

# **Abschlussbericht**

## **zum Vorhaben:**

**Innovative getaktete Fertigung von wärmebehandelten  
Stanz-Biege-Teilen**

20207

## **Fördernehmer/-in:**

**Idealspaten Bredt GmbH & Co. KG**

## **Umweltbereich**

(Klimaschutz, Energie)

## **Laufzeit des Vorhabens**

31.01.2011 – 30.04.2013

## **Autor**

Dr. Gerhard Saller

Marcus Lodde

Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit

## **Datum der Erstellung**

31. Oktober 2013

## Berichts-Kennblatt

<b>Aktenzeichen</b> UBA	<b>Vorhaben-Nr.</b> 20207
<b>Titel des Vorhabens / Report Title</b> Innovative getaktete Fertigung von wärmebehandelten Stanz-Biege-Teilen Innovative clocked production of heat treated stamped and bent parts	
<b>Autor(en), Name(n), Vorname(n)</b> Dr. Gehrard Saller, Saller GmbH, Wiehl Marcus Lodde, prisma consult GmbH / Effizienz-Agentur NRW, Duisburg	<b>Vorhabensbeginn</b> 31.01.2011
	<b>Vorhabensende (Abschlussdatum):</b> 30.04.2013
<b>Fördernehmer / -in (Name, Anschrift)</b> Idealspaten Bredt GmbH & Co. KG Goethestr. 27 58313 Herdecke	<b>Veröffentlichungsdatum</b> 31.10.2013
	<b>Seitenzahl</b> 41 + Anhang
Gefördert im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms des Bundesumweltministeriums	
<b>Kurzfassung / Summary</b> Im Rahmen des Vorhabens wurde erstmalig ein innovatives, material- und energieeffizientes Verfahren zur getakteten Fertigung von wärmebehandelten Stanz-Biege-Teilen großtechnisch umgesetzt, bei der alle erforderlichen Fertigungsschritte „in einer Linie“ in einem Takt zusammenhängen. Ziel des Vorhabens war es, die Energie- und Materialeffizienz deutlich zu verbessern und damit die wirtschaftliche Grundlage für eine Rückverlagerung der Fertigung von Spaten im Mittel- und Niedrigpreissegment aus Fernost nach Deutschland zu schaffen. Im Messprogramm konnte eine CO <sub>2</sub> -Emissionminderung von 26 % gegenüber geplanten 20 % nachgewiesen werden. Bezogen auf eine Jahresproduktion von 100.000 Stück wird über alle Prozessschritte eine CO <sub>2</sub> -Reduzierung von rd. 115 t/a erreicht. Die wesentlichen Emissionminderungen werden dabei durch den reduzierten „Materialverlust“ bewirkt. Bei der Planung wurde ein um 12,3 % geringerer „Materialverlust“ erwartet. Dieser wurde mit 22,7 % deutlich übertroffen; bezogen auf eine Jahresproduktion von 100.000 Stück bedeutet das eine Einsparung von etwa 60 t Stahl. Die Projektergebnisse zeigen, dass auch Produkte im Niedrigpreissegment mit einem innovativen, energie- und materialeffizienten Fertigungsprozess am Standort Deutschland konkurrenzfähig gefertigt werden können.	
<b>Schlagwörter / Keywords</b> Stanz-Biege-Teile, Wärmebehandlung, Pulverbeschichten, Induktionserwärmung, Gartengeräte stamped and bent parts, heat treatment, powder coating, induction heating, garden tools	
<b>Anzahl der gelieferten Berichte</b> <b>Papierform:</b> 5 <b>Elektronischer Datenträger:</b> 1	<b>Sonstige Medien</b> Newsletter, EFA-Loseblattsammlung und Veröffentlichung im Internet geplant auf der Homepage: <a href="http://www.idealspaten.com">www.idealspaten.com</a>

## **Kurzfassung**

### **Ausgangssituation**

Bedingt durch die Kundenstruktur (Baumärkte) muss die Fördernehmerin auch Produkte im Mittel- und Niedrigpreissegment, insbesondere bei Gartengeräten (Spaten), liefern können. Die Produktion von diesen Mittel- und Niedrigpreisprodukten wurde vor ca. 15 Jahren, wie auch von allen europäischen Marktbegleitern des Unternehmens, aus Wirtschaftlichkeitsgründen aufgegeben. Für diese Produkte werden die fertigen Spatenblätter als Zukaufteile aus Fernost eingekauft, am Standort in Deutschland mit Stielen versehen und dann an den Kunden ausgeliefert. Steigende Qualitätsprobleme und steigende Materialkosten für diese Zukaufteile im Niedrig- und Mittelpreissegment aus Fernost führen zu einem erheblichen Nacharbeitsaufwand beim Unternehmen.

Dadurch bedingt hat die Fördernehmerin die nachfolgend beschriebene innovative, getaktete Fertigung von wärmebehandelten Stanz-Biegeteilen entwickelt, um einerseits bei den Hochpreisprodukten langfristig gegenüber „Billiglohnländern“ konkurrenzfähig zu bleiben, andererseits aber auch bei den Mittel- und Niedrigpreisprodukten sich die Alternative „Eigenproduktion“ zum bisherigen Zukaufen aus Fernost zu ermöglichen.

### **Ziel des Vorhabens**

Mit der Realisierung des Vorhabens sollte der erste großtechnische Einsatz einer innovativen getakteten Fertigung von wärmebehandelten Stanz-Biege-Teilen erfolgen, bei der alle erforderlichen Fertigungsschritte „in einer Linie“ in einem Takt zusammenhängen. Erreicht werden sollte dies durch eine Integration bisher einzeln durchgeführter Prozessschritte in einer im Fertigungstakt verknüpften Produktion.

Mit Umsetzung des Projekts sollten die CO<sub>2</sub>-Emissionen, resultierend aus Energie- und Materialeinsparungen, um 20 % gesenkt werden. Den wesentlichen Anteil sollte hierzu die Senkung des spezifischen Materialeinsatzes um 12 % liefern.

## Technische Lösung

Zur Erreichung der beschriebenen Ziele ist ein Anlagenkonzept erarbeitet worden, das in dieser Form bisher industriell noch nicht zur Anwendung gekommen ist, wie nachfolgende Abbildung 1 verdeutlichen soll:

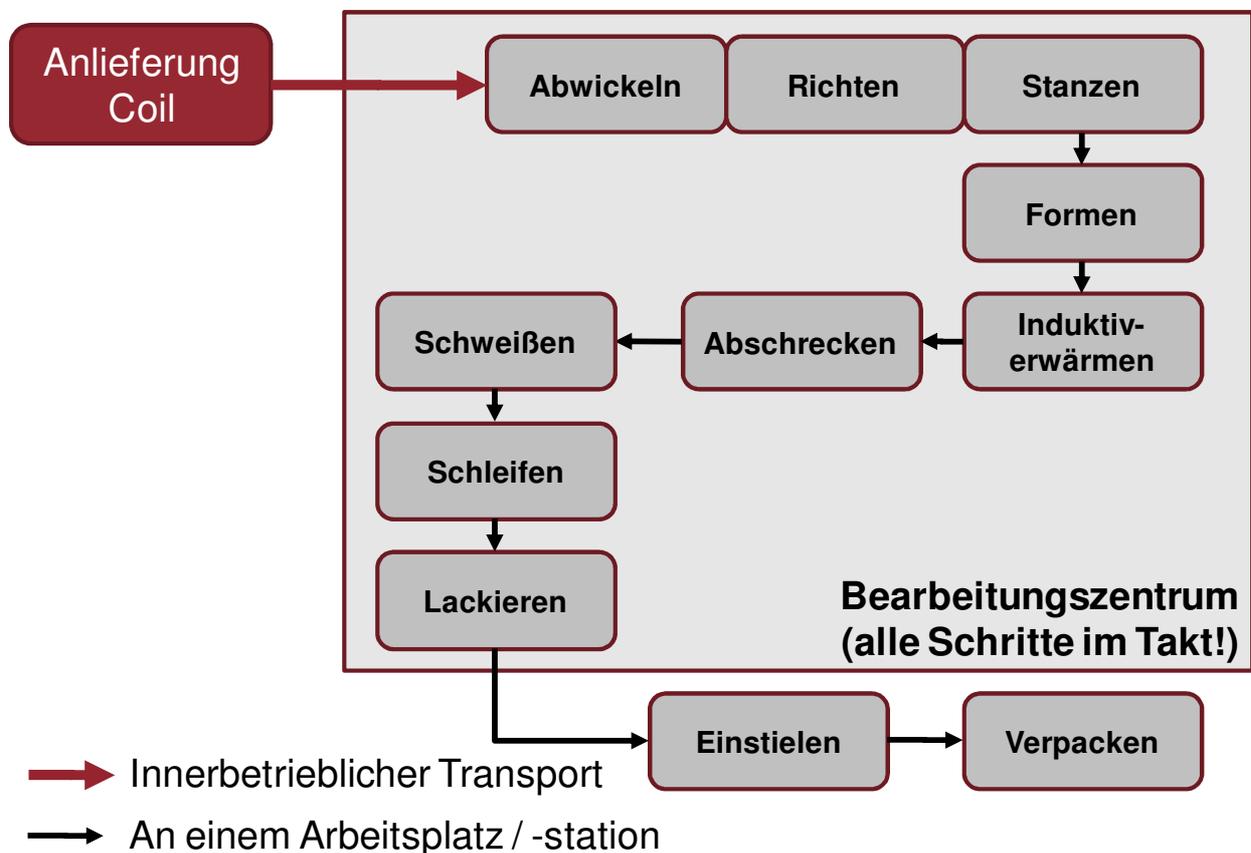


Abbildung 1: Neues Anlagenkonzept

## Ergebnisse aus technischer und wirtschaftlicher Sicht und hinsichtlich Umweltentlastung

Die wesentlichen Umwelteffekte ergeben sich aus der Einsparung

- an Material bei gleicher Funktionalität des Produktes und
- an Energie zur Herstellung des Produktes.

Nachfolgende Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Umweltwirkungen, aufgeteilt nach ursprünglicher Erwartung mit Antragstellung („Geplant“) und nach Durchführung des Messprogramms („Tatsächlich erreicht“).

Die Emissionsminderung sollte ursprünglich rd. 20 % betragen, im Messprogramm tatsächlich nachgewiesen werden 26 %. Die wesentlichen CO<sub>2</sub>-Emissionminderungen werden durch den reduzierten „Materialverlust“ bewirkt.

Von der Fördernehmerin nicht beziffert werden konnte die zusätzliche CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung, die durch nicht mehr benötigte See- und Landtransporte initiiert wird.

Vermeidung CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Energieeinsparung und Senkung Materialeinsatz								
Bezeichnung	Geplant (Grobermittlung mit Antragstellung)				Tatsächlich erreicht (Nachweis durch Messprogramm)			
	IST Plan	NEU Plan	Verbesserung		Ist Messung	Neu Messung	Verbesserung	
	kg <sub>CO2</sub> /Teil	kg <sub>CO2</sub> /Teil	kg <sub>CO2</sub> /Teil	%	kg <sub>CO2</sub> /Teil	kg <sub>CO2</sub> /Teil	kg <sub>CO2</sub> /Teil	%
Versatzoptimierung	2,36	2,27	0,09	4,00	3,35	2,72	0,63	18,92
SchweiBoptimierung	0,50	0,49	0,01	1,71	0,37	0,36	0,01	2,19
Wärmebehandlung	0,22	0,06	0,16	71,40	0,18	0,11	0,08	41,24
Schleifoptimierung	0,12	0,05	0,06	54,02	0,12	0,05	0,06	54,02
Vermiedene Nacharbeit	0,40	0,00	0,40	100,00	0,36	0,00	0,36	100,00
<b>SUMME</b>	<b>3,59</b>	<b>2,87</b>	<b>0,72</b>	<b>20,04</b>	<b>4,38</b>	<b>3,24</b>	<b>1,14</b>	<b>26,04</b>

Tabelle 1: Übersicht über die CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung bei Realisierung des Projekts (Emissionsfaktoren nach ProBas, DEHSt und EVU)

In der Tabelle 2 ist die Einsparung an (Roh-)Material bei gleicher Fertigungsleistung dargestellt. Mit Antragstellung sollte ein um über 12,3 % geringerer „Materialverlust“ bei gleichbleibender Produktionsmenge zu erwarten sein. Dieser wurde mit 22,7 % deutlich übertroffen.

