



BMU-UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Abschlussbericht zum Vorhaben Innovative, energie- und ressourceneffizienten Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage

Vorabensnummer 20181
UBA-Aktenzeichen 70441-2/19

Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Fördernehmer/-in



LEHMANN

Otto Lehmann GmbH
Berliner Str. 21
93073 Neutraubling

Umweltbereich

Ressourceneffizienz, Energie, integrierter Umweltschutz

Laufzeit des Vorhabens

13.01.2010 – 31.10.2011

Autoren

Franz Ehl, Geschäftsführer
Ludwig Haimerl, Geschäftsführer

Datum der Erstellung

Juni 2012

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen UBA 70441-2/19	Vorhaben-Nr. 20181
Titel des Vorhabens Errichtung einer innovativen, energie- und ressourceneffizienten Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage	
Autoren (Namen, Vornamen) Ehl, Franz Haimerl, Ludwig	Vorhabensbeginn: 13.01.2010
	Vorhabensende (Abschlussdatum): 31.10.2011
Fördernehmer / -in (Name, Anschrift) Otto Lehmann GmbH Berliner Str. 21 93073 Neutraubling	Veröffentlichungsdatum: Juli 2012
	Seitenzahl: 23 (ohne Berichts-Kennblatt, Kurzfassung und Anhang)
Gefördert im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms des Bundesumweltministeriums	
<p>Kurzfassung</p> <p>Feuerverzinken ist ein Standardverfahren zur Bildung einer besonders widerstandsfähigen und langlebigen Korrosionsschutzschicht auf Eisen bzw. Stahlteilen. Der Feuerverzinkungsprozess besteht aus einer Reihe von Tauchbädern zur Vorbehandlung des Verzinkungsguts (Entfettungs-, Beiz- und Fluxbad), dem Trocknen, dem eigentlichen Verzinken und der Nachbehandlung.</p> <p>Die neuartige automatische Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage der Otto Lehmann GmbH kombiniert innovative Technologien für Vorbehandlung, Trocknung, Verzinkung und Transport des Verzinkungsguts aus verschiedenen Bereichen der Oberflächentechnik mit modernster Umwelttechnik. Die Anlage stellt eine Neuheit für den Markt dar. Sie ermöglicht durch die Optimierung des Verzinkungsprozesses und dessen Integration in den Produktionsprozess und den Einsatz moderner Emissionserfassungs- und -behandlungssysteme eine signifikante Reduzierung des Rohstoff- und Energiebedarfs sowie der gas- und partikelförmigen Emissionen, eine Abfallvermeidung und den Entfall innerbetrieblicher Transporte.</p> <p>Bezogen auf ein jährliches Produktionsvolumen von rd. 5.600 t wird eine Einsparung von rd. 156 t (66 %) Zink, rd. 321 t (86 %) Salzsäure und die Abfallvermeidung von rd. 515 t (99 %) Zinkchlorid möglich. Zudem werden der jährliche Primärenergieverbrauch um rd. 1.990 MWh (43 %) und der jährliche CO₂-Ausstoß durch Energie- und Ressourceneinsparung um rd. 948 t (43 %) reduziert.</p> <p>Summary</p> <p>Hot-dip galvanizing is a standard zinc coating method that provides iron and steel parts with a resilient and durable protective layer against corrosion. The process consists of a series of pre-treatment baths (separate baths for degreasing, pickling, and fluxing), the ensuing drying, the hot-dip galvanizing in the zinc bath itself, and the ultimate finishing.</p> <p>The automated hot-dip galvanizing plant of Otto Lehmann GmbH is a market novelty. It makes use of innovative technologies for pre-treatment, drying, galvanizing, and conveyance of small parts combined with the latest environmental technologies. The new plant's optimization of hot-dip galvanizing and its integration into the overall production cycle, in combination with the use of modern emission control systems, yield significant resource and energy savings, reduction of gas and particle emissions and waste generation, as well as a reduction of in-plant transportation.</p> <p>With an annual throughput of around 5.600 tons¹, the amount of zinc required is reduced by around 156 tons (64%) and the amount of hydrochloric acid by around 321 tons (86%). The amount of zinc chloride waste is reduced by 515 tons (99%) per year. In addition, the annual energy consumption is reduced by 1.990 MWh (43%) and the CO₂ emissions by 948 tons (43%) per year.</p>	
<p>Schlagwörter</p> <p>Korrosionsschutz, Feuerverzinkung, Diskontinuierliche Feuerverzinkung, Stückverzinkung, Kleinteilverzinkung, Energieeffizienz, Ressourceneffizienz, Abfallvermeidung, Innovatives Anlagenkonzept</p>	
<p>Anzahl der gelieferten Berichte</p> <p>Papierform: 10</p> <p>Elektronischer Datenträger: 1</p>	<p>Sonstige Medien</p> <p>Veröffentlichung im Internet geplant auf der Homepage: -</p>

¹ The measurements used hereinafter refer consistently to the metric system, therefore a ton equals a metric ton (1,000 kg).

Kurzfassung

Beschreibung

Ausgangssituation, Aufgabenstellung, Voraussetzungen unter denen das Projekt durchgeführt wurde

Die Otto Lehmann GmbH (im Folgenden LEHMANN) ist ein mittelständisches Traditionsunternehmen aus Neutraubling (Bayern). 2011 erwirtschaftete das Unternehmen mit durchschnittlich 245 Mitarbeitern einen Jahresumsatz von rd. 40 Mio. EUR. LEHMANN stellt seit rd. 100 Jahren Bauartikel aus Stahl und Nichteisenmetallen wie Bedachungsartikel, Schneefangsysteme sowie Halterungen für Solar- und Photovoltaikanlagen her und verzinkt diese auch seit dieser Zeit in der hauseigenen Feuerverzinkungsanlage selbst. Zusätzlich werden Stahlkonstruktionsteile, wie z.B. Serienteile aus dem Fahrzeugbau und Hallenkonstruktionen im Lohnauftrag für Kunden feuerverzinkt. In der Feuerverzinkung liegt eine der wesentlichen Kernkompetenzen des Unternehmens.

Feuerverzinken ist ein Standardverfahren zur Bildung einer besonders widerstandsfähigen und langlebigen Korrosionsschutzschicht auf Eisen bzw. Stahlteilen. Der Feuerverzinkungsprozess besteht aus einer Reihe von Tauchbädern zur Vorbehandlung des Verzinkungsguts (Entfettungs-, Beiz- und Fluxbad), dem Trocknen, dem eigentlichen Verzinken und der Nachbehandlung. Im Stand der Technik der diskontinuierlichen Feuerverzinkung von Kleinteilen unterscheidet man zwei Verfahren: das Niedrigtemperaturverfahren (NTV) bei 445-465 °C überwiegend für Stückgut und komplex geformte Kleinteile und das Hochtemperaturverfahren (HTV) bei 540-560 °C überwiegend für Kleinteile als Schüttgut. Konventionelle Anlagen sind entweder auf Stückgut (NTV) oder auf Schüttgut (HTV) ausgelegt und verfügen davon abhängig über unterschiedliche Anlagenkonzepte.

LEHMANN betreibt eine dem Stand der Technik entsprechende Feuerverzinkungsanlage im Niedrigtemperaturbereich von 445-465 °C, die auf die Stückverzinkung ausgelegt ist, mit der vor der Umsetzung des Vorhabens auch Kleinteile verzinkt wurden. Die Anlage wurde vor dem Bau der neuen Kleinteil-Verzinkungsanlage mit einem Durchsatz von rd. 20.000 t verzinktem Stahl pro Jahr (davon rd. 5.600 t verzinkte Kleinteile) betrieben.

Vorhabensziel

Ziel des Vorhabens war die Errichtung und großtechnische Erstanwendung einer neuartigen Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage, die es ermöglicht:

- die Kleinteilverzinkung geometrieunabhängig (erstmalig auch für komplex geformte Werkstücke) und mit flexibler bedarfsgerechter Temperatursteuerung (445-465 °C oder 540-560 °C) in einer neuartigen, einem fortschrittlichen Stand der Technik entsprechenden Verfahrenskombination auf einer Anlage im Schüttgut- bzw. Trommelverfahren automatisch durchzuführen;
- den Feuerverzinkungsprozess in den Produktionsprozess zu integrieren und damit ein hohes Maß an Prozesseffizienz zu erreichen;
- den gesamten Feuerverzinkungsprozess signifikant energie- und ressourceneffizienter und damit umweltschonender zu gestalten.

Mit der neuen Kleinteil-Verzinkungsanlage strebte LEHMANN an, gegenüber der Kleinteilverzinkung mit der Altanlage bei einer Produktionsmenge von rd. 5.600 t verzinkten Kleinteilen pro Jahr signifikante Umweltentlastungen durch Ressourcen- und Energieeinsparung sowie eine Reduzierung des daraus resultierenden CO₂-Ausstoßes zu erreichen. Darüber hinaus wurde erwartet, gas- und partikelförmige Emissionen durch Emissionserfassung und -behandlung auf ein Minimum reduzieren zu können.

Aufgabenstellung

Um die genannten Ziele zu erreichen, wurden:

- die besten verfügbaren Techniken und Verfahrenskomponenten der Feuerverzinkung;
- Verfahren und Verfahrenskomponenten aus anderen Bereichen der Oberflächentechnik, die das erste Mal in der Feuerverzinkung Anwendung finden;
- innovative Förder- und Automatisierungstechniken;
- eine in Skandinavien bewährte Heiztechnik, die das erste Mal in Deutschland zum Einsatz kommt;
- innovative Energierückgewinnungssysteme, die es ermöglichen, die entstehende Abwärme in den Prozess zurückzuführen;
- eine moderne Umwelttechnologie, die eine nahezu 100 %-ige Erfassung von gas- und staubförmigen Emissionen möglich macht;

erstmalig zu einem vollautomatischen, synchronisierten Gesamtsystem verknüpft, das auf dem Markt weder bekannt noch verfügbar ist. Die wesentlichen innovativen Verfahren und Verfahrenskombinationen in den einzelnen Prozessschritten des Verzinkungsprozesses sind:

Vorbehandlung - Die vorzubehandelnden Kleinteile durchlaufen in rotierenden Trommelaggregaten automatisch die verschiedenen Tauchbäder.

Trocknung - Die Trocknung erfolgt mittels Infrarot-Wärmetechnologie, die eine bedarfsgerechte, punktuelle und gezielte Trocknung der vorbehandelten Teile ermöglicht.

Verzinkung - Für die anschließende Verzinkung wird die Zinkschmelze nicht mehr indirekt durch seitliche Erwärmung der Wanne oder der Zinkoberfläche mit fossil beheizten Brennern erwärmt sondern direkt mittels elektrischer Heizelemente (Immersionsbeheizung) in der Zinkschmelze.

Schwing-/Vibrationsfördersystem - Die Schnittstellen zwischen den einzelnen Prozessschritten der Feuerverzinkung werden automatisiert überbrückt. Wesentliche Voraussetzung hierfür ist ein neuartiges Schwing-/Vibrationsfördersystem, das in der Lage ist, komplex geformte Kleinteile zu vereinzeln, die aufgrund ihrer Geometrie leicht verhaken und zum „Verklumpen“ neigen. Das Schwing-/ Vibrationsfördersystem ermöglicht erstmalig in der Feuerverzinkung die Darstellung eines vollautomatischen Transports, auch komplex geformter Bauteile.

Planung und Ablauf des Vorhabens

Im Folgenden wird der zeitliche Ablauf der Umsetzung des Vorhabens dargestellt.

Notwendige Genehmigungs- und Planungsaktivitäten vor Vorhabensbeginn	Januar bis Juli 2009	<ul style="list-style-type: none"> Notwendige Planung zur Beantragung der immissionsrechtlichen Genehmigung für Errichtung und Betrieb einer Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage (nach § 4 BImSchG)
	Juli 2009	<ul style="list-style-type: none"> Erteilung der immissionsrechtlichen Genehmigung
Vorhabensbeginn	13. Januar 2010	
Aktivitäten während der Vorhabenslaufzeit	ab 13. Januar 2010	<ul style="list-style-type: none"> Beauftragung der Baumaßnahmen für die Errichtung der Halle Bestellung der Anlagenkomponenten
	März bis September 2010	<ul style="list-style-type: none"> Errichtung der Halle
	Juli bis Oktober 2010	<ul style="list-style-type: none"> Aufbau der Halleninfrastruktur (Bühnenkonstruktion, Heizung, Elektrik, Druckluft, Sprinkleranlage)
		<ul style="list-style-type: none"> Aufbau und Montage Vorbehandlungslinie
		<ul style="list-style-type: none"> Montage Verzinkungsöfen I+II (Öfen und Energieversorgung)
	August bis November 2010	<ul style="list-style-type: none"> Aufbau Fördertechnik (inkl. Trockenöfen, Schwing- / Vibrationsfördersystem)
		<ul style="list-style-type: none"> Installation Energiekonzept (nur teilweise im Umfang des beantragten Vorhabens enthalten)
	November 2010	<ul style="list-style-type: none"> Inbetriebnahme Vorbehandlung und Verzinkungslinie I (inkl. Trocknung, Nachbehandlung) Prozessintegration und Inbetriebnahme Montagelinie
März 2011	<ul style="list-style-type: none"> Inbetriebnahme Verzinkungslinie II 	
März bis Oktober 2011	<ul style="list-style-type: none"> Optimierung und Feinabstimmung des Gesamtsystems/-prozesses, so dass mit der Kleinteil-Verzinkungsanlage im Niedrig- und Hochtemperaturbereich (NTV und HTV) parallel gefahren werden kann 	
Vorhabensende	31. Oktober 2011	
Aktivitäten nach Vorhabensende	Dezember 2011 bis April 2012	<ul style="list-style-type: none"> Erfolgskontrolle zum Nachweis der Wirksamkeit der durchgeführten Maßnahmen hinsichtlich angestrebter Energie- / Ressourcen- und CO₂-Einsparungen im Rahmen eines Mess- und Untersuchungsprogramms

Wesentliche Vorteile für die Umwelt und erreichte Emissionswerte

Die neue Kleinteil-Verzinkungsanlage ermöglicht gegenüber der alten Anlage signifikante Einsparungen an Energie und Ressourcen (insbesondere Zink, Salzsäure) und eine deutliche Minderung der zu entsorgenden Menge an Zinkchlorid.

Zudem werden durch die Senkung des Energieverbrauchs wie auch durch den signifikant verminderten Einsatz der Ressourcen Zink und Salzsäure die direkt und indirekt (über die Betrachtung des Lebenszyklus) mit dem Feuerverzinkungsprozess verbundenen CO₂-Emissionen im Vergleich zur alten Anlage wesentlich reduziert.

Auf Basis einer Produktionsmenge von rd. 5.600 t verzinktem Produkt pro Jahr wurde gegenüber der ursprünglich bestehenden Anlage bereits im ersten Jahr nach der Inbetriebnahme der neuen Kleinteilverzinkungsanlage:

- durch den Wegfall der Entzinkung der Transportgestelle und das Abschleudern des überschüssigen Zinks nach der Verzinkung der **Zinkverbrauch um 66 % (rd. 156 t/a) reduziert**;
- ebenfalls durch den Wegfall der Entzinkung der Transportgestelle zusätzlich **86 % Salzsäure (rd. 321 t/a) eingespart** und der **Anfall von Zinkchlorid zur Entsorgung um 99 % (rd. 515 t/a) reduziert**;
- durch den Wegfall von Verbrennungs- bzw. Abgasverlusten, die Rückgewinnung von Prozesswärme und insgesamt einen sehr effizienten Energieeinsatz der **Primärenergieverbrauch² um 43 % (1.990 MWh/a) gesenkt**, dabei wird vollständig auf den Einsatz von fossilen Energieträgern verzichtet, die vollständig durch elektrische Energie ersetzt werden;
- durch die Reduzierung des direkten Energieverbrauchs und durch den verminderten Einsatz der Ressourcen Zink und Salzsäure (über die Betrachtung des Lebenszyklus) der **Ausstoß von CO₂ insgesamt um 43 % (rd. 948 t/a) reduziert³**.

Die Einsparungen an Energie und Ressourcen sowie die Reduzierung des CO₂-Ausstoßes werden in der folgende Tabelle zusammenfassend dargestellt:

Einsparung pro Jahr ggü. der Altanlage	Gesamt	
Ressourcen		
Zink	156 t/a	66 %
Salzsäure	321 t/a	86 %
Zinkchlorid (ZnCl) zur Entsorgung	515 t/a	99 %
Primärenergie gesamt (Strom umgerechnet über GuD-Wirkungsgrad 60 %)	1.990 MWh/a	43 %
Strom	-1.330 MWh/a	
Erdgas	4.209 MWh/a	
CO₂-Emission	948 t/a	43 %
durch Energieeffizienz	122 t/a	12 %
durch Ressourceneffizienz	826 t/a	68 %

Trotz erwartungsgemäß höherem Ressourcen- und Energieaufwand für Testläufe bis zur optimalen Synchronisierung und Taktung der neuen Anlage konnten diese sehr guten Ergebnisse bereits im ersten Jahr nach der Inbetriebnahme erreicht werden. Es ist davon auszugehen, dass die Ressourcen- und Energieeffizienz der Anlage in den Folgejahren, mit einer optimal abgestimmten und getakteten Anlage, noch weiter verbessert werden kann.

