

INVESTITIONEN ZUR VERMINDERUNG VON UMWELTBELASTUNGEN  
PROGRAMM DES BUNDESMINISTERS FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ  
UND REAKTORSICHERHEIT

**Umweltbereich**

**Auswahl von**

- *Wasser*
- *Abfall*

Abschlussbericht K II e 1 / 001393

Vorhaben Nr.

*(wird bei Vorlage des Entwurfes des Abschlußberichtes von PMI vergeben, Fachbegleiter bitte bei PMI abfordern)*

**TITEL: ABFALLELIMINIERUNG IM FLEXOFARBDRUCK**

Autoren: Dipl.-Ing. Michael Illemann, Dr. Peter Wolf

Klinge Paperwerke GmbH & Co. KG Delmenhorst

IM AUFTRAG DES UMWELTBUNDESAMTES  
*(und der KfW)*

Datum der Erstellung: 09.09.2011

## **Berichts-Kennblatt bitte ausfüllen!**

Aktenzeichen: UBA

Vorhaben-Nr.:

Titel des Berichts: Abfalleliminierung im Flexofarbdruck

Autoren

Dipl.-Ing. Illemaun, Michael  
Dr. Wolf, Peter

Vorhabensbeginn:  
2005

Vorhabensende (Abschlussda-  
tum): 2010

Durchführende Institution ( Name, Anschrift )

Klinge Paperwerke GmbH & Co. KG  
Am Annenheider Bahnhof  
27755 Delmenhorst

Veröffentlichungsdatum:  
09.09.2011

Seitenzahl:

41

Fördernde Institution ( Name, Anschrift )

KfW Bankengruppe, Niederlassung Bonn, 53170 Bonn

### Kurzfassung

Bei dem nachstehend beschriebenen Verfahren handelt es sich um ein neuartiges Aufbreitungsverfahren für Farbwashwasser aus dem Flexo-Farbdruck. Das Farbwashwasser besteht im Wesentlichen aus Farb- und Lackresten und dem Reinigungswasser. Auf Grund der großen Mengen anfallenden Wassers entstehen durch die Entsorgung erhebliche Kosten. Des Weiteren ist die Aufarbeitung in einer physikalisch-chemisch arbeitenden Aufbereitungsanlage mit einem erheblichen Einsatz von Chemikalien verbunden. Der dabei entstehende Schlamm muss dann einer Verbrennung zugeführt werden.

Das Wasser wird im vorgestellten Verfahren aus dem Farbwashwasser mittels Verdunstung abgetrennt, so dass am Ende des Prozesses Brauchwasser und ein Feststoff entsteht. Die eingesetzte Energie wird während des Prozesses mehrfach genutzt. Es entstehen nur sehr geringe Mengen Feststoff und das erhaltene Brauchwasser kann dem Prozess wieder zugeführt werden.

### Schlagwörter

Flexodruck, flüssiger Abfall, Abfalleliminierung, Verdunstung, Aufbereitungsverfahren, Brauchwasserrückgewinnung

Anzahl der gelieferten Berichte ( Papierform): Sonstige Medien: CD

4 gebundene Exemplare

1 ungebundenes Exemplar

# INHALTSVERZEICHNIS

Auswahl von	1
<u>Titel</u>	1
<u>Autor</u>	1
INHALTSVERZEICHNIS	3
1. KURZFASSUNG / SUMMARY	5
2. Einleitung	7
2.1 Kurzbeschreibung des Betriebes	7
2.2 Ausgangssituation	8
2.3 Ziel und Aufgabenstellung	9
2.4 Das Farbwaschwasser-Aufbereitungsverfahren der Firma Jaske & Wolf Verfahrenstechnik im Vergleich mit den Zielen der Klingele Papierwerke	10
3. Konventionelles Verfahren/ Anlage/ Produkt	11
3.1 Verfahrensablauf/ Anlagentechnik	11
3.2 Einsatzstoffe	12
3.3 Umweltauswirkungen	13
4. Innovatives Anlage - Konzept	15
4.1 Verfahrensbeschreibung	17
4.1.1 Der Stoffstrom	18
4.1.2 Der Energiekreislauf	20

5.	Durchgeführte Untersuchungen und erzielte Ergebnisse	22
5.1	Historie der Verfahrensentwicklung der Farbwaschwasseraufbereitungsanlage	26
5.2	Detaillierte Beschreibung verfahrenstechnischen Entwicklungspotentials	28
5.3	Ergebnisse der Voruntersuchung	29
6.	Auswertung und Evaluierung des Vorhabens	31
6.1	Umweltentlastungen durch den innovativen Prozess	31
6.2	Wirtschaftliche Betrachtung	35
7.	Empfehlungen	38
7.1	Erfahrungen aus der Praxiseinführung	38
7.2	Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/ Anlage/ Produkt	38

## 1. KURZFASSUNG / SUMMARY

The Klingele paper mills are producing corrugated Boards for packaging from used paper in the plant Delmenhorst. Environmentally relevant is the washing water from cleaning the printing unit. This liquid waste contains rests of paint and varnish. The printing colors imply AOX, copper and mineral oil hydrocarbon products. These components make the water hazardous and it has to be treated. Conventional biological treatment of wastewater cannot be used for this toxic waste water.

The Klingele paper mills want to recover the water from this water stream and reuse it in the production process, in order to avoid the disposal as liquid waste.

Before the Project  $15 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$  washing water were produced. By using the new recycling process  $4.000 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$  waste water can be avoided or recovered.

The use of this new recycling process has some advantages over other common technical treatment techniques. Besides using very little amounts of defoaming additives no chemicals are added. Further more the energy output can be used. No fluid waste is produced and the received solid has a relevant heating value which can be recovered in a waste incineration plant.

The new recycling process works with falling film evaporators. By heating the wall of the evaporator the water from the flexo-print wash water will be evaporated. The flexo-print wash water will be separated in clear water and slurry. The slurry is dried afterwards in a disk drier. The water is reused for making glue. The dried slurry has to be combusted.

The plant is constructed in a way to reuse the primary heat. The low pressure steam produced in the first evaporator heats the wall of the second one. In that step the steam condenses and we get the first portion treated water. The condensation heat is simultaneously transferred to the water in the second evaporator and produces steam. This steam is transferred to a condensation heat exchanger to produce the second portion cleaned water. The energy imparted to a cooling circle is used to heat the air for the disk drier. Excessive heat has to be cooled down at the end of the process.

## Kurzfassung

- Im Klingele Wellpappenwerk Delmenhorst wird aus Papier Wellpappe hergestellt, aus der dann in weiteren Produktionsschritten Verpackungen entstehen. Produktionsbedingt entstehen ein Abwasserstrom und flüssiger Abfall.
- Problematisch ist das Farbwaschwasser, das bei der Reinigung der Flexo-Druckwerke von Farbresten entsteht. Dieser Abfall enthält im Wesentlichen neben Wasser Farb- und Lackreste. Die Einstufung als gefährlicher Abfall und das damit verbundene Einleitungsverbot wird durch die Inhaltsstoffe AOX, Kupfer und Mineralöl-Kohlenwasserstoffe hervorgerufen.
- Die Klingele Papierwerke möchten diesen Abfall innerbetrieblich aufarbeiten. Durch die Umstellung soll kein flüssiger Abfall mehr zur Entsorgung anfallen. Vielmehr soll das gereinigte Farbwaschwasser dem Produktionsprozess vollständig wieder zugeführt werden.
- Zurzeit entstehen pro Tag ca. 15 m<sup>3</sup> Farbwaschwasser. Durch die Anwendung des neuen Verfahrens können im Werk Delmenhorst 4000 m<sup>3</sup> a<sup>-1</sup> Farbwaschwasser zur Entsorgung vermieden werden.
- Durch den Einsatz des neuen Farbwaschwasser-Aufbereitungsverfahrens ergeben sich mehrere Vorteile gegenüber anderen Aufbereitungsverfahren. Es kann bis auf den Einsatz geringer Mengen Entschäumer komplett auf den Einsatz von Chemie verzichtet werden. Zudem kann die abzuführende Wärmeenergie noch einer weiteren Nutzung zugeführt werden. Es entsteht kein flüssiger Abfall zur Entsorgung und der entstandene Feststoff besitzt einen hohen Brennwert, so dass bei der Verbrennung Energie gewonnen werden kann. Auch wenn dies in einer Abfallverbrennungsanlage durchgeführt werden muss.

Kurz zusammengefasst funktioniert das Farbwaschwasser-Aufbereitungsverfahren wie folgt:

Das Farbwaschwasser wird aus einem Vorlagebehälter in die Aufbereitungsanlage gefördert. Die Aufbereitung erfolgt in zwei nacheinander geschalteten Fallfilmverdunstern, wobei der zweite mit der Energie des im ersten Fallfilmverdunstern erzeugten Dampfes beheizt wird. Dabei kondensiert der Dampf und es wird sauberes Wasser aufgefangen. Mit der Energieübertragung verdunstet im zweiten Fallfilmverdamp-

fer das frisch zugeführte Farbwaschwasser. Der hier erzeugte Dampf wird über einen Kühlkreislauf kondensiert und die zurück gewonnene Energie auf den Schlamm-trockner übertragen. Überschüssige Energie muss zur Aufrechterhaltung des Wärme-flusses über einen Verbraucher aus dem System entfernt werden. Während des Wasserentzugs entsteht ein Schlamm, der separiert und in einem Schlamm-trockner zu Granulat getrocknet wird.

