

# **Abschlussbericht**

## **zum Vorhaben:**

Innovatives, ressourceneffizientes Blankglühkonzept bei der Wärmebehandlung von Bändern aus Messing durch den Einsatz eines gasbeheizten HICON/H<sub>2</sub>-Vertikal-Blankglühofens

20192

## **Fördernehmer/-in:**

Messingwerk Plettenberg Herfeld GmbH & Co. KG

## **Umweltbereich**

(Klimaschutz, Energie)

## **Laufzeit des Vorhabens**

23.07.2010– 30.06.2013

## **Autor**

Michael Aubry

Marcus Lodde

Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit

## **Datum der Erstellung**

Februar 2014

### Berichts-Kennblatt

<b>Aktenzeichen UBA</b>	<b>Vorhaben-Nr.</b> 20192
<b>Titel des Vorhabens / Report Title</b> Innovatives, ressourceneffizientes Blankglühkonzept bei der Wärmebehandlung von Bändern aus Messing durch den Einsatz eines gasbeheizten HICON/H2-Vertikal-Blankglühofens  Innovative, resource-efficient concept for bright-annealing by the thermal heat treatment of brass using a gas-heated HICON/H2 vertical strandannealing tower.	
<b>Autor(en), Name(n), Vorname(n)</b> Michael Aubry, Messingwerk Plettenberg Herfeld GmbH & Co. KG Marcus Lodde, prisma consult GmbH / Effizienz-Agentur NRW, Duisburg	<b>Vorhabensbeginn</b> 23.07.2010
	<b>Vorhabenende (Abschlussdatum):</b> 30.06.2013
<b>Fördernehmer / -in (Name, Anschrift)</b> Messingwerk Plettenberg Herfeld GmbH & Co. KG Reichsstr. 80 58840 Plettenberg	<b>Veröffentlichungsdatum</b> 24.02.2014
	<b>Seitenzahl</b> 58 + Anhang
Gefördert (aus Klimaschutzinitiative) im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms des Bundesumweltministeriums	
<b>Kurzfassung</b> Mit der Realisierung des Vorhabens sollte nachgewiesen werden, dass mit der Errichtung eines gasbeheizten Ebner-Vertikal-Blankglühofens (Ofenatmosphäre: 70% Wasserstoff / Rest Stickstoff) im Band-Konti-Betrieb der Gas- und Stromverbrauch zur bestehenden Anlage deutlich, und zum Stand der Technik wesentlich reduziert wird. Zudem sollte eine nachgelagerte Beize zur Reinigung der Oberfläche, und damit der Einsatz von Beizmitteln komplett entfallen. Mit Umsetzung des Projekts sollten die CO <sub>2</sub> -Emissionen, resultierend aus Energie- und Schutzgaseinsparungen, um ca. 48 % gesenkt werden. Im Messprogramm konnte eine Minderung der mit der Fertigung verbundenen CO <sub>2</sub> -Emissionen um 31,1 % nachgewiesen werden. Aufgrund der qualitativen Probleme (Zinkablagerungen auf der Bandoberfläche bei Temperaturen > 650 °C) kann die bisherige Glühlinie nicht stillgesetzt werden. Ein geringer Anteil (1.200 t/a) der weichen Bandqualitäten, die ein höheres Temperaturfenster benötigen, muss weiterhin über die Altanlage hergestellt werden. Diese Maßnahme hat zur Folge, dass auch das in der Alt-Anlage befindliche Säurebecken weiterhin genutzt werden muss. Die nachfolgenden Vorteile ergeben sich aus dem Betrieb des neuen Vertikal-Blankglühofen mit einer Jahreskapazität von 13.800 t/a und den Betrieb der bisherigen Banddurchlaufglühe (1.200 t/a): <ul style="list-style-type: none"><li>○ In der Glüh- /Kühlzone werden gegenüber dem Stand vor Durchführung der Maßnahme 331,6 t/a CO<sub>2</sub> und gegenüber dem Stand der Technik 54,8 t/a CO<sub>2</sub> eingespart. Der Gesamtmedieneinsatz (Strom, Erdgas, Wasserstoff und Stickstoff) liegt deutlich unter dem Stand vor Durchführung der Maßnahme sowie auch unter dem Stand der Technik.</li><li>○ An der Längsteilanlage entfällt das zeitaufwendige Handling der Bandenden an den Scheren. Damit entfällt der Rückschnitt und die Verschrottung der Bandenden. Es wird eine durchschnittliche Materialersparnis pro Coil von ca. 200 kg realisiert. Gegenüber dem geschätzten Wert zur Antragstellung hat sich der Wert verdoppelt. Bei 3.680 Coils/a. errechnet sich eine Materialersparnis 736 t/a.</li></ul>	

- Vermeidung von Umweltbelastungen durch den anteiligen Wegfall der Beize in Höhe von
  - 6,164 Tonnen/a Schwefelsäure
  - 8,418 Tonnen/a Salzsäure
  - 10,534 Tonnen/a Natronlauge
  - 16,56 Tonnen/a Entsorgung Filterkuchen.
- Keine negativen Umwelteinflüsse für die Bedien- und Wartungsmannschaft in der Aufstellhalle der Vertikal-Bandglühanlage (da keine Beizemissionen und dazugehörige Absaugungen über den Nassgruppen). Reduzierende Wirkung des Wasserstoffs auf die Bandoberfläche während des Glühprozesses, daher kann auf eine nachfolgende Beizbehandlung verzichtet werden. D.h. die Zuführung von Schwefelsäure (96%) sowie deren Entsorgung wird künftig entfallen. Dies wird zur Folge haben, dass damit auch die notwendige Neutralisation der nachfolgenden Spülbäder entfallen wird. Die Schwefelsäure wird über Verschleppungsverluste in die nachfolgenden Bürst- und Spülkammern eingetragen. Die dadurch entstandenen leicht sauren Abwässer müssen heute unter Hinzusetzen von Natronlauge und Salzsäure neutralisiert werden. Künftig entfällt auch hier die Entsorgung der verbrauchten Chemikalien.

### Summary

With the successful realization of the plan it should be evident, that with the installation of a gas-heated state-of-the-art Ebner vertical strandannealing tower ( atmosphere in furnace : 70% hydrogen, balance nitrogen) in continuous operation, the gas and electrical current usage should be considerably reduced in relation to the existing equipment. Additionally there should be no need to acid-pickle strip after annealing using a pickling plant, thus completely removing the need to employ pickling acids as part of the general annealing process.

With the successful realization of the plan the CO<sup>2</sup> emissions should have been reduced by approximately 48% due to savings in energy used and the use of protective gases in the new process. Actual measurements during manufacture have indicated an actual reduction of 31.1% in the related CO<sup>2</sup> emissions.

Due to the on-going quality problems (zinc deposits on the strip surface at a temperature >650 degrees C) the existing strand annealing line cannot be decommissioned. A proportion of the soft quality strip (1.200 tonnes per annum), which require annealing at high temperature, must still be processed on the existing annealing line. These measures mean that the current acid pickling baths on the existing annealing line must also continue to be used. The following advantages result from the employment of a vertical annealing tower with an annual capacity of 13,800 tonnes and the present strand annealing line (1,200 tonnes per annum) :

- In the annealing / cooling zones 331.6 tonnes per annum CO<sup>2</sup> would be saved before the introduction of the measures as opposed to 54.8 tonnes CO<sup>2</sup> now. The total usage of electricity, natural gas, hydrogen and nitrogen however lie currently clearly under the benchmark before the introduction of the measures.
- The time consuming handling of the coil ends on the shearing lines is no longer required. The cutting back of each coil end is no longer necessary. An average material saving of approx. 200kgs for each coil is realised. In contrast to the estimated values at the time of the application these have in fact doubled. By processing 3,680 coils per year a saving of 736 tonnes per annum of metal is now calculated.
- Avoidance of using environmentally unfriendly substances due to the elimination of the use of acids :
  - 6.164 tonnes per annum of sulphuric acid.
  - 8.418 tonnes per annum of hydrochloric acid.
  - 10.534 tonnes per annum of caustic soda.

- Disposal of 16.56 tonnes of filter cake
- No negative environmental influences for the operators and maintenance teams in the installation area of the vertical annealing tower (due to the lack of potential acid emissions in the pickling, washing & brushing stages). The reduced influence of the hydrogen on the strip surface during the annealing process results in the elimination of a subsequent pickling process. This means that the use and subsequent disposal of sulphuric acid can be avoided. Also the necessary washing of the strip to neutralize the effects of the acid cleaning is no longer required. Any sulphuric acid remaining now will be eliminated during the brushing and washing process. The resulting lightly acidic water from the washing process will now be neutralised by employing caustic soda and hydrochloric acid. In the future the use of waste management for the chemicals used is also eliminated.

**Schlagwörter / Keywords**

Vertikal-Blankglühofen, Schutzgas, Wasserstoff, Stickstoff, Messing, Kupfer

*Vertical-strandannealing furnace, Hydrogen, Nitrogen, Brass, Copper*

**Anzahl der gelieferten Berichte /  
No. of delivered reports**

Papierform: 6

Elektronischer Datenträger: 1

**Sonstige Medien**

Newsletter, EFA-Loseblattsammlung und Veröffentlichung im Internet geplant auf der Homepage: [www.messingwerk-plettenberg.de](http://www.messingwerk-plettenberg.de)

## Kurzfassung

### Ausgangssituation

Die Messingwerk Plettenberg Herfeld GmbH & Co. KG ist ein Anbieter von qualitativ hochwertigen Bändern und Rohren aus Messing- und Kupferlegierungen. Das Unternehmen gliedert sich produktionstechnisch in drei Teilbereiche: Giesserei – Walzwerk - Rohrwerk. Im Bereich Walzwerk wird der aus der Giesserei angelieferte Bandguß mit Hilfe moderner Kaltwalzwerke auf die gewünschte Banddicke heruntergewalzt. Die Bänder werden in geeigneten Glühanlagen weichgeglüht oder über die Wärmebehandlung auf die vom Kunden gewünschte Festigkeitsstufe gebracht.

In der bisherigen Banddurchlaufglühe wird das Bandmaterial durch Beeinflussung von Temperatur und Bandgeschwindigkeit sehr genau auf einen geforderten Festigkeitsbereich eingestellt. Zu diesem Zweck wird das horizontal durchlaufende Band durch Strahlungswärme in einem Temperaturbereich von 500 - 680°C geblüht. Die Wärmebehandlung erfolgt in einer Luftatmosphäre. Nach Einlauf in den Wärmebehandlungsteil wird das Band im Ofen, aufgrund der eingesetzten Ofenatmosphäre, oxydierend geblüht. Anschließend wird das Band im Kühler und in einer Wasserschleuse, welche das Band beim Ofenaustritt durchläuft, abgekühlt.

Durch den horizontalen Banddurchlauf (Band hängt berührungslos im Ofen) wird zusätzliche Energie für das berührungslose Tragen des Bandes (ganz besonders von dicken Bändern >1,0 mm) durch den Ofen benötigt. Über Düsen wird mit relativ hohem Energieaufwand ein Luftpolster unter dem horizontal liegenden Band erzeugt.

Dabei muss das Band im Schwebebandofen sowohl in den gasbeheizten Heizzonen als auch in den Gas-Kühlzonen durch sehr leistungsstarke Gebläse und damit durch hohen Energieaufwand getragen und in Schwebelage gehalten werden. Anschließend wird das Band in einer dem Wärmebehandlungsteil nachgeschalteten Beize in der Nassgruppe wieder metallisch blank gebeizt, gespült, abrasiv gebürstet, konserviert (passiviert) und getrocknet.

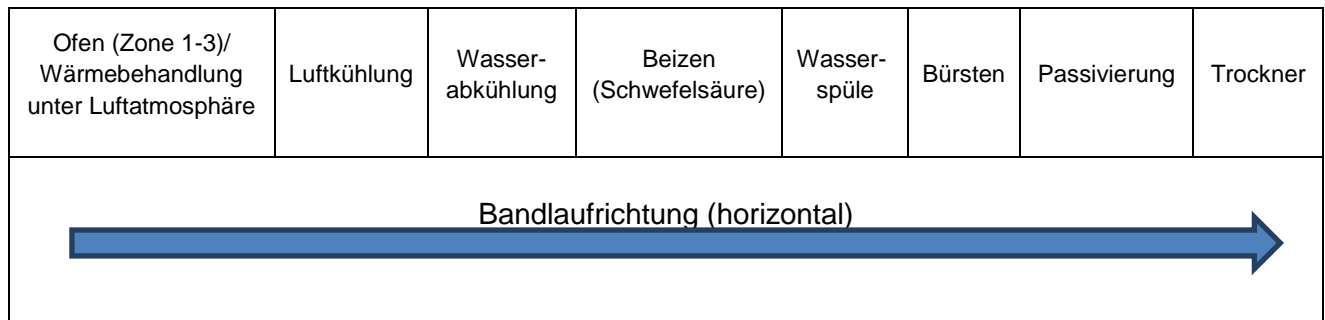


Abbildung 1: Altes Anlagenkonzept

### Ziel des Vorhabens

Mit der erstmaligen großtechnischen Anwendung eines gasbeheizten Ebner-Vertikal-Blankglühofens im Band-Konti-Betrieb für Messingbänder mit einer Ofenatmosphäre aus 70% Wasserstoff und 30% Stickstoff (sauerstofffreie Schutzgasatmosphäre) sollte über eine effiziente Glühbehandlung der Gas- und Stromverbrauch zur bestehenden Anlage deutlich, und zum Stand der Technik wesentlich reduziert werden. Dabei verläuft das Band vertikal im Ofen und soll abhängig vom geforderten Festigkeitsbereich bei Temperaturen zwischen 500 - 750°C geblüht werden. Zudem sollte die nachgelagerte Beize zur Reinigung der Bandoberflächen, und

damit der Einsatz von Beizmitteln, künftig komplett entfallen, weil in der neuen Anlage nicht mehr oxydierend geblüht wird und somit keine Oxide mehr auf den Oberflächen entstehen.

### Technische Lösung

Zur Erreichung der beschriebenen Ziele ist ein Anlagenkonzept erarbeitet worden, das in dieser Form bisher industriell noch nicht zur Anwendung gekommen ist, wie nachfolgende Abbildung 2 verdeutlichen soll:

### Ablaufschema Vertikalofen mit H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>-Atmosphäre (geplante Verfahrensweise)

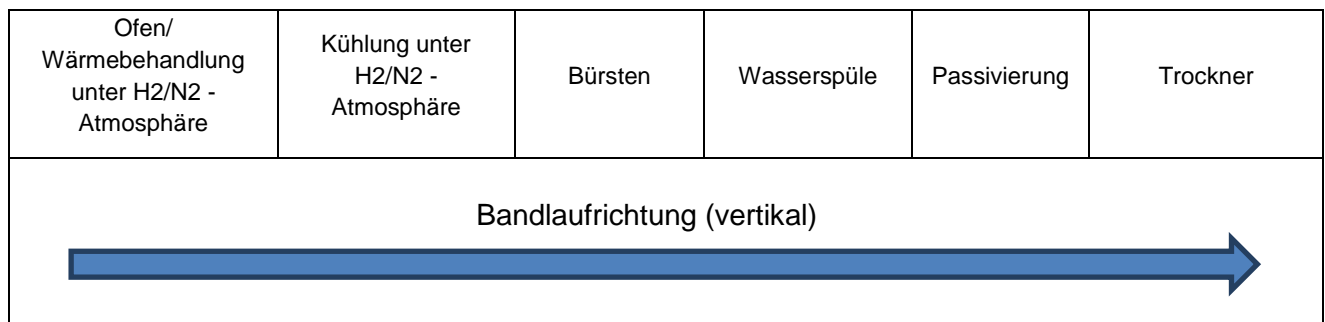


Abbildung 2: Neues Anlagenkonzept

Die Erwärmung des Bandes erfolgt durch Hochkonvektion des H<sub>2</sub>-haltigen Schutzgases im Glühraum. Das Schutzgas wird im Heizraum, außerhalb der Glühofenmuffel, mittels Hochgeschwindigkeitsbrennern beheizt. Das dabei gebildete Rauchgas wird gesammelt und mittels Zentralrekuperator zur Vorwärmung der Brennluft auf über 430°C genutzt. Höchste Wirkungsgrade werden dabei erzielt.

Durch die reinigende Hydrierwirkung des sehr sauberen Wasserstoffs kann, im Gegensatz zu einer anderen Atmosphäre, das Öl im Glühraum vom durchlaufenden Band gut abdampfen und somit eine blanke Oberfläche erzielt werden.

Anschließend wird die Bandoberfläche nur mehr durch Einsatz einer finalen Bürsteinrichtung, ohne zusätzliche Chemie, fertig bearbeitet und anschließend konserviert (passiviert). Der Bürsteinsatz kann durch die Nutzung des H<sub>2</sub>-/N<sub>2</sub>-Schutzgasmischs verringert werden. Die bisher stattfindende Oxydation der Oberfläche im Glühraum wird zukünftig unterbunden.

Die **Umweltentlastung** beim neuen Konzept ergibt sich daher nicht nur durch den Entfall der Oberflächenbehandlung (durch Entfall der Entfettung und dem nachfolgenden Beizen und der damit verbundenen chemischen Abfallentsorgung), sondern auch durch eine Verminderung des Zinkanfalls. Das trotzdem anfallende zinkhaltige H<sub>2</sub>-Abgas wird beim neuen Konzept über eine Zinkfalle mit spezieller Filterung geführt und anschließend in einer Abgas-Nachverbrennungseinrichtung sauber verbrannt. Dabei wird eventuell noch austretendes Zink zu Zinkoxyd verbrannt und über einen Kamin über Dach geführt.

### Ergebnisse aus technischer und wirtschaftlicher Sicht und hinsichtlich Umweltentlastung

Aufgrund der qualitativen Probleme (Zinkablagerungen auf der Bandoberfläche bei Temperaturen > 650 °C) kann die bisherige Glühlinie nicht stillgesetzt werden. Ein geringer Anteil (1.200 t/a) der weichen Bandqualitäten, die ein höhers Temperaturfenster benötigen,

muss weiterhin über die Altanlage hergestellt werden. Diese Maßnahme hat zur Folge, dass auch das in der Alt-Anlage befindliche Säurebecken weiterhin genutzt werden muss. Die nachfolgenden Vorteile ergeben sich aus dem Betrieb des neuen Vertikal-Blankglühofen mit einer Jahreskapazität von 13.800 t/a und den Betrieb der bisherigen Banddurchlaufglühe (1.200 t/a):

- In der Glüh- /Kühlzone werden gegenüber dem Stand vor Durchführung der Maßnahme 331,6 t/a CO<sub>2</sub> und gegenüber dem Stand der Technik 54,8 t/a CO<sub>2</sub> eingespart. Der Gesamtmedieneinsatz (Strom, Erdgas, Wasserstoff und Stickstoff) liegt deutlich unter dem Stand vor Durchführung der Maßnahme sowie auch unter dem Stand der Technik.
- An der Längsteilanlage entfällt das zeitaufwendige Handling der Bandenden an den Scheren. Damit entfällt der Rückschnitt und die Verschrottung der Bandenden. Es wird eine durchschnittliche Materialersparnis pro Coil von ca. 200 kg realisiert. Gegenüber dem geschätzten Wert zur Antragstellung hat sich der Wert verdoppelt. Bei 3.680 Coils/a. errechnet sich eine Materialersparnis 736 t/a.
- Vermeidung von Umweltbelastungen durch den anteiligen Wegfall der Beize in Höhe von
  - 6,164 Tonnen/a Schwefelsäure
  - 8,418 Tonnen/a Salzsäure
  - 10,534 Tonnen/a Natronlauge
  - 16,56 Tonnen/a Entsorgung Filterkuchen
- Keine negativen Umwelteinflüsse für die Bedien- und Wartungsmannschaft in der Aufstellhalle der Vertikal-Bandglühanlage (da keine Beizemissionen und dazugehörige Absaugungen über den Nassgruppen). Reduzierende Wirkung des Wasserstoffs auf die Bandoberfläche während des Glühprozesses, daher kann auf eine nachfolgende Beizbehandlung verzichtet werden. D.h. die Zuführung von Schwefelsäure (96%) sowie deren Entsorgung wird künftig entfallen. Dies wird zur Folge haben, dass damit auch die notwendige Neutralisation der nachfolgenden Spülbäder entfallen wird. Die Schwefelsäure wird über Verschleppungsverluste in die nachfolgenden Bürst- und Spülkammern eingetragen. Die dadurch entstandenen leicht sauren Abwässer müssen heute unter Hinzusetzen von Natronlauge und Salzsäure neutralisiert werden. Künftig entfällt auch hier die Entsorgung der verbrauchten Chemikalien.

Die geplanten Anschaffungskosten wurden um 243.239,46 € unterschritten und betragen 3.953.288,14 €. Die Einsparungen resultieren aus noch nicht gezahlten Rechnungen an die Fa. Ebner.

Die errechnete Amortisationszeit für die innovative Technik ist aufgrund der signifikanten Materialeinsparung von 7,7 Jahren bei Stand der Planung auf 7,0 Jahre gefallen.