Durch die Integration der Verzinkung in die Produktion entfallen zusätzlich pro Jahr ca. 1.200 bisher notwendige Lkw Transporte zwischen Produktion und der Verzinkerei. Die daraus resultierenden Effekte an Kraftstoff- und CO₂-Einsparung sind im Rahmen des Vorhabens nicht quantifiziert worden.

² Für die Berechnung der Gesamtprimärenergieeinsparung an fossiler und elektrischer Energie wurde die elektrische Energie auf den Verbrauch von Primärenergieträgern umgerechnet. Da in der alten Anlage Erdgas als Primärenergieträger eingesetzt wird, wurde der Wirkungsgrad von 60 % für die Energieerzeugung mit einem GuD-Kraftwerk angesetzt, um den Primärenergieverbrauch zu ermitteln.

³ Zugrundeliegende CO₂-Emissionsfaktoren (Quelle: UBA und Probas Datenbank) für die Berechnung:
Erdgas = 0,201 kg CO₂/pro kWh, deutscher Strommix = 0,544 kg CO₂/pro kWh, Zink = 4,67 kg CO₂/pro kg, 31 %-ige Salzsäure = 0,30 kg CO₂/pro kg

Zusätzlich zu den genannten Einsparungen an Ressourcen und Energie stellen moderne Filtersysteme in der Vorbehandlung und Verzinkung eine nahezu vollständige Emissionserfassung und –behandlung sicher. Wurden die relevanten Emissionsbegrenzungen der TA Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) bereits mit der alten Anlage um ein Vielfaches unterschritten, kann die Emissionserfassung und –behandlung in der neuen Kleinteil-Verzinkungsanlage noch wesentlich verbessert werden. Insgesamt werden die Grenzwerte der TA Luft in der Vorbehandlung um mindestens 93 % und in der Verzinkung um mindestens 98 % weit unterschritten. In der folgenden Tabelle sind die Emissionswerte gemäß TÜV-Messungen im Vergleich zu den Vorgaben der TA Luft dargestellt.

	Vorbehandlung (gasförmige Emissionen, HCl)	Verzinkung (Partikelemissionen)
Emissionsbegrenzungen nach TA Luft	≤ 10 mg/m ³ Massenkonzentration	≤ 5 mg/m ³ Massenkonzentration
Alte Anlage	(keine Emissionserfassung notwendig)	≤ 1,9 mg/m ³ Massenkonzentration
		≤ 0,061 kg/h Staubmassenstrom
Neue Anlage	≤ 0,7 mg/m ³ Massenkonzentration	< 0,1 mg/m ³ Massenkonzentration
	≤ 0,035 kg/h Gasmassenstrom	< 0,0002 kg/h Staubmassenstrom

Kostendaten

LEHMANN hat rd. 6,08 Mio. EUR in die neue Kleinteilverzinkungsanlage investiert. Dieser Investition stehen in 2011 rd. 343.000 EUR gegenüber, die LEHMANN an fixen und variablen Kosten (im Vergleich zur Altanlage in 2010) einsparen konnte. Der reduzierte Zinkbedarf allein macht rd. 80 % dieser Kosteneinsparung, nämlich rd. 280.000 EUR aus. Von weiteren Einsparungen ist in den Folgejahren durch eine nun optimal abgestimmte Anlage auszugehen. Außerdem sind in der Zukunft zusätzliche Gewinne durch steigende Marktanteile zu erwarten.

LEHMANN geht davon aus, dass sich die Investition in die neue Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage unter Berücksichtigung des erhaltenen Investitionszuschusses im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms in 6 bis 8 Jahren amortisiert. Zusätzliche Einsparungen oder Gewinne sind darin nicht berücksichtigt. Die jährliche Kosteneinsparung ist dabei im Wesentlichen von der Entwicklung des Zinkpreises abhängig. Die folgende Tabelle verdeutlicht die zu erwartete Amortisationszeit abhängig von der Zinkpreisentwicklung auf Basis der maximalen, minimalen und durchschnittlichen Zinkpreise zwischen 2007 und 2011.

Zinkpreisentwicklung von 2007-2011 (Angaben in EUR pro kg)		Amortisationszeit mit Investitionszuschuss
Maximum	3,24 EUR	5,43 Jahre
Minimum	1,03 EUR	9,06 Jahre
Ø-Wert 2007	2,57 EUR	6,18 Jahre
Ø-Wert 2008	1,47 EUR	8,00 Jahre
Ø-Wert 2009	1,33 EUR	8,31 Jahre
Ø-Wert 2010	1,77 EUR	7,41 Jahre
Ø-Wert 2011	1,72 EUR	7,50 Jahre
Ø-Wert 2007-2011	1,79 EUR	7,36 Jahre

Sonstige Betriebsdaten

Verbesserung der Verzinkungsqualität

Die neue Kleinteil-Verzinkungsanlage ist neben ihrer signifikant höheren Ressourcen- und Energieeffizienz konventionellen Verfahren auch im technischen Vergleich der Verzinkungsqualität deutlich überlegen. Technische Vorteile sind insbesondere:

- Hohe Oberflächenhärte und Haftung der Legierung;
- Gleichmäßige Oberflächen mit konstanter Mikrorauigkeit als Haftgrund für zusätzliche Beschichtungen;
- Dünne Legierungsschichten und hohe Passgenauigkeit.

Summary

Project Description

Initial situation, task definition, prerequisites for the project

The Otto Lehman GmbH (LEHMANN) is a well-established medium-sized company based in Neutraubling, Bavaria, Germany. In 2011, the company had a revenue of around EUR 40 million and employed 245 staff. For the past 100 years, LEHMANN has been producing steel and non-iron components for the construction industry, ranging from roofing parts to snow guards to support structures for solar panels. From the outset, LEHMANN has operated its own hot-dip galvanizing plant for the zinc coating of its metal parts. As well, LEHMANN has galvanized steel components for clients in the automotive, roofing and walling industries. The hot-dip galvanizing plant is a core business asset of LEHMANN.

Hot-dip galvanizing is a standard method to coat iron and steel parts with a layer of zinc in order to provide them with highly resilient and durable protection against corrosion. The hot-dip galvanizing process consists of a series of pre-treatment baths (separate baths for degreasing, pickling, and fluxing), the ensuing drying, the hot-dip galvanizing in the zinc bath itself, and the finishing. In the current state of the art, there are two different methods for the sequential hot-dip galvanizing of small parts:

- low temperature galvanizing (NTV) at 445-465 °C, predominantly used for rack articles and complex-shaped small articles;
- high temperature galvanizing (HTV) at 540-560 °C, predominantly used for small, bulk-dipped articles.

Conventional hot-dip galvanizing plants had to be designed to galvanize either rack articles (NTV) or small, bulk-dipped articles (HTV), with each requiring a different plant design.

Before the construction of the new plant, the original hot-dip galvanizing plant, which operates in the low temperature range between 445-465 °C, was used for the galvanizing of both rack articles as well as complex-shaped small articles. It had an annual throughput of roughly 20.000 tons⁴ of galvanized metal articles, of which approximately 5.600 tons were complex-shaped small articles.

Project objectives

The objective of the project was the construction and first-ever industrial application of a novel hot-dip galvanizing plant for small articles that

- automatically processes small articles in bulk regardless of their shape (including, for the first time, complex-shaped small articles) and can operate, according to need, at both relevant temperature ranges: 445-465 °C and 540-560 °C;
- efficiently integrates the hot-dip galvanizing process into the overall production process;
- achieves a significant increase in energy and resource efficiency for the hot-dip galvanizing process and, consequently, a considerable positive environmental impact.

Based on a projected annual throughput of around 5.600 tons of hot-dip galvanized complex shaped small parts, LEHMANN designed the new plant to significantly reduce negative environmental impact by way of resource and energy savings and, consequently, lower CO₂ emissions. LEHMANN also planned to minimize gas and particle emissions through state-of-the-art control and treatment systems.

Project tasks

In order to achieve the project's objectives, the following elements were combined for the first time in a fully integrated, automated, and synchronized hot-dip galvanizing plant:

- the best available techniques and process components for hot-dip galvanizing;
- processes and process components from other surface treatment industries that have been applied to hot-dip galvanizing for the first time;
- innovative conveyor and automation techniques;
- a Scandinavian heating technology applied in Germany for the first time;
- innovative energy recovery systems that feed waste heat back into the galvanizing process;

⁴ The measurements used hereinafter refer consistently to the metric system, therefore a ton equals a metric ton (1,000 kg).

- modern environmental technologies that allow for almost complete control and treatment of gas and particle emissions.

The key innovations of the novel hot-dip galvanizing process are the following:

- **Pre-treatment** – the small articles are conveyed through the various pre-treatment baths in fully automated, rotating barrels.
- **Drying** – the infrared heating technology performs a precise and targeted drying of the pre-treated articles.
- **Zinc coating** – the hot-dip galvanizing furnace is heated up from within by electrical heating elements (immersion heating) rather than by gas heaters placed outside the furnace.
- **Swing/vibration conveyor system** – the automated transport of the small articles within the hot-dip galvanizing plant is performed by specially designed swing/vibration conveyor system. This system specifically ensures the separation of complex-shaped small articles, which are prone to entangle. With this design LEHMANN has achieved an industry first.

Project planning and schedule

The implementation chronology of the project as listed below:

Request of mandatory permits and other preparatory activities	January to July 2009	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Preparation and request for a mandatory construction permit for a hot-dip galvanizing plant under the German Federal Emission Control Act (§ 4 BImSchG)
	July 2009	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Construction permit granted.
Project start	13 January 2010	
Project activities	After 13 January 2010	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contracting for production hall construction ▪ Purchase order for plant components
	March to September 2010	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Production hall construction
	July to October 2010	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Construction and installation of hall infrastructure (platform, heating, electricity, pressurized air and sprinkler systems)
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Construction and assembly of the pre-treatment line ▪ Assembly of the hot-dip galvanizing furnaces I+II (furnace and power supply)
	August to November 2010	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Assembly of conveyor system (drying furnaces and swing/vibration conveyor system)
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementation of energy recovery system (only partly covered under the project)
	November 2010	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Start of operation for pre-treatment and hot-dip galvanizing line I (including drying and finishing) ▪ Process integration and start of operation for assembly line
	March 2011	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Start of operation for hot-dip galvanizing line II
March to October 2011	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Optimization and fine-tuning of the hot-dip galvanizing process to simultaneously perform low and high temperature galvanizing (NTV and HTV) 	
End of implementation phase	31 October 2011	
Post implementation activities	December 2011 to April 2012	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluation of the project to verify energy, resource, and CO₂ reduction

Main environmental benefits and achieved emission levels

In comparison with the original plant, the new hot-dip galvanizing plant for small parts significantly reduces energy and resource consumption (especially zinc and hydrochloric acid) as well as zinc chloride process waste. Through reduced overall energy consumption as well as through reduced resource consumption (energy saved by not consuming resources), the amount of CO₂ emissions considerably decreases.

Assuming an annual throughput of around 5.600 tons of zinc-coated small articles, the new plant has already produced the following results since its start of operation (benchmarked against the performance indicators of the old plant):

- **zinc consumption has been reduced by 66% (around 156 tons p.a.)** by dispensing with the need for dezincification of the transport racks and the centrifugation of excess zinc after the hot-dip galvanizing bath;
- by rendering the dezincification of the transport racks redundant, **zinc chloride waste has been reduced by 99% (around 515 tons p.a.) and hydrochloric acid consumption by 86% (around 321 tons p.a.);**
- **primary energy consumption⁵ has been reduced by 43% (1,990 MWh p.a.)** through elimination of combustion waste and exhaust gas, the recovery of process heat, and an overall improved energy efficiency;
- **CO₂ emissions have been reduced by 43% (around 948 tons p.a.)⁶** through energy efficiency gains and reduced zinc and hydrochloric acid consumption.

The energy and resource savings as well as the reduction of CO₂ emissions are outlined in the chart below:

Savings p.a. (compared to old plant)	Total	
Resources		
Zinc	156 tons p.a.	66%
Hydrochloric acid	321 tons p.a.	86%
Zinc chloride (ZnCl) for disposal	515 tons p.a.	99%
Primary energy total (electric energy converted at the thermal efficiency factor of a CCGT plant: 60%)	1,990 MWh p.a.	43%
Electric energy	-1,330 MWh p.a.	
Gas	4,209 MWh p.a.	
CO₂ emissions		
through energy efficiency	122 tons p.a.	12%
through resource efficiency	826 tons p.a.	68%

These encouraging results had already been realized in the first year of plant operation despite an anticipated higher level of resource and energy consumption during the initial testing phase, in which the optimum synchronization and pulsing settings had yet to be identified. Greater energy and resource savings are expected in future, when the plant is running steadily under optimum settings.

By integrating the hot-dip galvanizing into the production process, LEHMANN has eliminated around 1,200 truck transports per year, which were previously required for the transport of metal articles between the production site and the original hot-dip galvanizing plant. The resulting fuel and CO₂ savings have not yet been quantified.

In addition to the already highlighted energy and resource savings, the utilization of the latest filtering systems ensures almost complete control of emissions in the pre-treatment and hot-dip galvanizing stages. While the original plant had already been well below the legal emission limits (Technical Instructions on Air Quality Control, TA Luft), the new plant has even lower emissions. Compared with the applicable legal limits, the emissions have been

⁵ For the calculation of the total energy savings of fossil and electric energy, the electric energy values were converted into primary energy values at the thermal efficiency factor of a CCGT plant, 60%. This was done in order to make the electric energy, used by the new plant, comparable with the primary energy source (gas), used by the original plant.

⁶ Ratios for the calculation of CO₂ emissions (sources: UBA, Probas database):

1 kWh gas = 0.201 kg CO₂, 1 kWh electric energy (German energy mix) = 0.544 kg CO₂, 1 kg zinc = 4.67 kg CO₂, 1 kg 31% hydrochloric acid = 0.30 kg CO₂

reduced to a maximum of 7% of permissible gas emissions in the pre-treatment and a maximum of 2% permissible air emissions in the galvanization stage.

Emissions according to measurements taken by the German Technical Inspection Authority (TÜV) compared to legal emission limits (TA Luft) are outlined below:

	Pre-treatment (gas emissions, HCl)	Galvanizing (particle emissions)
Legal emission limits (TA Luft)	≤ 10 mg/m ³ mass concentration	≤ 5 mg/m ³ mass concentration
Original plant	(no emission control required)	≤ 1,9 mg/m ³ mass concentration
		≤ 0,061 kg/h dust mass flow
New plant	≤ 0,7 mg/m ³ mass concentration	< 0,1 mg/m ³ mass concentration
	≤ 0,035 kg/h gas mass flow	< 0,0002 kg/h dust mass flow

Economics

LEHMANN has invested around EUR 6.08 million in the new hot-dip galvanizing plant. However, LEHMANN was able to save approximately EUR 343,000 in recurrent and variable costs during 2011 (in comparison with the costs incurred in the original plant during 2010) as a result of the more efficient operation of the new plant. The reduced zinc consumption alone accounts for around 80% (EUR 280,000) of these savings. Further savings are expected for the coming years as the settings of the plant are fully optimized. The anticipated increase in market share will additionally raise profit margins in the mid- to long-term.

LEHMANN expects the investment costs for the new plant to be amortized within 6-8 years, taking into account the public funding received in the framework of the German program for environment innovation. The projected savings depend predominantly on future developments in zinc prices. The chart below outlines the time frame for full amortization, based on the zinc price development between 2007 and 2011.

	Change in zinc prices 2007-2011 (EUR per kg)	Time for amortization (with public grant)
Maximum price	EUR 3.24	5.43 years
Minimum price	EUR 1.03	9.06 years
Average price 2007	EUR 2.57	6.18 years
Average price 2008	EUR 1.47	8.00 years
Average price 2009	EUR 1.33	8.31 years
Average price 2010	EUR 1.77	7.41 years
Average price 2011	EUR 1.72	7.50 years
Average price 2007-2011	EUR 1.79	7.36 years

Operational Data

Quality improvement in hot-dip galvanizing

The new hot-dip galvanizing plant for small articles not only offers significantly higher levels of resource and energy efficiency, it also provides superior technical results in the overall quality of the hot-dip galvanizing. The key technical improvements in this context are

- A high surface hardness and firm coating adhesion.
- Even surfaces with constant micro-fine roughness for an ideal adhesion grounding for additional layers.
- Thin coating layers and perfect fitting.