## **2. EINLEITUNG**

### **2.1 Kurzbeschreibung des Betriebs**

KlingeLe Papierwerke GmbH & Co. KG  
Wellpappenwerk Delmenhorst  
Am Annenheider Bahnhof  
27755 Delmenhorst

Projektleitung:

Herr Dipl.-Ing. (FH) Michael Illemann (Betriebsleiter)  
Tel.: 04221/29963  
E-Mail: Michael.Illemann@KlingeLe.com

Das Wellpappenwerk Delmenhorst gehört zur KlingeLe - Unternehmensgruppe, hier-zu gehören sieben Produktionsstandorte in Deutschland:

- Wellpappenwerke in Delmenhorst, Grunbach, Hilpoltstein, Werne,
- Norpack Verpackungsgesellschaft in Marktrewitz,
- V-Projekt und Blenk Verpackung & Logistik in Villmar und
- die Papierfabrik in Weener.

Weiterhin gehören fünf Produktionsstandorte in Europa (KlingeLe Golfkarton in Elst, Papelera de Canarias in Teneriffa, Ondunova in Barcelona, Mediterráneo Cartón in Barcelona, Envases Universal in Las Presas) sowie fünf Verkaufsniederlassungen (zwei in Dänemark, jeweils eine in der Schweiz und in England) zur Unternehmens-gruppe.

Das Unternehmen wurde 1920 von Alfred Klingele und seinem Schwager Emil Holfelder gegründet und wird mittlerweile in der dritten Generation von Herrn Dr. Jan Klingele sowie Herrn Dr. Matthias Römer geführt.

Hauptsitz und Zentrale sind in Remshalden bei Stuttgart.

Im Klingele Wellpappenwerk Delmenhorst wird aus Papier Wellpappe hergestellt, aus der dann in weiteren Verarbeitungsschritten (Bedruckung, Zuschnitt, Falzung etc.) Verpackungen entstehen.

## **2.2 Ausgangssituation**

Die Klingele Unternehmensgruppe beinhaltet neben einem Papierwerk zur Herstellung von Wellpappenrohpapier auch vier Wellpappenwerke. Der Produktionsprozess ist in allen vier Wellpappenwerken nahezu identisch. Auch die Produktionsmaschinen sind im Wesentlichen gleich. Das folgende Projekt wurde als Pilot im Wellpappenwerk Delmenhorst durchgeführt.

Im Klingele Wellpappenwerk Delmenhorst wird im ersten Produktionsschritt aus Papier Wellpappe hergestellt, aus der dann in weiteren Verarbeitungsschritten (Bedruckung, Zuschnitt, Falzung etc.) Verpackungen entstehen. Produktionsbedingt entstehen zwei wesentliche Abwasser- bzw. Abfallströme.

Aus dem Bereich Wellpappenproduktion entsteht ein Abwasserstrom, der neben Wasser hauptsächlich Stärke enthält und bei der Einleitung in die kommunale Kläranlage keinerlei Probleme bereitet. Ein zweiter Abfallstrom entsteht im Produktionsschritt Bedruckung bei der Reinigung der Flexo-Druckwerke von Farbresten. Hier entsteht ein flüssiger Abfall, der im Wesentlichen neben Wasser die Farb- und Lackreste enthält. Problematisch bei der Herstellung eines einleitfähigen Abwassers bzw. bei der Entsorgung sind AOX, Kupfer und Mineralöl-Kohlenwasserstoffe, die in den Farben enthalten sind und folgerichtig auch durch angewendete Aufbereitungsprozesse vom Wasseranteil getrennt werden müssen.

Der nahe liegende Gedanke, die schwermetallhaltigen Farben durch schwermetallfreie Farben auszutauschen, wurde von Klingele konsequent betrieben. Allerdings bestehen die Kunden von Klingele bei den Verpackungen ihrer Premium-Produkte auf eine Farbqualität, die mit schwermetallfreien Farben nicht zu realisieren ist. Das



bedeutet für Klingele und für die gesamte Branche, dass dieser Abfallstrom auch in Zukunft mit den o. g. Problemstoffen kontaminiert sein wird und somit bei der Entsorgung Probleme bereiten wird.

Im Werk Delmenhorst entstehen zurzeit pro Tag ca. 15 m<sup>3</sup> Farbwaschwasser. Bisher wurde das Farbwaschwasser in Delmenhorst über eine Entsorgungsfirma entsorgt. Diese Lösung ist jedoch sehr kostenintensiv. Da der Aufwand zur Aufarbeitung mit den bisher üblich angewendeten Verfahren im Hinblick auf Transport, Chemikalienverbrauch und Reststoffentsorgung sehr hoch ist, stellt dieser für sich auch schon eine Umweltbelastung dar.

In Deutschland gibt es ca. 160, weltweit ca. 1.500 papierverarbeitende Werke, für die eine Lösung dieser Problematik von großem Interesse sein dürfte.

### **2.3 Ziel und Aufgabenstellung**

Im Bereich der Wellpappenbedruckung entsteht bei der Reinigung der Druckwerke Farbwaschwasser als flüssiger Abfall, der sich im Wesentlichen aus den Farb- und Lackresten und dem Reinigungswasser zusammensetzt. Die Farbreste sind verantwortlich für die Hauptproblem-Parameter AOX, Mineralöl-Kohlenwasserstoffe und Kupfer. Für die Aufbereitung dieses Farbwaschwassers sind zurzeit eine Vielzahl von chemisch-physikalischen sowie biologischen Verfahren im Einsatz.

Bisher wurde in Delmenhorst das Farbwaschwasser über eine Entsorgungsfirma entsorgt. Aufgrund der hohen Kosten wurden verschiedene Alternativen zur betriebsinternen Aufarbeitung untersucht und bewertet.

Die herkömmlichen Verfahren wie die chemisch physikalische Aufarbeitung und Filtrationsverfahren sind, ohne auf Details einzugehen, für eine innerbetriebliche Aufarbeitung nicht geeignet

Folgende Ziele wollen die Klingele Papierwerke mit einer Aufbereitung des Farbwaschwassers erreichen:

- Produktionsintegrierter Ansatz: Das beim Aufbereitungsverfahren anfallende Wasser muss die Kriterien für eine Wiederverwendung im Produktionsprozess erfüllen.

- Auf Einsatz von Chemie soll komplett verzichtet werden. Da die anfallenden Schlammengen die Entsorgung erheblich verteuern.
- Der Energieaufwand soll möglichst gering sein.
- Die Aufarbeitung des Farbwaschwassers muss betriebswirtschaftlich Sinn machen.

#### **2.4 Das Farbwaschwasser-Aufbereitungsverfahren der Firma Jaske & Wolf Verfahrenstechnik im Vergleich mit den Zielen der Klingele Papierwerke**

Die für die innerbetriebliche Aufarbeitung des Farbwaschwassers am weitesten verbreitete Methode der Fällung/Flockung stellt bislang die effektivste, sicherste und preiswerteste Lösung dar. Übertrifft aber die am Standort Delmenhorst anfallenden Entsorgungskosten und fällt daher als Möglichkeit am Standort Delmenhorst aus.

Gefunden wurde das Farbwaschwasser-Aufbereitungsverfahren der Firma Jaske & Wolf Verfahrenstechnik, welches zwar für einen völlig anderen Einsatzbereich entwickelt wurde, aber vom Prinzip her eine optimale Lösung für das Farbwaschwasser aus dem Wellpappendruck darstellen könnte.

- Die Verdunstung als grundsätzlicher Verfahrensschritt trennt die feste von der flüssigen Phase.
- Das gewonnene Wasser kann ohne weiteres in den Produktionsprozess zur Herstellung von Leim wieder eingesetzt werden. Dabei ist das Wasser mineralienarm und schon ausreichend vorgewärmt, was vorteilhaft im Vergleich zum Leitungswasser ist.
- Das Farbwaschwasser-Aufbereitungsverfahren besitzt eine integrierte Wärmerückgewinnung zur Minimierung des Energieverbrauchs.
- Die Farbpigmente mit dem Bindemittel fallen als Feststoff an und können problemlos einer Verbrennung zugeführt werden. Der hohe Heizwert reduziert dabei die Entsorgungskosten erheblich.
- Grundsätzlich, wenn die Anfallmengen groß genug sind, kann das Material, das einen sehr hohen Anteil an Kupfer besitzt, einer stofflichen Verwertung zugeführt werden.

Zur Verfahrensentwicklung wurde das Farbwaschwasser-Aufbereitungsverfahren als Versuchsanlage und später in zwei Pilotanlagen im Wellpappenwerk Delmenhorst installiert. Es konnte so weit entwickelt werden, dass ein dauerhafter durchgängiger Betrieb gewährleistet ist.

### **3. KONVENTIONELLES VERFAHREN/ ANLAGE/ PRODUKT**

#### **3.1 Verfahrensablauf/ Anlagentechnik**

Bisher wurde das Farbwaschwasser in Delmenhorst über eine Entsorgungsfirma entsorgt. Auf dem Markt werden verschiedene konventionelle Verfahren und Methoden zur Behandlung von Farbwaschwasser angeboten (siehe Übersicht). Dabei können wir grundsätzlich zwischen den chemisch-physikalischen und den biologischen Verfahren unterscheiden.

chemisch-physikalische Verfahren: Neutralisation, Sedimentation, Filtration, Zentrifugation, Ultrafiltration, Fällung/Flockung, elektrochemische Methoden, Flotation, Emulsionsspaltung, Absorption, Eindampfung (Destillation), Verbrennung

biologische Verfahren: aerobe Verfahren, anaerobe Verfahren

Die Fällung/ Flockung ist bislang die von den o. g. Methoden die effektivste, sicherste, preiswerteste und eine durchaus verbreitete Methode (so auch bei Klingele). Allerdings sind die Probleme bei Auftreten von Schwankungen in der Farbwaschwasserszusammensetzung nicht zu unterschätzen.

Klingele hat in den letzten Jahren mehrere Anbieter der Methode Fällung/ Flockung angefragt, die Abfallproblematik im Werk Delmenhorst zu lösen. Die Angebote und Testuntersuchungen mit Farbwaschwasser von Klingele konnten keine zufriedenstellenden Ergebnisse hervorbringen (vgl. Abb. 1).