Senkung Materialeinsatz (Summe Masse)								
Bezeichnung	Geplant (Grobermittlung mit Antragstellung)				Tatsächlich erreicht (Nachweis durch Messprogramm)			
	IST Plan	NEU Plan	Verbesserung		Ist Messung	Neu Messung	Verbesserung	
	kg/Teil	kg/Teil	kg/Teil	%	kg/Teil	kg/Teil	kg/Teil	%
Versatzoptimierung	1,56	1,50	0,06	4,00	2,22	1,80	0,42	18,92
SchweiBoptimierung	0,21	0,20	0,00	0,73	0,21	0,20	0,00	0,73
Wärmebehandlung	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Schleifoptimierung	0,09	0,04	0,05	54,02	0,09	0,04	0,05	54,02
Vermiedene Nacharbeit	0,13	0,00	0,13	100,00	0,13	0,00	0,13	100,00
<b>SUMME</b>	<b>1,99</b>	<b>1,74</b>	<b>0,24</b>	<b>12,31</b>	<b>2,64</b>	<b>2,04</b>	<b>0,60</b>	<b>22,67</b>

Tabelle 2: Übersicht über die Verbesserung des Materialeinsatzes in den wesentlichen Fertigungsstufen

Damit lag die tatsächliche Zielerreichung, insbesondere beim Materialeinsatz, weit über den Erwartungen.

Bei einer Material- und Energiekosteneinsparung von 203.725,- €/a ergibt sich bei statischer Berechnung ein Kapitalrückfluss nach 8,1 Jahren.

Die tatsächlichen Kosten für das Vorhaben betragen 1.378.118,55 € (vorläufig).

Die Projektergebnisse zeigen, dass auch Produkte im Niedrigpreissegment durch die innovative getaktete Fertigung am Standort Deutschland wieder wirtschaftlich gefertigt werden können.

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

Der Modellcharakter ist darin begründet, dass das Anlagenkonzept auf alle Stanz-Biegebetriebe übertragen werden kann, in denen die produzierten Teile einer Wärmebehandlung unterzogen werden. Dabei ist die mögliche Anwendung nicht nur auf die Stanz-Biegebetriebe selbst beschränkt, selbst deren externe Dienstleister für Wärmebehandlung (Härtereien) können dieses Anlagenkonzept einsetzen. Produktspezifische Anlagenmodifikationen müssen im Einzelfall vom jeweiligen Anwender entwickelt und angepasst werden.

Die branchenspezifische Kommunikation dieses erfolgreichen Vorhabens soll zum einen über unsere Kunden zum anderen über Verbände erfolgen. Wir beabsichtigen daher eine Ansprache über den IVG Industrieverband Garten e.V. und den WSM Wirtschaftsverband Stahl und Metalle e.V. Zugleich wollen wir diese Verfahrensumsetzung auch zusammen mit der Effizienz-Agentur NRW in der Loseblattsammlung veröffentlichen. Darüber hinaus wird der Dienstleister für das Messprogramm auf seiner Home-Page eine sogenannte Success Story mit den wesentlichen Projektdaten veröffentlichen.

Gerade die Kommunikation einer umweltfreundlichen Technologie ist geeignet, die Standards innerhalb der Branche zugunsten energie- und materialeffizienter Verfahren zu verbessern.

## Summary

### Initial Situation

Due to its customer structure (DIY), the recipient of the grant also has to deliver products in the middle and low price segment, especially for garden tools (spades). About 15 years ago, the recipient of the grant as well as its European competitors had ceased the production of these medium and low-price-products for reasons of profitability. Instead, the blades were purchased in the Fareast and assembled with the sticks in Germany. Increasing quality problems and increasing material costs for the bought-in parts from Asia have resulted in the need for a significant rework.

Therefore the recipient of the grant has developed the innovative clocked production process for heat treated stamped and bent parts as it is specified below. The purpose was on the one hand to remain competitive at high-price products against low-wage countries, and on the other hand to have the alternative of self-production instead of the purchase from Fareast.

### Project Aim

By realising the project, the innovative clocked production process of heat treated stamped and bent parts, where all fabrication steps of the manufacturing line are linked together, should be brought into its first commercial application. This was achieved by integrating previously separated process steps into a well-matched production line.

With this project, the CO<sub>2</sub> emissions should be reduced by 20 % due to energy and material savings, especially by reducing the specific material input by 12 %.

## Technical Solution

To reach the aims described above an innovative plant concept was designed, which has not been applied in industrial scale up to now and which is illustrated in the following Figure 2:

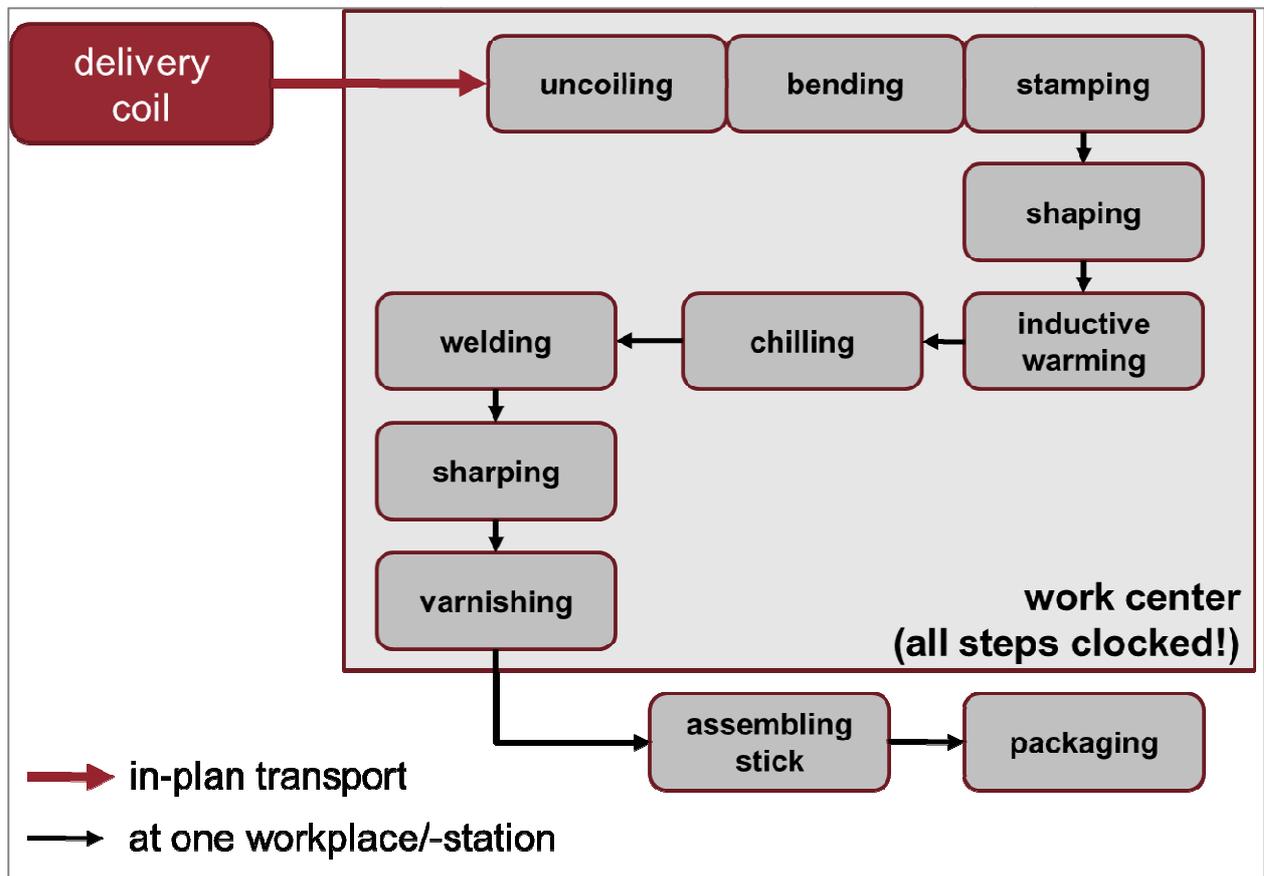


Figure 2: New system concept

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

The most significant environmental effects result from

- material savings while maintaining the functionality of the product
- saving energy needed for product manufacturing

The following tables provide an overview on the environmental benefits, separated into the forecast at the time of application ("planned") and the benefits determined by the monitoring program ("effectively achieved").

The reduction of emissions was expected to be about 20 %; in the monitoring program a reduction by 26 % was determined. The substantial CO<sub>2</sub> reductions result from the reduced "material losses".

A further reduction of CO<sub>2</sub> emissions results from eliminated marine and inland transports, but this was not quantified.

Savings of CO <sub>2</sub> emissions throughout reduction of energy and material input								
description	planned (rough estimate at Application)				effectively achieved (proofed by measuring program )			
	ACTUAL plan	NEW plan	improvement		ACTUAL metering	NEW metering	improvement	
	kgCO <sub>2</sub> /part	kgCO <sub>2</sub> /part	kgCO <sub>2</sub> /a	%	kgCO <sub>2</sub> /part	kgCO <sub>2</sub> /part	kgCO <sub>2</sub> /a	%
yielding optimisation	2,36	2,27	0,09	4,00	3,35	2,72	0,63	18,92
welding optimisation	0,50	0,49	0,01	1,71	0,37	0,36	0,01	2,19
heat treatment	0,22	0,06	0,16	71,40	0,18	0,11	0,08	41,24
rough grinding optimisation	0,12	0,05	0,06	54,02	0,12	0,05	0,06	54,02
prevention of rework	0,40	0,00	0,40	100,00	0,36	0,00	0,36	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>3,59</b>	<b>2,87</b>	<b>0,72</b>	<b>20,04</b>	<b>4,38</b>	<b>3,24</b>	<b>1,14</b>	<b>26,04</b>

Table 1: Overview on the CO<sub>2</sub> emissions reduction by realising the project (emission factors taken from the ProBas database, the German Emission Trading Authority and energy suppliers)

Table 2 shows the savings of (raw)material based on a constant production capacity. At the time of application the reduction of material losses was expected to be 12,3 %. This value was significantly exceeded with 22,7 %.

Reduction of Material Input (total bulk)								
description	planned (rough estimate at Application)				effectively achieved (proofed by measuring program )			
	ACTUAL plan	NEW plan	improvement		ACTUAL metering	NEW metering	improvement	
	kg/part	kg/part	kg/part	%	kg/part	kg/part	kg/part	%
yielding optimisation	1,56	1,50	0,0625	4,00	2,22	1,80	0,42	18,92
welding optimisation	0,21	0,20	0,00	0,73	0,21	0,20	0,00	0,73
heat treatment	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
rough grinding optimisation	0,09	0,04	0,05	54,02	0,09	0,04	0,05	54,02
prevention of rework	0,13	0,00	0,13	100,00	0,13	0,00	0,13	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>1,99</b>	<b>1,74</b>	<b>0,24</b>	<b>12,31</b>	<b>2,64</b>	<b>2,04</b>	<b>0,60</b>	<b>22,67</b>

Table 2: Overview on the improvements in material efficiency in the main process steps.

Hence the savings of material and energy costs – particularly with regard to the material input – were exceeding the expectations.

Material and energy cost savings of € 203.725,00 p.a. result in a capital reflux within 8,1 years (based on a static calculation).

The actual costs for this project amount to 1.378.118,55 €. (tentatively)

The project results show that the innovative clocked production process provides profitability for the manufacturing of low-price-products in Germany.

### **Transferability / Measures to distribute the project's results**

The project has been set up in a manner which enables its transferability to a number of production facilities in the stamp & bent industry. Product specific system modifications have to be developed and to be adapted for the individual application.

The communication of this successful project in the sector should happen through our clients and relevant industry associations. Therefore we intend to contact the IVG Industrieverband Garten e.V. and the WSM Wirtschaftsverband Stahl and Metalle e.V. In addition, we will promulgate our project in cooperation with the Efficiency Agency Northrhine-Westphalia (Effizienz-Agentur NRW) in their serial of reference sheets. Furthermore our partner for the monitoring program will publish the main results from the project as a success story on his website.

Form our point of view, the communication of environmentally-friendly technologies is a proper means to improve energy and material efficiency standards within our sector.

