

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

Umweltbereich

Abfall/Wasser

Abschlußbericht

Aktenzeichen UBA 30 441-1/17

Vorhaben Nr. 20 024

Titel

**Neubau einer Abwasserbehandlungsanlage für
die Leiterplattenfertigung**

Autor

Dr. Bernd Kimpfel

Antragsteller

Ruwel AG

IM AUFTRAG

DES UMWELTBUNDESAMTES

und der Deutschen Ausgleichsbank

September 2001

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen: UBA 30 441-1/17	Vorhaben-Nr.: 20 024
Titel des Berichts: Neubau einer Abwasserbehandlungsanlage für die Leiterplattenfertigung	
Autoren: Dr. Bernd Kimpfel	Vorhabensbeginn: März 1999 Vorhabensende Dezember 2000
Durchführende Institution Ruwel AG Werk Geldern Am Holländer See 70 47608 Geldern	Veröffentlichungsdatum: September 2001 Seitenzahl: -28- Abbildungen: 5 Tabellen: 10 Diagramme: 2
Fördernde Institution Umweltbundesamt Seecktstr. 6 – 10 13581 Berlin	
Zusätzliche Angaben	
Kurzfassung Um die Anforderungen des Anhang 40 der Abwasserverordnung zu erfüllen, ist es notwendig Abwässer aus der Produktion von Leiterplatten einer Behandlung zu unterziehen. Die dafür vorgesehene Anlage wurde im Werk Geldern neu konzipiert und nach dem neuesten technischen Stand gebaut. Die Anforderungen einer rund um die Uhr produzierenden Leiterplattenfirma mussten erfüllt werden. Dazu wurde der Abwasserstrom in einzelne Teilströme unterteilt und je nach Metallfracht bearbeitet. Alle bei der Behandlung anfallenden Abfallstoffe werden wiederverwertet. Der erhaltene Hydroxidschlamm kann auf einer Metallhütte verarbeitet werden und muß nicht mehr deponiert werden. Durch die entsprechende Vergütung des Schlamme und entsprechende Einsparungen von Chemikalien bei der Behandlung der Abwässer lassen sich größere finanzielle Gewinne erwirtschaften. Resisthaltige Abwässer können jetzt auch bei den stark schwankenden Produktionsbedingungen jederzeit sicher bearbeitet werden. Das Verfahren hat dadurch einen innovativen Charakter.	
Schlagwörter: Abwasserbehandlungsanlage; Leiterplattenfertigung, Hydroxidschlamm, Resist, Abfallverwertung	
Anzahl der Berichte : 1	

Report Index Sheet

File ID: UBA 30 441-1/17	Project-No.: 20 024
Title of the report: New construction of a waste water treatment facility for the printed circuit board production.	
Author: Dr. Bernd Kimpfel	Start of project: March 1999 End of project December 2000
Performing Institution Ruwel AG Werk Geldern Am Holländer See 70 47608 Geldern	Date of publication: September 2001 No.of pages: -28- Illustrations: 5 Tables: 10 Diagrams: 2
Sponsoring Institution Umweltbundesamt Seectstr. 6 – 10 13581 Berlin	
Additional details	
Abstract <p>In order to fulfill the requirements of appendix 40 of the waste water regulations, it is necessary that the waste waters resulting from the production of printed circuit boards undergo treatment. The facility planned for this task was newly conceived in the plant in Geldern and was built according to the most up-to-date state of the art. The requirements of a circuit board manufacture producing around the clock had to be fulfilled. Therefore, the waste water stream was separated into individual partial streams and processed according to their metal load. All waste materials accumulated during this treatment are recycled. The hydroxide sludge that is obtained this way, can then be processed in a nonferrous smelter and therefore, no longer has to be disposed of. Due to the respective refunds for the sludges and the appropriate savings of chemicals in the treatment of the waste waters, it is possible to achieve considerable financial profits. Waste waters containing resists can now be processed safely at any time, even in case of strongly fluctuating production conditions. Thus, the process has innovative character.</p>	
Keywords: Waste water treatment facility; Circuit Board Manufacture, Hydroxide sludge Resist, waste recycling	
Number of reports : 1	

Erfolgskontrollbericht (Kurzfassung)

Ziel des Demonstrationsvorhabens war der Bau einer Abwasserbehandlungsanlage für eine Leiterplattenfertigung nach dem best verfügbaren Stand der Technik. Die wesentlichen Ziele des Vorhaben waren die optimale Reinigung aller in der Leiterplattenfertigung anfallenden Abwässer sowie die vollständige stofflich / energetische Verwertung aller anfallenden Abfälle. Dies wurde durch eine konsequente Aufteilung der gesamten Abwassermenge erreicht.

Das Abwasser aus der Produktion wird in 5 verschiedene Einzelströme aufgeteilt, um es jeweils separat zu behandeln. Dies sind im Einzelnen :

- 1 Abwässer aus der Resistentfernung
- 2 Regenerate, unbelastete Spülwässer und Kühlwässer
- 3 saure kupferhaltige Spülabwässer
- 4 alkalische kupferhaltige Spülabwässer
- 5 Komplexhaltige Abwässer, Konzentrate

NE-Metallhaltige Teilströme, die im wesentlichen Kupfer enthalten, werden mit Natronlauge gefällt. Dadurch erhält man einen stark kupferhaltigen Schlamm, der in einer Metallhütte verwertet werden kann,

Für die Behandlung des resisthaltigen Teilstroms wurde ein neues Verfahren entwickelt Mit einem Entklebungsmittel als Zusatz und dem Absenken des pH-Wertes mit Schwefelsäure koaguliert der Resist bei niedrigen pH Werten und kann so über einen Bandfilter ausgetragen werden. Mit der neuen Anlage konnten zudem finanzielle Einsparungen erzielt werden. Diese ergeben sich aus den Einsparungen an Chemikalien bei der Behandlung des Abwassers sowie bei der Entsorgung der festen Abfälle, für die eine Vergütung erzielt wird. und Weiterhin positiv zu beurteilen ist erreichte Qualität des Abwassers. Die einzelnen Grenzwerte des Anhangs 40 der Abwasserverordnung werden deutlich unterboten.

Komplexhaltige Abwässer können in der neuen Anlage nicht entsorgt werden. Für diese Art der Abwässer bleibt die alte Anlage noch weiter in Betrieb. Eine Osmose-Anlage mit IR-Verdampfer befindet sich zur Zeit im Bau.

Success Control Report (Abstract)

The aim of this demonstration project was the construction of a waste water treatment facility for the circuit board production according to the best available state of the art. The major targets of this plan were the optimal cleaning of all the accumulated waste water in the circuit board production as well as the complete substantial and energetic recycling of all the accumulated waste. This was achieved by the consequent division of the total waste water quantity.

The waste water from the production is divided into 5 different individual streams, to enable separate treatment. These are as follows:

- 1 waste water from resist removal
- 2 regenerates, non-loaded rinse water and cooling water
- 3 acid copper content rinse waste water
- 4 alkaline copper content rinse waste water
- 5 complex waste water, concentrates

Non-ferrous partial streams, which mainly contain copper, will fall out by the use of caustic soda. As a result, a sludge with a high copper content is obtained, which can then be recycled in a nonferrous smelter.

For the treatment of a partial stream containing resist, a new process has been developed. With the addition of a de-bonding agent and the decrease of the pH-value with sulphoric acid, the resist coagulates at low pH values and therefore, can be disposed of via a band filter. Another positive effect of this new facility was to achieve financial savings. This was done by having to use less chemicals in the treatment of the waste water and by obtaining refunds for the disposal of the fixed waste. Furthermore, the achieved quality of the waste water can be positively evaluated. The individual threshold values of Appendix 40 of the Waste Water Regulations are clearly undercut.