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Kurzbeschreibung des Unternehmens	1
1.2	Ausgangssituation	1
1.2.1	Stand der Technik der diskontinuierlichen Feuerverzinkung von Kleinteilen: Anlagentechnik und Verfahrensablauf	1
1.2.2	Einsatzstoffe und Auswirkungen auf die Umwelt	3
1.2.3	Maßnahmen zur Verminderung und Vermeidung negativer Umwelteinflüsse im Stand der Technik	5
1.2.4	Emissionsbegrenzungen nach geltendem Recht	6
2	Vorhabensumsetzung	7
2.1	Ziel des Vorhabens	7
2.2	Darstellung des technischen Lösung	7
2.2.1	Vorbehandlung	8
2.2.2	Trocknung	9
2.2.3	Verzinkung	9
2.2.4	Nachbehandlung	9
2.2.5	Automatisches Transportsystem	9
2.3	Umsetzung des Vorhabens	10
2.3.1	Arbeitsschritte von der Planungsphase bis zur Inbetriebnahme	13
2.3.2	Hemmnisse während des Vorhabens	13
2.4	Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)	14
2.5	Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten (Konzeption und Durchführung des Mess- und Untersuchungsprogramms)	14
2.5.1	Messplan für die Altanlage	15
2.5.2	Messplan für die neue Anlage	16
3	Ergebnisse	17
3.1	Bewertung der Vorhabensdurchführung	17
3.2	Stoff- und Energiebilanz (Ergebnisse des Mess- und Untersuchungsprogramms)	17
3.3	Umweltbilanz (Ergebnisse des Mess- und Untersuchungsprogramms)	19
3.3.1	Reduzierung der CO ₂ -Ausstoßes	19
3.3.2	Erfassung und Behandlung gas- und staubförmiger Emissionen	20
3.4	Wirtschaftlichkeitsanalyse	21
3.4.1	Investitionen	21
3.4.2	Wirtschaftlichkeitsvergleich und Kosteneinsparungen	21
3.4.3	Sonstige positive wirtschaftliche Aspekte für das Unternehmen	21
3.4.4	Erwartete Rentabilität (Amortisation, Gewinnerwartung etc.)	22
3.5	Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren	22
4	Empfehlungen	23
4.1	Erfahrungen aus der Praxiseinführung	23
4.2	Modellcharakter (Verbreitung und weitere Anwendung von Verfahren / Anlage / Produkt)	23
4.3	Zusammenfassung	23

Abbildungen

Abb. 1: Materialeinsatz und Umweltbelastungen (Altanlage) lt. Emissionserklärung 2008. Sekundäre Faktoren, wie CO ₂ -Emission durch geländeübergreifende innerbetriebliche Transporte, sind in der Aufstellung nicht berücksichtigt	4
Abb. 2: Einsatzstoffe, entstehende Auswirkungen auf die Umwelt und umweltschonende Maßnahmen des Feuerverzinkungsprozesses	4
Abb. 3: Schematische Übersicht der neuen Kleinteil-Verzinkungsanlage	8
Abb. 4: Baumaßnahmen Halle (Außenansicht)	10
Abb. 5: Baumaßnahmen Halle / Halleninfrastruktur (Innenansicht)	10
Abb. 6: Aufbau der Vorbehandlungsbäder	11
Abb. 7: Installation der Absaugung	11
Abb. 8: Vorbehandlungslinie mit Deckenwagen	11
Abb. 9: Füllstation der Trommelaggregate	11
Abb. 10: Aufbau des Verzinkungsrofens	12
Abb. 11: Keramisch ausgekleideter Verzinkungsrofen	12
Abb. 12: Verzinkungsrofen	12
Abb. 13: Zentrifuge mit Schleuderkorb	12
Abb. 14: Aufbau Filteranlage	12
Abb. 15: Vibrationsfördersystem und Trockenrofen	12
Abb. 16: Ressourcen- und Energieverbrauch sowie Einsparung pro Jahr im Vergleich zwischen alter und neuer Anlage	18
Abb. 17: CO ₂ -Ausstoß und Einsparung pro Jahr im Vergleich zwischen alter und neuer Anlage	19

Tabellen

Tab. 1: Maßnahmen zur Verminderung und Vermeidung negativer Umwelteinflüsse im Stand der Technik	6
Tab. 2: Arbeitsschritte des Vorhabens von der Planungsphase bis zur Inbetriebnahme	13
Tab. 3: Konzeption Mess- und Untersuchungsprogramm: Messplan für die alte Anlage	15
Tab. 4: Konzeption Mess- und Untersuchungsprogramm: Messplan für die neue Anlage	16
Tab. 5: Erfassung und Behandlung Gas- und staubförmiger Emissionen im Vergleich alte Anlage – neue Anlage	20
Tab. 6: Investitionskosten des Vorhabens	21
Tab. 7: Kosteneinsparungen durch die neue Anlage (Vergleich alte Anlage 2010, neue Anlage 2011)	21
Tab. 8: Amortisationsrechnung unter besonderer Berücksichtigung der Zinkpreisentwicklung	22

1 Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die Otto Lehmann GmbH (im Folgenden LEHMANN) ist ein mittelständisches Traditionsunternehmen aus Neutraubling (Bayern). 2011 erwirtschaftete das Unternehmen mit durchschnittlich 245 Mitarbeitern einen Jahresumsatz von rd. 40 Mio. EUR. LEHMANN stellt seit rd. 100 Jahren Bauartikel aus Stahl und Nichteisenmetallen wie Bedachungsartikel, Schneefangsysteme und Halterungen für Solar- und Photovoltaikanlagen her und verzinkt diese auch seit dieser Zeit in der hauseigenen Feuerverzinkungsanlage selbst. Zusätzlich werden Stahlkonstruktionsteile, wie z.B. Serienteile aus dem Fahrzeugbau und Hallenkonstruktionen im Lohnauftrag für Kunden feuerverzinkt. In der Feuerverzinkung liegt eine der wesentlichen Kernkompetenzen des Unternehmens. Die Entwicklung des neuen Anlagenkonzepts für die innovative, energie- und ressourceneffiziente Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage, das im Rahmen des Vorhabens erstmalig realisiert wurde, erfolgte federführend durch den technischen Geschäftsführer Herrn Haimerl, der mit seinen Mitarbeitern bereits mehrfach innovative Anlagen selbst entwickelt hat, wie z. B. im Jahr 2005 eine neue vollautomatische Pulverbeschichtungsanlage. Herr Haimerl verfügt über mehr als 35 Jahre einschlägige Berufserfahrung, über spezifisches Know-how in der Oberflächentechnik, insbesondere der Feuerverzinkung, sowie über Kenntnisse der Gestaltung der Verzinkungsprozesse in anderen Betrieben und Ländern. Sowohl bei der Entwicklung des Anlagenkonzepts im Vorfeld des Vorhabens als auch bei der Realisierung der großtechnischen Erstanwendung wurde LEHMANN von Spezialisten für einzelne Anlagenkomponenten unterstützt. Im Wesentlichen handelt es sich um:

- Gerhard Weber Kunststoff-Verarbeitung GmbH, Minden ist Hersteller von Kunststoffbehältern/ -apparaten zur Chemikalienlagerung bzw. zum Handling aggressiver Medien. Das Unternehmen gehört zu den größten Herstellern von Thermoplastbehältern und -apparaten in Europa und hat die komplette Vorbehandlungslinie inklusive der Trommelaggregate für die neue Kleinteil-Verzinkungsanlage geliefert;
- CHE - C. H. Evensen Industrioivner AS, Fredrikstad, (Norwegen) entwickelt, konstruiert und produziert kundenspezifische Industrieofenanlagen und Ofenausüstung für industrielle Wärmebehandlungsprozesse u. a. im Bereich der Oberflächenbehandlungsindustrie und hat die Immersionsheizanlage für die Verzinkung geliefert;
- Progatech AB, Norrköping (Schweden) entwickelt, konstruiert und produziert Feuerverzinkungsanlagen und hat das komplette Zuführ- und Transportsystem inkl. Schwing-/Vibrationsförderer, Infrarottrocknungsöfen, Zentrifuge und Behälterlift in die Montage geliefert;
- Herding GmbH, Amberg hat als Alternative zu Filtern aus gesintertem Kunststoff einen weltweit patentierten Sinterlamellenfilter entwickelt, der das Kernelement der von Herding für die Kleinteilverzinkungsanlage gelieferten Filteranlagen zur Rauchgasfilterung ist.

1.2 Ausgangssituation

LEHMANN betreibt eine dem Stand der Technik entsprechende Feuerverzinkungsanlage im Niedrigtemperaturbereich von 445-465°C, die auf die Stückverzinkung ausgelegt ist, mit der vor der Umsetzung des Vorhabens auch Kleinteile verzinkt wurden. Die Anlage wurde vor dem Bau der neuen Kleinteil-Verzinkungsanlage mit einem Durchsatz von rd. 20.000 t verzinktem Stahl pro Jahr (davon rd. 5.600 t verzinkte Kleinteile) betrieben.

1.2.1 Stand der Technik der diskontinuierlichen Feuerverzinkung von Kleinteilen: Anlagentechnik und Verfahrensablauf

Feuerverzinken ist ein Standardverfahren zur Bildung einer besonders widerstandsfähigen und langlebigen Korrosionsschutzschicht auf Eisen bzw. Stahlteilen. Traditionellerweise erfolgt die Verzinkung unabhängig und zeitversetzt von der Produktion der Werkstücke extern bei Lohnverzinkereien oder innerbetrieblich in separaten Gebäuden. Der Feuerverzinkungsprozess besteht aus einer Reihe von Tauchbädern zur Vorbehandlung des Verzinkungsguts (Entfettungs-, Beiz- und Fluxbad), dem Trocknen, dem eigentlichen Verzinken und der Nachbehandlung. Im Stand der Technik der diskontinuierlichen Feuerverzinkung von Kleinteilen unterscheidet man zwei Verfahren: das Niedrigtemperaturverfahren (NTV) bei 445-465 °C, überwiegend für Stückgut und komplex geformte Kleinteile, und das Hochtemperaturverfahren (HTV) bei 540-560 °C, überwiegend für Kleinteile als Schüttgut. In den beiden Temperaturbereichen lassen sich unterschiedliche Legierungsdicken erreichen (NTV ab 50 µm, HTV schon ab 25 µm), der Temperaturbereich dazwischen führt aufgrund des "Sandelin-" bzw. "Sebisty-Effekts" bei den Zink-Stahl-Diffusionsvorgängen zu minderwertigen oder extrem dicken, schlecht haftenden Legierungsschichten. Welches der beiden Verfahren zur Anwendung kommt, hängt von den spezifischen Anforderungen an das zu verzinkende Gut hinsichtlich Geometrie, Funktion, Maßtoleranzen und der nach DIN EN 1461 geforderten Mindestlegierungsdicke ab. Konventio-

nelle Anlagen können entweder auf Stückgut (NTV bei 445-465 °C) oder auf Schüttgut (HTV bei 540-560 °C) ausgelegt werden und verfügen davon abhängig über unterschiedliche Anlagenkonzepte. Sie erlauben es verfahrensbedingt nicht, flexibel und ausgerichtet an der jeweiligen Werkstückgeometrie des Kleinteils (auch parallel) in unterschiedlichen Temperaturbereichen zu verzinken.

Im Folgenden werden die beiden Verfahren NTV, wie es in der bestehenden Anlage bei LEHMANN für Kleinteile zur Anwendung kam, und HTV sowie damit zusammenhängende Problemstellungen dargestellt.

VORBEHANDLUNG

Die Vorbehandlung besteht aus der alkalischen Entfettung, dem salzsäurehaltigen Beizen zur Lösung von Rost und Zunder, Spülbädern zur Reinigung von Chemikalienrückständen zwischen den einzelnen Vorbehandlungsstufen und einem Flussmittelbad.

Stand der Technik	NTV – NiedrigTemperaturVerzinkung (Stand der Technik bei Stückgut- bzw. Gestellverfahren) (auch LEHMANN Kleinteilverzinkung ALT)	HTV – HochTemperaturVerzinkung (Stand der Technik bei Schüttgut- bzw. Trommelverfahren)
Verfahren	Kleinteile werden manuell einzeln oder in Körben an einer Hängevorrichtung befestigt und an dieser automatisch durch die Vorbehandlungsstufen Entfetten – Beizen – Fluxen und alle weiteren Prozessschritte des gesamten Verzinkungsprozesses getaktet.	Kleinteile durchlaufen die Vorbehandlungsstufen als Schüttgut in Beizkörben. Die Vorbehandlung läuft chemisch und prozesstechnisch ungleichmäßig ab und erfordert manuelle Eingriffe durch das Bedienpersonal, um den chemischen Reaktionsprozess am Laufen zu halten.
Auswirkung/ Problembeschreibung	In der Vorbehandlung muss die Hängevorrichtung, die im vorhergehenden Produktionsdurchlauf bei der Verzinkung jeweils mit in das Zinkbad eingetaucht wird, verfahrensbedingt unter der Entstehung von Zinkchlorid (ZnCl) entzinkt werden.	Vorbehandlungsqualität ist nicht zwingend gleichbleibend
Hoher manueller Aufwand an wenig attraktiven Arbeitsplätzen		

TROCKNUNG

In der Trocknung wird der Flussmittelfilm aufgetrocknet, um Rauchemissionen und das Ausspritzen von flüssigem Zink beim Eintauchen des Verzinkungsguts in die heiße Zinkschmelze zu vermeiden.

Stand der Technik	NTV – NiedrigTemperaturVerzinkung (Stand der Technik bei Stückgut- bzw. Gestellverfahren) (auch LEHMANN Kleinteilverzinkung ALT)	HTV – HochTemperaturVerzinkung (Stand der Technik bei Schüttgut- bzw. Trommelverfahren)
Verfahren	Trocknung erfolgt in fossil oder elektrisch beheiztem Umluftofen, der konstant auf einer Temperatur von 150 °C gehalten wird, um eine Objekttemperatur von >100 °C erreichen zu können.	
Auswirkung/ Problembeschreibung	Energieaufwendig, da unabhängig von Ofenauslastung bzw. Anzahl der zu trocknenden Kleinteile konstanter Energieeinsatz erforderlich ist.	

VERZINKUNG

Die eigentliche Verzinkung erfolgt durch Eintauchen des Verzinkungsguts in ein Bad mit schmelzflüssigem Zink.

Stand der Technik	NTV – NiedrigTemperaturVerzinkung (Stand der Technik bei Stückgut- bzw. Gestellverfahren) (auch LEHMANN Kleinteilverzinkung ALT)	HTV – HochTemperaturVerzinkung (Stand der Technik bei Schüttgut- bzw. Trommelverfahren)
Verfahren	Indirekte Temperierung der in einer Stahlwanne befindlichen Zinkschmelze durch seitliche Erwärmung der Verzinkungswanne mit Hilfe fossiler Brennstoffe. Die Hängevorrichtung und Körbe mit den Kleinteilen werden in die Zinkschmelze eingetaucht. Sie werden dabei verfahrensbedingt mit verzinkt.	Indirekte Temperierung der Zinkschmelze durch Erwärmung der Zinkoberfläche mit Hilfe fossiler Brennstoffe. Es kommen keramisch ausgekleidete Verzinkungswannen zum Einsatz, damit die zunehmend aggressiv ablaufenden chemischen Prozesse bei den in der HTV notwendigen höheren Temperaturen der Zinkschmelze nicht das Wannenmaterial angreifen. Die seitliche Erwärmung der Stahlwanne ist deshalb nicht möglich. Durch Zentrifugieren der Schleuderkörbe nach dem Verzinkungsvorgang wird überschüssiges Zink von den Kleinteilen entfernt.
Auswirkung/ Problembeschreibung	Träge Temperaturjustierungsmöglichkeiten durch indirekte Beheizung.	
	Hoher Energieverlust durch Verbrennung fossiler Brennstoffe (Erdgas).	
	Zink wird durch die Verzinkung der Hängevorrichtung oder von Körben in die Vorbehandlung verschleppt.	

TRANSPORT DES VERZINKUNGSGUTS

In und zwischen den einzelnen Verfahrensschritten werden die Bauteile in unterschiedlichen Transportvorrichtungen fortbewegt. Der notwendige manuelle Aufwand und der mögliche Automatisierungsgrad des Transports hängen dabei im Wesentlichen von der Geometrie der Kleinteile ab.

Stand der Technik	NTV – NiedrigTemperaturVerzinkung (Stand der Technik bei Stückgut- bzw. Gestellverfahren) (auch LEHMANN Kleinteilverzinkung ALT)	HTV – HochTemperaturVerzinkung (Stand der Technik bei Schüttgut- bzw. Trommelverfahren)
Verfahren	Kleinteile werden automatisch an der Hängevorrichtung oder in Körben zu den nachfolgenden Prozessschritten transportiert	Kleinteile, die keine Vereinzelung erfordern (einfache Geometrien) werden automatisch zur Weiterverarbeitung in den nachfolgenden Prozessschritten transportiert. Kleinteile mit komplexen Geometrien können mit bestehenden Fördersystemen nicht automatisch gehandhabt werden, die notwendigen Vereinzelungsschritte erfolgen manuell.
	Innerbetrieblicher Transport von der Produktionshalle zur Verzinkung und zurück zur Montage in der Produktionshalle aufgrund der traditionellen räumlichen Separierung	
Auswirkung/ Problembeschreibung	Hoher manueller Aufwand an wenig attraktiven Arbeitsplätzen Aufwendige innerbetriebliche Transporte	

1.2.2 Einsatzstoffe und Auswirkungen auf die Umwelt

Die bei Feuerverzinkungsanlagen hauptsächlich auftretenden Umweltbelastungen sind⁷:

- Luftschadstoffe (HCl aus der Beize sowie Staub und gasförmige Verbindungen aus dem Verzinkungskessel);
- Verbrauchte Prozesslösungen (Entfettungslösungen, Beizbäder und Fluxmittelbäder);
- Ölhaltige Abfälle (die beispielsweise bei der Reinigung der Entfettungsbäder anfallen);
- Zinkhaltige Abfälle (Filterstaub, Zinkasche und Hartzink).

Diese Umweltbelastungen entstehen vor allem in der Vorbehandlung durch den Einsatz von Chemikalien zur Reinigung und optimalen Vorbereitung des Verzinkungsgutes und durch chemische Reaktionen beim Eintauchen des Verzinkungsgutes in die heiße Zinkschmelze.