## Inhaltsverzeichnis

Berichts-Kennblatt.....	2
Kurzfassung .....	3
Summary.....	7
Abbildungsverzeichnis .....	12
Tabellenverzeichnis .....	13
1. Einleitung.....	14
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens .....	14
1.2 Ausgangssituation.....	15
2. Vorhabensumsetzung.....	17
2.1 Ziel des Vorhabens .....	17
2.2 Darstellung der technischen Lösung (Auslegung und Leistungsdaten).....	17
2.3 Darstellung der Umsetzung des Vorhabens.....	19
2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen).....	28
2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten.....	28
3. Ergebnisse .....	29
3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung.....	29
3.2 Durchführung und Ergebnisse des Messprogramms .....	29
3.3 Umweltbilanz.....	34
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse .....	35
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellem Verfahren.....	36
4. Empfehlungen .....	39
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung.....	39
4.2 Modellcharakter.....	39
4.3 Zusammenfassung.....	40
Anlage zum Abschlussbericht .....	41

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Neues Anlagenkonzept.....	4
Figure 2: New system concept.....	8
Abbildung 3: Produktionsgebäude am Standort Herdecke .....	14
Abbildung 4: Schematische Darstellung der bestehenden Fertigung des Unternehmens .....	15
Abbildung 5: Schematische Darstellung der erforderlichen Nacharbeiten an Zukaufteilen .....	16
Abbildung 6: Schematische Darstellung der neuen geplanten umweltschonenden Produktion von Niedrig- und Mittelpreisspaten .....	18
Abbildung 7: Fundament für die neue Anlage mit neuer Bodenplatte.....	21
Abbildung 8: Stanze mit Haspel (Aufnahmedatum 20.06.12) .....	22
Abbildung 9: Stanze (Aufnahmedatum 20.06.12) .....	22
Abbildung 10: Umformpresse (Aufnahmedatum 20.06.12).....	23
Abbildung 11: Umformpresse mit Werkzeug und umgeformter Platine (Aufnahmedatum 20.06.12) .....	24
Abbildung 12: Blick auf die Bearbeitungszelle mit induktiver Erwärmung, Abschreckstation und Schweißanlage (Aufnahmedatum 04.07.12).....	25
Abbildung 13: Blick in die Schleifzelle (Aufnahmedatum 04.07.12) .....	25
Abbildung 14: Schleifzelle von außen mit beiden Schleifbänderantrieben (Aufnahmedatum 04.07.12) .....	26
Abbildung 15: Lackieranlage mit „Probepaten“ (Aufnahmedatum 04.07.12).....	26
Abbildung 16: Blick in die Lackieranlage bei der Inbetriebnahme (Aufnahmedatum 04.07.12, „Nebel“ in Anlage ist Pulverlack) .....	27
Abbildung 17: Leistungsverlauf eines Produktionstages einer Poliermaschine .....	32

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über die CO <sub>2</sub> -Emissionsminderung bei Realisierung des Projekts (Emissionsfaktoren nach ProBas, DEHSt und EVU).....	5
Tabelle 2:	Übersicht über die Verbesserung des Materialeinsatzes in den wesentlichen Fertigungsstufen.....	5
Tabelle 3:	Projektfahrplan.....	19
Tabelle 4:	Teilvorhaben .....	20
Tabelle 5:	Messstellenplan zur Ermittlung des IST-Zustands.....	30
Tabelle 6:	Messstellenplan zur Ermittlung des NEU-Zustand.....	31
Tabelle 7:	Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs bei der Wärmebehandlung (Härten) und damit verbundene Senkung der CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	33
Tabelle 8:	Übersicht über die Verbesserung des spez. Materialeinsatzes in den wesentlichen Fertigungsstufen.....	33
Tabelle 9:	Übersicht über die spez. CO <sub>2</sub> -Emissionsminderung bei Realisierung des Projekts (Emissionsfaktoren nach ProBas, DEHSt und EVU) .....	34
Tabelle 10:	Übersicht über die Umweltbilanz des Vorhabens.....	35
Tabelle 11:	Vergleichende Übersicht der Amortisationsrechnung bei Planung des Projekts und nach Realisierung des Vorhabens.....	36

# 1. Einleitung

## 1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Wenn es um Handwerkzeuge geht, ist absolute Spitzenqualität in Material und Verarbeitung durch nichts zu ersetzen. Das wissen engagierte Hobbygärtner genauso wie die Profis im Erwerbsgartenbau und Baugewebe. Das Produkt-Know-how von IDEALSPATEN kommt nicht von ungefähr, sondern gründet sich auf über 110 Jahren Erfahrung in der Herstellung von Handwerkzeugen.

Im Jahre 1899 wurde IDEALSPATEN gegründet. 1929 übernahm Dr. Otto Thomashoff mit einem Geschäftsfreund, Vater bzw. Großvater der heutigen Inhaberfamilie, das Unternehmen. Seitdem wurden weit über 100 Millionen Qualitätsspaten gefertigt. Für nahezu alle regionalen Bodenverhältnisse und speziellen Anwendungen werden Produkte in verschiedenen Qualitäts- und Preisstufen angeboten, die kundenspezifische Bedürfnisse erfüllen und die Arbeit wesentlich erleichtern. Durch gezielte Diversifikation bietet IDEALSPATEN ein Produktprogramm, das neben Spaten auch Schaufeln, Gabeln, Hacken auch ein breites Programm an Handgartengeräten und Bauwerkzeugen in unterschiedlichen Qualitäten umfasst. Als größter industrieller Hersteller von Spaten und Schaufeln in Deutschland fertigt IDEALSPATEN mit ca. 80 Mitarbeitern, davon zwei Drittel in der Produktion, in Herdecke an der Ruhr. Für das Unternehmen ist das nicht nur die konsequente Fortführung einer Tradition, sondern auch ein bewusstes Bekenntnis zur sozialen Verantwortung und zum Standort Deutschland.

Auf der nachfolgenden Abbildung 3 ist das Produktionsgebäude in Herdecke abgebildet.



Abbildung 3: Produktionsgebäude am Standort Herdecke

## 1.2 Ausgangssituation

Das Unternehmen fertigt qualitativ hochwertige Garten- und Baugeräte, beginnend mit dem Stanzen der Platinen aus Bandmaterial über die Wärmebehandlung, Formgebung, und Lackierung bis hin zur Montage der Stiele. Die einzelnen Prozessschritte werden in Abbildung 4 dargestellt.

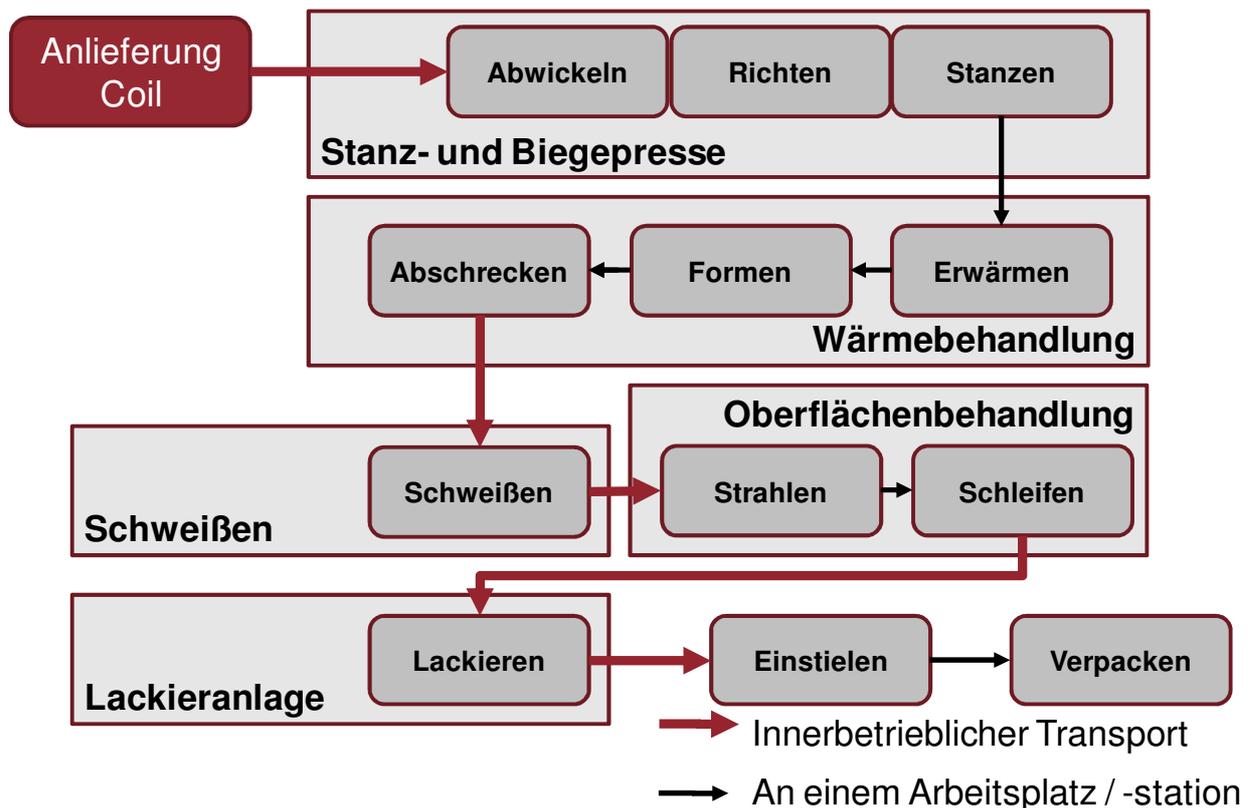


Abbildung 4: Schematische Darstellung der bestehenden Fertigung des Unternehmens

Einen Eindruck von der bestehenden Fertigung beim Unternehmen vermittelt ein Bericht des WDR zur Schneeräumerproduktion. Das Video des Berichts kann auf der Internetpräsenz (<http://www.idealspaten.de/>) des Unternehmens aufgerufen werden.

Bedingt durch die Kundenstruktur (Baumärkte) muss das Unternehmen auch Produkte im Mittel- und Niedrigpreissegment, insbesondere bei Gartengeräten (Spaten) liefern können. Die Produktion von diesen Mittel- und Niedrigpreisprodukten wurde vor ca. 15 Jahren – wie auch von allen europäischen Marktbegleitern des Unternehmens – aus Wirtschaftlichkeitsgründen aufgegeben. Für diese Produkte werden die fertigen Spatenblätter aus Fernost zugekauft, am Standort in Deutschland mit Stielen versehen und dann an den Kunden ausgeliefert. Steigende Qualitätsprobleme und steigende Materialkosten für diese Zukaufteile im Niedrig- und Mittelpreissegment aus Fernost führen zu einem erheblichen Nacharbeitsaufwand beim Unternehmen (siehe Abbildung 5).

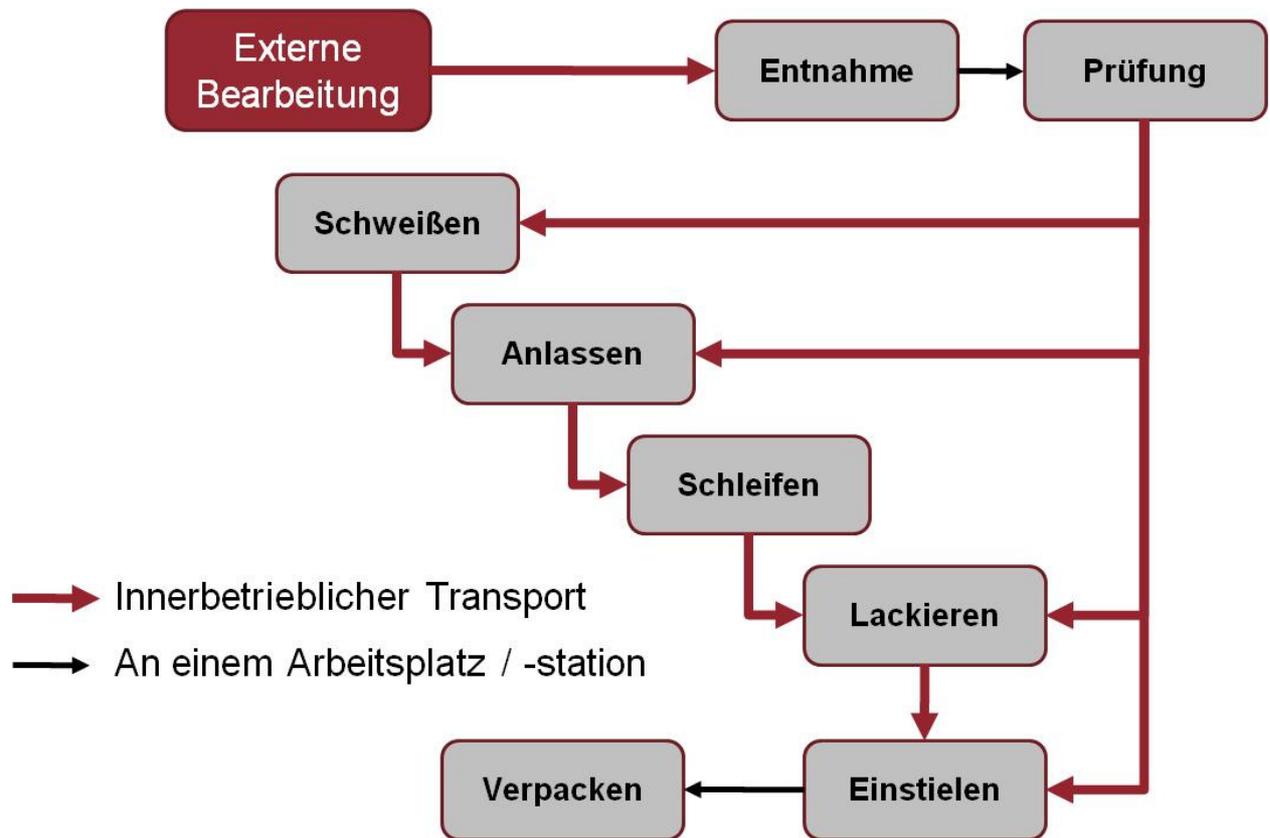


Abbildung 5: Schematische Darstellung der erforderlichen Nacharbeiten an Zukaufteilen