### **Übertragbarkeit / Maßnahmen zur Verbreitung der Projektergebnisse**

Eine Übertragbarkeit des für Messingwerk Plettenberg angebotenen Konzeptes ist aus technischer Sicht für alle gängigen Buntmetall-Bänder (wie Messing, Tombak, Neusilber, Bronze, Kupfer, usw.) grundsätzlich gegeben. Das Konzept bietet alle legierungsspezifischen Einstell-Möglichkeiten (Einstellung der H<sub>2</sub>-Konzentration im Schutzgas, Einstellung der erforderlichen Glühtemperatur, Berücksichtigung einer Haltezeit im Ofen, sofern erforderlich, usw.).

Die branchenspezifische Kommunikation dieses Vorhabens soll in 2014 zum einen über unsere Kunden erfolgen. Wir beabsichtigen darüber hinaus Anfang 2015 eine Ansprache des Verbandes (z. B. Deutsche Gesellschaft für Materialkunde). Gerade die Kommunikation einer

umweltfreundlichen Technologie ist geeignet, die Standards innerhalb der Branche zugunsten ressourceneffizienter Verfahren zu verbessern.

Zusammen mit der Effizienz-Agentur NRW wollen wir die Projektergebnisse im 2. Halbjahr 2014 in der Loseblattsammlung veröffentlichen.



## Summary

### Initial Situation

Messingwerk Plettenberg Herfeld GmbH & Co Kg is a supplier of high quality strip and tube in brass and other copper alloys. The company is split into 3 production areas : Casting Shop, Rolling Mill and Tube Mill. In the Rolling Mill, pre-cast strip delivered from the Casting Shop, is rolled down to the required strip thickness employing modern cold-rolling mills. The strip is interim soft-annealed in the corresponding equipment or annealed to the final required material strength as specified by the customer.

Using the established strand annealing process, the material reaches the required exact material strength through the influence of temperature and the speed of strip through the equipment. For this purpose the horizontal strand annealing furnace, using radiant heat, reaches a temperature of 500 to 680 degrees Centigrade. The annealing is performed in a normal air atmosphere. After processing in the annealing oven, the strip surface is oxidized as a result of the exposure to air. Subsequently the strip is cooled through a cooling chamber and water, after emerging from the annealing furnace.

Additional energy is required in order to achieve the contactless transition of the strip through the horizontal furnace. (The energy use is considerable for strip over 1mm thickness). An insulating air cushion is created by employing air nozzles with a relatively high energy usage.

During processing through the floatation furnace, as well as in the gas-heated areas and gas cooling zones, the strip has to be held in suspension using very powerful air-blowers. Subsequently the annealed strip has to be wet processed through acid-pickling equipment and then reeled and abrasion brushed to achieve a pure metallic finish. A subsequent protective passive film layer is also then introduced onto the strip surface.

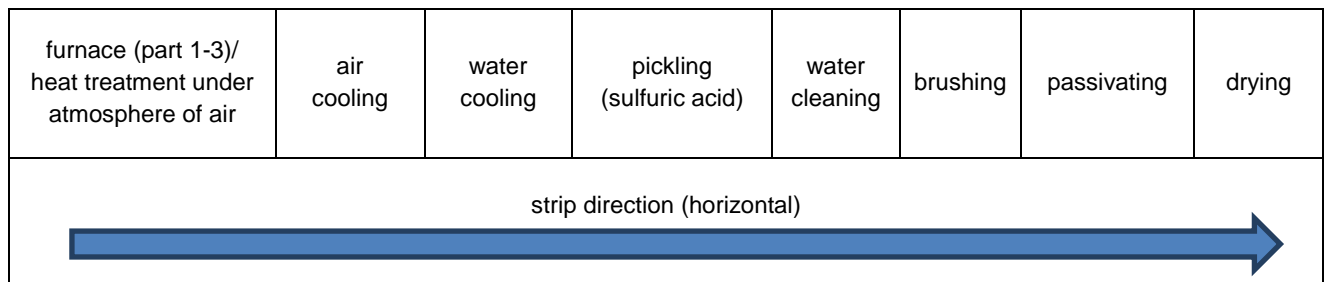


diagram 3: old system concept

### Project Aims

A considerable efficiency enhancement should be evident, in comparison to the gas and electrical usage for the traditional equipment in use, with the initial technical application of a gas-heated state-of-the-art Ebner Vertical Annealing Tower (Gas atmosphere 70% hydrogen, balance nitrogen). In addition, the need to acid pickle any strip surface after annealing to remove any oxidation should no longer be needed, resulting in no further use of any pickling agents.

### Technical Solution

To reach the described aims above an innovative concept is designed, which has not been industrially applied up to now and which will be illustrated in the following diagram 4:

## Vertical Annealing Oven with H<sup>2</sup> & N<sup>2</sup> gas atmosphere (planned production process)

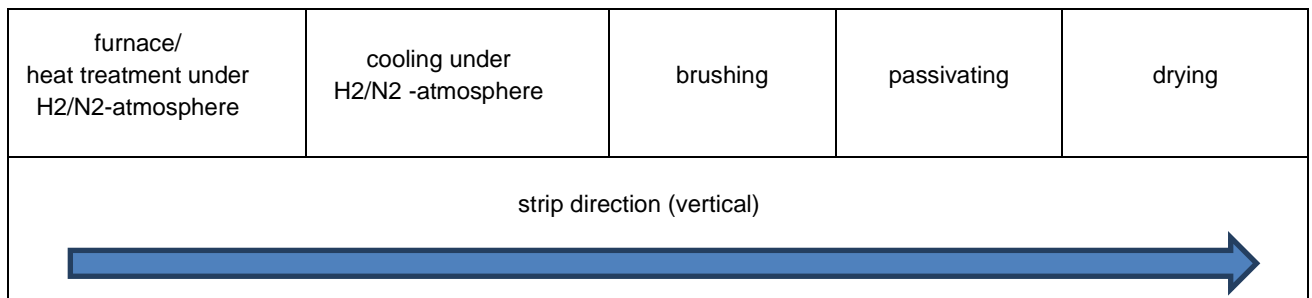


diagram 4: New Equipment Design Concept

The heating of the strip results from convection through the H<sup>2</sup> protective gas in the annealing area. The protective gas is heated by high-speed burners in the heating area outside the annealing muffle. The resulting build-up of flue gas is collected and, via a central recuperator, the annealing air is heated to over 430 degrees Centigrade. High efficiency in production is then achieved.

By means of the pure hydrogenation effect of the very clean hydrogen gas, the oil from the processed strip in the annealing area can be vaporized, therefore resulting in a clean strip surface.

Subsequently the resulting strip surface needs only a final brush, without any chemical additives. The strip is then ready to be processed further after the application of a protective passive film. Through the usage of the H<sup>2</sup> / N<sup>2</sup> protective gases the extent of strip brushing can be reduced. The previous surface oxidation of the strip during annealing will no longer occur.

The reduction in the environmental impact from the new concept results not only from the elimination of the strip surface treatment (the removal of the need for degreasing and the subsequent acid pickling and therefore no requirement for the disposal of the chemicals used), but also in a reduction in zinc particles produced. The process results however in the production of zinc-carrying H<sup>2</sup> exhaust gas. With this new concept, a special filter system is used to accumulate the zinc and subsequently burn away using afterburner equipment. Therefore any resulting free zinc is burned away by conversion to zinc oxide, which is released via a chimney on the annealing tower roof.

### Results from a technical and economic perspective and the environmental benefit

Due to the on-going quality problems (zinc deposits on the strip surface at a temperature >650 degrees C) the existing strand annealing line cannot be decommissioned. A proportion of the soft quality strip (1.200 tonnes per annum), which require annealing at high temperature, must still be processed on the existing annealing line. These measures mean that the current acid pickling baths on the existing annealing line must also continue to be used. The following advantages result from the employment of a vertical annealing tower with an annual capacity of 13,800 tonnes and the present strand annealing line (1,200 tonnes per annum) :

- In the annealing / cooling zones 331.6 tonnes per annum CO<sup>2</sup> would be saved before the introduction of the measures as opposed to 54.8 tonnes CO<sup>2</sup> now. The total usage of electricity, natural gas, hydrogen and nitrogen however lie currently clearly under the benchmark before the introduction of the measures.
- The time consuming handling of the coil ends on the shearing lines is no longer required. The cutting back of each coil end is no longer necessary. An average material saving of approx.

200kgs for each coil is realised. In contrast to the estimated values at the time of the application these have in fact doubled. By processing 3,680 coils per year a saving of 736 tonnes per annum of metal is now calculated.

- Avoidance of using environmentally unfriendly substances due to the elimination of the use of acids :
  - 6.164 tonnes per annum of sulphuric acid.
  - 8.418 tonnes per annum of hydrochloric acid.
  - 10.534 tonnes per annum of caustic soda.
  - Disposal of 16.56 tonnes of filter cake
- no negative environmental influences for the operators and maintenance teams in the installation area of the vertical annealing tower (due to the lack of potential acid emissions in the pickling, washing and brushing equipment) . The reduced influence of the hydrogen on the strip surface during the annealing process results in the elimination of a subsequent pickling process. This means that the use and subsequent disposal of sulphuric acid can be avoided. Also the necessary washing of the strip to neutralize the effects of the acid cleaning is no longer required. Any sulphuric acid remaining now will be eliminated during the brushing and washing process. The resulting lightly acidic water from the washing process will now be neutralised by employing caustic soda and hydrochloric acid. In the future the use of waste management for the chemicals used is also eliminated.

The planned project costings stand at €3,953,288.14, this a shortfall of €243,239.46. The savings result from the current unpaid invoices due to the firm Ebner.

The achievable project amortisation for this innovative technology has been reduced from 7.7 years to the current 7.0 years planned. This is due to the considerable material savings, which should be achieved.

### **The Transferability and Measures Undertaken for Diffusion of the Project Results.**

A transferability of the concept offered to Messingwerk Plettenberg is in fact technically relevant and can be applied to all types of non-ferrous metals (such as brass, gilding, nickel silver, phosphor bronze, copper etc). The concept offers the necessary flexibility in manufacturing parameters for the various alloys (adjustment of H<sub>2</sub> concentration in the protective gases, adjustment in required annealing temperatures, allowing for the required processing time of the strip in the furnace etc).

These branch-specific plans will be communicated via our customer-base during 2014. In addition at the beginning of 2015 we intend to make a presentation to various associations (for example the institute "Deutsche Gesellschaft für Materialkunde"). Also communication regarding an environmentally friendly technology is suitable, in order to improve the resource-efficient standards within the industry.

Also Ebner will on their part include a presentation in their company journal. At the same time we wish to publish this project in the second half of 2014 as an example in the loose-leaf collection at the Efficiency Agency of the NRW Region.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>13</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>14</b>
<b>1. Einleitung.....</b>	<b>15</b>
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens.....	15
1.2 Ausgangssituation .....	16
<b>2. Vorhabensumsetzung .....</b>	<b>17</b>
2.1 Ziel des Vorhabens.....	17
2.2 Darstellung der technischen Lösung (Auslegung und Leistungsdaten) .....	19
2.3 Darstellung der Umsetzung des Vorhabens.....	21
2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen).....	27
2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten.....	28
<b>3. Ergebnisse.....</b>	<b>29</b>
3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung .....	29
3.2 Durchführung und Ergebnisse des Messprogramms .....	33
3.3 Umweltbilanz .....	47
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	51
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellem Verfahren.....	55
<b>4. Empfehlungen .....</b>	<b>56</b>
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung.....	56
4.2 Modellcharakter .....	56
4.3 Zusammenfassung .....	57
<b>5. Anhang.....</b>	<b>58</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Altes Anlagenkonzept	5
Abbildung 2: Neues Anlagenkonzept	6
diagram 3: old system concept	9
diagram 4: New Equipment Design Concept	10
Abbildung 5: Luftbild des Standortes in Plettenberg vor der Durchführung der Maßnahme	15
Abbildung 6: Schematische Darstellung der bestehenden Fertigung des Unternehmens inklusive der Stoffströme	16
Abbildung 7: Schematische Darstellung des neuen Ebner-Vertika-Bandglühofens inklusive der Stoffströme	19
Abbildung 8: Projektfahrplan	21
Abbildung 9: Umbauarbeiten in der Halle	22
Abbildung 10: Fundament für H <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> Schutzgasversorgung außerhalb der Halle	22
Abbildung 11: Aufstellung Wasserstoff- und Stickstoffbehälter	23
Abbildung 12: Hallenkonstruktion für die neue Glühanlage	23
Abbildung 13: Aufwickelhaspel mit Gurtumschlinger zum Anwickeln der Kupferbänder	23
Abbildung 14: Abwickelhaspel	23
Abbildung 15: Umlenkrollensatz für den Schlingenturm	24
Abbildung 16: Düsenkasten für die Bandheizzone	24
Abbildung 17: Abwickelhaspel und Bandverbinder	24
Abbildung 18: Gasmischstation	25
Abbildung 19: Vertikal-Blankglühofen (Turmofen) im Aufbau	25
Abbildung 20: Abwickelvorrichtung/oben Rohr zur Abgaswärmerückführung	25
Abbildung 21: Bandspeicherturm	26
Abbildung 22: Das erste geglühte Produktionscoil am 8.5.2012	26
Abbildung 23: Zinkablagerungen auf Messing (mikroskopische Aufnahme)	30
Abbildung 24: Filterbehälter (mittig), Im Filterbehälter befinden sich 12 Filterbeutel, die das Zink absondern.	31
Abbildung 25: Produktionsmengen im Zeitraum Januar – August 2013	34
Abbildung 26: Stromverbrauch Ofen in kWh pro t	35
Abbildung 27: Stromverbrauch Antriebe in kWh pro t	36
Abbildung 28: Gesamtstromverbrauch in kWh pro t im Vergleich zur Altanlage	37
Abbildung 29: Spezifischer Erdgasverbrauch in kWh/t im Zeitraum Januar – August 2013	37
Abbildung 30: Spezifischer Stickstoffverbrauch in m <sup>3</sup> /t im Zeitraum Januar – August 2013	39
Abbildung 31: Spezifischer Wasserstoffverbrauch in m <sup>3</sup> /t im Zeitraum Januar – August 2013	40

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Teilvorhaben .....	21
Tabelle 2: Messstellen, -medien und –parameter Soll-Zustand .....	28
Tabelle 3: Messstellen 1,2,3,4 und 12 gemäß Messprogramm Soll Kapitel 2.5 .....	33
Tabelle 4: Messstellen 5,6 und 7 gemäß Messprogramm Soll Kapitel 2.5 .....	33
Tabelle 5: Produktion in t pro Stunde.....	35
Tabelle 6: Ergebnisvergleich Gesamtenergieverbrauch bei 15.000 t/a .....	38
Tabelle 7: Verbrauch Natronlauge und Salzsäure .....	41
Tabelle 8: Neutralisationsrelevante Produktionsmengen .....	42
Tabelle 9: Abgasmessung vom 20. Dezember 2012 .....	42
Tabelle 10: Abgasmessung vom 5. Juli 2013 .....	43
Tabelle 11: Abgasmessung vom 14. Oktober 2013 .....	43
Tabelle 12: Beschreibung der Proben, *durch TAZ.....	44
Tabelle 13: Verwendete Spektrallinien und methodenbezogene Nachweisgrenzen (* halbquantitativ).....	45
Tabelle 14: Zinkanteil der Bandstreifen (ermittelt im Intervall zwischen 10,00 und 25,00 µm Tiefe) und Veränderungen in der äußeren Randschicht (bis in 10,00 µm Tiefe). Die "Mobilisierung" gibt die insgesamt in dieser Schicht nachweislich diffundierten Menge an Zink an.....	46
Tabelle 15: Spezifische Verbräuche Januar – August 2013 / Mittler spezifischer Verbrauch (Juli – August 2013).....	47
Tabelle 16: Ressourceneinsparung (Planverbrauchswerte / tatsächliche gemessener Verbrauch).....	48
Tabelle 17: Einsparungen Glüh-/Kühlzone .....	49
Tabelle 18: Einsparungen Naßgruppe 2 und Neutralisation.....	50
Tabelle 19: Vergleich Verfahrensweise Längsteilanlage.....	52
Tabelle 20: Berechnung Betriebsstoffeinsparung .....	53
Tabelle 21: Vergleichende Übersicht Amortisationszeiten .....	55

# 1. Einleitung

## 1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die Messingwerk Plettenberg Herfeld GmbH & Co. KG ist ein Anbieter von qualitativ hochwertigen Bändern und Rohren aus Messing- und Kupferlegierungen. Beschäftigt werden zur Zeit rund 135 Mitarbeiter, davon 14 Auszubildende. Das Unternehmen blickt auf eine lange Tradition zurück: 1870 wurde das ehemalige Unternehmen Geck & Schmidt gegründet, aus dem 1902 die heutige Messingwerk Plettenberg Herfeld GmbH & Co. KG hervorging. Das Unternehmen wird aktuell als GmbH & Co. KG geführt, die Anteile liegen in familiärer Hand. Die Abbildung 5 zeigt unser Unternehmen aus der Luft vor der Umsetzung des Projektes.



Abbildung 5: Luftbild des Standortes in Plettenberg vor der Durchführung der Maßnahme

Ergebnis unserer Produktion sind jährlich 14.000 Tonnen Bänder aus Kupfer und Kupferlegierungen sowie mehr als 1.500 Tonnen Messingrohre. Das Ausgangsmaterial wird in der Elektro-, Automobil-, -Leuchten und Sanitärindustrie zu hochwertigen Produkten weiterverarbeitet. Das Unternehmen gliedert sich produktionstechnisch in drei Teilbereiche:

Giesserei – Walzwerk - Rohrwerk.

In dem darin enthaltenen Herstellungsablauf ist es möglich, vom Rohmetall über das Band bis zum Rohr die komplette Produktion im eigenen Hause durchzuführen. Selbstverständlich ist das Walzwerk nach ISO/TS 16949 und das Rohrwerk nach DIN/ISO 9001 zertifiziert und erhebt auch selbige Anforderungen an seine Zulieferunternehmen, und zeichnet sich darüberhinaus durch ein spezielles Umweltmanagementsystem aus. Diese richtungsweisende Umweltpolitik ist für uns ein Hauptthema und wird dokumentiert durch unser zertifiziertes Umweltmanagementsystem nach DIN ISO 14001, welches eine wesentliche Grundlage für Rohrlieferungen an die Sanitärindustrie darstellt. Zudem besteht eine Zertifizierung nach DIN ISO 50001.

## 1.2 Ausgangssituation

Im Bereich Walzwerk wird der aus der Giesserei angelieferte Bandguß mit Hilfe moderner Kaltwalzwerke auf die gewünschte Banddicke heruntergewalzt. Innerhalb dieses Produktionsbereichs werden die Bänder in geeigneten Glühanlagen weichgeglüht oder über die Wärmebehandlung auf die vom Kunden gewünschte Festigkeitsstufe gebracht.

In der bisherigen Banddurchlaufglühe konnte das Bandmaterial durch Beeinflussung von Temperatur und Bandgeschwindigkeit sehr genau auf einen geforderten Festigkeitsbereich eingestellt werden. Die kontinuierliche Wärmebehandlung von Bändern aus Messing und Kupfer wurde in unserem Hause wie nachfolgend beschrieben durchgeführt. Diese Verfahrensweise ist jetzt durch die innovative Verfahrenstechnik nahezu abgelöst worden:

Die Wärmebehandlung von Messingbändern erfolgte im kontinuierlichen Durchlaufverfahren in einer horizontalen Bandschwebe-Ofenanlage mit reiner Strahlungserwärmung unter Einsatz von Luft als Glühatmosphäre. Nach Einlauf in den Wärmebehandlungsteil wurde das Band im Ofen, aufgrund der eingesetzten Ofenatmosphäre oxydierend geblüht. Anschließend ist das Band im Kühler und in einer Wasserschleuse, welche das Band beim Ofenaustritt durchläuft, abgekühlt worden. Dabei musste das Band im Schwebefandofen sowohl in den gasbeheizten Heizzonen als auch in den Gas-Kühlzonen durch sehr leistungsstarke Gebläse und damit durch hohen Energieaufwand getragen und in Schwebelage gehalten werden. Anschließend wurde das Band in einer dem Wärmebehandlungsteil nachgeschalteten Beize in der 2. Nassgruppe wieder metallisch blank gebeizt, gespült, abrasiv gebürstet, konserviert (passiviert) und getrocknet.

