merkmal des Systems dar. Die Anwesenheit von Flockungshilfsmittel reduziert darüber hinaus die Abrasion der Streichfarbe im Vergleich zu frischer Farbe. Die für die 2. Entwässerungsstufe verwendete Zentrifuge, sichert einen Feststoffgehalt von über 50 %. Die zurückgewonnene Streichfarbe kann daher vollständig im weiteren Prozess eingesetzt werden. Durch die eingebauten Feststoffregelungen wird die notwendige Prozessstabilität erreicht und so wird ein korrektes Funktionieren von Sedimentation, Mahlung und Dekanter gewährleistet. Das beim Aufkonzentrieren der Pigmente abgeschiedene Klarwasser wird in den Prozess zurückgeführt und zum Auflösen von Ausschuss im Pulper eingesetzt, dadurch reduziert sich der Frischwasserbedarf der Papierproduktion um ca. 130.000 m³/a.

Im Vergleich zu anderen bisher gebräuchlichen Verfahren, wie der Membranfiltration, ergeben sich verschiedene Vorteile. Durch die Rückgewinnung sämtlicher Streichereistoffe kann eine 100%ige Recyclingrate sichergestellt werden, da auch Störstoffe keine Beeinträchtigung bei der Wiederverwendung darstellen. Im Gegensatz zu UF-Anlagen fällt kein Recyclat an. Es wird eine Endkonzentration von über 50 % Feststoffgehalt erreicht und somit ist die zurückgewonnene Streichfarbe vollständig wieder einsetzbar. In UF-Anlagen werden max. 30 % Feststoffgehalt erreicht und daher kann die zurückgewonnene Streichfarbe nur in kleinen Mengen wieder eingesetzt werden. Im Gegensatz zu den teuren UF- Membranen mit relativ kurzer Lebensdauer gibt es bei der ESAP nur Mahlscheiben und Mahlkugeln, die einem erhöhten Verschleiß unterliegen. Über den Verschleiß und Instandhaltung kann derzeit noch keine Aussage getroffen werden, da bis jetzt noch kein Verschleiß feststellbar ist und somit auch keine Maßnahmen erforderlich sind.

Gegenüber dem bei Stora Enso eingesetzten Verfahren ohne Mahlvorgang bietet das ESAP-Verfahren folgende Vorteile:

- Keine aufwändige Siebung zur Abscheidung von Störstoffen und damit Verbesserung der Qualität.
- Sammlung der Spülwässer/Abwasser in geschlossenen Behältern und moderater Einsatz von Bioziden.
- Kein Einsatz von Bleichmitteln.
- Aufkonzentrierung der zurückgeführten Streichfarbe auf ein Trockengehalt, eine weitere Trockenpigmentzugabe ist nicht erforderlich. (Trockenpigmenteinsatz führt zu Staubentwicklung).
- Verringerung der Transportwege.
- Weniger Prozess- und Wartungsaufwand.

Ursprünglich wurden die in der Streichfarbenaufbereitung und an der Streichmaschine SM 6 anfallenden Abwässer gesammelt und getrennt vom übrigen Fabrikationsabwasser in den Restpastenbehälter gepumpt. Von hier wurde das Abwasser über zwei Absetzbehälter gefahren, im zweiten Absetzbehälter (Kronenberger) wurde Flockmittel zugegeben. Das anfallende Sediment wurde dann abgezogen und zur Papierschlamm entwässerung gefördert. Der pigmenthaltige Schlamm wurde hier mit den Faserrückständen aus der Papier- und Zellstoffproduktion und dem Überschussschlamm aus der Betriebskläranlage gemischt und auf ca. 35% Trockengehalt abgepresst und der Verwertung zugeführt.

Die Verwertung erfolgt entweder in der Kompostierung oder Verbrennung durch ein externes Unternehmen.

Bedingt durch den schlechten Abscheidegrad im Kronenberger- Behälter gelangte so eine nicht unerhebliche Menge an pigmenthaltigem Feststoff in die Kläranlage und war damit für den Produktionsprozess verloren. Diese unbefriedigende Situation war Auslöser für das Vorhaben.

Wesentliches Merkmal der neuen Anlage ist die Vermeidung des bisher erforderlichen Siebprozesses und die verlustfreie Rückgewinnung der Pigmente aus dem Streichfarbenabwasser. Um die Pigment- als auch weitere Rückstände ausreichend zu zerkleinern und die erforderliche Pigmentqualität eines HC 60 zu erreichen, muss der Mahlprozess entsprechend angepasst werden. Zudem ist sicherzustellen, dass eine Aufkonzentrierung auf über 50% TS erreicht wird. Nur bei Einhaltung der Randbedingungen kann das zurückgewonnene Pigment direkt und ohne Qualitätseinbußen oder aufwändige Weiterverarbeitung in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden und gleichzeitig kann das Klarwasser genutzt werden.