Dadurch bedingt hat das Unternehmen die nachfolgend beschriebene innovative getaktete Fertigungslinie für wärmebehandelte Stanz-Biege-Teile entwickelt, um im Mittel- und Niedrigpreissegment eine wirtschaftlich konkurrenzfähige Eigenfertigung zu ermöglichen und um auf Zukaufteile aus Fernost verzichten zu können. Darüber hinaus sollen, sofern es die Auslastungssituation der Anlage zulässt, auch Hochpreisprodukte gefertigt werden, um in diesem Produktsegment langfristig gegenüber „Billiglohnländern“ konkurrenzfähig zu bleiben.

## 2. Vorhabensumsetzung

### 2.1 Ziel des Vorhabens

Mit der Realisierung des Vorhabens soll nachgewiesen werden, dass die innovative getaktete Fertigung von wärmebehandelten Stanz-Biege-Teilen technisch realisiert werden kann und neben wirtschaftlichen Vorteilen auch erhebliche positive Umweltwirkungen ermöglicht. Kernstück der innovativen getakteten Fertigung ist die Verkettung aller erforderlichen Fertigungsschritte „in einer Linie“, ohne innerbetriebliche Logistik zwischen den einzelnen Fertigungs- und Prozessschritten. Erreicht wurde dies durch eine Integration von bisher einzeln durchgeführten Prozessschritten in einer im Fertigungstakt verknüpften Produktion.

Der innovative Ansatz ist für Stanz- und Biegebetriebe in Deutschland bisher einzigartig. Bei der Vorentwicklung wurde das Unternehmen von den Anlagenlieferanten Europ, Cimotec, K & H Lixfeld, Lewa, STS und Hering beraten. Zusammen besitzen diese Unternehmen europaweite Erfahrungen in über 100 Unternehmen.

Mit Umsetzung des Projekts sollten die CO<sub>2</sub>-Emissionen, resultierend aus Energie- und Materialeinsparungen, um 20 % gesenkt werden. Den wesentlichen Anteil sollte hierzu die Senkung des spezifischen Materialeinsatzes um 12 % liefern.

Nachfolgend werden die Arbeitsschritte der innovativen getakteten Fertigungslinie und der damit verbundene Umweltnutzen kurz skizziert:

- Abspulen des Rohmaterials vom Coil,
- Richten des Blechs,
- versatzoptimiertes Stanzen der Platine zur Minimierung des Abfallanfalls,
- Umformen der Platine zum Spatenblatt,
- induktives Erwärmen des Spatenblattbereichs, der wärmebehandelt werden muss (Senkung des Energiebedarfs, weil nicht das ganze Blatt erwärmt wird),
- Abschrecken mit gleichzeitigem Härten und Anlassen (die Kombination beider Prozesse führt zur Reduzierung des Energiebedarfs),
- materialoptimiertes Anschweißen der Feder an das Blatt zur Stielaufnahme,
- optisch und pressdruckgeregeltes Schleifen des Blatts zur Verlängerung der Standzeit von Schleifbändern und zur Minimierung des Materialabriebs vom Blatt (und damit zur Reduzierung des Materialauftrags beim Anschweißen der Feder),
- Pulverbeschichtung des fertigen Spatenblatts.

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

Das innovative getaktete Fertigungsverfahren von wärmebehandelten Stanz-Biege-Teilen ist schematisch in Abbildung 6 dargestellt. Alle Prozesse sollen vertaktet werden, um die mit einer Zwischenlagerung zwischen den einzelnen Fertigungsschritten verbundenen zusätzlichen

Arbeitsschritte zu vermeiden. Im geplanten Takt von 60 bis 70 Sekunden soll eine Platine jeweils von einem Bearbeitungsschritt zum Nächsten weitergegeben werden.

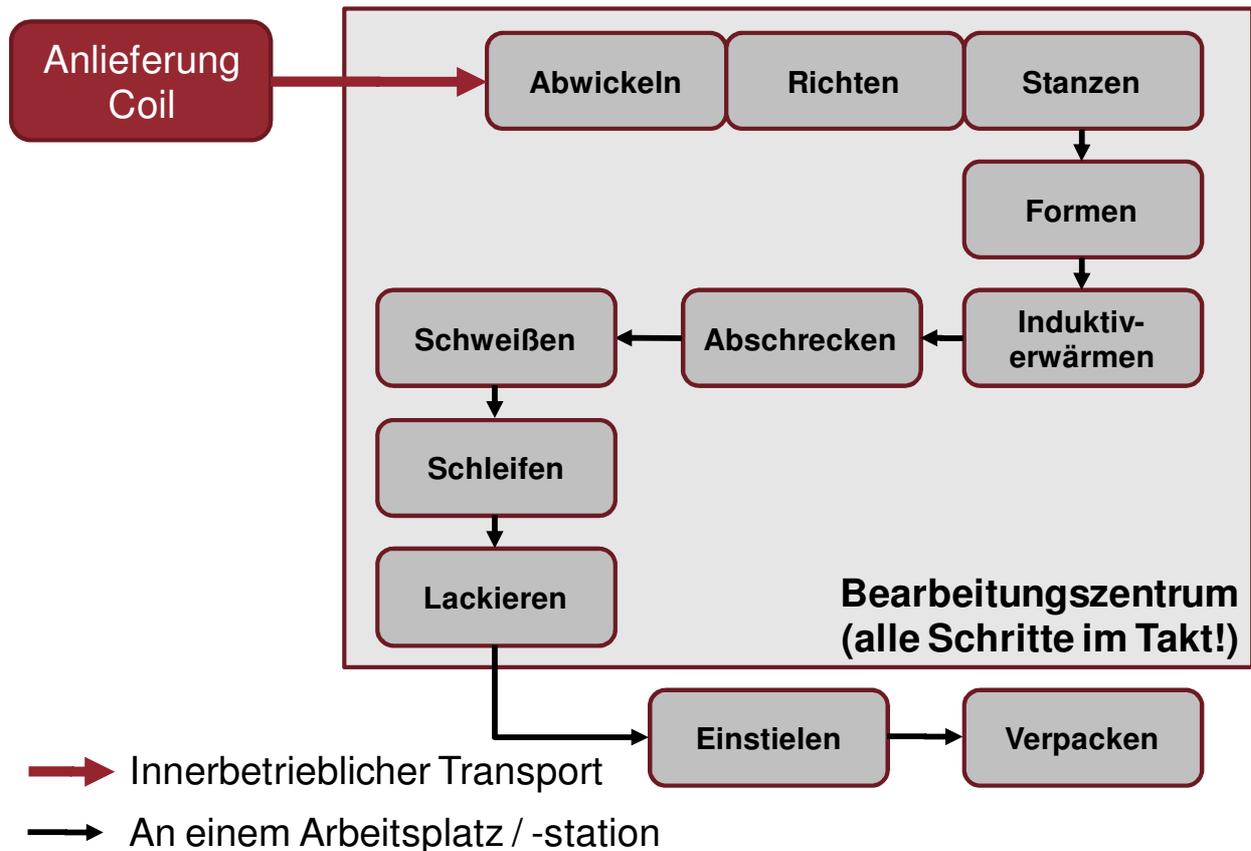


Abbildung 6: Schematische Darstellung der neuen geplanten umweltschonenden Produktion von Niedrig- und Mittelpreisspaten

Die einzelnen Fertigungsprozesse müssen eine hohe Reproduzierbarkeit der jeweiligen Arbeitsergebnisse erreichen, um eine Vertaktung überhaupt zu ermöglichen. Das Ausgangsmaterial ist ein Bandstahl als Coil. Dieses wird in Schritten durch eine Vorschub-Richteinheit geführt. In der Stanzanlage werden bei jedem Hub die Nietlöcher und die Spatenschablone ausgestanzt. Das Stanzgitter wird zerkleinert und aus der Anlage abgeführt. Die Spatenschablone wird über ein Band aus der Anlage geführt und am Ende zentriert. Ein Platinenlader erfasst die Schablone und legt diese vorrangig in die erste Station einer Transfereinheit.

Die Transfereinheit taktet in vier Schritten. In der ersten Station, die vom Platinenlader beschickt wird, wird die Materialdicke gemessen. Sollten sich zwei Teile darin befinden, werden diese aus der Anlage abgeführt, damit es bei der weiteren Verarbeitung nicht zur Kollision in den Werkzeugen kommt. Die Schablone wird erfasst und in einer Zwischenstation abgelegt. Hier wird sie angekippt, in den Winkel, wie sie in das Presswerkzeug eingelegt werden muss. Die Schablone wird in den nächsten Schritten im Werkzeug verformt, aus dem Werkzeug entnommen und in eine Zentriervorrichtung abgelegt.

Die Weiterverarbeitung der gepressten Schablone erfolgt nun in einer Fertigungszelle. Durch einen Handlingsroboter, ausgerüstet mit einem Doppelgreifer, wird die Schablone aus der Zentriereinheit entnommen und zum Erwärmen durch eine Induktionsanlage definiert abgelegt. Die erwärmten Teile werden einzeln in eine Härtevorrichtung eingelegt und abgeschreckt. Dann wird die gehärtete Schablone in eine Schweißvorrichtung gelegt. Ein Schweißroboter erfasst die

magazinierte, bereitgestellte Feder und passt diese an die Schablone an. Danach erfolgt das Verschweißen der gesamten Naht. Nach Beendigung des Schweißvorgangs wird der geschweißte Spaten definiert abgelegt.

Durch einen weiteren Handlingsroboter wird der Spaten erfasst und in eine Zentriervorrichtung der nachfolgenden Schleifzelle abgelegt. Der Handlingsroboter erfasst im nächsten Schritt aus einer zweiten Zentrierstation, innerhalb der Schleifzelle, den geschliffenen Spaten und hängt diesen an einen Haken eines getakteten Transportbandes. Der in der Schleifzelle bereitgestellte Spaten wird von einem Schleifroboter aufgenommen, fährt zu einer Schleifstation und poliert den Spaten komplett fertig. Nach dem Fertigungszyklus wird der Spaten, wie oben angeführt, in der zweiten Zentrierstation abgelegt.

Nach dem Beschicken des Transportbandes mit einem Spaten wird das Transportband zugeschaltet. In den nachfolgenden Schritten durchläuft der Spaten eine Pulverbeschichtung und wird anschließend in einem Wärmeofen behandelt. Nach der Wärmebehandlung wird der fertig beschichtete Spaten abgenommen und an einem Arbeitsplatz eingesteilt, etikettiert und verpackt.

### 2.3 Darstellung der Umsetzung des Vorhabens

Die Tabelle 3 beschreibt den Projektfahrplan für die Umsetzung des Projektes.