Nachfolgendes Fließbild Abbildung 6 mit den entsprechenden Stoffströmen gibt den damaligen Prozessdurchlauf wieder:

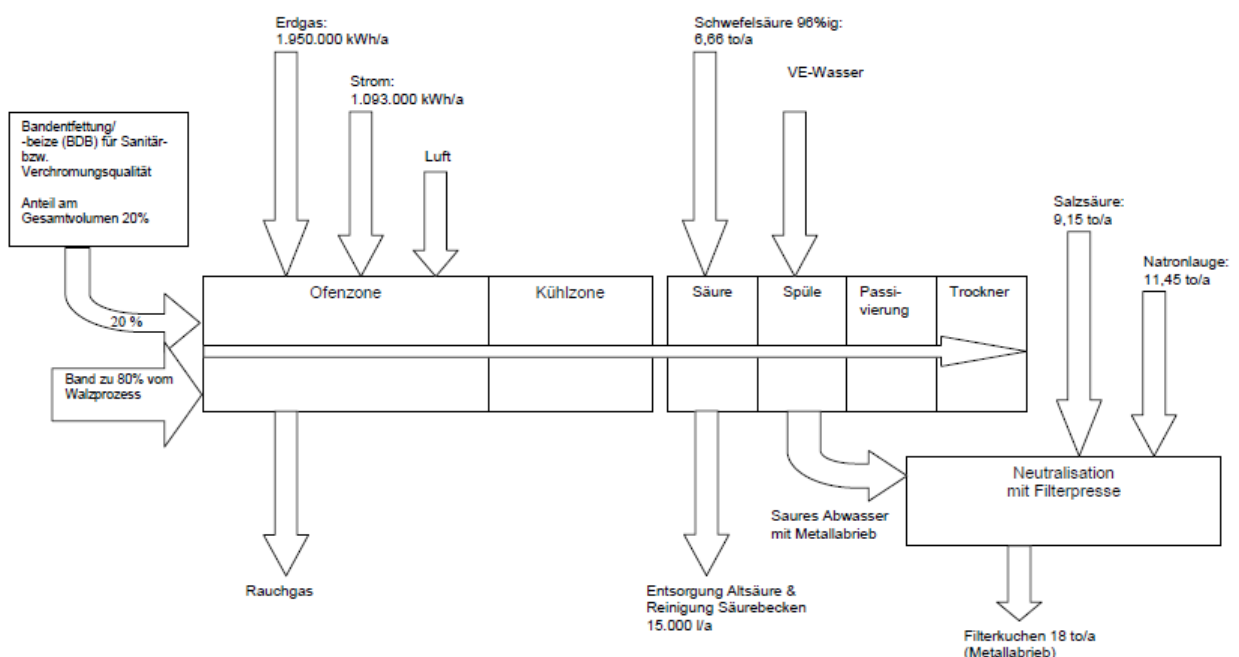


Abbildung 6: Schematische Darstellung der bestehenden Fertigung des Unternehmens inklusive der Stoffströme



## 2. Vorhabensumsetzung

### 2.1 Ziel des Vorhabens

Mit der erstmaligen großtechnischen Anwendung eines gasbeheizten Ebner-Vertikal-Blankglühofens (Ofenatmosphäre: 70% Wasserstoff / Rest Stickstoff) im Band-Kontinuum-Betrieb sollte über eine Effizienzsteigerung der Brennerleistung der Gas- und Stromverbrauch zur bestehenden Anlage deutlich, und zum Stand der Technik wesentlich reduziert werden. Zudem sollte eine nachgelagerte Beize zur Reinigung der Oberfläche, und damit der Einsatz von Beizmitteln komplett entfallen.

Die Fa. EBNER Industrieofenbau GmbH aus Leonding / Österreich hatte in den letzten Jahren dieses Ofenkonzept entwickelt und wollte es erstmalig in Deutschland bei der Fa. Messingwerk Plettenberg zur Anwendung bringen.

Bei der kontinuierlichen vertikalen Bandglühanlage macht sich die Innovation daran fest, in einer wasserstoffdichten Glühmuffel ein Düsensystem zu integrieren welches ermöglicht, Messingbänder hochkonvektiv (=High CONvektion) unter Wasserstoff sehr rasch und damit mit kürzest möglicher Ofenlänge zu erwärmen. Außerhalb der Muffel befindet sich dabei der gasbeheizte Heizraum mit den direkt befeuerten EBNER-Brennern und im Inneren der Wasserstoff-Glühraum. Nur in einem gasdichten Muffelofen können tiefste Taupunkte von unter  $-55^{\circ}\text{C}$ , welche zum Blankglühen von Messing unbedingt notwendig sind, erreicht werden. Durch das hohe Reduktionspotential des Wasserstoffs im Zusammenhang mit der Hochkonvektion im Glühraum kann eine Entfettung der Bänder vor der Wärmebehandlung entfallen.

Die Vorteile des Einsatzes des Ebner-Vertikalofenkonzeptes mit Muffel, Hochkonvektion und 70%  $\text{H}_2$  im Schutzgas wurden bei Projektbeginn wie folgt abgeschätzt:

- Bandabkühlung vor Austritt aus dem Wärmebehandlungsteil unter Schutzgas-Atmosphäre (70 % Wasserstoff) bis unter die Oxydationsgrenze auf  $< 80 - 90^{\circ}\text{C}$  bzw. bei Kupfer sogar noch niedriger. Dies ist deswegen möglich, da bei dem Ofen-Konzept und den Düsengeschwindigkeiten von  $\geq 70\text{m/s}$  der Wärmeübergangskoeffizient (Alpha) am Band bis zu  $300\text{W/m}^2\text{K}$  beträgt. Bei Verwendung von einem Schutzgas mit 5%  $\text{H}_2$ -Gehalt und identen Geschwindigkeiten sinken diese Werte bedingt durch die physikalischen Eigenschaften von einem Gas mit 95%  $\text{N}_2$ -Anteil auf ca. 60%. Dementsprechend müssen Anlagen mit gleicher Durchsatzleistung und bei gleichen Gasgeschwindigkeiten auch um mindestens 70% länger bauen. In der Praxis ist dies jedoch nur schwer umsetzbar, da dann für das schwere Gasgemisch bei gleichen Geschwindigkeiten die Motorleistungen für die Ventilatoren extreme Dimensionen annehmen würden (4-fache Leistung), d.h die Anlagen/Öfen bauen noch länger (damit wesentlich höhere Wärmeverluste).
- Ofenaußengehäuse in runder Ausführung, damit kleinste Oberfläche bzw. niedrigste Wärmeverluste.
- 2 zentrale Gasumwälzaggregate für den gesamten Ofen, somit niedrigste Verluste. Geringe Gasdichte und damit verbunden eine deutliche Reduzierung des Stromverbrauchs. Die Ventilatoren für den Heißluftstrom benötigen weniger Leistung aufgrund des geringeren Gaswiderstandes. Der Vorteil bei Einsatz einer hochprozentigen  $\text{H}_2$ -Atmosphäre im Vergleich zu Luft oder Stickstoff ist, dass im Ofen und im Kühler bei identer Durchsatzleistung nur etwa  $\frac{1}{4}$  der elektrischen Leistung der Umwälzgebläse benötigt wird (das spezifische Gewicht der  $\text{H}_2$ -Atmosphäre mit kleinem

N<sub>2</sub>-Anteil ist **nur etwa 25%** von einem N<sub>2</sub>-Schutzgas mit max. 3-4% H<sub>2</sub>-Anteil oder Luft, so wie sie in Schwebebandöfen eingesetzt werden).

- Wartung der offenen Gasbrenner, etc. während dem Anlagenbetrieb (da Heizraum außerhalb der Ofenmuffel)
- keine negativen Umwelteinflüsse für die Bedien- und Wartungsmannschaft in der Aufstellhalle (da keine Beizemissionen und dazugehörige Absaugungen über den Nassgruppen)
- Reduzierende Wirkung auf die Bandoberfläche während des Glühprozesses, daher kann auf eine nachfolgende Beizbehandlung verzichtet werden. D.h. die Zuführung von Schwefelsäure (96%) sowie deren Entsorgung wird künftig entfallen. Dies wird zur Folge haben, dass damit auch die notwendige Neutralisation der nachfolgenden Spülbäder entfallen wird. Die Schwefelsäure wird über Verschleppungsverluste in die nachfolgenden Bürst- und Spülkammern eingetragen. Die dadurch entstandenen leicht sauren Abwässer müssen heute unter Hinzusetzen von Natronlauge und Salzsäure neutralisiert werden. Künftig entfällt auch hier die Entsorgung der verbrauchten Chemikalien.
- Ausnützung der Abwärme im Rauchgas vom Glühofen (nach Zentralrekuperator, mit etwa 450°C Abgastemperatur bei etwa 650 m<sup>3</sup> b.N.) zur Beheizung des Endtrockners der verbliebenen Nassgruppe 3 mit Bürsteinrichtung und Passivierung.

Ein derartiges Verfahrenskonzept wurde zum Zeitpunkt der Antragstellung unseres Wissens nach bisher in Deutschland nicht praktiziert.

## 2.2 Darstellung der technischen Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

Das nachfolgende Fließbild (Abbildung 7) mit den entsprechenden angestrebten Stoffströmen gibt den neuen Prozessdurchlauf wieder:

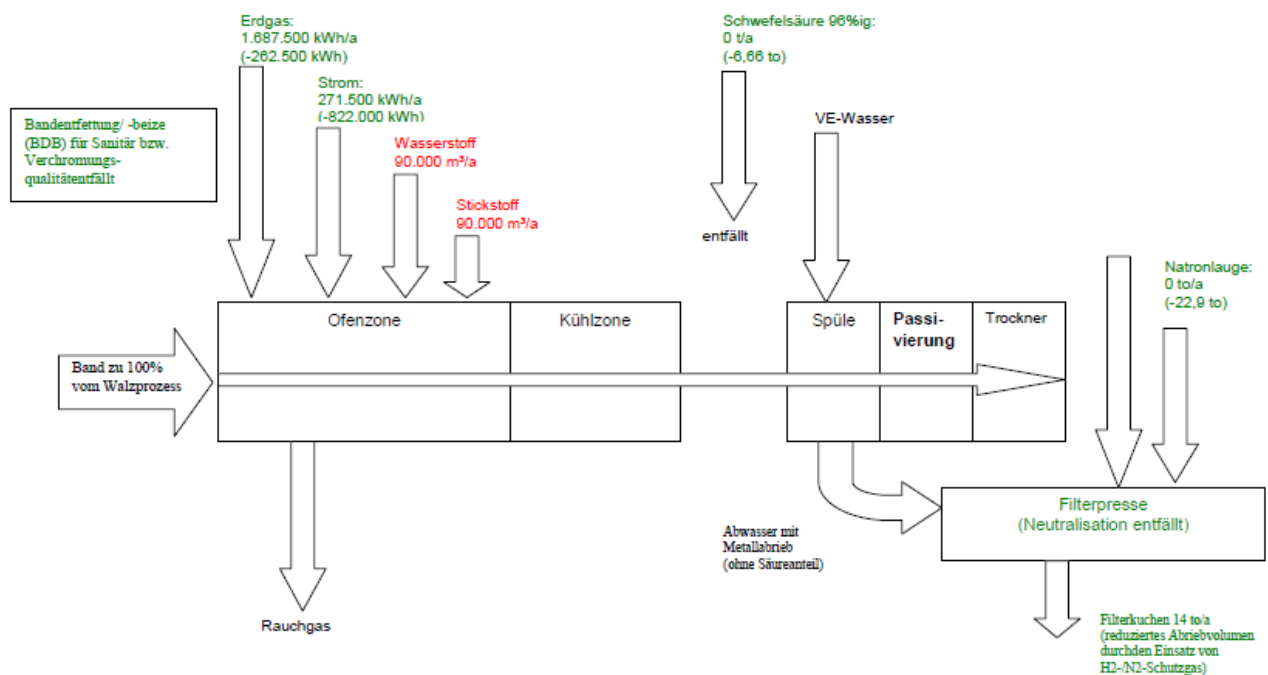


Abbildung 7: Schematische Darstellung des neuen Ebner-Vertika-Bandglühofens inklusive der Stoffströme

Bei unserem innovativen Ansatz soll die Wärmebehandlung von Messingbändern in einem Vertikal-Konvektionsofen unter Einsatz einer hochprozentigen Wasserstoff-Atmosphäre im Blankglühverfahren erfolgen. In unserem Anwendungsfall wird ein Gemisch mit 70% H<sub>2</sub>-Anteil (Rest Stickstoff) angewendet.

Dabei wird das mit Emulsion behaftete Band (ca. 3-4 % Öl-Anteil) unentfettet direkt von der Abwickelgruppe in den Ofen geführt. Das Band durchläuft dabei die gasdichte Eintrittsöffnung, den gasbeheizten Wärmehandlungsteil (Muffelofen mit Hochkonvektionsteil im Glühräum zur Bänderwärmung) und den gasdichten Jet-Kühler (Abkühlung des Bandes über Gaskühlgebläse und Rohrbündel-Wärmetauscher) von unten nach oben. Nach dem Kühler ist wiederum eine gasdichte Austrittsdichtung angeordnet, durch welche das oxydfreie Band den Ofen verlässt. Durch den vertikalen Banddurchlauf (Band hängt berührungslos im Ofen und wird über die Düsen im Ofen mittig zentriert) wird keine zusätzliche Energie für das berührungslose Tragen des Bandes (ganz besonders von dicken Bändern) durch den Ofen benötigt.

Die Erwärmung des Bandes erfolgt durch Hochkonvektion des H<sub>2</sub>-haltigen Schutzgas im Glühräum. Das Schutzgas wird im Heizraum, außerhalb der Glühofenmuffel, mittels Hochgeschwindigkeitsbrennern von EBNER beheizt. Das dabei gebildete gesamte Rauchgas wird gesammelt und mittels Zentralrekuperator zur Vorwärmung der Brennluft auf über 430 °C genutzt. Höchste Wirkungsgrade werden dabei erzielt.

Durch die reinigende Hydrierwirkung des sehr sauberen Wasserstoffs, kann, im Gegensatz zu einer anderen Atmosphäre das Öl im Glühräum vom durchlaufenden Band gut

abdampfen und somit eine blanke Oberfläche erzielt werden. Gemeinsam mit dem Schutzgas werden die Ölemissionen aus dem Glühraum abgeführt und in einem zusätzlichen Schutzgas-Nachverbrennungssystem im gasbeheizten Heizraum sauber verbrannt.

Anschließend wird die Bandoberfläche nur mehr durch Einsatz einer finalen Bürsteinrichtung, ohne zusätzliche Chemie fertig bearbeitet und anschließend konserviert (passiviert).

Der Bürsteinsatz kann durch die Nutzung des H<sub>2</sub>-/N<sub>2</sub>-Schutzgasgemischs verringert werden. Die bisher stattfindende Oxydation der Oberfläche im Glühraum wird zukünftig unterbunden.

Da Messing eine sehr blanke und gelbe Oberfläche aufweist, ist eine Erwärmung **ohne** Konvektion, über Strahlung nur in sehr langen strahlenden Muffeln möglich. Derartige Anlagen sind bereits mehrfach in der Stahl- und Buntmetallindustrie realisiert worden. In solchen Strahlungsöfen erreicht man zwar auch sehr tiefe Taupunkte, diese müssen aber bei gleicher Durchsatzleistung in Ihrer Baugröße **3x so lang ausgeführt** werden. Dies führt selbstverständlich zu wesentlich höheren Wärmeverlusten und daher auch zu einem höheren Energieverbrauch.

Andere Ofenkonzepte, wie zum Beispiel horizontale Schwebebandöfen, arbeiten zwar auch mit Konvektion, benötigen aber zum Schweben der Bänder schwerere Gase (Luft oder N<sub>2</sub>). Diese haben zusätzlich ein schlechteres Konvektionsvermögen (Wärmeübergang) und benötigen somit zum Umwälzen des Gases auch wesentlich mehr Energie (bei dicken Bändern von über 2,0 mm müssen sogar Gebläse in Serie geschaltet werden).

Außerdem können diese muffellosen Ofenkonzepte nicht mit Wasserstoff betrieben werden und haben daher, neben der schlechteren Konvektion (Wärmeübergang), den zusätzlichen großen Nachteil, dass die Bänder noch stärker entzinken. Daher ist auch hier die Umweltbelastung durch den größeren Anfall von Zinkoxyd gegeben.

Die **Umweltentlastung** beim neuen Konzept ergibt sich daher nicht nur durch den Entfall der Oberflächenbehandlung (durch Entfall der Entfettung und dem nachfolgenden Beizen und der damit verbundenen chemischen Abfallentsorgung), sondern auch durch eine Verminderung des Zinkanfalls. Das trotzdem anfallende zinkhaltige H<sub>2</sub>-Abgas wird beim neuen Konzept über eine Zinkfalle mit spezieller Filterung geführt und anschließend in einer Abgas-Nachverbrennungseinrichtung sauber verbrannt. Dabei wird eventuell noch austretendes Zink zu Zinkoxyd verbrannt und über einen Kamin über Dach geführt.

## 2.3 Darstellung der Umsetzung des Vorhabens

Die Abbildung 8 beschreibt den tatsächlichen Projektfahrplan für die Umsetzung des Projektes.

Projektmonat	2010						2011												
	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
<b>Bezeichnung</b>																			
<b>Vorzeitiger Maßnahmenbeginn</b>																			
<b>Zuwendungsbescheid KfW</b>																			
Detailplanung																			
Bestellungen																			
Anzahlung Anlagen																			
Detailabstimmung EFA NRW																			
Lieferzeit																			
Aufbau Anlage																			
Testbetrieb Optimierungsphase																			
Produktion																			
<b>Messprogramm Soll /Abschlussbericht</b>																			

Projektmonat	2012												2013										
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Juni	Jul	Aug	Sep		
<b>Bezeichnung</b>																							
<b>Vorzeitiger Maßnahmenbeginn</b>																							
<b>Zuwendungsbescheid KfW</b>																							
Detailplanung																							
Bestellungen																							
Anzahlung Anlagen																							
Detailabstimmung EFA NRW																							
Lieferzeit																							
Aufbau Anlage																							
Testbetrieb Optimierungsphase																							
Produktion																							
<b>Messprogramm Soll /Abschlussbericht</b>																							

Abbildung 8: Projektfahrplan

Die einzelnen Schritte im Projektablauf werden nachfolgend kurz beschrieben. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über unsere investitionsseitigen Teilvorhaben, auf die im Weiteren fortwährend Bezug genommen wird:

Teilvorhaben
(1) Glühlinie der Fa. Ebner (inkl. Montage, Inbetriebnahme Wärmerückgewinnung u.a.)
(2) Baukosten
(3) Änderung H2/N2-Versorgung Fa. Air Liquide
(4) Scherenhubtisch Fa. Hywerma
(5) Messprogramm

Tabelle 1: Teilvorhaben

Nach der Erteilung des förderunschädlichen Vorhabensbeginns zum 23. Juli 2010 wurden die Gespräche mit dem Anlagenlieferanten, der Fa. Ebner Industrieofenbau GmbH, intensiviert und am 16. November 2010 die Bestellung ausgelöst. Wesentliche noch abzuklärende Punkte waren:

- Anlagenlayout / Aufstellungsplanung
- Einzelheiten zur Spültechnik
- Wartungsmöglichkeiten

Im Rahmen der Bestellung wurde die Montage der Anlage für Januar / Februar 2012, die Inbetriebnahme für März 2012 vereinbart. Das Messprogramm sollte Anfang April 2012 starten.

Die Umbauarbeiten (Tiefbauarbeiten) in der bestehenden Halle wurde während der Weihnachtszeit gestartet und im 1. Halbjahr 2011 weitergeführt. Außerhalb der Halle wurde die Installation der  $H_2/N_2$  -Versorgung durchgeführt. Die 1. Bodenplatte in der Halle wurde installiert (- 60 cm) und die Wasser- und Stickstoffleitungen verlegt. Die nachfolgenden Abbildungen beschreiben die Umbauarbeiten im 1. Halbjahr 2011:



Abbildung 9: Umbauarbeiten in der Halle



Abbildung 10: Fundament für  $H_2/N_2$  Schutzgasversorgung außerhalb der Halle

Die Dachöffnung erfolgte im Juli 2011. Somit konnte der Turmbau Ende Juli starten. Die Stahlbauarbeiten waren nach 4 Wochen abgeschlossen. Anfang September 2011 erfolgte die Kranlieferung und mit Monatsanfang Oktober 2011 war die Turmaußenhaut fertiggestellt.

Die Schutzgasversorgung der neuen Glühanlage (Wasserstoff- und Stickstoffgas) wurde mit der Aufstellung der Tanks am 13. September 2011 abgeschlossen.



Abbildung 11: Aufstellung Wasserstoff- und Stickstoffbehälter    Abbildung 12: Hallenkonstruktion für die neue Glühanlage

Die Wasserstoff- und Stickstoffbehälter wurden nach der Aufstellung bereits Mitte November 2011 an das Versorgungsnetz angeschlossen. Damit einhergehend wurde die sicherheitstechnische Überprüfung durchgeführt und die Anlage zum Betrieb freigegeben.

Bei der Fa. Ebner war die Vorabnahme der Anlage im Oktober / November 2011. Die nachfolgenden Abbildungen 13-16 vor Ort ergeben einen Eindruck von einzelnen Anlagenteilen.



Abbildung 13: Aufwickelhaspel mit Gurtumschlänger zum Anwickeln der Kupferbänder

Abbildung 14: Abwickelhaspel



Abbildung 15:Umlenkrollensatz für den Schlingenturm

Abbildung 16: Düsenkasten für die Bandheizzone

Sämtliche notwendigen Bauarbeiten vor Ort, die vor der Installation der Anlagen der Firma Ebner notwendig waren, sind bis zum 20. November 2011 fertiggestellt worden.

Für den Zeitraum vom 28. November 2011 – 15. Dezember 2011 wurden die Anlagenteile ausgeliefert. Der Aufbau in unserem Hause wurde im Zeitraum vom 28. November 2011 – 13. Februar 2012 durchgeführt. Nachfolgende Abbildungen 17 – 19 dokumentieren den Projektfortschritt während des Aufbaus.