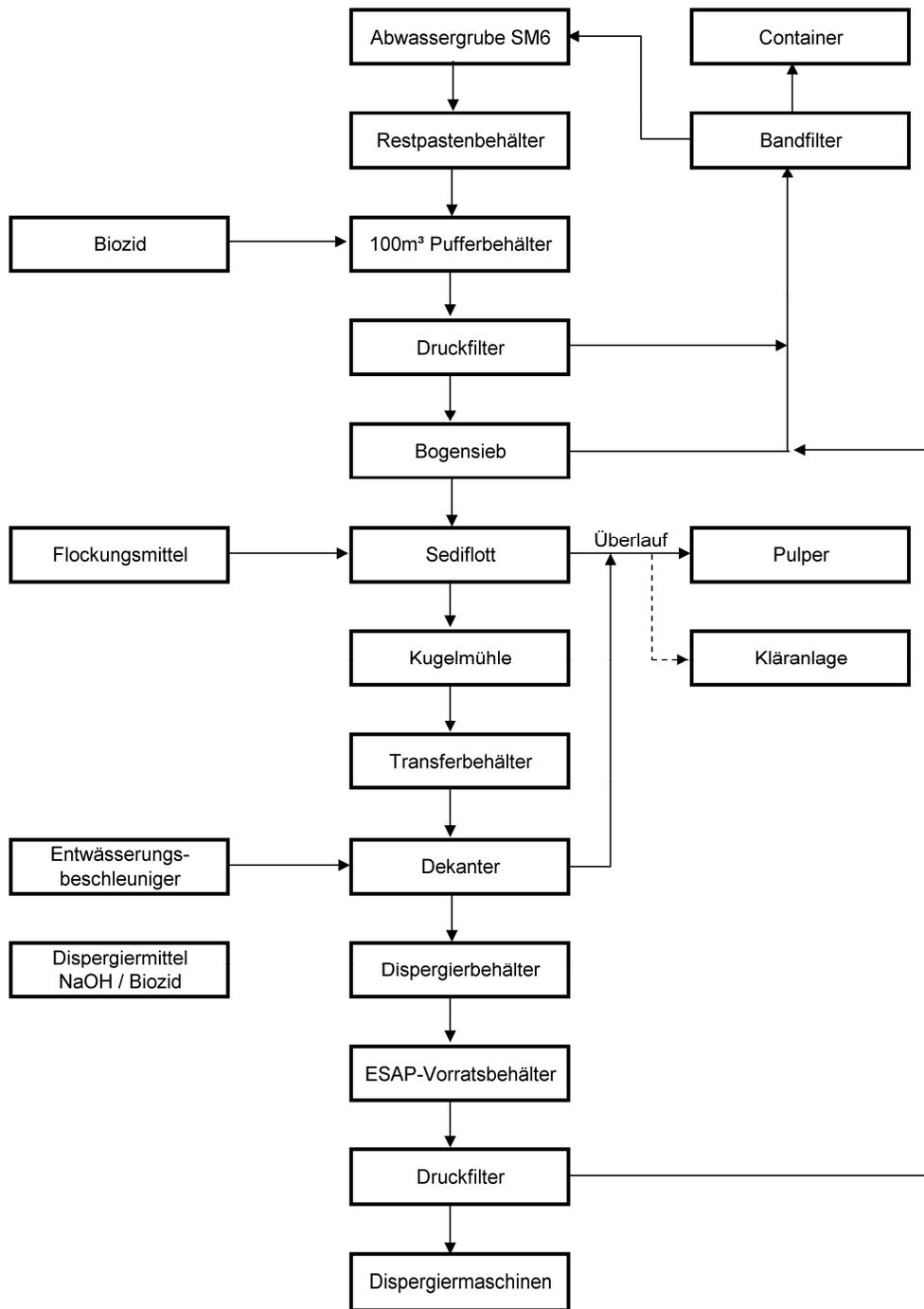
Die neue Anlagenkonzeption führt zu einer Entlastung der Umwelt durch folgende Ansatzpunkte, die eine Kerninnovation darstellen:

- Mahlung der eingedickten Streichfarbenabwässer und 100%ige Rückführung der Pigmente,
- Feststoffregelungen verbessern die Prozessstabilität deutlich, wodurch ein Feststoffgehalt von über 50% im Endprodukt gewährleistet ist.

Ausgehend von der beschriebenen Ausgangssituation wird das streichfarbenhaltige Abwasser nach dem Restpastenbehälter in die neue Streichfarbenrückgewinnungsanlage umgeleitet und in einen 100 m<sup>3</sup> Pufferbehälter mit Rührwerk gepumpt. Der Streichereiabwasseranfall beträgt ca. 16 m<sup>3</sup>/h mit einem durchschnittlichen Feststoffgehalt zwischen 0,3 – 5 %TS. Das ergibt, je nach Betrieb der Streichmaschine, eine Fracht von ca. 10 t TS /d.

Das Abwasser wird vor der Flockung über einen 300 µm Druckfilter und ein 100µm Schrägsieb gefahren, um grobe mechanische Bestandteile zu entfernen. In der nächsten Behandlungsstufe wird dem Wasser Flockungsmittel zugesetzt, um die Pigmente über eine Sedimentation abzutrennen.

Die Streichereiabwässer werden dann einer zweistufigen Flockungskaskade mit anschließender Sedimentation zugeführt. Der Sediflott- Behälter (Fabr. GAW) ist ein kombinierter **Sedimentations-** und **Flockungsbehälter**, er besteht aus einem Ansetzbehälter und einem Reifebehälter für die Flockung sowie aus einem Sedimentationsbehälter. Im Ansetzbehälter wird das kationische Flockungsmittel zugegeben, in den Reifebehälter wird das anionische Flockungsmittel dosiert. Durch die Zugabe der Flockungsmittel bilden sich Agglomerate, die die Sedimentation der Streichfarbenreste beschleunigen. Damit sich eine Flocke überhaupt ausbilden kann, ist eine Verweilzeit im Reifebehälter von 1 – 5 Minuten erforderlich. Im nachgeschalteten 15 m<sup>3</sup> Sedimentationsbehälter mit Lamellenabscheider sinken die Agglomerate durch die Schwerkraft ab und sammeln sich im konischen Teil des Behälters. Das Klarwasser wird im Überlauf des Sedimentationsbehälters abgeschieden und von dort in den Prozess zurückgeführt. Durch den Lamellenabscheider wird die Abscheidekapazität verbessert. Die Sedimentation ist so effektiv, dass das Klarwasser annähernd feststofffrei ist und sich etwa 100% der Streichfarbeanteile im Sediment befinden. Dieser Schritt führt zu einer deutlichen Entlastung der Betriebskläranlage.



**Abb.14: Blockschema Streichfarbenrückführung**

Durch ein Krählwerk wird das pigmenthaltige Sediment im Behälterkonus aufkonzentriert und zum Austrag transportiert.

In der nachfolgenden Kugelmühle mit einem Mahlvolumen von 200 l werden die Partikel auf die notwendige Korngröße von  $60\% < 2\mu\text{m}$  vermahlen. Die gemahlene Pigmente laufen von da aus drucklos in den Transferbehälter, der als Pufferbehälter dient. Vom Transferbehälter wird dann das Pigment in den Dekanter gepumpt. Um die Trennung von Pigment und Wasser zu verbessern, wird ein Entwässerungsbeschleuniger in den Zulauf des Dekanters dosiert. Der Feststoff wird im Dekanter auf 50 - 55% aufkonzentriert und anschließend mit einer Schnecke in

den Dispergierbehälter gefördert. Das im Dekanter anfallende Klarwasser wird zusammen mit dem Überlauf des Sedimentationsbehälters in den Prozess zurückgeführt. Das gewonnene Pigment wird im Dispergierbehälter mit Biozid, Natronlauge und Dispergiermittel optimiert und dann der Streichfarbenherstellung zugeführt. Von hier wird das recycelte Pigment nach Bedarf den Streichfarbenansätzen in den Dispergiermaschinen 1 – 3 zugesetzt.