Projektmonat Bezeichnung	2011												2012												2013			
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr
Detailplanung	■	■	■																									
Angebote	■	■																										
Bestellungen		■								■																		
Lieferzeit																												
Aufbau Anlage																												
Inbetriebnahme																												
Probetrieb																												
Erfolgskontrolle																												

Tabelle 3: Projektfahrplan

Die einzelnen Schritte im Projektablauf werden nachfolgend kurz beschrieben. Tabelle 4 gibt einen Überblick über unsere investitionsseitigen Teilvorhaben, auf die im Weiteren fortwährend Bezug genommen wird:

<b>Teilvorhaben</b>
Umformung
Roboterautomatisierung
Erwärmung
Pulveranlage
Pulvertrocknungsanlage
Schleifroboter
Zentrale Koordination
Umbauarbeiten
Projektbegleitung / Dokumentation
Eigenes Personal

Tabelle 4: Teilvorhaben

Nach der Bewilligung des förderunschädlichen Vorhabensbeginns zum 31. Januar 2011 wurden die Gespräche mit unseren Anlagenlieferanten intensiviert. Dabei stellte sich heraus, dass für die Gesamtanlage, bestehend aus den Teilvorhaben (1) – (6) eine Konformitätserklärung notwendig wurde. Aus Kostengründen arbeiten wir mit einer Verkettung von Gebraucht- und Neuanlagen und aus diesem Grund benötigten wir eine Konformitätserklärung für die Gesamtanlage als Einheit.

Erste Gespräche mit Dienstleistern wurden aufgenommen. Die Suche nach einem Ingenieurbüro, welches die notwendigen sicherheitstechnischen Anforderungen, insbesondere für die Gebrauchtanlagen, definiert, verursachte einen nicht geplanten Zeitversatz und erhöhte die Kosten. Da eine nachträgliche Anpassung der Anlagen allerdings deutlich teurer würde als eine gewissenhaftere Planung im Vorfeld, mussten wir die Verschiebung hinnehmen.

Nach Prüfung der Angebote haben wir uns für die Erstellung der Konformitätserklärung für das Büro ADUSengineering, Bonn entschieden. Eine Empfehlung der Berufsgenossenschaft.

Im Oktober 2011 wurden die Fundamente für die Exzenter- und Hydraulikpresse erstellt. Dabei wurde festgestellt, dass aus Sicherheitsgründen die gesamte Bodenplatte für die Automation, ca. 420 m<sup>2</sup>, neu gegossen werden muss. Die Abbildung 7 zeigt das zu errichtende neue Fundament für die Anlage und die neu gegossene Bodenplatte.



Abbildung 7: Fundament für die neue Anlage mit neuer Bodenplatte

Die Erstellung der Bodenplatte erfolgte in drei Teilabschnitten und wurde am 27.01.2012 abgeschlossen. Diese Maßnahme führte zu einer Mehrbelastung auf der Kostenseite von ca. 30.000 €.

Die Abnahmen beim Hersteller der Anlagenkomponenten Schleifroboter, Fertigungszelle und Hochfrequenz Halbleiter Generator wurden im 1. Halbjahr 2012 vorgenommen. Durch die Abnahmen der einzelnen Anlagenkomponenten bei den jeweiligen Herstellern konnte erreicht werden, dass jede Komponente für sich zuverlässig arbeitet. Die Aufnahme des Probebetriebs der Gesamtanlage erfolgte nach den Betriebsferien ab 6. August 2012.

Die nachfolgenden Abbildungen 8 bis 16 zeigen Anlagenkomponenten in der Reihenfolge des zukünftigen Fertigungsablaufs.



Abbildung 8: Stanze mit Haspel (Aufnahmedatum 20.06.12)



Abbildung 9: Stanze (Aufnahmedatum 20.06.12)



Abbildung 10: Umformpresse (Aufnahmedatum 20.06.12)

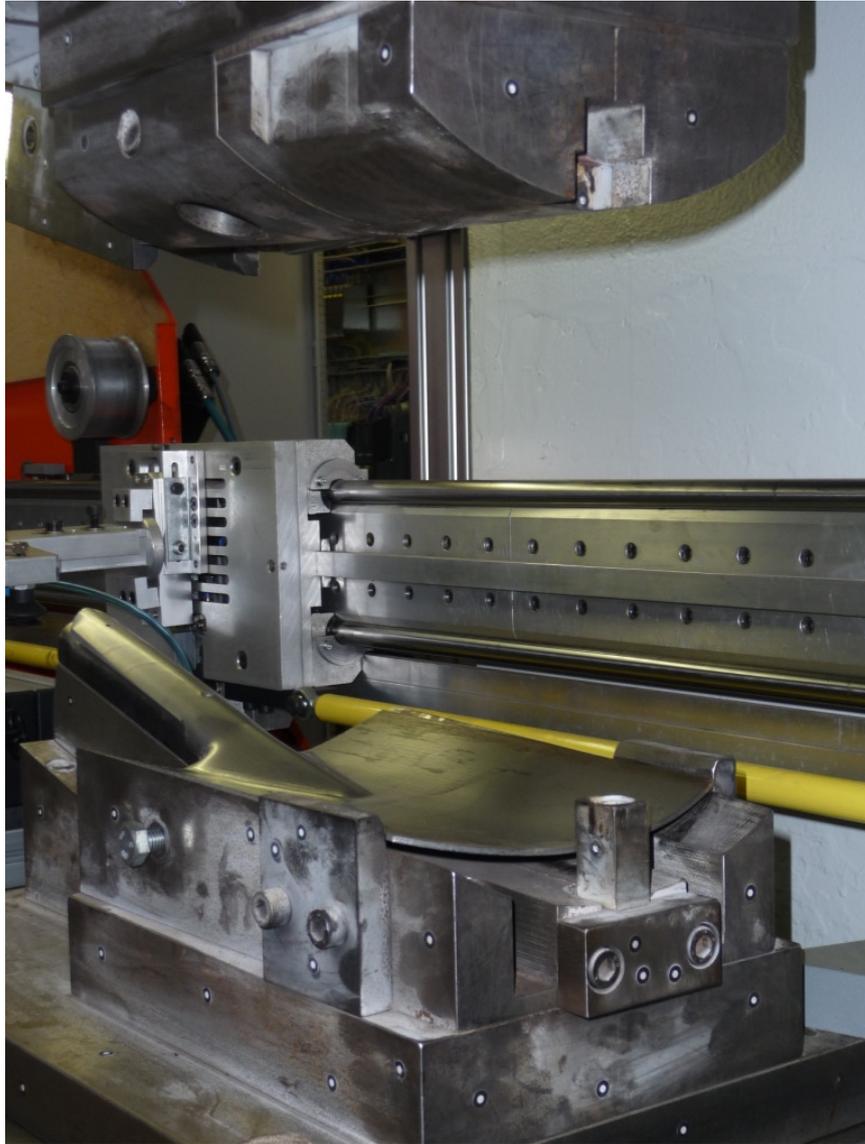


Abbildung 11: Umformpresse mit Werkzeug und umgeformter Platine (Aufnahmedatum 20.06.12)



Abbildung 12: Blick auf die Bearbeitungszelle mit induktiver Erwärmung, Abschreckstation und Schweißanlage (Aufnahmedatum 04.07.12)



Abbildung 13: Blick in die Schleifzelle (Aufnahmedatum 04.07.12)



Abbildung 14: Schleifzelle von außen mit beiden Schleifbänderantrieben (Aufnahmedatum 04.07.12)



Abbildung 15: Lackieranlage mit „Probespaten“ (Aufnahmedatum 04.07.12)



Abbildung 16: Blick in die Lackieranlage bei der Inbetriebnahme (Aufnahmedatum 04.07.12, „Nebel“ in Anlage ist Pulverlack)

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

Zur Errichtung der Anlage waren keine behördlichen Genehmigungen erforderlich. Die für den Betrieb der Anlage erforderlichen Konformitätserklärungen der Hersteller liegen vor. Sie befinden sich im Anhang zu diesem Bericht. Sicherheitstechnisch ist die Anlage abgenommen.

## **2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten**

Die Erfassung der Betriebsdaten erfolgte durch Idealspaten und die saller GmbH. Eine fortwährende Protokollierung von Materialstromdaten ist durch die Erfassung zu den Fertigungsaufträgen durch Idealspaten gewährleistet. Die Messungen für die neue Anlage wurden mit dem Probetrieb am 8. September 2012 gestartet und sind Mitte Januar 2013 beendet worden.

Die Messungen zum Energieverbrauch im IST-Zustand bei den Fertigungsanlagen für Produkte im Mittel- und Hochpreissegment wurde durch die saller GmbH im Januar 2012 mit der detaillierten Betrachtung der Gasverteilung in den Produktionsstätten von Idealspaten gestartet. Diese IST-Messungen wurden durchgeführt, weil bei der Antragstellung zur Ermittlung der IST-Werte die Durchschnittswerte aus der bisherigen Produktion im Hochpreissegment herangezogen werden mussten, die dann auf die geplante Produktion im Mittel- und Niedrigpreissegment übertragen wurden.

Eine umfassende Beschreibung der Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten (Messprogramm) findet in Kapitel 3.2 statt.

### **3. Ergebnisse**

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

Aufgrund der konsequenten und ergebnisorientierten Arbeitsweise der am Gesamtprojekt beteiligten Unternehmen war es möglich, das Vorhaben erfolgreich zu realisieren. Hierbei kam der Koordination zwischen den Beteiligten eine entscheidende Bedeutung zu. Während der Vorhabensdurchführung kam es zu Verzögerungen, die den Projekterfolg aber nicht beeinflusst haben. Durch die enge Verzahnung der Arbeitsweise aller Beteiligten konnten suboptimale Annahmen und Planungsansätze, wie Sie der Antragstellung zu Grunde lagen, frühzeitig korrigiert werden. Nachfolgend sind die durchgeführten Planungsänderungen während der Vorhabensdurchführung kurz erläutert.

Bei der Überprüfung der Fahrwege eines Roboterarms in der Detailplanung (Engineering) wurde festgestellt, dass ein gewisser Winkel, den der Roboterarm zwecks Erwärmung der Platine in der Induktionsanlage umsetzen sollte, nicht realisiert werden konnte, da die angebotene Konstruktion des Induktors als wesentlicher Teil der Induktionsanlage dies nicht zulässt. Nach intensiven Prüfungen wurde entschieden, dass sich, entgegen der Planung, der Induktor der Induktionsanlage zur Platine bewegt. Diese Änderung führte zu Mehrkosten bei der Projektrealisierung von 35.000 €.

Bei der Realisierung wurde weiter festgestellt, dass die Taktzeit der Weiterverarbeitung bzw. der Gesamtanlage wesentlich langsamer als die Taktzeit der Stanzanlage ist. Um unnötigen Energieverbrauch in der Stanze durch eine langsame Taktung zu vermeiden, wird von der Stanze ein Magazin gefüllt. Nach vollständiger Auffüllung des Magazins wird dann der Motor der Stanzanlage abgeschaltet und die Beschickung der Transfereinheit erfolgt über das Magazin. Die Stanzanlage wird bei einem Leerstand des Magazins wieder zugeschaltet.

Ursprünglich war geplant, für die Härtung, Wasser aus dem vorhandenem Kühlwasserkreislauf zu nutzen. Im Laufe der Realisierung stellte sich heraus, dass die Einmalkosten für die Ausweitung des bestehenden Kreislaufs (ca. 150 m) und die sich dann ergebenden Betriebskosten für die Umwälzung deutlich höher wären, als die einmalige Anschaffung einer Kompakt-Kältemaschine für ca. 13.000,- €.

Aufgrund der vorhandenen Deckenhöhe und des Raumvolumens wurde in der Planungsphase von der Installation einer Absaug- und Filteranlage für Schmauchgase absehen. Nach Gesprächen mit verschiedenen Fachleuten wurde jedoch empfohlen, aus Sicherheitsgründen eine Absaug- und Filteranlage für Schmauchgase und eine Wasserabscheidung für die Schleifzelle für ca. 17.000,- € zu installieren.

Aus Kostengründen wurde bei der Automation in technisch nicht anspruchsvollen Anlagenkomponenten auf gebrauchte Anlagen zurückgegriffen. So geschehen bei der Pulverkabine. Da es sich um eine Kabine älteren Typs handelte, musste ein Umbau, der die aktuellen Brandschutzbestimmungen für Pulverkabinen berücksichtigt, für ca. 4.400,- € vorgenommen werden.