Abbildung 17: Abwickelhaspel und Bandverbinder



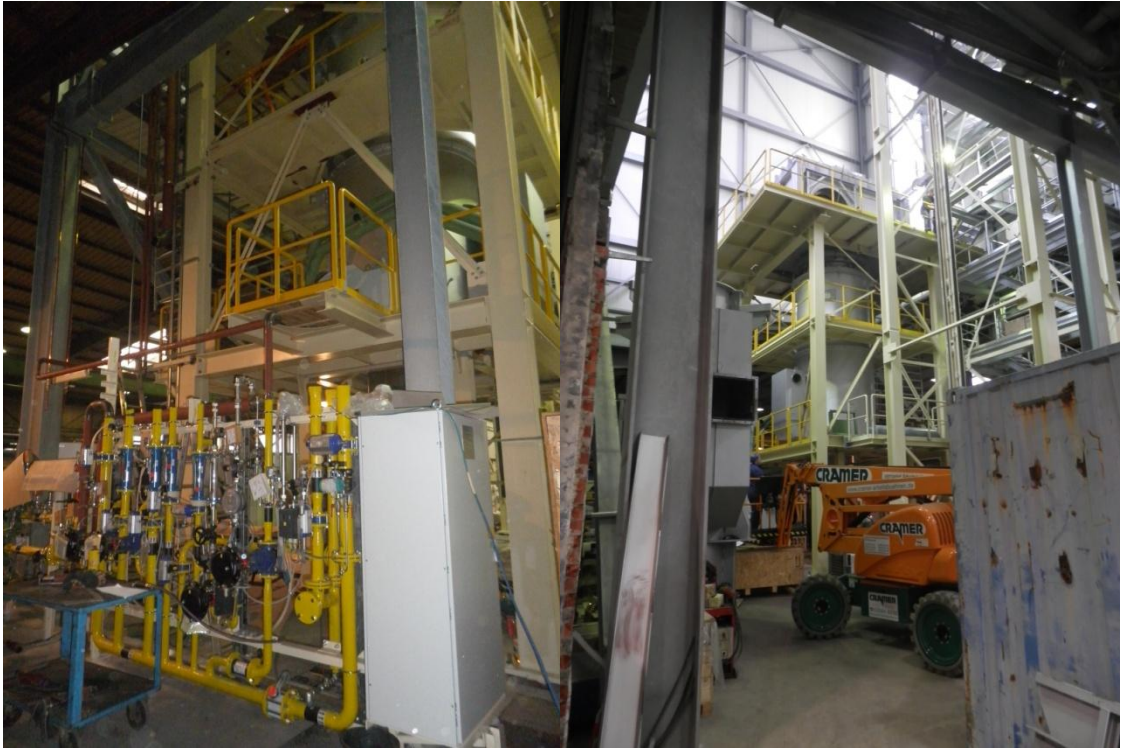


Abbildung 18: Gasmischstation

Abbildung 19: Vertikal-Blankglühofen (Turmofen) im Aufbau

Bis zum 13. Februar 2012 konnte die Montage der Anlage abgeschlossen werden. Es erfolgte noch die Installation der Elektrotechnik, die Verrohrung für die Schutzgaszufuhr sowie die Installation der Wasseranschlüsse.



Abbildung 20: Abwickelvorrichtung/oben Rohr zur Abgaswärmerückführung

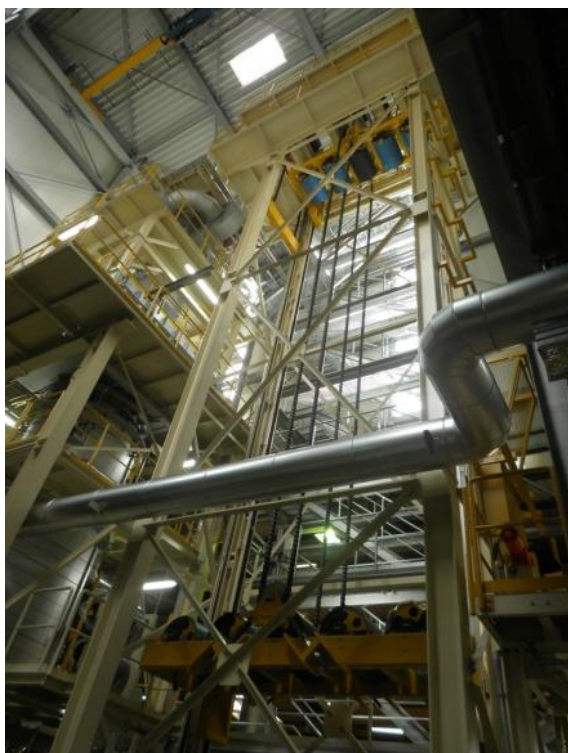


Abbildung 21: Bandspeicherturm

Die Kaltinbetriebnahme ist am 11. April 2012 vorgenommen worden. Alle Anlagensegmente wurden überprüft. Zuerst wurde ein Band kalt gefahren. Nach Herstellung und Überprüfung der Sicherheitseinrichtungen wurde Schutzgas eingelassen und der Ofen unter Temperatur gesetzt. Dann konnte das erste geglühte Band gefahren werden.



Abbildung 22: Das erste geglühte Produktionscoil am 8.5.2012

Die Anlage wurde verfahrenstechnisch geprüft und optimiert (die Bewegung der Rollen sowie die Bandzugkräfte wurden aufeinander abgestimmt). Nach einer detaillierten Bedienschulung durch den Ofenbauer konnte Mitte Mai 2012 die Produktion aufgenommen werden. Die notwendigen Prozessparameter wurden erarbeitet. Zur Abnahme des Ofens wurden 5 Abnahmebänder definiert. Anfang Juni 2012 kam es zum

Gefahrenübergang (Fahren der Anlage ohne Begleitung des Anlagenherstellers). Seit Juli 2012 war der Vertikal-Blankglühofen mechanisch und elektrisch komplett montiert und fahrbereit. Aufbau und Inbetriebnahme sind abgeschlossen. Die Glühanlage wurde durch das Bedienpersonal selbstständig gefahren, soweit die Anlage für die Produktion zur Verfügung stand. Die geglühten Materialien zeigten korrekte Verarbeitungsergebnisse, die qualitative Beurteilung des Produktionsmaterials war einwandfrei. Im Vergleich zur Altanlage war eine deutliche Qualitätssteigerung erkennbar, d.h. das Gefüge zeigt eine deutlich verbesserte Homogenität. Weiterhin ist die Oberflächensauberkeit aufgrund der wasserstoffhaltigen Atmosphäre einwandfrei, eine Zunderbildung am Kupferband wird komplett unterbunden.

Gemäß Zeitplan sollte ab September 2012 nach der Test- bzw. Optimierungsphase ein fließender Übergang zum regulären Produktionsbetrieb durchgeführt werden. Innerhalb der Testphase wurden einige schwerwiegende Probleme der Verfahrenstechnik festgestellt. Die Einzelheiten dazu sind unter 3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung aufgeführt und erläutert. Aufgrund der Fehler und den damit verbundenen Stillstandzeiten für die Fehlerbehebung musste der Glühbetrieb immer wieder unterbrochen werden, eine kontinuierliche Produktion (> 2 Wochen) war nicht gegeben.

Für eine fundierte Beurteilung der Glühanlage ist eine längere Produktionszeit erforderlich. Aufgrund der beschriebenen Rahmenbedingungen konnte insbesondere das geplante Messprogramm nur teilweise durchgeführt werden. Damit verbunden waren Verzögerungen im Messprogramm und der Anlagenabnahme.

## **2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)**

Im Vorfeld des Genehmigungsantrages nach der 9. BImSchV wurden in 2010 Gespräche mit der Bezirksregierung Arnsberg geführt. Am 8. Dezember 2010 wurde den baulichen Maßnahmen im Rat der Stadt Plettenberg zugestimmt. Die Zustimmung des Stadtrates im Rahmen der Baugenehmigung war ein Bestandteil der Genehmigung gemäß 9. BImSchV. Der Antrag auf Genehmigung zur wesentlichen Änderung der Anlage zum Walzen von NE-Metallen gemäß § 16 BImSchG wurde am 22. November 2010 bei der Bezirksregierung Arnsberg eingereicht. Der Genehmigungsbescheid der Bezirksregierung Arnsberg vom 19. September 2011 ist am 22. September 2011 postalisch eingegangen. Die für den Betrieb der Anlage erforderlichen Konformitätserklärungen der Hersteller liegen vor. Sicherheitstechnisch ist die Anlage abgenommen.

## 2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Im Vorfeld der Durchführung des Messprogrammes für den Neu-Zustand wurden im Juli 2012 die Messstellen und Messparameter überprüft und endgültig zwischen EFA und Messingwerk Plettenberg abgestimmt. Die nachfolgende Tabelle 2 gibt einen aktualisierten Überblick:

Nr.	Bezeichnung Messstelle	Medium	Messparameter	Häufigkeit	Anzahl Messungen / Proben	Durchführung Messung
<b>Soll-Zustand</b>						
1.	Zählerschrank Gesamtanlage	Elektroenergie	kWh	täglich	7 * 12 Wochen	Ablesung Zählerstand
2.	Zählerschrank Glühzone	Erdgas	m <sup>3</sup>	täglich	7 * 12 Wochen	Ablesung Zählerstand
3.	Zähler Schutzgasmischstation	Stickstoff	m <sup>3</sup>	täglich	7 * 12 Wochen	Ablesung Zählerstand
4.	Zähler Schutzgasmischstation	Wasserstoff	m <sup>3</sup>	täglich	7 * 12 Wochen	Ablesung Zählerstand
5.	Protokoll Verbrauch	Natronlauge Neutralisation	Kg	1 mal	Bilanz Einkauf-Verbrauch	Ablesung Verbrauchsmenge
6.	Protokoll Verbrauch	Salzsäure Neutralisation	kg	1 mal	Bilanz Einkauf-Verbrauch	Ablesung Verbrauchsmenge
7.	Protokoll Entsorgungsmenge	Filterkuchen (Abrieb)	Kg	1 mal	Bilanz Einkauf-Verbrauch	Entsorgungsnachweis
8.	Abluftkamin	Rauchgas gem. TA Luft	Div.	3 Monate	3 x	Externe Messung
9.	Abluftkamin	ZnO-Anteil im Rauchgas	ppm	3 Monate	3 x	Externe Messung
10.	Abluftkamin	NOx-SOx-Anteil im Rauchgas	ppm	3 Monate	3 x	Externe Messung
11.	Bandproben (Vergleich alter und neuer Ofen)	Zn-Anteil Bandoberfläche	ppm	Einmalig	1 x	Externe Messung
12.	Ofenprotokoll	Produktionsmenge	t	täglich	7 * 12	Auswertung Ofenprotokoll

Tabelle 2: Messstellen, -medien und -parameter Soll-Zustand

Anmerkung zu Nr. 9: Nach Rücksprache mit der Fa. Ebner ist eine quantitative Vergleichsmessung für Gesamtstaub und Zn vor und nach der Rauchgasreinigungsanlage nicht durchführbar, da die Nachweisgrenze unterschritten wird.

Anmerkung zu Nr. 11: Eine Vergleichsmessung bzgl. der oberflächennahen Entzinkung wurde in das Messprogramm eingebaut. Nach Rücksprache mit dem Institut für Umformtechnik (IFU) Lüdenscheid wurde eine GDOES-Messung (Glimmentladungsspektroskopie) empfohlen. Mit dieser Methode kann ein Analysentiefenprofil erstellt werden bis zu 400 µm Tiefe. Die EDX-Messung würde nur die Oberfläche als Messebene nutzen.

Den Nachweis, dass durch die reduzierende Wirkung auf die Bandoberfläche während des Glühprozesses auf eine nachfolgende Beizbehandlung verzichtet werden kann, wird im Haus mittels der Qualitätsaufzeichnungen bestätigt. Mit der Auflistung der internen und externen (Kundenreklamationen) Ausfälle kann der Nachweis geführt werden, dass eine Zuführung von Schwefelsäure (96%) sowie deren Entsorgung künftig entfällt.

Die Erfassung der Betriebsdaten erfolgt anlog der Tabelle 2. Die Messungen für die neue Anlage wurden am 1. Januar 2013 gestartet und sind Ende August 2013 beendet worden.

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung**

Wegen erwarteter geringerer Kosten für die Abgasleitung ist eine Verlegung des Abgaskamins beschlossen worden. Dieser Sachverhalt wurde mit den zuständigen Stellen der Bezirksregierung Arnsberg (BR) im April 2011 abgeklärt.

Die geplante Auftragsvergabe für den Scherenhubtisch an die Fa. Hywena wurde gestoppt, weil die vertieften Gespräche im Ergebnis zu einer deutlichen Kostensteigerung geführt hätten. Nach Gesprächen mit der Fa. Ebner wird diese nunmehr der Lieferant des Scherenhubtisches.

Im 1. Halbjahr 2011 wurde beim Erdaushub in der Halle unerwarteter Weise Ziegel gefunden, die zu erhöhten Kosten gesondert entsorgt werden musste. Dies hat zu einer entsprechenden Kostensteigerung von 40.000 Euro geführt.

Im Rahmen der konstruktiven Aufarbeitung mußte die Konzeption zum Stiegenhaus (Treppen und Arbeitsbühnen) neu aufgestellt werden. Die Neuplanung stellt eine ausreichende Erreichbarkeit aller Ofenbereiche sicher. Durch die erreichte Zugänglichkeit wird die Durchführung der notwendigen Wartungs- und Reparaturarbeiten ermöglicht. Die Mehrkosten betragen 130.000 Euro für die Planung und den Aufbau des betroffenen Segments.

Im 2. Halbjahr 2011 hat sich bei Gesprächen mit der Fa. Ebner ergeben, dass für die Anlage ein separater Kühlkreislauf in Trinkwasserqualität erforderlich ist. Bisher wurde das Kühlwasser für die Produktion aus dem benachbarten Gewässer (Lenne) entnommen. Aus Sicherheitsgründen mussten die Sauberkeitsanforderungen des Wassers erhöht werden. Im vorliegenden Zustand könnten kleinste Schmutzpartikel die Anlagenkomponenten verstopfen, die notwendige Kühlung wäre damit nicht ausreichend gewährleistet. Bei unseren Planungen waren wir davon ausgegangen, dass wir wie bisher mit Flusswasser kühlen können. Dies ist aber nicht möglich. Die Kosten für diese Maßnahme betragen 90.000 €. Zudem musste noch ein Notstromaggregat angeschafft werden, weil bei

Stromausfall die Notspülung für den Ofen stattfinden muss. Bei den Planungen war uns dies nicht bekannt. Die Kosten betragen 25.000 €.

Eine längere Inbetriebnahmephase im 2. Halbjahr 2012 hat zu einer Verzögerung geführt. Zinkablagerungen auf der Bandoberfläche nach Verlassen der Heizzone führten zu einer massiven Qualitätsbeeinträchtigung.

Zinkablagerungen sind insbesondere bei hohen Glühtemperaturen ( $> 700^{\circ}\text{C}$ ) nach relativ kurzer Zeit auf dem Glühmaterial vorzufinden. Das betroffene Material ist unbrauchbar, die Oberflächen der betroffenen Bänder können durch die Nachbearbeitung (Bürsten & Spülen) nicht in einen qualitativ einwandfreien Zustand versetzt werden. Auch durch eine zusätzliche Beizbehandlung kann das Problem nicht behoben werden.

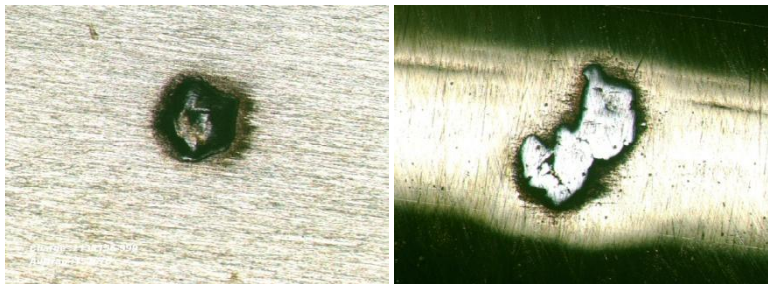


Abbildung 23: Zinkablagerungen auf Messing (mikroskopische Aufnahme)

Teilweise sind die Bänder nicht verkaufsfähig. Das machte eine Anpassung durch den Anlagenbauer erforderlich. Der Anlagenbauer hatte eine Lösung des Sachverhaltes bis Mitte August 2012 in Aussicht gestellt. Dadurch ergab sich eine Verzögerung des vertraglich vereinbarten Abnahmezeitpunktes.

Die Fa. Ebner arbeitete an einer Lösung, um die Zinkausdampfung zu verhindern. Folgende Maßnahmen wurden zum damaligen Zeitpunkt zur Problembeseitigung eingeleitet:

- Umbauarbeiten zur Erhöhung des Filterdurchsatzes für August 2012.
- Umsetzung eines erweiterten Reinigungskonzeptes zur Beseitigung des überschüssigen Zinkpulvers aus dem Ofen durch Absaugung. Nach damaliger Planung sollte der Ofen alle 2 Wochen geöffnet und gereinigt werden.

Zur Lösung des Problems „Zinkablagerungen“ wurde das Volumen der Filteranlage deutlich erhöht. Das im Bypass über den Filter gefahrene Schutzgasvolumen wurde von 40 auf 120  $\text{m}^3/\text{h}$  erhöht. Zusätzlich wurden die Strömungsverhältnisse im Ofen verändert, um das Zink aus dem Kühlbereich zu eliminieren. Die Kühlzone ist der kritische Anlagenteil für das beschriebene Problem der Zinkausscheidung. Aufgrund der herabgesetzten Temperatur reduziert sich die Lösungsfähigkeit für das Zink in der Schutzgasatmosphäre. Das Zink setzt sich staubförmig im Ofen und auf der Bandoberfläche ab.

Der Umbau wurde im August 2012 durchgeführt, am 3. September 2012 wurde der Produktionsbetrieb nach der Modifikation wieder aufgenommen. Auf der nachfolgenden Abbildung 24 ist der neue Filterbehälter abgebildet.

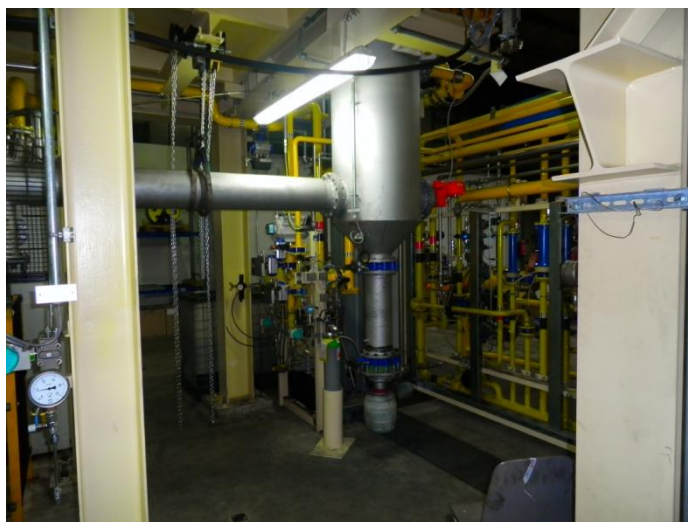


Abbildung 24: Filterbehälter (mittig), Im Filterbehälter befinden sich 12 Filterbeutel, die das Zink absondern.

Im Ergebnis war das Verarbeitungsergebnis durch diese Umbaumaßnahme und einem angepassten Reinigungsplan deutlich verbessert. Dieses erste Anfangsergebnis hatte keinen dauerhaften Bestand. Im weiteren Fertigungszeitraum zeigte sich die Problematik „Zinkablagerungen“ in der gleichen Ausprägung wie vor dem Umbau. Nach weiterer Erörterung der Sachlage und Abwägung potentieller Möglichkeiten musste im 1. Halbjahr 2013 festgestellt werden, daß das qualitative Problem unter den gegebenen Betriebsbedingungen nicht komplett beherrscht werden kann.

Als Folge dieser Restriktion wurde die max. Bearbeitungstemperatur von 750°C auf 650°C reduziert, mit Folgen für die wirtschaftliche und technische Effektivität der Anlage. Für die Herstellung weicher Qualitäten werden hohe Temperaturen bis 750°C benötigt. In erster Anpassung können weiche Messingqualitäten nicht wie geplant auf der Glühanlage hergestellt werden.

Als Konsequenz muss die beschriebene Qualität mit erhöhtem Aufwand hergestellt werden. D.h. die Reduzierung der Bearbeitungstemperatur muss über die Glühgeschwindigkeit kompensiert werden. Durch die damit verbundene Herabsetzung der Durchsatzleistung wird die wirtschaftliche und umweltrelevante Betrachtung der neuen Glühanlage negativ beeinflusst.

Ein Teil der Produktionsmenge (1.200 t/a, entsprechend 8 % der Gesamtproduktion) muss weiterhin über die alte Glühanlage gefahren werden, um die Qualitäten mit besonders niedrigen Festigkeitswerten herzustellen. Durch diese Maßnahme bedingt, muss ein Teil der Produktion weiterhin gebeizt werden.

Weitere Auffälligkeiten im 2. Halbjahr 2012:

Die durchlaufenden Bänder werden durch 2 Ventilatoren heruntergekühlt. Ein Antriebsmotor für die Kühlventilation ist im 2. Halbjahr 2012 zweimal ausgefallen. Als Folge war die gesamte Glühanlage nicht produktionsfähig. Die betreffenden Motoren sind speziell für den Betrieb in Wasserstoffatmosphäre gebaut und abgedichtet. Dies ist eine sicherheitstechnische Anforderung, daher werden spezielle Ersatzteile sowie eine Betreuung durch Fachbetriebe benötigt. Vor diesem Hintergrund führten Aus- und Einbau sowie die auswärtige Reparatur zu erheblichen Stillstandzeiten. Die genutzten Motoren sind prinzipiell keine kritischen Teile. Es handelte sich um einen Mangel im Bereich der vorgeschalteten Leistungselektronik. Eine Ursachenforschung wurde vom Lieferanten des

Motors durchgeführt. Gemäß der Untersuchung führten ungeplante Schwankungen der Stromzufuhr zum Ausfall des Kühlventilators. Über eine Zwischenlösung konnte die Stromversorgung des Kühlventilators für den Zeitraum von ca. einem halben Jahr sichergestellt werden. Der Anlagenlieferant hat für diesen angezeigten Mangel eine Lösung erarbeitet. Im Oktober 2013 wurden die Schaltschränke mit weiteren Komponenten (Netzfiltern) ergänzt, die die kontinuierliche Versorgung der Anlage auf Dauer gewährleisten.

Das Bandmaterial wurde mit definierten Kräften durch die Anlagensegmente geführt. D.h., das Band wird im Ofenbereich quasi ohne Zugspannung gefahren, um eine Längung des Materials bzw. ein Abreißen zu vermeiden. Aus bislang nicht erkennbarem Grund ist die Bandzugkraft bei diversen Produktionsbändern schlagartig nach oben angestiegen. Aufgrund einer Grenzwertüberschreitung wurde die Glühanlage umgehend stillgesetzt. Die in der Anlage befindlichen Bänder waren nicht weiterverarbeitbar. Seitens der Fa. Ebner wurde über diverse Anpassungen innerhalb der Software sowie durch Nachbesserungen elektronischer Anlagenkomponenten der Mangel beseitigt. Mit Stand Januar 2013 waren die Bandzugprobleme komplett beseitigt worden.

Aufgrund fehlender Vorinformationen wurden beölte Bänder in die Glühanlage eingefahren. Die Oberfläche der zu betreffenden Bänder waren aufgrund einer ungeplanten Umstellung des Fertigungsablaufs mit Öl benetzt. Aus Unwissenheit wurde das betreffende Bandmaterial in der neuen Glühanlage bearbeitet. Die Verarbeitung solcher Bänder ist nicht zulässig. Prinzipiell dürfen nur trockene Bänder mit der Glühanlage verarbeitet werden. Im Resultat setzte sich das eingetragene Öl in den zahlreichen Leitungen und Filtern ab. Die Filter sind im feuchten bzw. beölten Zustand nicht wirksam, die Anlage schaltete aus Sicherheitsgründen mehrmals ab. Hierzu wurden mehrmals Reinigungs- und Wartungsarbeiten notwendig. Zur Vermeidung derartiger Störungen wurden die Vorgaben mit einem entsprechenden Hinweis ergänzt.



### 3.2 Durchführung und Ergebnisse des Messprogramms

Bei der Einführung einer neuen Technologie steht im Mittelpunkt eine höhere Produktqualität verknüpft mit einer höheren Ressourceneffizienz, die einen hohen Umwelteffekt hat. Aus diesem Grund wurde im Messprogramm (Kap.2.5) darauf geachtet, alle prozessualen Ressourcenverbräuche zu erfassen. In den nachfolgenden Tabellen haben wir die Ergebnisse unserer Messungen für die Messstellen 1,2,3,4 und 12 aufgelistet, die dann nachfolgend bewertet und erläutert werden.

Für die Messtelle 1 „Elektroenergie“ haben wir eine Aufteilung der Energieverbräuche vorgenommen. Sie gliedern sich in die beiden Teilbereiche

- 1a „Ofen“ → Ventilatoren, Ventile, Pumpen, usw.
- 1b „Antriebe“ → Motoren, Rollen, Umrichter, usw.

Diese Aufteilung wurde vorgenommen, da zum Zeitpunkt der Antragstellung nur der Elektroenergieverbrauch des Ofens angegeben wurde und wir eine Vergleichbarkeit der Verbräuche herstellen wollen.

Monat	Nr. 1a Elektro- energie Ofen in kWh	Nr. 1b Elektroenergie Antriebe in kWh	Nr. 2 Erdgas in m <sup>3</sup>	Nr. 3 Stickstoff in m <sup>3</sup>	Nr. 4 Wasserstoff in m <sup>3</sup>	Nr. 12 Produktions- menge in kg
Januar	27.173	14.614	8.184	43.846	6.322	518.000
März	33.319	18.936	9.335	36.976	12.753	1.005.600
März	40.670	18.706	9.942	43.732	13.045	960.000
April	26.901	16.330	7.513	34.347	10.178	737.400
Mai	27.824	12.964	6.147	35.224	6.308	441.700
Juni	33.812	17.660	7.491	33.765	13.067	900.200
Juli	41.045	20.232	6.941	35.146	15.147	1.091.600
August	38.405	20.555	8.267	37.910	15.825	1.044.300
<b>Summe</b>	<b>269.149</b>	<b>139.997</b>	<b>63.820</b>	<b>300.946</b>	<b>92.645</b>	<b>6.698.800</b>

Tabelle 3: Messstellen 1,2,3,4 und 12 gemäß Messprogramm Soll Kapitel 2.5

Zeitraum	Nr. 5 Natronlauge Neutralisation in kg	Nr. 6 Salzsäure Neutralisation in kg	Nr. 7 Filterkuchen in kg
Januar – Juni 2013	7.500	7.440	11.860

Tabelle 4: Messstellen 5,6 und 7 gemäß Messprogramm Soll Kapitel 2.5

Nachfolgend haben wir die in den Tabellen 3 und 4 erfassten Werte einzeln bewertet.

## Messpunkt 12: Produktionsmengen

Die nachfolgende Grafik (Abbildung 25) skizziert die erfassten Produktionsmengen (Nr. 12) über den Messzeitraum Januar – August 2013.

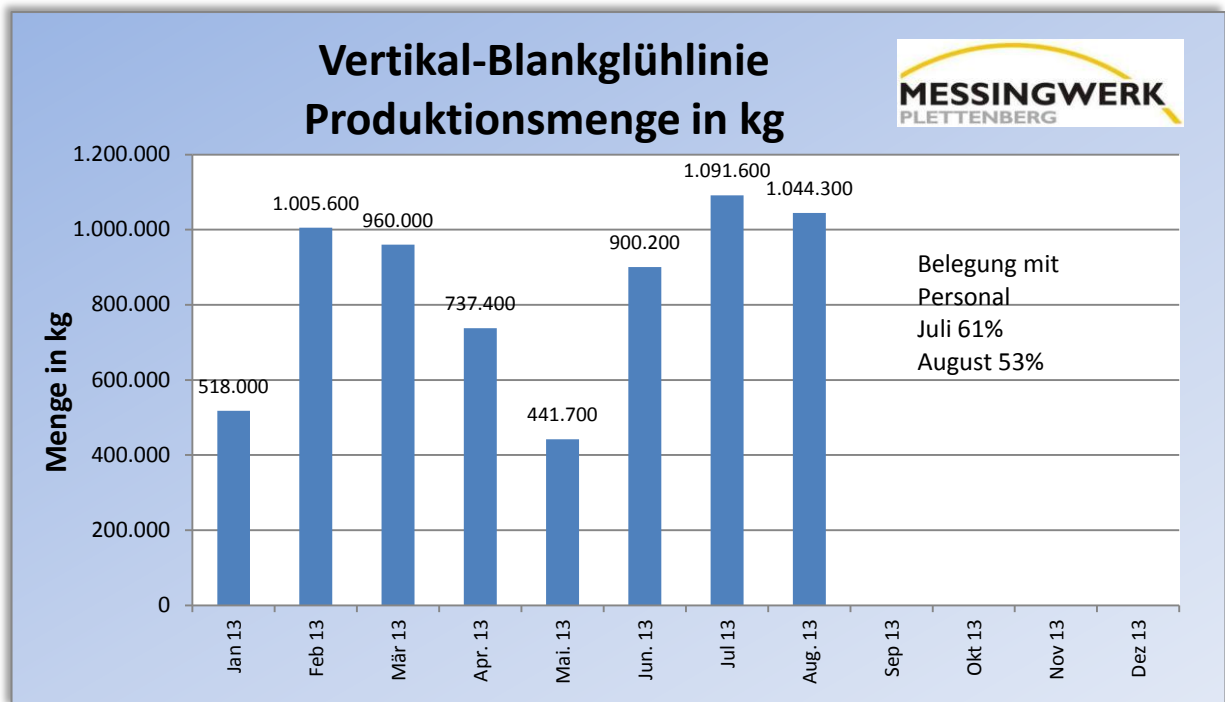


Abbildung 25: Produktionsmengen im Zeitraum Januar – August 2013

In den Monaten Juli und August 2013 konnte die Vertikal-Blankglühanlage erstmalig über einen mehrwöchigen Zeitraum kontinuierlich betrieben werden. Ungeplante Stillstände wegen Reparaturen bzw. Störungen waren nur in geringem Ausmaß vorhanden. Aus diesem Grund werden im Folgenden die Ergebnisse der Monate Juli und August 2013 als Basis für die Berechnung des spezifischen und absoluten Verbrauchs an Energie und Einsatzstoffen verwendet.

In den o.a. Monaten war die Vertikal-Blankglühanlage nur zu 61% bzw. 53% ausgelastet und mit Personal belegt. Aufgrund der im Betrachtungszeitraum zur Verfügung stehenden Aufträge war eine höhere Auslastung der Glühanlage nicht möglich und notwendig. Bei der aktuellen Verfahrensweise und einer 7-Tage-Woche ist auf Basis dieser Zahlen eine Glühleistung von ca. 1.800 t/Monat möglich. Zum Zeitpunkt der Antragstellung sind wir von einer monatlichen Glühleistung von 1.250 t/Monat ausgegangen.

Die nachfolgende Tabelle 5 gibt Auskunft, wieviel Zeit pro Monat für die hergestellte Produktionsmenge benötigt wurde und errechnet am Ende die Produktionsmenge in Tonnen pro Stunde, die bei der neuen Anlage im Mittel 2,555 t/h beträgt.

Monat	Nr. 12 (Tab. 3) Produktions- menge in t	Produktionszeit in min	Produktion in t pro Stunde
Januar	518,0	13.655	2,274
März	1.005,6	22.950	2,629
März	960,0	21.775	2,645
April	737,4	15.050	2,940
Mai	441,7	12.500	2,120
Juni	900,2	20.815	2,595
Juli	1.091,6	25.520	2,566
August	1.044,3	25.070	2,499
<b>Summe</b>	<b>6.698,8</b>	<b>157.335</b>	<b>2,555</b>

Tabelle 5: Produktion in t pro Stunde

Im Vergleich dazu betrug die Produktivität der bisherigen Banddurchlaufglühe durchschnittlich 2,00 t/h. Somit konnte die Produktivität durch die neue Anlage um ca. 28% erhöht werden.

In den nachfolgenden Auswertungen zu den Messpunkten 1-4 wurden zuerst die spezifischen Energieverbräuche auf Basis der Messergebnisse der Tabelle 3 graphisch aufbereitet.

#### Messpunkt 1a): Elektroenergieverbrauch Ofen

Die nachfolgende Grafik (Abbildung 26) skizziert den spezifischen Elektroenergieverbrauch im Bereich Ofen- und Kühlzone ohne die Peripherie. Hauptverbraucher sind die Ventilatoren. Ziel für den Elektoverbrauch bei Antragsstellung war eine spez. Leistung von 18 kWh/t. Die Zielsetzung erfolgte unter der Voraussetzung einer kontinuierlichen Produktion.

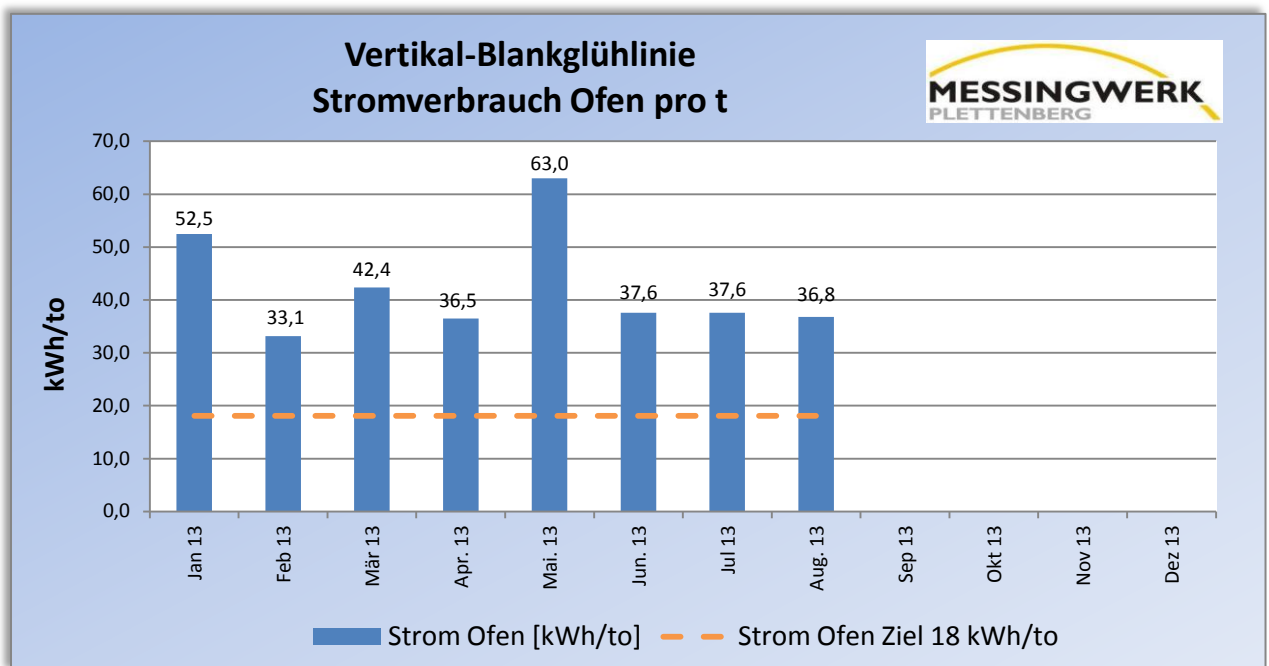


Abbildung 26: Stromverbrauch Ofen in kWh pro t

Aufgrund technischer Störungen (z.B. Zinkablagerungen auf den Bändern bzw. Ausfall der Antriebsmotoren der Kühlventilatoren ) und der Minderauslastung der Glühanlage konnte der anvisierte Zielwert nicht erreicht werden. Durch den Einsatz des „dünnen“ Wasserstoffgases (die Dichte des Wasserstoffs ist im Vergleich zu Luft und anderen Gasen deutlich geringer) wird der Laufwiderstand der Ventilatoren deutlich verringert. Daraus resultierend wird physikalisch der Stromverbrauch in diesem Anlagensegment über die Nutzung der Wasserstofftechnologie signifikant reduziert. Dieser Effekt ist aktuell nur im Vergleich des Stromverbrauchs mit der Altanlage erkennbar.

Die Stromaufnahme im Stillstand entspricht noch nicht den Erwartungen, dieser Umstand sorgt für einen erhöhten spez. Verbrauch pro Mengeneinheit. Die weitere Optimierung der Verbrauchswerte bleibt als Aufgabenstellung bestehen.

#### Messpunkt 1b): Elektroenergieverbrauch Ofen

Die nachfolgende Grafik (Abbildung 27) skizziert den spezifischen Elektroenergieverbrauch im Bereich der Antriebe. Bei Antragsstellung wurde für den Antriebsstrom kein Zielwert festgelegt. Aufgrund der physikalischen Gegebenheiten ist für diesen Wert keine signifikante Verbesserung zu erwarten. Der Bandlauf an solchen Prozesslinien ist immer vergleichbar. Aus diesem Grund wurden hier energieeffiziente Antriebe eingebaut, die Verbräuche aber nicht mit in der Antragsstellung berücksichtigt.

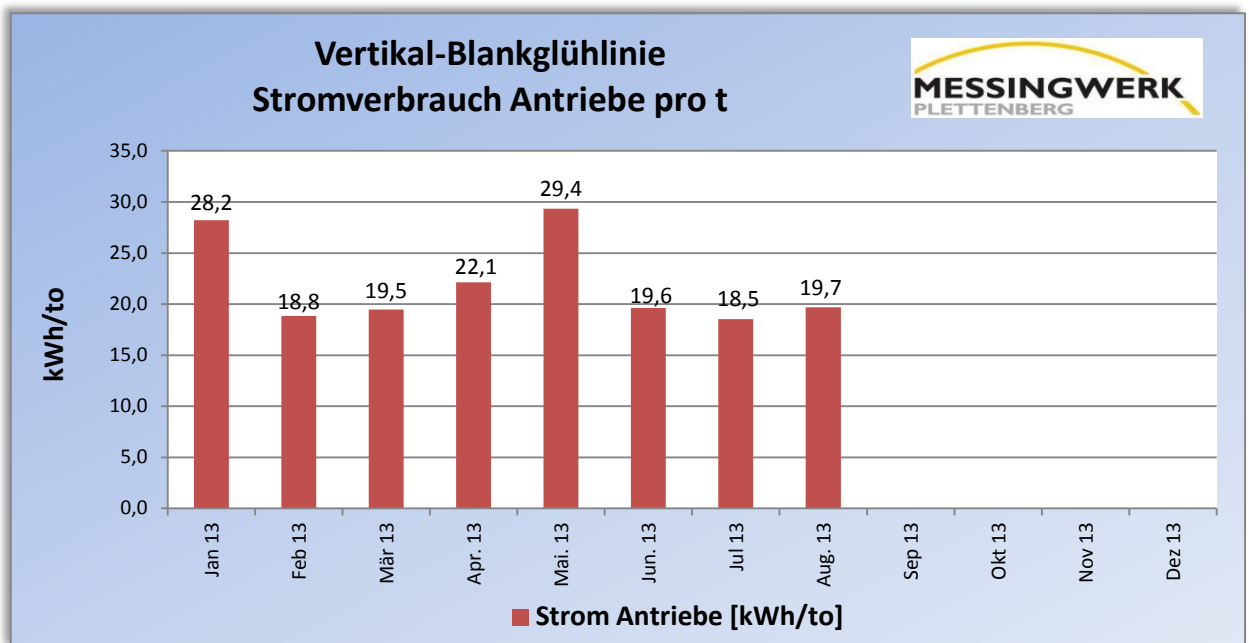


Abbildung 27: Stromverbrauch Antriebe in kWh pro t

Aus dem protokollierten Stromverbrauchswerten für die Altanlage konnte ein spezifischer Stromverbrauch von 72,9 kWh/t im Jahr 2011 ermittelt werden. Diese Zielgröße haben wir in der nachfolgenden Abbildung 28 kenntlich gemacht und den spezifischen Gesamtelektroenergieverbrauch des neuen Ofens für jeden Monat gegenüber gestellt.

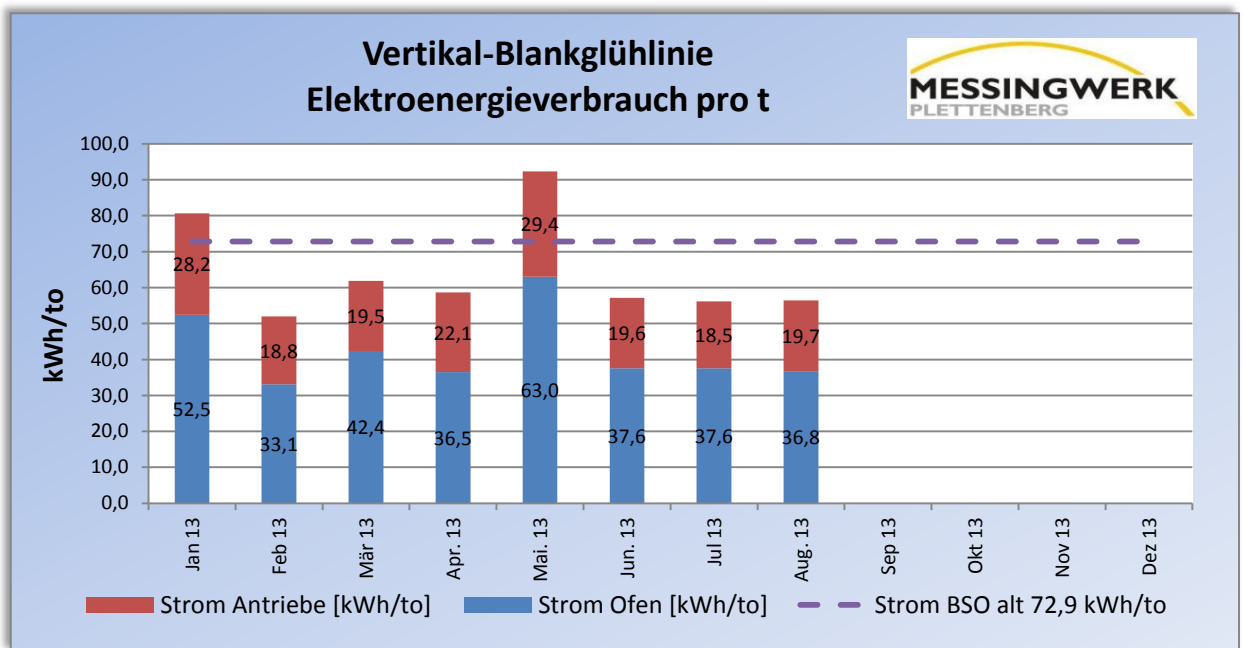


Abbildung 28: Gesamtstromverbrauch in kWh pro t im Vergleich zur Altanlage

In den Monaten Juli und August 2013 konnte nach Erledigung diverser Nacharbeiten erstmals ein kontinuierlicher Glühbetrieb über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden. Aus den o.a. ermittelten Werten ergibt sich für diese beiden Referenzmonate ein Mittelwert von 56,3 kWh/t. Gegenüber der Altanlage ergibt sich daraus eine Reduzierung des spezifischen Stromverbrauchs von 16,6 kWh/t bzw. 22,8 %. Bei einer möglichen Jahresproduktion von 15.000 t für Bänder < 650 °C bedeutet dies eine Einsparung von Strom in Höhe von 249.000 kWh/a gegenüber der Altanlage.