Durch die Umsetzung des neuen Konzepts der Streichfarberrückgewinnung bei Sappi Ehingen werden insgesamt folgende umweltrelevanten Verbesserungen erreicht (Basis 300.000 jato Papier).

1.	Rohstoffeinsparung 10 t otro / d durch zurückgewonnene Pigmente	3.500 t/a	0,011 kg/t Papier
2.	Energieeinsparung in Höhe von 110 kWh/t für zurückgewonnene Pigmente. Im Vergleich zum Energiebedarf bei der Mahlung eines Frischpigments (150 kWh/t) [4]	385.000 kWh/a	1,28 kWh/t Papier
3.	Wassereinsparung durch die Rückführung von Klarwasser in den Produktionsprozess. Hydraulische Belastung der Anlage 16 m <sup>3</sup> /h oder 134.400 m <sup>3</sup> /a entsprechend 134.400 t/a, da die Dichte der Suspension (3,5% Feststoff) annähernd gleich Wasser, abzüglich 3500 t Feststoff	130.900 m <sup>3</sup> /a	0,43 m <sup>3</sup> /t Papier
4.	Minderung von CO <sub>2</sub> -Ausstoß durch einen geringeren Rohstofftransportbedarf von ca. 3.500 t Pigmenten pro Jahr (ca. 140 LKW-Ladungen á 140 km Hin- und Rückfahrt Ehingen-Burgberg. Dieselverbrauch: 34,5 l/100km, CO <sub>2</sub> -Ausstoss 2,65 kg/l [7]	17,919 t/a	0,059 kg/t Papier
	Minderung von CO <sub>2</sub> -Ausstoß durch die Einsparung elektrischer Energie 385.000 kWh/a * 541 g CO <sub>2</sub> /kWh[8]	208,935 t/a	0,69 kg/t Papier
	Minderung von CO <sub>2</sub> -Ausstoß durch einen geringeren Entsorgungsbedarf von ca. 3.500 t Papierschlamm pro Jahr (ca. 400 LKW-Ladungen á 280 km Hin- und Rückfahrt Ehingen-Heilbronn. Dieselverbrauch: 34,5 l/100km, CO <sub>2</sub> -Ausstoss 2,65 kg/l	102,395 t/a	0,341 kg/t Papier
	<b>Gesamtminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoss</b>	<b>329,249 t/a</b>	<b>1,097 kg/t Papier</b>
5.	Reduzierung der spezifischen Verluste Papierproduktion um ca. 60%		1,51% → 0,66 %

**Tab. 4 : Ergebnisse des Projektes**

Im Gegensatz zu bisher bekannten Verfahren, wurde hier erstmals eine Rückgewinnungsquote von 100% realisiert. Durch das vergleichsweise einfache Anlagenkonzept, kann diese Anlage ohne großen Aufwand auch bei anderen Papierherstellern eingesetzt werden, ungeachtet der Papierqualität. Neben den dargestellten Umweltentlastungen dürfte für die meisten Papierhersteller die kurze Amortisationszeit von zentraler Bedeutung sein. In Abhängigkeit von der Größe des Produktionsbetriebes kann die erzielte Einsparung sogar noch größer sein als die im vorliegenden Projekt.

## 6 Anhang

### 6.1 Literaturverzeichnis

- [1] Stora Enso Hagen Kabel GmbH & Co. KG  
Sept, Birgit  
Errichtung und Betrieb einer großtechnischen Anlage zur  
Streichfarbenrückführung  
Abschlußbericht Nr. 20010, 2003
- [2] Stuffer, Peter  
Ultrafiltration – Ein Weg zur Reduzierung der Umweltbelastung durch die  
Streicherei  
Wochenblatt für Papierfabrikation 13, 1996, S. 598 – 603
- [3] Angebot GAW O0015244  
Spezifikation ESAP Anlage
- [4] Gysau, Detlef  
Technologie des Beschichtens  
Füllstoffe  
Vincentz, 2005
- [5] Prof. Dr. Gröben, Klaus W.  
Mechanische Verfahrenstechnik  
Vorlesungsskript zur Vorlesung Mechanische Verfahrenstechnik, 1996, S. 102
- [6] Alfa Laval  
Betriebsanleitung Dekantierzentrifuge ALDEC G2-40, Stand 24.02.2008  
S. 14
- [7] Wikipedia  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Dieselmotoren>; Stand Juli 2009
- [8] Strommix Stand 2007  
Quelle: BDEW
- [9] Dr.-Ing. Stefan Karrer  
Vortrag „Oberfläche und Bedruckbarkeit“  
APV Treffen 2007

## 6.2 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Einheit	Bezeichnung
Abb.		Abbildung
Afa		Absetzung für Abnutzung (Anlagevermögen)
ARA		Abwasserreinigungsanlage
bd	kg	bone dry (= otro)
BMU		Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Dispergiermaschine		Dispergiermaschine System VST
CLC		closed loop coat
CSB	mg/l	Chemischer Sauerstoffbedarf
EMAS		Eco Management and Audit Scheme
ESAP		Ehinger-Streichfarbe-Abwasser-Pigment
HC 60		HydroCarb 60 (Pigment, dessen Partikel zu 60% kleiner als 2µm sind)
ISO		International Organisation for Standardisation
jato	t/a	Jahrestonnen
Mg/a	Mg/a	Megagramm pro Jahr
OHSAS		Occupational Health and Safety Assessment Series
Omya		Pigmentlieferant
otro	%TS	Ofen trocken (100% TS)
p.a.		per anno
PAC		Polyaluminiumchlorid
PM		Papiermaschine
Pulper		Papierauflöser
SE		Sappi Ehingen
SM		Streichmaschine
TS		Trockensubstanz
UBA		Umweltbundesamt
upm	1/min	Umdrehungen pro Minute