Complex content waste waters cannot be disposed of in the new facility. The old facility will remain in operation for this type of waste waters. An Osmose-facility with an IR-steamer is momentarily still under construction.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1.) Einleitung	4
2.) Aufgabenstellung	4
3.) Grundlagen der Abwasseraufbereitung	5
4.) Beschreibung der alten Abwasseranlage	7
5.) Beschreibung der neuen Abwasseranlage	9
6.) Einsparungen Verbräuche Kosten	18
7.) Qualität	21
8.) Diskussion und Vorausschau	22
9.) Literatur und Quellenangaben	25
10.) Anhang	26

Liste der Tabellen und Abbildungen

- Tabelle 1 pH Wert abhängige Fällungsbedingungen
- Tabelle 2 Löslichkeitsprodukte einiger Metallverbindungen
- Tabelle 3 Abwassermengen in der neuen Anlage
- Tabelle 4 Schlamm / m² Leiterplatte
- Tabelle 5 Erlös durch Schlammvergütung
- Tabelle 6 Behandlungskosten Abwasser
- Tabelle 7 Darstellung Betriebskosten
- Tabelle 8 Analysenergebnisse Schlamm
- Tabelle 9 Analysenergebnisse Abwasser
- Tabelle 10 tech. Vergleich der Anlagen
-
- Bild 1 Reaktionsbehälter und Bandfilter der Resistbehandlungsanlage
- Bild 2 Ergebnisse falscher und richtiger Resistfällung
- Bild 3 Resistkuchen auf dem Bandfilter
- Bild 4 Regenerationsanlage Kreislaufwasser
- Bild 5 Gesamtübersicht
-
- Diagramm 1 Ablaufverfahren der neuen Anlage
- Diagramm 2 Chemikalienverbrauch 1999 / 2000
-
- Anhang 1 Anforderungen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik für die
 metallverarbeitende Industrie
-
- Anhang 2 Schemazeichnung der neuen Anlage

1.) Einleitung

Die Produktion von Leiterplatten ist ohne Wasser nicht denkbar. In vielen Fertigungsschritten des Produktionsganges ist Wasser ein unverzichtbares Lösungsmittel. Die Entsorgung des verbrauchten Wassers aus der Produktion ist aufgrund der Metallfracht an bestimmte Auflagen gebunden.

Der Gesetzgeber hat im Anhang 40 der Abwasserverordnung genau geregelt, unter welchen Bedingungen und Anforderungen verbrauchte Produktionsabwässer in die Kanalisation eingeleitet werden dürfen. Dieser Anhang 40 regelt den Konzentrationsbereich von Stoffen wie u.a. Schwermetalle, Komplexmittel und andere Inhaltsstoffe von Prozessbädern.

Um diese Bedingungen überhaupt erreichen zu können, müssen metallverarbeitende Fabriken Wasservorbehandlungsanlagen vorhalten. Solche Anlagen können nach den unterschiedlichsten Verfahren arbeiten. Durch fortschreitende technologische Entwicklung und den produktionsintegrierten Umweltschutz sind auch immer mehr innovative Verfahren im Abwassersektor zu finden.

Es war Thema dieses Demonstrationsvorhabens eine moderne, den heutigen Anforderungen einer 24 Stunden produzierenden Leiterplattenfirma gerecht werdenden Abwasserbehandlungsanlage zu bauen und dabei aktuelle und innovative Entsorgungsverfahren einfließen zu lassen.

2.) Aufgabenstellung

Gemäß des oben definierten Anspruchs wurde eine Anlage konzipiert, welche die Produktionsabwässer der Leiterplattenherstellung aufbereitet und behandelt. Dabei sollte gemäß des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes möglichst jeder anfallende Stoff einer Wiederverwertung zugeführt werden. Durch eine konsequente Trennung der anfallenden Abwasserarten sollte zudem bei der Behandlung des Abwassers auch der Chemikalienverbrauch gesenkt werden. Ein weiteres Ziel war die Gewinnung von einem sortenreinen Schlamm, der verhüttet werden kann.

Weiterhin wurde eine Linie geplant, die aus resistbeladenen Abwässern mit einem neuen innovativen Verfahren (Senkung des pH-Wertes durch Schwefelsäure) den Resist ausfällen kann. Dieser Resistschlamm soll der thermischen Verwertung zugeführt werden.

Zusätzlich soll in der Halle die Wasserversorgung der Firma unter einem Dach vereinigt werden. Dazu gehören Kreislaufwasser, vollentsalztes Wasser und enthärtetes Wasser.

Obendrein wurde die komplette Chemikalierversorgung der Firma mit Säuren und Laugen in die Halle verlegt.

Die vorhandene Anlage wird durch den Neubau ersetzt, wobei die Behandlung der komplexhaltigen Abwässer vorerst in der alten Anlage verbleibt, demnächst aber durch eine neue Anlage ersetzt werden soll.

3.) Grundlagen der Abwasseraufbereitung

Aufgrund der toxischen Wirkung verschiedener Metalle auf Lebewesen sind die Ablassbedingungen in öffentliche Gewässer oder in die Kanalisation genau definiert. Zur Ableitung müssen die Schwermetalle durch ein Verfahren aus dem Abwasser entfernt werden.

Durch Überschreiten des Löslichkeitsproduktes können die Metalle in die Form eines ihrer schwerlöslichen Salze überführt werden. Unter den verschiedensten Möglichkeiten, wie beispielsweise Hydroxid- Sulfid- Karbonat oder Kalkfällung, seien nur die ersten beiden hier kurz erläutert.

3.1) Hydroxidfällung

Die Fällung als Hydroxide wird in der Regel mit Natronlauge durchgeführt. Die Grenzkonzentration der im Abwasser verbleibenden Metalle darf je nach Behördenauflage zwischen 0,5 und 3 mg/l sein. Für die vollständige Ausfällung ist u.a. der pH Wert des Abwassers von entscheidender Bedeutung. Wie aus der folgenden Tabelle 1 [1] ersichtlich fallen die Metalle in einem bestimmten pH Wert Fenster aus.

Metallion	Beginn der Fällung	Quantitative Fällung	Wiederauflösung
Fe ³⁺	2,8	3,5	-
Sn ²⁺	3,9	-	10,6
Al ³⁺	4,3	4,8	8,5
Cu ²⁺	5,8	8,5	-
Ni ²⁺	7,8	9,3	-
Pb ²⁺	5,5	6,5	9
Zn ²⁺	7,6	8,3	> 11

Tabelle 1: pH Wert abhängige Fällungsbedingungen

Einige Metalle wie z.B. Zinn, Aluminium und Zink gehen bei hohen pH wieder in Lösung. Man behilft sich in diesen Fällen durch eine Fällung mit Kalkmilch anstelle von Natronlau-

ge. Bei schwierigen Fällungsbedingungen wie der Anwesenheit von Komplexbildnern muss auf die Sulfidfällung zurückgegriffen werden.

3.2) Sulfidfällung

Um eine vollständigere Fällung, also eine wesentlich geringere Restkonzentration der abzuscheidenden Metalle zu erhalten, muß auf das Sulfidion als Fällungsmittel zurückgegriffen werden. In der Tabelle 2 [1] sind die Löslichkeitsprodukte der Niederschläge der beiden Verfahren gegenübergestellt.

Metall	Hydroxidfällung		Sulfidfällung	
	Formel	K_L	Formel	K_L
Eisen II	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$4,8 \times 10^{-16}$	FeS	$3,7 \times 10^{-19}$
Zinn	$\text{Sn}(\text{OH})_2$	5×10^{-26}	SnS	ca. 1×10^{-20}
Aluminium	$\text{Al}(\text{OH})_3$	2×10^{-32}		
Kupfer	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	2×10^{-19}	CuS	8×10^{-45}
Nickel	$\text{Ni}(\text{OH})_2$	$5,8 \times 10^{-15}$	NiS	1×10^{-26}
Blei	$\text{Pb}(\text{OH})_2$	10^{-7} bis 10^{-13}	PbS	3×10^{-28}
Zink	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	4×10^{-17}	ZnS	$6,9 \times 10^{-26}$

Tabelle 2 Löslichkeitsprodukte einiger Metallverbindungen (K_L = Löslichkeitsprodukt)

Bei dieser Methode ist auch das pH Fenster wesentlich breiter als bei der Hydroxidfällung. Ein Überschuss an Sulfid im Behandlungsbecken muß mit Eisensalzen zurückgenommen werden. Die jeweiligen Sulfidverbindungen der Metalle sind giftig und daher schwer zu handhaben. Da fast alle Metalle solche schwerlöslichen Verbindungen bilden kann die Methode sehr vielseitig eingesetzt werden und ist auch in der Lage einige komplexierte Metallionen zu fällen.

Im Rahmen dieses Berichtes werden zunächst die Einzelheiten der alten und der neuen Anlage erläutert, bevor in einem letzten Kapitel der Versuch eines Vergleiches unternommen wird. Zahlen aus dem bisherigen einjährigen Betrieb sollen die Techniken genauer darstellen.