Die folgende Emissionserklärung stellt dar, wie sich Einsatzstoffe und Umweltauswirkungen der alten NTV-Anlage bei LEHMANN vor Durchführung des Vorhabens nach Art und Umfang zusammensetzen. Die Basis bildet ein Durchsatz von rd. 20.000 t verzinktem Stahl pro Jahr, davon rd. 5.600 t verzinkte Kleinteile.

⁷ vgl. dazu Beste Verfügbare Techniken, BVT-Merkblatt Stahlveredelung, Teil C – Diskontinuierliches Feuerverzinken

Einsatzstoffe und Umweltauswirkungen 2008 (Emissionserklärung LEHMANN vor Durchführung des Vorhabens)			
Einsatzstoffe	t/Jahr	Umweltauswirkungen	t/Jahr
Chlorwasserstoff	736,00	Gasförmige Emissionen	
Kaliumchlorid	4,57	Chlorwasserstoff	0,14
Passivierlösung	1,45	Schwefeldioxid	0,01
Erdgas	524,77	Kohlenmonoxid	0,09
Zink	1.012,00	Kohlendioxid	1.351,81
Flussmittel	11,10	Distickstoffmonoxid	0,02
Entfettungsmittel	16,75	Methan	0,03
		Stickstoffoxide (NO ₂)	0,89
		Organische Gase und Dämpfe (ohne Methan)	0,01
		Staubemissionen	
		Staub, nicht weiter aufgeteilter Rest	0,30
		Feinstaub PM 10	0,11
		Feinstaub PM 2,5	0,03
		Verbrauchte Prozesslösungen	
		Zn- und Fe-haltige saure Beizlösung	1.060,00
		Filterrückstand Fluxbad, Fettrückstände Entfettung, Rückstände Passivierlösung (Metallhydroxidschlamm rd. 40% Feststoffanteil)	57,30
		Zinkhaltige Abfälle	
		Zinkasche	64,00
		Hartzink (ca. 97% Zn + 3% Fe)	124,50

Abb. 1: Materialeinsatz und Umweltbelastungen (Altanlage) lt. Emissionserklärung 2008 (Sekundäre Faktoren, wie CO₂-Emission durch geländeübergreifende innerbetriebliche Transporte, sind in der Aufstellung nicht berücksichtigt)

Die wesentlichen umweltrelevanten Größen stellen dabei das anfallende Kohlendioxid aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe (Gas) zur Beheizung des Verzinkungskessels und die entstehenden Mischsäuren bei der Entzinkung der Hängevorrichtungen in der Beize der Vorbehandlungslinie dar (trat v.a. bei der Kleinteilverzinkung auf). Eine getrennte Beizbadführung ist LEHMANN aus Platzgründen in der Altanlage nicht möglich. Die folgende Darstellung zeigt die Einsatzstoffe (links) in den einzelnen Verfahrensschritten, die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Umwelt (rechts) und umweltschonende Maßnahmen (blau), so wie sie bei Lehmann bereits in der Altanlage angewendet wurden.

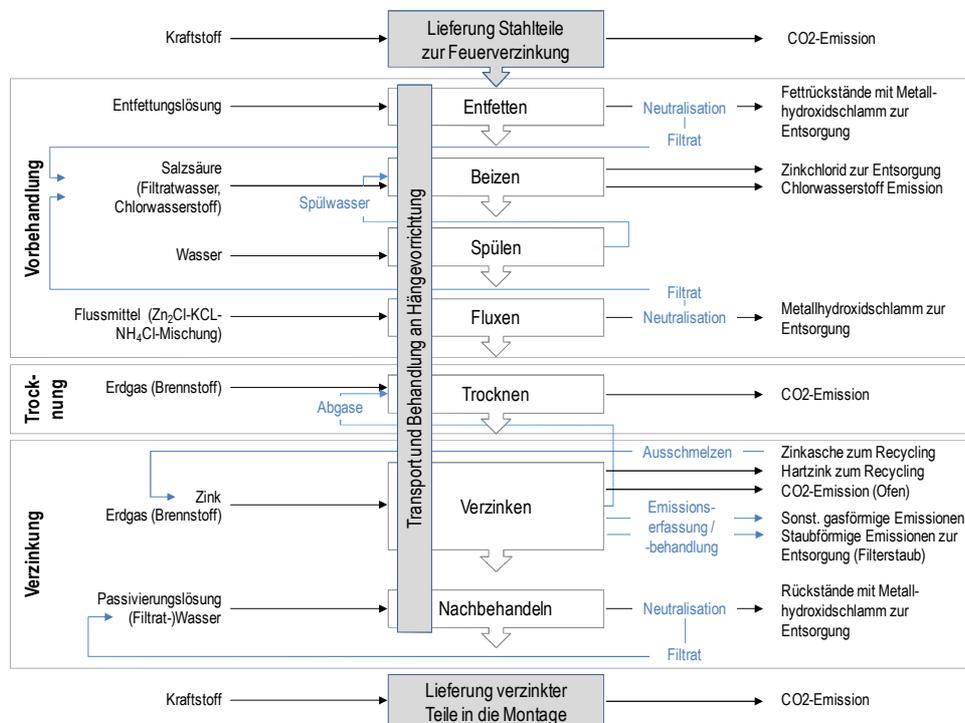


Abb. 2: Einsatzstoffe, entstehende Auswirkungen auf die Umwelt und umweltschonende Maßnahmen des Feuerverzinkungsprozesses

1.2.3 Maßnahmen zur Verminderung und Vermeidung negativer Umwelteinflüsse im Stand der Technik

Im Folgenden werden die jeweils besten verfügbaren Techniken (BVT) zur Verminderung von negativen Umwelteinflüssen gemäß BVT-Merkblatt Stahlveredelung, Teil C – Diskontinuierliches Feuerverzinken und die bei LEHMANN vor Durchführung des Vorhabens in der Altanlage angewendeten Maßnahmen zur Verminderung bzw. Vermeidung von negativen Umwelteinflüssen dargestellt.

	BVT (Beste verfügbare Techniken)	LEHMANN (Altanlage)
Vorbehandlung	Die BVT für die Vorbehandlung konzentrieren sich vor allem auf die effiziente Nutzung der Prozesslösung, um deren Standzeiten zu verlängern und den Anfall von Abfällen zu vermeiden und den Umgang mit den verbrauchten Prozesslösungen. Im Einzelnen werden folgende Vorgehensweisen als BVT betrachtet	
Entfetten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entfetten des Verzinkungsguts, damit die Werkstoffe völlig fettfrei sind ▪ Optimale Betriebsweise des Bades zur Steigerung der Effizienz, beispielsweise durch intensive Badbewegung ▪ Kontinuierliche Regeneration der Entfettungslösungen (durch Abskimmen, Zentrifugieren usw.) und Rückführung zwecks Verlängerung der Standzeit; thermische Verwertung des ölhaltigen Schlammes oder <ul style="list-style-type: none"> ▪ 'Biologische Entfettung' mit 'In situ'-Reinigung (Entfernen von Fett und Öl aus der Entfettungslösung) durch Bakterien 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufbereitung und Rückführung der abgesonderten Fettlösung durch Abskimmen und Fettabscheiden, um die Standzeit des Entfettungsbades unbegrenzt zu verlängern. ▪ Regelmäßige Badanalysen und Optimierung der Badzusammensetzung ▪ Externe Entsorgung des Metallhydroxidschlammes (Bestandteile aus Entfettungsbad, Flussbad, Passivierungsbad) mit ca. 40 % Feststoffanteil durch einen autorisierten Fachbetrieb
Beizen	Die wichtigste Maßnahme zur Verminderung von Umweltbelastungen in der Vorbehandlung ist, wenn dies möglich ist, die Vermeidung der Entstehung von Mischsäuren mit hohem Zink- und Eisengehalt, da diese schwer zu regenerieren und verwerten sind. Diese Mischsäuren entstehen, wenn das Entmetallisieren und das Entzinken der Hängevorrichtungen/Körbe nicht in getrennten Bädern erfolgen.	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Genaue Überwachung der Badparameter hinsichtlich Temperatur und Konzentration sowie der Beizwirkung des Bades und der Verwendung von Inhibitoren zur Vermeidung der Überbeizung ▪ Einbau einer Absauganlage und Behandlung der Abluft bei erwärmten oder höher konzentrierten Beizbädern ▪ Rückgewinnung der Wertstoffe (Säure, Zink) aus den Mischsäuren ▪ Nutzung der verbrauchten zinkhaltigen Beizlösung zur Flussmittelproduktion ▪ Getrenntes Entmetallisieren und Entzinken, wenn kein nachgeschalteter Verfahrensschritt für die Rückgewinnung der Wertstoffe aus den gemischten Beizen hausintern oder durch externen Spezialbetrieb möglich ist oder <ul style="list-style-type: none"> ▪ Externe Entsorgung der Mischsäuren, wenn eine getrennte Badführung für Entmetallisieren und Entzinken nicht möglich ist 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Regelmäßige Badanalysen und Optimierung der Fe- und HCl-Konzentration entlang der Sättigungslinie ▪ Einsatz von Netzmitteln, um Schaumdeckenbildung und Ausgasungen zu unterdrücken ▪ Externe Entsorgung der Mischsäuren durch einen autorisierten Fachbetrieb, da eine getrennte Badführung nicht möglich ist
Spülen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vor dem Spülen die verschiedenen Vorbehandlungslösungen jeweils gut abtropfen lassen ▪ Nach Entfetten und Beizen jeweils spülen ▪ Standspüle oder Spülkaskaden einsetzen ▪ Wiederverwendung des Spülwassers zum Auffüllen der Prozessbäder und abwasserfreie Fahrweise (wenn in Ausnahmefällen Abwasser entsteht, ist Abwasserbehandlung erforderlich) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Das Spülwasser nach dem Beizen wird zum Neuansatz von Beizen genutzt ▪ Kein Anfall von prozessbedingtem Abwasser

Fluxen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrolle der Badparameter und die Optimierung der Flussmittelmenge, auch zur Minderung der Emissionen in den nachfolgenden Verfahrensschritten ▪ Betriebsinterne oder externe Regenerierung der Flussmittelbäder 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einsatz eines raucharmen Flussmittels mit niedrigem NH₄Cl-Gehalt, um gasförmige Emissionen zu vermeiden ▪ Regelmäßige Badanalysen und Optimierung der Badzusammensetzung auch zur Minderung der Emissionen nachfolgender Verfahrensschritte ▪ Zweimal jährlich Entfernen von FeCl₂ und Wiederaufbereitung in hauseigener Neutralisationsanlage zur Verminderung des Hartzinkanfalls beim Verzinken ▪ Externe Entsorgung des Metallhydroxidschlammes (Bestandteile aus Entfettungsbad, Flussbad, Passivierungsbad) mit ca. 40 % Feststoffanteil durch einen autorisierten Fachbetrieb
Trocknung	Es liegen keine BVT vor	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nutzung von Abgasen aus dem Verzinkungssofen zur Unterstützung der Direktbeheizung mit dem gasbeheizten Umluftofen
Verzinkung	Die BVT im Zusammenhang mit dem Verzinken fokussieren auf die entstehenden staub- und gasförmigen Emissionen und den Umgang mit zinkhaltigen Abfällen.	
Verzinkung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Auffangen der beim Schmelztauchen entstehenden Emissionen durch Kapselung des Verzinkungskessels oder durch Randabsaugung sowie Verminderung der Staubemissionen durch Gewebefilter oder Nassabscheider ▪ Betriebsinterne oder externe Wiederverwendung des Staubes beispielsweise zur Fluxmittelherstellung ▪ Wärmerückgewinnung bei den Verzinkungskesseln zur Erzeugung von Warmwasser oder für Trocknungsprozesse ▪ Zinkhaltige Abfälle: Getrennte, vor Regen und Wind geschützte Lagerung und Wiederverwendung der enthaltenen Wertstoffe in der Nichteisenmetallindustrie oder anderen Branchen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erfassung der gas- und staubförmigen Emissionen durch Zinkbadeinhausung ▪ Zuführung der erfassten Emissionen in eine Gewebefilteranlage ▪ Gasförmige Emissionen ≤ 5 mg/m³, staubförmige Emissionen ≤ 3 mg/m³ ▪ Externe Entsorgung des Filterstaubs durch einen autorisierten Fachbetrieb ▪ Rückgewinnung von bis zu 50 % des metallischen Zinks aus der Zinkasche durch Ausschmelzen im hauseigenen Ausschmelzofen ▪ Rückführung der Abfallstoffe Zinkasche und Hartzink in den Produktionsprozess (Verkauf)
Nachbehandlung	Es liegen keine BVT vor	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Neutralisation der Passivierlösung in hauseigener Neutralisationsanlage ▪ Nutzung des Filtrats zum Neuansatz des Passivierungsbads ▪ Externe Entsorgung des Metallhydroxidschlammes (Bestandteile aus Entfettungsbad, Flussbad, Passivierungsbad) mit ca. 40 % Feststoffanteil durch einen autorisierten Fachbetrieb

Tab. 1: Maßnahmen zur Verminderung und Vermeidung negativer Umwelteinflüsse im Stand der Technik

1.2.4 Emissionsbegrenzungen o.ä. nach geltendem Recht

Emissionen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) sind die von einer Anlage ausgehenden Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnlichen Erscheinungen.

Gas- und staubförmigen Emissionen

Der Betrieb von Feuerverzinkungsanlagen ist mit gas- und staubförmigen Emissionen verbunden und daher nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) §10, Anhang 3.9, Spalte 1 genehmigungspflichtig. Im Bereich der Vorbehandlung ergeben sich primär gasförmige Emissionen. Beim eigentlichen Verzinkungsvorgang entstehen dampf-, gas- und staubförmige Emissionen unterschiedlicher Zusammensetzung.

Nach geltendem Recht sind Feuerverzinkungsanlagen an die Emissionsbegrenzungen der aktuellen Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) vom 24. Juli 2002 gebunden. Nach Abschnitt 5.4.3.9.1 dürfen:

- die Emissionskonzentrationen an gasförmigen anorganischen Chlorverbindungen in der Vorbehandlung, angegeben als Chlorwasserstoff (HCl), die Massenkonzentration von 10 mg/m³ nicht überschreiten;
- die Emissionen an Gesamtstaub im Abgas des Verzinkungskessels die Massenkonzentration von 5mg/m³ nicht übersteigen.

Lärmemissionen

Die Beurteilung von Lärmbelästigungen, die mit dem Betrieb der Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage inklusive Fahrverkehr in unmittelbarem Zusammenhang stehen, ist nach der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) vom 26.08.1998 vorzunehmen. Insbesondere dürfen während der Tagzeit (06.00 Uhr bis 22.00 Uhr) die Teilbeurteilungspegel für den Betrieb der Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage im Freien vor den geöffneten Fenstern von nach DIN 4109 schutzwürdigen Aufenthaltsräumen in der Nachbarschaft die folgenden reduzierten Immissionsrichtwerte ($IRW_{red.}$) Geräuschemissionen von 55 dB(A) nicht überschreiten. Falls der Betrieb in der Nachtzeit (22.00 Uhr bis 06.00 Uhr) zulässig ist, gilt ein $IRW_{red.}$ von 40 dB(A).

Die Immissionsrichtwerte gelten auch dann als verletzt, wenn einzelne kurzzeitige Pegelmaxima die nicht reduzierten Immissionsrichtwerte tagsüber um mehr als 30 dB(A) oder nachts um mehr als 20 dB(A) übertreffen (Spitzenpegelkriterium).

Wasserwirtschaft

Bei der Errichtung und dem Betrieb von Anlagen zum Umgang mit wassergefährlichen Stoffen ist neben den einschlägigen Wassergesetzen (Wasserhaushaltsgesetz -WHG- bzw. Bayerisches Wassergesetz -BayWG-) grundsätzlich die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährlichen Stoffen und über Fachbetriebe (Anlagenverordnung -VAwS-) vom 18.01.2006 in der jeweils neuesten Fassung zu beachten und einzuhalten.

2 Vorhabensumsetzung

2.1 Ziel des Vorhabens

Ziel des Vorhabens war die Errichtung und großtechnische Erstanwendung einer neuartigen energie- und ressourceneffizienten Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage, die es ermöglicht:

- die Kleinteilverzinkung geometrieunabhängig (erstmalig auch für komplex geformte Werkstücke) und mit flexibler bedarfsgerechter Temperatursteuerung (445-465 °C oder 540-560 °C) in einer neuartigen, einem fortschrittlichen Stand der Technik entsprechenden Verfahrenskombination auf einer Anlage im Schüttgut- bzw. Trommelverfahren automatisch durchzuführen;
- den Feuerverzinkungsprozess in den Produktionsprozess zu integrieren und damit ein hohes Maß an Prozesseffizienz zu erreichen;
- den gesamten Feuerverzinkungsprozess signifikant energie- und ressourceneffizienter und damit umweltschonender zu gestalten.

Dazu wurden modernste Verfahrenskomponenten aus der Feuerverzinkung und anderen Bereichen der Oberflächentechnik (z. B. Galvanik, Pulverbeschichtung) adaptiert und mit Ansätzen zur Automatisierung von Verfahrensschritten sowie modernster Umwelttechnik zu einem Anlagenkonzept verknüpft, das auf dem Markt weder bekannt noch verfügbar war. Im Einzelnen erwartete das Unternehmen, durch diese neuartige Verfahrenskombination gegenüber der Kleinteilverzinkung mit der Altanlage bei einer Produktionsmenge von rd. 5.600 t verzinkten Kleinteilen pro Jahr signifikante Umweltentlastungen durch Ressourcen- und Energieeinsparung sowie eine Reduzierung der daraus resultierenden CO₂-Emissionen zu erreichen. Darüber hinaus sollen gas- und partikelförmige Emissionen durch Emissionserfassung und -behandlung auf ein Minimum reduziert werden.