### 6.3 Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 1 : Lage des Werkes	7
Abb. 2 : Blockschema Streichfarbenfällung (Ausgangssituation)	11
Abb. 3 : Blockschema Streichfarbenrückführung	15
Abb. 4 : Konzept Streichfarbenrückführung	16
Abb. 5 : Schema des Sediflott- Behälters (Fabr. GAW)	18
Abb. 6 : Kugelmühle	19
Abb. 7 : Dekanter	19
Abb. 8 : Elektronenmikroskopische Aufnahme von HC60 und ESAP Pigment	23
Abb. 9 : ESAP Größenverteilung nach Mahlung bei verschiedenen Ultraschalluntersuchungen.	23
Abb. 10: Mikrotomschnitt doppelt gestrichenes Papier mit HC 60/HC 90 Pigmenten	25
Abb. 11: Mikrotomschnitt doppelt gestrichenes Papier mit HC 60/HC 90 und ESAP Pigmenten	25
Abb. 12: Ursprünglicher Verfahrensablauf	27
Abb. 13: Verfahrensablauf mit ESAP	28
Abb. 14: Blockschema Streichfarbenrückführung	36
Abb. 15: Überblick ESAP- Anlage	42
Abb. 16: Pufferbehälter mit Abzugspumpe	43
Abb. 17: Redundanter 300 µm Druckfilter mit Rückspülfunktion	43
Abb. 18: Schrägsieb mit 100 µm Maschenweite	44
Abb. 19: Flockungskaskade	44
Abb. 20: Sediflott Sedimentationsbehälter mit Lamellenabscheider und Krählerwerk	45
Abb. 21: Klarwasserüberlauf am Sediflott	45
Abb. 22: Abzugskonus am Sediflott mit eingebautem Krählerwerk	46
Abb. 23: Kugelmühle	46
Abb. 24: Dekanter	47
Abb. 25: Dispergierbehälter	47
Abb. 26: ESAP- Vorlagebehälter	48
Abb. 27: Nachsiebung (150 µm Filter)	48

## 6.4 Tabellenverzeichnis

	<b>Seite</b>
Tab. 1 : Gegenüberstellung von ESAP und HC60 Pigmenten	24
Tab. 2 : Ergebnisse des Projektes	26
Tab. 3 : Messergebnisse des Klarwassers	27
Tab. 4 : Ergebnisse des Projektes	37

## 6.5 Bilder



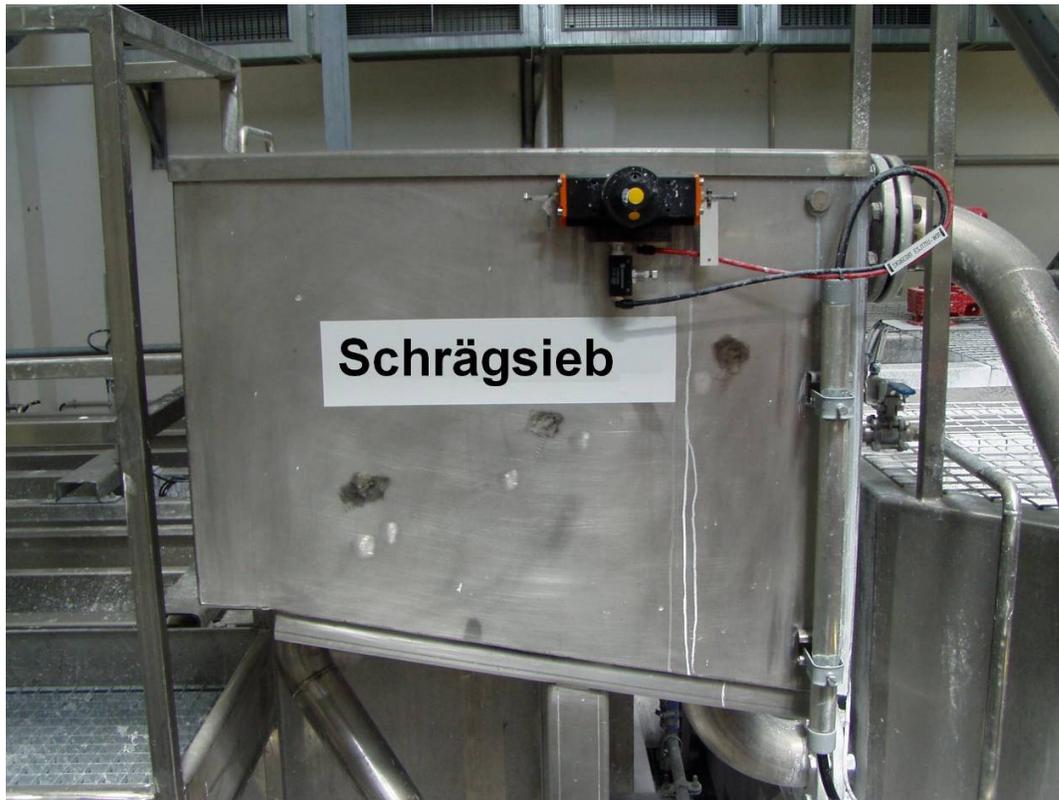
Abb. 15: Überblick ESAP-Anlage



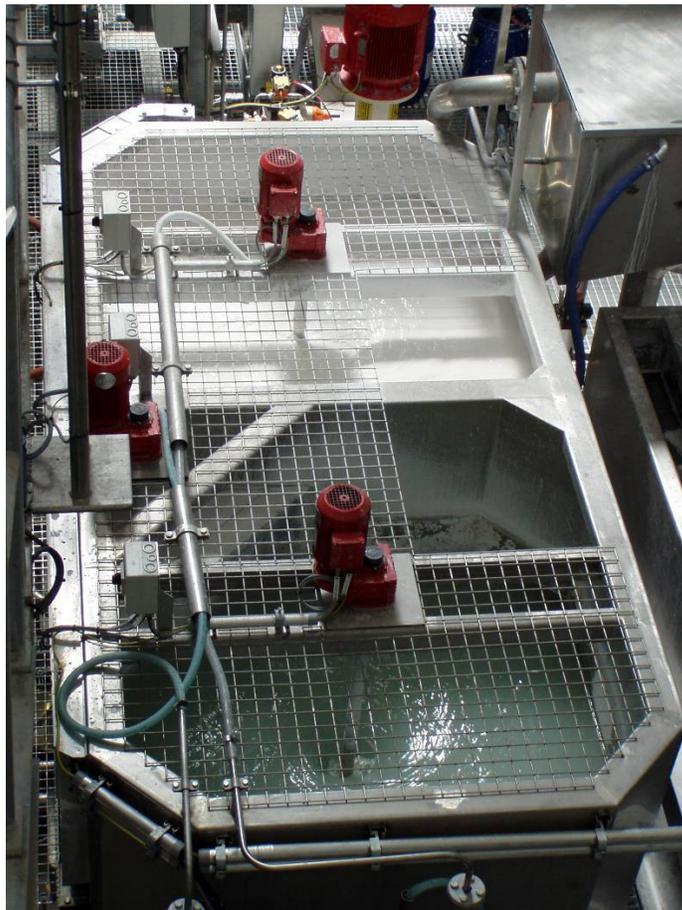
**Abb. 16: Pufferbehälter mit Abzugspumpe**