#### **3.2 Durchführung und Ergebnisse des Messprogramms**

Da zum Zeitpunkt des Projektbeginns ein Zukauf der Niedrigpreisprodukte stattfand, muss der Nachweis der Umweltentlastungen wie nachfolgend beschrieben „indirekt“ erbracht werden. Zur Ermittlung des IST-Zustands mussten zunächst die relevanten Produktionsprozesse für das Mittel- und Hochpreissegment ermittelt werden, mit denen auch eine Fertigung des

Niedrigpreissortiments am Standort hätte durchgeführt werden können („konventionelle Fertigung“). Im Messprogramm wurden dann für diese Fertigungsprozesse die wesentlichen Material- und Energieverbräuche sowie spezifische Kennzahlen ermittelt und auf die Produktion von Niedrigpreisprodukten übertragen. Tabelle 5 zeigt den Messtellenplan für diese konventionelle Fertigung zur Bestimmung des IST-Zustands.

<b>Messpunkte IST-Zustand</b>						
<b>Nr.</b>	<b>Bezeichnung Messstelle</b>	<b>Medium</b>	<b>Messparameter</b>	<b>Häufigkeit</b>	<b>Zeitraum od. Dauer / Anzahl</b>	<b>Durchführung Messung</b>
1	Rohmaterial (Platine) IST	Material	Masse	Stichproben	6 Monate	Idealspaten
2	gefertigte Spaten IST	Material	Anzahl	täglich	6 Monate	Idealspaten
3	Schweißanlage IST	Schweißdraht	Masse	monatlich	6 Monate	Idealspaten
4	Schweißanlage IST	elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller
5	Schleifmaschine IST	Schleifband	Anzahl	täglich	6 Monate	Idealspaten
6	Schleifmaschine IST	Schleifstaub	Masse	wöchentlich	6 Monate	Idealspaten
7	Wärmebehandlung Rollenofen	Elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller
8	Wärmebehandlung Rollenofen	Erdgas	Volumen	täglich per Gaszähler	10 Messungen	Saller / Idealspaten
9	Nacharbeit	diverse	Mengen	jährliches Aufkommen	1 Jahr	Idealspaten
10	Stanze	Elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller
11	Presse II	Elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller
12	Strahlanlage	Elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller
13	Polieranlage 1	Elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller
14	Polieranlage 2	Elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller
15	Infrarotstrahler	Elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller
16	Absaugung IST	Elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller

Tabelle 5: Messtellenplan zur Ermittlung des IST-Zustands

Zur Bestimmung des NEU-Zustands nach Realisierung des Projekts konnten die neuen Material- und Energieverbräuche direkt an den einzelnen Anlagen und Aggregaten der innovativen Fertigung gemessen oder durch Aufzeichnungen von Materialverbräuchen ermittelt werden. Tabelle 6 zeigt den Messtellenplan der innovativen Fertigung zur Bestimmung der relevanten Material- und Energieverbräuche.

Messpunkte NEU-Zustand						
Nr.	Bezeichnung Messstelle	Medium	Messparameter	Häufigkeit	Anzahl Messungen / Proben	Durchführung Messung
17	Rohmaterial (Platine) NEU	Material	Masse	Stichproben	Über 6 Monate	Idealspaten
18	gefertigte Spaten NEU	Material	Anzahl	täglich	Über 6 Monate	Idealspaten
19	Schweißanlage NEU	Schweißdraht	Masse	monatlich	Über 6 Monate	Idealspaten
20	Schweißanlage NEU	elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller
21	Schweißanlage NEU	Schleifband	Anzahl	täglich	Über 6 Monate	Idealspaten
22	Schleifanlage Cimotec	Schleifstaub	Masse	wöchentlich	Über 6 Monate	Idealspaten
23	Wärmebehandlung Induktionsanlage	Elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller
24	Schleifanlage Cimotec	Schleifband	Anzahl	täglich	Über 6 Monate	Idealspaten
25	vermiedene Nacharbeit	diverse	Mengen	jährliches Aufkommen	Über 6 Monate	Idealspaten
26	Stanzanlage	Elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller
27	Schleifanlage Cimotec	Elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller
28	Absaugung NEU	Elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller
29	Pulverkabine	Elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller
30	Einbrennofen	Elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller
31	Einbrennofen	Gasenergie	Volumen	täglich per Gaszähler	10 Messungen	Saller / Idealspaten
32	Bandanlage Cimotec	Elektrische Energie	Leistung	Mittelwert 120 Sekunden	2 Wochen	Saller

Tabelle 6: Messstellenplan zur Ermittlung des NEU-Zustand

Zu den Messpunkten 1 und 17 wurden zwei unterschiedliche Werte ermittelt:

- zum einen das „Rohgewicht“ je Platine, welches das Verhältnis des insgesamt eingesetzten Rohmaterials (vom Coil) zu der daraus gefertigten Anzahl an Spaten bzw. Platinen ausweist und
- zum anderen das tatsächliche Gewicht der Platine (Nettogewicht) nach dem Stanzen.

Das Rohgewicht ist erforderlich, um die Materialeinsparung durch die Versatzoptimierung bestimmen zu können, das Nettogewicht ist erforderlich, um die spez. Energieverbrauchskennzahlen insbesondere bei der Wärmebehandlung bestimmen zu können, da nur diese Masse erwärmt wird.

Der Verbrauch an elektrischer Energie wurde durch die Messung der Stromaufnahme der einzelnen Maschinen ermittelt. Dabei wurden die Mittelwerte der Stromaufnahmen über 120 Sekunden über unterschiedliche Zeiträume (z. B. drei zusammenhängende Produktionstage) hinweg aufgenommen. In Abbildung 17 ist exemplarisch der Verlauf einer dieser Messungen am Beispiel einer Polieranlage der konventionellen Fertigung an einem typischen Produktionstag dargestellt.

Zeitgleich zur Messung der Stromaufnahme wurden die entsprechenden relevanten Materialströme, im Wesentlichen die Anzahl der gefertigten Spaten, aufgeschrieben. Über die Kenntnis des Platinengewichtes konnten dann die spez. Energieverbräuche ermittelt werden. Das Platinengewicht (Nettogewicht) selbst wurde in Stichproben gewogen, die Anzahl der insgesamt gefertigten Produkte konnte über die Betriebsdatenerfassung ermittelt werden. In Abbildung 17 kann zwischen 9:15 Uhr (nach der Pause) und ca. 10:30 Uhr der Energieverbrauch der Polieranlage sowie auch die Anzahl der gefertigten Teile aus den Fertigungsaufträgen bestimmt werden. Aus diesem Energieverbrauch und der Anzahl der Teile kann der spez. Energieverbrauch je Teil berechnet werden. Um keine Verzerrung durch

einmalige Ereignisse oder durch besondere Produkte bedingte untypische Energieverbräuche in die Betrachtung einzubeziehen, wurden in der Auswertung der Messungen immer nur Abschnitte berücksichtigt, die mit den zukünftig zu fertigenden Produkten vergleichbar sind.

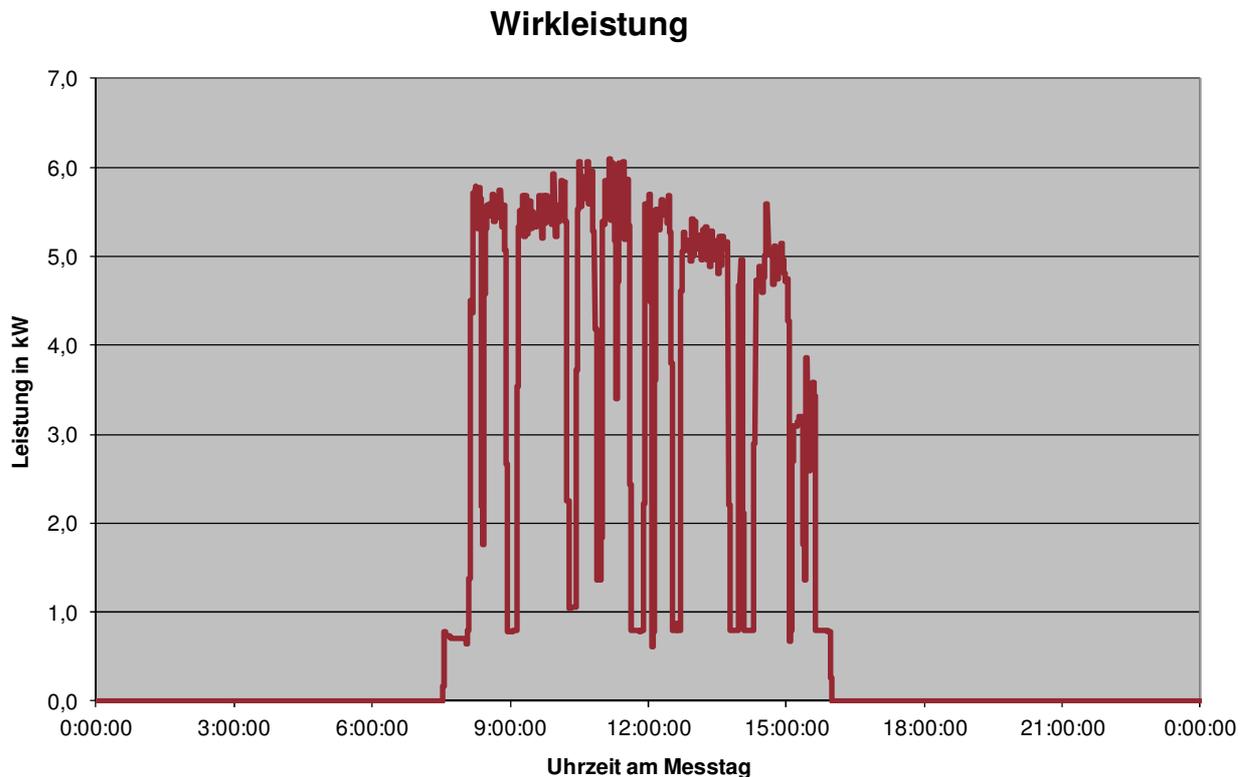


Abbildung 17: Leistungsverlauf eines Produktionstages einer Poliermaschine

Mit Hilfe der beschriebenen Vorgehensweise zur Auswertung der Messungen und der in Tabelle 5 und Tabelle 6 aufgeführten Messstellen, wurde die Auswertung insbesondere hinsichtlich der Punkte

- Materialeinsparung durch Versatz-, Schweiß- und Schleifoptimierung,
- Energieeinsparung bei der Wärmebehandlung,
- Einsparung an Schleifbändern durch Verminderung des Materialabriebs und der Verlängerung ihrer Standzeit und
- vermiedene Nacharbeit

durchgeführt. Neben der Energieeinsparung bei der Wärmebehandlung selbst wurde auch der Energieverbrauch der gesamten Fertigungsprozesse und der Nebenaggregate betrachtet. Hierzu zählen der Energieverbrauch für elektrische Antriebe, Absaugungen etc..

Tabelle 7 zeigt für die Wärmebehandlung, einem der wichtigsten Prozessschritte, die Verbesserungen beim spez. Energieverbrauch. Bei der Antragstellung wurde mit einem relativ hohen spez. Energieverbrauch analog zu den Hochpreisprodukten kalkuliert. Die Ergebnisse des Messprogramms zeigen, dass der tatsächliche spez. Energieverbrauch wesentlich geringer ist. Auch die geplante Senkung des spez. Energieverbrauchs konnte daher nicht ganz erreicht werden. War eine Senkung des spez. Energieverbrauchs von ca. 90 % erwartet worden, kann aus den Ergebnissen des Messprogramms „nur“ eine Verbesserung um gut 70 % nachgewiesen werden. Die geringere Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen mit 41 % ist dadurch

begründet, dass im neuen Verfahren Strom mit einem rel. hohen spez. CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor an Stelle von Erdgas im IST-Verfahren als Energieträger zum Erwärmen des Materials eingesetzt wird.

spez. Energieverbrauch Wärmebehandlung								
Bezeichnung	Geplant				Tatsächlich erreicht			
	IST Plan	NEU Plan	Verbesserung		Ist Messung	Neu Messung	Verbesserung	
spez. Energieverbrauch in kWh/kg	0,850	0,080	0,770	<b>91%</b>	0,502	0,141	0,360	<b>72%</b>
CO <sub>2</sub> -Emission in t <sub>CO2</sub> /a	33	9	23	<b>71%</b>	28	18	10	<b>36%</b>

Tabelle 7: Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs bei der Wärmebehandlung (Härten) und damit verbundene Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

In der Tabelle 8 ist die Einsparung an (Roh-)Material bei gleicher Fertigungsleistung dargestellt. Bei Antragstellung wurde ein um über 12,3 % geringerer „Materialverlust“ bei gleichbleibender Produktionsmenge erwartet. Dieser wurde mit 22,7 % deutlich übertroffen. Dies liegt im Wesentlichen daran, dass durch die hohe Reproduzierbarkeit im Fertigungsverfahren die Materialeigenschaften des Ausgangsmaterials innerhalb einer relative engen Toleranz liegen muss, um eine gleichbleibende Verformung in der Umformpresse und gleichmäßigen „Verzug“ in der Wärmebehandlung zu erreichen. Einher geht damit, dass neben der Versatzoptimierung auch die Wandstärke des Materials gesenkt werden konnte.