4.) Beschreibung der alten Abwasseranlage

Die Ruwel AG mit Sitz in Geldern verfügte über eine ältere Anlage zur Behandlung der Produktionsabwässer, die nach der Sulfidfällung arbeitete. Von den einzelnen Produktionsmaschinen wurden die Abwässer in Gruben gesammelt, bevor sie in je einen Sammel-tank für saure oder alkalische Abwässer gepumpt wurden. Die Trennung der Abwässer erfolgte nur nach dem pH-Wert. Für konzentrierte Prozesslösungen, weiter Konzentrate genannt, standen extra Tanks bereit. Die Aufarbeitung der Konzentrate wurde im wesentlichen extern durchgeführt. Die Bearbeitung der sauren und alkalischen Abwässer erfolgte als Chargenbehandlung in einem 17 m³ fassenden Behandlungsbecken, wobei als Hauptfracht Kupfer gefällt wurde.

4.1) Behandlung der sauren Abwässer

Die meisten der bei der Leiterplattenproduktion anfallenden Abwässer sind sauren Charakters. Wegen der Anwesenheit von Komplexbildnern im Abwasser wurde die Fällung des Kupfers als Kupfersulfid durchgeführt. Das Sulfid wurde im Überschuss als Natriumsulfid zugegeben. Dieser Überschuss wurde mit Kalium/Natriumtartrat, Natronlauge und Bleiacetat als Reagenz nachgewiesen. Zu seinem Abbau wurde entsprechend EisenIII-Chlorid zugegeben. Mit Kalkmilch konnte der pH-Wert wieder bis 8,5 angehoben werden. Anschließend wurde Flockungshilfsmittel zugegeben und das Oberwasser abgepumpt. Für beide Arten der Abwässer wurde der sich bildende Schlamm, durch die Filterpresse abgepumpt und entwässert.

4.2) Behandlung alkalischer und resistbeladener Abwässer

Mit Resist ist eine aus Acrylaten bestehende fotosensitive Folie gemeint, die in der Leiterplattenfertigung auf Basismaterialzuschnitte laminiert wird und mit UV-Strahlung belichtet wird. Nach der Fertigung wird die Folie mit alkalischen Lösungen abgewaschen, und muß anschließend entsorgt werden. Zu dem eingeleiteten Abwasser wurden im Behandlungsbecken EisenIII-Chlorid zugegeben und der pH-Wert mit Salzsäure auf 3 abgesenkt. Abschließend wurde Calciumchlorid zugesetzt. Kalk und Eisen dienen dazu, die Flocke des erhaltenen Niederschlages zu vergrößern. Nach Rühren wurde der pH-Wert mit Kalkmilch wieder auf 8,5 angehoben. Bevor das Flockungshilfsmittel zugegeben wurde, mußte durch eine Probe die Vollständigkeit der Fällung nachgewiesen werden. Andernfalls wurde der Vorgang wiederholt.

An dieser Stelle sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die resisthaltigen und die alkalischen Abwässern zusammen behandelt wurden und keine eigene Entsorgungsprozedur durchliefen. Der Nachteil an diesem Verfahren war, daß an den Tüchern der Kammerfilterpresse häufig die Poren verstopft waren, was wiederum ein starkes Nachlassen der Filterwirkung bedeutete. Nur ein Wechsel der Tücher und eine anschließende Reinigung konnten dann Abhilfe schaffen.

Durch die Bearbeitung der resisthaltigen Abwässer in der gleichen Anlage erhöhte sich zwangsläufig auch der gesamte Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff (TOC) des Schlammes. Abgesehen davon, daß die Qualität des Schlammes abnimmt, konnte die Substanz nur nach Behandlung mit Aktivkohle auf einer Deponie entsorgt werden. Bei jeder Anlieferung war dieser Parameter zu überprüfen. Der Schlamm stellte zu 100 % Abfall zur Beseitigung dar. Dieses bis 1999 durchgeführte Verfahren erforderte einen hohen Verbrauch an Chemikalien. Im einzelnen waren dies Natronlauge, Salzsäure, Wasserstoffperoxid, Fällungsmittel Optifloc, Eisenchlorid, Kalkhydrat, Aktivkohle und Schwefelnatrium. Eine zahlenmäßige Aufstellung findet sich in Kapitel 6.

4.3) Behandlung der Konzentrate

Schwermetallhaltige Abwässer im wesentlichen kupferhaltig wurden durch Zumischung zu den Spülwässern entsorgt. Andere Konzentrate wie Nickellösungen aus der chemischen Vernickelung und salpetersäurehaltige Lösungen aus dem Gestellstripper wurden an externe Verwerterbetriebe abgegeben.

4.4) Kreislaufwasseranlage / Filterpresse

Ein wichtiger Bestandteil der Wasserversorgung einer modernen Produktionsstätte ist die Versorgung mit Kreislaufwasser. Die Kreislaufführung des Betriebswassers würde unbehandelt zur Aufsalzung führen. Deshalb müssen die Betriebswässer über eine Ionenaustauscheranlage gereinigt werden. In der alten Halle waren daher noch insgesamt drei Einheiten (Straßen) von Doppelstockfiltern (Kies / Kohlefiltern) mit nachgeschalteten Ionenaustauschern (Anion und Kation), wobei der Anionenaustauscher sich in schwach und stark basisch aufteilt installiert, die das für die Produktion notwendige Kreislaufwasser aufbereitete. Erdrückend waren dabei die Abmessungen der Filter und Austauscher. Mit einer Standhöhe von über zwei Metern, 1 m² Filterquerschnitt und einem Volumen von 2 m³ verbrauchten sie eine große Menge Platz. Die Filterpresse verfügte über 16 Platten (800 x 800 mm²) und einem Betriebsdruck von 15 atü.

5.) Beschreibung der neuen Abwasseranlage

Grundgedanke der neuen Anlage ist eine strikte Trennung des Gesamtabwassers in einzelne Abwasserteilströme. Das Abwasser aus der Produktion wird dabei in 5 verschiedene Einzelströme aufgeteilt, um es jeweils separat zu behandeln. Dies sind im Einzelnen :

- 5.1 Abwässer aus der Resistentfernung
- 5.2 Regenerate, unbelastete Spülwässer und Kühlwässer
- 5.3 saure kupferhaltige Spülabwässer
- 5.4 alkalische kupferhaltige Spülabwässer
- 5.5 Komplexhaltige Abwässer, Konzentrate

5.1 Abwasser aus der Resistentfernung

Der erste eigenständige Strang ist das Abwasser aus der Resistentfernung. Hier wird die Ausfällung des Trockenfilmresists aus entsprechenden Abwässern vom Entwickler im Bereich Fotodruck und der Stripplinie in der Ätzerie durchgeführt. Der abgetrennte Resist wird dann einer thermischen Verwertung zugeführt. Die verfahrenstechnische Neuerung besteht darin unter den prozessbedingten starken Schwankungen, stabile Betriebsbedingungen für die Koagulation des Resists einzustellen.



Bild 1 Reaktionsbehälter und Bandfilter der Resistbehandlungsanlage

Im Werk werden verschiedene Fotoresiste eingesetzt, was zu komplexen Mischungsverhältnissen führen kann. Die Abwässer werden separat gesammelt und in einer Chargenneutralisation (5 m³ Volumen) durch Schwefelsäure auf einen pH-Wert von 2,5 eingestellt. Die Resistpartikel werden über einen Bandfilter abgetrennt. Wenn die Filtrationswirkung des Filters nachlässt, erfolgt ein automatischer Bandvorschub. Das Filtrat wird in einem Vorratstank aufgefangen und von dort in die Durchlaufneutralisation gepumpt.

Erste Versuche mit dem Resist fielen negativ aus, da der Resist nicht filtrierbar war. Es entstand kein vernünftig abfiltrierbarer Resistschlamm, sondern ein klebriger Resistklumpen. Dieser Resistklumpen lagerte sich an das Rührwerk an. Durch die Belegung des Rührwerkes bestand die Gefahr, daß Behältereinrichtungen durch die Unwucht des Rührers beschädigt wurden.



Bild 2 Ergebnisse falscher und richtiger Resistfällung

Im Bild ist links ein korrekt über einen Bandfilter filtrierter Resistteppich abgebildet. Das rechte Knäuel ist ein Ausschnitt des verklebten Resistes. Diese Form bildet sich, wenn die Flocken bereits im Behandlungsbecken zusammenkleben und dann nicht über den Bandfilter abtrennbar sind.