2.2 Darstellung des technischen Lösung

Die neue Kleinteilverzinkungsanlage überschreitet den Stand der Technik und zeichnet sich technisch gegenüber konventionellen Verfahren aus durch die erstmalige Zusammenführung:

- der besten verfügbaren Techniken und Verfahren der Feuerverzinkung;
- in Skandinavien bewährter direkter Heiztechnik, die das erste Mal in Deutschland zum Einsatz kommt;
- Verfahren und Verfahrenskomponenten aus anderen Bereichen der Oberflächentechnik, die das erste Mal in der Feuerverzinkung Anwendung finden;
- innovativer Förder- und Automatisierungstechniken, die erstmals die automatische Verzinkung komplex geformter Kleinteile erlaubt;
- moderner Wärmerückgewinnungssysteme, die die entstehende Abwärme in den Prozess zurückführen;
- moderner Umwelttechnologie, für eine fast 100 %-ige Erfassung von gas- und staubförmigen Emissionen.

Diese Verfahrenskomponenten wurden zu einem vollautomatischen, synchronisierten Gesamtsystem verknüpft, das auf dem Markt weder bekannt noch so verfügbar war. Die besondere Verfahrenskombination der Anlage ermöglicht es, die bisherigen Alternativverfahren NTV und HTV auf einer Anlage zu vereinen und auch komplex geformte Kleinteile in einem automatischen Prozess zu verzinken. Zudem wird es möglich, den Feuerverzinkungsprozess in den Produktionsprozess zu integrieren und signifikante Umweltentlastungen zu erreichen.

Folgende Darstellung zeigt ein vereinfachtes Schema der Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage, die auf einen Rohgutdurchsatz von maximal 4 t/h ausgelegt ist.

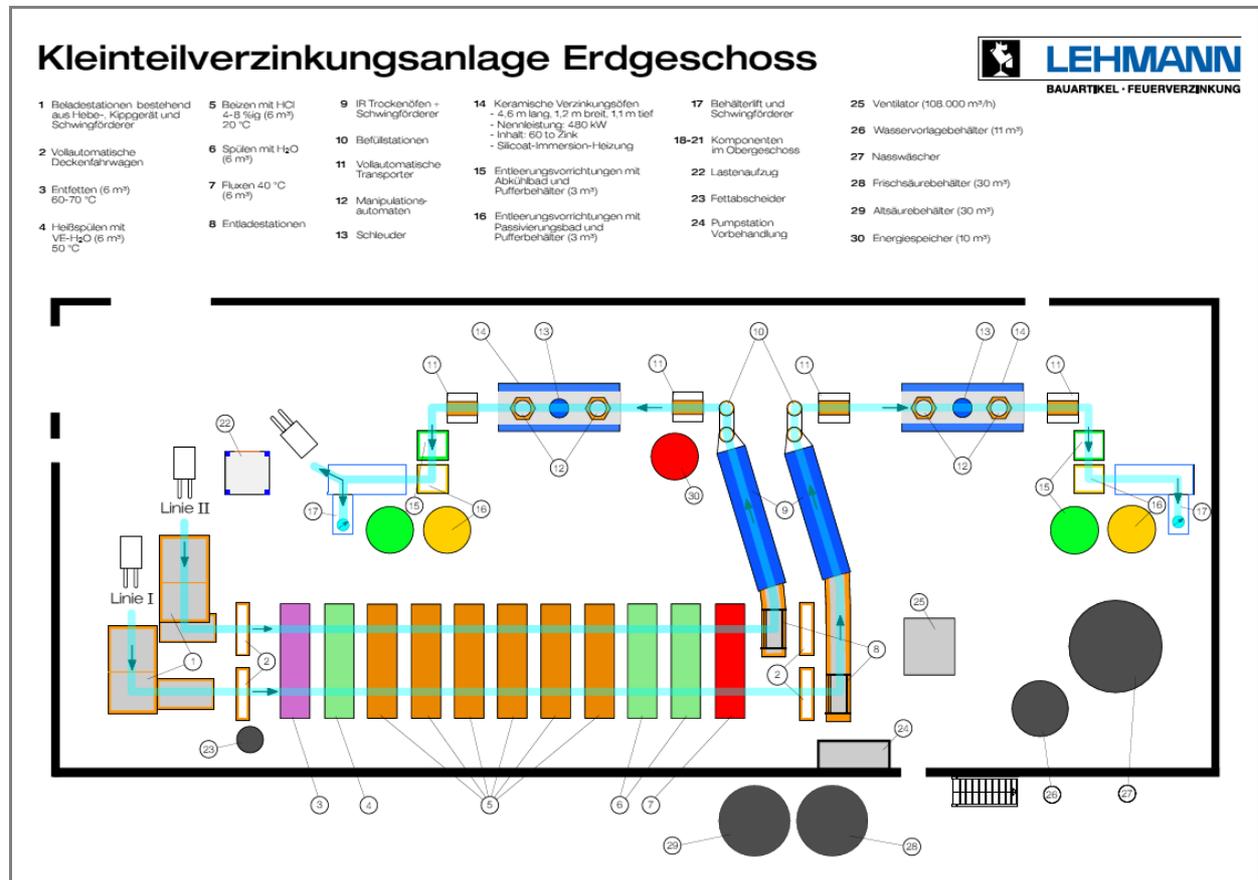


Abb. 3: Schematische Übersicht der neuen Kleinteil-Verzinkungsanlage

Die Verfahrensschritte der neuen Anlage werden im Folgenden auch im technischen Vergleich mit konventionellen Verfahren detailliert beschrieben.

2.2.1 Vorbehandlung

Adaption rotierender Trommelaggregate aus der Galvanik, die eine qualitativ hochwertige Vorbehandlung der Kleinteile sicherstellen

Insbesondere komplex geformte Kleinteile können aufgrund ihrer Geometrie und der dadurch bedingten Neigung zum Verhaken und Verklumpen im Stand der Technik nicht automatisch verzinkt werden, sondern müssen den Verzinkungsprozess analog zur Stückgutverzinkung durchlaufen.

In der neuen Kleinteil-Verzinkungsanlage durchlaufen die vorzubehandelnden Kleinteile unabhängig von ihrer Geometrie nicht mehr wie in konventionellen Anlagen an Hängevorrichtungen oder in Beizkörben die Vorbehandlung, die ohne manuelle Arbeitsschritte nicht auskommen. Stattdessen kommen rotierenden Trommelaggregate zum Einsatz in denen die Kleinteile automatisch die verschiedenen Tauchbäder durchlaufen. Diese Technik entspricht in der Galvanik dem Stand der Technik und wird erstmalig auf die Feuerverzinkung übertragen. Bis auf einzelne manuelle Eingriffe bei der Befüllung der Trommel erlaubt der Einsatz der Trommelaggregate eine automatische Vorbehandlung. Eine kontinuierliche Rotation der Aggregate in den Vorbehandlungsbädern führt zu einer besseren Wirkung der flüssigen Vorbehandlungsmittel durch eine ständig gleichbleibend verlaufende chemische Reaktion und stellt so gegenüber den konventionellen Verfahren eine gleichmäßig hohe Vorbehandlungsqualität sicher. Zudem wird durch die Rotation über den Vorbehandlungsbädern die Verunreinigung der jeweils nachfolgenden Tauchbäder (Verschlepp-

pung) vermieden. Durch getrennte Transportvorrichtungen in der Vorbehandlung und der Verzinkung entfällt in der Vorbehandlung das verfahrensbedingte Entzinken der Hängevorrichtung im Beizbad unter der Entstehung von Zinkchlorid (Stripping). Dies bringt eine signifikante Ressourceneinsparung und Abfallvermeidung mit sich.

2.2.2 Trocknung

Adaption der Infrarot-Wärmebehandlung aus der Pulverbeschichtung zur zielgerichteten, punktuellen Trocknung von Kleinteilen

Nach Abschluss der Vorbehandlung werden die Trommelaggregate entleert und die Kleinteile automatisch zur Trocknung vorbereitet. Zur Trocknung der vorbehandelten Teile wird erstmalig auf einen bereits in der Pulverbeschichtung eingesetzten Trockenofen zurückgegriffen, der auf Infrarot-Wärmetechnologie basiert und die Energie durch elektromagnetische Strahlung überträgt. Die zur Trocknung erforderliche Wärme entsteht direkt im Kleinteil, während konventionell mit fossilen Brennstoffen konstant eine Temperatur von 150 °C gehalten werden muss, um die Luft für die Trocknung zu erwärmen. Da die Energiezufuhr erst beim Durchlauf der Kleinteile im Trockenofen gezielt und bedarfsgerecht erfolgt - befinden sich keine Teile im Ofen erfolgt auch keine Wärmeabgabe - reduziert sich der Energiebedarf für die Trocknung signifikant.

2.2.3 Verzinkung

Implementierung einer elektrischen Immersionsbeheizung zur direkten und energieeffizienten Erwärmung der Zinkschmelze

Kernelement der neuen Kleinteilverzinkungsanlage ist die direkte, elektrische Beheizung der Zinkschmelze durch Immersionsstäbe (vergleichbar Tauchsiedern) die sich in der Zinkschmelze befinden statt der deutlich energieaufwendigeren indirekten Beheizung mittels fossiler Brennstoffe. Bei der Immersionsbeheizung treten im Gegensatz zur fossilen Beheizung der Zinkschmelze mit Brennern keine Wärme- bzw. Verbrennungsverluste auf. Zusätzlich weisen die Immersionsstäbe Vorteile hinsichtlich einer genaueren Temperaturjustierung auf. Die elektrische Immersionsbeheizung wird in Skandinavien standardmäßig in der Feuerverzinkung eingesetzt, bei LEHMANN kommt sie erstmalig in Deutschland zur Anwendung. Die Kleinteile werden in Schleuderkörben in die Zinkschmelze eingetaucht und unmittelbar nach Entstehen der Legierungsschicht über dem Zinkbad zentrifugiert, um überflüssiges Zink abzuschleudern. Das reduziert den Zinkbedarf und wirkt sich zusätzlich positiv auf die Legierungs- und Oberflächenqualität aus. Es kommen keramisch ausgekleidete Verzinkungswannen zum Einsatz, damit die zunehmend aggressiv ablaufenden chemischen Prozesse bei höheren Temperaturen der Zinkschmelze nicht das Wannenmaterial angreifen. Dies trägt zu einer weiteren Reduzierung des Zinkbedarfs bei, da die Reaktion zwischen Wannenmaterial und Zinkschmelze entfällt und damit der Anfall von Hartzink vermindert wird. Die Auslegung der Anlage auf zwei Verzinkungslinien führt zu einer hohen Produktionsflexibilität und Anlagenauslastung, da eine gleichzeitige Feuerverzinkung bei 445-465° und bei 540-560°C möglich ist.

2.2.4 Nachbehandlung

Integriertes Konzept zur Wärmerückgewinnung

Die beiden Nachbehandlungslinien bestehen aus je einem Abkühlbecken und einem Passivierbad (à je 4 m³). Die entstehende Wärmeenergie bei der Abkühlung des verzinkten Stahls wird über Wärmetauscher wieder in den Fertigungsprozess zurückgeführt. Die Rückführung erfolgt über einen zentralen Wärmespeicher, der darüber hinaus über eine Solartherme gespeist wird. Die gespeicherte Wärme wird neben der Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage auch für die Pulverbeschichtungsanlage in der benachbarten Halle genutzt. Wärmespeicher und Solartherme gehen über den ursprünglich geplanten und im Förderprojekt berücksichtigten Projektumfang hinaus und sind nicht im geförderten Projektvolumen enthalten.

2.2.5 Automatisches Transportsystem

Schwing-/Vibrationsfördersystem zur Vereinzelung komplexer Kleinteile als Voraussetzung zur automatischen Weiterbearbeitung in nachfolgenden Verfahrensschritten

Eine wesentliche Voraussetzung, um Kleinteile geometrieunabhängig als Schüttgut automatisch handhaben zu können, ist das in die Modellanlage integrierte Schwing-/Vibrationsfördersystem. Es ermöglicht Kleinteile mit komplexen Geometrien, die meist scharfkantig und gebogen sind und daher zum Verhaken und Verklumpen neigen, durch gezielte Rüttel-, Dreh-, und Kippbewegungen zu separieren und in eine geordnete Lage bringen. Das Schwing- / Vibrationsfördersystem macht den automatischen Transport komplexer Bauteile und deren automatische Übergabe an die nachfolgenden Verfahrensschritte erstmalig in der Feuerverzinkung möglich. Das Schwing-/Vibrationsfördersystem mit automatischen Wäge- und Umfüllvorrichtungen wird an den Schnittstellen zwischen Vorbehandlung und Trock-

nung, Trocknung und Verzinkung sowie Nachbehandlung und Montage eingesetzt. Die automatische Synchronisierung und Verzahnung der beteiligten Transportsysteme und die enge Einbindung der Verzinkung in die vorgelagerten (Kleinteilproduktion) und nachgelagerten (Montage und Verpackung) Verfahrensschritte durch die direkt an die Produktion angrenzende Halle, ermöglichen gegenüber konventionellen Anlagen eine deutlich höhere Prozesseffizienz und damit eine Vermeidung von ca. 1.200 grundstücksübergreifenden Transporten zwischen Produktion und Verzinkerei pro Jahr.

2.3 Umsetzung des Vorhabens

Die einzelnen Arbeitsschritte bei der Umsetzung des Vorhabens sind in Arbeitspakete zusammengefasst. Diese umfassten die Teilvorhaben:

- T1: Baumaßnahmen Halle und Halleninfrastruktur
- T2: Vorbehandlungslinie
- T3: Verzinkungslinie I
- T4: Verzinkungslinie II

Im Folgenden werden die Teilvorhaben im Einzelnen beschrieben und anhand einiger Fotos dokumentiert.

T1. Teilvorhaben Baumaßnahmen Halle und Halleninfrastruktur

Im Rahmen dieses ersten Arbeitspaketes wurde eine neue Halle errichtet in der Vorbehandlung, Verzinkung und Montage direkt an Produktions- und Lagerhalle angrenzend gemeinsam untergebracht sind. Diese räumliche Nähe der Halle mit ihrer speziell an die technischen und materialeitigen Anforderungen der neuen Kleinteil-Verzinkungsanlage angepassten Halleninfrastruktur stellt die grundlegenden Voraussetzungen für eine enge Verzahnung und automatische Synchronisation eines integrierten Produktions-, Verzinkungs- und Montageprozesses dar und leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur Prozesseffizienz sowie zur Realisierung der angestrebten Effekte des Vorhabens hinsichtlich energie-, ressourcen- und CO₂-Einsparung.

Für den An- und Einbau der neuen Halle sind Erd-, Stahl-, Holz-, Fassaden- und Dachbauarbeiten angefallen. Die Arbeiten im Rahmen der Halleninfrastruktur umfassten insbesondere:

- die Installation einer Bühne als Zwischendecke für die Montage, um die Prozessintegration und enge Verzahnung von Verzinkungs- und Montageprozess zu ermöglichen;
- die Installation von speziell an den Anforderungen der neuen Kleinteil-Verzinkungsanlage ausgerichteten und notwendigen Vorrichtungen für Trage- und Transportinstallationen (z.B. Träger für Deckenfahrwagen der Vorbehandlungslinie);
- die Installation von notwendigen Anlagen für Stromversorgung und Brandschutz.



Abb. 4: Baumaßnahmen Halle (Außenansicht)



Abb. 5: Baumaßnahmen Halle / Halleninfrastruktur (Innenansicht)

T2. Teilvorhaben Vorbehandlungslinie

Im zweiten Arbeitspaket wurden die Vorbehandlungslinien der neuen Anlage aufgebaut. Dies umfasste pro Linie die Installation eines/r:

- eingehausten automatischen Deckenfahrwagens;
- Trommelaggregats;
- Be- und Entladestation mit Hub- und Senkeinrichtung zur Befüllung und Leerung der Trommeln.

Außerdem wurden 11 heizbare Behälter (à 6 m³) für die Prozess- und Spülbäder, ein Emissionsabsaugsystem (inkl. Nasswäscher, Abluftsystem mit einer Nennleistung des Saugzugventilators von 90.000 m³/h) und zwei Tanks (à 30 m³) für HCl-Frischsäure bzw. gebrauchte Fe-haltige saure Beizlösungen für die Vorbehandlungslinien installiert.