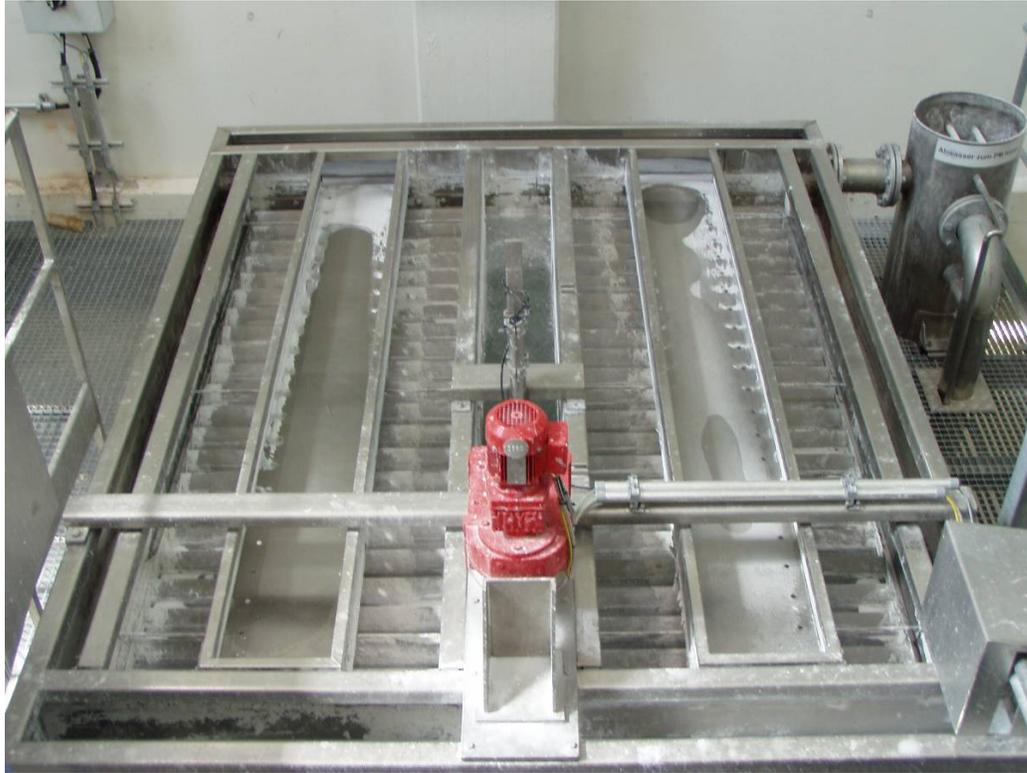
**Abb. 17: Redundanter 300µm Druckfilter mit Rückspülfunktion**



**Abb. 18: Schrägsieb mit 100 $\mu$ m Maschenweite**



**Abb. 19: Flockungskaskade**



**Abb. 20: Sediflott Sedimentationsbehälter mit Lamellenabscheider und Krählwerk**



**Abb. 21: Klarwasserüberlauf am Sediflott**



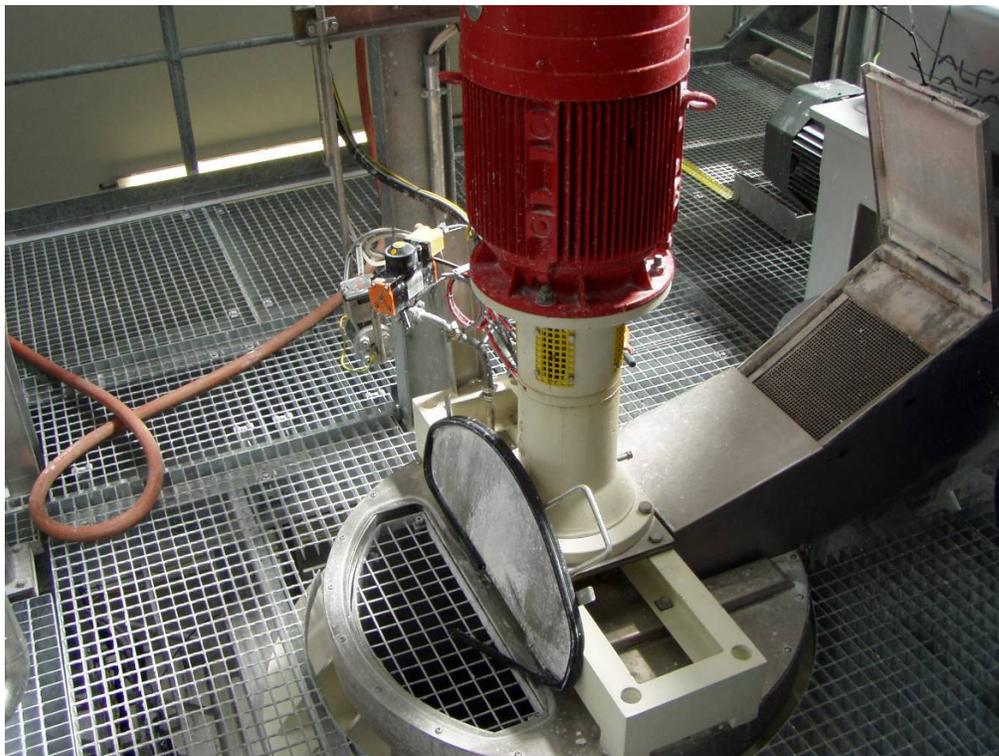
**Abb. 22: Abzugskonus am Sediflott mit eingebautem Krähwerk**