Zudem wurde eine Behandlungsdauer von mindestens 7 Stunden festgestellt was einer Abwassermenge von 700 l/h entspricht. Es mussten jedoch $1,5 \text{ m}^3 / \text{h}$ bearbeitet werden können.

Zusammen mit der Fa. Kluthe (Heidelberg) wurden mehrere Entklebungsmittel getestet, die eine Verklumpung verhindern sollen. Als Ergebnis der Testreihen konnte ein Entklebungsmittel erhalten werden, mit dem die Resistflocken aus dem Reaktionsbehälter auf den Bandfilter gepumpt werden können. Bedingt durch den Einsatz des Entklebungsmittel wird auch die Behandlungszeit gesenkt, um die erforderliche Menge an Abwasser bewältigen zu können

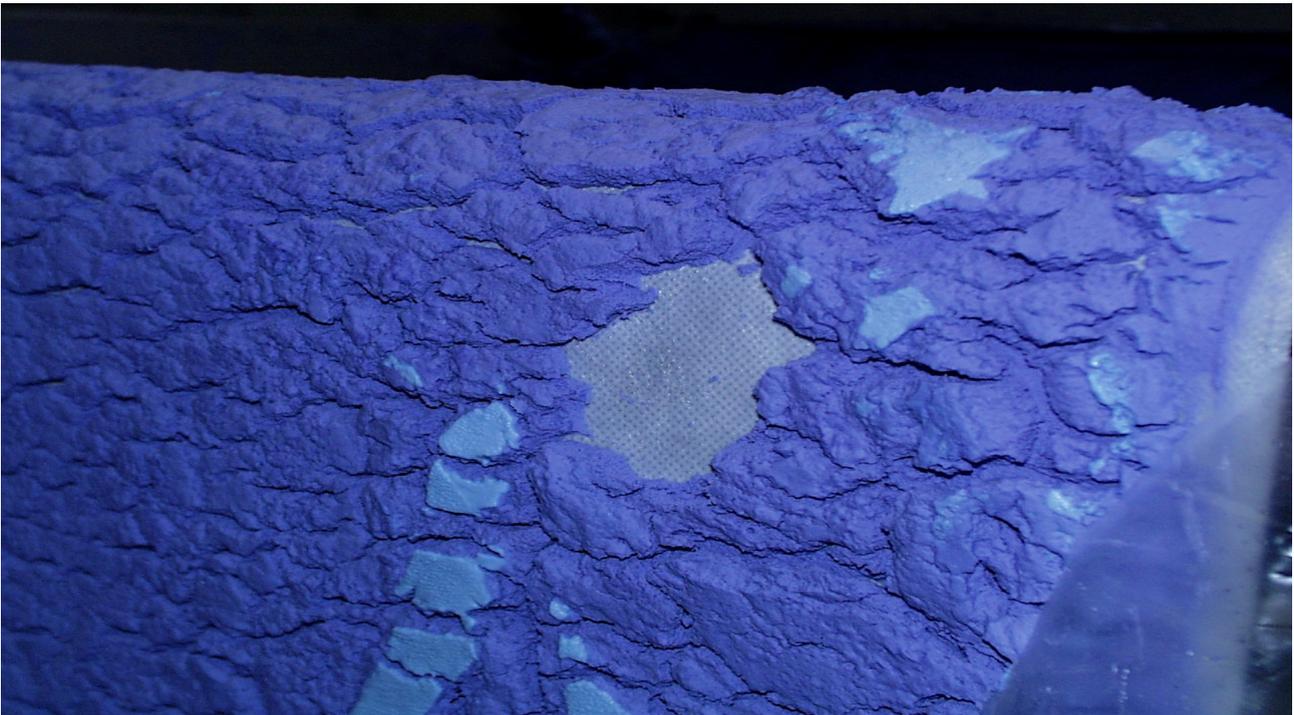


Bild 3 Resistkuchen auf dem Bandfilter

Das Verfahren hat innovativen Charakter, da die Aufbereitung keine Vorbereitung der Abwässer erfordert, sondern auch bei den stetig schwankenden Produktionsbedingungen gelingt. Die Wässer stammen aus dem Entwickler (Fotodruck) wo mit einer Natriumcarbonatlösung die unpolymersierten Teile des Resist abgewaschen werden. Diese Strukturierung der Leiterplatte liefert aus verschiedenen Gründen (Lay Out, Dicke, Resisttyp usw.) immer andere Zusammensetzungen und Konzentrationen des Abwassers. Es muß herausgestellt werden, daß die Aufbereitung eben auch unter diesen stetig schwankenden Bedingungen funktioniert. Die getrennte Behandlung der Fotoresiste nur mit Säure ermöglicht eine wesentlich chemikalien – und schlammärmere Betriebsweise. Es entsteht lediglich der reine Resisttschlamm. Durch den Verzicht auf Kalkmilch erreicht der Schlamm einen Heizwert von 6000 KJ/kg , wobei der Grund in dem hohen Wassergehalt von 65 %

liegt. Aufgrund der Abwesenheit von Schwermetallen sind jedoch die Kosten für die Entsorgung (Verbrennung) deutlich günstiger als bei der alten Anlage.

5.2 Regenerate, Unbelastete Spülabwässer und Kühlwässer

In einem zweiten Strang werden unbelastete Spülabwässer, Kühlwässer und Regenerate aus der VE- und Enthärtungsanlage behandelt, die aufgrund ihrer sehr geringen Schwermetallgehalte keiner Fällung von Schadstoffen unterzogen werden müssen, sondern lediglich zu neutralisieren sind. Dies geschieht in einer Durchlaufneutralisation (Einstellen pH-Wert auf ca. 8) anschließend wird das Abwasser noch über einen Mehrschichtfilter und einen Selektivaustauscher gegeben, bevor es abgeleitet wird.

5.3 / 5.4 Kupferhaltige saure und alkalische Spülabwässer

Diese Abwässer, im wesentlichen kupferhaltig, erfahren im dritten Strang auch in der neuen Anlage eine Chargenbehandlung. Dabei können alkalische und saure Abwässer vermischt werden und somit bereits für die pH Wert Einstellung genutzt werden. Nach der Behandlung setzt sich der Schlamm im Sedimenter ab. Das Oberwasser wird über die Durchlaufneutralisation und Selektivfilteranlage abgeführt, der Schlamm wird in der Kammerfilterpresse entwässert und ist in dieser Form für die Verwertung in einer Metallhütte geeignet. Damit sind alle bei der Entsorgung anfallenden Stoffe wiederverwertbar.

Aufgrund der konsequenten Abtrennung aller komplexhaltigen Teilströme von den übrigen NE-metallhaltigen Teilströmen müssen die Schwermetalle in der neuen Anlage nicht mehr als Sulfide gefällt werden, sondern es reicht eine normale Hydroxidfällung.

Diese Hydroxidfällung wird weitgehend mit Natronlauge durchgeführt. Der Einsatz von Kalkmilch wird dadurch herabgesetzt. Dies vermindert zusätzlich die Schlammmenge und auch eine Kristallisation von Calciumsulfat an den Filtertüchern der Kammerfilterpresse. Durch diese Maßnahmen kann der prozentuale Anteil Kupfer im Schlamm erhöht werden, so daß der Schlamm in einer Metallhütte zur Verwertung abgenommen wird.

Für die NE-metallhaltigen Teilströme, die teils alkalische und teils sauer sind steht je ein 26 m³ fassender Sammelbehälter zur Verfügung. Im Behandlungsbehälter können aber die Abwässer zusammen behandelt werden. Durch diese getrennte Speicherung von sauren und alkalischen Abwässern wird der Betrieb der Anlage so gesteuert, daß eine gegenseitige Neutralisation ausgenutzt werden kann.

Nach dem Befüllen des 21 m³ fassenden Reaktionsbehälters wird wenn nötig, die Charge mit Salzsäure unter einen pH von 2,4 angesäuert. Anschließend werden Peroxide durch

Zugabe von Natriumhydrogensulfit zerstört. Die Zugabe wird mit einer Messung des Redoxpotentials überwacht. Zielwert ist ein Wert unter 250 mV. Die vollständige Zerstörung der Peroxide wird mit einem Schnelltest beim Analysenstopp überprüft. Nach Zugabe von EisenIII-Chlorid wird zuerst mit Natronlauge auf einen pH-Wert von 6,5 und anschließend mit Kalkmilch bis zu einem pH-Wert von 9 alkalisiert.