Verfahren	Probleme	Wertung
Neutralisation, Sedimentation	Die maßgeblichen Schadstoffe werden nicht oder nur unzureichend beeinflusst	für Wellpappenindustrie ungeeignet
Filtration, Zentrifugation	Nur Abtrennung der Feststoffe, nicht der gelösten Inhaltsstoffe, Filter setzen sich zu, Zentrifugen sind teuer, hohe Betriebskosten wg. Personal	für Wellpappenindustrie ungeeignet
Ultrafiltration	Membranen haben nur kurze Standzeiten Austausch teuer, Chemieersatz bei Reinigung der Membranen, Konzentrat muss als Sondermüll entsorgt werden	nach wie vor nicht Stand der Technik
Fällung/ Flockung	Zusätzlicher Einsatz von Chemie notwendig, Schlamm muss teuer entsorgt werden, Probleme beim Flockungsverhalten bei sich ändernden Abwasserzusammensetzungen	Funktionierendes Verfahren für Wellpappenindustrie
Elektrochemische Fällung/ Flockung	Ebenfalls Einsatz von Chemie, da die physikalisch-chemisch durch die Einwirkung von Strom erzeugten Eisen- oder Aluminiumionen mit denen der fertigen Salzlösung sind. Schlamm muss teuer entsorgt werden	Nicht empfehlenswert für Wellpappenindustrie
Flotation	Nur Abtrennung der Feststoffe, Schaumteppich ist schwer zu entwässern	für Wellpappenindustrie ungeeignet
Emulsionsspaltung, Spaltung	Irreführende Verfahrensbezeichnung, da keine Emulsionen vorliegen. Verfahren funktioniert wie Fällung/ Flockung, aber mit pulverförmigen Bentonit-Zubereitungen, Einsatz von Chemie, Schlamm hat schlechte Entwässerungseigenschaften, hohe Personalkosten	Nur im Kleinanlagenbereich einsetzbar, bei Großanlagen ist klassische Fällung/ Flockung günstiger
Absorption	Feststoffe und Harze belegen Oberfläche der Aktivkohle, Entsorgung der Aktivkohle ist teuer	Nur als nachgeschaltetes, zusätzliches Spezialverfahren einsetzbar
Eindampfen durch Destillation	Hoher Energieeinsatz, hohe Investitionskosten bei Wärmerückgewinnung	Für Wellpappenindustrie bei kleineren Abwassermengen einsetzbar
Abwasserverbrennung	Hoher Energieeinsatz, sehr teuer	Nur für Notfälle!
Biologische Verfahren	Pigmente biologisch schwer abbaubar, geringe Aufkonzentrierung, hohe Entsorgungskosten	Nur sinnvoll in Kombination mit Verfahren wie Fällung/ Flockung und gemeinsamer Aufbereitung des Leimwassers

Abb. 1: Übersicht über gängige Verfahren zur Reinigung von Produktionsabwasser

### 3.2 Einsatzstoffe

Die benötigten Einsatzstoffe unterscheiden sich je nach Verfahren (siehe Übersicht). Bei der bisherigen Lösung für Delmenhorst übernahm eine Entsorgungsfirma das Farbwasswasser. Eine genaue Dokumentation über den Aufarbeitungsprozess war

nicht zu erhalten.

Die Entsorgungsfirma führt das Farbwaschwasser einer nach chemisch-physikalischem Prinzip arbeitenden Fällungs- und Flockungsanlage zu.

Die Aufarbeitung erfolgt im Allgemeinen unter sauren oder basischen Bedingungen und der Zugabe entsprechender Hilfsmittel zur Abtrennung und Stabilisierung des anfallenden Feststoffs. Anschließend erfolgen eine Entwässerung des anfallenden Schlammes und die Reinigung der flüssigen Phase.

### **3.3 Umweltauswirkungen**

Im Werk Delmenhorst entstehen zurzeit pro Tag ca. 10 m<sup>3</sup> Farbwaschwasser, für die Zukunft wird mit einem Anfall von bis zu 12 m<sup>3</sup> pro Tag gerechnet. In Deutschland gibt es ca. 160, weltweit ca. 1.500 Papier verarbeitende Werke, für die eine Lösung dieser Abfallproblematik von großem Interesse sein dürfte.

Mit den konventionellen Verfahren kann innerbetrieblich jedoch keine komplette Reinigung des Produktionswassers realisiert werden. Es entstehen dabei je nach Verfahren unterschiedliche Mengen nassen Farbschlammes, der unter großem Energieaufwand verbrannt werden muss. Des Weiteren muss das Wasser einer weiteren Behandlung zugeführt werden, bis es in die kommunale Kläranlage eingeleitet werden kann.

Für eine quantitative Aussage der Umweltauswirkungen müssen alle Verfahren einer Ökobilanz unterzogen werden und verglichen werden. Diese Aufgabe kann im Rahmen dieses Projekts nicht geleistet werden.

Allerdings lässt sich über Herstellerangaben, sowie weiteren Publikationen eine Abschätzung über den Chemikalien- und Energieverbrauch der einzelnen Verfahren machen. Die ermittelten Werte sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt.

**Tab. 1: Vergleich verschiedener Entsorgungs/ Verwertungsmöglichkeiten zur Flexo - Farbdruck Abwasseraufbereitung / -entsorgung am Beispiel: Wellpappenfabrik, Klingele - Delmenhorst**

Trockensubstanz 2%, Energieinhalt 80 kWh,

physik. Energieaufwand: 720 kWh t<sup>-1</sup> Wasser bei 20°C m<sup>-3</sup>

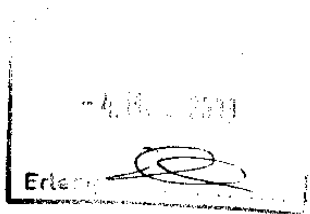
	Infrarotwärme- verdampfung	Fällung / Flockung mit anschließender Ultrafilt- ration	Vacuum- Dampfdestillation	Verdunstung Verfahren Jaske & Wolf	externe Entsorgung durch CP - Anlage
<b>Energiebedarf m<sup>-3</sup></b>	Gas: 1350 kWh Strom: 20 kWh	Strom: 30 kWh	Strom: 200 kWh	Wärme: 300 kWh Strom: 30 kWh	Strom: 100 kWh
<b>Chemikalien</b>		ca. 40 kg m <sup>-3</sup>			ca. 30 kg/m <sup>3</sup>
<b>Ergebnis: Wasser</b>	verdampft	muß eingeleitet werden	kann wiederverwertet werden ca. 70%	kann wiederverwertet werden ca. 98 %, Energieträger ca. 30 kWh m <sup>-3</sup>	muß eingeleitet werden
<b>Ergebnis: Schlamm m<sup>-3</sup></b>	ca. 10 %, = 100 kg ca. 20% Ts	ca. 30%, =300 kg ca. 20% Ts	ca. 30% = 300 kg ca. 6% Ts	ca. 2% = 20 kg Feststoff bis 100% Ts	ca. 30 % = 300 kg ca. 17% Ts
<b>Energiebedarf für Schlammverwertung</b>	0 kWh	Bedarf: 90 kWh	Bedarf: 120 kWh	Überschuß: 80 kWh. Dieser Überschuss wird in der Abfallverbrennung zurückgewonnen.	Bedarf: 100 kWh
<b>Transportvolumen Schmutzwasser bei 10 t d<sup>-1</sup></b>	gering : 1 t d <sup>-1</sup>	mittel: 3 t d <sup>-1</sup>	mittel: 3 t d <sup>-1</sup>	sehr gering: 0,2 t d <sup>-1</sup>	groß: 10 t d <sup>-1</sup>
<b>Gesamtenergiebedarf m<sup>-3</sup>, ohne Chemikalien, ohne Transport</b>	1350 kWh	120 kWh	320 kWh	300 kWh Wärmeenergie 65 °C noch zu etwa 60 % verwertbar	200 kWh

Im Gegensatz zu den bisherigen Aufbereitungsverfahren besteht die Aufarbeitung des Farbwaschwassers nicht in dem Ziel ein einleitfähiges Abwasser herzustellen, sondern darin das Wasser wieder zu gewinnen und dem Prozess wieder zuzuführen. Das recycelte Wasser wird erwärmt angeliefert und spart dadurch die sonst dazu benötigte Energie. Des Weiteren erlaubt der Einsatz des weichen Wassers den Verzicht des Einsatzes modifizierter Stärken und damit die Verwendung nativer Stärke zum Anrühren des Leimes.

#### **4. INNOVATIVES ANLAGE - KONZEPT**

Im Bereich der Wellpappenbedruckung entsteht bei der Reinigung der Druckwerke Farbwaschwasser, das sich im Wesentlichen aus den Farbresten und dem Reinigungswasser zusammensetzt. Die Farbreste sind verantwortlich für das Hauptproblem (AOX, Mineralöl-Kohlenwasserstoffe, Kupfer).

Abgesehen von dem weitgehenden Verzicht auf Chemikalien bei der Aufarbeitung des Farbwaschwassers - auf die Zugabe geringer Mengen Entschäumer konnte nicht verzichtet werden -, wird das Wasser des Farbwaschwassers zur Leimherstellung wieder verwendet. Damit ist die Aufarbeitung des Farbwaschwassers abwasserfrei. Damit einhergehend bedarf die Aufbereitungsanlage keine Genehmigung gemäß Bundesimmissionsgesetz. Dies wurde von der zuständigen Gewerbeaufsicht Oldenburg mit dem folgenden Schreiben (Abb. 2) bestätigt.