**Abb. 23: Kugelmühle**



**Abb. 24: Dekanter**



**Abb. 25: Dispergierbehälter**



**Abb. 26: ESAP-Vorlagebehälter**



**Abb. 27: Nachsiegung (150µm Filter)**

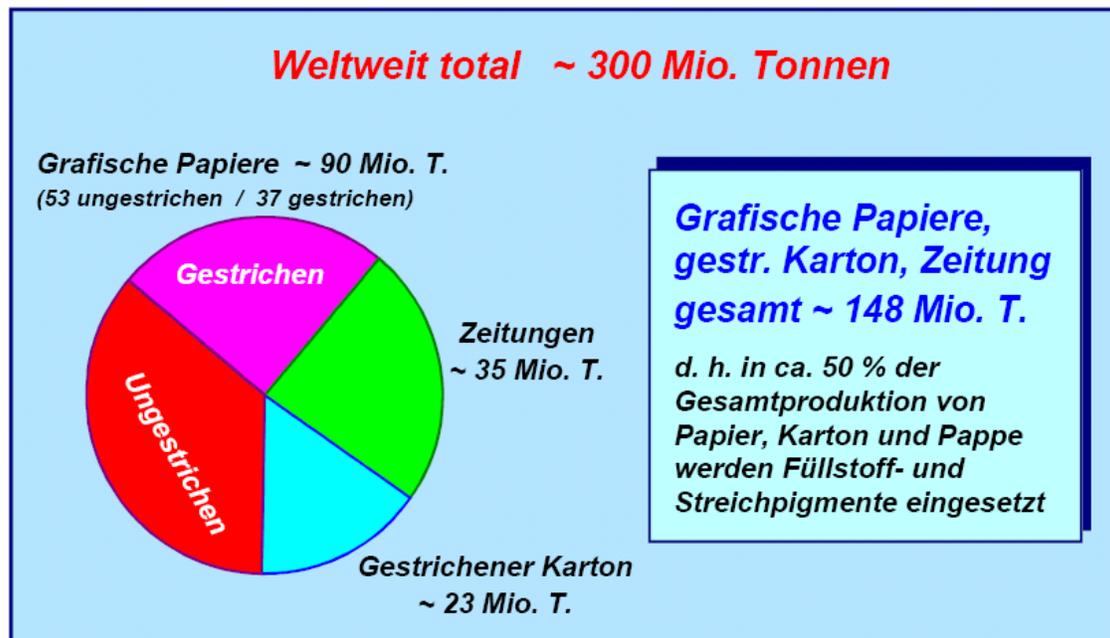
## 6.6 Streichpigment HC60

Auszug aus Vortrag „Oberfläche und Bedruckbarkeit“ [9]

### 1. Das Streichpigment HC 60 und weitere Verwandte

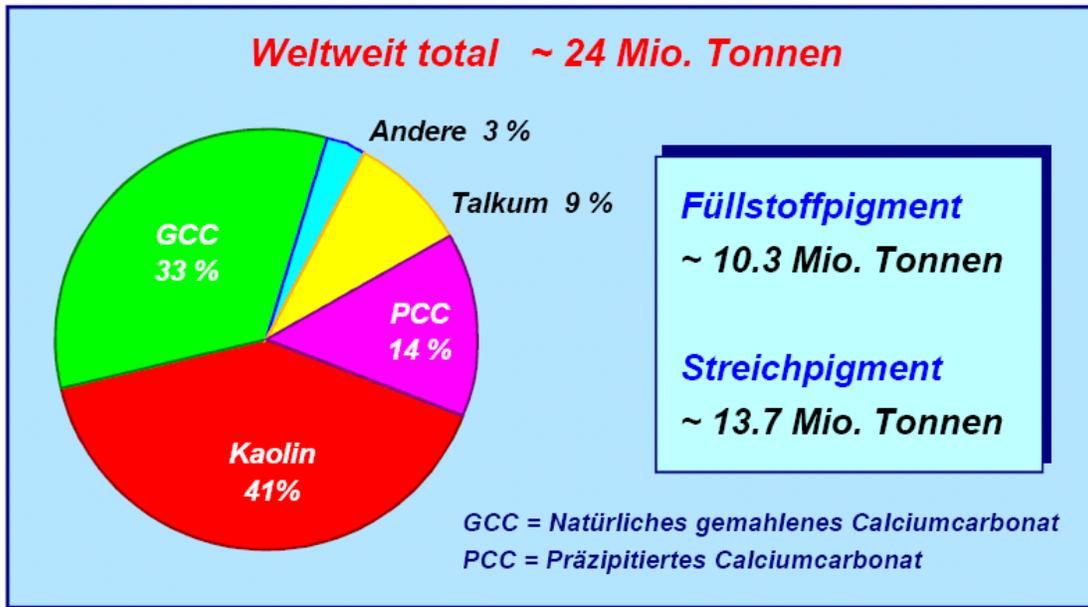
### 2. Einleitung

Streichpigmente für die Oberflächenveredelung von Papier und Karton haben sich in den letzten 25 Jahren neben den Faserstoffen und Füllstoffen als einer der wichtigsten Rohstoffe etabliert. Die permanente Entwicklungstätigkeit verschiedener Industriezweige führt zu einer deutlichen Steigerung der Pigmentanteile bei gestrichenen Sorten womit der Faseranteil reduziert werden kann.



**Abb. 1 Produktion von Papier, Karton und Pappe**

Weltweit werden heute ca. 300 Mio. T/Jahr Papier und Karton produziert. Nach Studien und Voraussagen wird sich diese Entwicklung bis zum Jahre 2010 auf über 420 Mio. T/Jahr fortsetzen. Demgegenüber stehen die Füllstoffe und Streichpigmente, die heute einen Anteil von ca. 24 Mio. Tonnen ausmachen. Für das kommende Jahrzehnt wird eine überdurchschnittliche Steigerung erwartet.



**Abb. 2 Füllstoff- und Streichpigmentverbrauch**

Besonders die Streichpigmente werden noch mehr in den Vordergrund rücken. Dies zeigt sich in den Entwicklungen der letzten 20 Jahre auf dem Pigmentmarkt in Europa besonders deutlich.

### **3. Streichpigmente - Herkunft und Eigenschaften**

Für die Papier- und Kartonindustrie steht eine beträchtliche Anzahl von Pigmenten zur Oberflächenbehandlung zur Verfügung. Dabei ist der weitaus überwiegende Anteil dabei natürlichen Ursprungs, durch anorganische Vorgänge gebildet und als Minerale physikalisch und chemisch homogen. Für spezielle Fälle können aber auch organische Produkte als „Streichpigmente“ zum Einsatz kommen, z.B. Kunststoffpigmente.