Die Charge wird anschließend in einen Sedimenter (26 m³ Volumen) gepumpt. 12 Minuten nach Start dieser Umpumpaktion wird im Sedimenter Flockungshilfsmittel dazugegeben. Im Sedimenter erfolgt das Absetzen des Schlammes mit einer überstehenden Klarphase. Der Trichterboden der Sedimenter ermöglicht es, nach der Absetzzeit, die Hauptmenge des Volumens (ca. 80 %) als Klarphase in die Durchlaufneutralisation (5 m³ Volumen) ablaufen zu lassen.

Letztere wird in die Durchlaufneutralisation abgelassen und über eine Selektivtauschanlage in die Kanalisation abgeleitet. Der Schlamm wird über die Kammerfilterpresse entwässert.

Bei ersten Untersuchungen des Schlammes konnte ein Kohlenstoffgehalt von unter 5 % in der Originalsubstanz nachgewiesen werden, und ein TOC Wert im Eluat von 31,5 mg/l was den Schlamm im Gegensatz zum bisherigen Sulfidschlamm auch ohne Aktivkohlebehandlung deponietauglich macht. Aufgrund der spezifischen Eigenschaften, die der Schlamm durch spezielle Techniken der Abwasserreinigung erhält, ist eine stoffliche Verwertung wirtschaftlich und technisch möglich, so dass er heute zu 100 % einen Abfall zur Verwertung darstellt.

In der Optimierung der Chargenbehandlung wurden Maßnahmen ergriffen, um die Kapazitäten im Bereich der Sedimentation zu erhöhen. Es wurden Verbesserungen in der Absetzphase durchgeführt, da der Schlamm nicht schnell genug durch die Filterpresse abgepumpt werden konnte. Bei den ersten Behandlungen wurde eine Behandlungsdauer der Charge von mindestens 4 Stunden ermittelt, was eine Abwassermenge von 5-6 m³ bedeutete. Um einen Produktionsstopp zu vermeiden musste die Behandlungsdauer verkürzt werden.

Die Behandlung wurde durch eine zweite Pumpe zur Zugabe von Natronlauge beschleunigt, um die Zeit der pH-Wert Einstellung zu verkürzen. Das für die Fällung notwendige pH-Wert Arbeitsfenster kann dadurch schneller erreicht werden. Als weitere Maßnahme wurde in den Sedimenter ein Heber installiert. Durch den Einsatz des Hebers kann der Bereich des Oberwassers unterhalb des Ablaufes zur Durchlaufneutralisation abfließen.

Dieses Wasser musste vorher über die Filterpresse gefahren werden, da der Durchlauf zu hoch angebracht worden war.

Als dritte Maßnahme wurde im Bereich Flockungshilfsmittel experimentiert. Die Zugabe geschieht nun zeitverzögert im Sedimenter. Vorher wurde das FHM bereits im Reaktionsbehälter zugegeben, wobei im Umpumpvorgang zum Sedimenter die Flocke wieder zerstört wurde. Auch dies trägt zur Beschleunigung der Sedimentation bei.

5.5. Komplexhaltige Abwässer

Die komplexhaltigen Abwässer werden derzeit noch in der bestehenden alten Anlage behandelt bzw. extern entsorgt. Komplexierungsmittel kommen in der Fertigung lediglich in der chem. Verkupferungslinie vor. In allen anderen Bereichen der Fertigung sind sie weitgehend substituiert worden. Die geringe Restmenge an komplexhaltigen Abwasser erlaubt es eine spezielle Abwasseranlage zu errichten, mit der sichergestellt wird, dass in Zukunft kein Komplexbildner abgeleitet wird.

5.6. Technische Daten Abwasseranlage

In der neuen Anlage werden die in der nächsten Tabelle dargestellten Abwassermengen bearbeitet.

Abwasserteilstrom	Mengenangabe
Abwasser aus der Resistentfernung	5 m ³ / Charge 5 Chargen pro Tag
Kupferhaltige Abwässer sauer / alkalisch	21 m ³ / Charge 14 Chargen pro Tag
Unbelastete Spülabwässer, Kühlwässer	80 m ³ / Tag direkt abgeleitet
Komplexhaltigen Abwässer	17 m ³ / Charge 1 Charge pro Tag

Tabelle 3 Abwassermengen in der neuen Anlage

In der Summe verlassen ca. 400 m³ pro Tag gereinigtes Abwasser die neue Halle.

Durch den Wegfall von Schwefelnatrium, Aktivkohle und Wasserstoffperoxid werden im Chemikalienverbrauch Einsparungen erzielt. Sie werden im Kapitel 6 genauer dargestellt. Die Umweltentlastung wird gesteigert, weil der anfallende Mischschlamm aus Resist- und

Sulfidschlamm der alten Anlage nicht mehr anfällt und somit auch nicht mehr deponiert werden muß.

In den Neubau wurden gleichzeitig weitere Funktionselemente integriert.

Die Chemikalienversorgung der Firma wurde durch Aufstellen einer Tankanlage neu geordnet. Die sich daraus ergebenden Vorteile sind die erhöhte Sicherheit durch Zusammenfassung der bisherigen Chemikalienbereiche, die Entkopplung der Anlieferung vom übrigen Werksverkehr und die Befüllung bzw. Entleerung der Tanks auf gesichertem Boden. Vorteile in puncto Arbeitssicherheit sind separate Anschlüsse in einem Befüllschrank durch den die Chemikalie in den jeweiligen Lagertank gefüllt werden kann. Eine Vermischung ist daher ausgeschlossen. Für Leckagen steht ein überwachter Pumpensumpf zur Verfügung. Feste Gebinde können ebenfalls durch eine seitliche Ablademöglichkeit vom LKW in der Halle entladen werden.

Für die betriebliche Wasserversorgung mit Kreislaufwasser steht ein leitfähigkeitsüberwachter Vorlagebehälter zur Verfügung. Hier werden die recycelbaren Wässer gesammelt und durch eine automatische Wassernachspeisung ergänzt. Die Wässer werden anschließend über einen Sicherheitsfilter den Ionenaustauschern zugeführt.



Bild 4 Regenerationsanlage Kreislaufwasser

Die Gegenstromregeneration in Kombination mit Reihen-Wechsel Schaltung und einer Wassersparschaltung an den Anionenaustauschern sorgt für optimale Chemikalienaus-

nutzung und niedrige Betriebskosten. Die Nachschaltung des jeweils frisch regenerierten Austauschers sorgt für hohe Wasserqualität. Diese Regeneration erfolgt automatisch, wobei die Regenerate in den Mischwasserspeicher geführt werden. Die jeweilige andere Säule steht der Produktion zur Verfügung. In Zahlen ausgedrückt bedeutet dies eine stündliche Leistung von $17 \text{ m}^3/\text{h}$. Die Anionenaustauscher kommen mit einer Harzmenge von 550 Litern aus und haben einen Filterdurchmesser von 768 mm. Die Kationenaustauscher sind bei gleichem Durchmesser mit insgesamt 690 Litern Harz gefüllt.

Die Filtration vor den Austauschern übernimmt ein Mehrschichtfilter. Dieser enthält aufgeschüttet grob bis feinkörnigen Kies und Hydro-Anthrasit. Dies ist durch eine Verbesserung der Harzeigenschaften und eine Verminderung der organischen Fracht der Produktionsabwässer gegeben. Bei einem Durchmesser von 1074 mm und einem Volumen von 1360 Litern enthält er 600 kg Kies. Auch die Anlagen zur Produktion von vollentsalztem und enthärtetem Wasser wurden in die neue Halle integriert. Die gesamte Anlage wird über einen PC gesteuert. Einzelne Prozesse werden dabei zeitmäßig überwacht. Ebenso kann der Flüssigkeitsstand in den Tanks über Schwimmer überwacht werden. Störungen werden so direkt lokalisiert und behoben.



Bild 5 Gesamtübersicht

Die Anlage und ihre Tanks sind überwiegend aus PP, PE und PVC hergestellt worden. Alle Vorrats- und Behandlungstanks sind niveauüberwacht. Bei allen Behandlungen werden der pH-Wert und der Redoxwert kontrolliert. Am Schaltschrank ist ein 6-Farbenpunkt-schreiber für die kontinuierliche Erfassung der Messwerte eingebaut worden. Alle Fehlermeldungen laufen akustisch und optisch auf dem Leitrechner auf. An den Lagertanks befinden sich Leckagesensoren. Eine Überschreitung der Grenzwerte an der Endkontrolle führt zum sofortigen Einleitungsstopp.