Abb. 6: Aufbau der Vorbehandlungsbäder



Abb. 7: Installation der Absaugung



Abb. 8: Vorbehandlungslinie mit Deckenwagen



Abb. 9: Füllstation der Trommelaggregate

T3. Teilvorhaben Verzinkungslinie I (inkl. Trocknung, Transport, Nachbehandlung)

Im Rahmen des Teilvorhabens Verzinkungslinie I wurden folgende Verfahrenskomponenten für die Verzinkungslinie I+II installiert und die Verzinkungslinie I inkl. vor- und nachgelagerter Prozessschritte in Betrieb genommen:

- Infrarottrockenöfen;
- Automatische Wäge-, Umfüllvorrichtung sowie Transportvorrichtungen inkl. Schwing-/Vibrationsfördersystem an den Schnittstellen zwischen Trocknung und Verzinkung, Verzinkung und Nachbehandlung, Nachbehandlung und Montagelinie;
- Vollständig eingehauste keramischen Feuerverzinkungsöfen (I+II) mit elektrischer Immersionsbeheizung (Füllmenge ca. 60 t je Ofen);
- Zentrifugen zum Abschleudern des überschüssigen Zinks oberhalb der Verzinkungsöfen und innerhalb einer Einhausung;
- Pneumatische Sinterlamellenfilteranlage zur Filterung und Behandlung der gas- und staubförmigen Emissionen während des Verzinkungsprozesses (Nennleistung des Saugzugventilators 15.000 m³/h je Ofen);
- Wärmerückgewinnung an den Nachbehandlungsbädern (Wärmetauscher);
- Prozessintegration und Inbetriebnahme der Montagelinie, die über einen Behälterlift und das Schwing- / Vibrationsfördersystem automatisch mit der Nachbehandlung verbunden ist.

Die Komponenten der Verzinkungslinien wurden zeitlich parallel mit den Komponenten der Vorbehandlungslinie installiert und Vorbehandlung und Verzinkungslinie I wurden gleichzeitig in Betrieb genommen.



Abb. 10: Aufbau des Verzinkungssofens



Abb. 11: Keramisch ausgekleideter Verzinkungssofen



Abb. 12: Verzinkungssofen



Abb. 13: Zentrifuge mit Schleuderkorb



Abb. 14: Aufbau Filteranlage



Abb. 15: Vibrationsfördersystem und Trockenofen

T4. Teilvorhaben Verzinkungslinie II (inkl. Prozessintegration)

Im Rahmen des Teilvorhabens Verzinkungslinie II wurde diese auf Basis der Erfahrungen bei der Inbetriebnahme der Verzinkungslinie I in Betrieb genommen und ins Gesamtsystem integriert. Dem schloss sich die Optimierung und Feinabstimmung des Gesamtsystems / -prozesses mit beiden Verzinkungslinien hinsichtlich Synchronisation und Erreichung der angestrebten Taktzeiten an.

2.3.1 Arbeitsschritte von der Planungsphase bis zur Inbetriebnahme

Im Folgenden wird der zeitliche Ablauf der Umsetzung des Vorhabens dargestellt.

Notwendige Genehmigungs- und Planungsaktivitäten vor Vorhabensbeginn	Januar bis Juli 2009	<ul style="list-style-type: none"> Notwendige Planung zur Beantragung der immissionsrechtlichen Genehmigung für Errichtung und Betrieb einer Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage (nach § 4 BImSchG)
	Juli 2009	<ul style="list-style-type: none"> Erteilung der immissionsrechtlichen Genehmigung
	Juli bis September 2009	<ul style="list-style-type: none"> Erstellung und Einreichung einer Projektskizze im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms (UIP)
	September 2009 bis Januar 2010	<ul style="list-style-type: none"> Aufforderung zur Antragstellung im Rahmen des UIP Erstellung und Einrichtung der Antrags- und zusätzlichen Unterlagen Beantragung des vorzeitigen Vorhabensbeginns Genehmigung des förderunschädlichen vorzeitigen Vorhabensbeginns zum 13. Januar 2010
Vorhabensbeginn	13. Januar 2010	
Aktivitäten während der Vorhabenslaufzeit	ab 13. Januar 2010	<ul style="list-style-type: none"> Beauftragung der Baumaßnahmen für die Errichtung der Halle Bestellung der Anlagenkomponenten
	März bis September 2010	<ul style="list-style-type: none"> Errichtung der Halle
	Mai 2010	<ul style="list-style-type: none"> Bewilligung der Zuwendung im Rahmen des UIP
	Juli bis Oktober 2010	<ul style="list-style-type: none"> Aufbau der Halleninfrastruktur (Bühnenkonstruktion, Heizung, Elektrik, Druckluft, Sprinkleranlage)
		<ul style="list-style-type: none"> Aufbau und Montage Vorbehandlungslinie
		<ul style="list-style-type: none"> Montage Verzinkungsöfen I+II (Öfen und Energieversorgung)
	August bis November 2010	<ul style="list-style-type: none"> Aufbau Fördertechnik (inkl. Trockenöfen, Schwing- / Vibrationsfördersystem)
		<ul style="list-style-type: none"> Installation Energiekonzept (nur teilweise im Umfang des beantragten Vorhabens enthalten)
	November 2010	<ul style="list-style-type: none"> Inbetriebnahme Vorbehandlung und Verzinkungslinie I (inkl. Trocknung, Nachbehandlung) Prozessintegration und Inbetriebnahme Montagelinie
	Januar 2011	<ul style="list-style-type: none"> Erstellung von Zwischenverwendungsnachweis und Zwischenbericht im Rahmen des UIP
März 2011	<ul style="list-style-type: none"> Inbetriebnahme Verzinkungslinie II 	
März bis Oktober 2011	<ul style="list-style-type: none"> Optimierung und Feinabstimmung des Gesamtsystems/-prozesses, so dass mit der Kleinteil-Verzinkungsanlage im Niedrig- und Hochtemperaturbereich (NTV und HTV) parallel gefahren werden kann 	
Vorhabensende	31. Oktober 2011	
Aktivitäten nach Vorhabensende	Dezember 2011 bis April 2012	<ul style="list-style-type: none"> Erfolgskontrolle zum Nachweis der Wirksamkeit der durchgeführten Maßnahmen hinsichtlich angestrebter Energie- / Ressourcen- und CO₂-Einsparungen im Rahmen eines Mess- und Untersuchungsprogramms Erstellung Abschlussbericht / -verwendungsnachweis im Rahmen des UIP

Tab. 2: Arbeitsschritte des Vorhabens von der Planungsphase bis zur Inbetriebnahme

2.3.2 Hemmnisse während des Vorhabens

Der kritische Erfolgsfaktor des Vorhabens war die enge Verzahnung und Synchronisation der einzelnen Anlagenkomponenten und der sie verbindenden Transportvorrichtungen. Erst sie gewährleistet einen aufeinander abgestimmten vollständig automatischen Prozessablauf vom Zeitpunkt der Befüllung des Schwing-/Vibrationsfördersystems mit dem vorzubehandelnden Verzinkungsgut aus der Produktion, durch den gesamten Vorbehandlungs- Trocknungs- und Verzinkungsprozess hindurch bis zur Nachbehandlung, um die gesteckten Ziele hinsichtlich Automatisierungsgrad, Prozessgeschwindigkeit und -effizienz, Produktionskapazität bei hoher Energie- und Ressourceneffizienz und gleichzeitig hoher Qualität des Verzinkungsergebnisses zu erreichen. Bei der neuartigen Kleinteil-Verzinkungsanlage handelt es sich um ein vollkommen neues Anlagenkonzept, in dem erstmalig dem Stand der Technik entsprechende Verfahren und Verfahrenskomponenten zu einer neuartigen Verfahrenskombination verknüpft werden. Vor dem Hintergrund, dass man hier nicht auf eine "Anlage von der Stange" zurückgegriffen hat, sondern es sich fast ausschließlich um Sondermaschinenbau handelt, konnten LEHMANN und seine externen Dienstleister nur begrenzt auf vorhandene Erfahrungen zurückgreifen. Dies betrifft vor allem die Anpassungen hinsichtlich der Spezifika der Feuerverzinkung, insbesondere zur Bewältigung der Herausforderungen, die sich bei der Verzinkung komplex geformter Bauteile ergeben. Außerdem die optimale Vernetzung und Synchronisation der einzelnen Anlagenkomponenten miteinander. Hat man bereits bei der Antragstellung eine Herausforderung in der opti-

malen Vernetzung und Synchronisation gesehen, so haben sich die Komplexität des Vorhabens und der Aufwand die unterschiedlichen Komponenten aus unterschiedlichen Branchen miteinander zu kombinieren und optimal aufeinander abzustimmen im Rahmen der tatsächlichen Installation, Inbetriebnahme und mechanischen und steuerungstechnischen Vernetzung als deutlich größer herausgestellt als erwartet. Es galt, einen aufeinander abgestimmten vollständig automatischen Prozessablauf vom Zeitpunkt der Befüllung des Schwing-/Vibrationsfördersystems mit dem vorzubehandelnden Verzinkungsgut aus der Produktion durch den gesamten Vorbehandlungs-, Trocknungs- und Verzinkungsprozess bis hin zur Nachbehandlung und Montage zu erreichen. Um dieses Ziel trotz der hohen Komplexität und Harmonisierungsschwierigkeiten der Anlagenkomponenten zu meistern:

- waren in der ursprünglichen Planung nicht vorhersehbare zusätzliche Investitionen speziell für die mechanische- und steuerungstechnische Vernetzung erforderlich;
- wurden die Lieferanten für die Inbetriebnahme länger in Anspruch genommen;
- war mehr Personalkapazität bei LEHMANN selbst erforderlich.

Durch diese zusätzlichen Maßnahmen konnten die Hemmnisse behoben und die notwendigen Arbeitsschritte bis zum Ende des Berichtszeitraums wie geplant durchgeführt werden.

2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

LEHMANN benötigte im Vorfeld des Vorhabens eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung gemäß § 4 des Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) für Errichtung und Betrieb der Anlage in der Berliner Str. 21, 93073 Neutraubling, die am 2. Juli 2009 erteilt wurde.

Die immissionsrechtliche Genehmigung ersetzt aufgrund ihrer Konzentrationswirkung gemäß § 13 BImSchG die erforderliche Baugenehmigung für die Errichtung der Anlage(n). Aus bauplanungsrechtlicher Sicht liegt ein Bebauungsplan vor, aufgrund dessen Festsetzungen das Vorhaben zulässig ist.

Auf Basis der allgemeinen Vorprüfung anhand der Antragsunterlagen und aufgrund der Stellungnahmen der Fachbehörden, insbesondere des Umweltschutzingenieurs und der LGA hat das Landratsamt Regensburg festgestellt, dass eine Umweltverträglichkeitsprüfung nach dem Gesetz der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) nicht erforderlich ist, da das konkrete Vorhaben lt. Genehmigung im Rahmen des BImSchG vom 2. Juli 2009 "keine erheblichen nachteiligen Umweltauswirkungen haben kann".

2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten (Konzeption und Durchführung des Mess- und Untersuchungsprogramms)

Der Nachweis der hohen Energie- und Ressourceneffizienz der neuen Anlage, d.h. die Wirksamkeit der durchgeführten Maßnahmen wird im Rahmen eines Mess- und Untersuchungsprogramms erbracht. Hierzu wurden:

- der Verbrauch an fossiler Energie (nur für Altanlage relevant);
- der Verbrauch an elektrischer Energie;
- die entstehenden CO₂-Emissionen,
- der Verbrauch an Ressourcen (Zink, Salzsäure);
- die Entstehung von Zinkchlorid zur Entsorgung;
- die entstehenden gas- und staubförmigen Emissionen;

vergleichend für die Altanlage und die neue Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage erfasst und auf die Produktionsmenge bezogen, um auf dieser Basis die erwartete signifikante Energie- und Ressourceneinsparung der neuen Anlage darstellen zu können. Das geplante Hauptprodukt der neuen Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage sind Rinnenhaken (99 % der Produktionsmenge). Deshalb wurden die Messungen (bei der Altanlage) ausschließlich bei deren Verzinkung durchgeführt. Es sind somit gleiche Materialstärken (ca. 6 mm) und spezifische Materialoberflächen (ca. 50 m²/t) gegeben.

Für den Vergleich der beiden Anlagen wurden Messungen der bestehenden Anlage aus 2010 und der neuen Kleinteilverzinkungsanlage aus 2011 herangezogen. Aufgrund der saisonalen Schwankungen der Produktion innerhalb eines Geschäftsjahres werden hierzu jeweils komplette Geschäftsjahre von LEHMANN verglichen.

Die in den folgenden Messplänen detailliert dargestellten Messungen wurden durch die TÜV SÜD Industrieservice GmbH vorgenommen. Die TÜV SÜD Industrieservice GmbH ist ein akkreditiertes Institut nach DIN EN 17025 und ist nach §§ 26, 28 BImSchG zugelassen für die Emissionsmessung von Industrieanlagen sowie für die Kalibrierung und Funktionsprüfung von kontinuierlichen Messeinrichtungen. Die Untersuchungen beziehen sich auf die Prozessschritte Vorbehandlung, Trocknung und Verzinkung, an denen die Umweltschutzeffekte der neuen Anlage erwartet werden.

2.5.1 Messplan für die Altanlage

Messort	Messgrößen	Rechengrößen	Ergebnisgrößen
VORBEHANDLUNG			
Kesselabgas	O ₂ CO ₂ Abgasmenge	Abgasverlust	Energieverbrauch CO ₂ -Emission*
Brennstoffleitung	Erdgasverbrauch	Feuerungsleistung	
Warmwasserleitung	Umlaufmenge Umlauftemperatur Rücklauftemperatur	Wärmebedarf Vorwärmung Sonstige Verluste Feuerung	Wärmebedarf Vorwärmung
Vorbehandlung	Bädertemperaturen Umgebungstemperatur Produktionsmenge	Produktionsleistung Nutzwärme Materialvorwärmung Wärmebedarf Warmhalten	
Badoberfläche (darüber)	HCl Konzentration	(diffuse Emission)	HCl-Emission
TROCKNUNG			
Kesselabgas	O ₂ CO ₂ Abgasmenge	Abgasverlust	Energieverbrauch CO ₂ -Emission*
Brennstoffleitung	Erdgasverbrauch	Feuerungsleistung	
Trocknung	Temperatur Vorbehandlung Trocknungstemperatur Produktionsmenge	Produktionsleistung Nutzwärme Trocknung Wärmebedarf Warmhalten	Wärmebedarf Trocknung
VERZINKUNG			
Kesselabgas	O ₂ CO ₂ Abgasmenge	Abgasverlust	Energieverbrauch CO ₂ Emission*
Brennstoffleitung	Erdgasverbrauch	Feuerungsleistung	
Materialwaage	Traverse leer Traverse beladen Traverse beladen verzinkt Traverse leer verzinkt	Zinkverbrauch Material Zinkverbrauch Traverse**	Zinkverbrauch** Salzsäureverbrauch** Anfall ZnCl ₂ **
Verzinkung	Stromverbrauch Abgasgebläse	Energiebedarf	Energieverbrauch CO ₂ -Emission*
	Temperatur Verzinkungsbad Trocknungstemperatur Produktionsmenge	Produktionsleistung Materialerwärmung Verzinkung Wärmebedarf Warmhalten	Wärmebedarf Verzinkung
Abluftkamin	Staubgehalt Abgasmenge	Staub-Emissionsmassenstrom	Staubemission

*CO₂-Emissionen pro kWh gemäß aktuellen Werten: Deutscher Strommix 2010 (Stand April 2012): 0,544 kg CO₂/kWh und Erdgas: 0,201 kg CO₂/kWh.

**Salzsäureverbrauch und Anfall von ZnCl werden rechnerisch auf Basis des Zinkverbrauchs ermittelt

Tab. 3: Konzeption Mess- und Untersuchungsprogramm: Messplan für die alte Anlage

Anmerkungen zum Mess- und Untersuchungsprogramm der alten Anlage (Gliederungspunkt 2.5.1):

- Der überwiegende Teil der Ergebnisgrößen wurde durch direkte Verbrauchsmessungen ermittelt.
- Der Zinkverbrauch, der durch die Verzinkung einer Traverse entsteht, wurde durch Wiegen einer Traverse vor und nach der Verzinkung ermittelt.
- Der dadurch entstehende Verbrauch an 31 % Salzsäure sowie der Anfall von ZnCl (Zinkchlorid) bei der notwendigen Entzinkung der Traverse wurden auf der Basis des so ermittelten Zinkverbrauchs rechnerisch ermittelt. Bei dieser Berechnung wurde auf Grundlage der Praxiserfahrung davon ausgegangen, dass die Beize bei einer 90 %-igen Sättigung durch Zink in der Säure verworfen und neu angesetzt wird.