**Staatliches  
Gewerbeaufsichtsamt  
Oldenburg**

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg  
Rosenstraße 13 b • 26122 Oldenburg

Klinge GmbH & Co.  
Wellkistenwerk Delmenhorst  
Am Annenheider Bahnhof 2

**27755 Delmenhorst**

Bearbeitet von  
Frau Cordes

Ihr Zeichen, Ihre Nachricht vom

Mein Zeichen (Bei Antwort angeben)  
26192267 Cd/Br

Durchwahl  
(04 41) 9 22 2 - 135

Oldenburg  
03.03.03

**Errichtung und Betrieb der Rdkonanlage;  
Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)**

Sehr geehrter Herr Illeemann,  
sehr geehrter Herr Wessels,

bezüglich der von Ihnen mit Schreiben vom 28.02.2003 vorgelegten Unterlagen möchte ich Ihnen mitteilen, dass nach meiner Auffassung die Rdkonanlage nach Erfüllung folgender Parameter nicht der Genehmigungspflicht gemäß dem Bundes-Immissionsschutzgesetz unterliegt:

1. Der Betreiber der „Druckanlage“ ist gleichzeitig Betreiber der Rdkonanlage.
2. Bei dem in der Rdkonanlage zu behandelnden Flexowasser handelt es sich um ein Betriebsmittel, das im Kreislauf gefahren wird.

Sofern Sie hierzu Rückfragen haben, stehe ich Ihnen unter der o.g. Telefonnummer zur Verfügung.

Mit freundlichem Gruß  
Im Auftrag

*Cordes*  
(Cordes)

Dienstgebäude:  
Rosenstraße 13b  
26122 Oldenburg

Sprechzeiten:  
Mo-Fr: 9:00-12:00  
oder nach Vereinbarung

Telefon:  
(04 41) 9 22 2 - 0  
Telefax:  
(04 41) 9 22 2 - 152

Postanschrift:  
Postfach 45 49  
26035 Oldenburg

e-mail-Adresse:  
Poststelle@gaa-ol.  
Niedersachsen.de

Bankverbindung:  
Konto Nr.106 025 273  
BLZ 250 500 00  
Nordd. Landesbank Hannover



## 4.1 Verfahrensbeschreibung

Die Aufarbeitungsanlage besteht aus folgenden Komponenten:

1. Drei Vorlagebehälter mit je  $10 \text{ m}^3$  Volumen zur Pufferung frisch anfallenden Farbwaschwassers. Gleichzeitig findet dabei eine Verstetigung der Qualität statt.
2. Ein Vorlagebehälter  $8 \text{ m}^3$  Volumen zur Bereitstellung von Grobstoffen befreiten Farbwaschwassers.
3. Drei mit Mantelheizungen ausgestatte Verdunster.
4. Drei Recyclingverdunster deren Mantelheizung mit dem Dampf aus den vorgeschalteten Verdunstern beschickt wird.
5. Einem Arbeitstank, aus dem kontinuierlich die Verdunster beschickt werden.
6. Einem Schlammbehälter in dem sich der Dünnschlamm aus dem Arbeitstank durch Sedimentation weiter verdichtet.
7. Einem Etagentrockner mit Wärmetauschern, durch die das warme Wasser des Kühlkreislaufs gepumpt und die Trocknungsluft zur Trocknung des Schlammes aus dem Schlammbehälter erwärmt wird. Dem Trockner ist eine Entstaubung nachgeschaltet.
8. Drei Kondensatoren zur Gewinnung des Wassers aus dem Dampf der Recyclingverdunster.
9. Einem Tischkühler zur Kühlung des Kühlwassers zur Aufrechterhaltung des Wärmeflusses.

Das Farbwaschwasser wird zur Pufferung von der Druckmaschine in einen Vorratsbehälter gepumpt. Dieser soll die kontinuierliche Beschickung der Aufarbeitungsanlage gewährleisten.

Das Verfahren besteht aus zwei Strömen, einem Stoffstrom und einem Energiestrom und ist am übersichtlichsten zu beschreiben, in dem beide Ströme getrennt dargestellt werden.

#### 4.1.1 Der Stoffstrom

In Abbildung 3 ist der Stoffstrom des Aufarbeitungsprozesses schematisch dargestellt. Das Farbwaschwasser wird zur Pufferung von der Druckmaschine in drei Vorratsbehälter gepumpt. Wodurch eine kontinuierliche Beschickung der Aufarbeitungsanlage auch über das Wochenende gewährleistet wird. Gleichzeitig findet eine Durchmischung unterschiedlich anfallender Fraktionen statt, so dass das der Aufarbeitungsanlage zugeführte Farbwaschwasser eine einigermaßen gleiche Qualität aufweist.

Aus diesen Vorratsbehältern wird das Farbwaschwasser zur Abscheidung leicht sedimentierender Feststoffe über einen Hydrozyklon geführt. Diese Stoffe gelangen in einen Schlammtank. Das vorgereinigte Farbwaschwasser wird in einen Vorlagebehälter geleitet.

Von dort aus wird das Farbwaschwasser in den Kopf des Recyclingverdunsters gepumpt. Der Recyclingverdunster ist ein zylindrischer Fallfilmverdunster, an dessen Innenwand das kalte Farbwaschwasser abläuft. Die gleichmäßige Verteilung des Farbwaschwassers und die stetige Reinigung der Innenwand werden durch eine rotierende Reinigungs- und Verteileinrichtung gewährleistet. Ein Teil des Farbwassers verdunstet und verlässt mit Unterstützung durch einen Lüfter den Recyclingverdunster am Kopfende Richtung Kondensator. Das überschüssige Farbwaschwasser fließt nach unten und wird dem Arbeitstank zugeführt. Im Kondensator kondensiert der Dampf aus dem Recyclingverdunster und fließt in einen Saubwasserbehälter. Die abgereicherte Luft strömt zur Beladung mit Dampf wieder unten in den Recyclingverdunster ein.

Aus dem Arbeitstank wird das Farbwaschwasser kontinuierlich in den Kopf des zylindrisch aufgebauten Verdunsters gepumpt. Auch hier verteilt eine Einrichtung das Wasser und hält die Innenwände sauber. Der erzeugte Dampf verlässt den Verdunster unter zu Hilfeahme eines Lüfters den Verdunster und beheizt über einen Heizmantel den Recyclingverdunster. Das dabei entstehende Kondensat wird dem Saubwasserbehälter und von da aus der Produktion wieder zugeführt. Überschüssiges Farbwaschwasser verlässt den Verdunster unten und fließt in den Arbeitstank zurück.

Am kegelförmig ausgeführten Boden des Arbeitstanks sammelt sich der sedimentierbare Schlamm, der von dort in den Schlammtank geleitet wird. Im Schlammtank verdichtet sich der Feststoff weiter, wird von unten abgezogen und dem Schlammrockner zugeführt und dort zu einem Recycling-Granulat getrocknet. Das überschüssige

Wasser fließt über einen Überlauf wieder in den Arbeitstank.