Senkung Materialeinsatz (Summe Masse)								
Bezeichnung	Geplant (Grobermittlung mit Antragstellung)				Tatsächlich erreicht (Nachweis durch Messprogramm)			
	IST Plan	NEU Plan	Verbesserung		Ist Messung	Neu Messung	Verbesserung	
	kg/Teil	kg/Teil	kg/Teil	%	kg/Teil	kg/Teil	kg/Teil	%
Versatzoptimierung	1,56	1,50	0,06	4,00	2,22	1,80	0,42	18,92
Schweißoptimierung	0,21	0,20	0,00	0,73	0,21	0,20	0,00	0,73
Wärmebehandlung	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Schleifoptimierung	0,09	0,04	0,05	54,02	0,09	0,04	0,05	54,02
Vermiedene Nacharbeit	0,13	0,00	0,13	100,00	0,13	0,00	0,13	100,00
<b>SUMME</b>	<b>1,99</b>	<b>1,74</b>	<b>0,24</b>	<b>12,31</b>	<b>2,64</b>	<b>2,04</b>	<b>0,60</b>	<b>22,67</b>

Tabelle 8: Übersicht über die Verbesserung des spez. Materialeinsatzes in den wesentlichen Fertigungsstufen

Die Abweichungen zwischen der geplanten und tatsächlichen Energieeinsparung liegen darin begründet, dass der ursprünglich angenommene spezifische Energieverbrauch bei der Wärmebehandlung im IST-Zustand höher angenommen wurde als im Messprogramm nachgewiesen werden konnte. Darüber hinaus wurde für die innovative Fertigung ein niedrigerer spezifischer Energiebedarf in der Antragsphase angenommen als die Ergebnisse des Messprogramm zeigten.

Insgesamt über die gesamte Fertigung betrachtet konnte doch eine erhebliche Senkung des spezifischen Energieverbrauchs erreicht werden (vgl. auch Tabelle 9). Dies liegt daran, dass bei Antragstellung der Stromverbrauch von untergeordneten Prozessen wie z. B. dem Polieren in der konventionellen Fertigung unterschätzt wurde und der Stromverbrauch bei der innovativen Fertigung für diese Prozesse überschätzt wurde.

Nachfolgende Tabelle 9 zeigt zusammenfassend die aus der Senkung des Abfallaufkommens, des spezifischen Materialeinsatzes und des spezifischen Energieeinsatzes resultierende Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Emissionsminderung sollte ursprünglich rd. 20 % betragen, im Messprogramm tatsächlich nachgewiesen werden 26 %. Die wesentlichen CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen werden durch den reduzierten „Materialverlust“ bewirkt.

Vom Unternehmen nicht beziffert werden konnte die zusätzliche CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung, die durch nicht mehr benötigte See- und Landtransporte erreicht wird.

Vermeidung CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Energieeinsparung und Senkung Materialeinsatz								
Bezeichnung	Geplant (Grobermittlung mit Antragstellung)				Tatsächlich erreicht (Nachweis durch Messprogramm)			
	IST Plan	NEU Plan	Verbesserung		Ist Messung	Neu Messung	Verbesserung	
	kg <sub>CO2</sub> /Teil	kg <sub>CO2</sub> /Teil	kg <sub>CO2</sub> /Teil	%	kg <sub>CO2</sub> /Teil	kg <sub>CO2</sub> /Teil	kg <sub>CO2</sub> /Teil	%
Versatzoptimierung	2,36	2,27	0,09	4,00	3,35	2,72	0,63	18,92
Schweißoptimierung	0,50	0,49	0,01	1,71	0,37	0,36	0,01	2,19
Wärmebehandlung	0,22	0,06	0,16	71,40	0,18	0,11	0,08	41,24
Schleifoptimierung	0,12	0,05	0,06	54,02	0,12	0,05	0,06	54,02
Vermiedene Nacharbeit	0,40	0,00	0,40	100,00	0,36	0,00	0,36	100,00
<b>SUMME</b>	<b>3,59</b>	<b>2,87</b>	<b>0,72</b>	<b>20,04</b>	<b>4,38</b>	<b>3,24</b>	<b>1,14</b>	<b>26,04</b>

Tabelle 9: Übersicht über die spez. CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung bei Realisierung des Projekts (Emissionsfaktoren nach ProBas, DEHSt und EVU)

Um eine Vergleichbarkeit der im Messprogramm ermittelten bzw. im Abschlussbericht dargestellten Werte bzgl. der Umweltwirkungen mit der Antragstellung zu gewährleisten, wurden die gleichen Werte für die spezifischen Emissionsfaktoren wie zum Zeitpunkt der Antragstellung verwendet. Insbesondere bei elektrischer Energie ist dieser Wert seit Antragstellung bis zur Inbetriebnahme der innovativen Fertigung erheblich gesunken. Mit dem aktuellen Wert des CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktors für den „Strommix Deutschland“ (566 g CO<sub>2</sub>/kWh, siehe <http://www.umweltbundesamt.de/energie/archiv/co2-strommix.pdf>) wäre die CO<sub>2</sub>-Emission NEU etwas geringer als in Tabelle 9 ausgewiesen.

Auf Basis der bisherigen Erfahrung und Projektergebnisse konnte die angestrebte vollständige Vermeidung von Nacharbeit mit Realisierung des Vorhabens tatsächlich erreicht werden.

### 3.3 Umweltbilanz

In Tabelle 10 ist auf Basis der Ergebnisse des durchgeführten Messprogramms zusammenfassend die Umweltbilanz des Vorhabens dargestellt. Insgesamt konnte das

Einsparziel bzgl. Senkung des spez. Energieverbrauchs nicht in vollem Umfang erreicht werden, da im Messprogramm neben den eigentlichen Fertigungsprozessen auch die Hilfsprozesse (Absaugung etc.) mit bilanziert wurden. Hingegen konnte das Ziel bzgl. der Senkung des Materialeinsatzes wesentlich übertroffen werden. Damit geht einher, dass auch das Ziel bzgl. der 20%igen Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen mit minus 26% deutlich übertroffen wurde.

Übersicht Umweltwirkungen								
Bezeichnung	Geplant (Grobermittlung mit Antragstellung)				Tatsächlich erreicht (Nachweis durch Messprogramm)			
	IST Plan	NEU Plan	Verbesserung		Ist Messung	Neu Messung	Verbesserung	
Energieverbrauch in kWh/Teil	1,981	0,390	1,591	<b>80%</b>	3,336	1,788	1,547	<b>46%</b>
Materialeinsatz in kg/Teil	1,989	1,745	0,245	<b>12%</b>	2,644	2,045	0,600	<b>23%</b>
Senkung CO <sub>2</sub> -Emission in kg <sub>CO2</sub> /Teil	3,592	2,872	0,720	<b>20%</b>	4,378	3,238	1,140	<b>26%</b>

Tabelle 10: Übersicht über die Umweltbilanz des Vorhabens

Anmerkung: Tabelle 10 enthält die Verbesserungen in allen betroffenen Prozessen bei der Fördernehmerin, während Tabelle 7 nur die Verbesserungen im Prozess der Wärmebehandlung beinhaltet.

### 3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Für die Wirtschaftlichkeitsanalyse wurden vor Start des Projekts folgende Einsparpotentiale prognostiziert:

- Materialeinsparung: 14.300,-- €/a
- Energieeinsparung: 18.800,-- €/a

Darüber hinaus wurde erwartet, dass nach Realisierung des Projekts durch

- Entfall Nacharbeitsaufwand 70.000,-- €/a
- zusätzliche Wertschöpfung durch Eigenproduktion 80.000,-- €/a

zur Refinanzierung der Investitionskosten generiert werden können.

In Summe wurde zur Ermittlung der Rentabilität der Gesamtinvestition von 1.254.150,-- € mit einer Gesamteinnahme von rd. 183.100,-- €/a kalkuliert, davon rd. 18 % durch die verbesserte Ressourceneffizienz (vermiedener Energieverbrauch und vermiedener Materialverbrauch).

Nach Durchführung des Projektes haben sich bzgl. Energie- und Materialeinsparung nachfolgende Werte ergeben:

- Materialeinsparung: 46.026,-- €/a
- Energieeinsparung: 7.699,-- €/a

Der Entfall des Nachbearbeitungsaufwands und die zusätzliche Wertschöpfung durch Eigenproduktion der Rohlinge an Stelle des Zukaufs wurden wie ursprünglich geplant erreicht.

Für die Refinanzierung der Investitionskosten kann daher mit einer Gesamteinnahme von 203.725,-- € gerechnet werden. Die ursprünglich geplanten Anschaffungskosten wurden um 188.989,66 € überschritten und betragen 1.443.139,66 €. Unter der Berücksichtigung dieser Werte stellt sich die Amortisationsrechnung für das Projekt im Vorher-/Nachher-Vergleich wie folgt dar:

<b>Amortisationsrechnung (Kapitalrückfluss-, Pay back Methode)</b>			
	<b>Innovative getaktete Spatenfertigung PLAN</b>	<b>Innovative getaktete Spatenfertigung IST</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Anschaffungskosten [€]:</b>	1.264.150	1.443.140	(geschätztes) Invest zur Umsetzung der Maßnahme
<b>Restwert [€]:</b>	0	0	Restwert = Entsorgungskosten
<b>Nutzungsdauer [a]:</b>	10	10	
<b>Kalkulatorischer Zins [%]:</b>	5	5	
<b>Kalkulatorische Abschreibung [€/a]:</b>	126.415	144.314	
<b>Energieeinsparung [€/a]:</b>	18.800	7.699	Energieeinsparung
<b>Saldo Instandhaltung [€/a]:</b>	0	0	
<b>Saldo Personal [€/a]:</b>	0	0	
<b>Saldo Material [€/a]:</b>	-14.300	-46.026	verringerte Materialkosten
<b>Kapitalkosten [€/a]:</b>	<b>158.019</b>	<b>180.393</b>	
<b>Saldo Sonstiges [€/a]:</b>	-150.000	-150.000	Zusätzlicher Gewinn durch Produktion- und Wertschöpfungssteigerung am Standort und Vermeidung bisherige Nacharbeit an Zukaufteilen aus Fernost
<b>Jährliche Kosteneinsparung [€/a]:</b>	<b>25.081</b>	<b>23.333</b>	
<b>Amortisationszeit [a]:</b>	<b>8,3</b>	<b>8,6</b>	

Tabelle 11: Vergleichende Übersicht der Amortisationsrechnung bei Planung des Projekts und nach Realisierung des Vorhabens

Auch hier wurden analog zu Kapitel 3.3 und 3.4 (bzgl. der Emissionsfaktoren) aus Gründen der Vergleichbarkeit die Material- und Energiepreise bei Antragstellung zu Grunde gelegt.

### 3.5 Technischer Vergleich zu konventionellem Verfahren

Insgesamt als neu und dem Unternehmen weder bei Marktbegleitern noch bei andern Unternehmen der Umformbranche bekannt, ist die erfolgte Vertaktung der einzelnen Fertigungsschritte beginnend mit dem Abspulen des Coils bis hin zum Abnehmen der fertigen Spatenblätter vom Lackierband. Um dies in dieser Form gewährleisten zu können, waren neben einem hohen Maß an Automation der Handhabung des Produkts zwischen den einzelnen Fertigungsschritten auch in den einzelnen Fertigungsschritten innovative Lösungen erforderlich. Bei vergleichbaren Unternehmen der Umformbranche werden üblicherweise der Stanz- und Umformprozess, der Wärmebehandlungsprozess und die anschließende Lackierung

voneinander getrennt. Dies erfolgt durch „Zwischenlagerung“ der jeweiligen Teile in Gitterboxen oder ähnlichen Behältern. Damit verbunden sind zwangsläufig innerbetriebliche Logistikvorgänge in Form von Fahrten mit einem Gabelstapler oder ähnlichen Logistikfahrzeugen, mit entsprechenden Energieverbräuchen und Umweltbelastungen.