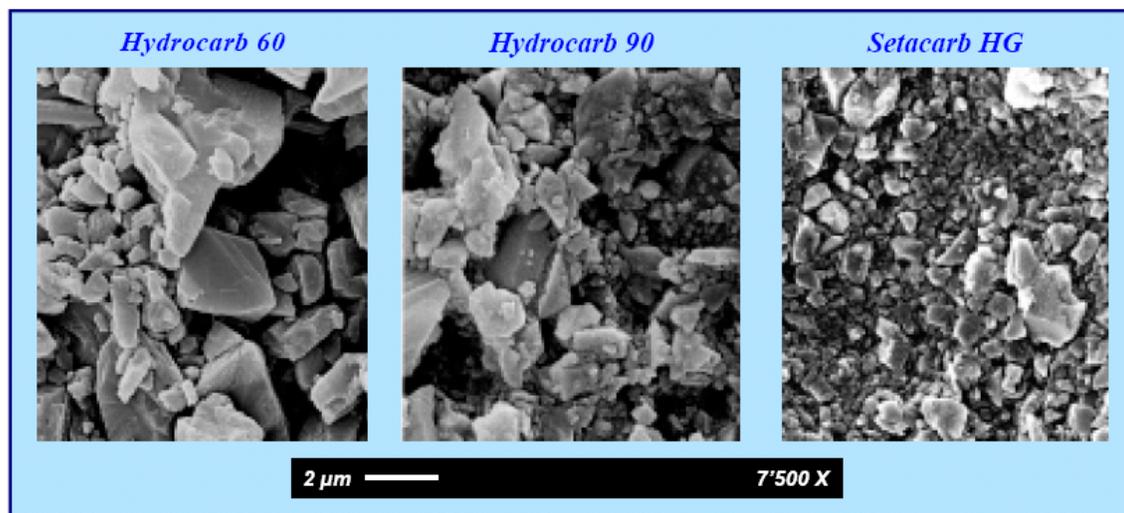
Je nach Anforderungen und Wirtschaftlichkeit kommen Pigmente wie natürliches  $\text{CaCO}_3$  (GCC), Kaolin, Talkum, Titandioxid und Aluminiumhydroxid zum Einsatz, Satinweiß noch in einigen Spezialfällen.

Die nachfolgende Tabelle zeigt einige physikalische Eigenschaften der meist verwendeten Streichpigmente.

	<b>CaCO<sub>3</sub></b>	<b>Kaolin</b>	<b>Talkum</b>
<b>Mineralogischer Aufbau</b>	Kreide, Kalkstein, Marmor	Aluminiumsilikat	Magnesiumsilikat
<b>Chemische Formel</b>	CaCO <sub>3</sub>	Al <sub>4</sub> (OH) <sub>8</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> )	3MgO•4SiO <sub>2</sub> H•O <sub>2</sub>
<b>Partikelform</b>	rhomboedrisch scalenoedrisch (PCC)	plättchenförmig	monoklin, plättchenförmig
<b>Härte (Mohs)</b>	Kreide 1, Marmor 3	2 - 3	ca. 1
<b>Spez. Gewicht</b>	2,7 g/cm <sup>3</sup>	2,6 g/cm <sup>3</sup>	2,7 g/cm <sup>3</sup>
<b>Oberflächenenergie</b>	75 - 80 J/cm <sup>2</sup>	500 - 600 J/cm <sup>2</sup>	60 - 70 J/cm <sup>2</sup>
<b>Glühverlust</b>	44 % (900°C)	13 % (800°C)	7 - 7,5 % (1000°C)
<b>Weisse</b>	84 - 96 %	84 - 90 %	85 - 87 %

**Abb. 3 Physikalische Eigenschaften von Streichpigmenten**

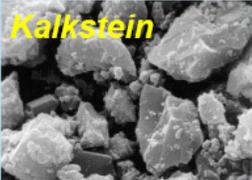
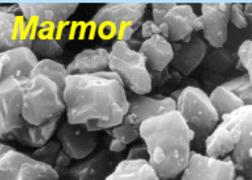
Besonders die Eigenschaften Weiße, Brechungsindex und die Teilchenfeinheit favorisieren heute den Einsatz von natürlichem Calciumcarbonat (GCC) und verschiedenen Kaolinen. Daneben wird Talkum als hydrophobes, exzellentes Pigment für Tiefdruckpapiere eingesetzt. Experimentiert wird auch mit dem Einsatz von präzipitiertem Calciumcarbonat (PCC), wobei hier besonders der Feststoffgehalt der Slurries und die Wirtschaftlichkeit noch große Fragen aufwerfen. Außer Weiße und Brechungsindex spielen die Teilchenform und die Teilchenfeinheit für das Streichen von Papier und Karton eine große Rolle. Die Entwicklung der Geschwindigkeit von Papier- und Streichmaschinen erfordert immer bessere Laufeigenschaften von den Streichfarben. Um diese Anforderungen etwas verständlicher zu machen, sind nachfolgend die wichtigsten Pigmente als REM- Aufnahmen aufgeführt.



**Abb. 4 Natürliches Calciumcarbonat GCC (Standardprodukte)**

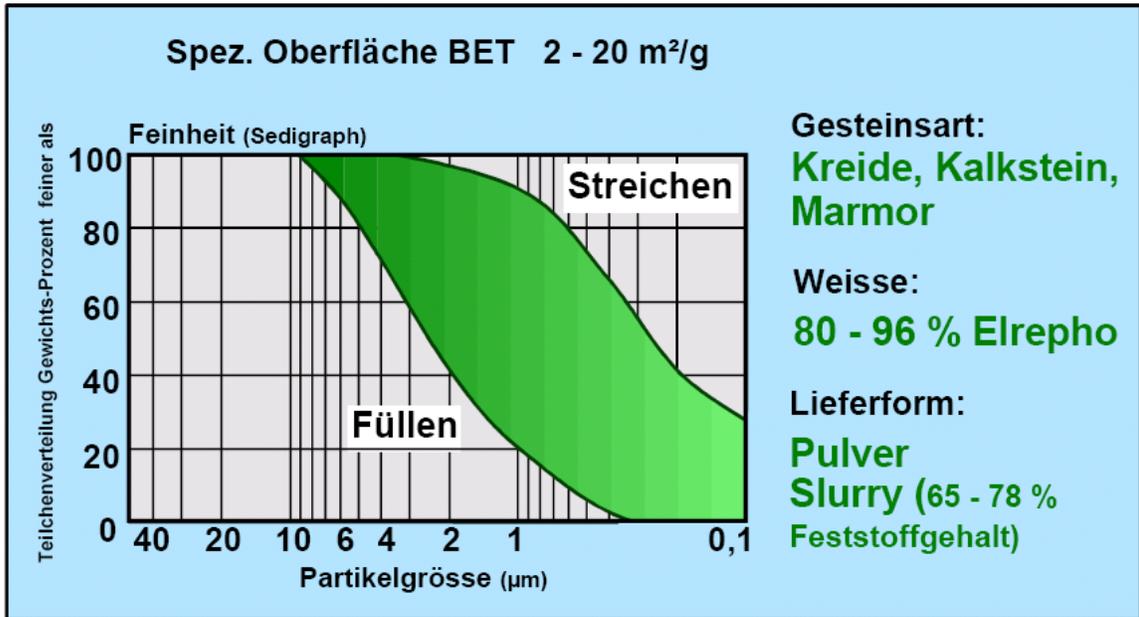
### 3.1. Streichpigment - Natürliches Calciumcarbonat (GCC)