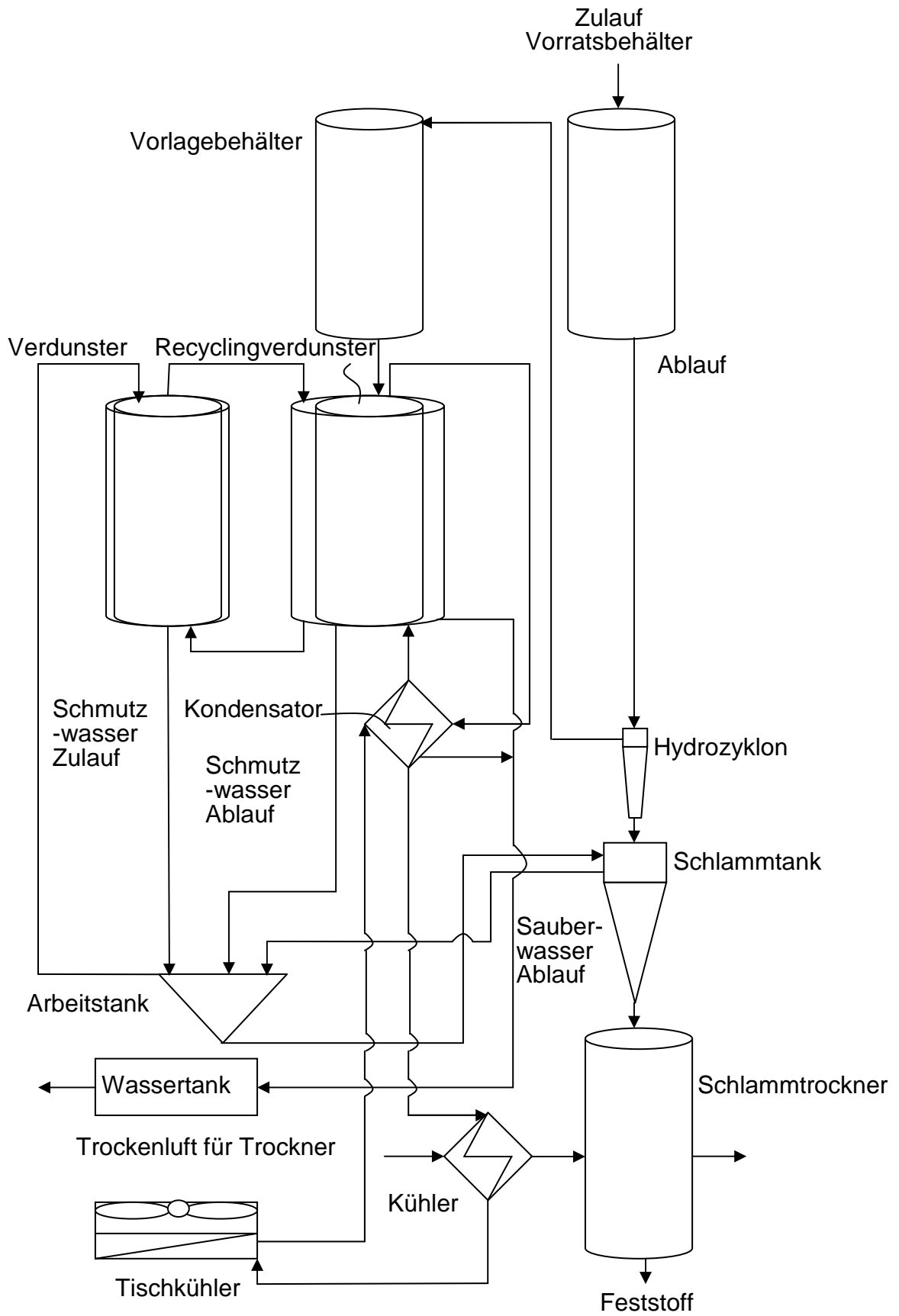


Abb. 3: Der Stoffstrom im Aufbereitungsprozess  
**4.1.2 Der Energiekreislauf**

In Abbildung 4 wird der Energiekreislauf des Aufbereitungsprozesses schematisch dargestellt. Als Heizquelle wird der Dampfkessel verwendet. Der Dampf wird mit einer Temperatur von 120 °C und einem Druck von 2 bar einem Wärmetauscher zugeführt und überträgt die Energie auf den Heizkreislauf des Verdunsters der Farbwasseraufarbeitungsanlage. Es hat sich herausgestellt, dass diese hohe Heiztemperatur unter Berücksichtigung aller Parameter die günstigste Verfahrensweise darstellt. Die Verdunsterflächen werden über eine Mantelheizung direkt beheizt und durch die Verdunstung des Farbwassers wird die Energie in die Dampfphase übertragen. Der im Verdunster erzeugte Dampf wird als Dampf-Luft-Gemisch mit Unterstützung eines Lüfters am Kopf des Verdunsters der Mantelheizung des Recyclingverdunsters zugeführt. Der Heizmantel wird durch die Zugabe kalten, frischen Farbwassers und dessen Verdunstung gekühlt, so dass der Dampf des Gemisches im Heizmantel kondensiert. Die abgereicherte Trägerluft gelangt wieder in den Verdunsterraum des Verdunsters. Der im Recyclingverdunster erzeugte Dampf verlässt den Verdunster wie beim Verdunster am Kopfende und wird über einen Kondensator in dem der Dampf aus dem Gemisch kondensiert und die abgereicherte Luft wird wieder unten in den Recyclingverdunster geleitet.

Die Kondensation des Dampfes im Kondensator erfolgt über einen durch ein Rohrbündel geleiteten Wasser-Kühlkreislauf, der sich dabei aufheizt. Nach dem Kondensator durchläuft das Kühlwasser die Wärmetauscher am Trockner zur Aufwärmung der Trocknungsluft und wird am Ende des Kühlkreislaufs mittels eines Tischkühlers auf die notwendige Kühltemperatur abkühlt.

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass das Kühlwasser den Tischkühler mit einer Temperatur von mindestens 65 °C erreicht und die darin enthaltene Energie durchaus noch einer weiteren Nutzung zugeführt werden kann. Die Möglichkeiten und deren Nutzen sowie Realisierbarkeit sind Gegenstand einer in Arbeit befindlichen Machbarkeitsstudie.

Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass die Installation einer weiteren Verdunstungsstufe nach dem Recyclingverdunster trotz der niedrigen Temperaturen grundsätzlich auch möglich ist, aber mit einem erheblich größeren Investitionsvolumen verbunden ist als die Installation eines primär beheizten Moduls.

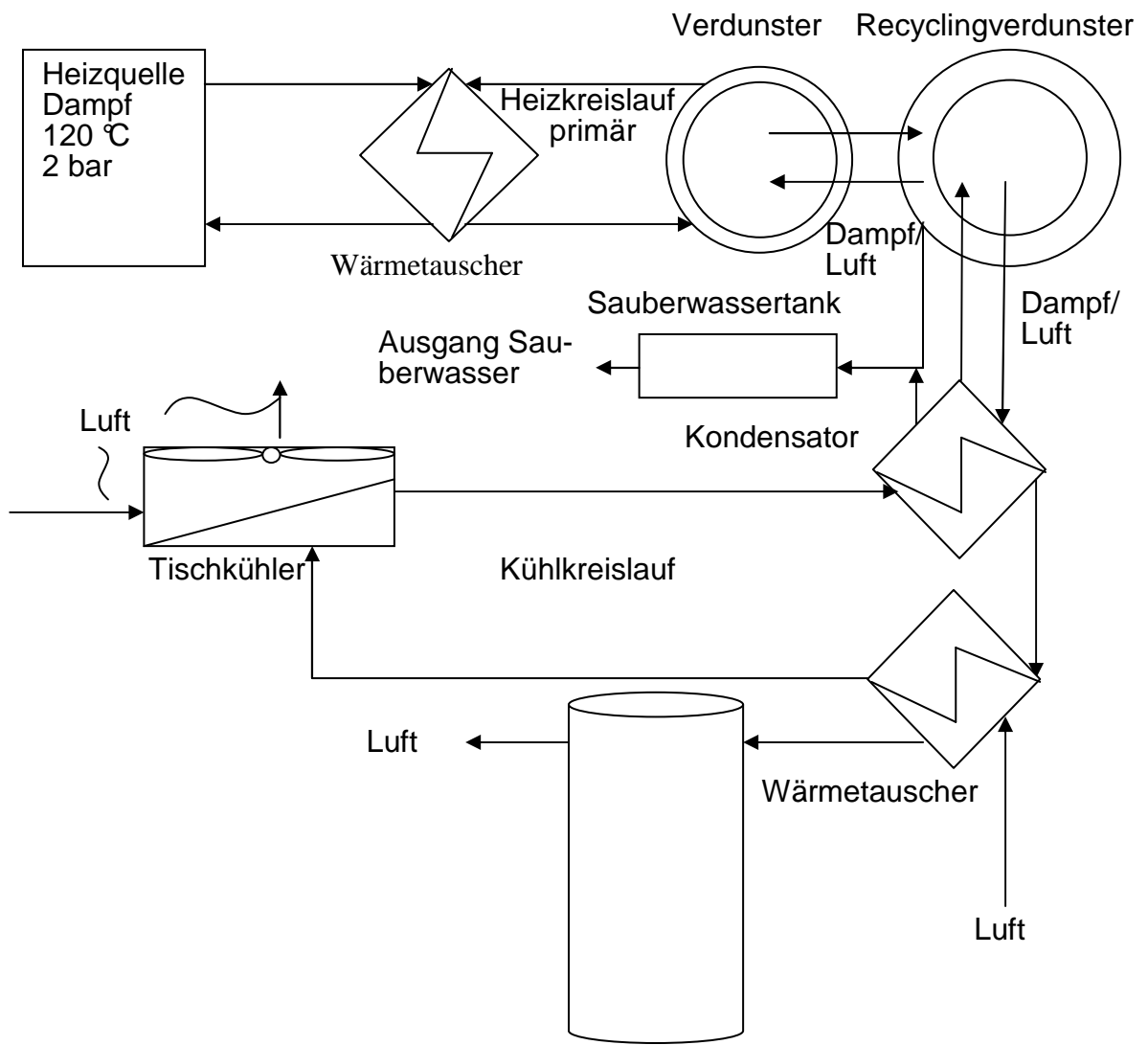


Abb. 4: Der Energiekreislauf des Aufarbeitungsprozesses



Tankanlage, Zulauf des Farbwaschwassers aus der Produktion



Im Arbeitstank sammelt sich das im System befindliche Farbwaschwasser und wird von dort im Kreislauf gepumpt. Unten wird permanent Schlamm abgezogen.



Anordnung Modul Verdunster mit Heizleitungen, Recyclingverdunster und Tankanlage im Hintergrund



Schlamm-tank zur Nach-sedimentation und damit Verdichtung des Schlammes aus dem Arbeitstank mit Schlammaustragspumpe zum Schlamm-trockner.



Schlamm-trockner mit Zulaufleitung und Luft-anschlüssen. Der Fest-stoff fällt unter dem Schlamm-trockner in einen Behälter.

Heizungsanlage für den Trockner zur Aufwärmung der Trockenluft. Die Wärme liefern die Kondensatoren.





Luftkanal vom Heizmantel des Recyclingverdunsteters in den Verdunsterraum des Verdunsteters



Luftkanal mit Lüfter vom Verdunsterraum des Verdunsteters in den Heizmantel des Recyclingverdunsteters



Drei Verdunstermodule mit Antrieben für die Bürsten und Schaber zur Wasserverteilung auf den Verdunsterwänden





Dampfleitung aus dem Recyclingverdunster zu den Kondensatoren. Speziell sichtbar sind die Tropfenabscheider.



Kondensatoransicht von unten.



Kondensatoren mit Kühlleitungsanschlüssen. Zulauf des Dampfes aus den Recyclingverdunstern von oben und Ablauf der von Wasser abgereicherten Luft nach unten zurück in den Verdunstungsraum der Recyclingverdunster .