Eine zusammenfassende Übersicht über den Ablauf in der neuen Anlage ist in dem folgenden Verfahrensfliessbild dargestellt.

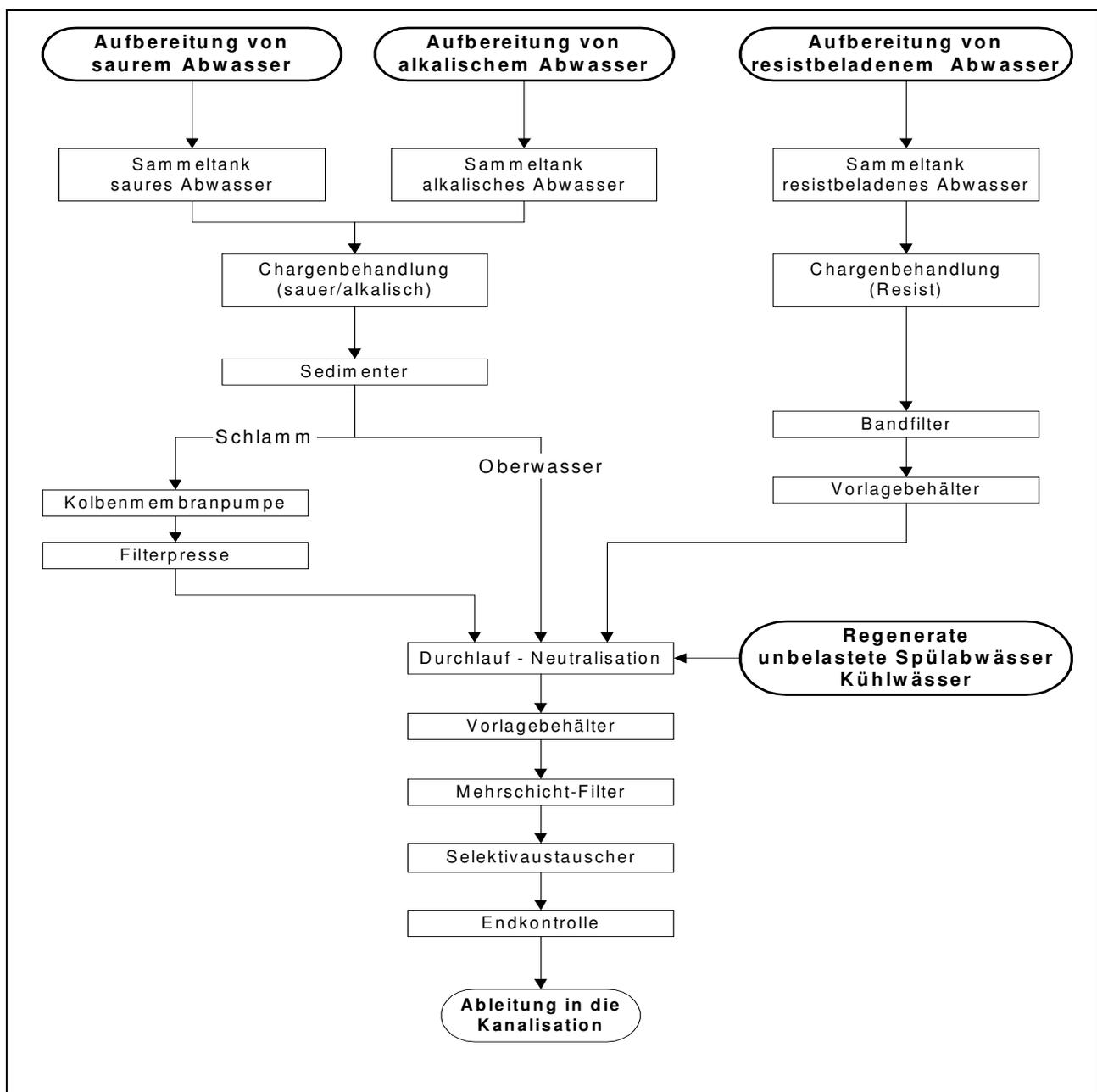


Diagramm 1 Ablaufdiagramm der neuen Anlage

Die Anlage wurde bis zum 28. Februar 2000 baulich fertiggestellt. Direkt danach schlossen sich vier Wochen der Inbetriebnahme durch die Herstellerfirma an. Die Ver- und Entsorgung der Produktion läuft seit Juni 2000 über die Anlage. Insgesamt wurden 3 Mio. DM investiert. Im Anhang findet sich auch eine Gesamtdarstellung der Halle.

6.) Einsparungen, Verbräuche, Kosten

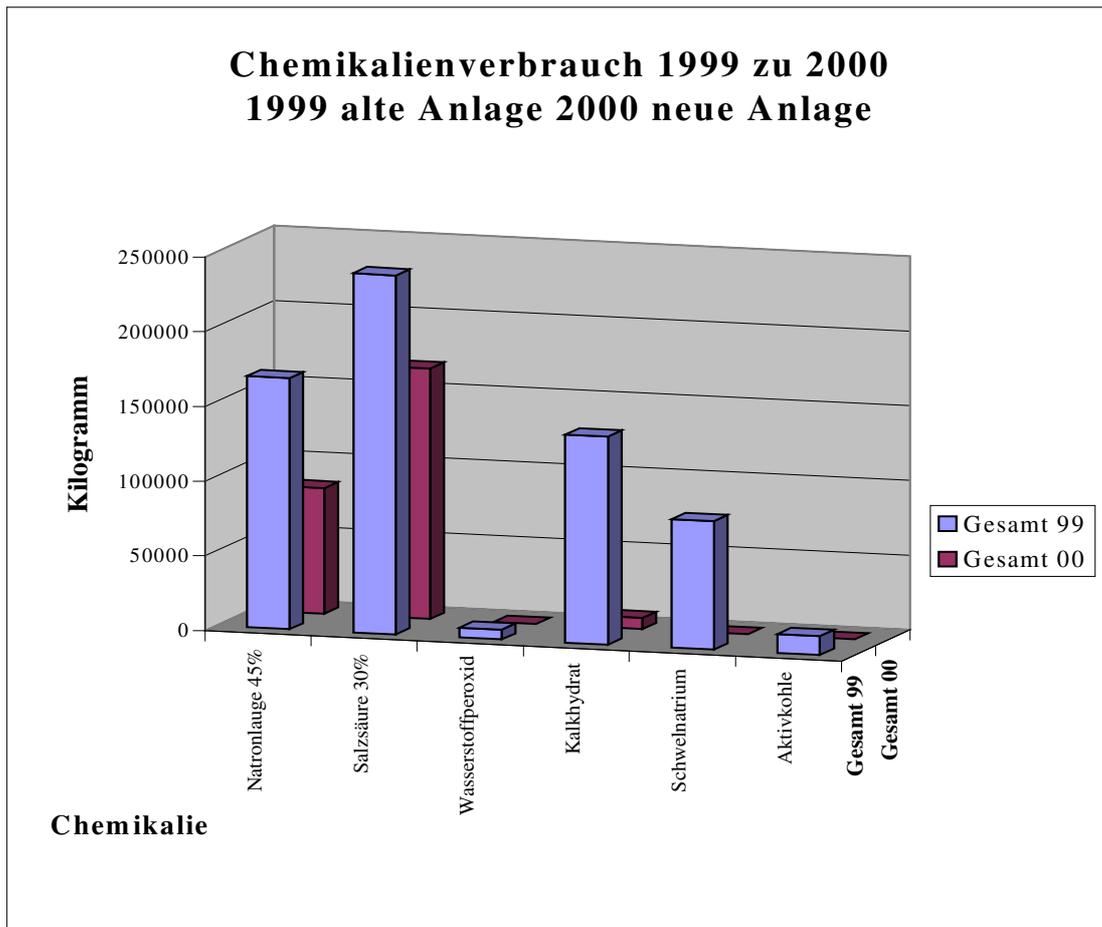


Diagramm 2 Chemikalienverbrauch 1999 / 2000

In einem kaufmännischen Vergleich der beiden Anlagen bietet sich an erster Stelle eine Betrachtung der Chemikalienverbräuche an, die für die Entgiftung eingesetzt werden. Sie ist für die Jahre 1999 und 2000 im vorigen Diagramm dargestellt. Es ergeben sich Einsparungen bei den für die Sulfidfällung notwendigen Chemikalien, da sie nicht mehr anfallen. Der Anstieg von EisenIII-Chlorid und Natriumbisulfit ist noch vorläufig. Hier ist noch weitere Entwicklungsarbeit zu leisten, um den Anteil der Chemikalien zu senken und damit auch die Menge an Hydroxidschlamm. Es ist in der Überlegung, die beiden Chemikalien zum Beispiel durch EisenII-Sulfat zu ersetzen.

