

738



Umweltbundesamt Dessau-Rosslau
Eing.: 24. OKT. 2011
Gesch.Z.: AZ 30441-5/62

im 2.2 H. Pflicht m.d. B.u.
Stellungnahme bis 22.11.11

KfW Bankengruppe · Niederlassung Bonn · 53170 Bonn

Umweltbundesamt
Projekt-Management-Invest
Frau Fischer
Wörlitzer Platz 1

06844 Dessau

Geschäftsbereich KfW Mittelstandsbank

Petra Böhm

Unser Zeichen:

MBc3-bö

Telefon:

+49 228 831-7017

Telefax

+49 228 831-78 80

E-Mail:

petra.boehm@kfw.de

Datum:

20.10.2011

27.10.
lch.

BMU-Umweltinnovationsprogramm

Vorhaben: „Einsatz einer integrierten Sprühbeize bei der Fertigung von NE-Metallblechen zur innovativen Materialflussoptimierung und Steigerung der Ressourceneffizienz“

Zuwendungsempfänger: Carl Schreiber GmbH

KfW-Aktenzeichen: MBc3- 1627

Sehr geehrte Frau Fischer,

anbei erhalten Sie die Ausfertigungen des Abschlussberichts (sieben Ausfertigungen) gemäß Ziffer 2 des Zuwendungsbescheides „Berichtspflichten“ inklusive des Entwurfes für eine Pressemitteilung zu o.g. Vorhaben mit der Bitte, die Unterlagen zur Stellungnahme an den zuständigen Fachbetreuer weiterzuleiten.

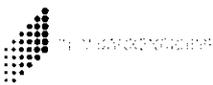
Mit freundlichen Grüßen

KfW
Niederlassung Bonn

Christian Berlin

Petra Böhm

Anlage(n)



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

Energieeinsparung

Abschlußbericht 30441-5/62

Vorhaben Nr. 20143

Einsatz einer integrierten Sprühbeize bei der Fertigung von NE-Metallblechen zur innovativen
Matrialflossoptimierung und Steigerung der Ressourceneffizienz

von
Dr. Gerhard Saller
und
Marcus Lodde

Carl Schreiber GmbH
Neunkirchen (Nordrhein-Westfalen)

Geschäftsführer
Dr. Christian Müller, Florian Riedel, Peter Schubert

IM AUFTRAG
DES UMWELTBUNDESAMTES
31. Oktober 2011

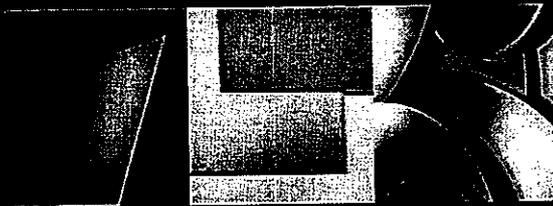
CSN produziert Bleche, Platten und Ronden sowie darauf basierende Fertigprodukte.

Halbzeug-Produkte:
Kupfer und Kupferlegierungen

Platten

Bleche

Ronden



- Für unterschiedliche Anwendungen
 - Elektrische Hochspannungsanlagen (Überwiegend reines Kupfer)
 - Korrosionsbeständige Anlagen (Messing, Bronze, Kupfer-Nickel)
 - ...
- Über 50 verschiedene Legierungen werden regelmäßig verarbeitet
 - Legierungen, die nahezu jedem nationalen und internationalen Standard genügen
 - Individuelle chemische Zusammensetzung
 - Spezialisiert auf maßgeschneiderte Lösungen

Fertigprodukte:
Bearbeitete/Beschichtete Kokillen

Brammen

Vorblöcke/Beam Blanks



- Das ganze Spektrum von Kokillen für Brammen und Vorblöcke
 - Dicke und dünne Brammen
 - Kokillensätze für Vorblöcke und beam blank
 - Von der Standard- bis zur Hochleistungslegierung: von CuAg bis CuCoNiBe
 - Verschleißresistente Beschichtungen: von vernickelt bis Keramik
- Erfahrung durch die Herstellung hunderter Kokillensätze
- Zahlreiche Referenzen bis OEMs und Stahlherstellern

Carl Schreiber Neunkirchen (CSN) ist einer der weltweit führenden Hersteller von hoch spezialisierten Platten und Blechen aus Kupfer und Kupferlegierungen. Außerdem verarbeitet CSN einen Teil der Platten zu Kokillen weiter und ist damit sowohl im Bereich Halbzeuge als auch im Bereich Endprodukte erfolgreich tätig. Mit 55 Mitarbeitern konnte im Geschäftsjahr 2009/2010 ein Umsatz von 32,0 Mio. Euro erzielt werden.

Das Segment hoch spezialisierter Platten und Bleche sowie daraus hergestellter Endprodukte ist ein kleiner Nischenmarkt, der einen Anteil von weniger als 1% an der globalen Kupferhalbzeug-Produktion hat und stärker als das Brutto-Sozialprodukt wächst.

CSN konzentriert sich im Platten- und Blech-Markt auf besonders margenstarke Produkte in attraktiven Nischen (z.B. fertig bearbeitete Kokillenplatten) und differenziert sich vom Wettbewerb durch Lieferperformance und Qualität. Als einziges Unternehmen ist CSN sowohl im Bereich Platten und Bleche (Halbzeuge) als auch im Bereich fertig bearbeitete Kokillenplatten (Endprodukte) tätig.

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA 30441-5/62	2. Energieeinsparung	3.
4. Titel des Berichtes Einsatz einer integrierten Sprühbeize bei der Fertigung von NE-Metallblechen zur innovativen Matrialflossoptimierung und Steigerung der Ressourceneffizienz		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Dr. Gerhard Saller Marcus Lodde	8. Abschlußdatum 31.08.2010	
	9. Veröffentlichungsdatum 31.10.2011	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Carl Schreiber GmbH Kölner Str. 56 57290 Neunkirchen	10. Vorh.-Nr. 20143	
	11. Seitenzahl 69	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau	12. Literaturangaben 1	
	13. Tabellen und Diagramme 18	
	14. Abbildungen 25	
15. Zusätzliche Angaben: -		
16. Kurzfassung Zur Senkung der Durchlaufzeit, des Beizmittelverbrauchs sowie des Aufkommens an Rückständen bei der Fertigung von Kuperblechen wurde das Konzept der integrierten Sprühbeize mit thermo-mechanischer Entzunderung bei der Carl Schreiber GmbH entwickelt. Das neue Verfahren sollte die bisher eingesetzte Tauchbeize weitgehend ersetzen. Das Ziel des Vorhabens war, den Eintrag an Zunder in die Beize durch vorgeschaltete die thermo-mechanische Entzunderung um 90 %, den Einsatz an Beizmittel ebenfalls um 90 % und den spezifischen Energieeinsatz um über 22 % zu senken. Darüber hinaus sollte das gesamte Verfahren abwasserfrei arbeiten. Das nach Umsetzung der Maßnahme durchgeführte Messprogramm zeigt, dass alle wesentlichen Projektziele erreicht wurden. Der Eintrag an Zunder in die Sprühbeize kann durch die thermo-mechanische Entzunderung tatsächlich um 90 % gesenkt werden, damit verbunden ist auch die Senkung des Einsatzes an Beizmittel um den gleichen Betrag. Der spezifische Energieverbrauch konnte im Vergleich zur Tauchbeize insgesamt um 70 % gesenkt werden. Dabei ist auch bei der neue Sprühbeize inhärent abwassererfreier Betrieb gewährleistet.		
17. Schlagwörter Beizen, Zunder, Kupferblech, Kupferoberfläche, Oberflächenbehandlung, thermo-mechanische Entzunderung, Sprühbeize		
18.	19.	20.

Report-Coversheet

1. UBA 30441-5/62	2. Energy saving	3.
4. Report Title Application of an integrated spray pickling line in the manufacturing of nonferrous metal plates for innovative material flow optimization and improvement of resource efficiency.		
5. Author(s), Family Name(s), First Name(s) Dr. Gerhard Saller Marcus Lodde		8. Report Date 31.08.2010
		9. Publication Date 31.10.2011
6. Performing Organisation (Name, Address) Carl Schreiber GmbH Kölner Str. 56 57290 Neunkirchen		10. Report-Nr. 20143
		11. No. of Pages 69
7. Sponsoring Agency (Name, Anschrift) Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau		12. No. of References 1
		13. No. of Tables, Diag. 18
		14. No. of Figures 25
15. Supplementary Notes		
16. Abstract <p>In order to reduce the throughput time, the pickling liquor consumption as well as the occurrence of residues during the manufacturing of copper plates, the concept of an integrated spray pickling line with high pressure descaling at Carl Schreiber GmbH was developed. The new process should almost completely replace the immersion-type pickling baths currently in use. The goal of the undertaking is to reduce the input of oxide scale to the pickling liquor by 90% through the use of high pressure descaling just prior to pickling, thereby reducing the required pickling liquor by 90% and the specific energy input by 22%. Furthermore, the complete process should function without effluent.</p> <p>After implementation of the concept, the measurement program shows that all essential project goals were attained. The input of oxide scale into the spray pickling line can, through the use of high pressure descaling, indeed be reduced by 90%. The input of pickling liquor is therefore correspondingly reduced by the same amount. The specific energy consumption in comparison to the immersion pickling process could be reduced in total by 70%. The new process is as an inherently closed system, free from effluents.</p>		
17. Keywords Pickling, Scale, Copper Plate, Copper surface, Surface treatment, high pressure descaling, Spray Pickling.		
18.	19.	20.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	6
Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	8
Vorwort	10
Kurzfassung	11
Summary.....	13
Das Unternehmen.....	15
1. Einführung	16
1.1 Ausgangslage.....	16
1.2 Projektziel.....	18
2. Konzept der integrierten Sprühbeize	20
2.1 Beschreibung der Anlage	20
2.2 Inbetriebnahme und erste Betriebserfahrungen.....	29
3. Kontrolle der Projektziele	33
4. Senkung des spezifischen Materialeinsatzes.....	35
4.1 Sachverhalt und Ziel.....	35
4.2 Kurzbeschreibung bestehende Tauchbeize.....	36
4.3 Ermittlung der Einsparungen	37
4.4 Messungen.....	38
4.4.1 ALT- Zustand	38
4.4.2 NEU- Zustand	43
4.5 Ergebnis	45
5. Senkung des spezifischen Energiebedarfs	48
5.1 Sachverhalt und Ziel.....	48
5.2 Ermittlung der Energieeinsparung	48
5.3 Messungen.....	50
5.3.1 IST-Zustand Tauchbeize	50
5.3.2 NEU-Zustand Sprühbeize.....	54
5.4 Ergebnis	57
6. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	58
6.1 Investitionen	58
6.2 Finanzierung.....	58

6.3	Kommentierung der Kostenabweichungen	59
6.4	Abschätzung der Einsparung.....	60
6.5	Amortisationszeit	63
7.	Zusammenfassung.....	64
8.	Verbreitung und weitere Anwendung der Anlage	65
9.	Quellenverzeichnis	65
10.	Anlage	66
10.1	Anlass zur Erstellung dieser Anlage	66
10.2	Sachverhalt	66
10.3	Messung.....	67
10.4	Ergebniss	68

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über die relevanten Materialströme VOR Umsetzung der Maßnahme mit Bezugsgröße „gewalzte Fläche“	39
Tabelle 2:	Massenbilanz Kupfer der Tauchbeize ohne thermo-mechanischer Entzunderung der Kupferbleche (Altzustand).....	42
Tabelle 3:	Spez. Materialströme der bestehenden Tauchbeize (Altzustand).....	42
Tabelle 4:	Übersicht über die relevanten Materialströme NACH Umsetzung der Maßnahme mit Bezugsgröße „gewalzte Fläche“	43
Tabelle 5:	Massenbilanz Kupfer der neuen integrierten Sprühbeize mit thermo-mechanischer Entzunderung der Kupferbleche (Neu-Zustand).....	44
Tabelle 6:	Spez. Materialströme der integrierten Sprühbeize mit thermomechanischer Entzunderung (Altzustand).....	45
Tabelle 7:	Vergleich der spez. Kupferbilanz Tauchbeize und Sprühbeize.....	47
Tabelle 8:	Vergleich der absoluten Kupferbilanz (Jahresmengen nach IST-Zustand) zwischen Tauchbeize und Sprühbeize	47
Tabelle 9:	Übersicht über die Anlagen zur Ermittlung des bestehenden Energieverbrauchs VOR Umsetzung der Maßnahme	49
Tabelle 10:	Übersicht über die Anlagen zur Ermittlung des zukünftigen Energieverbrauchs NACH Umsetzung der Maßnahme	49
Tabelle 11:	Ermittelte Daten zu vermiedenen innerbetrieblichen Logistikfahrten	50
Tabelle 12:	Übersicht über den ermittelten spez. Energieverbrauchs nach Anlagen der Tauchbeize VOR Umsetzung der Maßnahme mit Bezugsgröße „gebeizte Fläche“	54
Tabelle 13:	Übersicht über den ermittelten spez. Energieverbrauchs nach Anlagen der Sprühbeize NACH Umsetzung der Maßnahme mit Bezugsgröße „gebeizte Fläche“	56
Tabelle 14:	Übersicht über geplante und tatsächliche Investitionen.....	58
Tabelle 15:	Übersicht über die Finanzierung	58
Tabelle 16:	Vergleich ursprüngliche geplante und tatsächlich erreichte Kosteneinsparungen	61
Tabelle 17:	Wirtschaftlichkeitsrechnung: statische Amortisationszeit der Gesamtmaßnahme	63
Tabelle 18:	Zusammenfassung der Ergebnisse der Langzeitmessung	69

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Luftbild des Unternehmens	15
Abbildung 2:	Schematische Darstellung der bestehenden Produktionsschritte mit räumlicher Aufteilung auf die bestehenden Hallen	16
Abbildung 3:	Schematische Darstellung der Produktionsschritte der integrierten Sprühbeize mit räumlicher Anordnung	20
Abbildung 4:	Oberer Hochdrucksprühbalken der thermo-mechanischen Entzunderung nach dem Walzgerüst	21
Abbildung 5:	Rollengang zur Sprühbeize mit Sprühbeize und Tröpfchenabscheider (am oberen Bildrand)	22

Abbildung 6:	Einlassklappe Sprühbeize im geschlossenen Zustand.....	22
Abbildung 7:	Hubbalken mit Positionssensoren für die Bleche und Anschlag zur Steuerung des Materialflusses entweder zur Sprühbeize oder zur Säge / mech. Bearbeitung.....	23
Abbildung 8:	Auslass Sprühbeize mit Pendelrollenwagen für die „Fahrt“ der Bleche durch Spüle, Passivierung und Trocknung.....	24
Abbildung 9:	Spül- und Passivierungsbecken.....	24
Abbildung 10:	Passivierungsbecken mit Trocknungseinrichtung (Ober- und Unterluft)	25
Abbildung 11:	Rollengang zur Rückführung der fertig gebeizten Bleche vor die Richtmaschine zum Kaltrichten (Richtmaschine rechts in grünem Gehäuse).....	25
Abbildung 12:	Schematische Darstellung des Prozesswasser-, Walzemulsions- und Beizmittelflusses der gesamten Anlage (HD-Pumpe = Hochdruck-Pumpe).....	26
Abbildung 13:	Hochdruckpumpe mit Prozesswasservorratsbehälter für die thermomechanische Entzunderung und Reinigung gebeizten Kupferplatten.....	27
Abbildung 14:	Hochdruckpumpe mit Umschalteneinheit (links oben silberfarbener Zylinder) des Wasserwegs zwischen Entzunderung und Spüle	28
Abbildung 15:	Bedienpanel der integrierten Sprühbeize über Touch-Screen mit Rückmeldung von Betriebsparametern zur Anlagenführung sowie der Position von Blechen innerhalb der Gesamtanlage.....	30
Abbildung 16:	Oberfläche von Kupferblechen nach dem Warmrichten und vor dem Beizen.....	31
Abbildung 17:	Oberfläche eines Kupferblechs nach dem Beizen und dem Kaltrichten fertig zur mechanischen Endbearbeitung bzw. Sägen.....	32
Abbildung 18:	Gemessener Energieverbrauch des großen Tauchbeizbeckens (Heizung und Umwälzpumpe) als Viertelstundenlastwerte gemessen am 3. Dezember 2008	51
Abbildung 19:	Gemessener Energieverbrauch des kleinen Tauchbeizbeckens (Heizung und Umwälzpumpe) als Viertelstundenlastwerte gemessen am 30. November 2008	51
Abbildung 20:	Gemessener Energieverbrauch der Elektroyse als 10-Sekunden-Mittelwerte getrennt nach Elektrolyse und Umwälzpumpe gemessen am 30. November 2008	52
Abbildung 21:	Gemessener Energieverbrauch der bestehenden Säge als 10-Sekunden-Mittelwerte gemessen am 3. Februar 2009	53
Abbildung 22:	Gemessener Energieverbrauch der Richtwalze als 10-Sekunden-Mittelwerte gemessen am 19. Januar 2009.....	54
Abbildung 23:	Gemessener Energieverbrauch HD-Pumpe als 15-Minutenwerte gemessen am 7. Mai 2010.....	55
Abbildung 24:	Gemessener Energieverbrauch der neuen Säge als 15-Minutenwerte gemessen am 27. April 2010	56
Abbildung 25:	Schematische Darstellung des Prozesswasser-, Walzemulsions- und Beizmittelflusses der gesamten Anlage (HD-Pumpe = Hochdruck-Pumpe).....	67

Vorwort

Das in diesem Bericht beschriebene Projekt „Einsatz einer integrierten Sprühbeize bei der Fertigung von NE-Metallblechen zur innovativen Materialflussoptimierung und Steigerung der Ressourceneffizienz“ bedeutet für die Firma Carl Schreiber GmbH vor allem eine wesentliche Material- und Energieoptimierung bei gleichzeitiger Kapazitätssteigerung.

Das Projekt konnte Dank der unterstützenden Anteilsfinanzierung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen des Umweltinnovationsprogrammes realisiert werden.

Für die Unterstützung vor und während des Projektes soll der saller GmbH und der Effizienz-Agentur NRW, insbesondere Herrn Marcus Lodde gedankt werden.

Kurzfassung

Ausgehend von der einfachen Idee, das Beizen von gewalzten Kupferblechen in den Prozessfluss zwischen Walzgerüst und mechanischer Endbearbeitung zu integrieren, wurde das Konzept der integrierten Sprühbeize von der Carl Schreiber GmbH entwickelt und ausgearbeitet. Der Kern des Konzepts der integrierten Sprühbeize ist eine in Prozessfluss angeordnete Beize, in der die vom Walzen noch warmen Kupferbleche mit Beizflüssigkeit besprüht werden. Um die hohen Taktzeiten im Walzgerüst auch in der Beize realisieren zu können, muss sowohl der Zundereintrag in die Beize gesenkt als auch die Reaktionsgeschwindigkeit in der Beize erhöht werden. Zur Senkung des Zundereintrags werden die Kupferbleche vor der Beize in einer thermo-mechanischen Entzunderung vorentzundert. Die Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit wird durch die Nutzung der Restwärme aus dem Walzprozess erreicht.

Die Zielsetzung des Vorhabens war, die Verweilzeit (Durchlaufzeit) der Kupferbleche in der Beize um mindestens 50 %, den Zundereintrag in die Beize um 90 % und den spez. Energieverbrauch um min. 22 % zu senken. Damit einhergehend wurde zusätzlich erwartet, dass das Aufkommen an Zunderschlamm und der Verbrauch an Beizmittel entsprechend gesenkt werden kann.

Die durchgeführten Messungen zeigen, dass alle wesentlichen Projektziele erreicht werden:

- Der Zundereintrag in die Sprühbeize kann durch den Einsatz der thermo-mechanischen Entzunderung um rd. 90 % gesenkt werden.
- Die Verweilzeit der Kupferbleche kann von mindestens 60 Minuten in der Tauchbeize auf maximal 15 Minuten in der Sprühbeize gesenkt werden.
- Der spezifische Energieverbrauch in der Sprühbeize inklusive der thermo-mechanischen Entzunderung kann um rd. 70 % gegenüber dem spezifischen Energieverbrauch in Tauchbeize gesenkt werden.

Bei der Umsetzung der Maßnahme zeigte sich auch, dass mit dem Verfahren technisches Neuland betreten wurde und teilweise erst Erfahrungen bei der konstruktiven Umsetzung der Idee in eine technische Anlage gesammelt werden mussten. Die wesentliche Aufgabe bestand dabei darin, mehrere Teilanlagen zu einer Gesamtanlage zusammen zufassen. Neben den üblichen erforderlichen technischen Optimierungen in den einzelnen Teilanlagen bereiteten die Steuerungen des Zusammenwirkens der Teilanlagen in einer automati-

schen Betriebsweise die größten bzw. terminlich längsten Herausforderungen. Dadurch bedingt konnte auch der ursprünglich kalkulierte Kostenrahmen, sowohl für die Errichtung der Anlage als auch für die Messungen der erreichten Verbesserungen nicht eingehalten werden.

Bedingt durch die wesentliche Verkürzung der Verweilzeit der Kupferbleche in der Beize, der Integration der Beize in den Materialfluss und der damit verbundenen Erhöhung der Kapazität wurden trotz der gestiegenen Kosten alle Erwartungen der Carl Schreiber GmbH in die neue innovative Sprühbeize erfüllt.

Summary

Stemming from the simple idea of integrating pickling of hot rolled copper plates in the material flow between the rolling mill stand and final mechanical processing, the concept of the integrated spray pickling line of Carl Schreiber GmbH was developed and implemented. At the center of the concept of the integrated pickling line is the in-line (with material flow) pickling, in which the still hot copper plates from the rolling mill are pickled using sprayed pickling liquor. In order to attain the fast cycle times of the hot rolling mill, the oxide scale input into the pickling line must be reduced and the chemical reaction speed in the pickling line must be accelerated. To reduce the scale input, the copper plates are descaled prior to the pickling process using high pressure descaling. The acceleration of the pickling reaction is achieved through use of the residual sensible heat from the hot rolling process.

The goal of the undertaking was to reduce the pickling residence time (throughput time) of the copper plates by at least 50%, the oxide scale input to the pickling line by 90% and the specific energy consumption by no less than 22%. As a consequence thereof, it was expected that the occurrence of scale sludge and consumption of pickling liquor correspondingly could be reduced.

The executed measurements show that all essential project goals were achieved.

- The scale input into the spray pickling line can be, through the application of high pressure descaling, reduced by approximately 90%.
- The residence time of the copper plates can be reduced from at least 60 minutes in the immersion process to no more than 15 minutes in the spray process.
- The specific energy consumption in the spray pickling line, including the high pressure descaling, can, in comparison to the specific energy consumption of immersion pickling, be reduced by approximately 70%.

During the implementation of the system, it also became apparent that with this process, new technical challenges needed to be addressed and design experience needed to be gathered during the embodiment of the concept into an industrial plant. The essential task was to develop a complete processing plant from many individual machines and

subsystems. In addition to the typically required debugging of the individual subsystems, the control system for automation of the complete plant caused the largest challenges and delays. As a result, the original estimate of project cost for the erection as well as the measurement of the achieved improvements could not be adhered to.

The integration of the pickling line in the material flow, the resulting exceptional reduction in residence time of the copper plates in the pickling line, and the associated capacity increase, despite increased costs, fulfills all expectations of Carl Schreiber GmbH in the new innovative spray pickling line.

Das Unternehmen

Geschichte	Unternehmungsgründung im Jahr 1837 als Bergbau- und Hüttenbetrieb, Walzwerk seit 1911, GmbH seit 1912
Geschäftsführer	Peter Schubert, Dr. Christian Müller, Florian Riedel
Hauptproduktbereiche	<p>Platten, Bleche, Ronden, Ringe, Zuschnitte, angearbeitete Teile aus Kupfer, Kupferlegierungen, Aluminium, plattierten Werkstoffen für elektrotechnische Anwendungen</p> <p>Korrosionsbeständige Halbzeuge aus NE-Metallen für Apparatebau, Wärmetauscher, chemische Industrie, Meerwasserentsalzung etc.</p> <p>Kokillenplatten für Stranggussanlagen aus verschiedenen Kupferlegierungen, roh und bearbeitet, beschichtet und unbeschichtet.</p>
Exportanteil	ca. 80 % (weltweit)

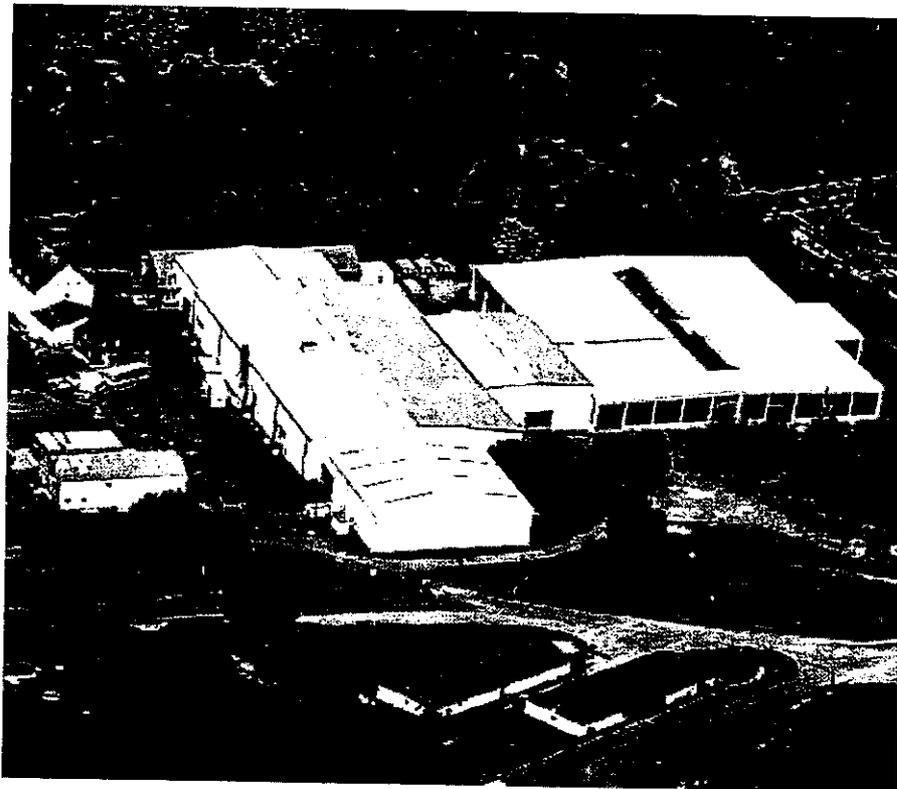


Abbildung 1: Luftbild des Unternehmens

1. Einführung

1.1 Ausgangslage

Die Carl Schreiber GmbH ist ein Hersteller von Blechen und Platten aus Kupfer und Kupferlegierungen. Die Bleche und Platten werden durch Warmumformen von sogenannten Brammen gefertigt werden. Die Warmumformung erfolgt durch Warmwalzen. Der bisherige Produktionsfluss, mit den teilweise räumlich getrennten Bearbeitungseinrichtungen, ist in Abbildung 2 schematisch dargestellt.

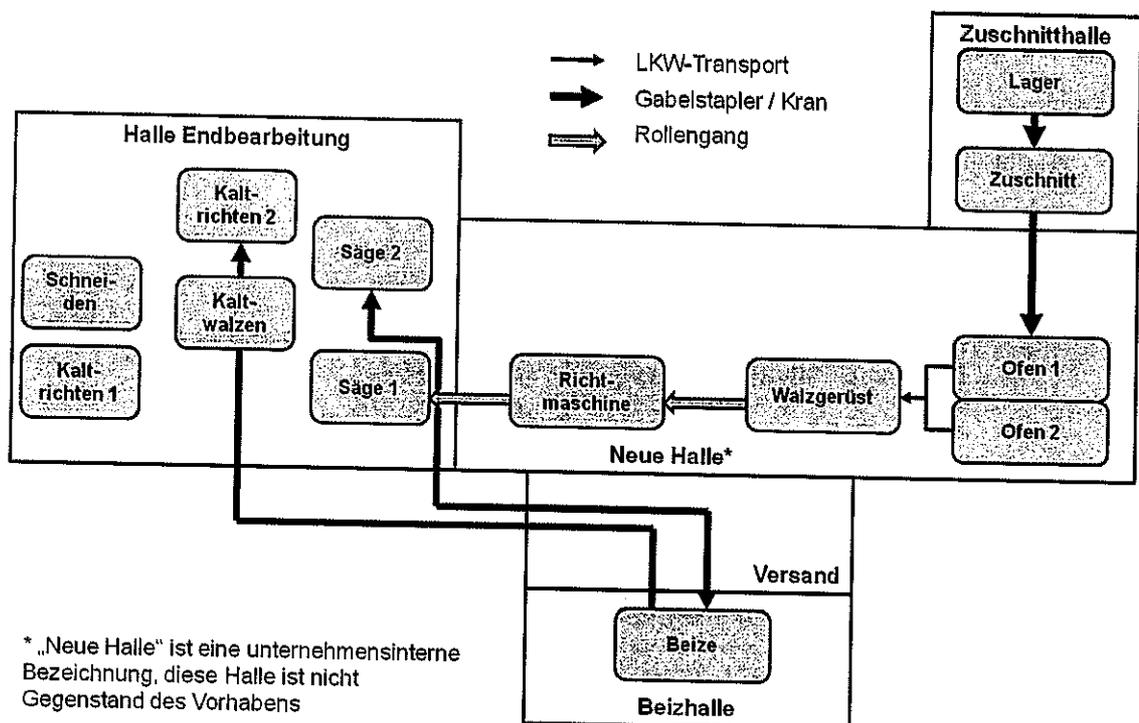


Abbildung 2: Schematische Darstellung der bestehenden Produktionsschritte mit räumlicher Aufteilung auf die bestehenden Hallen

Aufgrund der hohen Temperaturen beim Warmwalzen bildet sich an den Oberflächen der Bleche und Platten eine Zunderschicht. Die Zunderschicht ist unerwünscht und muss für das Fertigerzeugnis sowie vor weiteren Verarbeitungsstufen entfernt werden. Zur Entfernung von Zunderschichten gibt es

- mechanische Verfahren (Sandstrahlen, Bürsten),
- thermisch-mechanische Verfahren (Abschrecken) und
- chemische Verfahren (Beizen)

Bei der Carl Schreiber GmbH werden z. Zt. mechanische und chemische Verfahren angewandt; entweder intern im Haus oder extern bei Unterlieferanten. Intern werden chemische Verfahren angewandt. Es sind zwei Beizbecken im Einsatz. Warmwalzen/-richten und Beizen sind räumlich getrennt in unterschiedlichen Hallen untergebracht. Die warmgewalzten und warmgerichteten Bleche werden mit Hilfe eines Krans mit Haken vom Rollengang der Warmwalze bzw. der Richtmaschine abgenommen und per Gabelstapler in die Beizhalle transportiert. Zurzeit werden die Bleche nach dem Warmwalzen zuvor gepuffert und abgekühlt. Eine Nutzung der Restwärme für das Beizen ist aus zwei Gründen nicht möglich:

- das Handling heißer Bleche mittels Kran und Ketten ist gefährlich
- die Taktzeit des Tauchbeizprozesses einschließlich Handling ist länger als die Taktzeit des Warmwalzprozesses.

Die Beizbecken sind mit einer Schwefelsäurelösung (ca. 17% Schwefelsäuregehalt) gefüllt, in die die Bleche mit Hilfe eines Krans und von Ketten eingetaucht werden. Nach einer vom Material abhängigen Verweilzeit (durchschnittlich ca. 1 Stunde), werden die Bleche aus dem Beizbecken entnommen.

Nach dem Beizen werden die Bleche abgespült, passiviert und zum Trocknen gelagert. Da die Bleche durch den Transport (Walzstraße, Beize) und durch das Handling in der Beize verbiegen, müssen sie kaltgerichtet werden bevor die Weiterverarbeitung erfolgen kann.

Zur mechanischen Oberflächenbehandlung nutzt das Unternehmen im Wesentlichen das Sandstrahlen, das als Fremdleistung zugekauft wird.

Sowohl im chemischen als auch im rein mechanischen Prozess ist ein hoher Energieeinsatz erforderlich. Im Falle des chemischen Beizens ist ein elektrisches Heizen der Beizflüssigkeit und eine elektrisch angetriebene Badbewegung notwendig, um die Verweilzeiten im Beizbecken wirtschaftlich kurz zu halten und eine gute Oberflächenqualität zu gewährleisten. Zur Entkuperung der Beizflüssigkeit wird eine Elektrolyse benötigt. Im Falle der mechanischen Oberflächenbehandlung, werden Hochleistungselektromotoren benötigt, um die Bürstenanlage oder die Luftverdichter für das Sandstrahlen anzutreiben. Da für die Blechproduktion die Losgröße 1 charakteristisch ist, erfordern alle Prozesse einen hohen Handlings- und Transportaufwand.

Von der Antragstellerin werden zur rein mechanischen Oberflächenbehandlung ca. 6% des derzeitigen Produktionsvolumens an externe Dienstleister vergeben. Auf eine explizite Darstellung dieses Sachverhalts wird daher verzichtet. Wesentliche Energieverbräuche sind der hierbei anfallenden Kraftstoffbedarf für die Straßentransporte, mit den damit verbundenen Emissionen an CO₂ und Lärm, sowie der Energiebedarf für das Sandstrahlen.

1.2 Projektziel

Am Standort soll erstmals eine Anlage im großtechnischen Maßstab realisiert werden, die in einem integrierten Prozess die Bearbeitungsschritte Warmwalzen, Entzundern, Vor- und Fertigrichten und Beizen abdeckt. Integrierte Prozesslösungen sind von Bandherstellern her bekannt. Diese beziehen sich auf die Herstellung sehr großer Losgrößen und sind hinsichtlich der Legierungspalette unflexibel. Bisher hat weltweit noch kein Wettbewerber der Antragstellerin aus dem Bereich der Stückfertigung (Losgröße = 1) eine ähnliche Anlage realisiert.

Die Gründe, warum ein derartige Anlage noch nicht realisiert wurde, sind vielfältig und nur in der Kombination zu verstehen. Nachfolgend seien die wichtigsten Gründe genannt:

- Bedingt durch die hohen Durchlaufgeschwindigkeiten von Bandmaterial (Coils) mit den dafür aufwändigen mechanischen und regelungstechnischen Einrichtungen sind verfügbare Sprühbeizanlagen „von der Stange“ wegen der hohen Investitionskosten und den hohen laufenden Betriebskosten bei Unternehmen wie der Antragstellerin bisher nicht wirtschaftlich zu betreiben.
- Die Auslegung von verfügbaren Sprühbeizen erfolgt auf ein „Standardprodukt“ bzw. eine Metalllegierung. Bei der Carl Schreiber GmbH und vergleichbaren Unternehmen ist damit zu rechnen, dass jede verarbeitete Bramme sich hinsichtlich Abmessung und Materialzusammensetzung stark unterscheidet (Losgröße = 1!). Die Sprühbeize muss dies berücksichtigen können.
- Durch das von der Carl Schreiber GmbH erarbeitete Konzept der Kopplung von thermisch-mechanischer Entzunderung direkt nach dem Warmwalzen mit der direkt anschließenden Beize wird der apparative Aufwand für eine Sprühbeize wesentlich gesenkt. Durch die thermisch mechanische Entzunderung vor der Beize werden ca. 90 % des Zunders bereits entfernt. Die Investitionskosten und laufenden Betriebskosten für die Sprühbeize können dadurch erheblich gesenkt

werden; der Betrieb einer Sprühbeize kommt damit in den wirtschaftlichen Bereich für die Antragstellerin.

- Das Konzept der Carl Schreiber GmbH beinhaltet, dass die Sprühbeize umfahren werden kann. Dadurch können ohne Umrüstarbeiten in der Sprühbeize weiterhin Legierungen und Materialien verarbeitet werden, die nicht gebeizt werden müssen bzw. die überhaupt keinen Kontakt zu Beizmitteln haben dürfen. Die bestehende Prozesssicherheit kann gewährleistet werden.

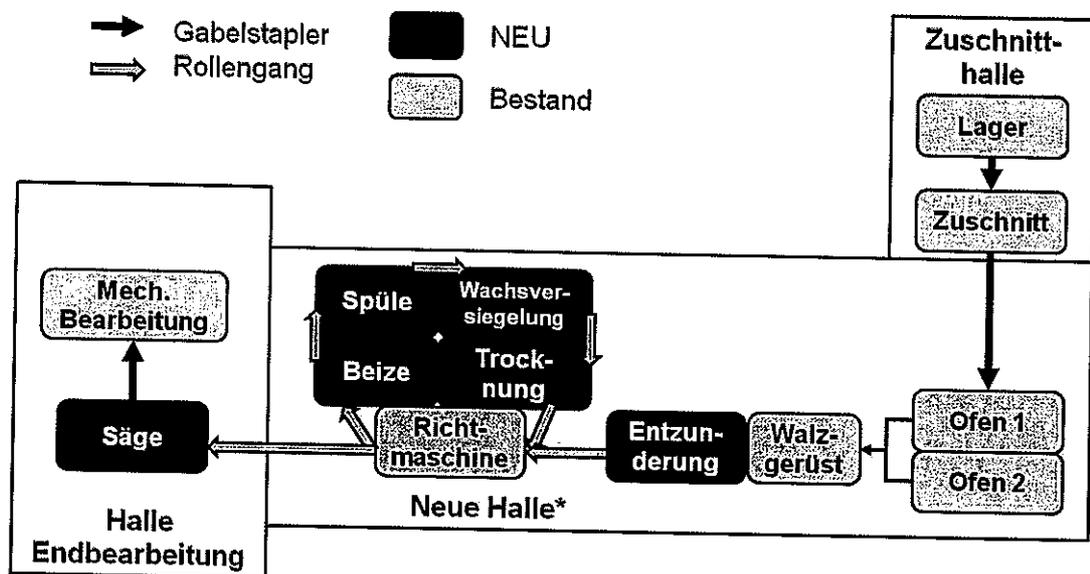
Mit der Realisierung des Vorhabens werden folgende positive Umwelteffekte erwartet:

- **Senkung des Verbrauchs an Diesel in der betriebsinternen Logistik (ca. 4.000 ltr./a).**
- **Senkung des spez. Bedarfs an elektrischer Energie um ca. 22 % je gefertigter Tonne Kupferblech**
- **Erhebliche Verringerung der Menge (min. 50 %) an vorzuhaltender Beize in den Beizbecken**
- **Senkung des spez. Beizmittelbedarfs um kalkulierte 90 % je gefertigter Tonne Kupferblech**
- **Senkung des insgesamt anfallenden Zunders (zurzeit nicht quantifizierbar).**
- **Die Einsparung an Diesel und elektrischer Energie wird voraussichtlich die direkten und indirekten CO₂-Emissionen bei der Antragstellerin um ca. 169 t CO₂/a vermindern.**

2. Konzept der integrierten Sprühbeize

2.1 Beschreibung der Anlage

Die wesentliche Idee der integrierten Sprühbeize ist die Integration des Beizprozesses in den Materialfluss zwischen Walzen und mechanischer Endbearbeitung. In Abbildung 3 sind die neuen Prozessschritte und die hierfür erforderlichen Anlagen schematisch dargestellt.



* „Neue Halle“ ist eine unternehmensinterne Bezeichnung, diese Halle ist nicht Gegenstand des Vorhabens

Abbildung 3: Schematische Darstellung der Produktionsschritte der integrierten Sprühbeize mit räumlicher Anordnung

Nach dem Walzen der Bleche ist direkt die thermo-mechanische Entzunderung installiert worden (vgl. Abbildung 4). Von dort gelangen die Bleche in die Richtmaschine und werden zunächst warm gerichtet. Nach der Richtmaschine kann der Weg der Bleche entweder Richtung Säge oder in Richtung Sprühbeize gewählt werden, so dass Materialien, welche nicht gebeizt werden müssen oder dürfen, auch nicht einen Zwangsdurchlauf durch die Beize nehmen müssen. Kupferbleche zum Beizen werden über einen Rollengang nach dem Warmrichten zur Sprühbeize geleitet. Nach dem Beizen laufen die Bleche auf einen Rollenwagen, welcher die Bleche durch das Spülen, die Passivierung und die Trocknung transportiert. Anschließend werden die Bleche vom Rollenwagen über einen

Rollengang wieder vor die Richtmaschine geleitet. In der Richtmaschine werden die Bleche jetzt kalt gerichtet um anschließend über die Säge der mechanischen Endbearbeitung zugeführt zu werden. Durch diese Anordnung kann bis auf wenige Sondermaße auf einen innerbetrieblichen Transport von Kupferblechen zur alten Tauchbeize und wieder zurück zur Säge bzw. mechanischen Endbearbeitung verzichtet werden. Durch die integrierte Sprühbeize wurde die Kapazität für Kupferbleche erheblich gesteigert, so dass die Kapazität der vorhandenen Säge bei weitem nicht ausreichend ist, die gebeizten Kupferbleche zeitnah weiter zu verarbeiten. Zu dem Gesamtkonzept ist daher eine neue, der erhöhten Kapazität angepassten Säge zwingend erforderlich.



Abbildung 4: Oberer Hochdrucksprühbalken der thermo-mechanischen Entzunderung nach dem Walzgerüst

Abbildung 5 zeigt den Rollengang zur Sprühbeize mit Tröpfchenabscheider, Abbildung 6 die Einlassklappe der Sprühbeize im geschlossenen Zustand. Der Tröpfchenabscheider bewirkt eine Abscheidung der Beizlösungströpfchen (bzw. des Beizkonzentrats) mit Rückführung in das Beizbad, so dass nur reiner Wasserdampf (Schwaden) abgeführt werden muss. Der Materialfluss zur Beize wird über Hubbalken gesteuert (Vordergrund Abbildung 5 ein Hubbalken bzw. Abbildung 7 drei von vier Hubbalken).



Abbildung 5: Rollengang zur Sprühbeize mit Sprühbeize und Tröpfchenabscheider (am oberen Bildrand)



Abbildung 6: Einlassklappe Sprühbeize im geschlossenen Zustand

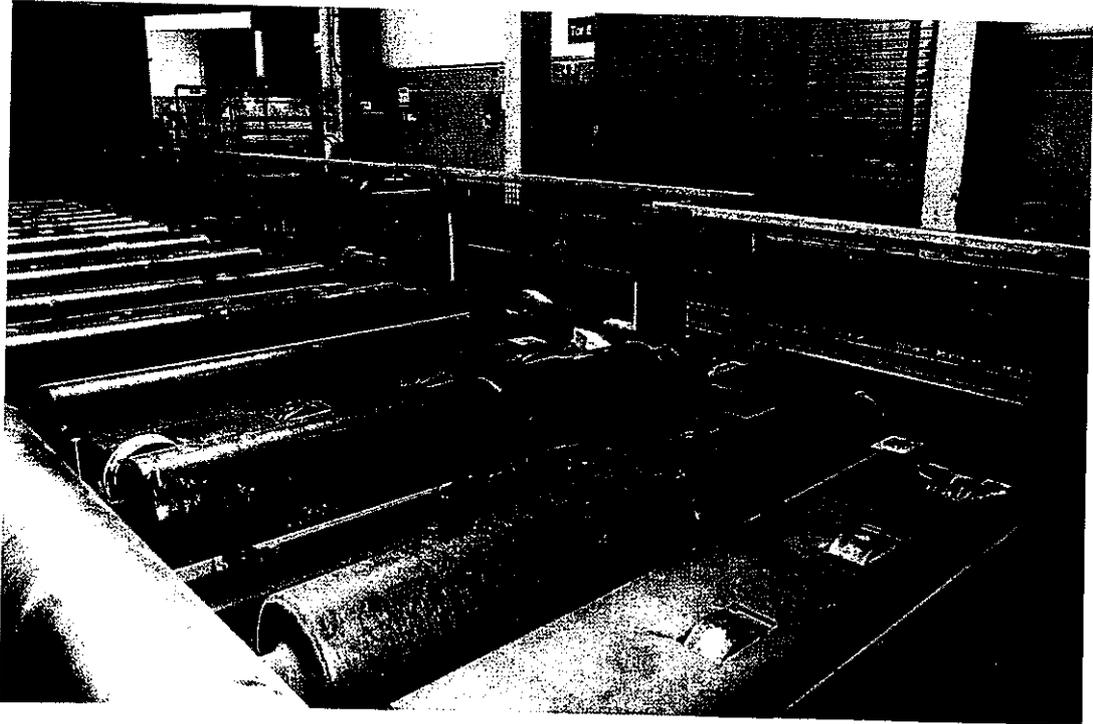


Abbildung 7: Hubbalken mit Positionssensoren für die Bleche und Anschlag zur Steuerung des Materialflusses entweder zur Sprühbeize oder zur Säge / mech. Bearbeitung

Nach der Sprühbeize laufen die Bleche auf einen Rollenwagen (Abbildung 8). Dieser Rollenwagen fährt die gebeizten Bleche durch die Spüle, die Passivierung und die Trocknung (Abbildung 9 und Abbildung 10). In Endstellung angelangt, werden die fertigen Bleche über einen Rollengang wieder vor die Richtmaschine zum Kaltrichten gebracht (Abbildung 11).

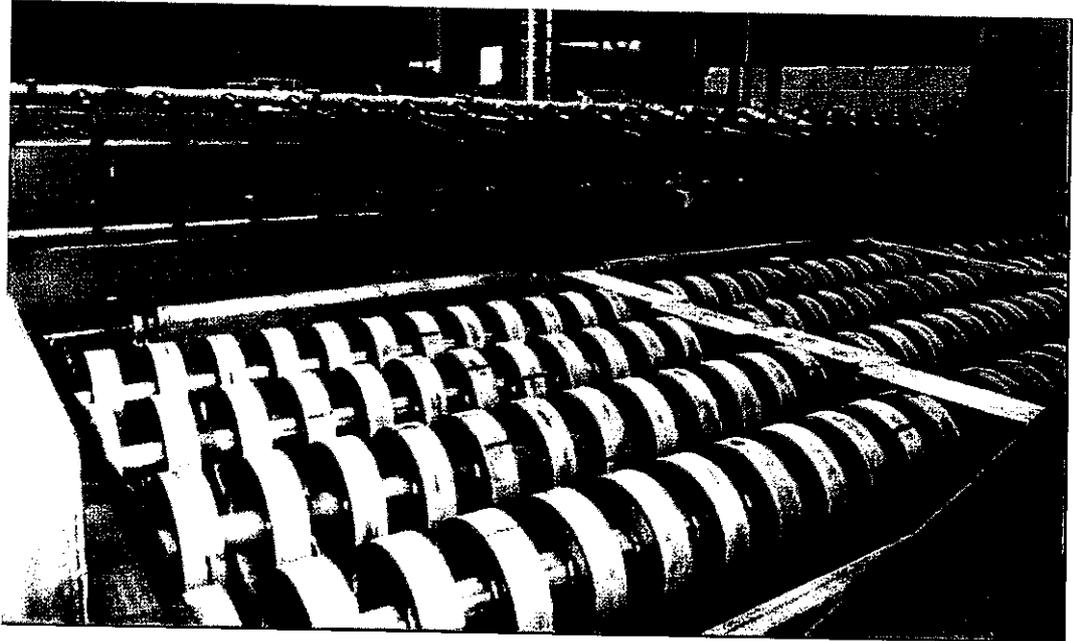


Abbildung 8: Auslass Sprühbeize mit Pendelrollenwagen für die „Fahrt“ der Bleche durch Spüle, Passivierung und Trocknung

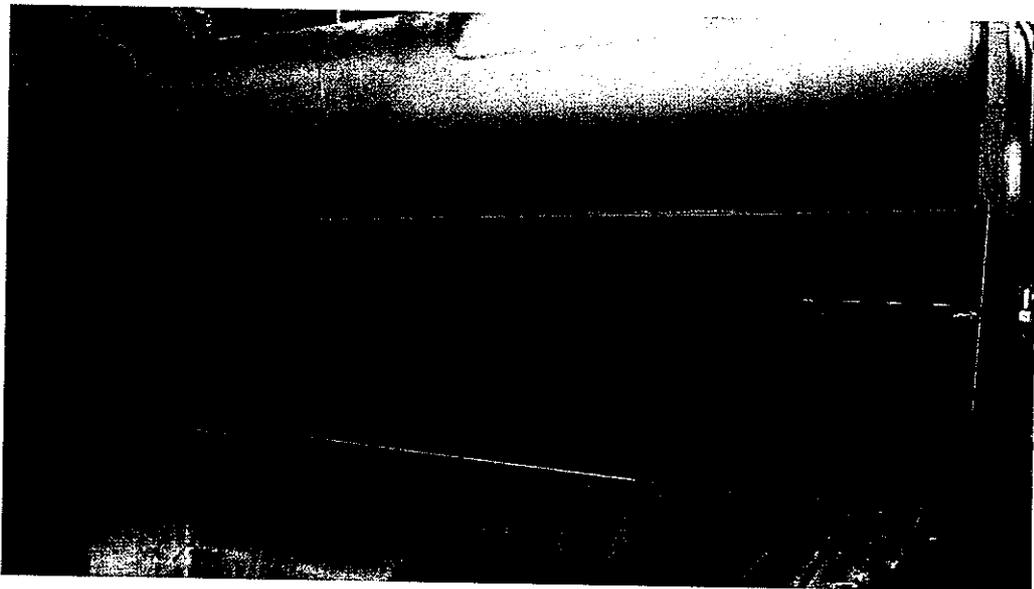


Abbildung 9: Spül- und Passivierungsbecken

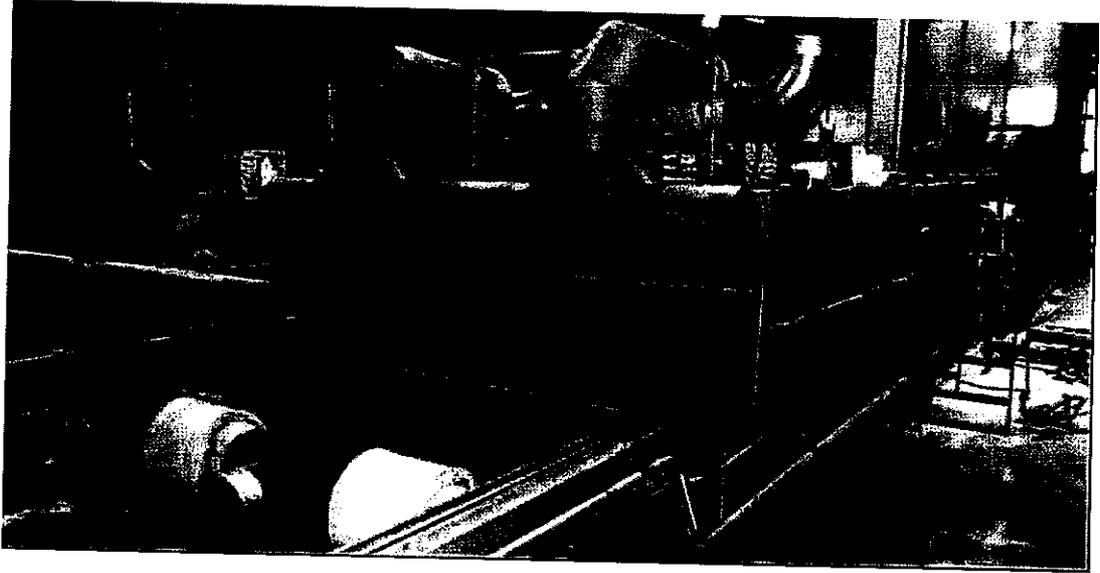


Abbildung 10: Passivierungsbecken mit Trocknungseinrichtung (Ober- und Unterluft)

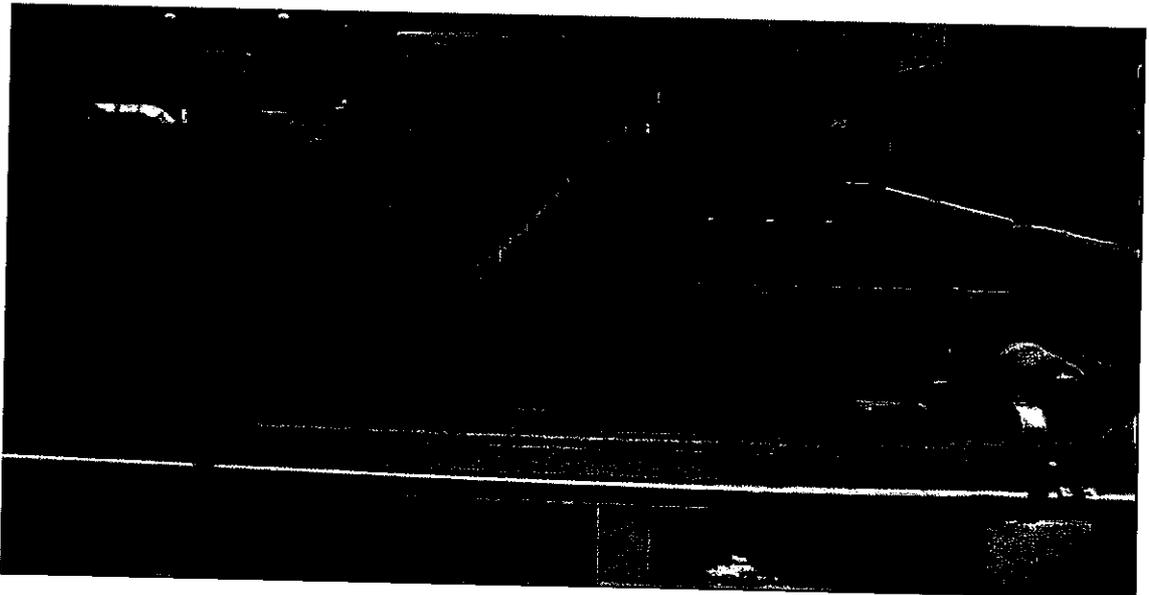


Abbildung 11: Rollengang zur Rückführung der fertig gebeizten Bleche vor die Richtmaschine zum Kaltrichten (Richtmaschine rechts in grünem Gehäuse)

Zu Beginn der thermo-mechanische Entzunderung haben die Kupferbleche eine Temperatur von rd. 500 °C, beim Beginn des Beizens noch rd. 250 °C. Dadurch bedingt entsteht sowohl beim Entzundern wie auch beim Beizen eine hohe Abdampftrate an dem eingesetzten Wasser. Die Spüle wird daher mit Frischwasser über die Hochdruck-Pumpe betrieben. Anschließend wird das Spülwasser zum Ausgleich der Verdampfungsverluste der Beize zugeführt. Von der Hochdruckpumpe wird auch die thermo-mechanische

Entzunderung mit Wasser versorgt. Die thermo-mechanische Entzunderung erfolgt mit Walzemulsion, welche aus dem Walzkanal unter dem Walzgerüst von der HD-Pumpe angesaugt wird. Durch den Einsatz der Walzemulsion ist nur eine Prozessflüssigkeit sowohl für das Kühlen der Walzen wie auch für die thermo-mechanische Entzunderung inklusive Badpflege etc. erforderlich.

Da die HD-Pumpe sowohl für die thermo-mechanische Entzunderung wie auch für das Spülen eingesetzt wird, besteht die Gefahr der Verschleppung von Walzemulsion in das Prozesswasser der Spüle und des Beizbeckens. Um diese Verschleppung zu vermeiden, wird vor jedem Umschalten des Wasserwegs von „Entzundern“ auf „Spülen“ die HD-Pumpe für drei Sekunden mit Frischwasser gespült. Das Spülwasser wird in den Walzkanal geleitet. Erst nach erfolgter Spülung der HD-Pumpe wird der Weg auf die Spüle umgestellt. Damit wird sichergestellt, dass keine Verschleppung von Walzemulsion in die Beize bzw. Spüle erfolgt. Der Prozesswasser, Walzemulsions- und Beizmittelfluss ist schematisch in Abbildung 12 dargestellt.

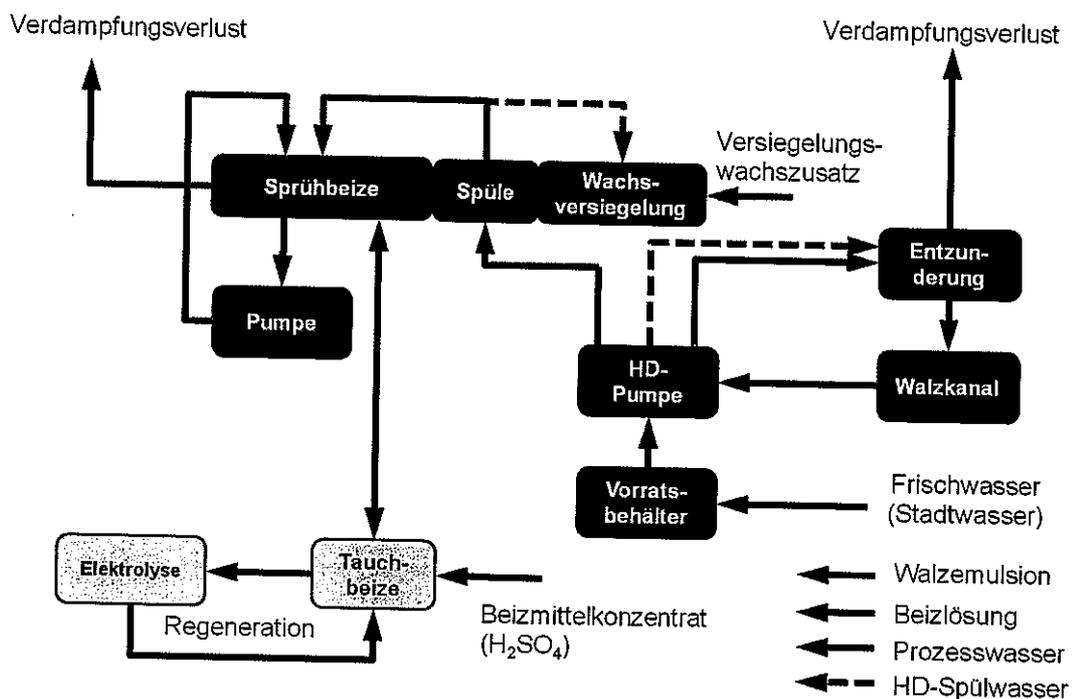


Abbildung 12: Schematische Darstellung des Prozesswasser-, Walzemulsions- und Beizmittelflusses der gesamten Anlage (HD-Pumpe = Hochdruck-Pumpe)

Bis auf wenige Sondermaße können alle produzierten Bleche in der neuen integrierten Sprühbeize behandelt werden. Für die in geringer Anzahl weiterhin zu produzierenden

Bleche mit Sondermaßen ist die bestehende Tauchbeize weiter zu betreiben. Da die Zugangsmöglichkeit zur Badpflege in der bestehenden Tauchbeize wesentlich besser ist als in der geschlossenen integrierten Sprühbeize, wird weiterhin die Badpflege in einem der bestehenden Tauchbeizbecken vorgenommen. Das zweite Tauchbeizbecken ist stillgelegt worden. Die integrierte Sprühbeize wird daher mit Beizlösung von der bestehenden Tauchbeize versorgt. Die Beizlösung wird dabei zwischen der Sprühbeize und der alten Beizanlage umgepumpt, um Aufkonzentrierung durch Verdampfungsverluste oder „Verwässerung“ durch nachgefülltes Spülwasser in der Sprühbeize zu vermeiden. Darüber hinaus ist auch die Regeneration der Beizlösung über die bestehende Elektrolyseanlage einfach zu realisieren.

Abbildung 13 zeigt die Hochdruckpumpe für die thermo-mechanische Entzunderung und das Reinigen der gebeizten Kupferbleche mit Prozesswasservorratsbehälter (Hintergrund), Abbildung 14 die Pumpe mit elektrischem Antrieb und Umschalteneinheit zur Umschaltung des Wasserwegs zwischen Entzunderung und Reinigung.

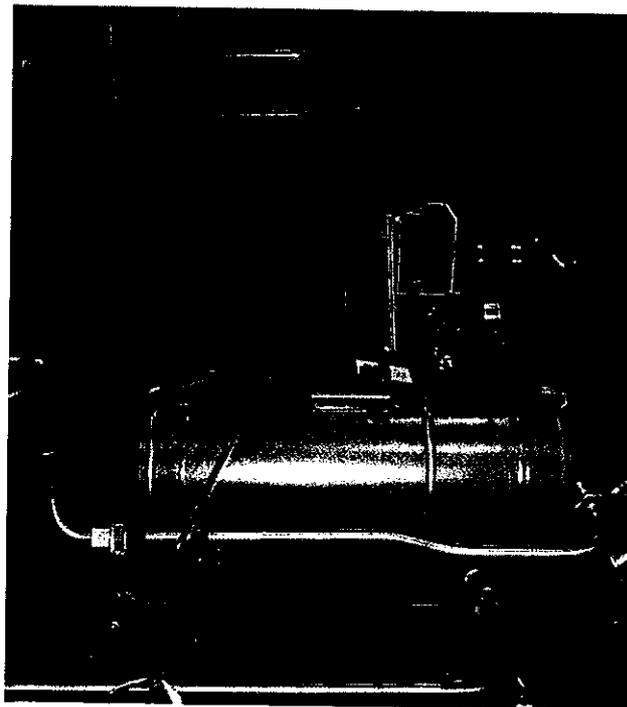


Abbildung 13: Hochdruckpumpe mit Prozesswasservorratsbehälter für die thermo-mechanische Entzunderung und Reinigung gebeizten Kupferplatten

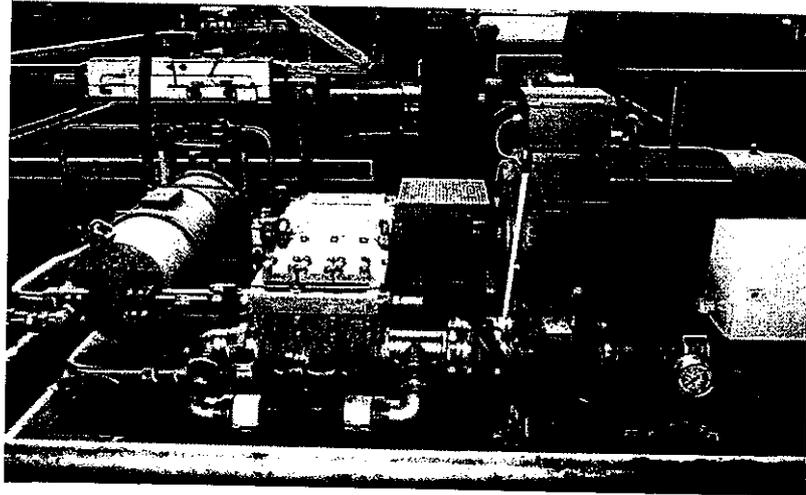


Abbildung 14: Hochdruckpumpe mit Umschaltseinheit (links oben silberfarbener Zylinder) des Wasserwegs zwischen Entzunderung und Spüle

Um ein optimales Zusammenwirken der einzelnen Anlagenkomponenten zu erreichen, werden die einzelnen Komponenten von einer einzigen Anlagensteuerung aus gesteuert. Vom Bediener müssen in der Steuerung für die einzelnen Behandlungsschritte verschiedene Zeitvorgaben gesetzt werden, z. B.

- Dauer der Behandlung eines Blechs in der Sprühbeize,
- Dauer des Spülens bzw. der Reinigung der Oberfläche nach dem Beizen,
- Dauer des Spülens der HD-Pumpe selbst und
- Dauer der thermo-mechanischen Entzunderung.

Durch die vorhandenen Füllstandssensoren in den entsprechenden Bädern erfolgt durch die Steuerung

- der Ausgleich der Verdunstungsverluste im Bad der Sprühbeize,
- der Ausgleich der Tropfverluste im Passivierungsbecken und
- das Umpumpen der Beizflüssigkeit zwischen alter Tauchbeize und neuer Sprühbeiz

automatisch ohne Bedienereingaben.

2.2 Inbetriebnahme und erste Betriebserfahrungen

Bei der Inbetriebnahme der einzelnen Anlagenkomponenten jeweils für sich allein mussten noch einige übliche anlagentechnische Optimierungsmaßnahmen an den jeweiligen Anlagen durchgeführt werden,

- Verstärkung der Kupplungen im Pendelrollenwagen,
- Geänderte Fixierung der Düsen,
- Hitzeschutzabdeckungen an den Hubwerken konstruieren, fertigen und einbauen
- Plattenausrichtanschlüsse für die Hebewerke konstruieren, fertigen und einbauen
- Zusätzliche Option /Ausrichtzeit in der Steuerung der Hebewerke programmieren
- Zusätzliche Transportrolle im Bereich des Rücklaufrollgang konstruieren, fertigen und einbauen
- Sprühheizdüsen optimieren / Literleistung pro Minute erhöhen
- Heizmittelfilter nachgerüstet
- Schlauchanschlüsse optimiert
- Rückschlagventile in die Entkupferungsleitung montiert

Von wesentlich größerer Bedeutung ist die steuerungstechnische Zusammenführung der verschiedenen Teilanlagen zu einem Automatikbetrieb. Insgesamt hat die Inbetriebnahme der Steuerung der Gesamtanlage inklusive Integration in die bestehende Richtmaschine am längsten gedauert. Abbildung 15 zeigt das Bedienpanel der Gesamtanlage.

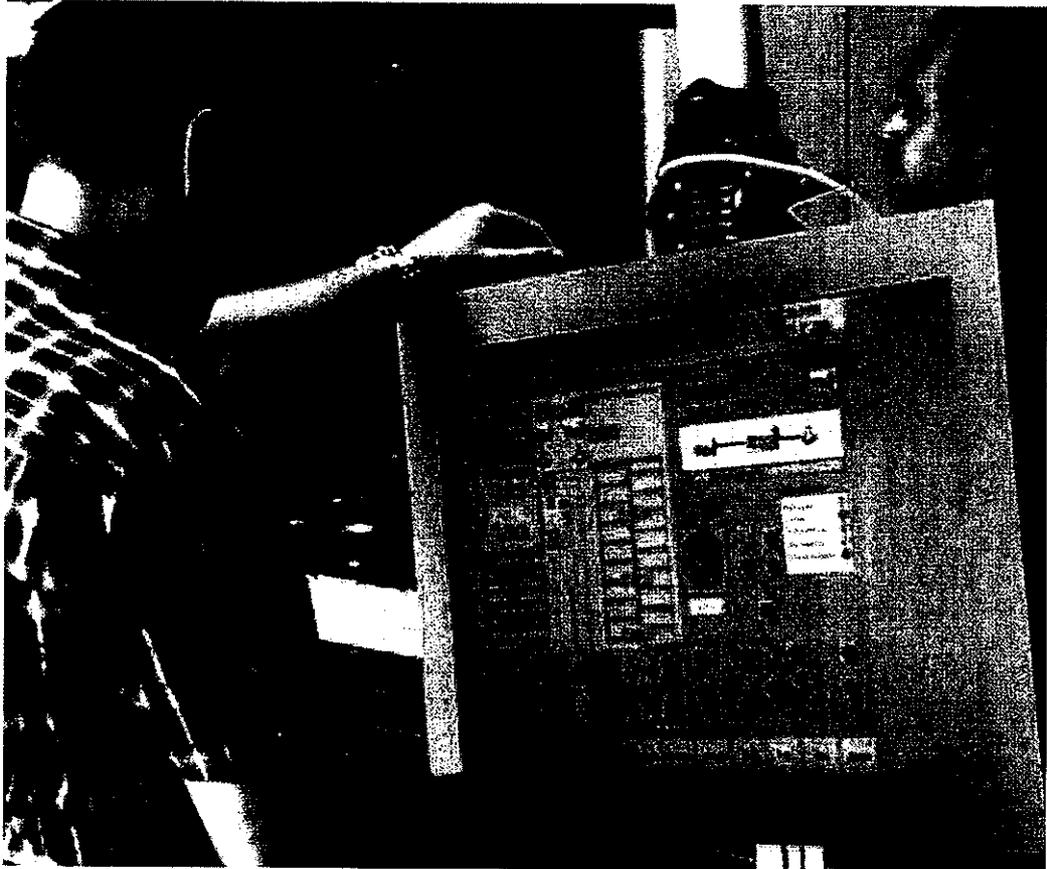


Abbildung 15: Bedienpanel der integrierten Sprühbeize über Touch-Screen mit Rückmeldung von Betriebsparametern zur Anlagenführung sowie der Position von Blechen innerhalb der Gesamtanlage

Die ersten Betriebserfahrungen zeigen, dass die Beizdauer durch die Restwärme in den Kupferblechen vom Walzen erheblich (>90 %) reduziert werden kann. Die Verweilzeit der Kupferbleche in der Tauchbeize betrug bisher mindestens 60 Minuten. In der neuen integrierten Sprühbeize kann die Verweilzeit auf ca. 5 Minuten verkürzt werden. Abhängig ist diese Verweilzeit von der Temperatur, mit der die Bleche aus der thermo-mechanischen Entzunderung in die Sprühbeize gelangen.

Die Carl Schreiber GmbH muss noch durch systematische Untersuchungen die optimale Temperatur ermitteln, mit der die zu behandelnden Bleche der Sprühbeize zugeführt werden. Die ersten Betriebserfahrungen zeigen, dass bei Blechtemperaturen vor der Beize von mehr als 250 °C die Verdampfungsverluste des Wassers in der Beizlösung sehr hoch sind, die Verweilzeit jedoch unter 5 Minuten gesenkt werden kann. Unterhalb von 250°C steigt die Verweilzeit an, jedoch sind die Verdampfungsverluste dann wesentlich geringer. Ein nennenswertes Schwadenaufkommen ist unabhängig von der Temperatur nur in den

ersten 60 Sekunden der Behandlung zu beobachten, anschließenden ist das zu beizende Blech soweit abgekühlt, dass die Verdampfungsverluste zu vernachlässigen sind. Die systematische Untersuchung muss das Optimum aus höheren Materialkosten für den Wasserverbrauch und niedrigeren Kosten durch die Durchlaufzeitverkürzung ermitteln.

Die Temperatur des Beizbads (22 °C) der Sprühbeize ist durch das Nachfüllen von kaltem Spülwasser sowie den Austausch der Beizlösung mit dem bestehenden alten Tauchbeizbecken konstant, d. h. eine Erwärmung des Beizbades konnte bisher nicht festgestellt werden.

Abbildung 16 zeigt die Oberfläche von Kupferblechen nach dem Warmrichten und vor dem Beizen, Abbildung 17 die Oberfläche eines fertig gebeizten und kaltgerichteten Kupferblechs.

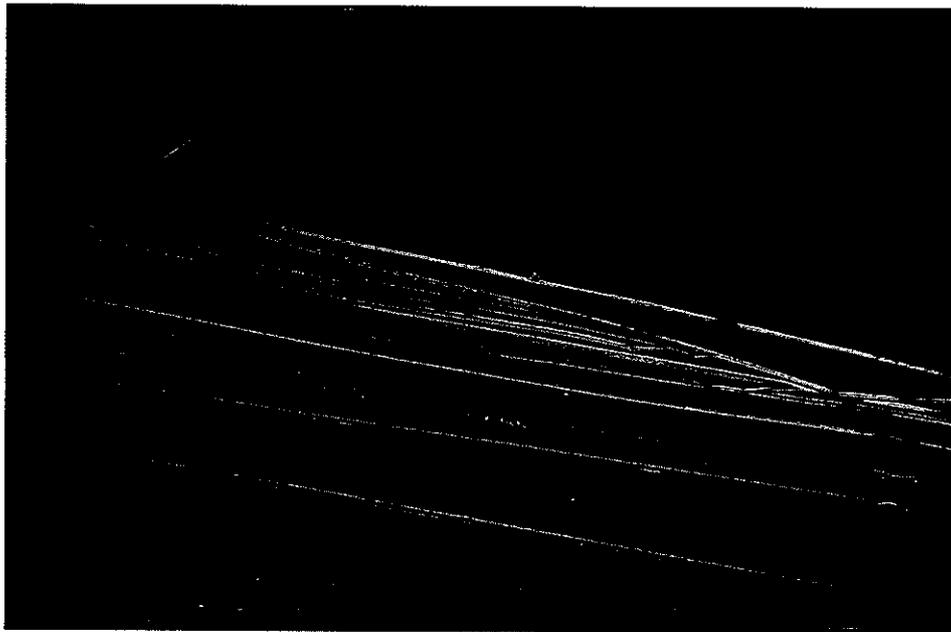


Abbildung 16: Oberfläche von Kupferblechen nach dem Warmrichten und vor dem Beizen

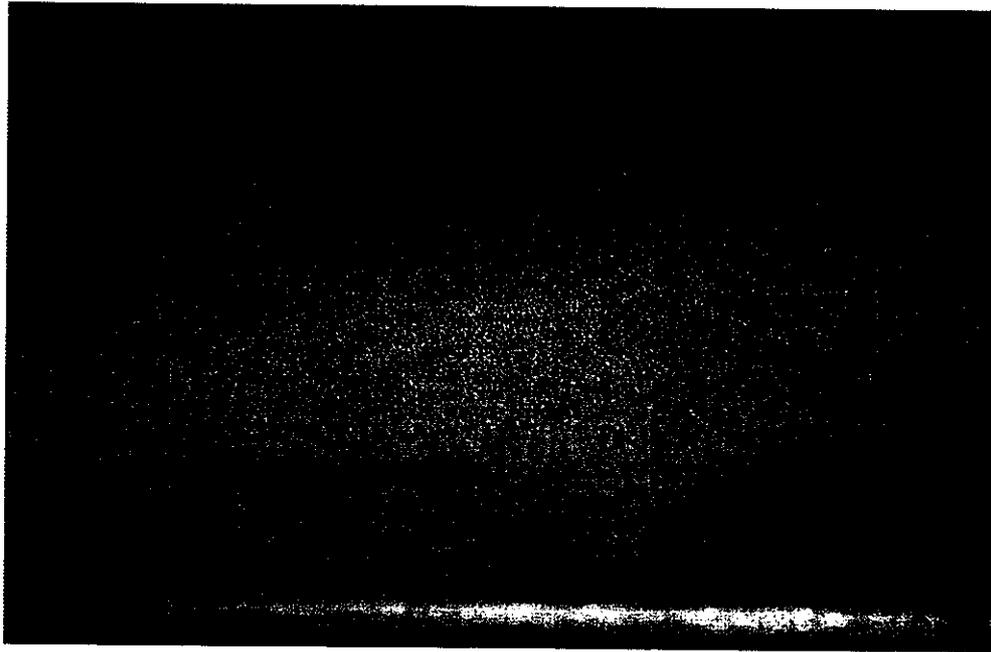


Abbildung 17: Oberfläche eines Kupferblechs nach dem Beizen und dem Kaltrichten fertig zur mechanischen Endbearbeitung bzw. Sägen

Insgesamt zeigen die Betriebserfahrungen, dass die erwartete Funktionalität der integrierten Sprühbeize hinsichtlich der Oberflächengüte, der Verweilzeit von Blechen in der Beize und die erhebliche Verringerung des unternehmensinternen Logistikaufwands im erwarteten Umfang erreicht wird.

3. Kontrolle der Projektziele

Um die ziel- und ergebnisorientierte Durchführung des Projekts zu unterstützen und die Anwendung bzw. Funktionalität des Verfahrens und dessen Übertragbarkeit auf ähnliche oder andere Anwendungsfälle beurteilen zu können, ist eine messtechnische Begleitung durch das Ingenieurbüro dr. saller und die Effizienz-Agentur NRW beauftragt worden.

Im Rahmen der messtechnischen Begleitung wurden insbesondere die Spültechnik, die Passivierung, die Beize und die Abwasserbehandlung näher betrachtet. Durch das Messprogramm sind beispielhaft Daten und Informationen über die betrieblichen, umweltbezogenen und wirtschaftlichen Auswirkungen des neuen Verfahrens erhoben worden, um weitere Anwendungen bzw. Übertragung auf ähnliche oder neue Anwendungsfälle beurteilen und ggfs. befürworten zu können. Gleichzeitig wurde überprüft, in wieweit bei der Carl Schreiber GmbH die erwarteten umweltbezogenen Verbesserungen erreicht wurden.

Folgende Parameter bzw. Fragestellung wurden (Vorher/Nachher) betrachtet:

Beizmittel

- Welche Beizmittel werden eingesetzt?
- Welche Maßnahmen kommen zur Kontrolle des Beizmittels zum Einsatz?

Spültechnik

- Welche Spültechnik wird derzeit eingesetzt (Technik, Spülstufen) und welche Menge an Spülwasser wird benötigt?
- Welche Spültechnik ist in der neuen Anlage vorgesehen, welche Menge Spülwasser wird benötigt?
- Gibt es eine Reduzierung der Spülwassermengen durch das neue Verfahren?

Abfall

- Wie hoch ist der Schlammfall in t/a vor und nach Durchführung der Maßnahme?
- Sind signifikante Änderungen in der Schlammzusammensetzung nachweisbar?
- Sind Unterschiede beim Aufkommen an Zunder in t/a nachweisbar?
- Können Entsorgungswege (Schlamm, Späne, Anodenkupfer, Zunder) optimiert werden?

- Entwickeln sich Kosten und Erlöse entsprechend der Erwartungen?

Messung spezifischen Energieeinsatzes

- Führen die Maßnahmen zu einer Senkung des spez. Energiebedarfs?

In das Messprogramm werden folgende Produktionsanlagen aufgenommen:

ALT (vor Maßnahmenumsetzung mit herkömmlichem Verfahren)

- Tauchbeize
- Spüle
- Passivierung
- Sägen
- Richten

NEU (nach Maßnahmenumsetzung mit integrierter Sprühbeize):

- Hochdruckwasserbedüsung (Abschrecken) zur thermisch-mechanischen Oberflächenbehandlung,
- Sprühbeize (Beizen) mit allen Verfahrensschritten (Reinigen, Versiegelung, Trocken) und
- allen erforderlichen Unteraggregaten inkl. Beizmittelregeneration,
- Warmrichtanlage (Richten warm und kalt)
- Sägen

Für die Ziele des Messprogramms wurden neben den Messungen an diesen Aggregaten insbesondere hinsichtlich des Energiebedarfs auch Aufzeichnungen über die an Verwerter gelieferten Mengen an Zunder und Schlamm aus der Beizmittelregeneration erhoben.

4. Senkung des spezifischen Materialeinsatzes

4.1 Sachverhalt und Ziel

Die Kupferhalbzeuge der Carl Schreiber GmbH werden ausnahmslos durch Warmwalzen von Kupferblöcken auf Enddicke hergestellt. Länge und Breite der Platten ergibt sich aus dem Volumen der eingesetzten Blöcke. Die Temperatur beim Warmwalzen beträgt dabei mehr als 600 °C. Die Zunderbildung setzt bei Kupfer bereits bei einer Temperatur von ca. 250 °C ein. Dabei wird üblicherweise die rote Cu₂O-Schicht auf der Oberfläche des Kupferblocks bei Einwirkung des Luftsauerstoffs in eine schwarze CuO-Schicht umgewandelt (Moeller, 2008). Die Reaktionsgeschwindigkeit der Umwandlung steigt mit steigender Oberflächentemperatur an. Beim Beizen der Kupferbleche nach dem Warmrichten soll diese CuO-Schicht abgetragen bzw. wieder in eine Cu₂O-Schicht umgewandelt werden.

Durch den Einsatz einer thermo-mechanischen Entzunderung bereits beim Warmwalzen der Blöcke wird u. a. die Oberflächentemperatur der zu walzenden Blöcke gesenkt. Theoretisch vermindert sich dadurch die Geschwindigkeit der Zunderbildung. Darüber hinaus soll bereits entstandener Zunder zwischen den einzelnen Walzstichen durch Abplatzen mittels thermo-mechanischem Entzundern entfernt werden, damit Zundereinschlüsse im Werkstück vermieden werden und eine noch bessere Oberflächengüte erreicht wird.

Durch das neue Verfahren ist daher einerseits mit einer insgesamt geringeren Menge an Zunderbildung zu rechnen, andererseits soll auch der Zundereintrag in die Beize erheblich verringert werden. Letzteres lässt erwarten, dass der Einsatz an Beizmittel beim Beizen der Oberfläche gesenkt und dadurch auch das Badvolumen reduziert werden kann. Darüber hinaus ist zu erwarten, dass durch die thermo-mechanische Entzunderung bzw. durch die Senkung der Oberflächentemperatur bei Walzen vom eingesetzten Kupfer weniger in nicht nutzbaren Zunder übergeht.

Die definierten Ziele des Vorhabens bezüglich der Materialeffizienz sind:

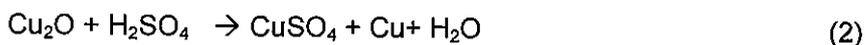
- Senkung der Zunderbelastung der Sprühbeize um 90 % (90 % weniger Zundereintrag in Beize)
- Senkung des spez. Beizmittelverbrauchs um 90 %
- Senkung des Badvolumens an Beizlösung zur Senkung des potenziellen Umweltrisikos

4.2 Kurzbeschreibung bestehende Tauchbeize

Die bisher eingesetzte Tauchbeize besteht aus zwei Tauchbeizbecken, einem Spülbecken und einem Becken zur Passivierung. Die Beizflüssigkeit in den Tauchbeizbecken wird ständig auf mindestens 22 °C geheizt und durch eine Umwälzpumpe in Bewegung gehalten. Als Beizmittel wird ausschließlich Schwefelsäure eingesetzt. In der Beizflüssigkeit wird eine Konzentration zwischen 15 und 17 Vol.-% gehalten. Zum Nachschärfen der Beizflüssigkeit wird Beizkonzentrat „Schwefelsäure 96 % chem. rein“ eingesetzt. Die Kontrolle erfolgt üblicherweise einmal wöchentlich durch Überprüfung der Dichte der Beizflüssigkeit mittels eines Säurehebers, bei hoher Beiztätigkeit auch öfter. In der Beize selbst findet überwiegend folgende chemische Reaktion statt:



Darüber hinaus ist auch noch folgende Reaktion denkbar:



wobei Cu_2O optisch eine rötliche Oberfläche bewirken würde, CuO dagegen eine schwarze. Da alle Bleche vor der Beize eine schwarze Oberfläche haben, wird bei der Auswertung der Messungen nur von Reaktion (1) ausgegangen.

Zur Reinigung der aus dem Beizbecken entnommenen Bleche (Spüle) wird ein Hochdruckreiniger eingesetzt, der mit Frischwasser gespeist wird. Das anfallende Spülwasser wird über ein vierstufiges Absetzbecken zur Entfernung von Feststoffen geleitet und anschließend wieder zum Ausgleich von Verdunstungsverlusten der Beizflüssigkeit eingesetzt. Schleppverluste an Beizflüssigkeit bzw. Säure werden so wieder den Beizbecken zugeführt. Insgesamt ist der Verdunstungsverlust in den Beizbecken größer als die Menge zum Spülen benötigten Frischwassers. Das Verfahren ist daher abwasserfrei.

Nach dem Spülen erfolgt in einem Tauchbecken eine Passivierung.

Die Beizflüssigkeit der Beizbecken wird in einer Elektrolyse regeneriert. Hier scheiden sich an einer Cu-Elektrode in der Beizflüssigkeit enthaltene Kupferionen des CuSO_4 ab. Ein Teil des in der Beizflüssigkeit enthaltenen Cu scheidet sich nicht an den Elektroden ab, sondern fällt als Beizschlamm auf den Boden des Elektroysebeckens. Kupferelektroden und Schlamm werden dem Rohstoffkreislauf (Kupferraffination) wieder zugeführt.

4.3 Ermittlung der Einsparungen

Zur Ermittlung der Materialeinsparungen sind die jeweiligen Verbräuche vor und nach Umsetzung der Maßnahme zu ermitteln. Zwischen der bestehenden und immer noch genutzten Tauchbeize und der neuen Sprühbeize wird die Beizflüssigkeit umgepumpt (vgl. Abbildung 12 Seite 26). Durch diesen Parallelbetrieb kann die Ermittlung bzw. die Aufteilung der gemessenen Verbräuche auf das neue Verfahren nicht eindeutig erfolgen. Auch die Schlammentwicklung ist nicht eindeutig dem alten oder dem neuen Verfahren zu zuordnen. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass in Produktionswochen mit intensiven Sprühbeizbetrieb und geringem Betrieb in der Tauchbeize praktisch kein Nachschärfen der Beizlösung erforderlich war und auch keine Schlammentwicklung messbar war. Vermutet wurde, dass der Zundereintrag in die Sprühbeize mit der vorgeschalteten thermo-mechanischen Entzunderung im Vergleich zum bisherigen Tauchbeizverfahren fast vernachlässigbar ist.

Für die Ermittlung des Beizmittelverbrauchs insbesondere in der Sprühbeize in Verbindung mit der thermo-mechanischen Entzunderung, des Zundereintrags in die Sprühbeize und für die Abschätzung der Schlammentwicklung wurden daher folgende Versuche durchgeführt:

- Im ersten Versuch wurden an einem Produktionstag nur Bleche in der Sprühbeize behandelt, bei denen die thermo-mechanische Entzunderung nicht durchgeführt wurde.
- Im zweiten Versuch wurden einen Produktionstag lang nur Bleche mit einer thermo-mechanischer Entzunderung auf einer Blechseite der Sprühbeize zugeführt.

Während der beiden Versuche wird das Umpumpen der Beizflüssigkeit zwischen Sprühbeize und bestehender Tauchbeize unterbunden (vgl. Abbildung 12). Das Badvolumen der Beizflüssigkeit in der Sprühbeize sollte durch nachfließendes Wasser aus dem Spülbad konstant gehalten werden. Änderungen des Cu-Gehalts und der Säurekonzentration in der Beizflüssigkeit werden nur durch den Zundereintrag in die Sprühbeize verursacht. Gemessen wurden jeweils:

- Cu-Gehalt vor / nach Versuchen
- Säuregehalt vor / nach Versuchen
- Durchsatz an „Oberfläche“ durch die Sprühbeize während der Versuche

Die Steigerung des Cu-Gehalts in der Beizflüssigkeit ist gleichbedeutend mit der Menge an eingetragendem Zunder. Aus der Abnahme der Säurekonzentration wird ermittelt, wie hoch der „Verbrauch“ an Säure war bzw. wie viel Zugabe an Beizmittelkonzentrat erforderlich ist, um eine gleichbleibende Säurekonzentration in der Beizlösung sicher zu stellen. Darüber hinaus ist das zu erwartende Schlammaufkommen ebenfalls proportional zum Säureverbrauch, da Schlamm durch die Regeneration der Beizflüssigkeit entsteht.

Neben dem Verbrauch an Beizmittel ist der Verbrauch an Frischwasser der wichtigste Materialstrom im Verfahren. Bei der Ermittlung des Frischwasserverbrauchs im „alten“ Tauchbeizbecken wurden wöchentliche Wasserverbrauchsmessungen (Nachfüllen der Bäder zum Ausgleich von Verdunstungsverlusten) und der Frischwasserbedarf für das Reinigen mit Hochdruckreinigern über die gemessenen Spülzeiten und der Literleistung des Hochdruckreinigers ermittelt. Der Frischwasserverbrauch der neuen Sprühbeize ist abhängig von den Zeitvorgaben in der Anlagensteuerung für die jeweiligen Arbeitsgänge. Diese Zeitvorgaben können individuell z. B. auf die Blechabmessungen oder die Temperatur der Bleche abgestimmt werden. Zur Ermittlung der Verbrauchsmengen wurde zunächst in einem Versuch die Förderleistung der HD-Pumpe bestimmt. Anschließend wurde die Anzahl an gebeizten Blechen und die jeweiligen Zeitvorgaben für die relevanten Arbeitsgänge die gesamte Förderzeit ermittelt. Aus den gesamten Förderzeiten wurde dann über die ermittelte Förderleistung der Prozesswasserverbrauch für die relevanten Arbeitsgänge berechnet.

Bedingt durch die Prozessführung und die örtlichen Gegebenheiten kann der Zunder, der in der thermo-mechanischen Entzunderung von der Oberfläche der Bleche entfernt wurde, nicht ermittelt werden.

4.4 Messungen

4.4.1 ALT- Zustand

In Tabelle 1 sind die relevanten Materialströme vor Umsetzung der Maßnahmen aufgelistet. Darüber hinaus ist noch die Bezugsgröße zur Berechnung von spez. Werten zu erfassen.

Tabelle 1: Übersicht über die relevanten Materialströme VOR Umsetzung der Maßnahme mit Bezugsgröße „gewalzte Fläche“

Relevante Materialströme Tauchbeize		
Idr. Nr.	Anlage / Messstelle	Medium / Verbrauch / Messparameter
1	(Tauch-)Beize	Beizmittelverbrauch
2	(Tauch-)Beize	Schlammaufkommen
3	(Tauch-)Beize	Cu-Anteil Schlamm
4	(Tauch-)Beize	Zundereintrag Beize
5	Elektrolyse	Anodenkupfer
6	Spüle (alt)	Frischwasserbedarf
7	Warmwalzen	gewalzte Oberfläche

Die Kapazität bzw. die durchschnittlich gebeizte Oberfläche der bestehenden Tauchbeize wurde während der Dauer der Aufnahme der IST-Daten zu den bestehenden Materialströmen zu 5,4 m²/h. ermittelt. Alle spezifischen Materialstromwerte für den IST-Zustand sind auf Basis dieser Bezugsgröße berechnet worden.

Die Entsorgung von Beizschlamm aus der Tauchbeize lag im langjährigen Mittel in den Jahren 2001 bis Mitte 2008 bei ca. 1,4 t/a. Die durchschnittlich jährliche gebeizte Oberfläche an Cu-Blechen lag in diesem Zeitraum bei rd. 46.900 m²/a. Damit ergibt sich für das spez. Schlammaufkommen in der Tauchbeize ein Wert von ca. 30,6 g/m². Die Analysen der Proben zeigen, dass der Cu-Gehalt des trockenen Beizschlammes bei 94,3 % liegt.

Als Beizmittel wird Schwefelsäure eingesetzt. Der Verbrauch an Beizmittelkonzentrat (96 Vol.-% Schwefelsäure) betrug während der Aufnahme des IST-Verbrauchs 115 ltr.. Die damit gebeizte Oberfläche betrug 1.285 m². Der spez. Beizmittelverbrauch berechnet sich damit zu 0,09 ltr./m². Im langjährigen Mittel aus dem Verhältnis der Einkaufsmengen an Beizmittelkonzentrat und gewalzter Oberfläche der Jahre 2003 bis Mitte 2008 liegt dieser Wert etwas niedriger bei 0,085 ltr./m².

Die Dichte des Schwefelsäurekonzentrats liegt nach Herstellerangaben bei 1,84 g/cm³. Der spez. Verbrauch an Schwefelsäure beträgt 0,165 kg/m² bei Auswertung der Versuchsergebnisse bzw. 0,157 kg/m² im langjährigen Mittel. Unter der Annahme, dass in der Beize nur eine Reaktion nach Gleichung (1) im Kapitel 4.2 stattfindet, beträgt der spezifische Eintrag an Zunder CuO in die Tauchbeize nach Messergebnissen rd. 135 g/m² und

nach langjährigem Mittel rd. 128 g/m^2 . Vernachlässigt wurde dabei die Regeneration der Beizlösung durch die parallel stattfindende Elektrolyse. Tendenziell ist der tatsächliche spez. Zundereintrag damit eher höher als er hier ermittelt wurde. Die Regeneration des Beizmittels erfolgt auch an Wochenenden und sonstigen Betriebsstillständen. Dies könnte den geringeren Wert im langjährigen Mittel gegenüber dem Wert im Versuch erklären, da insgesamt mehr regenerierte Säure dem Beizprozess zur Verfügung steht, als im Versuch zugegeben wurde, um wieder auf die Ausgangskonzentration zu gelangen. Der Abtrag an reinem Kupfer beträgt nach Messergebnissen 108 g/m^2 und nach langjährigem Mittel 103 g/m^2 .

Der durchgeführte Versuch in der Sprühbeize mit Messung der Cu-Konzentration kann ebenfalls genutzt werden, um den Zundereintrag von Blechen zu bestimmen, die nicht durch die thermo-mechanische Entzunderung vorbehandelt wurden. Die gesamte Beizbadflüssigkeit in der Sprühbeize beträgt $6,7 \text{ m}^3$. Zu Beginn des Versuchs in der Sprühbeize lag die Cu-Konzentration bei $9,5 \text{ g/ltr.}$ Nach der Behandlung von Cu-Blechen mit einer Gesamtoberfläche von $48,4 \text{ m}^2$ ohne Vorbehandlung in der thermo-mechanischen Entzunderung stieg die Cu-Konzentration in der Beizflüssigkeit auf $10,3 \text{ g/ltr.}$ an. Der Abtrag an reinem Kupfer beträgt demnach rd. 112 g/m^2 und ist damit geringfügig höher als nach den Auswertungen der Messungen an der Tauchbeize. In dem Versuch an der Sprühbeize wurde jedoch eine Regeneration des Beizmittels durch die Elektrolyse nicht durchgeführt, so dass ein höherer Wert zu erwarten ist.

Aus der Elektrolyse wird neben dem Beizschlamm auch das an Cu-Anoden abgeschiedene Kupfer dem Beizprozess entzogen. Bei Auswertung der rückgeführten Mengen zeigt sich, dass im langjährigen Mittel ca. $4,1 \text{ t/a}$ Kupfer in der Elektrolyse abgeschieden wurde. Das spez. Aufkommen an abgeschiedenem Kupfer beträgt damit $87,4 \text{ g/m}^2$.

In der

Tabelle 2 ist die spez. Massenbilanz Kupfer im IST-Zustand der bestehenden Tauchbeize ohne thermo-mechanischer Entzunderung von Kupferblechen zusammengefasst.

Tabelle 2: Massenbilanz Kupfer der Tauchbeize ohne thermo-mechanischer Entzunderung der Kupferbleche (Altzustand)

Kupferbilanz Tauchbeize		
Bezeichnung	Wert	Einheit
Eintrag Kupfer in Tauchbeize	107,6	g/m ²
Austrag durch Beizschlamm	-30,6	g/m ²
Austrag durch abgeschiedenes Kupfer	-83,3	g/m ²
Delta Messdaten	-6,3	g/m ²

Der Prozesswasserbedarf der Tauchbeize wird ausschließlich durch den Verdunstungsverlust der Bäder bestimmt. Ausgeglichen wird der Verdunstungsverlust durch das eingesetzte Wasser zum Reinigen (Spülen) der Bleche nach dem Beizen. Durchschnittlich wird ein Blech 3,5 Minuten mit einem Hochdruckreiniger gereinigt. Der ermittelte spezifische Volumenstrom beträgt 6,7 ltr./min. Durchschnittlich wurden in den beiden Beizbecken täglich 16,2 Bleche gereinigt. Der Frischwasserbedarf durch das Reinigen beträgt damit ca. 380 ltr./d. Diese Menge an Frischwasser reichte jedoch nicht aus, um den Verdunstungsverlust auszugleichen. Wöchentlich wurden nochmals durchschnittlich 150 ltr. an Frischwasser zugegeben. Der spezifische Frischwasserbedarf der bestehenden Tauchbeize beträgt damit rd. 3,1 ltr./m².

Die Messungen zeigen, dass der gesamte bisherige Prozess inhärent abwasserfrei betrieben wird.

Die gesamte Materialbilanz für die bestehende Tauchbeize ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Spez. Materialströme der bestehenden Tauchbeize (Altzustand)

spez. Materialströme Tauchbeize				
lfd. Nr.	Anlage / Messstelle	Medium / Verbrauch / Messparameter	Berichtswert	
			Wert	Einheit
1	(Tauch-)Beize	Beizmittelverbrauch	0,085	ltr./m ²
2	(Tauch-)Beize	Schlammaufkommen	30,56	g/m ²
3	(Tauch-)Beize	Cu-Anteil Schlamm	94,30	%
4	(Tauch-)Beize	Zundereintrag Beize (reines Cu)	107,6	g/m ²
5	Elektrolyse	Anodenkupfer	83,3	g/m ²
6	Spüle (alt)	Frischwasserbedarf	4,5	ltr./m ²
7	Warmwalzen	gewalzte Oberfläche	5,4	m ² /h

4.4.2 NEU- Zustand

In Tabelle 4 sind die relevanten Materialströme nach Umsetzung der Maßnahmen aufgelistet. Darüber hinaus ist noch die Bezugsgröße zur Berechnung von spez. Werten zu erfassen.

Tabelle 4: Übersicht über die relevanten Materialströme NACH Umsetzung der Maßnahme mit Bezugsgröße „gewalzte Fläche“

Relevante Materialströme Sprühbeize		
lfd. N.	Anlage / Messstelle	Medium/ Verbrauch / Messparameter
1	Entzunderung	Zunderabtrag
2	Sprühbeize	Beizmittelverbrauch
3	Sprühbeize	Schlammaufkommen
4	Sprühbeize	Zundereintrag
5	Reinigung	Frischwasserverbrauch
6	Elektrolyse	Anodenkupfer
7	Warmwalzen	gefertigte Bleche (Oberfläche im m2)

Mit der neuen integrierten Sprühbeize wurde eine erhebliche Kapazitätssteigerung ermöglicht. Die als Bezugsgröße für die Ermittlung von spezifischen Materialstromdaten ist auf 49 m²/h angestiegen. Alle spezifischen Materialstromwerte für den NEU-Zustand sind auf Basis dieser Bezugsgröße berechnet worden.

Der Eintrag an Zunder in die Sprühbeize wurde durch den durchgeführten Versuch ermittelt (siehe 4.3 Seite 37). Die gesamte Beizbadflüssigkeit in der Sprühbeize beträgt 6,7 m³. Zu Beginn des Versuchs mit den in der thermo-mechanische Entzunderung behandelten Blechen in der Sprühbeize lag die Cu-Konzentration bei 10,3 g/ltr. Nach der Behandlung von Cu-Blechen mit einer Gesamtoberfläche von 76,8 m² mit einseitiger Vorbehandlung in der thermo-mechanischen Entzunderung stieg die Cu-Konzentration in der Beizflüssigkeit auf 11,0 g/ltr. an. Der Abtrag an reinem Kupfer betrug demnach 62 g/m². Abzüglich des Eintrags der nicht in der thermo-mechanischen Entzunderung behandelten Oberfläche wird durch die behandelte Oberfläche ein Eintrag von 11 g/m² verursacht. Gegenüber dem Wert der unbehandelten Oberfläche von 112 g/m² bedeutet dies eine Verringerung der Zunderbelastung der Sprühbeize von 89 %.

Die ermittelten Säurekonzentrationen während des Versuchs mit der Sprühbeize zeigen, dass die Konzentrationsänderungen relativ gering sind und nicht sinnvoll ausgewertet

werden können. Der gemessene Eintrag an Kupfer mit dem Zunder von 4,75 kg in die Beizflüssigkeit bewirkt einen Schwefelsäureverbrauch von 3,9 ltr., gleichbedeutend mit einer Änderung des Werts der Säurekonzentration von absolut 0,058 % (z. B. Abnahme der Konzentration von 15,000 % auf 14,942 %). Proportional zum geringeren Zundereintrag in die Sprühbeize verringert sich auch der Beizmittelverbrauch um 89 %.

Gleiche Verhältniszahlen bei Austrag an Kupfer aus der Beizflüssigkeit wie bei der Tauchbeize vorausgesetzt, ergibt sich die Massenbilanz für Kupfer durch die integrierte Sprühbeize nach Tabelle 5.

Tabelle 5: Massenbilanz Kupfer der neuen integrierten Sprühbeize mit thermo-mechanischer Entzunderung der Kupferbleche (Neu-Zustand)

Kupferbilanz integrierte Sprühbeize		
Bezeichnung	Wert	Einheit
Eintrag Kupfer in Sprühbeize	11,4	g/m ²
Austrag durch Beizschlamm*	-3,2	g/m ²
Austrag durch abgeschiedenes Kupfer*	-8,9	g/m ²
Delta Messdaten*	-0,7	g/m ²

* bei konstantem Verhältnis wie in Tauchbeize

Der Prozesswasserverbrauch der integrierten Sprühbeize mit thermo-mechanischer Entzunderungen wird durch die Verdunstungs- bzw. Verdampfungsverluste bestimmt. Insbesondere die Dampfschwadenentwicklung zu Beginn des Aufsprühens der Beizlösung auf die noch warmen Cu-Bleche und die Dampfschwadenbildung in der thermo-mechanische Entzunderung verursachen den erforderlichen Frischwasserverbrauch.

Der Wassereinsatz sowohl bei der thermo-mechanischen Entzunderung wie auch beim Spülen (Reinigen) wird durch die Zeitvorgaben für die Dauer des jeweiligen Behandlungsschrittes in der Anlagensteuerung vorgegeben. Der Spülvorgang eines in der Sprühbeiz behandelten Bleches beträgt 20 s. Beim Umschalten der HD-Pumpe von Entzunderung auf Spülen wird die HD-Pumpe jeweils 4 Sekunden gespült, d. h. für diesen Zeitraum wird Frischwasser von der HD-Pumpe angesaugt und über die Düsen der thermo-mechanischen Entzunderung in den Walzkanal gepumpt. Die spezifische Förderleistung der HD-Pumpe beträgt 355 ltr./min. Damit stellt sich ein Frischwasserverbrauch von 118,3 ltr./Blech für das eigentliche Spülen zzgl. maximal 23,7 ltr./Blech für die erforderliche Reinigung der HD-Pumpe ein. Die Messergebnisse zeigen, dass auch der Betrieb der integrierten Sprühbeize inhärent abwasserfrei ist.

Die gesamte Materialbilanz für die integrierte Sprühbeize mit thermo-mechanischer Entzunderung ist in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Spez. Materialströme der integrierten Sprühbeize mit thermomechanischer Entzunderung (Altzustand)

spez. Materialströme Sprühbeize				
Ifd. Nr.	Anlage / Messstelle	Medium / Verbrauch / Messparameter	Berichtswert	
			Wert	Einheit
1	Entzunderung	Zunderabtrag	n.m.	-
2	Sprühbeize	Beizmittelverbrauch	0,01	ltr./m ²
3	Sprühbeize	Schlammauftreten*	3,2	g/m ²
4	Sprühbeize	Zundereintrag	11,4	g/m ²
5	Reinigung	Frischwasserverbrauch	15,0	ltr./m ²
6	Entzunderung	Spülwasserverbrauch	3,0	ltr./m ²
6	Elektrolyse	Anodenkupfer*	8,9	g/m ²
7	Warmwalzen	gefertigte Bleche (Oberfläche)	49,0	m ² /h

n.m. = nicht direkt messbar

*in Analogie zu den ermittelten Werten für die Tauchbeize

4.5 Ergebnis

Die Auswertung der durchgeführten Messungen zeigen, dass der Zundereintrag in die Sprühbeize durch die thermo-mechanische Vorbehandlung rd. 90 % gegenüber der Tauchbeize ohne vorher gehende Entzunderung gesenkt wurde. Ebenso konnte der spezifische Beizmittelverbrauch reduziert werden. In

Tabelle 7 sind die ermittelten spez. Werte der Kupferbilanzen, in Tabelle 8 die ermittelten absoluten jährlichen Werte der Kupferbilanz für die Tauchbeize und die Sprühbeize vergleichend dargestellt.

Tabelle 7: Vergleich der spez. Kupferbilanz Tauchbeize und Sprühbeize

Vergleich spez. Kupferbilanz Tauchbeize und Sprühbeize					
Bezeichnung	Einheit	Tauch- beize Wert	Sprüh- beize Wert	Veränderung	
				Absolut	Relativ
Eintrag Kupfer in Beize	g/m ²	108	11	-96,2	-89%
Austrag durch Beizschlamm	g/m ²	-31	-3	27,3	-89%
Austrag durch abgeschiedenes Kupfer	g/m ²	-83	-9	74,5	-89%
Delta Messdaten	g/m ²	-6	-1		

Tabelle 8: Vergleich der absoluten Kupferbilanz (Jahresmengen nach IST-Zustand) zwischen Tauchbeize und Sprühbeize

Vergleich absolute Kupferbilanz Tauchbeize und Sprühbeize					
Bezeichnung	Einheit	Tauch- beize Wert	Sprüh- beize Wert	Veränderung	
				Absolut	Relativ
Eintrag Kupfer in Beize	kg/a	5.047	537	-4.510	-89%
Austrag durch Beizschlamm	kg/a	-1.433	-152	1.281	-89%
Austrag durch abgeschiedenes Kupfer	kg/a	-3.908	-416	3.493	-89%
Delta Messdaten	kg/a	-294	-31		

Von wesentlichem Vorteil für den betrieblichen Ablauf ist, dass die Verweilzeit der Bleche in der Sprühbeize durch die Nutzung der Restwärme von Walzen erheblich gesenkt und damit die Sprühbeize in den Produktionsfluss des Walzens integrierte werden kann. Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass die integrierte Sprühbeize abwasserfrei arbeitet.

Die Messergebnisse zeigen, dass

- die Zunderbelastung der Sprühbeize um ca. 90 % (ca. 90 % weniger Zundereintrag in Beize) gesenkt werden konnte und
- damit auch eine Senkung des spez. Beizmittelverbrauchs um ca. 90 % im Vergleich zur Tauchbeize erreicht wurde.

5. Senkung des spezifischen Energiebedarfs

5.1 Sachverhalt und Ziel

Beim herkömmlichen Verfahren werden die gewalzten Kupferbleche warm gerichtet und anschließend an der Luft abgekühlt. Im sich anschließenden Beizprozess findet wieder eine Erwärmung der Kupferbleche auf ca. 30 °C im Beizbad statt, um eine kurze Beizzeit realisieren zu können. Darüber hinaus ist bei der Carl Schreiber GmbH ein erheblicher innerbetrieblicher Transport zu realisieren, da Beize und Walzwerk räumlich getrennt voneinander sind.

Mit dem Vorhaben wurde zwischen dem Walzen und dem Warmrichten eine thermo-mechanische Entzunderung realisiert. Dabei soll ein wesentlicher Teil des beim Walzen entstandenen Zunders abgetragen werden. Die gewalzten Bleche kühlen dabei auf eine Temperatur von rd. 300 °C ab, werden warm gerichtet und anschließend im noch warmen Zustand der neuen (prozess-) integrierten Sprühbeize zu geführt. Die Bleche besitzen vor der Beize noch eine Temperatur von rd. 250 °C, damit der Beizprozess erheblich beschleunigt werden kann.

Die Ziele zur Senkung des spezifischen Energiebedarfs mit Realisierung des Projekts sind:

- Senkung des Bedarfs an Diesel für die innerbetriebliche Logistik um 4.000 ltr./a,
- Senkung des spezifischen Bedarfs an elektrischer Energie um ca. 22 % je gefertigter Tonne Kupferblech,
- Senkung der direkten und indirekten CO₂-Emissionen bei der Carl Schreiber GmbH um ca. 169 t_{CO2}/a.

5.2 Ermittlung der Energieeinsparung

Der Nachweis der Senkung des Dieselbedarfs für die vermiedene innerbetriebliche Logistik erfolgt über den durchschnittlichen Dieserverbrauch der eingesetzten Gabelstapler und der Anzahl an vermiedenen Transportbewegungen für das bisherige Beizen der Kupferbleche.

Der Nachweis der Senkung des spezifischen Bedarfs an elektrischer Energie erfolgt über die Messung des elektrischen Energiebedarfs der relevanten Anlagen vor und nach Umsetzung des Projekts. Hierbei wird gleichzeitig mit der Messung des elektrischen

Energieverbrauchs auch die durchgesetzte Masse bzw. die behandelte Oberfläche der Kupferbleche erfasst, um spezifische Werte berechnen zu können.

In der nachfolgenden Tabelle 9 sind die Anlagen aufgelistet, deren Verbrauch an elektrischer Energie VOR Umsetzung der Maßnahme zur Ermittlung des bestehenden Energieverbrauchs gemessen wurde. Zusätzlich wurde der Durchsatz, sowohl die Masse wie auch die Oberfläche, an gefertigten Kupferblechen beim Warmwalzen erfasst um spezifische Verbrauchswerte bilden zu können.

Tabelle 9: Übersicht über die Anlagen zur Ermittlung des bestehenden Energieverbrauchs
VOR Umsetzung der Maßnahme

Messpunkte Energie IST-Zustand		
lfd. Nr.	Anlage / Messstelle	Medium / Verbrauch / Messparameter
1	(Tauch-)Beize	Heizenergieverbrauch
2	(Tauch-)Beize	elektrische Energie Umwälzung
3	(Tauch-)Beize	Elektrolyse (Strombedarf)
4	Spüle (alt)	Elektrische Energie
7	Säge (alt)	Energieverbrauch
8	Richten	Energieverbrauch
9	Warmwalzen	Tonnage
10	Warmwalzen	Oberfläche

In der nachfolgenden Tabelle 10 sind die Anlagen aufgelistet, deren Verbrauch an elektrischer Energie NACH Umsetzung der Maßnahme zur Ermittlung des zukünftigen Energieverbrauchs gemessen wurde. Zusätzlich wurde der Durchsatz, sowohl die Masse wie auch die Oberfläche, an gefertigten Kupferblechen beim Warmwalzen erfasst, um spezifische Verbrauchswerte bilden zu können.

Tabelle 10: Übersicht über die Anlagen zur Ermittlung des zukünftigen Energieverbrauchs
NACH Umsetzung der Maßnahme

Messpunkte Energie NEU		
lfd. Nr.	Anlage / Messstelle	Medium / Verbrauch / Messparameter
1	Abschrecken	Elektrische Energie
2	Richten	Elektrische Energie
3	Sprühbeize	Elektrische Energie
4	Warmwalzen	gefertigte Bleche (Tonnage)
5	Warmwalzen	gefertigte Bleche (Oberfläche)

5.3 Messungen

5.3.1 IST-Zustand Tauchbeize

Zur Vermeidung von innerbetrieblichen Logistikvorgängen wurden die durchschnittlichen wöchentlichen Beizzyklen ermittelt (Anzahl an Bleche, die gebeizt werden). Hierbei ergeben sich durchschnittlich 20 Beizzyklen pro Tag an 5 Tagen pro Woche. Die innerbetrieblichen Fahrten mit dem Gabelstapler benötigen dabei durchschnittlich 10 Minuten.

Ausgehend vom jährlich eingesetzten bzw. verbrauchten Diesel und den jährlichen Betriebsstunden der Gabelstapler ergibt sich ein spezifischer Verbrauch von ca. 2,5 ltr./h. In der nachfolgenden Tabelle 11 sind die wesentlichen Daten zusammengefasst.

Tabelle 11: Ermittelte Daten zu vermiedenen innerbetrieblichen Logistikfahrten

Gabelstapler-Transporte Beize	Fahrten pro Beizzyklus	2	
	Beizzyklen pro Woche	100	20 Beizzyklen pro Tag, 5 Tage pro Woche
	Wochen pro Jahr	48	
	Fahrten pro Jahr	9.600	
	Zeit pro Fahrt (min)	10	
	Staplerzeit pro Jahr (h)	1.600	
	Verbrauch pro h (l)	2,5	Diesel
	Verbrauch pro Jahr (l)	4.000	
	CO ₂ -Emission pro l (gr.)	2.640	Diesel
	CO₂-Emission pro Jahr (kg)	10.560	

Zusätzlich zur innerbetrieblichen Logistik kommen vermiedene Fahrten zu externen Dienstleistern, welche rd .12.000 km/a verursachen. Bei einem angenommenen Dieselverbrauch von 20 ltr./100 km bedeutet dies eine Verringerung des Dieserverbrauchs von rd. 2.400 ltr./a.

Die bestehende Tauchbeize besteht aus einen kleinen und einem großen Beizbecken. Bei beiden Beizbecken sind als Energieverbrauchspunkte die Beckenheizung und die Umwälzpumpe von Relevanz (vgl. Tabelle 9). Bei der Durchführung des Messprogramms wurde festgestellt, dass eine getrennte Energieverbrauchserfassung von Heizung und Umwälzpumpe ohne Eingriffe in die bestehenden elektrischen Anschlüsse nicht möglich ist. Daher wurde der Energieverbrauch von Heizung und Umwälzpumpe jeweils zusammen gemessen. Exemplarisch ist in Abbildung 18 der Verlauf des Energieverbrauchs des großen Beizbeckens am 3. Dezember 2008 und in Abbildung 19 der Verlauf des Energieverbrauchs des kleinen Beizbeckens am 30. November 2008 dargestellt. Die Auswertung der Messungen zeigt, dass durchschnittliche Energieverbrauch der Tauch-

beize bei rd. 20,4 kWh/h liegt. Dieser Energieverbrauch wird dabei unabhängig von der Produktionszeit an 24 Stunden pro Tag benötigt.

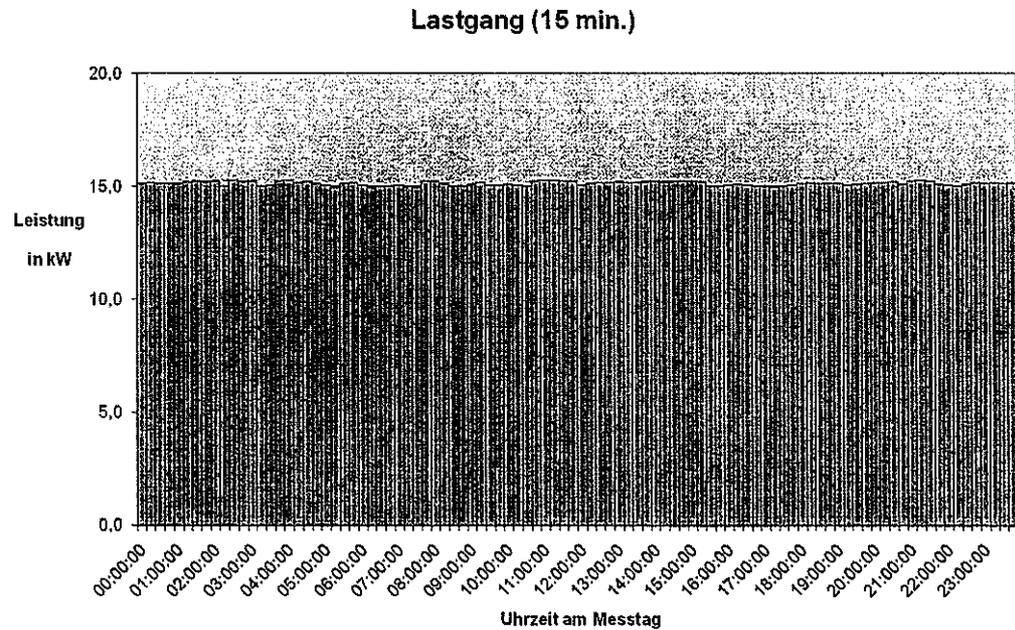


Abbildung 18: Gemessener Energieverbrauch des großen Tauchheizbeckens (Heizung und Umwälzpumpe) als Viertelstundenlastwerte gemessen am 3. Dezember 2008

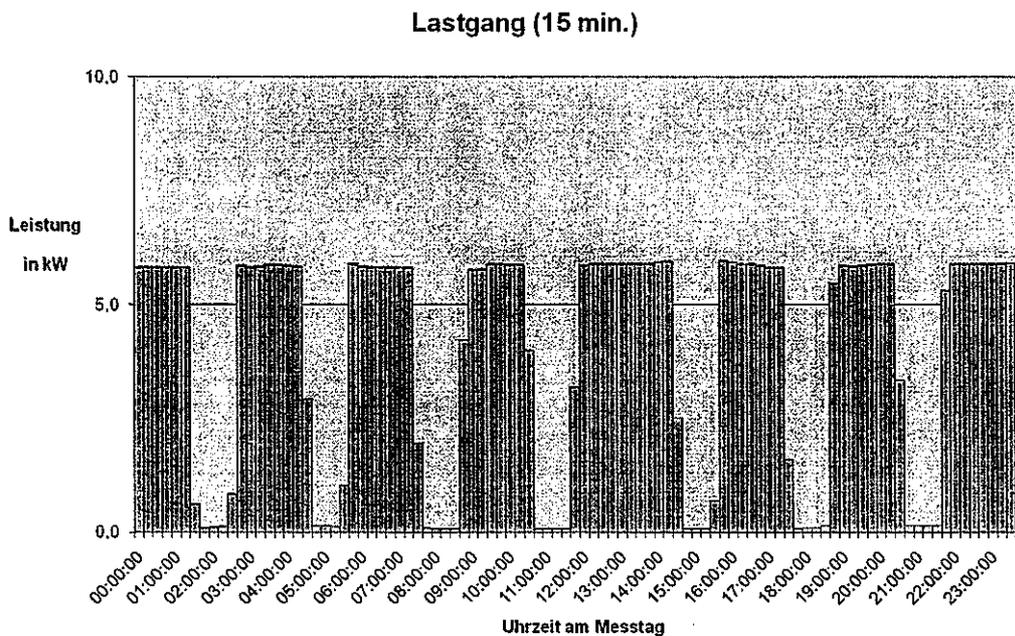


Abbildung 19: Gemessener Energieverbrauch des kleinen Tauchheizbeckens (Heizung und Umwälzpumpe) als Viertelstundenlastwerte gemessen am 30. November 2008

Die Beizflüssigkeit wird über eine Elektrolyse regeneriert. Der gemessene Verlauf des Energiebedarfs für die Elektrolyse ist in Abbildung 20 dargestellt.

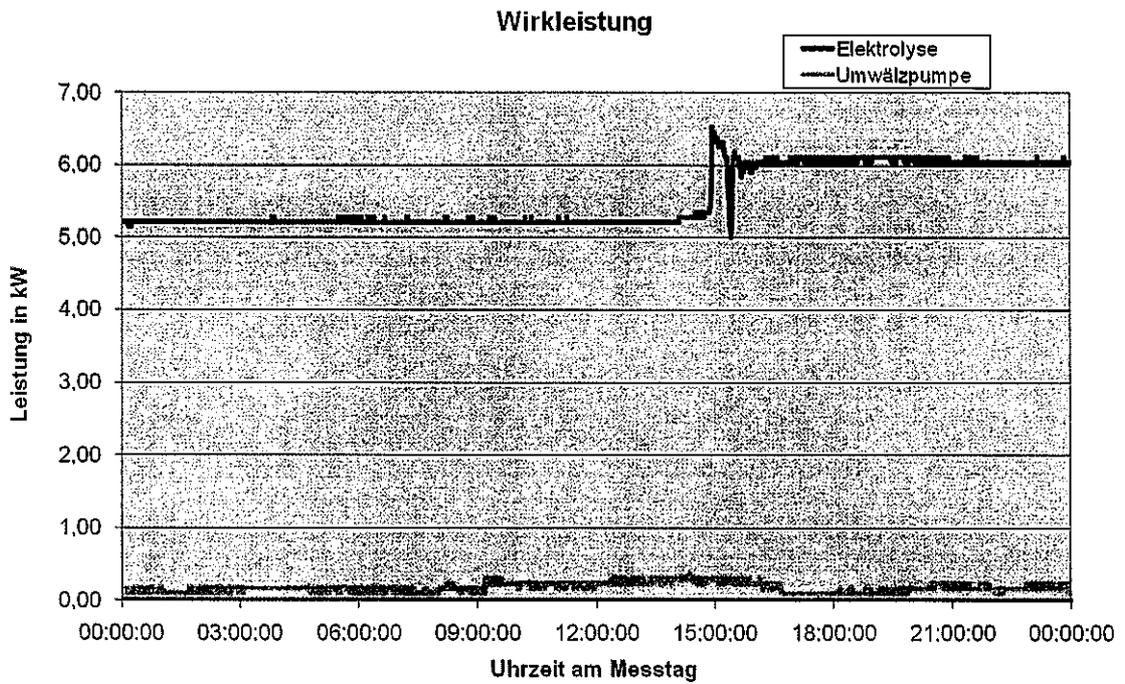


Abbildung 20: Gemessener Energieverbrauch der Elektrolyse als 10-Sekunden-Mittelwerte getrennt nach Elektrolyse und Umwälzpumpe gemessen am 30. November 2008

Die Spüle bzw. Reinigung der Bleche nach dem Beizen erfolgt über einen Hochdruckreiniger. Der ermittelte Energieverbrauch ist sehr gering und beträgt rd. 0,012 kWh/m².

Ins Gesamtkonzept der Anlage integriert ist das anschließende Sägen der Rohbleche auf die erforderlichen Endmaße. Der Energieverbrauch der bisher eingesetzten Säge ist in Abbildung 21 dargestellt. Der spezifische Energieverbrauch beträgt rd. 2,1 kWh/m².

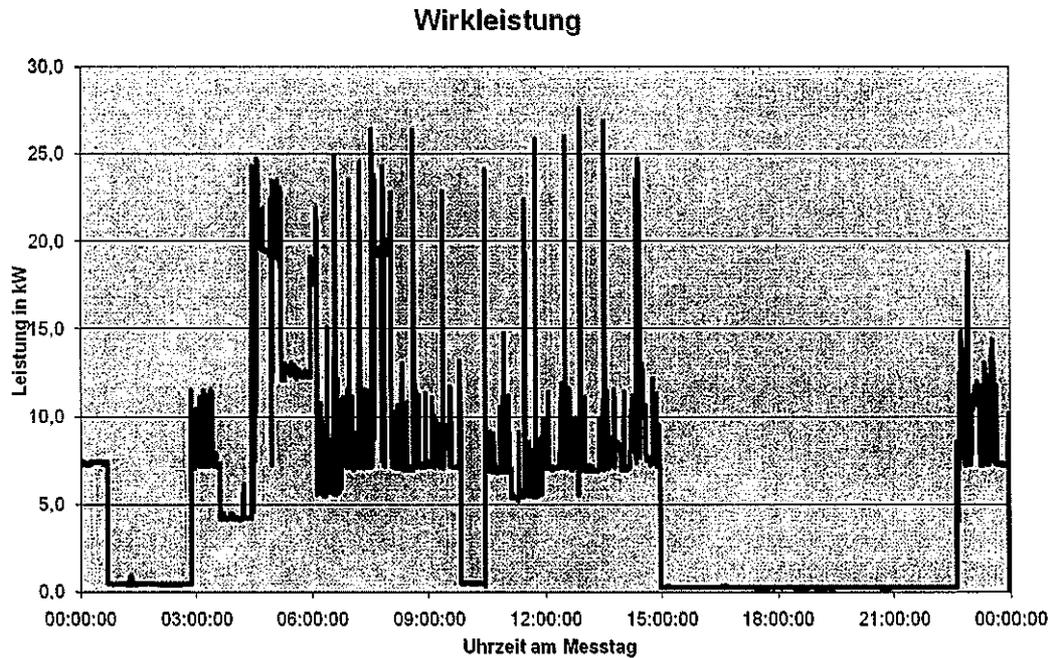


Abbildung 21: Gemessener Energieverbrauch der bestehenden Säge als 10-Sekunden-Mittelwerte gemessen am 3. Februar 2009

Zwischen Warmwalze und den Beizen sowie zwischen Beizen und Sägen werden die Cu-Bleche gerichtet, um Verzüge beim Walzen und Beizen zu eliminieren. Der Energieverbrauch der Richtwalze ist für das Warmrichten exemplarisch in Abbildung 22 dargestellt. Die einzelnen Peaks zeigen dabei den Leistungsverlauf für jeden Richtgang eines Blechs. Dieser Leistungsverlauf ist grundsätzlich für Warm- und Kaltrichten gleich. Der spezifische Energieverbrauch für Warm- und Kaltrichten beträgt in Summe rd. 0,48 kWh/m².

In Tabelle 12 sind die ermittelten spezifischen Energieverbrauchswerte (ohne Dieselverbrauch für den innerbetrieblichen Transport) zusammengefasst. In Summe beträgt der spezifische Energieverbrauch für die gefertigten und gebeizten Cu-Blechen im IST-Zustand bei Einsatz der bestehenden Tauchbeize rd. 7,48 kWh/m², bezogen auf die gebeizte Oberfläche.

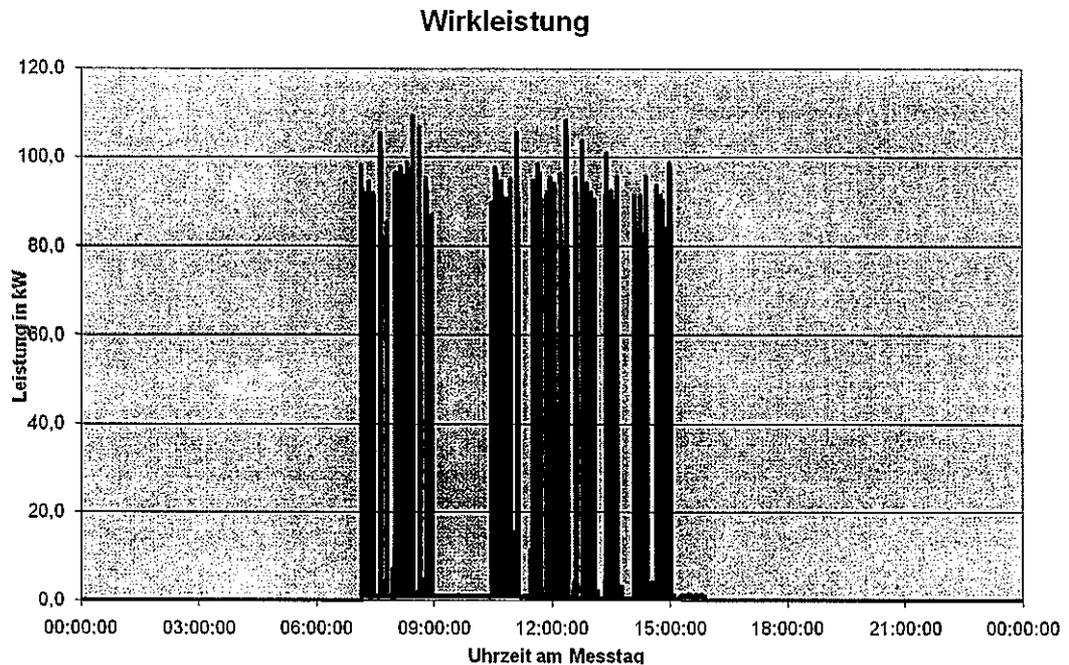


Abbildung 22: Gemessener Energieverbrauch der Richtwalze als 10-Sekunden-Mittelwerte gemessen am 19. Januar 2009

Tabelle 12: Übersicht über den ermittelten spez. Energieverbrauchs nach Anlagen der Tauchbeize VOR Umsetzung der Maßnahme mit Bezugsgröße „gebeizte Fläche“

spez. Verbrauch elektrische Energie Tauchbeize				
Itz. Nr.	Anlage / Messstelle	Medium / Verbrauch / Messparameter	Berichtswert	
			Wert	Einheit
1	(Tauch-)Beize	Heizenergie (elektrische Energie)	3,81	kWh/m ²
2	Umwälzpumpe	elektrische Energie Umwälzung		
3	Elektrolyse	elektrische Energie	1,05	kWh/m ²
4	Spüle (alt)	elektrische Energie	0,012	kWh/m ²
5	Säge (alt)	elektrische Energie	2,12	kWh/m ²
6	Richten	elektrische Energie	0,48	kWh/m ²
SUMME		spez. Energieverbrauch	7,48	kWh/m²
16	Warmwalzen	gewalzte Oberfläche	5,4	m ² /h

5.3.2 NEU-Zustand Sprühbeize

Beim Einsatz der Sprühbeize kann die bisherige benötigte innerbetriebliche Logistik komplett entfallen; Dieselverbrauch fällt hierfür nicht mehr an.

Den absolut höchsten Energieverbrauch der eingesetzten Aggregate besitzt die HD-Pumpe für die thermo-mechanische Entzunderung und das Spülen (Reinigen) der gebeizten Bleche nach dem Sprühbeizen. In Abbildung 23 ist der Energieverbrauch der Hochdruckpumpe dargestellt. Eine Unterscheidung des Energieverbrauchs in Spülen und Entzundern kann dabei nicht erfolgen, weil eine Aufteilung des gemessenen Energieverbrauchs verfahrenstechnisch bedingt nicht erfolgen kann. Der spezifische Energieverbrauch für Entzundern und Reinigen beträgt zusammen 0,91 kWh/m².

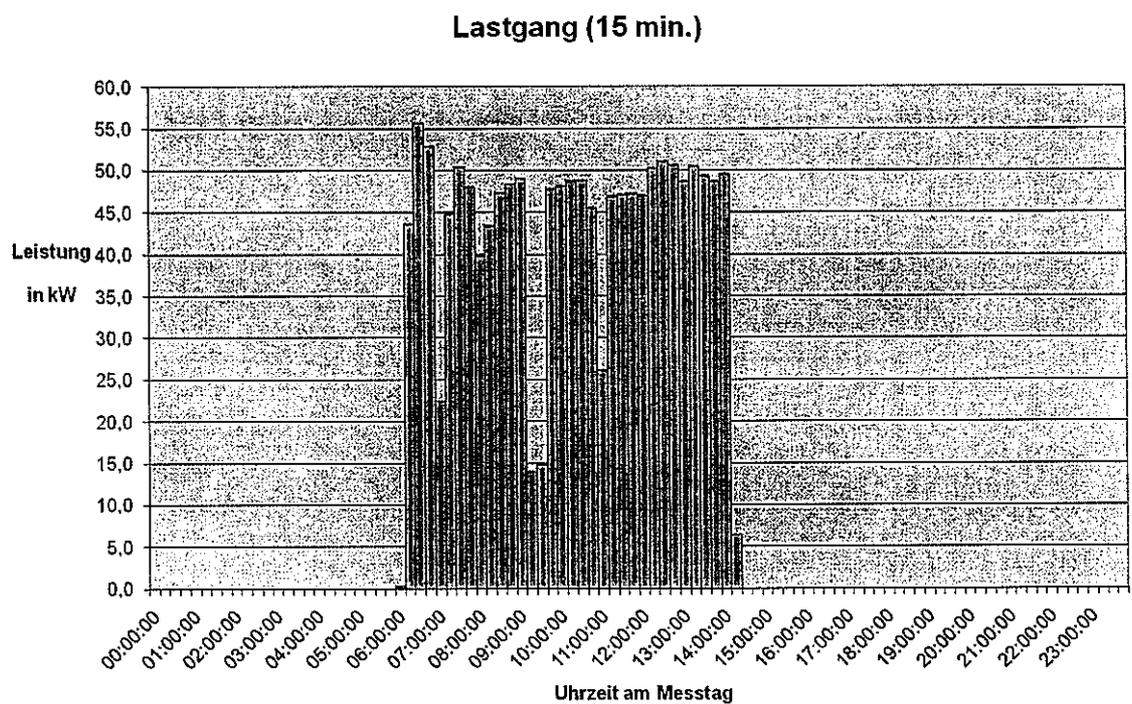


Abbildung 23: Gemessener Energieverbrauch HD-Pumpe als 15-Minutenwerte gemessen am 7.Mai 2010

Die absoluten Energieverbräuche für das Richten und die Elektrolyse sind nach den bisherigen Messungen gleich geblieben. Durch den wesentlich höheren Durchsatz und durch die Sprühbeize sind die spezifischen Verbräuche jedoch niedriger. Diese betragen für das Richten 0,39 kWh/m² und für die Elektrolyse 0,34 kWh/m². Um den höheren Durchsatz durch die Sprühbeize tatsächlich verarbeiten zu können ist die Sägeleistung durch eine neue Säge erheblich gesteigert worden. Der Energieverbrauch der neuen Säge ist in Abbildung 24 dargestellt. Der spezifische Energieverbrauch beträgt mit der neuen Säge rd. 0,11 kWh/m².

Lastgang (15 min.)

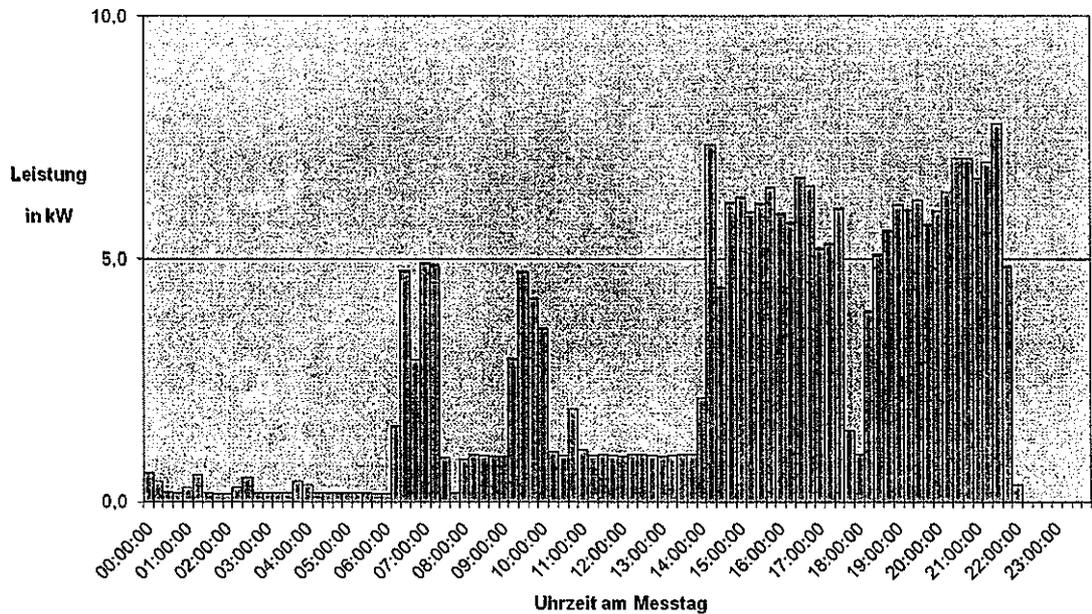


Abbildung 24: Gemessener Energieverbrauch der neuen Säge als 15-Minutenwerte gemessen am 27. April 2010

In Tabelle 13 sind die ermittelten spezifischen Energieverbrauchswerte zusammengefasst. In Summe beträgt der spezifische Energieverbrauch für die gefertigten und gebeizten Cu-Bleche im NEU-Zustand bei Einsatz der neuen Sprühbeize mit thermo-mechanischer Entzunderung nur noch rd. 2,29 kWh/m², bezogen auf die gebeizte Oberfläche.

Tabelle 13: Übersicht über den ermittelten spez. Energieverbrauchs nach Anlagen der Sprühbeize NACH Umsetzung der Maßnahme mit Bezugsgröße „gebeizte Fläche“

spez. Verbrauch elektrische Energie Sprühbeize				
Id-Nr	Anlage/ Messstelle	Medium/ Verbrauch / Messparameter	Berichtswert	
			Wert	Einheit
1	Entzunderung	elektrische Energie HD-Pumpe	0,91	kWh/m2
2	Richten	elektrische Energie	0,39	kWh/m2
3	Sprühbeize	elektrische Energie	0,54	kWh/m2
4	Säge (neu)	elektrische Energie	0,11	kWh/m2
5	Elektrolyse	elektrische Energie	0,34	kWh/m2
6	Reinigung	elektrische Energie in Messpunkt 1 enthalten	0,00	kWh/m2
SUMME		spez. Energieverbrauch	2,29	kWh/m2
7	Warmwalzen	gefertigte Bleche (Oberfläche im m2)	49,0	m2/h

5.4 Ergebnis

Die Auswertung der Daten zeigt, dass der Verbrauch an Diesel für die innerbetriebliche Logistik um ca. 4.000 ltr./a gesenkt werden kann. Dies entspricht einer Senkung der CO₂-Emissionen um ca. 10 t_{CO2}/a.

Der spezifische Energieverbrauch (ohne innerbetriebliche Logistik) konnte von 7,84 kWh/m² auf 2,29 kWh/m² gesenkt werden. Dies entspricht einer Steigerung der Energieeffizienz um rd. 70 %. Bei einer zu beizenden jährlichen Oberfläche von ca. 40.000 m²/a beträgt die erzielte Einsparung an elektrischer Energie rd. 207.000 kWh/a. Bei einem spez. CO₂-Emissionswert des Stromlieferanten der Carl Schreiber GmbH von 666 g_{CO2}/kWh beträgt die Emissionsminderung 138 t_{CO2}/a. Hinzu kommen noch vermiedenen Transporte nach In Summe beträgt die nachgewiesene Senkung an CO₂-Emissionen rd. 148 t_{CO2}/a gegenüber prognostizierten 169 t_{CO2}/a. Dies liegt im Wesentlichen darin begründet, dass der absolute Energieverbrauch der Elektrolyse im NEU-Zustand genau so hoch wie im ALT-Zustand angesetzt und dass der vermiedene Dieserverbrauch zu externen Dienstleistern nicht berücksichtigt wurde (ca. 6,7 t_{CO2}/a).

Folgende Ergebnisse wurden mit Umsetzung der Maßnahme erreicht:

- Senkung des Bedarfs an Diesel für die innerbetriebliche Logistik um 4.000 ltr./a,
- Senkung des spezifischen Bedarfs an elektrischer Energie um ca. 70 % je gefertigter Tonne Kupferblech,
- Senkung der direkten und indirekten CO₂-Emissionen bei der Carl Schreiber GmbH um ca. 138 t_{CO2}/a (mit Berücksichtigung von zu vermeidende Fahrten zu externen Dienstleistern ca. 145 t_{CO2}/a).

6. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

6.1 Investitionen

Tabelle 14 zeigt eine Übersicht über geplante und tatsächlich getätigte Investitionen für das Projekt.

Tabelle 14: Übersicht über geplante und tatsächliche Investitionen

Teilvorhaben	geplant (EUR)	tatsächlich (EUR)
(1, 5, 6) Beizstraße inkl. Reinigungs-/Spülkammer und Passivierung	415.000,00	599.099,93
(2) Entzunderung	73.000,00	87.717,41
(3) Beizmittelkreislauf	29.000,00	56.739,32
(4) Absaugung	18.000,00	20.238,72
(7) Trockner	16.000,00	19.090,31
(8) Steuerung/Regelung/Elektrik	29.000,00	67.748,53
(9) Säge	420.000,00	441.255,68
(10) Absaugung Säge	80.000,00	82.054,28
(11) Personalkosten für Planung, Installation und Inbetriebnahme	168.200,00	325.699,11
Σ (1)– (12) Förderfähige Ausgaben	1.266.200,00	1.699.643,28

6.2 Finanzierung

Die Tabelle 15 gibt Auskunft über die Finanzierung des Projektes aus Sicht der Planung und der tatsächlichen Situation.

Tabelle 15: Übersicht über die Finanzierung

	geplant (EUR)	tatsächlich (EUR)
Zuschuss aus dem BMU-Umweltinnovationsprogramm	378.360,00	358.360,00
ERP-Umwelt- und Energieeffizienzprogramm	887.840,00	887.840,00
Eigenmittel		453.443,00
Gesamt:	1.260.200,00	1.699.643,28

6.3 Kommentierung der Kostenabweichungen

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Beschaffung, der Aufbau und die Inbetriebnahme der Säge problemlos verlaufen sind. Die entsprechenden Angebote lagen bereits bei der Erstellung des Antrags vor. Entsprechend sind die Abweichungen zu den geplanten Ausgaben auch minimal. Der Hauptschwerpunkt der Innovationsleistung des Projektes lag auf der Entwicklung der Durchlaufsprühbeize. Hier ist es zu einigen Problemen und damit auch zu zeitlichen Verzögerungen und Kostenüberschreitungen gekommen. Herausforderungen und Probleme waren hierbei:

- Bei einer derartigen technischen Innovation sind Probleme zu erwarten. Daher wurde die Konstruktion zusammen mit dem Bau der Anlage an einen Anbieter vergeben. Hintergrund war die Vermeidung des gegenseitigen Zuschiebens der Verantwortung bei Problemen zwischen Konstrukteur und Anlagenbauer. Seitens der Antragstellerin wurde nur eine detaillierte Funktionsbeschreibung der Anlage geliefert. Es kann festgestellt werden, dass sich die Vergabe von Konstruktion und Anlagenbau an eine Firma grundsätzlich bewährt hat.
- Das Festpreisangebot des Anlagenbauers lag zum Zeitpunkt der Antragstellung noch nicht vor, so dass ein großer Teil der Abweichung zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses bereits fest lag (rund EUR 91.000,00).
- Um Kosten zu sparen, war von Anfang an geplant, dass die Anlage durch die interne Instandhaltung der Antragstellerin aufgebaut werden soll. In der Praxis hat sich dieses Verfahren als nicht unproblematisch erwiesen. Die Funktionsfähigkeit der einzelnen Bauteile der Anlage konnte nicht vorab ermittelt werden. Erst wenn ein Bauabschnitt abgeschlossen war, konnte eine kleine Funktionsprüfung durchgeführt werden. Es kam wiederholt zu Situationen, in denen angelieferte Anlagenteile nicht funktionierten bzw. nicht spezifikationsgerecht geliefert wurden. Diese Bauteile wurden umgehend reklamiert und durch den Anlagenbauer nachgebessert. Hierzu kam es zu signifikanten Verzögerungen der geplanten Fertigstellung.
- Es gab konzeptionelle Änderungen, die sich im Laufe des Projektes ergaben (z.B. Sicherheitskonzept und Antriebskonzept). Diese Änderungen haben zu

Mehraufwendungen gegenüber dem ursprünglichen Plan geführt. Dem gegenüber steht die Funktionsfähigkeit und Sicherheit der Anlage.

- Auf eigene Kosten wurde Bauteile nachgefertigt oder Mängel an diesen behoben, um zeitkritische Bauabschnitte abschließen zu können. Dadurch sind in geringem Umfang Mehraufwände entstanden (Personalkosten).
- Durch den wiederholten Ein- und Wiederausbau von reklamierten Bauteilen wurde das Zeitbudget für die geplante Eigenleistung deutlich überschritten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei Investitionen in technologische Innovationen Abweichungen eher die Regel, als die Ausnahme sind. Nicht Fehlplanung, sondern unbekannte Faktoren und Erkenntniszuwachs während des Projektablaufs sind die Hauptgründe für Kostenabweichungen gegenüber dem Plan.

6.4 Abschätzung der Einsparung

Jedes Teilziel dieses Projektes trägt zur gesamten Kosteneinsparung und Wirtschaftlichkeit bei. Die Kosteneinsparungen setzen sich aus mehreren Komponenten zusammen:

- Senkung der Energiekosten durch die Verringerung des Energieverbrauchs
- Senkung der Materialkosten durch Senkung des Verbrauchs an Beizmittel
- Senkung der Kapitalbindungskosten durch die Verkürzung der Durchlaufzeit
- Senkung der Personalkosten durch vereinfachte Logistik
- Wegfall der Kosten der externen Bearbeitung
- Geringerer Schrottabschlag für die sortenrein getrennten Späne

Tabelle 16: Vergleich ursprüngliche geplante und tatsächlich erreichte Kosteneinsparungen

Vergleich Kosteneinsparung ursprünglich geplant - tatsächlich erreicht								
Pos	Bezeichnung	Bezugsgröße			Kostensatz in €/Einheit	Kosteneinsparung in €/a		
		Einheit	Plan	IST		Plan	IST	Delta
a	Stromeinsparung	kWh/a	227.177	207.331	0,15	34.077	31.100	-2.977
b	Dieseleinsparung	ltr./a	4.000	4.000	1,33	5.320	5.320	0
c	Beizmitteleinsparung	%	90	90	88,89	8.000	8.000	0
d	Reduzierung Zinsaufwand	t	44	60	560	24.640	33.600	8.960
e	Saldo Personal	FTE	1,5	1,5	37.000	55.500	55.500	0
f	Wegfall externe Bearbeitung	€	kompletter Wegfall			86.000	86.000	0
g	Verringerung Schrottabschlag	t	26	40	2.000	52.000	80.000	28.000
SUMME						231.460	268.420	36.960

Zu a) Die eingesparte Strommenge liegt, auf ein gesamtes Jahr hochgerechnet, unter der erwarteten Einsparung, da zum jetzigen Zeitpunkt die Einsparung an elektrischer Energie in der Elektrolyse noch nicht beziffert werden kann. Die Ersparnis wurde zur Vergleichbarkeit mit dem Planwert je kWh bewertet.

Zu b) Die Einsparung an Dieselmotorkraftstoff entspricht der Planeinsparung. Die Bewertung erfolgt mit dem Planpreis je Liter Diesel.

Zu c) Die Einsparung des Beizmittelverbrauchs entspricht den geplanten 90 %. Dies bedeutet eine Kosteneinsparung 8.000,-- €/a erreicht werden.

Zu d) Die Verkürzung der Durchlaufzeit senkt die Zinskosten für die Kapitalbindung bei der Antragstellerin. Im Durchschnitt waren jährlich rund 60 t (geplant 44 t) weniger an Material gebunden

Durchschnittliche Bestandssenkung: 60 t

Materialwert: 8.000 €/t

Zinssatz: 7%

Somit ergibt sich je Tonne gesunkener Bestände eine Zinsersparnis 560 €/t

Wert der Bestandssenkung: 60 t x 560 €/t = 33.600 €

Zu d)

Geplant:

Je Schicht können 0,5 FTE

Bei 3 Schichtbetrieb 1,5 FTE

Bei Personalkosten in diesem Bereich von ca. 37.000,-- €/a bedeutet dies eine Einsparung von ca. 55.400,-- €/a. Die Personaleinsparung konnte in vollem Umfang erzielt werden. Die Mitarbeiter führen heute andere Tätigkeiten durch.

Zu e)

Alle Oberflächenbearbeitungen sollten nach Planung intern durchgeführt werden. Dieses Ziel ist vollständig erreicht worden. Es entfallen insgesamt rd. 86.000,-- €/a an Kosten für externe Dienstleister.

Zu g) Durch die Möglichkeit der Trennung der Schrottspäne an der neuen Säge ergibt sich eine Verringerung der Schrottabschläge, da Sortenrein getrennte Schrottspäne in der Gießerei beigestellt werden können, um dort in neue Blöcke umgearbeitet zu werden. Gemischte Späne können nur an einen Schrotthändler verkauft werden und haben einen geringeren Wert, da sie einen Recycling-Prozess durchlaufen müssen, bevor wieder ein einsatzfähiges Material entsteht. Die Differenz des Preises für sortenreine Späne und gemischte Späne betrug zur Antragstellung rund € 2.000, --. Die hochgerechnete Jahresmenge an Spänen, die an der Säge anfallen betrug ca. 40 t und liegt somit um 14 t über dem Planwert.

6.5 Amortisationszeit

Tabelle 17: Wirtschaftlichkeitsrechnung: statische Amortisationszeit der Gesamtmaßnahme

	integrierte Sprübeize mit Säge		Bemerkung
	geplant	tatsächlich erreicht	
Anschaffungskosten [€]:	1.266.200	1.699.643	Technik + Personal
Restwert [€]:	0	0	
Nutzungsdauer [a]:	15	15	
Kalkulatorischer Zins [%]:	5	5	
Kalkulatorische Abschreibung [€/a]:	84.413	113.310	
Energieeinsparung [€/a]:	39.397	36.420	Strom + Diesel
Beizmittel [€/a]:	8.000	8.000	
Reduzierung Zinsaufwand [€/a]:	55.400	55.400	durch verkürzte Durchlaufzeit
Einsparung Personal [€/a]:	55.500	55.500	anderweitiger Einsatz möglich
Wegfall externe Bearbeitung [€/a]:	86.000	86.000	Bearbeitung nur noch intern
Verringerung Schrottabschlag [€/a]:	52.000	80.000	Absaugung mit Spänentrennung
Kapitalkosten [€/a]:	116.068	155.801	
Jährliche Kosteneinsparung [€/a]:	180.228	165.519	
Amortisationszeit [a]:	4,8	6,1	

7. Zusammenfassung

Das durchgeführte Messprogramm zeigt, dass mit dem neuen Verfahren der integrierten Sprühbeize mit vorgeschalteter thermo-mechanischer Entzunderung die ursprünglichen Ziele des Vorhabens bei der Carl Schreiber GmbH erreicht werden:

- Der Eintrag an Zunder kann durch den Einsatz der thermo-mechanischen Entzunderung um ca. 90 % gesenkt werden.
- Der Beizmittelverbrauch konnte entsprechend gesenkt werden.
- Das erwartete Aufkommen an Schlamm wird entsprechend reduziert.
- Die integrierte Sprühbeize arbeitet wie die bisher eingesetzte Tauchbeize inhärent abwasserfrei.
- Der spezifische Energieverbrauch wurde im Vergleich zur bisher eingesetzten Tauchbeize 70 % gesenkt.
- Die Durchlaufzeit der gefertigten Kupferbleche kann von ehemals mindestens 60 Minuten in der Tauchbeize auf 5 bis maximal 15 Minuten gesenkt werden.
- Damit einher geht eine entsprechende Kapazitätssteigerung, die auch eine Optimierung in nachfolgenden Prozessen, insbesondere der „Sägenkapazität“, erfordert.

Bei der Umsetzung dieser innovativen Idee wurde zwangsläufig technischen Neuland betreten. Bedingt durch die dadurch aufgetreten Schwierigkeiten bei der Errichtung der Anlage konnten die ursprünglich kalkulierte Kosten für Anlagentechnik und insbesondere für die eingesetzten Personalstunden nicht eingehalten werden. Die Kosten für die Gesamtmaßnahme sind daher gegenüber der ursprünglichen Kostenkalkulation um rd. 34 % gestiegen. Die gestiegenen Kosten konnten nur Teilweise durch höhere Einsparungen bedingt durch gestiegenene Rohstoffpreise ausgeglichen werden.

Bedingt durch den erheblich verringerten Zunderintrag in die Sprühbeize ist auch das Aufkommen an Schlamm in der Elektrolyse der Beizflüssigkeit (Regeneration des Beizmittels) erheblich reduziert worden. Das tatsächliche Aufkommen an Schlamm sowie die Zusammensetzung des Schlamms muss zu einem späteren Termin noch nachgereicht werden.

Insgesamt wurde mit Umsetzung des Projekts die Erwartungen der Carl Schreiber GmbH in vollem Umfang erfüllt.

8. Verbreitung und weitere Anwendung der Anlage

Wie zuvor beschrieben, hat sich der Erfolg dieses prozessintegrierten Ansatzes in der Praxis nachweisen lassen. Die Anlage steht Interessierten jederzeit, natürlich nach Vereinbarung, zur Besichtigung offen.

Dieses Anlagenkonzept ist auch anwendbar für andere Platten- und Blechhersteller sowohl im Bereich NE-Metall (z.B. Blei, Zink, Titan) als auch in der Stahlindustrie zum Beizen von Edelstahlsorten und für andere Arten der Oberflächenbehandlung von Schwarzstahlplatten (z.B. Patentieren oder Galvanik). In allen Anwendungen würde dieses Anlagenkonzept erhebliche Energie- und Effizienzvorteile mit sich bringen.

9. Quellenverzeichnis

Moeller, E. (2008). *Handbuch Konstruktionswerkstoffe*. München: Carl Hanser Verlag.

10. Anlage

10.1 Anlass zur Erstellung dieser Anlage

Bei der Durchführung des ursprünglichen Messprogramms während und nach der Inbetriebnahme der integrierten Sprühbeize konnte durch den geringen Zundereintrag in die Sprühbeize

- das Aufkommen an Beizschlamm sowie
- dessen Zusammensetzung

NICHT über einen längeren Zeitraum ermittelt werden. Hierfür mussten Daten über einen längeren Zeitraum erhoben werden. Mit dieser Anlage zum Abschlussbericht werden die entsprechenden Messdaten und Auswertungen nachgereicht.

10.2 Sachverhalt

Die Beizflüssigkeit sowohl der bestehenden Tauchbeize wie auch der neuen integrierten Sprühbeize werden einer Elektrolyse regeneriert. Hierbei scheiden sich an einer Cu-Elektrode in der Beizflüssigkeit enthaltene Kupferionen des CuSO_4 ab. Ein kleiner Teil des in der Beizflüssigkeit enthaltenen Cu scheidet sich leider nicht an den Elektroden ab, sondern fällt als Beizschlamm auf den Boden des Elektrolysebeckens. Kupferelektroden und Schlamm werden dem Rohstoffkreislauf (Kupferraffination) wieder zugeführt.

Beide Beizverfahren, die integrierte Sprühbeize wie auch die bestehende Tauchbeize müssen parallel betrieben werden, weil in der integrierten Sprühbeize nicht alle Abmessungen an gefertigten Cu-Bleichen gebeizt werden können. Die Beizflüssigkeiten beider Beizverfahren werden jedoch in einer gemeinsamen Elektrolyse regeneriert (vgl. Abbildung 12).

Das Schlammaufkommen wie auch die Zusammensetzung des Schlammes der bestehenden Tauchbeize wurde im durchgeführten Messprogramm bereits detailliert untersucht. Als Schlammprobe für die Tauchbeize wurde dabei eine bereits „getrocknete“ Schlammprobe verwendet, welche dem Entsorger zur Abholung bereitgestellt wurde. Ein Feuchtegehalt (bzw. TS-Gehalt) dieser Probe konnte nicht festgestellt werden, lediglich der Cu-Gehalt des Schlammes wurde zu 94 % bestimmt. Der Schlamm der Langzeitmessung wurde frisch dem Beizbecken entnommen und unmittelbar anschließend der Analyse zugeführt. Eine Trocknung des Schlammes fand nicht statt, daher ist eine Bestimmung des TS-Gehalts durchgeführt worden.

Die durchschnittlich monatlich gebeizten Oberflächen betragen (Produktionsauswertung vom 02.01. bis 30.06.2011):

- in der Sprühbeize ca. 1.415 m²/Monat
- in der Tauchbeize ca. 762 m²/Monat

10.4 Ergebniss

Das durchschnittliche monatliche Schlammaufkommen beträgt ca. 29.333 g/Monat. Dieses gesamte Schlammaufkommen ist aufzuteilen in das Aufkommen aus der Tauchbeize und der integrierten Sprühbeize. Die Aufteilung erfolgt dabei rechnerisch, d. h. von der Gesamtschlammmenge wird die Schlammmenge abgezogen, die der Tauchbeize zuzuordnen ist. Die Schlammmenge der Tauchbeize wird berechnet aus der gebeizten Oberfläche in der Tauchbeize während des Versuchs und dem im Messprogramm ermittelten spez. Schlammaufkommens der Tauchbeize. Die verbleibende Schlammmenge (als Trockensubstanz) wird dann der integrierten Sprühbeize zugerechnet.

Das spez. Schlammaufkommen aus der Tauchbeize wurde im Messprogramm zur 30,6 g/m² ermittelt. Mit einer durchschnittlichen monatlichen gebeizten Fläche von 762 m²/Monat im Langzeitversuch beträgt das monatliche Schlammaufkommen aus der Tauchbeize ca. 23.317 g/Monat. Das monatliche Aufkommen aus der integrierten Sprühbeize beträgt damit rd. 6.016 g/Monat. Bezogen auf die durchschnittliche monatlich gebeizte Fläche von 1.415 m²/Monat beträgt das spez. Schlammaufkommen der Sprühbeize rd. 4,25 g/m². Unter Berücksichtigung des TS-Gehalts des Schlammes beträgt das Aufkommen an Trockensubstanz ca. 3,12 g/m². Bei einem Cu-Gehalt von 99 % beträgt der Cu-Austrag über den Beizschlamm rd. 3,08 g/m². Der Kupferaustrag über das herkömmliche Verfahren durch Verwendung der Tauchbeize beträgt ca. 28,9 g/m². Nachfolgende Tabelle 1 zeigt die wesentlichen Ergebnisse im Überblick.

Tabelle 18: Zusammenfassung der Ergebnisse der Langzeitmessung

Bezeichnung	Einheit	Gesamt	Tauchbeize	Integrierte Sprühbeize
Schlammaufkommen gesamt in Messperiode	kg	220,0	174,9	45,1
Gebeizte Flächen in gesamter Messperiode	m ²		5.715	10.613
Spez. Schlammaufkommen*	g/m ²	-	30,6	3,12
Cu-Gehalt in TS des Schlammes	%	-	94,3	99,0
Cu-Austrag mit TS des Schlammes	g/m ²	-	28,9	3,08

*TS-Gehalt je m² gebeizter Oberfläche

Die Messergebnisse des Langzeitversuchs zeigen, dass

- der Austrag an Kupfer über den Beizschlamm um ca. 90 % gesenkt werden kann,
- die Zusammensetzung der Trockensubstanz des Beizschlammes zwischen Tauch- und integrierter Sprühbeize sich nicht signifikant ändert (im Wesentlichen Cu) und
- mit der Annahme von gleichbleibenden Gewichtsverhältnissen zwischen Schlamm und Elektroden in der Elektrolyse der Eintrag an Zunder in die Beize durch die thermo-mechanische Entzunderung mit sofortigem Beizen in der integrierten Sprühbeize ebenfalls um 90 % gesenkt werden konnte.

Insgesamt wird mit dieser Langzeituntersuchung bestätigt, dass die mit der Errichtung der integrierten Sprühbeize die geplanten Projektziele erreicht wurden.