## **5. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN UND ERZIELTE ERGEBNISSE**

### **5.1 Historie der Verfahrensentwicklung der Farbwaschwasseraufbereitungsanlage**

Die Entwicklung des Verfahrens begann im Jahre 2003. In einer kleinen Versuchsanlage wurde eine grundsätzliche Machbarkeit der thermischen Aufbereitung des Flexowaschwassers durch Verdunstung festgestellt. An Hand dieser Erkenntnis wurde die erste Versuchsanlage für das Werk Delmenhorst konzipiert und gebaut. Nach anfänglicher erfolgreicher Inbetriebnahme stellte sich nach einiger eine starke Verschmutzung durch Verklebung der Rohrleitungen und Wärmetauscher durch sich anhaftenden Feststoffs ein. Für die Lösung des Problems wurde eigens ein sich selbst reinigender Wärmetauscher entwickelt, der dann in einer weiteren Anlage im Jahr 2006 zum Einsatz kam. Doch auch hier stellten sich mit der Zeit Probleme ein, die in der Art vorher nicht aufgetreten waren. Es bildete sich ein stabiler Schaum, der einen durchgängigen Betrieb der Anlage nicht gewährleistete. Auch mit der Zugabe von Entschäumer war dieses Problem nicht zu beherrschen, da die verwendeten Entschäumer auf Polyether- und Silikonbasis den thermisch-chemischen Verhältnissen nicht Stand hielten. In dem Schaum sammelte sich auch der Feststoff, so dass dieser nicht mehr im Arbeitstank sedimentieren konnte.

Ursache der auftretenden Probleme bei der Aufbereitung des Farbwaschwassers war die Weiterentwicklung der Rezepturen der Farben und der vermehrte Einsatz von Lacken auf Grund der Anforderungen der Kunden an die Produkte. Dadurch hatte sich die chemische Zusammensetzung des Farbwaschwassers insbesondere die Erhöhung des Polyacrylatanteils und damit sein physikalisches Verhalten stark verändert.

Gleichzeitig wurde festgestellt, dass sich das Farbwaschwasser durch den wenn auch geringen Ammoniumionengehalt aggressiv (vgl. Abb. 5) gegenüber den verwendeten Kupferleitungen verhielt, so dass die Wärmetauscher nach einiger Zeit nicht mehr einsatzfähig waren.

**Prüfbericht Nr. AUA 13005/2.1-07**

(Seite 2 von 2)

Probenbezeichnung :		Analysemethoden	Abwasser L2
Labornummer :			
pH - Wert (25°C)		DIN 38 404-C5; 1994-01	6,7
Tenside, nichtionisch	mg/l	DIN EN 903-H24	54,2
Ammonium - N	mg/l	DIN 38 406-E5-1; 1993-10	88

Abb. 5: Untersuchung des Farbwaschwassers auf Ammoniak und Tenside

Dies erforderte eine ganz neue Betrachtung hinsichtlich der Gestaltung des Verfahrens auch im Hinblick zukünftiger Entwicklungen in der Zusammensetzung der Far-

ben und Lacke usw..

Drei wesentliche Erkenntnisse wurden aus dem Betrieb der beiden ersten Versuchsanlagen gezogen. Erstens sind die zu pumpenden Farbwassermengen möglichst gering zu halten, damit eine Schaumbildung weitestgehend unterdrückt wird. Zweitens der für den Prozess benötigte Energietransport ist daher auf Grund des Verhaltens des Farbwassers nicht über die Pumpmenge des aufzubereitenden Farbwassers zu realisieren. Drittens muss frühzeitig und kontinuierlich der Feststoff aus dem Prozess geschleust werden, so dass eine Verschlammung der Anlage weitestgehend unterdrückt wird und eine Reinigung der Aufbereitungsanlage im Rahmen eines vertretbaren Wartungsintervalls und –aufwands bleibt.

An Hand dieser Erkenntnisse wurde das gesamte Anlagenkonzept überarbeitet. Damit eine Auslegung einer neuen Anlage überhaupt möglich war, wurde eine kleine Versuchsanlage konzipiert. Im Technikum der Firma Jaske & Wolf wurden dann die benötigten Planungsparameter ermittelt. Nachdem die einzuplanenden Größen ermittelt worden waren, wurde eine dritte Aufbereitungsanlage geplant und errichtet. Von den drei benötigten Modulen wurde dann erst eines zur Ermittlung der Funktionsfähigkeit in Betrieb genommen. Im Mai 2010 waren dann alle Module fertig gestellt und die Anlage wurde vollständig in Betrieb genommen.

In Zusammenhang mit der Planung der dritten Anlage sollte die Verarbeitungskapazität von  $300 \text{ l h}^{-1}$  auf  $500 \text{ l h}^{-1}$  gesteigert werden. Daher musste von der Nutzung von Abwärme Abstand genommen werden. Der Grund liegt nicht darin, dass die Verwendung von Abwärme nicht möglich ist, sondern ist der Tatsache geschuldet, dass die Geschwindigkeit der Verdunstung von der Heiztemperatur abhängig ist. Der nunmehr geplante Mengenumsatz von  $500 \text{ l h}^{-1}$  hätte bei Verwendung von Abwärme eine Anlagengröße erfordert, die in dem zur Verfügung stehenden Raum nicht zu realisieren war.

Während der Planung stellte sich heraus, dass die Unterbringung der Anlage und seiner Komponenten auf dem vorgegebenen Platz insgesamt schon eine Herausforderung darstellte.

Die Farbwassieranlage arbeitet seither zufrieden stellend. Eine gezielte Weiterentwicklung einzelner Bauteile und Einrichtungen wird konsequent weitergeführt.

## **5.2 Detaillierte Beschreibung verfahrenstechnischen Entwicklungspotentials**

Der Betrieb der jetzigen Aufbereitungsanlage von nunmehr etwa 6000 h zeigt, dass

die Feststoffablagerung im System immer noch, obwohl einige der aufgetretenen Ursachen für eine Feststoffablagerung behoben worden sind, eine besondere verfahrenstechnische Herausforderung darstellt. In allen Teilen des Systems muss mit Ablagerungen, die sich mit der Zeit bilden, gerechnet werden. Die Konsistenzen dieser Ablagerungen liegen im Bereich von nass matschig weich, erdfeucht tonig fest bis zu festem Granulat. Insbesondere die festen Ablagerungen führen zu Verstopfungen der Rohrleitungen bzw. zu Ausfällen von Pumpen.

Ein Großteil der auftretenden Störungen konnte durch Reinigungseinrichtungen wie Räumern, Zerkleinerungseinrichtungen und Variation der Strömungsgeschwindigkeiten, behoben werden. Noch verbliebene Schwachstellen sind konstruktionsbedingt. Es handelt sich bei diesen Schwachstellen insbesondere um Kanten und Flächen, die mit Reinigungs- und Räumeinrichtungen nicht zu erreichen sind. Die verbliebenen Schwachstellen sind aber durch die Überarbeitung der Baupläne zu beheben. Derzeit ist dem Aufbau von Ablagerungen durch eine vorausschauende Wartung zu begegnen.

Die nächste Bauausführung der Farbwaschwasseraufbereitungsanlage unter Berücksichtigung der vorzunehmenden Verbesserungen ist dann als serienreif anzusehen.

In diesem Zusammenhang sollte erwähnt werden, dass das im Rahmen dieses Projekts entwickelte selbst reinigende Wärmetauschersystem seinen Einsatz im Bereich der Wärmerückgewinnung aus Abwasser finden wird. Der erste serienreife Wärmetauscher wird im Moskaubad in Osnabrück installiert.

### **5.3 Ergebnisse der Voruntersuchung**

Während der gesamten Entwicklungsphase wurde die Qualität der erhaltenen Produkte hinsichtlich der umweltrelevanten Parameter geprüft. Eine Abwasserprobe der Pilotanlage wurde zuvor in einem Labor untersucht (siehe Untersuchungsprotokoll) und bescheinigt eine hohe Reinheit des Endprodukts (Wasser). Die Grenzwerte werden weit unterschritten (vgl. Abb. 6).

Auftrags-Nr.: 560 / 02

Probeneingang: 15.10.2002

Probenbezeichnung:

Flexoabwasser 15.10.02

Datum der Analysendurchführung:

15.10.02 - 17.10.02

Chemische Untersuchung:

Parameter	Dimension	560	Grenzwert
		Flexoabwasser 15.10.02	
AOX	mg Cl/l	< 0,1	1,0
Mineralöl-Kohlenwasserstoffe (nach DIN H18)	mg/l	3,23	20,0
Kupfer	mg/l	0,54 <sup>x</sup>	1,0
pH-Wert		8,41	

Unterschrift und Stempel

  
Dipl.-Ing. Gary Zörner



Abb. 6: Untersuchung des gereinigten Farbwaschwassers auf umweltrelevante Inhaltsstoffe

Wie schon die Untersuchung des gereinigten Farbwaschwassers aus der ersten Versuchsanlage gezeigt hat, liegt man auch bei der Delmenhorster Anlage unter allen Grenzwerten (vgl.: Abb. 7). Da es sich bei dem gereinigten Farbwaschwasser um heißes destilliertes Wasser handelt und heißes destilliertes Wasser sich gegenüber Materialien aggressiv verhält, wurde noch ein sehr geringer Anteil an Kupfer gefunden. Der Anteil von Kupfer, das aus den Kondensatleitungen herausgelöst wurde, stellt mittlerweile kein Problem mehr dar, da die Wärmetauscher/Kondensatoren aus Kupfer nicht mehr verwendet werden.

Untersuchungsprotokoll

Delmenhorst, 02.05.2008

**Auftrags-Nr.: 195 /08**

**Probeneingang: 28.04.2008**

**Bezeichnung der Probe:**

**Probe  
28.April 2008**

**Datum der Analysendurchführung:**

**28.04.08 – 02.05.08**

**Chemische Untersuchung:**

Parameter	Dimension	195
		Probe 28.April 2008
pH-Wert		8,55
AOX	mg Cl/l	0,21
Mineralöl-Kohlenwasserstoffe	mg/l	0,2
Kupfer	mg/l	0,96

Abb. 7: Untersuchung des gereinigten Farbwaschwassers auf umweltrelevante Inhaltsstoffe

## **6. AUSWERTUNG UND EVALUIERUNG DES VORHABENS**

### **6.1 Umweltentlastungen durch den innovativen Prozess**

#### **6.1.1 Bisher erreichte Umweltentlastungen**

Folgende Ziele haben die Klingele Papierwerke erreicht:

- Auf einer Wellpappenproduktion von 71000 t a<sup>-1</sup> werden etwa 4000 m<sup>3</sup> beson-

ders überwachungsbedürftiger Abfall vermieden, das entspricht etwa 56 l t<sup>-1</sup> Wellpappe.