Interessant für den Betrieb der neuen Anlage sind die Mengen an Schlamm der bei der Entsorgung der Abwässer entsteht. Sie stieg in den Jahren von 216 Tonnen (1996) auf 390 Tonnen (2000) Die Werte beziehen sich auf das angelieferte Nassgewicht des Schlammes. Der Punkt gewinnt an Bedeutung wenn man gleichzeitig die Produktionssteigerung mit einbezieht.

Bei einer entsprechenden Normierung ergeben sich für 1 m² Leiterplatte :

Jahr	Schlamm [kg/m ²]	Schlamm Trockenmasse [kg/m ²]
1996	1,65	1,0
1997	1,78	1,2
1998	1,60	1,1
1999	1,50	0,9
2000	1,37	0,6

Tabelle 4 Schlamm / m² Leiterplatte

Die Tabelle zeigt eine Schlammreduzierung trotz Produktionssteigerung (11 %) im Jahre 2000. Die Reduktion der Schlammmenge könnte sicher noch deutlicher ausfallen, ist aber durch den hohen Wassergehalt des Schlammes begrenzt. Die Berechnung der Trockenmasse erfolgte mit einem durchschnittlichen Wert von 43 % gegenüber dem Nassgewicht. Inzwischen hat sich durch den Wegfall der alten Entsorgung die Schlammmenge auf 500 Tonnen im Jahr eingestellt. Daraus kann ein in der folgenden Tabelle dargestellter Kostenvergleich aufgestellt werden.

	Deponie	Transport	Verwertung	Transport
alte Anlage	- 48000 DM	- 13000 DM	.-.	.-.
neue Anlage	.-.	.-.	+ 60000 DM	- 50000 DM
Summe	- 61000 DM		+ 10000 DM	
Differenz	+ 71000 DM			

Tabelle 5 Erlös durch Schlammvergütung (- bedeutet Zuzahlung + bedeutet Vergütung)

Bisher hat der Schlamm im Jahr Deponie- und Transportkosten von 61000 DM verursacht. Diesen steht jetzt ein Plus von 10000 DM gegenüber, das hauptsächlich aus der Vergütung des Hydroxidschlammes erzielt wird. Die Differenz von 71000 DM kann schließlich als Gewinn gutgeschrieben werden.

Auch bei den Betriebskosten der Anlage können Einsparungen erreicht werden. Wenn man die Kosten der bei der Entgiftung zugegebenen Chemikalien entsprechend addiert, erhält man die in der folgenden Tabelle angegebenen Kosten zur Entsorgung von jeweils 1 m³ der jeweiligen Abwasserart.

	saures Abwasser	alkalisches Abwasser
alte Anlage	0,73 DM	2,83 DM
neue Anlage	1,19 DM	

Tabelle 6 Behandlungskosten Abwasser

Der Vorteil saure und alkalische Abwässer zusammen zu entsorgen macht sich hier sehr positiv in den Betriebskosten bemerkbar. Da viel mehr saure Abwasserbehandlungen als alkalische durchgeführt wurden, konnten die Abwasserströme nicht schon früher zur Einstellung des pH-Wertes genutzt werden. Weitere Betriebskosten sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst :

	alte Anlage	neue Anlage
Chemikalienkosten	170000 DM / Jahr	100000 DM / Jahr
Anzahl Entsorgungen / Tag	8 saure 4 alkalische	14 Entsorgungen
Instandhaltung Wartung	intensiv	gering
Personalaufwand bei der Pressenreinigung	groß, mindestens drei	klein, eine Person ausreichend

Tabelle 7 Darstellung der Betriebskosten

Neben dem Erlös aus der Schlammverwertung konnten auch die Chemikalienkosten gesenkt werden. Dabei muß beachtet werden, daß mit weniger Entsorgungen pro Tag ca. 200 m³ mehr Abwasser abgeleitet wird als früher in der alten Anlage. Zudem wurde die alte Anlage sehr wartungsintensiv. Jedes Problem bei der Chargenbehandlung zog automatisch einen Produktionsstopp nach sich, da die Charge erst abgepumpt und extern entsorgt werden mußte.

Gleichzeitig konnte der Personalstamm reduziert werden, da die komplette Anlage nun von einem einzigen Mann bedient werden kann. Früher mußten zur Pressenreinigung drei Mitarbeiter vorgehalten werden.

Dies kann folgendermaßen zusammengefaßt werden :

Erlös	Vergütung Schlamm	70.000 DM
	Chemikalienkosten	70.000 DM
	Personalkosten (2 Mitarbeiter)	100.000 DM
	Instandhaltung Sicherheit (geschätzt)	<u>100.000 DM</u>
	Summe	340.000 DM

Die Anlage rentiert sich daher in 8 Jahren.

7.) Qualität

Gleichzeitig konnten Verbesserungen in der Qualität der Abfälle erhalten werden. Die Tabellen geben eine Übersicht über die Konzentrationen der verschiedenen Inhaltsstoffe von Schlamm und Abwasser. Alle Ergebnisse sind von einem unabhängigen Labor ermittelt worden. [4]

Parameter	alte Anlage	neue Anlage
Trockenrückstand Original	42,9 %	21 %
Glühverlust Original	26,6 %	14,19 %
pH Wert	6,58	7,6
Leitfähigkeit	2250 µS/cm	8560 µS/cm
TOC Eluat	41,1 mg/l	31,5 mg/l
Kupfer	0,07 mg/l	1,5 mg/l
Nickel	0,45 mg/l	0,026 mg/l
Zink	0,02 mg/l	0,010 mg/l
Cadmium	< 0.01 mg/l	< 0,0005 mg/l
Fluorid	< 0,2 mg/l	0,25 mg/l
Cyanid	< 0,1 mg/l	< 0,1 mg/l
Arsen	< 0,1 mg/l	< 0,004 mg/l

Tabelle 8 Analysenwerte Schlamm

Auch für das in die Kanalisation abgeleitete Wasser wurden Untersuchungen durchgeführt.

Parameter	alte Anlage	neue Anlage
pH Wert	8,6	7,9
Chlorid	1360 mg/l	397 mg/l
ges. Stickstoff	185 mg/l	130 mg/l
Kohlenwasserstoffe	0,03 mg/l	0,0085 mg/l
AOX	0,42 mg/l	0,07 mg/l
Nickel	0,23 mg/l	< 0,010 mg/l
Zinn	< 0,01 mg/l	< 0,01 mg/l
Kupfer	0,5 mg/l	0,016 mg/l
Abfiltrierbare Stoffe	3,6 mg/l	< 2,0 mg/l

Tabelle 9 Analysenwerte Abwasser

Technische Daten gibt die Tabelle 10 wieder. Alle Zahlen gewinnen noch zusätzlich an Bedeutung, wenn man gleichzeitig den stetig fallenden Verbrauch an Wasser pro m² produzierter Leiterplatte betrachtet. Von einem Verbrauch von 685 Liter / m² Fläche im Jahr 1994 konnte der Verbrauch bis 2000 stetig auf 565 Liter / m² Fläche gesenkt werden.

8.) Diskussion und Vorausschau

Das Wasserhaushaltsgesetz WHG und seine Verordnungen, vor allem die Anlagenverordnung VAWS, verlangen einen Betrieb und eine Beschaffenheit der Abwasserbehandlungsanlage, damit eine Verunreinigung von Gewässern nicht zu besorgen ist. Damit dieser Besorgnisgrundsatz erfüllt werden kann, ist nicht nur nach den anerkannten Regeln der Technik zu verfahren, sondern ist der Stand der Technik auszunutzen. Die Anlage der Ruwel AG in Geldern geht einen Schritt weiter und stellt im Moment die beste verfügbare Technik dar. Damit werden die gesetzlichen Vorgaben deutlich übertroffen. Gleichzeitig konnte auch im Bereich der alkalischen resisthaltigen Abwässer ein neues innovatives Verfahren eingeführt werden.