#### Messpunkt 2: Erdgasverbrauch

Die nachfolgende Grafik (Abbildung 29) skizziert den spezifischen Erdgasverbrauch über den Messzeitraum Januar – August 2013. Zum Zeitpunkt der Antragstellung lag die Zielsetzung bei 113,0 kWh/t.

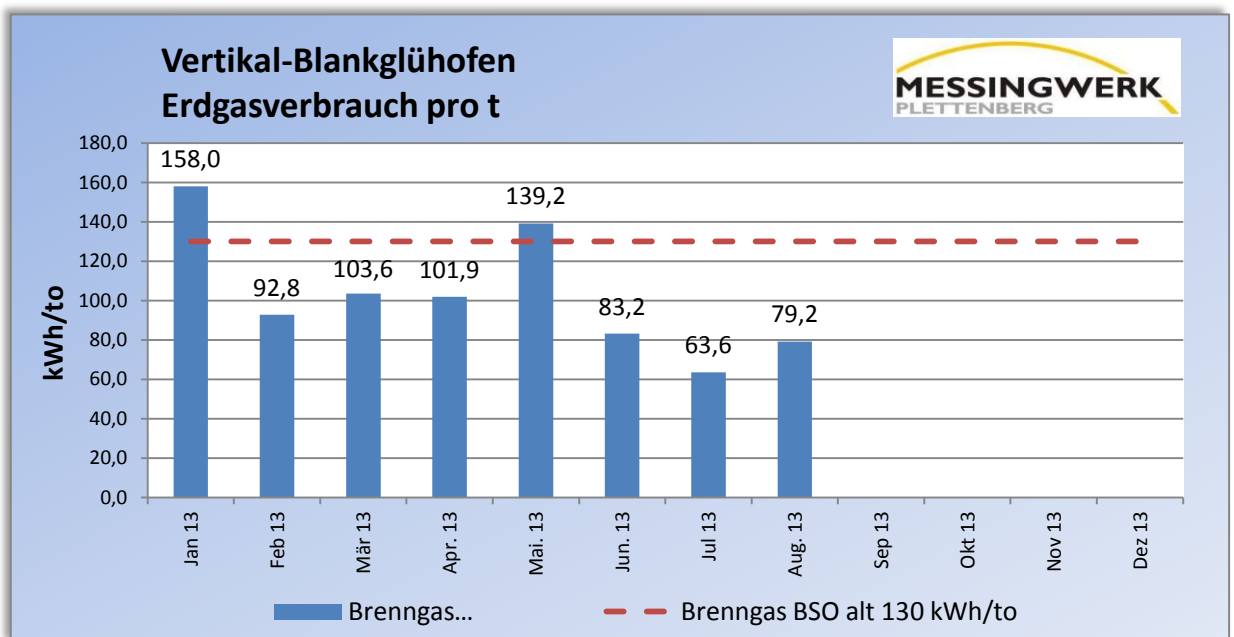


Abbildung 29: Spezifischer Erdgasverbrauch in kWh/t im Zeitraum Januar – August 2013

Auf Basis der beiden Referenzmonate Juli und August 2013 ergibt sich ein durchschnittlicher spez. Erdgasverbrauch von 71,4 kWh/t. Somit wird der ursprünglich gestellte Zielwert (Stand der Technik) um 28,6 kWh/t unterschritten. Im Vergleich zur Altanlage verringert sich der spez. Erdgasverbrauch um 58,60 kWh/t bzw. um 45,1 %. Bei einer möglichen Jahresproduktion von 15.000 t für Bänder < 650 °C bedeutet dies eine Einsparung an Erdgas von 879.000 kWh/a gegenüber der Altanlage.

Der Gesamtenergieverbrauch bei einer möglichen Jahresproduktion von 15.000 t für Bänder < 650 °C stellt sich im Vergleich zu Vorher bzw. zum Stand der Technik zusammenfassend wie folgt dar:

Umwelt- medien	Vorher am Standort Plettenberg	Stand der Technik Band- schwebe- ofen horizontal 5% H <sub>2</sub>	Neue Lösung - innovativ- Vertikal- ofen (Ziele aus Planung)	Neue Lösung -innovativ- Vertikal- ofen (Messung)	Einspa- rung zur Altanlage (Ziele aus Planung)	Einspar- ung zur Altanlage (Messung)
Strom in kWh/a	1.093.500	600.332	271.500	844.500	822.000	249.000
Erdgas in kWh/a	1.950.000	1.665.300	1.687.500	1.071.000	262.500	879.000
Gesamt in kWh/a	3.043.500	2.265.632	1.959.000	1.915.500	1.084.500	1.128.000

Tabelle 6: Ergebnisvergleich Gesamtenergieverbrauch bei 15.000 t/a

Eine Überführung dieser Ergebnisse auf den spezifischen Energieverbrauch je Tonne Produkt führt zu folgenden Werten:

Vertikalofen:	127,7 kWh/t
Bandschwebeofen - Stand der Technik:	151,0 kWh/t
Bandschwebeofen - Altanlage:	202,9 kWh/t

#### Messpunkt 3: Stickstoffverbrauch:

Die nachfolgende Grafik (Abbildung 30) skizziert den spezifischen Stickstoffverbrauch über den Messzeitraum Januar – August 2013. Zum Zeitpunkt der Antragstellung lag die Zielsetzung bei 6,0 m<sup>3</sup>/t. Dabei sind wir von einem kontinuierlichen und optimalen Glühbetrieb ausgegangen. Bisher konnte eine derartige Betriebsweise in der Praxis jedoch nicht umgesetzt werden. Im Resultat lag der mittlere spezifische Stickstoffverbrauch für den Referenzzeitraum bei 34 m<sup>3</sup>/t. Auf dieser Basis ergibt sich ein Jahresverbrauch an Stickstoff bei einer möglichen Jahresproduktion von 15.000 t für Bänder < 650 °C von 510.000 m<sup>3</sup>.

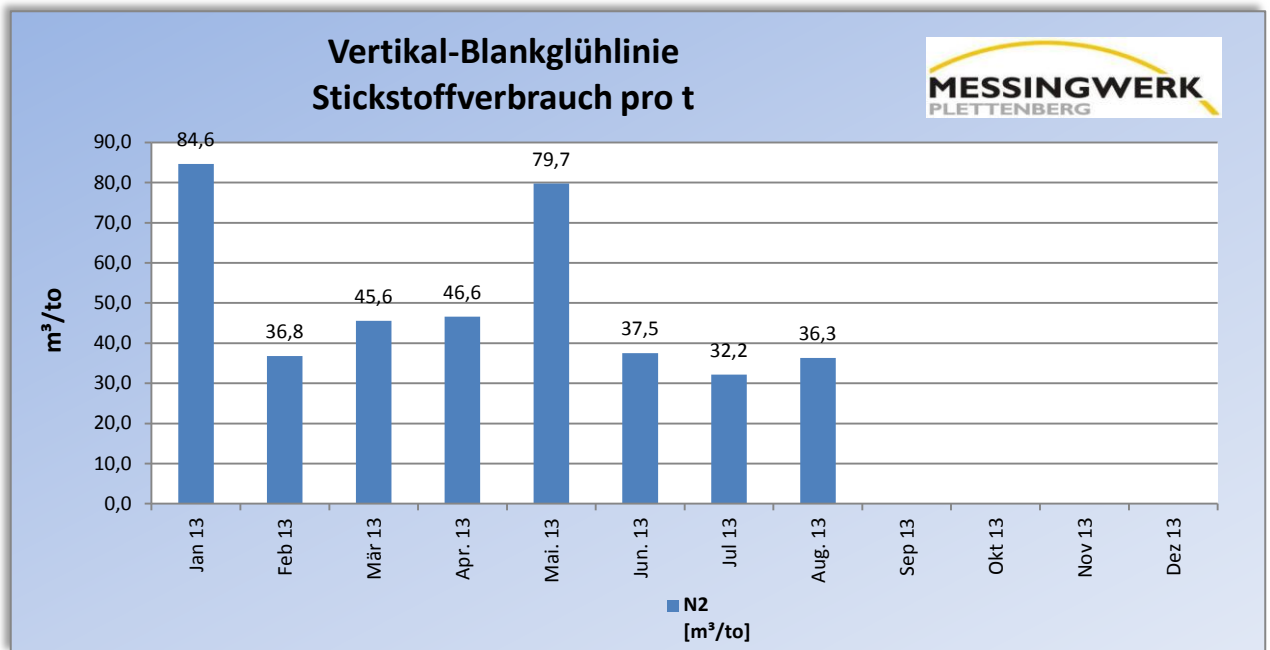


Abbildung 30: Spezifischer Stickstoffverbrauch in m<sup>3</sup>/t im Zeitraum Januar – August 2013

Der Stickstoff wird in der Glühanlage als Spül- und Sicherheitsgas verwendet, um jegliche Explosionsgefahr in Zusammenhang mit der Verwendung mit Wasserstoff auszuschließen. Diese Nutzung im Sinne der Arbeitssicherheit entspricht dem Stand der Technik. Bei jeglicher Meldung oder Unregelmäßigkeit wird die Wasserstoffzufuhr gestoppt und der Ofenraum mit 300 m<sup>3</sup> Stickstoff geflutet. Im Messzeitraum war dies sehr häufig der Fall.

Grundsätzlich gibt es verschiedene Maßnahmen, um den Stickstoffverbrauch in der neuen Glühanlage zu reduzieren (z.B. durch Nutzung einer geeigneten Bandabmessung während der Stillstandsphasen). Mittlerweile gehen wir jedoch nicht mehr davon aus, dass der o.g. Zielwert zukünftig realisiert werden kann. Aus den gesammelten Erfahrungen halten wir den Zielbereich 25-30 m<sup>3</sup>/t Stickstoff für realistisch und versuchen durch entsprechende Maßnahmen diesen künftig zu erreichen.

#### Messpunkt 4: Wasserstoffverbrauch:

Die nachfolgende Grafik (Abbildung 31) skizziert den spezifischen Wasserstoffverbrauch über den Messzeitraum Januar – August 2013. Zum Zeitpunkt der Antragstellung lag die Zielsetzung bei 6,0 m<sup>3</sup>/t. Der tatsächlich ermittelte spez. Verbrauch an Wasserstoff lag im Referenzzeitraum bei 14,5 m<sup>3</sup>/t und damit deutlich über dem ursprünglichen Zielwert. Gründe hierfür sind ist prinzipiell der nicht störungsfreie Betrieb der Glühanlage. Nach jeder Unterbrechung muß die notwendige Wasserstoffkonzentration im Schutzgas hergestellt werden. Dieser Vorgang wird durchgeführt im Stillstand bzw. ohne Produktion.

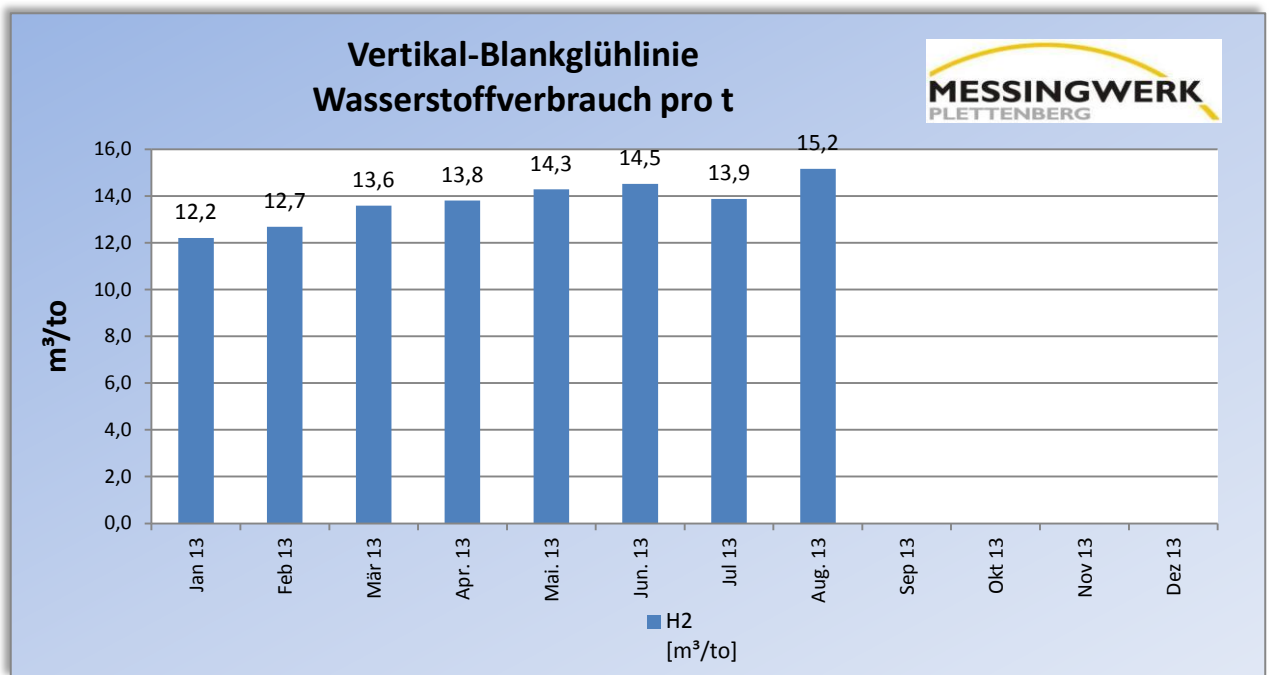


Abbildung 31: Spezifischer Wasserstoffverbrauch in m<sup>3</sup>/t im Zeitraum Januar – August 2013

Analog zum Stickstoff gilt auch bei diesem Gas: Durch weitere Maßnahmen sind weitere Verbrauchsreduzierungen möglich, der o.a. Zielwert kann allerdings nicht realisiert werden. Bei Antragsstellung wurde der Wasserstoffverbrauch für einen kontinuierlichen und optimalen Glühbetrieb hochgerechnet. Eine derartige Betriebsweise konnte in der Praxis bisher nicht umgesetzt werden.

#### Bewertung der Schutzgasverbräuche:

Die spez. Schutzgasverbräuche liegen deutlich über den geplanten Vorgaben. Durch die überproportionale Überschreitung ist keine kostenmäßige Einsparung der Verbrauchsmedien zu erreichen.

Aus sicherheitstechnischen Gründen wird bei diversen Störmeldungen eine Notspülung ausgelöst, um jegliches Risiko in Zusammenhang mit dem Wasserstoffbetrieb auszuschließen.

Aufgrund der Vielzahl der betreffenden Störmeldungen wurden überschlägig 40 Notspülungen pro Monat im Juli 2013 ausgelöst. Jede Notspülung benötigt in einem Zeitraum von 70 Minuten ein Volumen von 300 Nm<sup>3</sup> (Normkubikmeter). D.h. an der Gluhanlage wurde die Produktion pro Monat ca. 47 Stunden ungeplant behindert mit einem Gesamtpülvolumen von 12.000 Nm<sup>3</sup>.

In der KW 40 2013 konnte eine wesentliche Ursache der Problematik (fehlerhafte Dichtungen am Kompressor für den Filterkreislauf) sachgerecht instandgesetzt werden. Aufgrund dieser Maßnahme ist eine günstige Entwicklung bzw. ein Minderverbrauch des Stickstoffs zu erwarten. Bei einem durchschnittlichen Stickstoffverbrauch von 36.000 m<sup>3</sup> im Monat bedeutet das eine kurzfristige Verbesserung um 33 % mit einem anvisierten Zielbereich von 25-30 m<sup>3</sup>/t.



### Messstelle 5-7 Nasschemie:

Der Vertikal-Blankglühofen wurde wie geplant ohne Säurebecken installiert. Das heißt, die damit verbundenen Anschaffungs- und Entsorgungskosten entfallen komplett. Das gilt in gleichem Maß für die Abwasserbehandlung einer Neutralisationsanlage.

Aufgrund der qualitativen Probleme (Zinkablagerungen auf der Bandoberfläche bei Temperaturen > 650 °C) konnte die bisherige Glühlinie nicht stillgesetzt werden. Ein geringer Anteil (1.200 t/a entsprechend 8 % der ursprünglichen Jahrestonnage in Höhe von 15.000) der weichen Bandqualitäten muss weiterhin über die Altanlage hergestellt werden. Diese Maßnahme hat zur Folge, dass auch das in der bestehenden Anlage befindliche Säurebecken weiterhin genutzt werden muss.

Bei einer möglichen Jahresproduktion von 15.000 t für Bänder < 650 °C werden die nachfolgenden Ziele vollumfänglich erreicht:

- Vermeidung von Umweltbelastungen im Vergleich zum Stand der Technik bzw. der Altanlage in Höhe von
  - 6,66 Tonnen/a Schwefelsäure
  - 9,15 Tonnen/a Salzsäure
  - 11,45 Tonnen/a Natronlauge
  - 7,2 Tonnen/a Abfälle aus der Abwasseraufbereitung
- Keine negativen Umwelteinflüsse für die Bedien- und Wartungsmannschaft in der Aufstellhalle (da keine Beizemissionen und dazugehörige Absaugungen über den Nassgruppen)
- Reduzierende Wirkung des Wasserstoffs auf die Bandoberfläche während des Glühprozesses, daher kann auf eine nachfolgende Beizbehandlung verzichtet werden. D.h. die Zuführung von Schwefelsäure (96%) sowie deren Entsorgung wird künftig entfallen. Dies wird zur Folge haben, dass damit auch die notwendige Neutralisation der nachfolgenden Spülbäder entfallen wird. Die Schwefelsäure wird über Verschleppungsverluste in die nachfolgenden Bürst- und Spülkammern eingetragen. Die dadurch entstandenen leicht sauren Abwässer müssen heute unter Hinzusetzen von Natronlauge und Salzsäure neutralisiert werden. Künftig entfällt auch hier die Entsorgung der verbrauchten Chemikalien.

Die nachfolgende Tabelle 7 fasst die Verbräuche für das Säurebecken im 1. Halbjahr 2011 und im 1. Halbjahr 2013 zusammen:

	1. Halbjahr 2011	1. Halbjahr 2013
Natronlauge	10.840 kg	7.500 kg
Salzsäure	9.021 kg	7.440 kg

Tabelle 7: Verbrauch Natronlauge und Salzsäure

Die genannten Mengen gelten für den Gesamtbetrieb der Neutralisationsanlage.

Bis zum 4.10.2013 wurden insgesamt 11,86 Tonnen Filterkuchen im laufenden Jahr entsorgt. Die Entsorgung findet halbjährlich statt, d.h. in diesem Jahr ist keine weitere

Abholung geplant. Die aufgeführte Menge entspricht somit dem Jahresvolumen 2013.

Die Neutralisationsanlage wird durch zwei Fertigungsprozesse beansprucht:

Bandglühe und Bandreinigung, daraus ergibt sich unter Berücksichtigung der Neuanlage eine aktuelle Reduzierung der Neutralisationsaufwendungen:

	Jahresmenge 2011	Jahresmenge 2013
Bandreinigung Banddurchlaufbeize (BDB)	19.000 t	19.000 t
Bandglühe alt Bandschwebeofen (BSO)	15.000 t	1.200 t
Bandglühe neu Vertikal-Bandglühe	----	13.800 t (ohne Beize)
Summe	34.000 t	34.000 t
Neutralisationsrelevant	34.000 t	20.200 t

Tabelle 8: Neutralisationsrelevante Produktionsmengen

D.h. die für Neutralisationsverbräuche relevante Produktionsmenge konnte um 40% reduziert werden. Im Endeffekt konnte die entsorgte Menge Filterkuchen um 15% verringert werden.