- Der produktionsintegrierte Ansatz wurde umgesetzt. Das gewonnene Reinwasser wird dem Produktionsprozess wieder zugeführt und komplett für die Herstellung des Leimes für die Wellpappenproduktion genutzt.
- Der gewonnene Feststoff mit einem Heizwert von 18.000 kJ kg<sup>-1</sup> (vgl. Abb. 8) wird derzeit einer Abfallverbrennungsanlage zugeführt und dort thermisch verwertet. Bei einem durchschnittlichen Feststoffgehalt von 2 % entstehen pro Jahr 80 t Granulat mit einem Heizwert von etwa 400.000 kWh. Dies sind etwa 5,6 kWh t<sup>-1</sup> erzeugter Wellpappe.
- Auf Einsatz von Chemie (wie bei der Fällung / Flockung) wird bis auf die Verwendung geringer Mengen Entschäumer (BYK 033, 0,8 ml m<sup>-3</sup>, technisches Datenblatt siehe Anhang) komplett verzichtet.
- In der vorliegenden Verfahrensweise wird die Farbwaschwasser - Aufbereitungsanlage primär aus dem Dampfkessel beheizt, da die gewünschte Verarbeitungskapazität unter den vorliegenden Bedingungen des geringen zur Verfügung stehenden Raumes für die Anlage nur über eine hohe Verdunstungstemperatur zu erreichen ist. Die Stoffumsatzraten pro m<sup>2</sup> Verdunsterfläche erhöhen sich. Gleichzeitig verringert sich die benötigte Förderleistung der für den Luft/Dampf-Transport verwendeten Lüfter. Die Energiemenge für die Verdunstung eines Kubikmeter Wassers ändert sich mit der Verdunstungstemperatur nicht. Ein weiterer Vorteil einer hohen Verarbeitungstemperatur ist, dass die gesamte Anlage keimfrei gehalten werden kann und somit keine Keimbelastung für die Arbeitnehmer zu befürchten ist.
- Durch die Lieferung von warmem Wasser zur Leimherstellung werden dort etwa 20 kWh m<sup>-3</sup> elektrische Energie zum Aufwärmen des Wassers eingespart. Daraus folgt eine Energieersparnis von 80.000 kWh a<sup>-1</sup> bzw. 1,13 kWh t<sup>-1</sup> Wellpappe.



# Untersuchungsergebnisse

Labornummer

33742 - 1

Ihre Probenbezeichnung

1073, Klingele, Flotat, 19.4.2010

Probenentnahme

33742 - 1

## ● Untersuchungen im Feststoff

Glührückstand 850 °C	%	14,1
Wassergehalt	%	13,0
Schwefel (ges.)	%	0,27
Chlor	Gew%	1,4

## ● Untersuchungen in der Originalsubstanz

### Heizwert

Heizwert TS	MJ/kg	18
Heizwert OS	MJ/kg	16

**Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.**

Untersuchungsbericht: LAB33742 vom 23.04.2010 Projekt:interne Materialprobe 1073

### 6.1.2 Potentiell erreichbare Umweltentlastungen

- Am Ende des Aufarbeitungsprozesses fällt die Energie als Wärme mit einer Temperatur von 65 °C an. Auf diesem Niveau kann die Wärme noch zu Heizzwecken verwendet werden. Ein Konzept ist dazu in unserem Hause in Arbeit. Wenn dem Aufarbeitungsprozess eine Wärmenutzung nachgeschaltet wird, vermindert sich der Energieaufwand für die Farbwasseraufbereitung mit dem erreichten Nutzungsgrad nach dem Aufarbeitungsprozess. Nach dem Prozess muss die Abluft auf die Umgebungstemperatur herabgekühlt werden, die nicht innerhalb des Prozesses durch Produkte oder Abstrahlungsverluste abgeführt wird und das Kühlaggregat nicht erreicht.
- Von der Firma Jaske und Wolf wird auch weiterhin nach Möglichkeiten zum Recycling der Wertstoffe im Schlamm gesucht. In jüngster Zeit wurde ein Verfahren getestet, das getrocknete Recycling-Granulat in einer Plasma-Vergasungsanlage energetisch zu nutzen, so dass die wertvollen Metallkomponenten als Oxid vorliegen (vgl. Abb. 9) und somit die Wertstoffrückgewinnung über bekannte chemische Verfahren möglich ist. Mit diesem Verfahren ist es erstmals möglich, die organischen Bestandteile gezielt aus der Matrix zu entfernen und dabei Energie zu gewinnen. In Abbildung sind Konzentrationen der Metalloxide im Reststoff nach der Vergasungsstufe angegeben. Voraussetzung für ein wirtschaftlich zu betreibendes Recycling ist allerdings der flächendeckende Einsatz des Verfahrens notwendig, damit eine Vergasungsanlage permanent mit Material versorgt werden kann.

OVAKO HOFORS AB		Reg datum
<i>Analytisk kemi</i>		20110309
<i>ANALYSRAPPORT</i>		K ställe
		SCARC
Resultat		
Reg. nummer	1100163-00	
Provmärkning	F-rester	
Kundref.	P-Scan	
CaO	%	14.5
MgO	%	3.2
SiO2	%	9.95
Al2O3	%	7.47
FeO	%	1.83
MnO	%	0.03
P2O5	%	0.19
Cr2O3	%	0.05
TiO2	%	22.9
V2O5	%	<0.06
Na2O	%	2.7
K2O	%	0.77
NiO	%	0.01
CuO	%	18.6
ZnO	%	3.11
PbO	%	0.02
Co3O4	%	<0.02
C.	%	4.83
S.	%	3.28
Cl	%	4.77
Kommentar:		
Pressad brikett		
Distribution		
Lennart Källgren		
OVAKO HOFORS AB OTA-303 81382 Hofors tel.: 0290-25240		Hofors 2011-03-09  Pernilla Sellfors-Forsling OTA - 303

Abb. 9: Analyse der Bestandteile des Recyclinggranulats nach einer Pyrolyse

## 6.2 Wirtschaftliche Betrachtung

Die Kosten für die Entsorgung des Farbwassers betragen 42,00 € m<sup>-3</sup>. Da noch ein erhöhter Wartungsaufwand besteht, der sich in den Betriebskosten niederschlägt, konnten durch den Pilotbetrieb diese Kosten bisher nicht voll eingespart werden.

## Betriebswirtschaftliche Kalkulation: Farbwaschwasseraufbereitung

Verarbeitungskapazität  $0,5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ,  $8000 \text{ h a}^{-1}$ ,  $4.000 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$

Kalkulation vor Zinsen und Abschreibung in  $\text{€ m}^{-3}$

### **Kosten:**

Betriebs- und Wartungskosten	- 10,50 €
Energie:	
Thermisch: ( $300 \text{ kWh m}^{-3} \times 0,05 \text{ € kWh}^{-1}$ )	- 15,00 €
Elektrisch ( $30 \text{ kWh m}^{-3} \times 0,10 \text{ € kWh}^{-1}$ )	- 3,00 €
Gesamtkosten	- <b>28,50 €</b>

### **Einsparpotential:**

Thermisch:

Wärmerückgewinnung Leimwasser

( $20 \text{ kWh m}^{-3} \times 0,05 \text{ € kWh}^{-1}$ ) 1,00 €

Wassersparnis ( $0,90 \text{ € m}^{-3}$ ) 0,90 €

Genutztes Einsparpotential: **1,90 €**

Saldo: Kosten abzgl. Einsparpotential -26,60 €

Derzeitige Entsorgungskosten: 42,00 €

Aufbereitungskosten: -26,60 €

Deckungsbeitrag für Investition 15,40 €

Fazit:

Bei jährlich  $4.000 \text{ m}^3$  Farbwaschwasser steht ein Deckungsbeitrag für die Investition

in eine Aufbereitungsanlage incl. Zinsen von 61.600,00 € a<sup>-1</sup> zur Verfügung.

Bei Nutzung aller Einsparpotentiale ergibt sich folgende betriebswirtschaftliche Kalkulation

Wärmerückgewinnung zu Heizzwecken

(120 kWh m<sup>-3</sup> x 0,05 € kWh<sup>-1</sup>) 6,00 €

Recyclinggranulat: Energieinhalt ca. 18.000 kJ kg<sup>-1</sup>, 2 % TS im Farbwaschwasser

Energie: (20 kg m<sup>-3</sup> x 4,4 kWh m<sup>-3</sup> x 0,05 € kWh<sup>-1</sup> = 88 kWh x 0,05 € kWh<sup>-1</sup>) 4,40 €

Wertstoffe

CuO 18,6 % ~ 15 % Cu ~ 3 kg x 3,00 € kg<sup>-1</sup> 9,00 €

TiO<sub>2</sub> 22,9 % ~ 15 % Ti ~ 3 kg x 1,00 € kg<sup>-1</sup> 3,00 €

ungenutztes Einsparpotential: **22,40 €**

Saldo: Kosten abzgl. Einsparpotential - 4,60 €

Derzeitige Entsorgungskosten: 42,00 €

Aufbereitungskosten: - 4,60 €

Deckungsbeitrag für Investition 37,40 €

Fazit:

Bei jährlich 4.000 m<sup>3</sup> Farbwaschwasser steht ein Deckungsbeitrag für die Investition in eine Aufbereitungsanlage incl. Zinsen von 149.600,00 € a<sup>-1</sup> zur Verfügung.