Beim Streichen von Papier und Karton hat natürliches Calciumcarbonat seit den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts eine überdurchschnittliche Entwicklung durchgemacht. In vielen Bereichen der grafischen Papiersorten und Faltschachtelkartons hat GCC inzwischen eine führende Rolle übernommen.

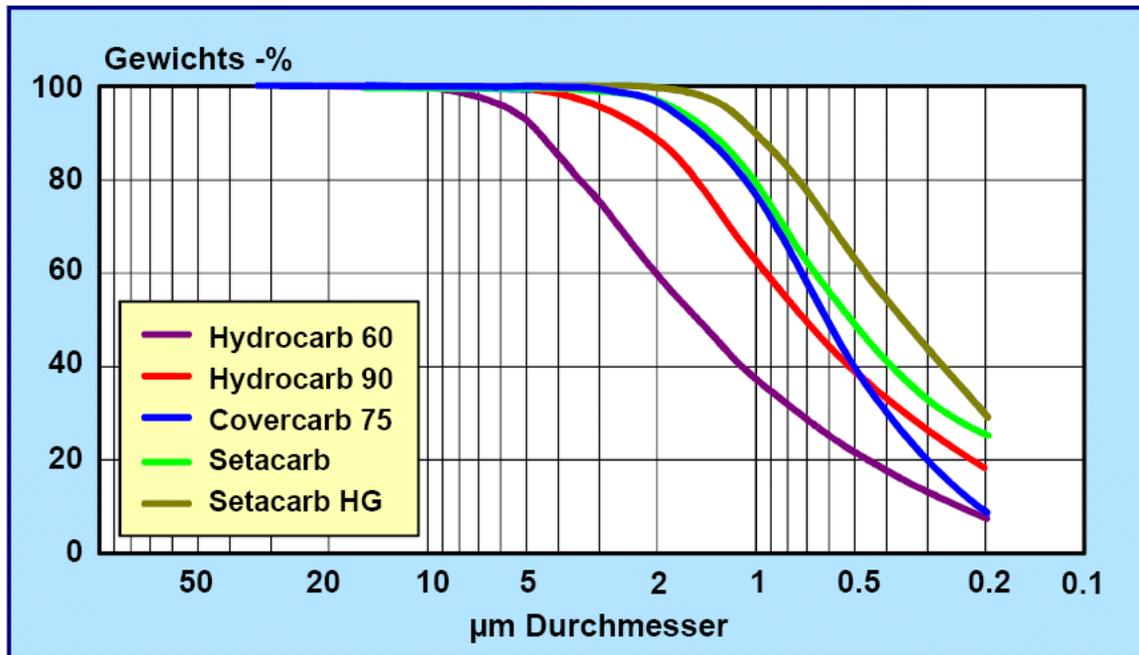
 <p><b>Kreide</b></p>	<p>Schwach verfestigtes Sedimentgestein, biogener Ursprung (Schalen und Skelette von Nannofossilien, z.B. Coccolithen und Foraminiferen)</p> <p><b>Alter ca. 80 - 110 Mio. Jahre</b> <span style="float: right;"><b>kristallin</b></span></p>
 <p><b>Kalkstein</b></p>	<p>Stärker verfestigtes Sedimentgestein, biogener Ursprung (Schnecken und Muscheln) Die Kristallgrösse liegt zwischen derjenigen von Kreide und Marmor</p> <p><b>Alter ca. 110 - 150 Mio. Jahre</b> <span style="float: right;"><b>kristallin</b></span></p>
 <p><b>Marmor</b></p>	<p>Metamorphes Carbonatgestein, entstanden durch chemische Umkristallierung von Kreide und Kalkstein</p> <p><b>Alter ca. 300 - 500 Mio. Jahre</b> <span style="float: right;"><b>kristallin</b></span></p>

**Abb. 5 Natürliches Calciumcarbonat GCC**

Unter dem Überbegriff Calcit kommt das GCC als Kreide, Kalkstein und Marmor vor. Kreide ist ein schwach verfestigtes Sedimentgestein mit begrenzter Weiße, Kalkstein ist stärker verfestigt und weißer als Kreide und Marmor ist ein metamorphes Carbonatgestein, entstanden durch chemische Umkristallisierung von Kreide oder Kalkstein unter hohem Druck und hoher Temperatur. Mit Marmor kann die höchste Weiße unter den Carbonaten erzielt werden. Nach speziellen eigenen Verfahren wird das GCC aufbereitet. Trockenvermahlung und besonders Nassvermahlung werden für bestimmte Zwecke eingesetzt. Für die Papier- und Kartonindustrie hat sich die Nassvermahlung durchgesetzt, weil damit höchste Feinheiten mit gezielten Kornverteilungskurven erzielt werden können. Mit Feststoffgehalten von bis nahezu 80 % werden Slurries direkt an die Hersteller von Papier und Karton geliefert. Zahlreiche Vorkommen erlauben eine wirtschaftliche Belieferung mit begrenzten Entfernungen vom CaCO<sub>3</sub>-Werk zu den Papier- oder Kartonfabriken mittels Eisenbahn, Strassentankzügen oder auch mit Schiffen. Die abgestuften Feinheitsgrade der CaCO<sub>3</sub>-Slurries werden beim Streichen gezielt eingesetzt. Für Vorstriche und Mattpapiere werden gröbere Produkte mit Kornfeinheiten um 60 - 75 % <2 µm bevorzugt eingesetzt, feinere und feinste Sorten mit 90 - 98 % <2 µm kommen bei Einfachstrichen und Deckstrichen zum Einsatz.



**Abb. 6 GCC für die Papierindustrie**



**Abb. 7 Korngrößenverteilung GCC-Produkte für die Papierindustrie**