#### Analyse am Abluftkamin (Messtellen Nr. 8-10)

Gemäß Messprogramm sollte mit insgesamt drei durchzuführenden Messungen die Massenkonzentrationen und Massenströme an Gesamtstaub einschließlich Feinstaub, Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid, angegeben als Stickstoffdioxid, an staubförmigen anorganischen Stoffen (Kupfer, Zink) und an Schwefeloxiden (SO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub>, angegeben als SO<sub>2</sub>) ermittelt werden. Das Institut für Umweltschutz und Agrikulturchemie wurde am 16. Oktober 2012 mit der Durchführung der Messungen beauftragt.

Die Messungen wurden am 20. Dezember 2012, am 05. Juli 2013 und am 14. Oktober 2013 durchgeführt. Die Ergebnisse werden in den nachfolgenden Tabellen 9 - 11 dokumentiert:

#### **Messtag: 20.12.2012**

Messkomponente	Einheit	Maximaler Messwert abzüglich erweiterter Messunsicherheit	Maximaler Messwert zuzüglich erweiterter Messunsicherheit
<i>Gesamtstaub einschließlich Feinstaub</i>	<i>mg/m<sup>3</sup></i>	<i>&lt; 0,1</i>	<i>0,3</i>
<i>Kupfer und seine Ver- bindungen, angegeben als Cu</i>	<i>mg/m<sup>3</sup></i>	<i>&lt; 0,001</i>	<i>0,004</i>
<i>Zink und seine Ver- bindungen, angegeben als Zn</i>	<i>mg/m<sup>3</sup></i>	<i>0,0161</i>	<i>0,0201</i>
<i>Schwefeloxide (SO<sub>2</sub> und SO<sub>3</sub>, angegeben als SO<sub>2</sub>)</i>	<i>mg/m<sup>3</sup></i>	<i>&lt; 0,1</i>	<i>&lt; 0,6</i>
<i>Stickstoffoxide (NO/NO<sub>2</sub>, angegeben als NO<sub>2</sub>)</i>	<i>mg/m<sup>3</sup></i>	<i>99,2</i>	<i>105,4</i>

Tabelle 9: Abgasmessung vom 20. Dezember 2012

**Messtag:05.07.2013**

Messkomponente	Einheit	Maximaler Messwert abzüglich erweiterte Messunsicherheit	Maximaler Messwert zuzüglich erweiterte Messunsicherheit
<i>Gesamtstaub einschließlich Feinstaub</i>	mg/m <sup>3</sup>	< 0,1	0,38
Kupfer und seine Ver- bindungen, angegeben als Cu	mg/m <sup>3</sup>	< 0,001	0,0028
Zink und seine Ver- bindungen, angegeben als Zn	mg/m <sup>3</sup>	0,0045	0,0085
Schwefeloxide (SO <sub>2</sub> und SO <sub>3</sub> , angegeben als SO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	< 0,1	< 0,6
Stickstoffoxide (NO/NO <sub>2</sub> , angegeben als NO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	19,4	25,6

Tabelle 10: Abgasmessung vom 5. Juli 2013

**Messtag:14.10.2013**

Messkomponente	Einheit	Maximaler Messwert abzüglich erweiterte Messunsicherheit	Maximaler Messwert zuzüglich erweiterte Messunsicherheit
<i>Gesamtstaub einschließlich Feinstaub</i>	mg/m <sup>3</sup>	0,1	0,5
Kupfer und seine Ver- bindungen, angegeben als Cu	mg/m <sup>3</sup>	< 0,001	0,003
Zink und seine Ver- bindungen, angegeben als Zn	mg/m <sup>3</sup>	0,0032	0,0072
Schwefeloxide (SO <sub>2</sub> und SO <sub>3</sub> , angegeben als SO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	0,4	1,0
Stickstoffoxide (NO/NO <sub>2</sub> , angegeben als NO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	15,8	22,0

Tabelle 11: Abgasmessung vom 14. Oktober 2013

Die Plausibilitätsprüfung des Instituts führt zu nachfolgenden Ergebnis:

Die Messwerte weisen im Hinblick auf die Betriebsbedingungen, den Produktionsablauf, die Art und Funktion der Abluftbehandlung und die messtechnischen Abläufe keine Unplausibilitäten auf. Die ermittelten Massenkonzentrationen liegen in Größenordnungen wie sie bei gut eingestellten Feuerungen an vergleichbaren Anlagen in der Vergangenheit ermittelt worden sind.

Das Equipment zur Abgasreinigung wurde entsprechend dem Stand-der-Technik ausgelegt mit der Zielsetzung zur Einhaltung der betreffenden Richtwerte. Die Maximalwerte wurden in keiner Kategorie überschritten, eine Bewertung ist aufgrund fehlender Vergleichsdaten nicht möglich.

Der ausführliche Bericht des Instituts befindet sich in der Anlage zu diesem Abschlussbericht.

#### Analyse des Zinkanteils der Bandoberfläche (Messstelle Nr. 11)

Über einen externen Dienstleister sollte der Zn-Anteil der Bandoberfläche in ppm aus Bandproben des alten und neuen Ofens ermittelt werden. Wir haben damit das Unternehmen TAZ GmbH aus Eurasburg beauftragt. Ziel dieser Untersuchungen war der Nachweis, dass es im Verlauf der Glühung nicht zu einem Zinkaustrag aus den Bändern kommt und der Zinkgehalt über das Tiefenprofil den geforderten Qualitätsnormen entspricht.

Am 23. November 2012 gingen bei der TAZ GmbH folgende Proben ein (Tabelle 12), die mittels GDOES-Tiefenprofilanalyse untersucht wurden. Dabei wurden je 2 Proben gelühter Bänder aus Kupferzinklegierungen mit unterschiedlichen Zinkanteilen aus dem alten (Probe 1 und 3) sowie neuen Glühofen (Probe 2 und 4) analysiert.

Probe*	Beschreibung	Substratmat. (Legierung)
1	CuZn15 gelb (Vertikal-Blankglühlinie)	CuZn15
2	CuZn15 rot (Horizontal-Bandschwebeofen)	CuZn15
3	CuZn37 BGL (Vertikal-Blankglühlinie)	CuZn37
4	CuZn37 BSO (Horizontal-Bandschwebeofen)	CuZn37

Tabelle 12: Beschreibung der Proben, \*durch TAZ

Bei den GDOES-Untersuchungen wurden die Proben nach einfacher Vorreinigung analysiert. Etwaige flüchtige Unterstände wurden zuvor durch Reinigen mit Isopropylalkohol entfernt. Das Messprogramm wurde für die Analyse dünnster Schichten und Minimierung von Randeinflüssen (minimale Leistung) eingestellt. Mit der verwendeten Methode sind nachfolgende Nachweisgrenzen (Tabelle 13) zu erzielen.

Element	Spektrallinie (Wellenlänge in nm)	Nachweisgrenze (in ppm)	Besonderheiten
Aluminium	396.152	5	
Calcium	422,673	0,1	
Chlor	134,724	2	
Chrom	425,433	0,2	
Eisen	371,994	2	Interferenz durch Ar;
Kalium	766,491	0,1	
Kohlenstoff	156,144	0,1	
Kupfer	327,396	4	Kalibrationsmatrix
Lithium	670.776	0,2	
Magnesium	285,213	0,5	Interferenz durch Ar;
Mangan	403,449	2	
Natrium	588,995	0,2	
Nickel	341.476	7	Interferenz durch Ar;
Phosphor	177,433	1	Interferenz durch Ar <sub>2</sub> ;
Sauerstoff	130.217	14	
Schwefel	180,731	0,3	Interferenz durch Ar <sub>2</sub> ;
Silicium	288,157	2	Interferenz durch Ar;
Stickstoff	174,272	--	
Strontium	460,732	0,1	
Wasserstoff	656,279	0,1	Interferenz durch Ar;
Zink	213,856	2	Interferenz durch Cu;

Tabelle 13: Verwendete Spektrallinien und methodenbezogene Nachweisgrenzen (\* halbquantitativ)

Die detaillierten Ergebnisse der GDOES-Tiefenprofilanalyse an beiden Seiten der Bandoberfläche befinden sich im Anhang zu diesem Abschlussbericht.

Die nachfolgende Tabelle 14 gibt einen Überblick über den Zinkanteil der Bandstreifen (ermittelt im Intervall zwischen 10,00 und 25,00 µm Tiefe) und Veränderungen in der äußeren Randschicht (bis in 10,00 µm Tiefe). Die "Mobilisierung" gibt die insgesamt in dieser Schicht nachweislich diffundierten Menge an Zink an.

Probe	Analyse	Referenztiefe	Zinkanteil	Randveränderung	Mobilisierung
		µm	%	..fg/µm <sup>2</sup> ..ng/mm <sup>2</sup> ..mg/m <sup>2</sup>	
1	1	17,414	15,404	-76,13	156,64
	2	17,428	15,471	-75,38	118,23
	3	17,406	15,265	-69,60	125,43
	Mittel	<b>17,416</b>	<b>15,380</b>	<b>-73,70</b>	<b>133,43</b>
2	1	17,422	15,500	-1029,46	1029,46
	2	17,425	15,294	-1137,14	1137,14
	3	17,414	15,526	-1032,18	1032,18
	Mittel	<b>17,420</b>	<b>15,440</b>	<b>-1066,26</b>	<b>1066,26</b>
3	1	17,424	36,388	237,36	237,36
	2	17,441	36,254	<b>223,36</b>	<b>223,43</b>
	3	17,420	36,789	<b>-474,81</b>	<b>488,61</b>
	Mittel	<b>17,428</b>	<b>36,477</b>	-4,70	316,47
4	1	17,422	37,019	237,02	256,66
	2	17,429	36,927	189,43	214,34
	3	17,425	37,660	73,68	117,17
	Mittel	<b>17,425</b>	<b>37,202</b>	<b>166,71</b>	<b>196,06</b>

Tabelle 14: Zinkanteil der Bandstreifen (ermittelt im Intervall zwischen 10,00 und 25,00 µm Tiefe) und Veränderungen in der äußeren Randschicht (bis in 10,00 µm Tiefe). Die "Mobilisierung" gibt die insgesamt in dieser Schicht nachweislich diffundierten Menge an Zink an.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass an den 4 Probenabschnitten Band (2x CuZn15, 2x CuZn37) je Probe drei Element-Tiefenprofilanalysen durchgeführt wurden. An den niedrig zinkhaltigen Sorten wurden bei allen 6 Messungen abgesenkte Zinkkonzentration in der äußeren Randschicht nachgewiesen. Dabei war die Probe 1 mit gelbem Farbton (Vertikal-Blankglühe) nur in geringem Maße verändert, die Probe 2 (Bandschwebeofen) mit Rotton recht deutlich entzinkt.

Bei den beiden hoch zinkhaltigen Bändern war tendenziell jeweils eine Zunahme an Zink zu verzeichnen. Insbesondere die unmittelbare Oberfläche der Probe 3 (Blankglühlinie) war hoch zinkhaltig. Auf der Rückseite dieser Probe war (bei der hier durchgeführten einen Messung) ein Verlust an Zink zu beobachten. Die zweite Probe aus CuZn37 (Bandschwebeofen) wies tendenziell auf beiden Seiten einen leicht höheren Zinkanteil in der äußeren Randschicht aus.

Die festgestellten Zinkabweichungen stellen qualitativ keine Beeinflussung des Produktes dar. Die Abweichungen der Zinkanteile sind nur oberflächennah vorhanden, auf einen Umformprozess ist keine Beeinflussung möglich.

Lediglich die Farbgebung wird beeinflusst, die zinkarme Oberfläche erhält eine rötliche Färbung. Auf die Verarbeitbarkeit haben die oberflächennahen Konzentrationsunterschiede keine Bedeutung.

### 3.3 Umweltbilanz

Auf Basis der Messergebnisse in Tabelle 3 haben wir die spezifischen Verbräuche für Energie und Schutzgas für den Zeitraum Januar-August 2013 berechnet und in der Tabelle 15 dargestellt. Da in den Monaten Juli und August 2013 die Vertikal-Blankglühanlage erstmalig über einen mehrwöchigen Zeitraum kontinuierlich betrieben werden konnte, wurden diese beiden Monate als Referenzzeitraum für die Ermittlung der spezifischen Verbräuche sowie der Berechnung der Jahresverbräuche an Energie, Schutzgas und Chemikalien herangezogen.

Monat	Stromverbrauch Ofen gesamt in kWh/t	Erdgas in kWh/t	Stickstoff in m <sup>3</sup> /t	Wasserstoff in m <sup>3</sup> /t
Januar	80,67	157,99	84,64	12,20
März	51,96	92,83	36,77	12,68
März	61,85	103,56	45,55	13,59
April	58,63	101,89	46,58	13,80
Mai	92,34	139,17	79,75	14,28
Juni	57,18	83,21	37,51	14,52
<b>Juli</b>	<b>56,13</b>	<b>63,59</b>	<b>32,20</b>	<b>13,88</b>
<b>August</b>	<b>56,46</b>	<b>79,16</b>	<b>36,30</b>	<b>15,15</b>
<b>mittlerer spezifischer Verbrauch (aus Daten für Juli - August 2013)</b>	<b>56,30</b>	<b>71,20</b>	<b>34,20</b>	<b>14,50</b>

Tabelle 15: Spezifische Verbräuche Januar – August 2013 / Mittler spezifischer Verbrauch (Juli – August 2013)

Um nun eine vergleichende Umweltbilanz (Zeitpunkt Antragstellung versus Messergebnisse nach Umsetzung) herleiten zu können, erfolgt eine Aufteilung der bei Antragstellung geplanten Jahrestonnage (15.000 t/a). Weiche Bandqualitäten (1.200 t/a) müssen weiterhin über die Altanlage hergestellt werden. Bandqualitäten mit einem Temperaturfenster < 650 °C werden mit der neuen Vertikalglühlinie hergestellt. Die nachfolgende Tabelle fasst die sich daraus ergebenden Umwelteffekte zusammen.

	Umweltmedien	Vorher am Standort Plettenberg	Stand der Technik Bandschweibe-5% H <sub>2</sub>	Neue Lösung -innovativ-Vertikalofen (Ziele aus Planung)	Neue Lösung -innovativ-Vertikalofen (Messung)	Alter Ofen	Summe
				15.000 t/a	13.800 t/a		
Glüh-/ Kühlzone	Erdgas in kWh/a	1.950.000	1.665.300	1.687.500	982.586	85.442	1.068.028
	Strom in kWh/a	1.093.500	600.332	271.500	513.325	44.637	557.962
	Wasserstoff m <sup>3</sup> /a	0	17.100	90.000	200.109	17.401	217.510
	Stickstoff m <sup>3</sup> /a	0	257.250	105.000	472.013	41.045	513.058
CO <sub>2</sub> Glüh-/ Kühlzone	CO <sub>2</sub> Erdgas in t/a	393,9	336,4	340,9	198,4	17,3	216
	CO <sub>2</sub> Strom in t/a	674,7	370,4	167,5	316,8	27,5	344
	CO <sub>2</sub> Wasserstoff in t/a	0	0,7	3,7	8,2	0,7	8,9
	CO <sub>2</sub> Stickstoff in t/a	0	84,3	34,4	154,7	13,4	168,1
	<b>CO<sub>2</sub> Gesamt in t/a</b>	<b>1.069,00</b>	<b>792</b>	<b>547</b>	<b>678,0</b>	<b>59,0</b>	<b>737,0</b>
Nassgruppe 2 (Nachbehandlung)	Schwefelsäure (96%) t/a	6,7	6,7	0	0	0,536	0,536
	Entsorgung Altsäure l/a (Reinigung Beizbecken)	15.000	15.000	0	0	1.200	1.200
Neutralisation (Spül- und Abwasser)	Salzsäure t/a	9,15	9,15	0	0	0,732	0,732
	Natronlauge t/a	11,45	11,45	0	0	0,916	0,916
	Entsorgung Filterkuchen in t/a	18	18	11	0	1,44	1,44
CO <sub>2</sub> Nassgruppe 2 und Neutralisation	CO <sub>2</sub> Schwefelsäure in t/a	1,5	1,5	0	0	0,12	0,12
	CO <sub>2</sub> Salzsäure in t/a	7,5	7,5	0	0	0,6	0,6
	CO <sub>2</sub> Natronlauge in t/a	5	5	0	0	0,4	0,4
	<b>CO<sub>2</sub> Gesamt in t/a</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,12</b>	<b>1,12</b>

Tabelle 16: Ressourceneinsparung (Planverbrauchswerte / tatsächliche gemessener Verbrauch)



Die Einsparungen bzw. Mehrverbräuche ( $\Delta$ ) für die Glüh-/Kühlzone zum Stand vor Durchführung der Maßnahme bzw. zum Stand der Technik haben wir auf Basis eine Jahreskapazität von 15.000 t/a nachfolgend zusammengefasst:

	Umweltmedien	$\Delta$ Vorher Standort Plettenberg	$\Delta$ Stand der Technik
		<b>15.000 t/a</b>	<b>15.000 t/a</b>
Glüh-/ Kühlzone	Erdgas in kWh/a	881.972	597.272
	Strom in kWh/a	535.538	42.370
	Wasserstoff m <sup>3</sup> /a	-217.510	-200.410
	Stickstoff m <sup>3</sup> /a	-513.058	-255.808
CO <sub>2</sub> Glüh-/ Kühlzone	CO <sub>2</sub> Erdgas in t/a	178,2	120,7
	CO <sub>2</sub> Strom in t/a	330,4	26,1
	CO <sub>2</sub> Wasserstoff in t/a	-8,9	-8,2
	CO <sub>2</sub> Stickstoff in t/a	-168,1	-83,8
	<b>CO<sub>2</sub> Gesamt in t/a</b>	<b>331,6</b>	<b>54,8</b>

Tabelle 17: Einsparungen Glüh-/Kühlzone

In der Glüh- /Kühlzone werden gegenüber dem Stand vor Durchführung der Maßnahme 331,6 t/a CO<sub>2</sub> eingespart und gegenüber dem Stand der Technik 54,8 t/a CO<sub>2</sub>. Der Gesamtmedieneinsatz (Strom, Erdgas, Wasserstoff und Stickstoff) liegt deutlich unter dem Stand vor Durchführung der Maßnahme sowie auch unter dem Stand der Technik.

Ein weiterer positiver Effekt stellt sich durch die verfahrenstechnische Änderung an der Längsteilanlage ein. Das zeitaufwendige Handling der Bandenden an den Scheren entfällt. Damit entfällt der Rückschnitt und die Verschrottung der Bandenden. Es wird eine durchschnittliche Materialersparnis pro Coil von ca. 200 kg realisiert. Gegenüber dem geschätzten Wert zur Antragstellung hat sich der Wert verdoppelt. Bei 3.680 Coils/a. errechnet sich eine Materialersparnis 736 t/a.

Die Einsparungen ( $\Delta$ ) für die Nassgruppe 2 und die Neutralisation zum Stand vor Durchführung der Maßnahme bzw. zum Stand der Technik haben wir nachfolgend zusammengefasst:

	Umweltmedien	$\Delta$ Vorher Standort Plettenberg	$\Delta$ Stand der Technik
		15.000 t/a	15.000 t/a
Nassgruppe 2 (Nachbehandlung)	Schwefelsäure (96%) t/a	6,164	6,164
	Entsorgung Altsäure l/a (Reinigung Beizbecken)	13.800	13.800
Neutralisation (Spül- und Abwasser)	Salzsäure t/a	8,418	8,418
	Natronlauge t/a	10,534	10,534
	Entsorgung Filterkuchen in t/a	16,56	16,56
CO <sub>2</sub> Nassgruppe 2 und Neutralisation	CO <sub>2</sub> Schwefelsäure in t/a	1,38	1,38
	CO <sub>2</sub> Salzsäure in t/a	6,9	6,9
	CO <sub>2</sub> Natronlauge in t/a	4,6	4,6
	<b>CO<sub>2</sub> Gesamt in t/a</b>	<b>12,88</b>	<b>12,88</b>

Tabelle 18: Einsparungen Naßgruppe 2 und Neutralisation

Wie Tabelle 18 zeigt, werden nur noch für geringe Produktionsmengen (1.200 t/a) ein Säurebecken sowie eine Abwasserbehandlungs- und Neutralisationsanlage benötigt. Für die Produktion von 13.800 t/a können durch den Entfall dieser Behandlung CO<sub>2</sub>-Einsparungen von 12,88 t/a realisiert werden.

### 3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Für die Wirtschaftlichkeitsanalyse wurden vor Start des Projekts unter der Zugrundelegung einer Jahreskapazität von 15.000 t/a folgende Einsparpotentiale prognostiziert:

Betriebsstoffeinsparung:	75.000 €/a
Einsparung Instandhaltungskosten:	10.000 €/a
Einsparung Personalkosten:	105.000 €/a
Reduzierung Fertigungsaufwand:	300.000 €/a
Materialersparnis:	<u>160.000 €/a</u>
Summe	650.000 €/a

Die jährliche Einsparung bei Antragstellung wurden wie folgt berechnet:

#### Betriebsstoffeinsparung:

Gemäß damaliger Abschätzung reduzieren sich die Verbrauchskosten um ca. 4,33 €/t, bei 15.000 t/a bedeutet dies eine Einsparung von 65.000 €/a.

Die Nutzung eines Beizbeckens entfällt. In die nachfolgenden Spülbäder wird keine Säureverschleppung eingetragen. Es entfällt somit

- die Entsorgung der kupferbelasteten Altsäure
- die Neutralisation der säurebelasteten Spülabwässer.