Da die Entwicklung auch in der Leiterplattenfertigung nicht Halt macht, müssen nach Fertigstellung doch wieder komplexhaltige Abwässer entsorgt werden. Die Bearbeitung von Abwässern mit weichen Komplexmitteln kann in der neuen Anlage nicht durchgeführt wer

Parameter	alte Anlage	neue Anlage
Reaktionsbehälter Charge	17 m ³	21 m ³
Reaktionsbehälter Resist	nicht vorhanden	5 m ³
Sedimentationsbehälter	nicht vorhanden	26 m ³
Kammerfilterpresse	Volumen :160 Liter Filterfläche 41 m ² Kuchenstärke : 20 mm Kammergröße : 800 mm Kammeranzahl 64 Filtrationsdruck 15 atü	390 Liter 32 m ² 25 mm 630 mm 50 12 bar
Selektivtauscheranlage	Filterdurchmesser 1080 mm Filterfläche 0,92 m ² Harzmenge 1500 Liter Leistung 30 m ³ /h	768 mm 0,44 mm ² 550 – 690 Liter 27 m ³ /h
Mehrschichtfilter	Filterdurchmesser 1180 mm Filterquerschnitt 1,1 m ² Leistung 30 m ³ /h Spülzeit 40 min Filtergeschwindigkeit 27,2 m/h Spülgeschwindigkeit 25 mh Spülluftgeschwindigkeit 75 m/h	1074 mm 0,9 m ² 27 m ³ /h 20 min 18,9 m/h 27 m/h 75 m/h
Kreislaufwasseranlage	Leistung 50 m ³ /h Betriebsdruck 6 bar	18 m ³ /h 6 bar
Enthärtungsanlage	15 m ³ /h	25 m ³ /h
VE – Anlage	Leistung 5 m ³ /h	6 m ³ /h
Kolbenpumpe	Leistung 10 m ³ /h	3 m ³ /h

Tabelle 10 tech. Vergleich der Anlagen

den, da die komplexierten Metalle über das Hydroxidverfahren nicht gefällt werden können. Harte Komplexmittel wie EDTA werden in der Fertigung schon seit Jahren nicht mehr eingesetzt.

Nach Einführung der neuen chemischen Verkupferungslinie müssen aber wieder verstärkt komplexhaltige Abwässer entsorgt werden. Aus diesem Grund befindet sich eine Abwasserbehandlungsanlage mit Osmose und Verdampfer in Planung und Bau. Geplant ist es, die Lösung durch Umkehrosmose einzuengen und anschließend über einen IR Verdampfer zu leiten. Bis zur Fertigstellung und Inbetriebnahme des Verfahrens müssen diese Abwässer noch in der alten Anlage über das Sulfidverfahren entsorgt werden. Aber noch in diesem Jahr wird auch diese Lücke geschlossen, so daß die Abwasserentsorgung der Ruwel AG nach modernsten Gesichtspunkten durchgeführt wird und sämtliche Stoffe einer Wiederverwertung zugeführt werden.

9.) Literatur und Quellenangabe

- [1] Peter Winkel Wasser und Abwasser 2. Auflage Leuze Verlag Saulgau 1992
- [2] Betriebshandbücher der Fa. Philip Müller Hager und Elsässer
- [3] Antrag zur behördlichen Genehmigung 15.12.2000
- [4] Untersuchungsberichte der Fa. Chemo Consulting Kamp Lintfort

Anhang

Tabelle 1 Anforderungen nach den allgemeine anerkannten Regeln der Technik für die metallverarbeitende Industrie

Parameter	Herkunftsbereiche	2-Std.-Mischprobe oder qualifizierte Stichprobe ¹⁾											
		Galvanisierbetriebe	Beizeereien	Anodisierbetriebe	Brünierereien	Feuerverzinkereien	Wärmebehandlungsbetriebe	Leiterplattenhersteller	Batteriehersteller	Emallierbetriebe	Mechanische Werkstätten	Gleitschleifereien	Lackierbetriebe
Aluminium	mg/l	3	3	3	–	–	–	–	–	2	3	3	3
Stickstoff aus Ammoniumverbindungen	mg/l	100	30	–	30	30	50	50	50	20	30	–	–
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	mg/l	400	100	100	200	200	400	600	200	100	400	400	300
Eisen	mg/l	3	3	–	3	3	–	3	3	3	3	3	3
Fluorid	mg/l	50	20	50	–	50	–	50	–	50	30	–	–
Stickstoff aus Nitrit	mg/l	–	5	5	5	–	5	–	–	5	5	–	–
Kohlenwasserstoffe	mg/l ²⁾	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Phosphor	mg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2-Std.-Mischprobe oder qualifizierte Stichprobe ¹⁾													
AOX	mg/l ²⁾	1 ¹⁰⁾	1	1	1 ¹⁰⁾	1	1 ¹⁰⁾	1 ¹⁰⁾	1	1	1 ¹⁰⁾	1	1
Arsen	mg/l	0,1	–	–	–	–	–	0,1	0,1	–	–	–	–
Barium	mg/l	–	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
Blei	mg/l	0,5	–	–	–	0,5	–	0,5	0,5	0,5	0,5	–	0,5
Cadmium	mg/l	0,2	–	–	–	0,1	–	–	0,2 ⁸⁾	0,2	0,1	–	0,2
	kg/t ³⁾	0,3	–	–	–	–	–	–	1,5	–	–	–	–
Freies Chlor	mg/l ²⁾	0,5	0,5	–	0,5	–	0,5	–	–	–	0,5	–	–
Chrom	mg/l	0,5	0,5	0,5	0,5	–	–	0,5	–	0,5	0,5	0,5	0,5
Chrom VI	mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	–	–	0,1	–	0,1	0,1	–	0,1
LHKW ⁶⁾	mg/l ²⁾	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Kobalt	mg/l	–	–	1	–	–	–	–	–	1	–	–	–
Cyanid, leicht freisetzbar	mg/l	0,2	–	–	–	–	1	0,2	–	–	0,2	–	–
Fischgiftigkeit als Verdünnungsfaktor G _F ⁹⁾		6	4	2	6	6	6	6	6	4	6	6	6
Kupfer	mg/l	0,5	0,5	–	–	–	–	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Nickel ⁷⁾	mg/l	0,5	0,5	–	0,5	–	–	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Quecksilber	mg/l	–	–	–	–	–	–	–	0,05	–	–	–	–
	kg/t ⁵⁾	–	–	–	–	–	–	–	0,03	–	–	–	–
Selen	mg/l	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–
Silber	mg/l	0,1	–	–	–	–	–	0,1	0,1	–	–	–	–
Sulfid	mg/l	1	1	–	1	–	–	1	1	1	–	–	–
Zinn	mg/l	2	–	2	–	2	–	2	–	–	–	–	–
Zink	mg/l	2	2	2	–	2	–	–	2	2	2	2	2

¹⁾ Ist kein Wert festgelegt, ist der jeweilige Stoff oder die jeweilige Stoffgruppe im Abwasser des Herkunftsbereiches nicht zu erwarten.

²⁾ Stichproben

³⁾ Bei Chargenanlagen gelten alle Werte für die Stichprobe.

⁴⁾ Beim Galvanisieren von Glas gelten nur die Anforderungen für Kupfer, Nickel und die Fischgiftigkeit; für die Fischgiftigkeit gilt der Verdünnungsfaktor G_F = 2.

⁵⁾ Die Frachtwerte beziehen sich auf die jeweilige Menge an verwendetem Cadmium oder Quecksilber.

⁶⁾ Summe aus Trichlorethen, Tetrachlorethen, 1.1.1-Trichlorethan, Dichlormethan – gerechnet als Chlor.

⁷⁾ Bei chemisch-reduktiver Nickelabscheidung 1 mg/l.

⁸⁾ Bei Primärzellenfertigung gilt ein Wert von 0,1 mg/l.

⁹⁾ Die Anforderung an die Fischgiftigkeit entfällt, wenn das Abwasser vor Einleiten in ein Gewässer zusätzlich gemeinsam mit Abwasser, das unter den Anwendungsbereich des Anhangs 1 (Gemeinden) der Rahmen-AbwasserVwV fällt, biologisch behandelt wird.

¹⁰⁾ Diese Anforderung gilt nicht bis 31. Dezember 1991.