2.5.2 Messplan für die neue Anlage

Messort	Messgrößen	Rechengrößen	Ergebnisgrößen
VORBEHANDLUNG			
Warmwasserleitung Wärmerückgewinnung	Umlaufmenge	Nutzwärme Rückgewinnung	Energieverbrauch CO ₂ -Emission*
	Umlauftemperatur Rücklauftemperatur		
Heizung Vorwärmung	Stromverbrauch	Zusatzenergiebedarf	
Vorbehandlung	Bädertemperaturen Umgebungstemperatur Produktionsmenge	Produktionsleistung Nutzwärme Materialvorwärmung Wärmebedarf Warmhalten	Wärmebedarf Vorwärmung
Abgaskamin	HCl Konzentration Abgasmenge	HCL-Emissionsmassenstrom	HCl-Emission
TROCKNUNG			
Infrarottrocknung	Stromverbrauch	Energiebedarf	Energieverbrauch CO ₂ -Emission*
	Temperatur Vorbehandlung Trocknungstemperatur Produktionsmenge	Produktionsleistung Energie Materialvorwärmung Energiebedarf Warmhalten	Wärmebedarf Trocknung
VERZINKUNG			
Materialwaage	Material unverzinkt Material verzinkt	Zinkverbrauch Material	Zinkverbrauch
Verzinkung	Stromverbrauch	Energiebedarf	Energieverbrauch CO ₂ -Emission*
	Temperatur Verzinkungsbad Trocknungstemperatur Produktionsmenge	Produktionsleistung Materialerwärmung Verzinkung Wärmebedarf Warmhalten	Wärmebedarf Verzinkung
Abluftkamin	Staubgehalt Abgasmenge	Staub-Emissionsmassenstrom	Staubemission

*CO₂-Emissionen pro kWh Strom gemäß aktuellen Werten für den deutschen Strommix 2010 (Stand April 2012: 0,544 kg CO₂/kWh)

Tab. 4: Konzeption Mess- und Untersuchungsprogramm: Messplan für die neue Anlage

3 Ergebnisse

3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung

Wie im Gliederungspunkt 2.3.2. Hemmnisse beschrieben, war die enge Verzahnung und Synchronisation der einzelnen Anlagenkomponenten und der sie verbindenden Transportvorrichtungen der kritische Erfolgsfaktor des Vorhabens. Erst sie gewährleistet einen aufeinander abgestimmten vollständig automatischen Prozessablauf vom Zeitpunkt der Befüllung des Schwing-/Vibrationsfördersystems mit dem vorzubehandelnden Verzinkungsgut aus der Produktion durch den gesamten Vorbehandlungs-, Trocknungs- und Verzinkungsprozess hindurch bis zur Nachbehandlung. Nur durch eine erfolgreiche Anlagenvernetzung und –synchronisation ließen sich die gesteckten Ziele hinsichtlich Automatisierungsgrad, Prozessgeschwindigkeit und -effizienz, Produktionskapazität bei hoher Energie- und Ressourceneffizienz und gleichzeitig hoher Qualität des Verzinkungsergebnisses erreichen.

Der Anlagenvernetzung und –synchronisation musste deshalb im Rahmen des Vorhabens besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, mehr noch als bereits in der ursprünglichen Planung vorgesehen. Gleichwohl wurde die neue Feuerverzinkungsanlage in der vorgesehenen Zeit erfolgreich errichtet und in Betrieb genommen.

Trotz erwartungsgemäß höherem Ressourcen- und Energieaufwand für Testläufe bis zur optimalen Synchronisation und Taktung der neuen Anlage nach der Inbetriebnahme, konnten die ursprünglichen Erwartungen hinsichtlich Ressourcen- und Energieeffizienz sowie CO₂- und insgesamt Emissionsreduzierung bereits im ersten Jahr nach der Inbetriebnahme übertroffen werden. Es ist davon auszugehen, dass die Ressourcen- und Energieeffizienz der Anlage in den Folgejahren, mit einer optimal abgestimmten, getakteten und eingefahrenen Anlage, noch weiter verbessert werden kann.

Stoff-, Energie und Umweltbilanz des Vorhabens sowie eine Wirtschaftlichkeitsanalyse werden in den folgenden Gliederungspunkten 3.2, 3.3 und 3.4 im Einzelnen dargestellt.

Über die dort beschriebenen Einsparungen hinaus ergeben sich weitere Kraftstoff- und CO₂-Einsparungen durch die Integration der Verzinkung in die Produktion. Hier können pro Jahr ca. 1.200 bisher notwendige LKW Transporte zwischen Produktion und der Verzinkerei entfallen. Diese sind im Rahmen der Bilanzierung jedoch nicht weiter quantifiziert worden.

3.2 Stoff- und Energiebilanz (Ergebnisse des Mess- und Untersuchungsprogramms)

In der Stoff- und Energiebilanz werden die signifikanten Einsparungen an Energie, Ressourcen (insbesondere Zink, Salzsäure) und Zinkchlorid zur Entsorgung deutlich, die durch die neue Kleinteilverzinkungsanlage erzielt werden können. Auf Basis einer Produktionsmenge von rd. 5.600 t verzinktem Produkt pro Jahr wurde gegenüber der ursprünglich bestehenden Anlage bereits im ersten Jahr nach der Inbetriebnahme der neuen Kleinteilverzinkungsanlage:

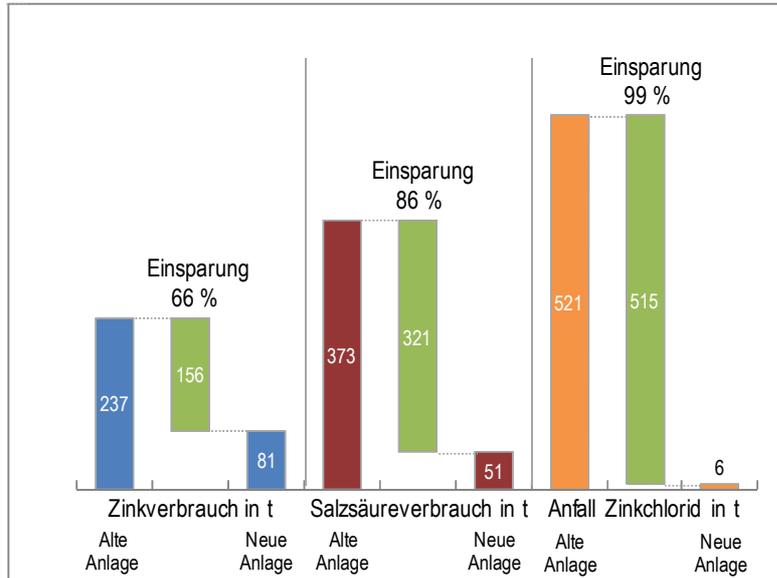
- durch den Wegfall von Verbrennungs- bzw. Abgasverlusten, die Rückgewinnung von Prozesswärme und insgesamt einen sehr effizienten Energieeinsatz der **Primärenergieverbrauch⁸ um 43 % (1.990 MWh/a) gesenkt**, dabei wird vollständig auf den Einsatz von fossilen Energieträgern verzichtet, die durch elektrische Energie ersetzt werden;
- durch den Wegfall der Entzinkung der Transportgestelle und das Abschleudern des überschüssigen Zinks nach der Verzinkung der **Zinkverbrauch um 66 % (rd. 156 t/a) reduziert**;
- ebenfalls durch den Wegfall der Entzinkung der Transportgestelle zusätzlich **86 % Salzsäure (rd. 321 t/a) eingespart** und der **Anfall von Zinkchlorid zur Entsorgung um 99 % (rd. 515 t/a) reduziert**;
- durch die Reduzierung des direkten Energieverbrauchs und durch den verminderten Einsatz der Ressourcen Zink und Salzsäure (über die Betrachtung des Lebenszyklus) der **Ausstoß von CO₂ insgesamt um 43 % (rd. 948 t/a) reduziert⁹**.
- durch die Integration der Verzinkung in die Produktion pro Jahr ca. 1.200 Lkw bisher notwendige LKW Transporte zwischen Produktion und Verzinkerei entfallen.

⁸ Für die Berechnung der Gesamtenergieeinsparung an fossiler Energie und elektrischer Energie wurde elektrische Energie in Primärenergie umgerechnet. Da in der alten Anlage Gas als Primärenergieträger eingesetzt wird, wurde dazu der Wirkungsgrad von 60 % eines GuD-Kraftwerks angesetzt, um den Primärenergieverbrauch zu ermitteln.

⁹ Zugrundeliegende CO₂-Emissionsfaktoren (Quelle: UBA und Probas Datenbank) für die Berechnung:
Erdgas = 0,201 kg CO₂/pro kWh, deutscher Strommix = 0,544 kg CO₂/pro kWh, Zink = 4,67 kg CO₂/pro kg, 31 %-ige Salzsäure = 0,30 kg CO₂/pro kg

Energie und Ressourcenverbrauch, Anfall des Reststoffs Zinkchlorid (ZnCl) und Einsparungen sind im Folgenden im Detail dargestellt¹⁰.

Ressourceneinsparung pro Jahr



Primärenergieeinsparung pro Jahr

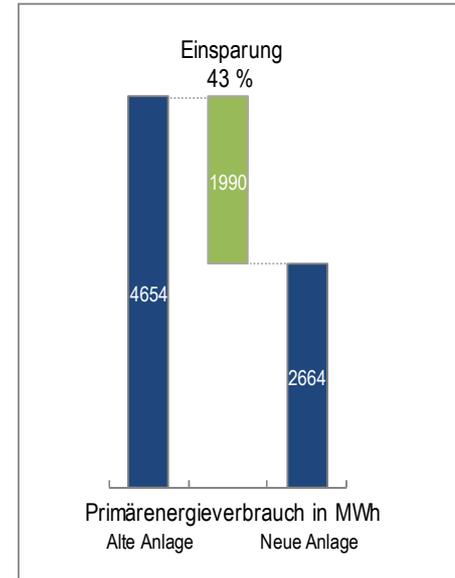


Abb. 16: Ressourcen- und Energieverbrauch sowie Einsparung pro Jahr im Vergleich zwischen alter und neuer Anlage

Energie- / Ressourcenverbrauch / Anfall von Material zur Entsorgung (pro Jahr)	Alte Anlage	Neue Anlage	Einsparung pro Jahr
Ressourcenverbrauch Zink	237.495 kg	81.395 kg	rd. 156 t
Ressourcenverbrauch Salzsäure	372.856 kg	51.457 kg	rd. 321 t
Anfall Zinkchlorid (ZnCl) zur Entsorgung	520.538 kg	5.575 kg	rd. 515 t
Primärenergieverbrauch gesamt ¹¹	4.654 MWh	2.644 MWh	1.990 MWh
Elektrisch (Strom)	266 MWh	1.598 MWh	-1.330 MWh
Fossil (Erdgas)	4.209 MWh	0 MWh	4.209 MWh

Die Energie- und Ressourceneinsparung durch die neue Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage teilt sich wie folgt auf die einzelnen Phasen des Feuerverzinkungsprozesses auf:

Einsparung pro Jahr ggü. der Altanlage	Vorbehandlung	Trocknung	Verzinkung	Peripherie	Gesamt
Ressourcen					
Zink	100 t/a	-	56 t/a	-	156 t/a, 66 %
Salzsäure	321 t/a	-	-	-	321 t/a, 86 %
Abfallvermeidung					
Zinkchlorid (ZnCl) zur Entsorgung	515 t/a				515 t/a, 99 %
Primärenergie gesamt (Strom umgerechnet über GuD-Wirkungsgrad 60 %)	743 MWh/a	626 MWh/a	573 MWh/a	49 MWh/a	1.990 MWh/a, 43 %
Elektrisch (Strom)	-	- 70 MWh/a	- 1.290 MWh/a	30 MWh/a	-1.330 MWh/a
Fossil (Erdgas)	743 MWh/a	743 MWh/a	2.724 MWh/a		4.209 MWh/a

¹⁰ Eine weitere Detaillierung und Darstellung der Einsparung in t pro Produkt findet sich im Anhang 2 (Darstellung der Berechnungsbasis in Anhang 1) dieses Berichts (nicht veröffentlicht).

¹¹ Für die Berechnung des Gesamtprimärenergieverbrauchs an fossiler und elektrischer Energie wurde die elektrische Energie auf den Verbrauch von Primärenergieträgern umgerechnet. Da in der alten Anlage Erdgas als Primärenergieträger eingesetzt wird, wurde der Wirkungsgrad von 60 % für die Energieerzeugung mit einem GuD-Kraftwerk angesetzt, um den Primärenergieverbrauch zu ermitteln.

3.3 Umweltbilanz (Ergebnisse des Mess- und Untersuchungsprogramms)

Sowohl direkt durch die Reduzierung des Energieverbrauchs als auch indirekt durch den verminderten Einsatz der Ressourcen Zink und Salzsäure (über die Betrachtung des Lebenszyklus) sowie durch den Einsatz modernster Emissionserfassungs- und -behandlungssysteme in der neuen Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage konnte deren Umweltwirkung im Vergleich zur alten Anlage signifikant verbessert werden.

3.3.1 Reduzierung der CO₂-Ausstoßes¹²

Auf Basis einer Produktionsmenge von rd. 5.600 t verzinktem Produkt pro Jahr konnten gegenüber der ursprünglich bestehenden Anlage bereits im ersten Jahr nach der Inbetriebnahme der neuen Kleinteilverzinkungsanlage der CO₂-Ausstoß wie folgt reduziert werden¹³.

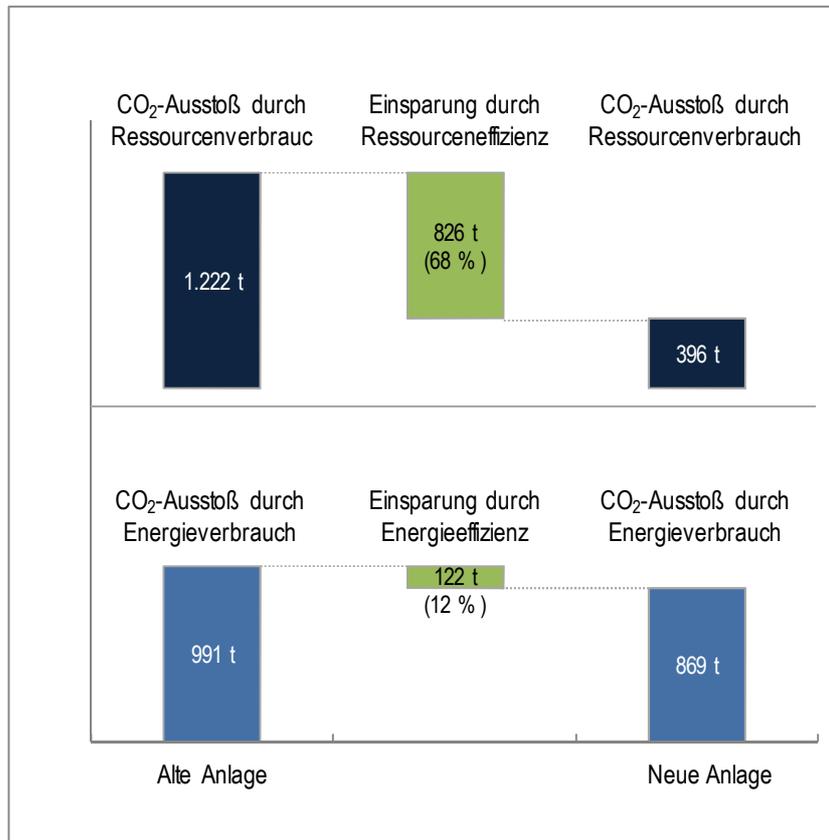


Abb. 17: CO₂-Ausstoß und Einsparung pro Jahr im Vergleich zwischen alter und neuer Anlage

CO ₂ -Ausstoß (pro Jahr)	Alte Anlage	Neue Anlage	Einsparung pro Jahr
durch Energieverbrauch	991 t	869 t	122 t (12 %)
durch Ressourcenverbrauch (Lebenszyklusbetrachtung für Zink, Salzsäure)	1.222 t	396 t	826 t (68 %)
GESAMT pro Jahr	2.213 t	1.265 t	948 t (43 %)

¹² Zugrundeliegende CO₂-Emissionsfaktoren (Quelle: UBA und Probas Datenbank) für die Berechnung:

Erdgas = 0,201 kg CO₂ pro kWh, deutscher Strommix = 0,544 kg CO₂ pro kWh, Zink = 4,67 kg CO₂ pro kg, 31 %-ige Salzsäure = 0,30 kg CO₂ pro kg

¹³ Eine detaillierte Darstellung der Einsparung in t pro Produkt findet sich im Anhang 3 (Darstellung der Berechnungsbasis in Anhang 1) dieses Berichts (nicht veröffentlicht).

Die Energie- und Ressourceneinsparung durch die neue Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage teilt sich wie folgt auf die einzelnen Phasen des Feuerverzinkungsprozesses auf:

Einsparung pro Jahr ggü. der Altanlage	Vorbehandlung	Trocknung	Verzinkung	Peripherie	Gesamt	
CO₂-Emission	715 t/a	111 t/a	106 t/a	16 t/a	948 t/a	43 %
durch Energieeffizienz	149 t/a	111 t/a	- 154 t/a	16 t/a	122 t/a	12 %
durch Ressourceneffizienz	566 t/a	-	260 t/a	-	826 t/a	68 %

Durch den vollständigen Verzicht auf die Nutzung fossiler Energieträger und den Umstieg auf elektrische Energie entfällt bereits heute die direkte Freisetzung von CO₂-Emissionen durch die neue Kleinteil-Verzinkungsanlage. CO₂-Emissionen entstehen jedoch indirekt

- durch den Energieverbrauch im Lebenszyklus der für den Feuerverzinkungsprozess verwendeten Ressourcen;
- durch die Zusammensetzung des deutschen Strommix aus unterschiedlich emissionsintensiven Energiequellen.