Wir haben damals für die Ersparnis einen pauschalen Ansatz von 10.000 €/a angesetzt.

#### Einsparung Instandhaltung

Durch den Wegfall des Beizbeckens und des zugehörigen Equipments (Pumpen, Rohre, usw.) haben wir damals für die Ersparnis einen pauschalen Ansatz von 10.000 €/a angesetzt.

#### Einsparung Personalkosten

Bei der Nutzung der alten horizontalen Glühlinie ist ein Anhalten zur Bandverbindung zwingend notwendig. D.h. das im Ofen befindliche Band „verglüht“, die betreffende Bandlänge von ca. 30 m am Bandanfang und –ende ist unbrauchbar. Diese Bandabschnitte müssen beim nachfolgenden Längsteilen (Schneiden) rückgeschnitten und verschrottet werden. Dieser Rückschnitt benötigt somit Zeit-, Personal und Anlagenkapazität.

An der neuer Vertikal-Blankglühanlage entfällt ein Anhalten beim Verbinden mit einem neuen Band. Durch einen Bandspeicher kann das Material im Ofen mit geforderter Geschwindigkeit weiterlaufen. Ein Rückschnitt an der Längsteilanlage entfällt und kann als Kostenvorteil berechnet werden.

Daraus ergeben sich zwei Wirtschaftlichkeitsaspekte:

Einsparung Fertigungskosten Durchlaufglühe (90.000 €)

Bei den zugehörigen Einsparungen der Personalkosten wurde angenommen, dass mit der neuen Anlage ein höherer Durchsatz an der Längsteilanlage (Alter Durchsatz 1.500 kg/h – Neuer Durchsatz 3.500 kg/h) möglich wird. Damit sollte ein kompletter Abbau von Überstunden / Verzicht auf 4-Schichtsystem im Bereich Band- und Haubenglühe (4.500 Mannstunden x 20 €/Mannstunde) = 90.000 €/a möglich werden.

Einsparung Fertigungskosten Längsteilanlage (15.000 €)

Die nachfolgende Tabelle 19 soll die Verfahrensweisen an der Längsteilanlage vergleichend gegenüber stellen.


	Längsteilanlage (mit Zeitachse) 		
Bandschwebeofen (alt)	Bandanfang aufwickeln und verschrotten	Schneiden des Material	Bandende aufwickeln und verschrotten
Vertikal-Blankglühlinie (neu)	entfällt	Schneiden des Material	entfällt

Tabelle 19: Vergleich Verfahrensweise Längsteilanlage

Es wurde davon ausgegangen, dass das zeitaufwendige Handling der Bandenden an den Scheren entfällt. Die mittlere Kapazitätsoptimierung pro Coil wurde mit ca. + 4% erwartet.

- alt: 2.890 kg/h (Schere II & III)
- neu 3.005 kg/h (Schere II & III)

Die Leistung der Längsteilanlagen betrug ca. 1.360 t (2008), das entspricht rd. 750 Mannstunden x 20 €/Mannstunde. Daraus errechnet sich ein Abbau von Überstunden in Höhe von 15.000 €/a.

Reduzierung des Fertigungsaufwands

Mit der Vertikal-Blankglühe kann eine Optimierung der Fertigung realisiert werden. Eine Vorreinigung für Verchromungsqualität am BDB (vor der Glühbehandlung) entfällt aufgrund der Nutzung der H2/N2-Atmosphäre. Die Maßnahme wurde zwischenzeitlich umgesetzt, eine Vorreinigung der sog. Sanitärqualität wird nicht mehr durchgeführt. Der Anteil der Maschinenbelegung zur Vorentfettung wurde mit ca. 3.000 t/a (2008) x 100 €/t Fertigungskosten = 300.000 €/a abgeschätzt.

Materialersparnis

Gemäß Darstellung in Tabelle 16 entfällt der Rückschnitt und eine Verschrottung der Bandenden. Es wurde eine durchschnittliche Materialersparnis pro Coil von ca. 100 kg erwartet. Bei 4.000 Coils/a. (gemäß Ofenprotokoll 2008) errechnet sich eine Materialersparnis 400 t x 400 €/t (Durchschn. Veredelungsleistung bis zum Bandschwebeofen) = 160.000 €/a.

### Einsparungen auf Basis des durchgeführten Messprogramms:

Nach Durchführung des Projektes haben sich tatsächlich, unter Berücksichtigung der durchgesetzten Tonnage in Höhe von 13.800 t/a bei der Durchführung des Messprogramms, nachfolgende hochgerechnete Jahreswerte ergeben:

Jährlicher Betriebsstoffmehrverbrauch:	-54.410 €/a
Einsparung Instandhaltungskosten:	10.000 €/a
Einsparung Personalkosten:	105.000 €/a
Reduzierung Fertigungsaufwand:	300.000 €/a
Materialersparnis:	<u>299.400 €/a</u>
Summe	642.600 €/a

Die jährlichen Einsparungen wurden wie folgt berechnet:

### Betriebsstoffeinsparung:

Um die Betriebsstoffeinsparung zu berechnen, haben wir die nachfolgende Tabelle 20 zusammengestellt:

Medium	Kosten pro Mengeneinheit	Spez.Verbrauch alt	Spez.Verbrauch neu	Differenz	Summe €/t
Erdgas	0,035 €/kWh	130,0 kWh/t	71,2 kWh/t	58,8 kWh/t	2,06
Strom	0,09 €/kWh	72,9 kWh/t	56,3 kWh/t	16,6 kWh/t	1,49
H <sub>2</sub>	0,29 €/m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup> /t	14,5 m <sup>3</sup> /t	-14,5 m <sup>3</sup> /t	-4,21
N <sub>2</sub>	0,11 €/m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup> /t	34,2 m <sup>3</sup> /t	-34,2 m <sup>3</sup> /t	-3,76
Schwefelsäure	0,315 €/kg	0,48 kg/t	0 kg/t	0,48 kg/t	0,15
Salzsäure	0,155 €/kg	0,66 kg/t	0 kg/t	0,66 kg/t	0,10
Natronlauge	0,295 €/kg	0,82 kg/t	0 kg/t	0,82 kg/t	0,22
				Summe:	-3,95

Tabelle 20: Berechnung Betriebsstoffeinsparung

Der Tabelle kann man entnehmen, dass pro Tonne Mehrausgaben von 3,95 € entstehen. Auf Basis von 13.800 t/a errechnen sich Mehrausgaben in Höhe von 54.510 €/a

### Einsparung Instandhaltung

Die damals abgeschätzte Einsparung in Höhe von 10.000 € als pauschaler Ansatz wird auch heute noch für realistisch gehalten.

### Einsparung Personalkosten Glühbereich

Der aktuelle Durchsatz beträgt durchschnittlich 2.530 kg/h bei einer 2-Schicht-Belegung der Anlage.

Eine deutliche Mengensteigerung bis 3.500 kg/h ist zukünftig möglich. Sie ist aber abhängig von der Planung und der Möglichkeit unproduktive Nebenzeiten zu vermeiden. Überstunden aufgrund von Kapazitätsengpässen werden aktuell nicht gefahren. Damit kann die damals eingeschätzte Einsparung in Höhe von 90.000 € als realistisch angesehen werden.

### Einsparung Fertigungskosten Längsteilanlage (15.000 €)

Die zuvor geschätzte Einsparung bleibt unverändert.

### Reduzierung des Fertigungsaufwands

Die damals abgeschätzte Einsparung in Höhe von 300.000 € wird auch heute noch für realistisch gehalten.

### Materialersparnis

Tatsächlich ist die angesetzte Einsparung von 160.000 €/a zu niedrig.

Nach Durchführung des Projektes haben sich tatsächlich, unter Berücksichtigung der durchgesetzten Tonnage t/Quartal bei der Durchführung des Messprogramms, nachfolgende hochgerechnete Jahreswerte ergeben. Die angesetzte Gewichtersparnis pro Coil wurde zum Zeitpunkt der Antragsstellung zu niedrig angesetzt. Eine durchschnittliche Materialersparnis pro Coil von 200 kg ist realistisch. Bei der Jahrestonnage von 13.800 t/a kann mit ca. 3.680 Coils/a gerechnet werden. Auf Basis dieser Coilanzahl ergibt sich ein Kostenvorteil von  $3.680 \text{ Coils/a} \times 200 \text{ kg/Coil} \times 400 \text{ €/t} = 294.400 \text{ €/a}$

### Anschaffungskosten:

Die geplanten Anschaffungskosten wurden um 243.239,46 € unterschritten und betragen 3.953.288,14 €. Die Einsparungen resultieren aus noch nicht gezahlten Rechnungen an die Fa. Ebner.

Unter der Berücksichtigung dieser Werte stellt sich die Amortisationsrechnung (Tabelle 21) für das Projekt im Vorher-/Nachher-Vergleich wie folgt dar:

Amortisationsrechnung (Kapitalrückfluss-, Pay back Methode)		
	Bei Antragstellung	Tatsächlich
<b>Anschaffungskosten [€]:</b>	4.196.527,60	3.953.288,14
<b>Restwert [€]:</b>	0	0
<b>Nutzungsdauer [a]:</b>	8	8
<b>Kalkulatorischer Zins [%]:</b>	5	5
<b>Kalkulatorische Abschreibung [€]:</b>	524.565,95	494.161,02
<b>Jährliche Betriebsstoffeinsparung / Jährlicher Mehrverbrauch Betriebsstoffe [€]:</b>	75.000,00	-54.510,00
<b>Saldo Instandhaltung [€]:</b>	10.000,00	10.000,00
<b>Saldo Personal [€]:</b>	105.000,00	105.000,00
<b>Saldo Material [€]:</b>	160.000,00	299.400,00
<b>Kapitalkosten [€]:</b>	-629.479,14	-592.993,22
<b>Saldo Sonstiges [€]:</b>	300.000,00	300.000,00
<b>Jährliche Kosteneinsparung:</b>	20.520,86	66.896,78
<b>Amortisationszeit [a]:</b>	<b>7,7</b>	<b>7,0</b>

Tabelle 21: Vergleichende Übersicht Amortisationszeiten

Die Amortisationszeit berechnet sich jeweils wie folgt:

Kapitaleinsatz / Jährliche Kosteneinsparung + Abschreibung

### 3.5 Technischer Vergleich zu konventionellem Verfahren

Da Messing eine sehr blanke und gelbe Oberfläche aufweist, ist eine Erwärmung **ohne** Konvektion, über Strahlung nur in sehr langen strahlenden Muffeln möglich. Derartige Anlagen sind bereits mehrfach in der Stahl- und Buntmetallindustrie realisiert worden. In solchen Strahlungsöfen erreicht man zwar auch sehr tiefe Taupunkte, diese müssen aber bei gleicher Durchsatzleistung in Ihrer Baugröße **3x so lang ausgeführt** werden. Dies führt selbstverständlich zu wesentlich höheren Wärmeverlusten und daher auch zu einem höheren Energieverbrauch.

Andere Ofenkonzepte, wie zum Beispiel horizontale Schwebebandöfen, arbeiten zwar auch mit Konvektion, benötigen aber zum Schweben der Bänder schwerere Gase (Luft oder N<sub>2</sub>). Diese haben zusätzlich ein schlechteres Konvektionsvermögen (Wärmeübergang) und benötigen somit zum Umwälzen des Gases auch wesentlich mehr Energie (bei dicken Bändern von über 2,0 mm müssen sogar Gebläse in Serie geschaltet werden).

Außerdem können diese muffellosen Ofenkonzepte nicht mit Wasserstoff betrieben werden und haben daher, neben der schlechteren Konvektion (Wärmeübergang), den zusätzlichen großen Nachteil, dass die Bänder noch stärker entzinken. Daher ist auch hier die Umweltbelastung durch den größeren Anfall von Zinkoxyd gegeben.

## 4. Empfehlungen

### 4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Technologisch arbeitet die Anlage mit zuverlässiger Technologie. Das Bandmaterial kann auf einem guten Niveau bearbeitet werden. Die Verfahrenstechnologie ist ausgereift, die qualitativen Kontrollen zeigen homogene und reproduzierbare Ergebnisse. Die Bandoberfläche ist sauber und verkaufsfähig.

Bei mehreren wichtigen Aspekten konnte die Anlagentechnik die Vorgaben nicht komplett erfüllen.

Bei hohen Temperaturen ( $>650^{\circ}\text{C}$ ) kann das aus dem Bandmaterial ausgedampfte Zink nicht mehr im erforderlichen Umfang aus der Glühatmosfera ausgefiltert werden. Das Zink setzt an kritischen Stellen im Ofen und auf dem Bandmaterial ab und ist nicht lösbar. Die Anhaftungen sind qualitativ kritisch, das Material ist nicht verwertbar. Als Konsequenz kann Messingband nur mit einer maximalen Temperatur von  $650^{\circ}\text{C}$  dauerhaft verarbeitet werden. Das heißt der sog. weiche Zustand für die CuZn-Legierungen lässt sich nur mit einer langsamen und unwirtschaftlichen Verarbeitungsgeschwindigkeit an der Glühanlage herstellen.

Um eine wirtschaftliche Glühbehandlung für den betreffenden Materialzustand durchzuführen wird diese Qualität über eine alternative Glühanlage hergestellt, d.h. über die bestehende Altanlage. Dies betrifft ca. 8% der Produktionsmenge bzw. eine Jahresmenge von 1.200 t. Dementsprechend werden für diesen Anteil weiterhin Verbrauchsmengen an Schwefelsäure und Hilfsmitteln für die Neutralisationsanlage anfallen. Durch den Wegfall der betreffenden Produktionsmenge werden die wirtschaftlichen und umweltrelevanten Rahmenbedingungen (spez. Verbräuche) negativ beeinflusst.

Positiv hervorzuheben ist der sparsame Erdgasverbrauch der Anlage. Mit Hilfe der Rekupatorstechnologie konnte die Zielsetzung deutlich unterschritten werden.

Generell kann die Technologie innerhalb des geforderten Aufgabenbereichs noch weiter entwickelt werden. Mögliche Optimierungen bzgl. der Verbrauchswerte und der Thematik „Zinkablagerungen“ sind notwendig. Mögliche Optimierungen sind für die bestehende Anlage notwendig, ein Zeitraum von ca. 2 Jahren muss als realistischer Zeitraum eingeplant werden.

### 4.2 Modellcharakter

Eine Übertragbarkeit des für Messingwerk Plettenberg angebotenen Konzeptes ist aus technischer Sicht für alle gängigen Buntmetall-Bänder (wie Messing, Tombak, Neusilber, Bronze, Kupfer, usw.) grundsätzlich gegeben. Das Konzept bietet alle legierungsspezifischen Einstellmöglichkeiten (Einstellung der  $\text{H}_2$ -Konzentration im Schutzgas, Einstellung der erforderlichen Glühtemperatur, Berücksichtigung einer Haltezeit im Ofen, sofern erforderlich, usw.).

Nachdem Kupfer-Basis-Legierungen eine rot-gelbliche Farbe aufweisen, weshalb im Infrarotbereich ein "Strahlungsloch" vorherrscht, und weiter die Strahlungsintensität mit der 4. Potenz der absoluten Temperatur abnimmt (Materialien werden bei mittleren Temperaturen von  $400\text{-}800^{\circ}\text{C}$  geglüht), bietet unser Konzept mit Muffel, Hochkonvektion und hochprozentigen  $\text{H}_2$ -Atmosphären max. Durchsatzleitungen bei gleichzeitig saubersten metallisch blanken Oberflächen.



Dies gilt für alle gängigen Kupfer-Basis-Legierungen wie Messing, Tobak, Neusilber, Bronzen und Kupfer-Sonderlegierungen. Die Fa. Ebner Industrieofenbau GmbH schätzt das Marktpotenzial dieser neuartigen Verfahrenstechnik wie folgt ein:

- Deutschland: ca. 10 Anwender (allerdings teilweise mit mehreren Anlagen/ Werken/ Standorten)
- Europa (inkl. DE): ca. 30 Anwender (allerdings teilweise mit mehreren Anlagen/ Werken/ Standorten)

Technische Änderungen sind bei derartigen Industrieanlagen immer notwendig, allerdings bleibt das Grundkonzept mit dessen Vorteilen immer, wie oben beschrieben, unverändert.

### 4.3 Zusammenfassung

Mit der Realisierung des Vorhabens sollte nachgewiesen werden, dass mit der Errichtung eines gasbeheizten Ebner-Vertikal-Blankglühofens (Ofenatmosphäre: 70% Wasserstoff / Rest Stickstoff) im Band-Konti-Betrieb der Gas- und Stromverbrauch zur bestehenden Anlage deutlich, und zum Stand der Technik wesentlich reduziert wird. Zudem sollte eine nachgelagerte Beize zur Reinigung der Oberfläche, und damit der Einsatz von Beizmitteln komplett entfallen.

Mit Umsetzung des Projekts sollten die CO<sub>2</sub>-Emissionen, resultierend aus Energie- und Schutzgaseinsparungen, um ca. 48 % gesenkt werden. Im Messprogramm konnte eine Minderung der mit der Fertigung verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 31,1 % nachgewiesen werden.

Aufgrund der qualitativen Probleme (Zinkablagerungen auf der Bandoberfläche bei Temperaturen > 650 °C) kann die bisherige Glühlinie nicht stillgesetzt werden. Ein geringer Anteil (1.200 t/a entsprechend 8 %) der weichen Bandqualitäten muss weiterhin über die Altanlage hergestellt werden. Diese Maßnahme hat zur Folge, dass auch das in der Anlage befindliche Säurebecken weiterhin genutzt werden muss.

Die nachfolgenden Vorteile ergeben sich aus dem Betrieb des neuen Vertikal-Blankglühofen mit einer Jahreskapazität von 13.800 t/a und den Betrieb des bisherigen Banddurchlaufglühe (1.200 t/a):

- In der Glüh- /Kühlzone werden gegenüber dem Stand vor Durchführung der Maßnahme 331,6 t/a CO<sub>2</sub> und gegenüber dem Stand der Technik 54,8 t/a CO<sub>2</sub> eingespart. Der Gesamtmedieneinsatz (Strom, Erdgas, Wasserstoff und Stickstoff) liegt deutlich unter dem Stand vor Durchführung der Maßnahme sowie auch unter dem Stand der Technik.
- An der Längsteilanlage entfällt das zeitaufwendige Handling der Bandenden an den Scheren. Damit entfällt der Rückschnitt und die Verschrottung der Bandenden. Es wird eine durchschnittliche Materialersparnis pro Coil von ca. 200 kg realisiert. Gegenüber dem geschätzten Wert zur Antragstellung hat sich der Wert verdoppelt. Bei 3.680 Coils/a. errechnet sich eine Materialersparnis 736 t/a.
- Vermeidung von Umweltbelastungen durch den anteiligen Wegfall der Beize in Höhe von
  - 6,164 Tonnen/a Schwefelsäure
  - 8,418 Tonnen/a Salzsäure
  - 10,534 Tonnen/a Natronlauge
  - 16,56 Tonnen/a Entsorgung Filterkuchen

- Keine negativen Umwelteinflüsse für die Bedien- und Wartungsmannschaft in der Aufstellhalle der Vertikal-Bandglühanlage (da keine Beizemissionen und dazugehörige Absaugungen über den Nassgruppen).
- Reduzierende Wirkung des Wasserstoffs auf die Bandoberfläche während des Glühprozesses, daher kann auf eine nachfolgende Beizbehandlung verzichtet werden. D.h. die Zuführung von Schwefelsäure (96%) sowie deren Entsorgung wird künftig entfallen. Dies wird zur Folge haben, dass damit auch die notwendige Neutralisation der nachfolgenden Spülbäder entfallen wird. Die Schwefelsäure wird über Verschleppungsverluste in die nachfolgenden Bürst- und Spülkammern eingetragen. Die dadurch entstandenen leicht sauren Abwässer müssen heute unter Hinzusetzen von Natronlauge und Salzsäure neutralisiert werden. Künftig entfällt auch hier die Entsorgung der verbrauchten Chemikalien.

Die geplanten Anschaffungskosten wurden um 243.239,46 € unterschritten und betragen 3.953.288,14 €. Die Einsparungen resultieren aus noch nicht gezahlten Rechnungen an die Fa. Ebner.

Die errechnete Amortisationszeit für die innovative Technik ist aufgrund der signifikanten Materialeinsparung von 7,7 Jahren bei Stand der Planung auf 7,0 Jahre gefallen.

Eine Übertragbarkeit des Konzeptes ist aus technischer Sicht für alle gängigen Buntmetall-Bänder (wie Messing, Tombak, Neusilber, Bronze, Kupfer, usw.) grundsätzlich gegeben. Das Konzept bietet alle legierungsspezifischen Einstell-Möglichkeiten (Einstellung der H<sub>2</sub>-Konzentration im Schutzgas, Einstellung der erforderlichen Glühtemperatur, Berücksichtigung einer Haltezeit im Ofen, sofern erforderlich, usw.).

Die neue Anlagentechnik kann, selbstverständlich nach vorheriger Terminvereinbarung, bei der Fördernehmerin in Plettenberg besichtigt werden. Ansprechpartner ist Herr Michael Aubry.

## 5. Anhang

Im Anhang befinden sich die Messberichte der TAZ GmbH und des Instituts für Umweltschutz und Agrikulturchemie.