Die Farbwaschwasseraufbereitungsanlage amortisiert sich deutlich innerhalb des Abschreibungszeitraums von 5 Jahren bei einem Zinssatz von 5 % a<sup>-1</sup>.

## **7. EMPFEHLUNGEN**

### **7.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung**

Die Praxiseinführung des Farbwaschwasser-Aufbereitungsverfahrens war mit Schwierigkeiten verbunden. Mit der Weiterentwicklung der Kundenansprüche an die Qualität der Druckbilder ihrer Verpackungen begann mit der Praxiseinführung auch die parallele Weiterentwicklung des Verfahrens. Die Erfüllung der Kundenansprüche war nur mit der Anpassung der Farb- und Lackkompositionen zu erreichen, dessen Auswirkungen auch im Farbwaschwasser und bei dessen Aufbereitung zum Tragen kamen. Es ist daher besonders erfreulich, dass auf alle Anforderungen Antworten gefunden wurden und das Verfahren immer angepasst werden konnte.

Das von uns eingesetzte Verfahren zur Farbwaschwasser-Aufbereitung ist verfahrenstechnisch mit vollem Erfolg zu bewerten. Es hat sich gezeigt, dass die Entwicklung eines Verfahrens nur unter Praxisbedingungen möglich ist. Insbesondere das Verhalten des Feststoffs in seinen gesamten Erscheinungsformen bei den unterschiedlich herrschenden Bedingungen in der Aufbereitungsanlage wäre ohne Langzeitversuch nicht zu erfassen gewesen.

Des Weiteren stellte das Design der Reinigungseinrichtungen eine besondere Herausforderung da, weil diese zwei Aufgaben gleichzeitig zu erfüllen haben. Zum Einen muss das einströmende Farbwaschwasser auf den Verdunsterwänden verteilt werden und zum anderen müssen die Verdunsterwände auf Grund seines tixotropen\* Verhaltens - d. h. die Farbe bzw. der Schlamm verliert seine Fließfähigkeit, wenn keine Scherkräfte auf ihn einwirken - von anhaftendem Farbschlamm freigehalten werden. Die Entwicklung des Verteil- und Reinigungssystems wäre ohne Langzeitversuch nicht möglich gewesen.

Weitere Erfahrungen aus der Praxiseinführung sind, dass die Pumpen bestimmte bevorzugte Positionen hinsichtlich der Gestaltung der Ansaug- wie auch Druckleitungen einnehmen müssen, um optimal arbeiten zu können.

### **7.2 Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/ Anlage/ Produkt**

Auf Grund der beschriebenen besonderen Gegebenheiten während der Verfahrens-

\*Dieser Begriff betitelt einen Zustand, einer scheinbar hohen Viskosität von Dispersionen oder Lösungen (gelartig, buttrig), der durch reibende Bewegung des Materials (Rühren, Streichen) aufgehoben oder unterbrochen wird.

entwicklung, ist die Anlage noch hinsichtlich der Wartungsintensität zu verbessern.

Ein besonderes Augenmerk muss weiter auf ein noch zu verbesserndes Schlammmanagement gelegt werden. Trotzdem ist die Klingele Unternehmensgruppe von der Anlage und ihrer Zukunftsfähigkeit überzeugt.

Sobald die erlangt ist, plant Klingele den Einsatz der Anlage in allen anderen deutschen Werken. Ebenso ist der Einsatz in einem Werk auf Teneriffa geplant, da hier bedingt durch die Wasserknappheit der Umweltaspekt noch stärker zu gewichten ist.

In Deutschland gibt es ca. 160, weltweit ca. 1.500 Papier verarbeitende Werke, für die eine Lösung dieser Abwasserproblematik von großem Interesse sein dürfte.

Nach Angaben der Firma Jaske und Wolf sind auch weitere Anwendungsmöglichkeiten des Verfahrens zur Aufbereitung verschmutzten Abwassers bzw. flüssiger Abfälle denkbar. Als nächstes wird die Tauglichkeit des Verfahrens für die Aufarbeitung von Gärresten aus Biogasanlagen getestet.

Bei der Verfahrensentwicklung wurden auch wesentliche Erfahrungen bei der Wärmeübertragung in verschmutzten Medien gewonnen, die im Weiteren zur Entwicklung eines sich automatisch selbst reinigenden Wärmetauschers geführt haben. Dieses System wird in Zukunft für die Wärmerückgewinnung aus Abwässern verwendet werden. Eine erste Versuchsanlage wird in Kürze in einem Schwimmbad auf seine Funktion geprüft.

\*Dieser Begriff betitelt einen Zustand, einer scheinbar hohen Viskosität von Dispersionen oder Lösungen (gelartig, buttrig), der durch reibende Bewegung des Materials (Rühren, Streichen) aufgehoben oder unterbrochen wird.

## BYK-033                      BYK-034

Mineralöleentschäumer für Dispersionsfarben und Putze

### Chemischer Aufbau

<b>BYK-033</b>	Mischung paraffinbasischer Mineralöle und hydrophober Komponenten
<b>BYK-034</b>	Mischung paraffinbasischer Mineralöle und hydrophober Komponenten, silikonhaltig

### Kenndaten

	Dichte bei 20°C in g/ml	Nichtflüchtige Anteile in %	Flammpunkt in °C	Alkylphenoethoxylat- frei
<b>BYK-033</b>	0,87	> 97	> 110	Nein
<b>BYK-034</b>	0,88	> 97	> 110	Nein

Die angegebenen Werte stellen keine Spezifikation dar, sondern sind typische Ausfalldaten.

### Empfohlene Zusatzmengen

	Additivmenge in % Lieferform auf Gesamtformulierung
<b>BYK-033</b> <b>BYK-034</b>	0,1 - 0,5 in Ausnahmefällen bis 0,8

### Einarbeitung und Vorgehensweise

In der Regel werden 2/3 der Entschäumermenge dem Mahlgut zugegeben, 1/3 dem Auflaggut oder der fertigen Farbe.

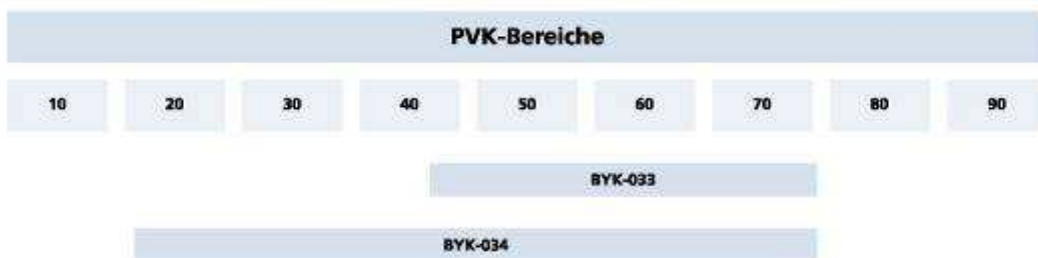


## Einsatzgebiete

	BYK-033	BYK-034
Dispersionsfarben / Fassadenfarben	■	■
Dispersionsputze	■	□
Dispersionskleber	■	□
Industriedispersionen	■	■
Dispersionslacke, Glanz- Seidenglanz-dispersionsfarben	-	■
Herstellung von Dispersionsbindemitteln	□	■

■ besonders empfohlenes Einsatzgebiet □ empfohlenes Einsatzgebiet

### Einsatz der Entschäumer nach Pigment-Volumen-Konzentration (PVK) der Systeme:



## Eigenschaften und Vorteile

<b>BYK-033</b>	BYK-033 hat ein breites Anwendungsspektrum und deckt den PVK-Bereich von 35-70 ab. BYK-033 ist silikonfrei.
<b>BYK-034</b>	BYK-034 ist ein Entschäumer für Dispersionssysteme mit einer PVK von 20-70. Er enthält eine geringe Menge eines lackverträglichen Silikons, was seine entschäumende Wirkung noch verstärkt.

## Lagerung und Transport

<b>BYK-033</b> <b>BYK-034</b>	Separation möglich. Vor Gebrauch umrühren.
----------------------------------	--

BYK-Chemie GmbH  
Postfach 190245  
46462 Wesel  
Deutschland  
Tel. +49 281 675-0  
Fax +49 281 675-35  
[info@byk.com](mailto:info@byk.com)  
[www.byk.com/additives](http://www.byk.com/additives)

ANTI-TERRA®, ATERASP®, BYK®, BYK-DYNAMEM®, BYK-SILCLEAN®, BYKANOL®, BYKETOL®, BYKOPLAST®, BYKUMEN®, DISPERBYN®, DISPERPLAST®, ISAROL®, LACTIMOR®, NAMODYK®, SILBYT® und VISCOSBYK® sind eingetragene Warenzeichen der BYK-Chemie. AQUALICER®, AQUALUM®, AQUALUX®, CERACOL®, CERAFAK®, CERAFOLUX®, CERAMAT®, CERATON®, HORDAMER® und MINERPOL® sind eingetragene Warenzeichen der BYK-Ceta. LICOMEPHAT® eingetragenes Warenzeichen der Clariant. Die unterschiedlichen Angaben entsprechen unserem besten Wissen. Aufgrund der vielfältigen Rezepturen, Produktions-, Betriebs- und Verarbeitungsbedingungen ist die Verwendung des Produktes auf die speziellen Bedingungen des Verarbeiters abgestimmt zu überprüfen. Die Angaben in diesem Merktblatt gelten nicht als zugesicherte Eigenschaft, wir sind nicht verantwortlich für den Einsatz des Produktes außerhalb der empfohlenen Anwendungsgebiete, eine Haftung - auch für etwaige Patentverletzungen - kann daraus nicht abgeleitet werden.

Diese Ausgabe ersetzt alle vorherigen Versionen – Gedruckt in Deutschland