Um möglichst kostengünstig und umweltschonend produzieren zu können, wurde beginnend vom Coilabwickeln bis hin zum Einstielen eine Vertaktung der Prozesse realisiert. Obwohl bei Projektrealisierung die Einrichtung von automatisch befüllten und entleerten Puffern zwischen einzelnen Prozessschritten erforderlich wurde, hängen alle Prozessschritte aneinander.

Eine innovative Prozessgestaltung war beim zeitkritischen Prozess der induktiven Erwärmung des Spatenblatts auf 900 °C zum Härten erforderlich. Bedingt durch die Form des Bauteils müssen Induktionsanlagen mit hoher Frequenz eingesetzt werden, um eine Erwärmung in dieser kurzen Zeit zu ermöglichen. Gehärtet werden muss nur der vordere Bereich des Blatts (ca. 70 % der Blattlänge) und mit dem neuen Verfahren soll auch nur dieser Teil erwärmt werden. Hierfür muss eine Erwärmung des geformten Spatenblatts in einem Hochfrequenzwechselfeld mit gleichzeitiger Bewegung des Blatts im Wechselfeld erfolgen, um einen hinreichenden Energieeintrag in das Blatt bei der vorgegebenen Taktzeit zu erreichen. Realisiert wurde die Bewegung dadurch, dass der Handlingsroboter den zu härtenden Teil des Spatenblatts innerhalb des Hochfrequenzwechselfelds der Induktionsanlage bewegt. Die Ergebnisse zeigen, dass mit diesem Verfahren im Gegensatz zu den herkömmlichen Verfahren tatsächlich nur der Teil des Blattes erwärmt wird, der auch gehärtet werden muss. Durch die kurze Taktzeit können Wärmeleiteffekte von dem zu erwärmenden Teil des Blatts in den nicht zu erwärmenden Teil vernachlässigt werden.

Die Erwärmung selbst erfolgt nur durch einen relativ kurzen Impuls mit anschließender rascher Abkühlung im Abschreckbecken. Als direkte positive Konsequenz ergibt sich, dass die Wärmeverluste insgesamt sowohl auf Erwärmungsseite im Induktivofen wie auf Auskühlseite beim Blatt sehr gering gehalten werden können. Grundsätzlich erfolgt so eine äußerst gezielte Erwärmung des zu härtenden Teils des Blatts und nicht, wie in einem Durchlaufofen üblich, des gesamten Blatts sowie des gesamten Ofens. Kehrseite des Verfahrens ist, dass an Stelle des vergleichsweise CO<sub>2</sub>-armen Erdgases der CO<sub>2</sub>-intensivere Energieträger Strom eingesetzt werden muss. Aufgrund des wesentlich effizienteren Energieeinsatzes (-72%) werden die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen trotzdem noch um 42% gesenkt.

Beim Anschweißen der Feder zur Stielaufnahme waren ebenfalls neue Ideen umzusetzen. Die Schweißnaht (Kehlnaht) hat auf dem Spatenblatt einen V-förmigen Verlauf. Am „Umkehrpunkt des V“ war bisher ein Absetzen und anschließend ein Wiederansetzen des Schweißvorgangs erforderlich. Dadurch ergab sich an dieser exponierten Stelle eine zusätzliche Aufschweißung, die bisher beim anschließenden Schleifen des Spatenblatts wieder abgetragen werden musste. In der neuen Anlage kann durch die Führung des Spatenblatts durch den Handhabungsroboter dieser Ab- und Ansetzpunkt in einen Bereich verschoben werden, an dem ein Materialauftrag grundsätzlich erwünscht ist und die unvermeidbare Aufschweißung keinen negativen Einfluss auf das nachfolgende Schleifen besitzt. Die Innovation besteht darin, durch den Einsatz modernster Schweißtechnologien den Abtrag im anschließenden Schleifprozess auf ein Minimum zu reduzieren.

Trotz hoher Reproduzierbarkeit der Umformung des Spatenblatts in der Presse ergeben sich in der Wärmebehandlung und beim Schweißen unterschiedliche Verzüge der einzelnen Blätter. Dieser Verzug kann sowohl innerhalb der Form des Blatts als auch hinsichtlich der Lage des Blatts zum Aufnahmepunkt des Schleifroboters auftreten. Ursache hierfür ist, dass im eingesetzten Rohmaterial von Coil zu Coil unterschiedliche Eigenspannungen auftreten, abhängig davon, ob das Coil aus der Mitte oder von den Außenbereichen des ursprünglichen Breitbandes stammt. Um beim Schleifen möglichst wenig Material abzutragen, wird die tatsächliche (individuelle) Form eines jeden zu bearbeitenden Spatenblatts und die jeweilige Stellung des zu schleifenden Blatts zum Aufnahmepunkt über optische Sensoren ermittelt.

Entsprechend wird die Schleifposition des Blatts dann relativ zum Schleifband korrigiert und der Schleifdruck angepasst.

Auf Grund der Vertaktung sind die innerbetriebliche Logistik und das innerbetriebliche Transportaufkommen auf ein Minimum reduziert.

## 4. Empfehlungen

### 4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Aufgrund der Einmaligkeit der Anlage und den damit verbundenen Notwendigkeiten für eine reibungslose Projektrealisierung, werden nachfolgend die wesentlichen Erfahrungen aufgezeigt, welche die Fördernehmerin bei der Umsetzung des Vorhabens gemacht hat:

- **Die Rahmenbedingungen und unternehmensspezifische Voraussetzungen**  
Da bei der Fördernehmerin eine über 110-jährige Industriekultur im Ruhrgebiet gelebt wird, musste die baulichen Gegebenheiten auf die Anforderungen einer modernen Roboterfertigung erst angepasst werden. Geschehen ist dies durch die Anfertigung einer neuen durchgängigen Bodenplatte für die innovative getaktete Fertigung und einer neuen Dacheindeckung in diesem Bereich.
- **Relevanz der Materialeigenschaften für die Prozesssicherheit**  
Bei der konventionellen Fertigung konnte Ausgangsmaterial mit einer relativ großen Vielfalt an Legierungskombinationen verwendet werden, da die gefertigten Produkte und die manuelle Prozessführung relativ große Toleranzen erlaubten. Im Rahmen der Inbetriebnahme wurde festgestellt, dass auch die neu gesetzten engen Spannen für die Legierungsgehalte im Einsatzmaterial nicht reichten, um eine hohe Prozesssicherheit zu gewährleisten. Die Toleranzen bei unserem Rohmaterial, selbst innerhalb eines Coils, zwangen uns zu einem nachträglichen konstruktiven Eingriff bei einer Anlagenkomponente (Schleifroboter).
- **Integration von gebrauchten Anlagenkomponenten ermöglicht Kostensenkung**  
Unser Ziel war es, durch die Verwendung von gebrauchten Anlagenkomponenten die Investitionskosten so zu gestalten, dass eine betriebswirtschaftlich vertretbare Refinanzierung möglich ist. Die Umbauten und die Integration gestalteten sich deutlich aufwendiger und zeitintensiver als geplant, haben im Ergebnis allerdings trotzdem zu einer Senkung der Investitionskosten geführt.

### 4.2 Modellcharakter

Der Modellcharakter ist darin begründet, dass das Anlagenkonzept grundsätzlich auf alle Stanz-Biegebetriebe übertragen werden kann, in denen die produzierten Teile einer Wärmebehandlung unterzogen werden. Dabei ist die mögliche Anwendung nicht nur auf die Stanz-Biegebetriebe selbst beschränkt, sondern auch deren externe Dienstleister für Wärmebehandlung (Härtereien) können Teile dieses Anlagenkonzepts einsetzen.

Insgesamt bietet die Vertaktung der Prozesse und die innovativen Lösungen bei der Erwärmung für die Härtebehandlung erhebliches Potenzial zum Einsatz in anderen Unternehmen. Anlagenmodifikationen zur Anpassung an die jeweiligen gefertigten Produkten müssen im Einzelfall vom jeweiligen Anwender entwickelt und angepasst werden. Hiervon können insbesondere die induktive Erwärmung hinsichtlich Frequenz und Bewegung im magnetischen Wechselfeld sowie das Schweißen und das Schleifen betroffen sein. Hierbei handelt es sich aber nur um eine Anpassung der im realisierten Projekt entwickelten Lösungen auf bestimmte Produkte und nicht um neue Anlagen- bzw. Fertigungskonzepte.

In Deutschland sind in der Branche der Fördernehmerin noch drei weitere Unternehmen tätig, die dieses innovative Fertigungsverfahren oder einzelne Elemente davon in ihre Produktion übernehmen können. In Europa sind weitere zehn Marktbegleiter der Fördernehmerin bekannt, die ebenfalls das gesamte Konzept oder Teile davon übernehmen können.

Die branchenspezifische Kommunikation dieses erfolgreichen Vorhabens soll zum einen über unsere Kunden, zum anderen über Verbände erfolgen. Gerade die Kommunikation einer umweltfreundlichen Technologie über Kunden und Verbände, sowie anderen Multiplikatoren ist geeignet, die Standards innerhalb der Branche zugunsten energie- und materialeffizienter Verfahren zu verbessern. Wir beabsichtigen daher eine Ansprache über den IVG Industrieverband Garten e.V. und den WSM Wirtschaftsverband Stahl und Metalle e.V. Zugleich wollen wir diese Verfahrensumsetzung auch zusammen mit der Effizienz-Agentur NRW in der Loseblattsammlung veröffentlichen. Darüber hinaus wird der Dienstleister für das Messprogramm auf seiner Homepage eine sogenannte Success Story mit den wesentlichen Projektdaten veröffentlichen.

### **4.3 Zusammenfassung**

Mit der Realisierung des Vorhabens sollte nachgewiesen werden, dass eine getakte Fertigung von wärmebehandelten Stanz-Biege-Teilen technisch realisiert werden kann und neben wirtschaftlichen Vorteilen auch erheblich positive Umweltwirkungen ermöglicht. Kernstück der innovativen getakten Fertigung ist die Verkettung aller erforderlichen Fertigungsschritte „in einer Linie“, ohne innerbetriebliche Logistik zwischen den einzelnen Fertigungs- und Prozessschritten.

Mit Umsetzung des Projekts sollten die CO<sub>2</sub>-Emissionen, resultierend aus Energie- und Materialeinsparungen, um 20 % gesenkt werden. Den wesentlichen Anteil sollte hierzu die Senkung des spezifischen Materialeinsatzes um 12 % liefern.

Im Messprogramm konnte eine Minderung der direkt oder indirekt mit der Spatenfertigung verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 26 % nachgewiesen und damit die angestrebte Minderung um 20 % übertroffen werden. Über alle Prozessschritte und unter Einbeziehung des Materialverbrauchs konnten die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 171 t/a gemindert werden. Die wesentlichen Emissionminderungen werden dabei durch den reduzierten „Materialverlust“ bewirkt. Bei der Planung wurde ein um 12,3 % geringerer „Materialverlust“ bei gleichbleibender Produktionsmenge erwartet. Dieser wurde mit 22,7 %, entsprechend 89,9 t/a, deutlich übertroffen.

Der ursprünglich budgetierte Investitionsansatz in Höhe von 1.264.150 € für das Projekt wurde durch die tatsächlichen Kosten in Höhe von 1.443.139,66 € überschritten. Diese Überschreitung resultiert aus den unter 3.1 beschriebenen zusätzlich notwendigen Investitionen. Die im Bericht dargestellten über der Planung liegenden Einsparmöglichkeiten sowie die erreichte Unabhängigkeit von Zukäufen fraglicher Qualität untermauern die Sinnhaftigkeit dieser Zukunftsinvestition für die Fördernehmerin. Die errechnete Amortisationszeit für die innovative Technik ist wegen der Kostensteigerungen lediglich von 8,3 Jahren bei Stand der Planung auf 8,6 Jahre gestiegen.

Die Projektergebnisse zeigen, dass auch Produkte im Niedrigpreissegment durch ein innovatives getaktetes Fertigungsverfahren am Standort Deutschland wieder wirtschaftlich gefertigt werden können.

Das Anlagenkonzept ist auf die Mehrzahl aller Betriebe zur Herstellung von wärmebehandelten Stanzbiegeteilen weltweit übertragbar. Härtereien können für wärmebehandelte Stanz-Biege-Teile das Konzept der induktiven Erwärmung übernehmen.

Die neue Anlagentechnik kann, selbstverständlich nach vorheriger Terminvereinbarung, bei der Fördernehmerin in Herdecke besichtigt werden. Die Ansprechpartner sind Herr Eckhard Brosch und Herr Ulrich Rudolph.

## **Anlagen zum Abschlussbericht**