Mit steigendem Anteil emissionsarmer oder -freier Energiequellen, insbesondere erneuerbarer Energien, sinkt der CO₂-Ausstoß pro verbrauchter Kilowattstunde Strom (CO₂-Faktor) deutlich. Die Auswirkung der jeweiligen Zusammensetzung des zur Berechnung genutzten Strommix und des entsprechenden CO₂-Faktors wird in folgenden Szenarien deutlich:

Szenarien	Szenario 1: Herbst 2009 Basis: e.on Bayern, Gesamtenergiemix 2009	Szenario 2: Frühjahr 2012 Basis: Deutscher Strommix 2010, lt. UBA 04/2012	Szenario 3: 2050 Basis: Ziel der Bundesregierung, 100 % Erneuerbare Energien
CO ₂ -Emissionen pro verbrauchter kWh Strom (CO ₂ -Faktor)	0,304 kg/kWh	0,544 kg/kWh	0,0 kg/kWh
CO ₂ -Emission durch Energieeinsatz	486 t/a	869 t/a	0 t/a

Geht man von der geplanten vollständigen fossilen Dekarbonisierung der Stromversorgung aus (Szenario 3), die lt. Bundesregierung bis zum Jahr 2050 zu 100 % aus erneuerbaren Energien bestritten werden soll, können die CO₂-Emissionen der neuen Anlage allein durch den effizienten Energieeinsatz und den Umstieg auf elektrische Heizverfahren im Vergleich zu heute um mindestens 869 t/a gesenkt werden. Von einer zusätzlichen Reduzierung der indirekten CO₂-Emissionen auch im Lebenszyklus der verwendeten Ressourcen (v.a. Zink und Salzsäure) durch effizienteren Energieeinsatz, Umstieg auf emissionsärmere / -freie Energiequellen, Recycling etc. ist auszugehen. Dieser ist jedoch nicht prognostizierbar.

3.3.2 Erfassung und Behandlung gas- und staubförmiger Emissionen

Moderne Filtersysteme in der Vorbehandlung und Verzinkung stellen eine nahezu vollständige Emissionserfassung und -behandlung sicher.

Werden die Emissionsbegrenzungen bereits mit der alten Anlage um ein Vielfaches unterschritten, konnte die Emissionserfassung und -behandlung in der neuen Kleinteil-Verzinkungsanlage noch wesentlich verbessert werden. Insgesamt werden die Grenzwerte der TA Luft in der Vorbehandlung mit mindestens 93 % und in der Verzinkung mit mindestens 98 % weit unterschritten. Die einzelnen Messergebnisse des TÜV Süd sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

	Vorbehandlung (gasförmige Emissionen, HCl)	Verzinkung (Partikelemissionen)
Emissionsbegrenzungen nach TA-Luft	≤ 10 mg/m ³ Massenkonzentration	≤ 5 mg/m ³ Massenkonzentration
Alte Anlage	(keine Emissionserfassung notwendig)	≤ 1,9 mg/m ³ Massenkonzentration ≤ 0,061 kg/h Staubmassenstrom
Neue Anlage	≤ 0,7 mg/m ³ Massenkonzentration ≤ 0,035 kg/h Gasmassenstrom	< 0,1 mg/m ³ Massenkonzentration < 0,0002 kg/h Staubmassenstrom

Tab. 5: Erfassung und Behandlung Gas- und staubförmiger Emissionen im Vergleich alte Anlage – neue Anlage

3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

3.4.1 Investitionen

Im Rahmen des Vorhabens hat LEHMANN Investitionen in Höhe von insgesamt rd. 6,08 Mio. EUR getätigt. Diese Investitionen setzen sich wie folgt zusammen:

Teilvorhaben	Investitionen (gerundet)
Baumaßnahmen Halle und Halleninfrastruktur	1.549.000 EUR
Anlagenkosten	4.240.000 EUR
Vorbehandlung	1.180.000 EUR
Verzinkung	2.919.000 EUR
Montage	140.000 EUR
Material aus eigenen Beständen und Sondermüllentsorgung	128.000 EUR
Personalkosten (Errichtung von Halle, Infrastruktur, Anlagenkomponenten und deren Vernetzung)	164.000 EUR
GESAMT	6.080.000 EUR

Tab. 6: Investitionskosten des Vorhabens

3.4.2 Wirtschaftlichkeitsvergleich und Kosteneinsparungen

Im Vergleich mit der alten Anlage LEHMANN (NTV Verfahren) können im Einzelnen folgende Einsparungen erzielt werden (Vergleichsdaten alte Anlage 2010, neue Anlage 2011):

	Einsparungen		
	Menge	Preis	Summe
Fixkosten inkl. Fremdkapitalkosten			6.786 EUR
Variable Kosten			336.127 EUR
Energiekosten (gesamt)	2.786.832 kWh		-51.760 EUR ¹⁴
Energiekosten (fossil)	4.209.000 kWh	0,031 EUR	130.479 EUR
Energiekosten (elektrisch)	-1.330.215 kWh	0,137 EUR	-182.239 EUR
Zink	156.100 kg	1,794 EUR	280.043 EUR
Salzsäure	321.399 kg	0,082 EUR	26.355 EUR
Entsorgung Altsäure / ZnCl	514.963 kg	0,153 EUR	78.789 EUR
Sonstige (Gemeinkosten, Hilfsstoffe, Wasser, Abwasser etc.)			2.700 EUR
GESAMT			342.913 EUR

Tab. 7: Kosteneinsparungen durch die neue Anlage (Vergleich alte Anlage 2010, neue Anlage 2011)

LEHMANN konnte ausgehend von einer Produktionsmenge von rd. 5.600 t zu verzinkender Kleinteile durch die neuartige Kleinteil-Verzinkungsanlage 2011 rd. 343.000 EUR gegenüber der alten Anlage (Vergleichsdaten aus 2010) einsparen. Der reduzierte Zinkbedarf allein macht rd. 80 % dieser Kosteneinsparung, nämlich rd. 280.000 EUR aus. Diese Einsparung wird erst durch die hohe Ressourceneffizienz der Anlage möglich.

Trotz Umstieg von der Nutzung fossiler Brennstoffe auf zukunftsweisende strombetriebene Heizverfahren ermöglicht der hocheffiziente Energie- und Ressourceneinsatz dem Unternehmen bei einer Produktionsmenge von rd. 5.600 t eine jährliche Energie- und CO₂-Einsparungen von mehr als 40 %. Die höheren Energiekosten, die dem Umstieg auf elektrische Energie geschuldet sind, werden durch die Einsparungen, die der reduzierte Ressourceneinsatz mit sich bringt, mehr als kompensiert.

3.4.3 Sonstige positive wirtschaftliche Aspekte für das Unternehmen

Die neue Kleinteil-Verzinkungsanlage ermöglicht durch den Einsatz innovativer Verfahren und Verfahrenskombinationen eng verzahnt und eingebunden in die vor- und nachgelagerten Produktionsschritte eine maximale Prozess- und sehr hohe Energie- und Ressourceneffizienz. Diese neuartige Technologie erlaubt es LEHMANN vor dem Hintergrund steigender Rohstoffpreise und niedriger Löhne in den sogenannten Billiglohnländern, die

¹⁴ Insgesamt sinkt der Energiebedarf um 2.878 MWh pro Jahr. Da die Kosten für Erdgas jedoch aktuell niedriger sind als für elektrischen Strom, muss LEHMANN für den Umstieg auf zukunftsweisende energie- und umweltschonende strombetriebene Heizverfahren eine leichte Kostenerhöhung in Kauf nehmen.

wesentliche Stellschraube zur Erhöhung des Deckungsbeitrags zu seinen Gunsten zu beeinflussen und so Nachteile gegenüber der Konkurrenz, z.B. aus dem benachbarten Tschechien und auch dem fernen Osten, auszugleichen. Zudem ermöglicht die sehr gute Verzinkungsqualität bei gleichzeitig sehr hoher Prozesseffizienz und Produktionskapazität für die Serienfertigung, die sich mit der neuen Anlage erzielen lassen, weitere vielversprechende Marktpotentiale. Dadurch wird es möglich, den Standort Neutraubling zu behaupten und mittel- und langfristig Arbeitsplätze in Deutschland zu sichern.

3.4.4 Erwartete Rentabilität (Amortisation, Gewinnerwartung etc.)

LEHMANN geht davon aus, dass sich die Investition in die neue Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage unter Berücksichtigung des erhaltenen Investitionszuschusses im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms in 6-8 Jahren amortisiert. Die jährliche Kosteneinsparung ist dabei im Wesentlichen von der Entwicklung des Zinkpreises abhängig.

Die folgende Tabelle verdeutlicht die zu erwartete Amortisationszeit abhängig von der Zinkpreisentwicklung auf Basis der maximalen, minimalen und durchschnittlichen Zinkpreise [pro kg Zink] zwischen 2007 und 2011.

Zinkpreisentwicklung seit 2007 (alle Angaben in EUR)	Max. 3,24	Min. 1,03	Ø 2007 2,57	Ø 2008 1,47	Ø 2009 1,33	Ø 2010 1,77	Ø 2011 1,72	Ø 2007-2011 1,79
Investitionskosten	6.079.703	6.079.703	6.079.703	6.079.703	6.079.703	6.079.703	6.079.703	6.079.703
Investitionszuschuss	1.407.000	1.407.000	1.407.000	1.407.000	1.407.000	1.407.000	1.407.000	1.407.000
Summe Investition	4.672.703	4.672.703	4.672.703	4.672.703	4.672.703	4.672.703	4.672.703	4.672.703
Einsparung Zink	505.764	160.783	401.177	229.467	207.613	276.297	268.492	280.043
Einsparung fixe und sonst. variable Kosten ohne AfA	62.870	62.870	62.870	62.870	62.870	62.870	62.870	62.870
Jährl. Kosteneinsparung	568.634	223.653	464.047	292.337	270.483	339.167	331.362	342.913
Jährl. Abschreibungen (kalkulatorisch, Ø 20 Jahre)	291.862	291.862	291.862	291.862	291.862	291.862	291.862	291.862
Amortisationszeit unter Berücksichtigung des Zuschusses								
in Jahren	5,43	9,06	6,18	8,00	8,31	7,40	7,50	7,36

Tab. 8: Amortisationsrechnung unter besonderer Berücksichtigung der Zinkpreisentwicklung

Die Amortisationszeit des Vorhabens wird durch Division der Gesamtinvestitionskosten (abzgl. des Zuschusses) durch die Summe der jährlichen Kosteneinsparung und Abschreibung ermittelt. Die Ermittlung der kalkulatorischen Abschreibung basiert auf den Gesamtinvestitionskosten abzgl. der nicht abschreibungsrelevanten Kosten für den Ersatzansatz der Prozessbäder (Inbetriebnahme) in Höhe von rd. 243.000 EUR und einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 20 Jahren.

Weitere Einsparungseffekte, von denen in den Folgejahren durch eine optimal abgestimmte Anlage auszugehen ist, ebenso wie zusätzliche Gewinne durch steigende Marktteile in der Zukunft, fanden in der Berechnung der Amortisation keine Berücksichtigung.

3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Zusätzlich zur signifikant höheren Ressourcen- und Energieeffizienz der neuen Kleinteil-Verzinkungsanlage, wie in den Gliederungspunkten 3.2 und 3.3 ausführlich dargestellt, ist sie konventionellen Verfahren der Stückverzinkung, wie sie im Stand der Technik auch bei komplex geformten Kleinteilen zum Einsatz kommen, auch im technischen Vergleich der Verzinkungsqualität deutlich überlegen. Diese höhere Verzinkungsqualität bringt folgende wesentliche technische Vorteile mit sich:

Hohe Oberflächenhärte und Haftung

Beim Feuerverzinken findet eine chemische Reaktion zwischen dem schmelzflüssigen Zink und dem Eisen des Bauteils statt. Durch wechselseitige Diffusion entstehen unter Einfluss der Temperatur der Zinkschmelze und weiterer Faktoren (u.a. Silizium- und Phosphorgehalt des Stahls) intermetallische Eisen-Zink-Verbindungen unterschiedlicher Kristallstruktur und unterschiedlicher Oberflächenqualität. Die spezifische Einstellung der Verfahrensparameter bei LEHMANN fördert die Bildung von hochwertigen Eisen-Zink-Legierungsschichten, die über eine besonders große Oberflächenhärte und Haftung verfügen und daher verbesserte Verschleiß- und Abriebeigenschaften aufweisen. Die darüber hinaus sehr starke Verbindung der Legierungsschichten mit dem Bauteil hält auch späteren Verformungen der verzinkten Bauteile ohne Beschädigung des Korrosionsschutzes stand, wie z.B. bei Rinnenhaken der notwendigen Verformung zur Anpassung an die Gradneigung des Daches. Eine europäische Norm für die Prüfung des Haftvermögens existiert nicht. Die in der Feuerverzinkung übliche Schlagprüfung (ASTM A 123, Hammertest) und Biegeversuche bestätigen jedoch das höhere Haftvermögen, auch bei Verformung der Teile nach der Verzinkung.

Gleichmäßige Oberflächen mit konstanter Mikrorauigkeit als Haftgrund für zusätzliche Beschichtungen

Durch die hohe Oberflächenqualität der Legierungsschichten und durch das Abzentrifugieren des überschüssigen schmelzflüssigen Zinks über dem Zinkbad wird eine sehr gleichmäßige Oberflächenstruktur erzielt. Diese gleichmäßige Oberfläche mit konstanter Mikrorauigkeit bietet die ideale Grundlage für die dauerhafte Haltbarkeit von zusätzlichen Beschichtungen. Diese Duplex-Systeme aus Eisen-Zink-Legierungsschichten in Kombination mit zusätzlichen Beschichtungen, wie z.B. Pulverbeschichtungen, erhöht die Korrosionsschutzwirkung und Langlebigkeit der Feuerverzinkung zusätzlich.

Dünne Legierungsschichten und hohe Passgenauigkeit

Eine sehr kurze Verweilzeit im Zinkbad, hohe Verzinkungstemperaturen und folglich eine niedrigere Viskosität des Zinks im Zinkkessel führen zu einem besserem Ablauf des Zinks vom Bauteil und zu einem leichteren Abzentrifugieren des überschüssigen Zinks nach dem Austauchen. Diese Faktoren ermöglichen ein zuverlässiges, nachbearbeitungsfreies Feuerverzinken, auch von Bauteilen mit hohen Anforderungen an Passgenauigkeit und Gängigkeit, wie z.B. Bauteilen mit Bohrungen oder Gewinden.

4 Empfehlungen

4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Wie bereits ausgeführt, ist es ein wesentlicher Erfolgsfaktor der Praxiseinführung, einen starken Fokus auf die Anlagenabstimmung und –synchronisation zu legen. Insbesondere, da es sich bei der neuen Anlage um Sondermaschinenbau handelt, betreten alle beteiligten Unternehmen, sowohl der Feuerverzinkungsbetrieb selbst als auch die Komponentenhersteller, mit einem solchen Vorhaben Neuland.

Folgende Empfehlungen lassen sich aus den zurückliegenden Erfahrungen von LEHMANN ableiten:

- Der Beauftragung der Komponentenhersteller muss eine sehr detaillierte Anforderungsdefinition vorausgehen, die angestrebte Leistungsparameter der Anlage beinhaltet, wie Standzeiten der Prozessbäder, Taktzeiten, Verweildauern in einzelnen Prozessschritten, geplantes Produktionsvolumen, Produktspektrum etc. Die Abnahme der erbrachten Leistung der Komponentenhersteller sollte an die Erreichung dieser Leistungsparameter gekoppelt sein.
- Die Komponentenhersteller sollten möglichst frühzeitig zusammengeführt werden, um die Prozessschnittstellen von Beginn an optimal aufeinander abzustimmen.
- Der Feuerverzinkungsbetrieb muss für Anlagenabstimmung und –synchronisation ausreichend Zeit und Personalkapazität einplanen.
- Für die spätere Prozesssicherheit empfiehlt es sich die Mitarbeiter, die die Anlage später bedienen, bereits beim Aufbau der Anlage einzubeziehen, da dies deren Anlagenkenntnis und –verständnis wesentlich erhöht.

4.2 Modellcharakter (Verbreitung und weitere Anwendung von Verfahren / Anlage / Produkt)

In Deutschland gibt es heute ca. 160 Feuerverzinkungsbetriebe, von denen ca. 20 in der Kleinteilverzinkung tätig sind, davon ca. 5 in der Niedrigtemperaturverzinkung und ca. 15 in der Hochtemperaturverzinkung. Die neue energie- und ressourceneffiziente Kleinteil-Feuerverzinkungsanlage, die NTV- und HTV getrennt und gleichzeitig erlaubt, ist sowohl als Ganzes als auch hinsichtlich einzelner Verfahrenskomponenten auf jeden dieser Betriebe übertragbar. Sie erlaubt es, die Feuerverzinkung dieser Betriebe hinsichtlich des Spektrums der handhabbaren Kleinteile und der Temperatursteuerung zu flexibilisieren und lässt daher einen hohen Multiplikatoreffekt erwarten.

4.3 Zusammenfassung

Aufgrund der sehr hohen Potentiale an Ressourcen-, Energie- und CO₂-Einsparung einerseits und der hohen Prozesseffizienz, der möglichen Produktionsflexibilisierung und der sehr guten Verzinkungsqualität andererseits, ist die neue Anlage für den Bereich der Kleinteilverzinkung im Bereich der Serienproduktion, insbesondere für Bauteile mit komplexen Geometrien, zu empfehlen. Es handelt sich um ein zukunftsweisendes energieschonendes und über den gesamten Lebenszyklus hinweg ressourcenschonendes und umweltentlastendes Konzept, mit dem ein Unternehmen in hohem Maße Umweltbewusstsein, nachhaltiges Handeln und innovative Weitsicht unter Beweis stellen und seinen Teil zur Energiewende in Deutschland beitragen kann. Zudem leistet die neuartige Kleinteilverzinkungsanlage durch ihre hohe Wirtschaftlichkeit und die Eröffnung neuer Marktpotentiale einen wesentlichen Beitrag zur Unternehmens- bzw. Standortsicherung und damit zum Erhalt von Arbeitsplätzen im deutschen Mittelstand.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages