

UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Abschlussbericht

zum Vorhaben:

„Wärmekammer und SMP zum Aufschumpfen von Großwalzen“

NKa3 – 003426

Zuwendungsempfänger/-in:

Carl KRAFFT & Söhne GmbH & Co. KG

Umweltbereich

(Umweltschutz, Ressourceneffizienz, Energie)

Laufzeit des Vorhabens

06.09.2019 – 31.05.2021

Autoren

Michael Hess, Peter Kayser, Daniela Derißen

Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Datum der Erstellung

26.06.2022

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen UBA: 003426	Vorhaben-Nr. NKa3 – 003426
Titel des Vorhabens: „Wärmekammer und SMP zum Aufschrumpfen von Großwalzen“	
Autoren: Michael Hess, Peter Kayser, Carl Krafft & Söhne GmbH & Co. KG Daniela Derißen, prisma consult GmbH / Effizienz-Agentur NRW	Vorhabensbeginn: 06.09.2019 Vorhabenende (Abschlussdatum): 31.05.2021
Zuwendungsempfänger: Carl Krafft & Söhne GmbH & Co. KG Schoellerstr. 164 52351 Düren	Veröffentlichungsdatum: 15.08.2021 Seitenzahl: 40
Gefördert im BMU-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit	
Die Carl Krafft & Söhne GmbH & Co. KG setze erstmalig eine Wärmekammer und SMP (Smart Mover and Positioner) zum Aufschrumpfen von Großwalzen ein. Die Innovation der Anlage besteht darin, eine Wärmekammer zum Aufheizen von Mantelschüssen, im Zusammenspiel mit einem eigens entwickelten mobilen Gestells/Ofenwagens zum Beschicken der Kammer gleichzeitig als Aufschrumpf-Vorrichtung, zum thermischen Fügen von Großwalzen dient. In der Wärmekammer können die Mantelschüsse effizient aufgeheizt werden. An der Steuerung lassen sich die gewünschte Temperatur, die Startzeit und der Temperaturgradient vorwählen, dies reduziert die Energieverluste dramatisch und lässt energieintensive Nacharbeitsprozesse (Trennen und Zerspanen) entfallen. Die Ergebnisse des Vorhabens wurden über eine sechsmonatige Erfolgskontrolle ermittelt und zeichnen sich durch die nachfolgenden positiven Effekte bzw. Umweltwirkungen aus (bezogen auf 40 Großwalzen): <ul style="list-style-type: none"> • Reduzierung des Energiebedarf (Gas) um 34.760 kwh/a. • Reduzierung Stahlverbrauch (Ausschuss Mantelschüsse) um 8.061 kg/a • Reduzierung Dieserverbrauch (Fracht/Transporte) um 1.412,5 l/a. • Reduzierung Produktionszeit um ca. 7 Stunden. Die Einsparung an CO ₂ -Emissionen beträgt mit Umsetzung der Investition insgesamt ca. 24.652 kg CO ₂ /a. Wärmekammer und SMP haben Modellcharakter für die Branche.	

Schlagwörter: Wärmekammer, SMP, Großwalzen

Anzahl der gelieferten Berichte

Papierform: 6

Elektronischer Datenträger: 1

Sonstige Medien

EFA-Loseblattsammlung und Veröffentlichung im Internet geplant auf der Homepage: <https://www.krafft-walzen.com/>

Report-Coversheet

Reference-No. Federal Environment Agency: 003426	Project-No.: NKa3 – 003426
Report Title: “xxxxx”	
Authors: Michael Hess, Peter Kayser, Carl Krafft & Söhne GmbH & Co. KG Daniela Derißen, prisma consult GmbH / Effizienz-Agentur NRW	Start of project: 06.09.2019
	End of project: 31.05.2021
Carl Krafft & Söhne GmbH & Co. KG Schoellerstr. 164 52351 Düren	Publication Date: 15.08.2021
	No. of Pages: 40
Funded by the BMU Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.	
<p>Summary:</p> <p>Carl Krafft & Söhne GmbH & Co. KG is using a heating chamber and SMP (Smart Mover and Positioner) for the first time to shrink large rollers.</p> <p>The innovation of the system consists in a heating chamber for heating up shell large rollers, in combination with a specially developed mobile frame/kiln car for loading the chamber, which also serves as a shrinking device for thermal joining of large rolls.</p> <p>In the heating chamber, the shells can be heated up efficiently. The desired temperature, the start time and the temperature gradient can be pre-selected on the control, which dramatically reduces energy losses and eliminates the need for energy-intensive reworking processes (cutting and machining).</p> <p>The results of the project were determined over a period of six months and are characterized by the following positive effects and environmental impacts (based on 40 large rollers):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reduction of the energy requirement (gas) by 34,760 kWh/a. • Reduction of steel consumption (reject shell sections) by 8,061 kg/a • Reduction of diesel consumption (freight/transport) by 1,412.5 l/a. • Reduction of production time by approx. 7 hours. <p>With the implementation of the investment, the savings in CO2 emissions total approx. 24,652 kg CO2/a.</p> <p>Heating chamber and SMP have a model character for the industry.</p>	
Keywords: Heating chamber, SMP, large rollers	

No. of reports delivered:

- Paper form: 6
- Electronic data carrier: 1

Other media:

- “EFA-Loseblattsammlung”
- Planned publication on company homepage <https://www.krafft-walzen.com/>

Inhaltsverzeichnis	
Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	8
1. Einleitung	9
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens.....	9
1.2 Ausgangssituation	10
2. Vorhabensumsetzung	13
2.1 Ziel des Vorhabens.....	13
2.2 Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)	16
2.3 Umsetzung des Vorhabens	21
2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)	28
2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten	28
2.6 Konzeption und Durchführung der Erfolgskontrolle	29
2.7 Ergebnisse und deren Bewertung.....	30
3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung	33
3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung.....	33
3.2 Stoff- und Energiebilanz	33
3.3 Umweltbilanz	34
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	36
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren	37
4. Übertragbarkeit	38
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung	38
4.2 Modellcharakter/Übertragbarkeit.....	39
5. Zusammenfassung/Summary	40
5.1 Zusammenfassung	40
5.2 Summary	42

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Foto des Produktionsstandortes (Schoellerstr. 164, 52351 Düren) ...	9
Abbildung 2: Warenbahn mit eingesetzten Walzen	10
Abbildung 3: Innenkörper mit Spiralen, gedreht oder geschweißt	10
Abbildung 4: Wärmekammer	17
Abbildung 5: SMP (Smart Mover and Positoner) aus Sicht der Halle 22	18
Abbildung 6: Darstellung des Fügeprozesses	19
Abbildung 7: Visualisierung Kammer, insbesondere der Türaufteilung	22
Abbildung 8: Versetzung Heizung, Installation Umluftanlage	22
Abbildung 9: Visualisierung Umluftanlage	23
Abbildung 10: Hitzeschutzblech oben an der Kammer	24
Abbildung 11: Walze auf Grundkonstruktion (Aufnahme vom Januar 2021)	24
Abbildung 12: Visualisierung Grundkonstruktion	25
Abbildung 13: Funktionsweise der Grundkonstruktion.....	25
Abbildung 14: Geschlossene Kammer	26
Abbildung 15: BauteilAusfahrt, formatfüllend	26
Abbildung 16: SMP fährt in definierte Poition	27
Abbildung 17: Übergabe an Kran	27
Abbildung 18: Positionierung zum Innenkörper	27
Abbildung 19: Absenken über Innenkörper	27
Abbildung 20: Fügen beendet.....	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Umwelteffekte (bezogen auf jährlichen Herstellprozess von ca. 40 sog. Großwalzen (Durchmesserbereich von bis zu 3.800 mm und einer Ballenlänge von ca. 4.200 mm)	15
Tabelle 2: Prozessvergleich des innovativen Vorhabens mit dem Stand der Technik.....	20
Tabelle 3: Projektplan	21
Tabelle 4: Zusätzlicher Materialaufwand für Ausschussfertigung	31
Tabelle 5: Gefertigte Großwalzen während der Erfolgskontrolle	33
Tabelle 6: Umwelteffekte und die daraus resultierende CO ₂ -Einsparung des Vorhabens.....	34
Tabelle 7: Umwelteffekte in €	37
Tabelle 8: Amortisationsrechnung nach Erfolgskontrolle des Projekts	37
Tabelle 9: Umwelteffekte nach Umsetzung des innovativen Verfahrens	41
Table 10: Environmental effects after implementation of the innovation.....	43

1. Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die Maschinenfabrik Carl KRAFFT & Söhne GmbH & Co. KG (im Text als CKS bezeichnet) wurde 1870 als Eisengießerei und Maschinenbauunternehmen gegründet. CKS ist ein mittelständisches Familienunternehmen mit gut 130 Beschäftigten an zwei Standorten in Düren. Seit dem 01. Oktober 2019 wird zudem der Geschäftsbetrieb der WUMAG TEXROLL in Krefeld unter der Leitung der CKS als Tochtergesellschaft fortgeführt (22 Mitarbeiter).

Das Know-How aus dem Anlagenbau für die Papier- und Pappenerzeugung wurde seit 1980 auf die Herstellung von Walzen und eine Spezialisierung für rotations-symmetrische Körper neu ausgerichtet. CKS fertigt Drehteile bis zu einem Durchmesser von 5.500 mm bzw. einer Länge von max. 15.000 mm und deckt damit den Bedarf vieler Branchen vollständig ab. CKS ist einer der führenden Walzenhersteller in Europa. Die Papierindustrie ist weiterhin eine Hauptsäule der CKS Absatzmärkte, wobei neben der Walzenfertigung der Service ein wichtiges Geschäftsfeld darstellt. Das Kompetenzteam steht bei Umbauten, Erweiterungen oder Modernisierungen von bestehenden Papier- oder Kartonherstellungsanlagen zur Verfügung.

CKS hat sein Produktspektrum kontinuierlich weiterentwickelt und die technische Ausstattung der Fertigung angepasst. Nicht nur der Gründungssitz wurde stets modernisiert und im Rahmen der Möglichkeiten erweitert, sondern auch im nahegelegenen Gewerbegebiet ein zweiter Produktionsstandort geschaffen, der zuletzt im Jahre 2013 mit einem Hallenneubau erweitert wurde.

Bereits im Jahr 1999 wurde mit der KELZENBERG + CO. GmbH & Co. KG ein ortsansässiger Wettbewerber übernommen, der maßgeblich außerhalb der Papierbranche aktiv und auf Großwalzen spezialisiert war. Zwischenzeitlich wurden die Organisation und die Produkte vollständig bei KRAFFT integriert.



Abbildung 1: Foto des Produktionsstandortes (Schoellerstr. 164, 52351 Düren)

1.2 Ausgangssituation

Bei einer Doppelmantelwalze (DM-Walze) wird zwischen einem zylindrischen Innenkörper und einem ebenfalls zylindrischen Außenmantel eine Leitspirale eingebracht. Der Außenmantel, ein längsnaht-geschweißtes Rohr, wird in diesem Zusammenhang auch „Mantelschuss“ oder umgangssprachlich auch nur „Schuss“ genannt.

Die Leitspirale ist im Regelfall an den Innenkörper angebunden. Durch den Spiralenraum wird ein Medium geführt, z.B. Wasser oder Thermo-Öl, um die Walze gezielt zu temperieren (heizen oder kühlen), damit die Warenbahn einen definierten Prozess durchläuft bzw. definierte Energie zu- oder abgeführt wird.

Auf Walzen dieser Bauart werden u.a. technisch und optisch sehr anspruchsvolle Folien für Bildschirme von Smart-Phones oder Monitoren hergestellt und zunehmend auch BSF (Battery-Separation-Foils), die in der Herstellung von Batterie/Akkumulatoren eingesetzt werden.

Nachfolgende Abbildung 2 visualisiert eine Warenbahn mit eingesetzten Walzen.

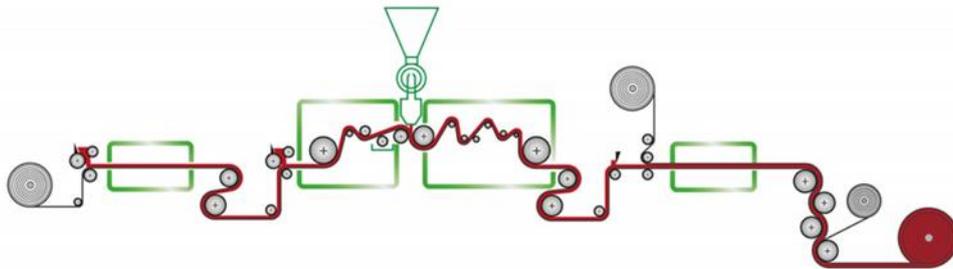


Abbildung 2: Warenbahn mit eingesetzten Walzen

Die nachfolgenden Abbildungen 3 zeigen eine Doppelmantelwalze mit gedrehten Leitspiralen von CKS und andere mit geschweißten Leitspiralen auf dem Innenkörper.

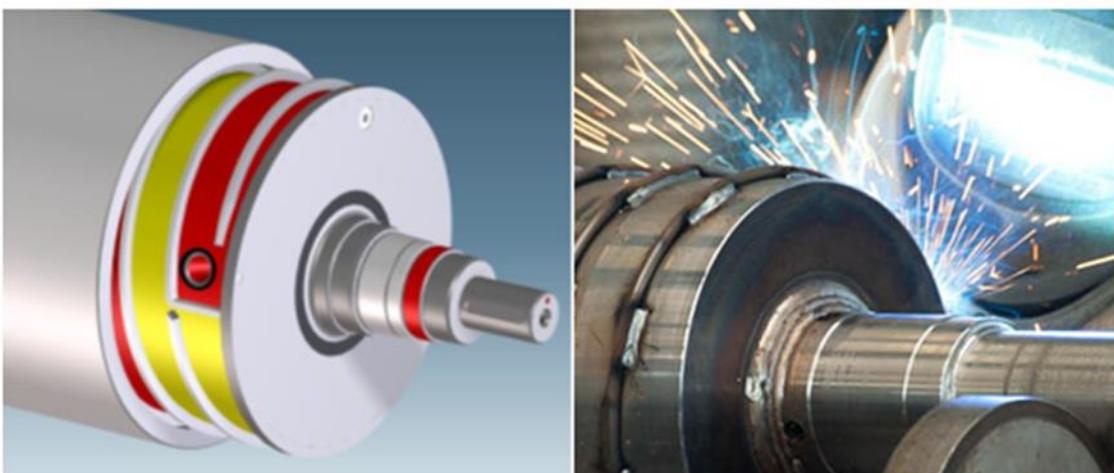


Abbildung 3: Innenkörper mit Spiralen, gedreht oder geschweißt

Wichtig für die Funktion der Walze ist ein definierter Sitz, d.h. Passung der Körper zueinander. Zum einen, damit die Geometrie der Walze nicht negativ beeinflusst wird, zum anderen, damit die Bahnen der Spirale keine Leckagen aufweisen.

Die geometrischen Präzisionsanforderungen liegen bei zum Teil kleiner als 1/100 mm im Rundlauf und kleiner +/- 0,5°C in der Temperaturführung.

Der Aufschrumpfprozess wird wie folgt durchgeführt:

- 1.) Der Innenkörper hat bei Raumtemperatur einen etwas größeren Durchmesser als der Außenmantel. Dieser Schrumpfsitz ist mit entscheidend für die Funktion der Walze und die Oberflächengüte der Ware.
- 2.) Wenn die Paarung von Außenmantel und bearbeitetem Innenkörper vorliegt, wird der Außenmantel gleichmäßig auf eine vorbestimmte Temperatur gebracht (bis zu 300°C). Mit der Änderung des Durchmessers entsteht das Spaltmaß, das ein Zusammenfügen von Außenmantel und Innenkörper erst ermöglicht. Der Fügeprozess gestaltet sich derart, dass der vorgewärmte Außenmantel mittels Portalkran exakt über den senkrecht auf einer Bodenplatte stehenden Innenkörper gefahren wird. Der Außenmantel wird möglichst präzise und unter Zuhilfenahme von Zentrierhilfen schnellstmöglich um den Innenkörper abgesenkt.
- 3.) Bei der Abkühlung schrumpft der Außenmantel auf sein originales Maß und presst sich auf den Innenkörper. Der resultierende Druck hält die Körper zusammen und bestimmt die mechanischen Eigenschaften der Walze und die Abdichtung zwischen den Leitspiralen.

Ein Kernprozess ist dabei das gleichmäßige Aufheizen des Mantelschusses oder Außenmantels zur Fügung.

Umsetzungsmöglichkeit 1: In den Räumlichkeiten von KRAFFT

Der Mantelschuss wird auf einer Drehvorrichtung in horizontaler Achse gedreht und dabei mittels gasbetriebener Lanzen erwärmt:

- Der Prozess wird von einem oder auch mehreren Mitarbeitern geführt.
- Der Prozess findet auf einer Freifläche in der Fertigungshalle statt. Die Position muss jedes Mal neu ausgerichtet werden.
- Eingebrachte Energie/Wärme entweicht nach oben.
- Zur Fügung wird der Mantelschuss von der horizontalen Achsenrichtung in eine senkrechte Achsenposition mittel Hebezeugen/Kran gedreht. In dieser Zeit kann keine weitere Aufheizung erfolgen und der Mantel kühlt sich bereits ab (Verlust an Fügenspiel).
- Am Innenkörper werden zuvor schweißtechnisch Anschläge geschweißt, um ein Durchrutschen beim Fügen zu verhindern. Die werden später wieder abgetrennt.
- In der Folge steht nur ein geringes Zeitfenster zum Fügen zur Verfügung. Sollte es Störungen im Ablauf geben (kein Kran verfügbar etc.) beginnt der Aufheizprozess erneut.

Kann das gleichmäßige Aufheizen nicht gewährleistet werden, ist der Schrumpfprozess risikobehaftet. Das Risiko kann wie folgt beschrieben werden:

- Der Mantel kühlt bei der Einrichtung stark oder zuweilen und ungleichmäßig ab.
- Eine starke Abkühlung kann dazu führen, dass der Mantel beim Fügen „hängen bleibt“. In der Folge muss durch eine aufwendige thermische Behandlung der Mantel vom Innenkörper entfernt werden und der
- Prozess beginnt von vorne.
- In seltenen, aber trotzdem möglichen Fällen muss der Mantel zerspannend entfernt werden, was im Regelfall zu einem Ausschuss des Mantels führt.

Der Mantel sitzt aufgrund der ungleichmäßigen Erwärmung mit ungleichmäßiger Spannung auf dem Innenkörper. Dies ist nicht prüfbar, wird erst bei der weiteren Produktion bzw. Bearbeitung des Bauteils offenbar und kann zu erheblichen Problemen sowie entsprechendem Nacharbeitsaufwand führen.

Umsetzungsmöglichkeit 2: Bei einem Unterlieferanten in Krefeld

Bei einem Unterlieferanten in Krefeld, kann der Schrumpfprozess als Lohauftrag durchgeführt werden. Dieser verfügt über einen sehr großen Ofen, der auch zum Glühen von Bauteile genutzt wird. Bedingt durch das beschicken des Ofens, werden die Bauteile zum Teile stehend erwärmt, aber auch liegend. Weiterhin wird ein Temperaturniveau von über 400°C gewählt, was dem Walzenbauer nicht zwingend zu Gute kommt.

Wesentliche Energiekostentreiber sind jedoch die aufwendigen Einzelfahrten des Innenkörpers bzw. des Mantelschusses von Düren nach Krefeld.

In der Folge ergeben sich zwei alternative Prozesse die mit einem erheblichen Energieeinsatz verbunden sind:

- Aufheizen und Schrumpfen in den Räumlichkeiten von KRAFFT in Düren mit den geschriebenen Energieverlusten oder
- Aufwendige Transporte zu den Zulieferbetrieben in Krefeld in ca. 85 km Entfernung.

Erläuterung zur grundsätzlichen Marktentwicklung

Die Anlagen für die Walzen bei CKS hergestellt werden, sind einem Größenwachstum ausgesetzt und dies ist unabhängig von der hergestellten Ware (Papier, Folie, Laminate etc.). Durch neue und größere Anlagen mit erhöhten Kapazitäten, sollen die weltweiten steigenden Bedarfe gedeckt werden. Im Papierbereich wird das sehr stark über die Maschinenbreite und Maschinengeschwindigkeit realisiert.

Bei den Folien, und hier besonders bei gereckten und gestreckten Folien, ist die Großwalze (in der Realanlage Giesswalze oder Chillroll genannt) das begrenzende Element.

Waren bis von ca. 2 Jahren Gießwalzen im Bereich Durchmesserbereich von 2.800 mm und einer Ballenlänge von 1.400 mm Stand der Technik, so vergrößern sich jetzt die Walzen im Durchmesser auf 3.200 mm bei 1.600 Ballenlänge.

Auch in einer anderen Anwendung von Giesswalzen (anderer Typ von Folien) ist ein Wachstum beim Durchmesser von 2.400 bzw. 2.800 mm auf 3.800 mm zu beobachten. Die Herausforderung an die Konstruktion, den Zusammenbau des Innenkörpers und die Zerspannung kann CKS heute bereits sehr gut meistern. Liegen die Durchmesser der Walzen unter 2.800 mm, sind die Logistikprozesse zum Teil mit eigenen Fuhrpark zu bewältigen und bedürfen keine besonderen Genehmigungen (normale LKW-Breite 2.500 mm).

Bei einem Durchmesser von 2.800 mm und größer, somit auch einer Fahrzeugbreite von über 2.800 mm, müssen aufgrund des Standortes von KRAFFT jeweils aufwendige Sondertransporte durchgeführt werden, die alleine deshalb unwirtschaftlich sind, weil das Bauteil jeweils alleine auf dem Spezial-Lkw transportiert wird. Außerdem ist eine entsprechende Genehmigung einzuholen, also zusätzlicher bürokratischer Aufwand gegeben. Wettbewerber liegen örtlich näher zum Glühbetrieb.

2. Vorhabensumsetzung

2.1 Ziel des Vorhabens

Gegenstand dieses Projektes ist die innovative, erste großtechnische Verfahrensumsetzung einer Wärmekammer zum Aufheizen von Mantelschüssen, im Zusammenspiel mit einem eigens entwickelten mobilen Gestells/Ofenwagens zum Beschicken der Kammer, und gleichzeitig als Aufschumpf-Vorrichtung, zum thermischen Fügen von Großwalzen. Die Großwalzen liegen im Durchmesserbereich von bis zu 3.800 mm und einer Ballenlänge von ca. 4.200 mm.

Dieser Ofenwagen wird im Weiteren als „**SMP – Smart Mover and Positioner**“ bezeichnet.

CKS stellt jährlich u.a. 150 Doppelmantelwalzen her. Von diesen Doppelmantelwalzen sind ca. 40 sog. Großwalzen (Durchmesserbereich von bis zu 3.800 mm und einer Ballenlänge von ca. 4.200 mm). Davon sollten zukünftig alle Walzen über das innovative Fertigungsverfahren aufgeschumpft werden.

Der Antragsteller erwartet von dem beschriebenen Vorhaben die folgenden Umwelteffekte:

- In der Wärmekammer können die Mantelschüsse effizient aufgeheizt werden. An der Steuerung lassen sich die gewünschte Temperatur, die Startzeit und der Temperaturgradient vorwählen.
- Die Wärmekammer reduziert die Energieverluste dramatisch. Derzeit werden die Mantelschüsse auf einer, in der Halle freistehenden Drehvorrichtung mittels handgeführten Gaslanzen erwärmt.

Dabei ist es schwierig den Prozess genau zu führen, d.h. die Mantelschüsse gleichmäßig auf die gewünschte Temperatur aufzuheizen.

Gerade das Erreichen der Solltemperatur ist wichtig um, den gewünschten Fügespalt zwischen den beiden Körpern zu realisieren. Die großen Wärmeverluste erlauben fast

nie das Erreichen der gewünschten Temperatur von 300°C oder aber der Energieeintrag müsste deutlich gesteigert werden.

- Das Aufheizen kann zum gewünschten Zeitpunkt erfolgen. Sind Wartezeiten erforderlich, können die im Ofen leicht und verlustfrei überbrückt werden.
- Reduzierung bis Abschaffung von Vorbereitungsmaßnahmen, die zum Teil schweißtechnisch durchgeführt werden. Dazu gehören Anschläge, die ein Durchrutschen des Innenkörpers verhindern. Diese Vorrichtungen werden auf dem SMP installiert.
- Reduzierung oder Entfall des Störfalls „Mantel bleibt hängen“ und Entfall von energieintensiven Nacharbeitsprozessen (Trennen und Zerspanen). Dieses Risiko besteht besonders dann, wenn
 - Der Mantelschuss nicht auf die richtig Fügetemperatur aufgeheizt ist
 - Der Mantelschuss nicht gleichmäßig aufgeheizt ist
 - Es im Ablauf zu Verzögerungen kommt und dadurch der Außenmantel abkühlt.
- Reduzierung oder Entfall von Ersatzbeschaffung aufgrund des Störfalls: Eine Ersatzbeschaffung bedingt neben dem erheblichen Zeitverzug, trotz Sondermaßnahmen, auch naturgemäß ein neues Bauteil, das mit den üblichen Verfahren für Stahlbauteile hergestellt wird.
- Reduzierung der innerbetrieblichen Logistik.

Reduzierung der LKW Logistik, weil Prozesse statt bei einem externen Lieferanten, im Haus durchgeführt werden können. Bei größeren Walzen stehen zudem keine aufwendigen Sondertransporte für Arbeitsschritte an.

P.S.: Die Problemstellung stellt sich im Grundsatz bei allen Wettbewerbern. Im Haus sind selten geeignete und optimierte Aufheizvorrichtungen vorhanden oder es müssen auch hier langen Transportwege in Kauf genommen werden.

Mit Umsetzung dieses innovativen Produktionsverfahrens wurden bei Antragstellung die nachfolgenden Umwelteffekte bezogen auf eine Produktionsleistung von 40 Großwalzen (Durchmesserbereich von bis zu 3.800 mm und einer Ballenlänge von ca. 4.200 mm) erwartet.

Alle Angaben beziehen sich auf ein Geschäftsjahr:

- Energieeinsparung für den Schrumpfprozess, mindestens 35.440 kWh
- Ausschussreduzierung: Statistisch ca. 2 Mäntel, dies entspricht ca. 6.400 kg Stahl
- Einsparung Logistikprozesse¹: ca. 5.525 km (Dieselverbrauch 25l/100 km) entspricht ca. 1.381 Liter Diesel. Mit Vermeidung der Logistikprozesse aufgrund Schwerlastverkehr sind auch Reduzierungen in der Straßenabnutzung, beim Verkehrsaufkommen und entsprechenden Umweltbelastungen verbunden, die nicht bilanziert werden.

¹ Die Logistikprozesse werden nur einfach mit jeweils einer Fahrt angesetzt und betrachtet.

Die nachfolgende Tabelle 1 bildete die erwarteten Umwelteffekte bei Antragstellung ab.

	Stand der Technik	Innovatives Verfahren	Einsparung	CO₂-Einsparung im Jahr
Energie (Gas)	Aufheizung in der Halle im freien Raum 40 Walzen x 1.032 kWh = 41.280 kWh Dies entspricht 9.495 kg CO ₂	Aufheizen in isolierter Wärmekammer 40 Walzen x 146 kWh = 5.840 kWh Dies entspricht 1.285 kg CO ₂	Reduzierung der eingesetzten Energie auf knapp 15% des Ursprungsprozesses um 35.440 kWh	8.210 kg
Ausschuss Stahlverbrauch	2 Mäntel im Jahr bleiben beim Schrumpfen stecken Ansatz: 3.200 kg Stahl je Walze, somit 6.400 kg Stahl insgesamt	0 Fehler angestrebt nach einer Einarbeitungszeit von 6 Monaten	Die Einsparung bezieht sich auf die Ersatzbeschaffung Ansatz: 3.200 kg Stahl je Walze somit 6.400 kg Stahl mit 1,95 kg CO ₂ je kg Stahl	12.480 kg
Diesel Ansatz 85 km mit 25 l/100 km	100 Fahrten = 8.500 km und somit 2.125 l Dies entspricht: 6.184 kg CO ₂	35 Fahrten = 2.975 km und somit 743,75 l Dies entspricht: 2.164 kg CO ₂	65 Fahrten = 5.525 km und somit 1.381,25 l Dies entspricht: 4.020 kg CO ₂	4.020 kg
Summe				24.710 kg

Tabelle 1: Umwelteffekte (bezogen auf jährlichen Herstellprozess von ca. 40 sog. Großwalzen (Durchmesserbereich von bis zu 3.800 mm und einer Ballenlänge von ca. 4.200 mm))

Die Umwelteffekte wurden wie folgt ermittelt:

- Energieeinsparung für den Schrumpfprozess:

Innovativer Prozess: Die theoretische Betrachtung ergibt bei einem Stahlmantel mit einer Masse von ca. 3.200 kg einen Bedarf von ca. 122 kWh zzgl. 20% Verlust = 146 kWh.

Bisheriger Prozess: Eine Befragung der Mitarbeiter ergab eine Zahl von ca. 4 Gasflaschen á 40 kg, die zur Aufheizung benötigt würden. Setzt man 1 kg mit 12,9 kWh gleich, ergeben sich 2.064 kWh, also Faktor 14 zum innovativen Prozess.

Konservativ setzen wir für die Berechnung aber nur die Hälfte an, also 1.032 kWh. (P.S.: Auf der einen Seite wollten wir bei der Betrachtung eher konservativ vorgehen, daher der Ansatz 50%. Auf der anderen Seite scheint es nicht plausibel, dass der bisherige Prozess mit den Verlusten im freien Raum besser sein soll.)

- Ausschussreduzierung:

Statistisch bleibt ein Mantel ein bis zweimal im Jahr hängen. Der durchschnittliche Stahlmantel wird mit ca. 3.200 kg angesetzt. Beim internen Schrumpfprozess wird eine maximale Temperatur des Außenmantels von 250-280°C erreicht. Eine weitere Erhöhung der Manteltemperatur ist aufgrund der Verluste nicht möglich. Dadurch ist die Differenztemperatur zwischen warmen Außenmantel und kalten Innenkörper klein und das Spaltmaß kleiner. Ist der Mantel zudem unrund, dann kann er klemmen. Diese Zahl ist aber insofern theoretisch, als dass der Aufschumpfprozess u.a. aufgrund dieser Problematik nach außen verlagert wurde und daher bei Eigenfertigung höher ist. Der externe Lohnfertiger schrumpft bei höheren Temperaturen und kann in jedem Fall einen gleichmäßigeren Wärmeeintrag gewährleisten. Trotzdem ist der Ansatz gerechtfertigt, da auch bei Auswärtsvergabe das Risiko weiter besteht. Je nach Quelle werden für die Produktion von einer Tonne Stahl zwischen 1.400 und 2.500 kg CO₂ angesetzt. Für diese Betrachtung setzen wir den Mittelwert von 1.950 kg CO₂ je Tonne Stahl an. (P.S.: Bedingt durch die vielfältigen Möglichkeiten der Stahlproduktion wurde die Mittelwert für den eingesetzten Bau- bzw. P-Stahl angesetzt.)

- Einsparung Logistikprozesse:

Die Walzen werden aufgrund der Größe i.d.R. einzeln zum Glühen, Schrumpfen und Tempern verbracht. Insgesamt fallen bei 40 Großwalzen ca. 100 LKW Fahrten an, selbst wenn man Kombinationen (eine Walze hin, eine Walze zurück) nutzt. Die einfache Fahrtstrecke beträgt ca. 85 km, gesamt also 8.500 km, bei einem Verbrauch von 25 l/100 km. Bei Reduzierung auf 35 Fahrten verbleiben nur noch 2.975 km.

Mit Umsetzung des Vorhabens wurde bei Antragstellung eine CO₂-Einsparung in Höhe von ca. 25 t/a erwartet.

2.2 Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

Wärmekammer

Die gesamte Wärmekammer wird modular aus zwei identischen Seitenwänden, einer Deckelplatte und vier Türen als Stahlbau-Rahmen-Konstruktion geplant. Die Platten werden mit Biofaser (Pargas) isoliert. Um die Stabilität der Kammer zu jeder Zeit, auch bei allen geöffneten Türen und maximal anliegender Temperatur, gewährleisten zu können, ist die Kammer beidseitig mit Stahlseilen abgespannt. Auch das Deckenmodul ist mit Stahlseilen gegen ein Einknicken gesichert.

Die nachfolgende Abbildung 4 visualisiert die geplante Wärmekammer.

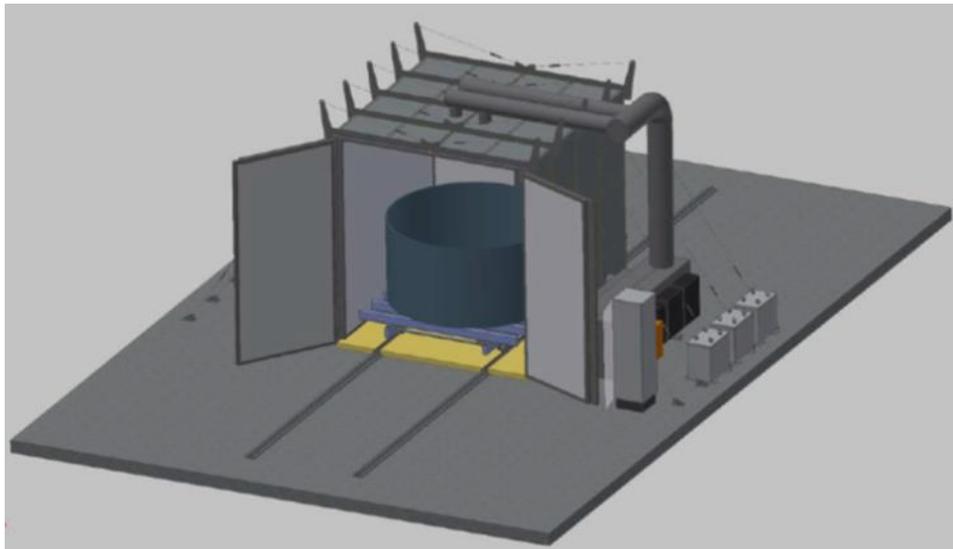


Abbildung 4: Wärmekammer

Technische Eckdaten:

- Innenvolumen Höhe ca. 4,5m, Breite ca. 4m, Länge 4,0-4,5m
- Heizleistung ca. 150 kW

SMP

Der **SMP – Smart Mover and Positioner** dient zum Beschicken der Kammer und ist gleichzeitig als Aufschrumpf-Vorrichtung vorgesehen. Er ist ein Kernelement.

Der SMP rollt auf Schienen, die auf dem Hallenboden fixiert und im Kammerbereich im isolierten Boden versenkt sind.

Der Ofenwagen ist so konstruiert, dass Mantelschüsse:

- in vertikaler bzw. senkrechter Achsenposition transportiert werden können
= Positionierung beim Fügen und Aufnahme der Lasten
- in horizontaler Achsenposition transportiert werden können
= thermische Prozesse am Gesamtsystem Walze, wie z.B. Tempern

Nachfolgende Abbildung 5 visualisiert den SMP.

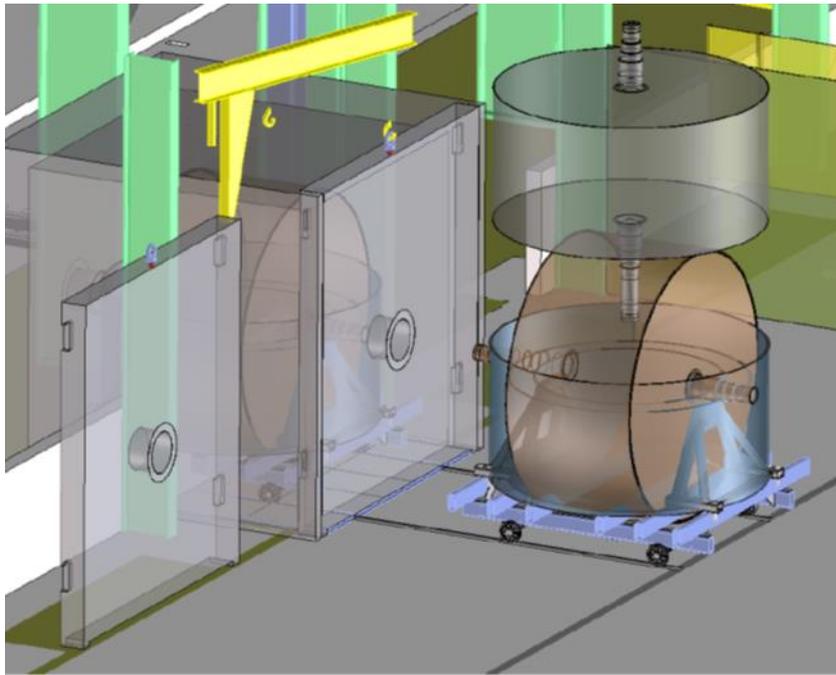


Abbildung 5: SMP (Smart Mover and Positoner) aus Sicht der Halle 22

Wesentliche Merkmale und Neuerung bei dem SMP:

- Die Verwendung zur Beschickung der Wärmekammer mit Mantelschüssen (je nach Durchmesser bis zu 4 Stück). Die Zylinderachse ist dabei vertikal ausgerichtet.
- Dient zur Positionierung der Mantelschüsse in der Wärmekammer.
- Führt die Mantelschüsse zum Fügen in eine definierte Position außerhalb der Kammer.
- Dient zur Fixierung der Mantelschüsse beim Fügen.
- Hat definierte Anschläge, die ein Durchrutschen der Innenkörper verhindern und somit Anschlussmaße eingehalten werden.
- Nimmt Lasten während des Fügens auf.

Nachfolgende Bilderserie der Abbildung 6 zeigt der gesamten Fügeprozess.

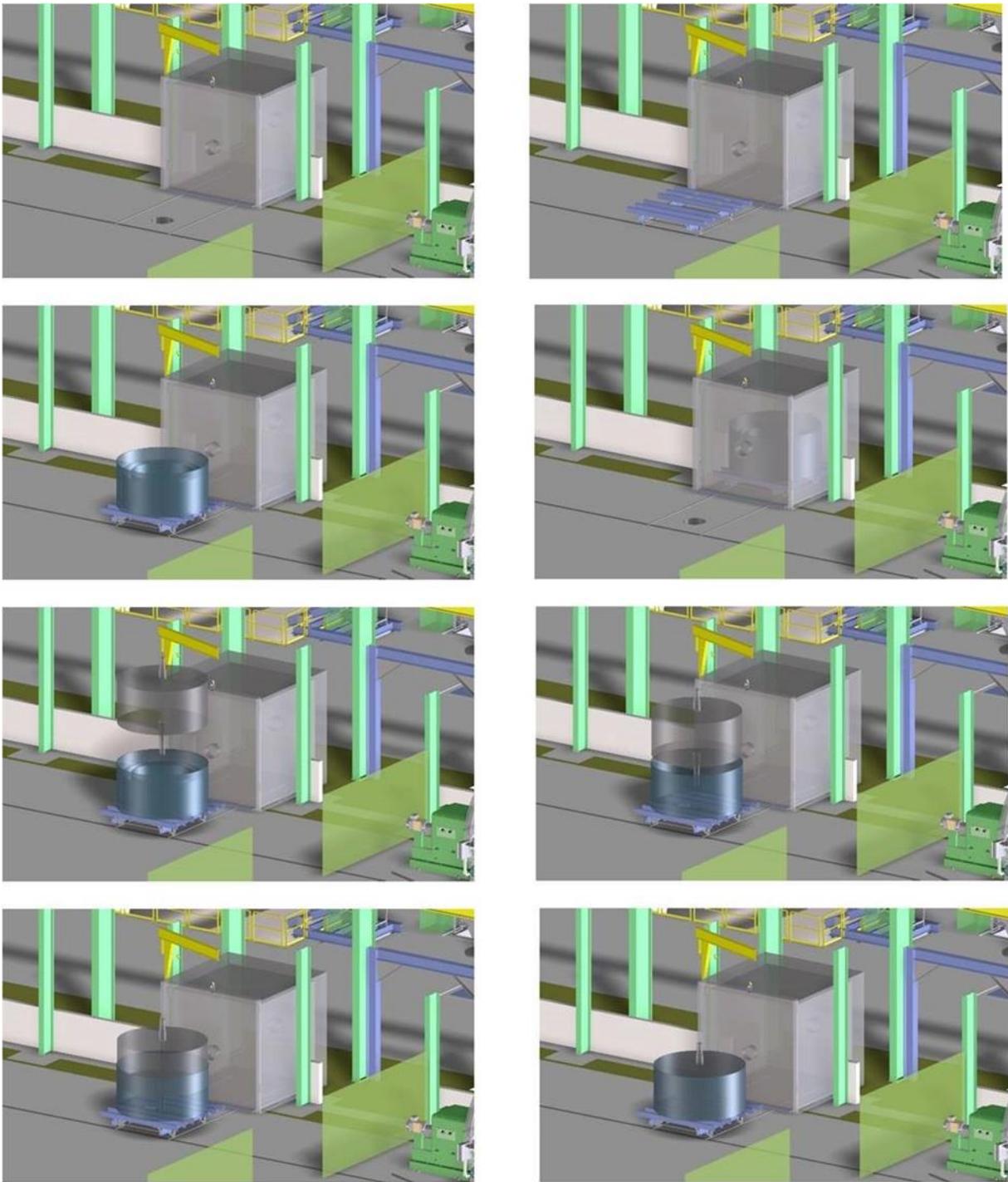


Abbildung 6: Darstellung des Fügeprozesses

Aufbauort

Der Aufbauort der Kammer sind die nicht vom Kran bedienbaren Stützenbereichen der Hallen 21 und 22 in Werk 2. Dazu wird ein Mauerdurchbruch hergestellt und auf dieser Fläche die Kammer installiert. Die beidseitigen Türöffnungen erlauben sowohl die Beschickung als auch das Fügen in beiden Hallen.

Prozessvergleich

Die nachfolgende Tabelle 2 vergleicht die Innovationen in den Prozessschritten mit dem bisherigen Stand der Technik.

Bisheriger Prozess (Stand der Technik)	Geplanter neuer Prozess (Innovation)
Der Prozess wird von einem, zum Teil mehreren Mitarbeitern geführt.	Ein Mitarbeiter beschickt die Wärmekammer. Die Kammer ist mit einer Regelung ausgerüstet, die es u.a. erlaubt, die Aufheizung in der Nacht zu beginnen und zu Arbeitsbeginn einen warmen Mantelschuss zu haben.
Der Prozess findet auf einer Freifläche in der Fertigungshalle statt. Die Position muss jedes Mal neu ausgerichtet werden.	Der Prozess findet an einem definierten Ort statt. Der Ofenwagen ist exklusiv zum Wärmen bestimmt und auf die Gegebenheiten ausgerichtet.
Eingebrachte Energie bzw. Wärme entweicht nach oben	Die Kammer ist isoliert und Wärme geht in die Umluft der Kammer.
Die Aufwärmung erfolgt: <ul style="list-style-type: none"> • nicht Gleichmäßig • nicht auf die gewünschte Temperatur, weil die Verluste zu groß sind. 	Die Aufwärmung erfolgt: <ul style="list-style-type: none"> • Gleichmäßig aufgrund der Umluft in der Kammer • Auf die gewünschte Temperatur, da die Verluste drastisch reduziert werden
Zum Fügen wird der Mantelschuss von der horizontalen Achsenrichtung in einer senkrechten Achsenposition mittels Hebezeugen/ Kran gedreht.	Der Mantelschuss liegt auf dem Ofenwagen in der gewünschten Position.
Während des Drehens, erfolgt naturgemäß keine weitere Aufheizung und der Außenmantel kann zum Teil stark abkühlen.	Ein Drehen etc. ist nicht erforderlich.
Der Innenkörper wird mittels Kran zum Mantelschuss transportiert und dann abgesenkt und dabei gefügt. Die Positionierung erfordert viel Fingerspitzengefühl und benötigt etwas Zeit, da der Innenkörper im Kran schwankt. Der Außenmantel kühlt derweil weiter ab.	Der Mantelschuss wird aus der Kammer mit dem SMP in eine definierte Position gefahren. In dieser Position hängt bereits der Innenkörper am Kran und wird abgesenkt. Das Zeitintervall ist so klein, dass die Abkühlung vernachlässigt werden kann.
Am Innenkörper werden zuvor Anschläge angeschweißt, um ein Durchrutschen bei Fügen zu verhindern. Diese werden später wieder abgetrennt.	Der SMP hat definierte Anschläge, die ein Durchrutschen der Innenkörpers verhindern. Anschlussmaße werden eingehalten. Ein Anschweißen und Abtrennen von Anschlägen ist nicht erforderlich.
Lange Zapfen bedingen unterschiedliche Vorrichtungen.	Die Position zum Fügen ist so gewählt, dass lange Walzenzapfen in einer Kernlochbohrung im Boden versenkt werden können und somit den Vorgang nicht beeinflussen.

Tabelle 2: Prozessvergleich des innovativen Vorhabens mit dem Stand der Technik

2.3 Umsetzung des Vorhabens

Die nachfolgende Tabelle 3 beschreibt den zeitlichen Ablauf des Projektes.

Projektplanung Wärmekammer und SMP																			
	Jan 20	Feb 20	Mrz 20	Apr 20	Mai 20	Jun 20	Jul 20	Aug 20	Sep 20	Okt 20	Nov 20	Dez 20	Jan 21	Feb 21	Mrz 21	Apr 21	Mai 21	Jun 21	
Detailplanung	■																		
Konstruktion SMP	■	■																	
Bestellung Wärmekammer		■																	
Lieferzeit Wärmekammer		■	■	■	■	■	■												
Vorbereitung Aufstellort					■	■	■												
Aufbau Wärmekammer							■	■											
Herstellung SMP				■	■	■	■												
Inbetriebnahme									■	■									
Probetrieb										■	■	■	■						
Dauerbetrieb													■	■	■	■	■	■	■
Erfolgskontrolle													■	■	■	■	■	■	■

Tabelle 3: Projektplan

Mit Genehmigung des förderunschädlichen vorzeigten Maßnahmenbeginns am 06.09.2019 konnten wir die Detailplanung zum Vorhaben aufnehmen.

Im Oktober 2019 hatten wir kurzfristig einen Mitbewerber, die insolvente Wumag Texroll Krefeld, im Rahmen eines Asset-Deal gekauft. Es wurden 25 Mitarbeiter und der Immobilienbesitz übernommen. Der Kauf hat intern sehr viele Ressourcen gebunden, so dass eine Auftragsvergabe nicht wie geplant bis zum 31.12.2019 erfolgen konnte.

Aufgrund der dann folgenden Corona Pandemie konnten die Abstimmungsarbeiten mit den Lieferanten, insbesondere mit dem Anlagenlieferanten Cremer Thermoprozessanlagen GmbH (Düren), nicht wie geplant erfolgen und mussten zurückgestellt und verschoben werden.

Am 17. Juni 2020 konnte das Kick-Off Meeting und die Abstimmung mit dem Anlagenlieferanten nachgeholt und die Auftragsvergabe erteilt werden.

Es wurde mit dem Anlagenlieferanten vereinbart und abgestimmt, dass die Inbetriebnahme in der Zeit Kalenderwoche 40–44 (somit bis 30.10.2020) erfolgen sollte. Der Termin wurde gewählt, da in diesem Zeitraum intern eine Großwalze gefertigt werden sollte, so dass die weitere Ausrüstung des SMP nach dem Aufschrupfen der ersten Großwalze als Einfahr- und Optimierungsphase erfolgen konnte. Aufgrund der Corona-Pandemie kam es zu leichten Zeitverschiebungen, die aber den Zeitrahmen des Projektes nicht verlängerten.

Intern waren die nachfolgenden Vorbereitungen zu treffen:

Der Aufbauort der Kammer war der nicht vom Kran bedienbaren Stützenbereichen der Hallen 21 und 22 in Werk 2. Daher wurde ein Mauerdurchbruch hergestellt und auf dieser Fläche die Kammer installiert. Die beidseitigen Türöffnungen erlauben sowohl die Beschickung als auch das Fügen in beiden Hallen.

Bis zu dem vereinbarten Termin wurden die Umbau- und Anpassungsarbeiten an der Halleninfrastruktur sowie neue Peripherieanbindungen (Gas, Strom, Abgas, elektr. Anschluss) umgesetzt.

Konstruktion der Wärmekammer sowie Abstimmung der Schnittstellen zum Gebäude

Die Konstruktion der Wärmekammer lag in der Verantwortung der Firma Cremer Thermoprozessanlagen GmbH (Düren). Die technische Ausführung der Kammer musste zum Teil den Gegebenheiten des Gebäudes angepasst werden. Um die volle Türöffnung zu gewährleisten, musste die Kammer zwischen den Hallen Stützen gestreckt werden, damit sich die Scharniere außerhalb der Hallenstützen befinden. Das ursprüngliche Innenmaß der Länge wurde damit von ca. 4.800 mm auf ca. 5.350 mm vergrößert.

Die Türen wurden im Verhältnis 1/3 zu 2/3 ausgeführt um den Anteil der „... in den Raum ragt ...“ zu verkleinern. Die nachfolgende Abbildung 7 visualisiert dies:

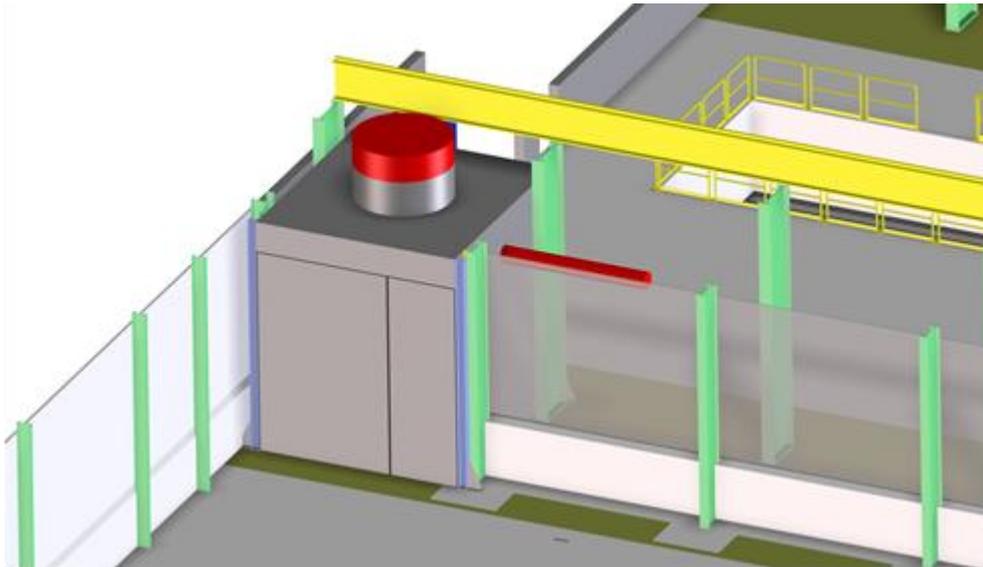


Abbildung 7: Visualisierung Kammer, insbesondere der Türaufteilung

Die in der Skizze dargestellte Heizung der Halle (blau) wurde planmäßig versetzt.

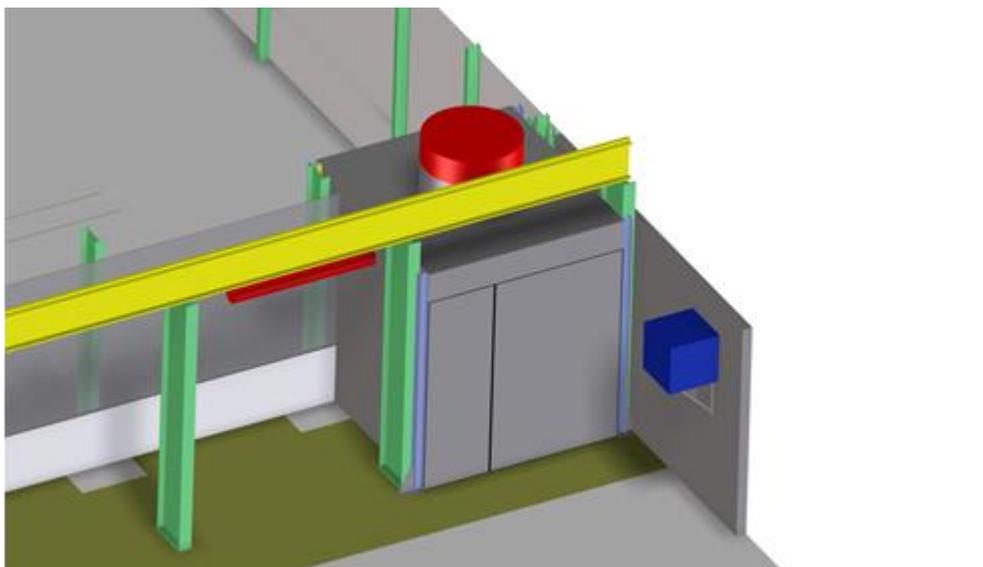


Abbildung 8: Versetzung Heizung, Installation Umluftanlage

Als weitere Schnittstelle musste die Anbringung und Installation der Umluftanlage (Bild oben in rot) adaptiert werden. Die Anlage war immer auf der Oberseite geplant gewesen. Die Installation der Anlage musste aber bedingt durch die Stützen und Kranbahnen der Hallen von der Seite (im Bild unten von rechts) erfolgen.

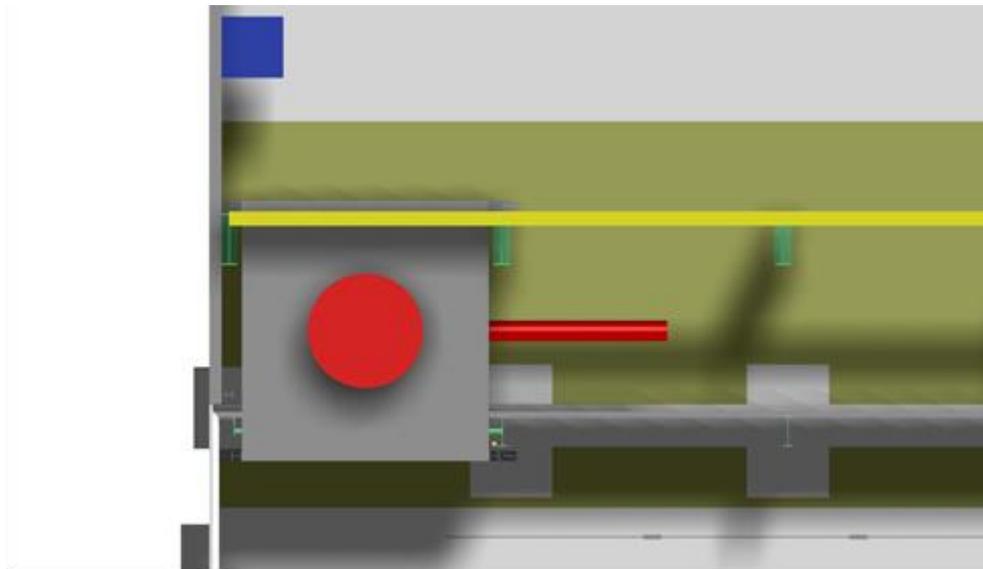


Abbildung 9: Visualisierung Umluftanlage

Schlussendlich mussten Versorgungsleitungen und die Kranbahn durch ein Blech gegen austretende Hitze beim Öffnen der Türen geschützt werden. Dazu wurde ein Hitzeschutzblech installiert.



Vorbereitung des Gebäudes (08/2020 – 10/2020)

Die zwischen der Hallenschiffen befindliche Wand und Verglasung wurde entfernt und ein ebener Übergang zwischen den beiden Hallenteilen hergestellt.

Konstruktion des SMP (08/2020 – 09/2020)

Dem SMP kam im gesamten Projekt eine besondere Aufgabenstellung zu. Kennzeichnend ist neben dem Manövrieren der Bauteile, auch das Positionieren der Bauteile zu einander. Durch die baulichen Einschränkungen und die Ausführung der Heizkammer mit einer hocheffektiven Strahltechnik, entstand im oberen Bereich der Kammer eine zusätzliche Störkontur, die durch die Konstruktion des SMP umgangen werden musste.



Abbildung 11: Walze auf Grundkonstruktion (Aufnahme vom Januar 2021)

In der Konsequenz wurde eine Grundkonstruktion erzeugt, die durch Hinzufügen oder Weglassen auf andere Bauteilabmessungen adaptiert wurde. Das Bild unten zeigt die Grundkonstruktion. Diese Grundkonstruktion ermöglicht es, unterschiedliche Walzen mit verschiedenen Bauteilabmessungen optimal verarbeiten zu können.

Im Antrag wurde eine Lösung mit Schienen, die auf dem Hallenboden fixiert und im Kammerbereich im isolierten Boden versenkt sind, beschrieben. Im Zuge der Detailplanung und Konstruktion stellten sich neue Anforderungen an Bauteilhöhe und Kammerhöhe, die durch die Schienenlösung nicht erfüllt werden konnten. Dadurch bedingt wurden alternative

Lösungsansätze untersucht. Als Alternative und aus Praktikabilitätsgründen wurde daher auf eine Lösung mit Schwerlastrollen umgeschwenkt, die sich besser mit der Bauteilhöhe in der Wärmekammer einpassen ließen.



Abbildung 12: Visualisierung Grundkonstruktion

Für besonders große Bauteile werden die blauen Querstreben entfernt und wie im Bild unten zusehen eine Art Tiefbettfahrzeug erzeugt.

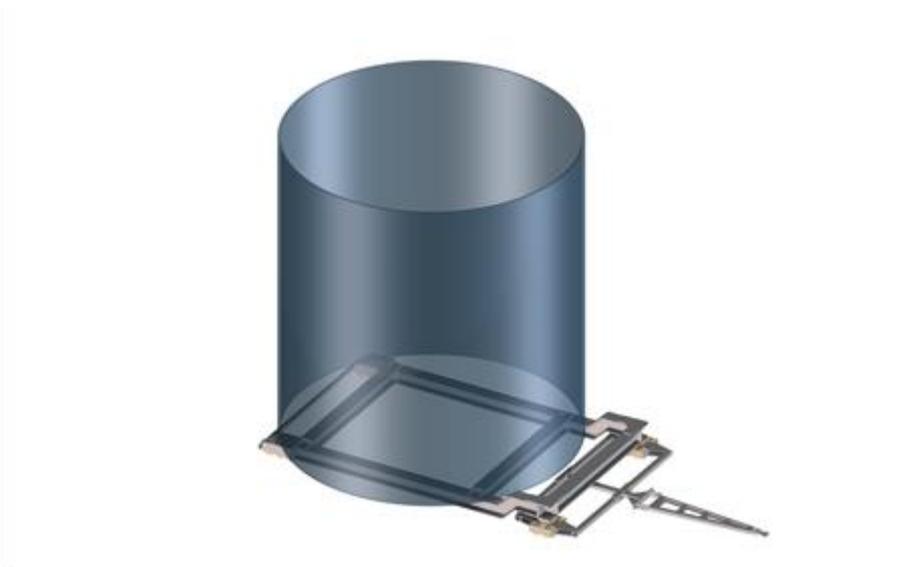


Abbildung 13: Funktionsweise der Grundkonstruktion

Abbildung 13 visualisiert den SMP als Tiefbett mit einem Mantelschuss im Durchmesser von 3.800 mm und eine Länge von ca. 4.250 mm und einem Gewicht von ca. 20 Tonnen. Dieser wurde im ersten Warmaufzug gefügt und unten in einer Bilderserie (Abbildungen 8 bis 13) dokumentiert.

Installation der Anlage (KW 46 -51)

Mit der Installation der Anlage wurde abweichend vom im Kick-Off vereinbarten Termin in Woche 46 begonnen. Die geplante Inbetriebnahme wurde ab der Woche 50 durchgeführt. Die erste Ofenfahrt mit Warmaufzug erfolgte in Woche 51. Obwohl der Termin ca. 6 Wochen hinter dem

ursprünglich geplanten Termin lag, konnte in Abstimmung mit allen Projektbeteiligten eine schnelle und unfallfreie Umsetzung der ersten Ofenfahrt erzielt werden.

Erste Ofenfahrt (19. Dezember 2020)

Für die erste Ofenfahrt wurde die technisch größtmögliche Walze im Warmaufzug gefügt. Die Walze hatte einen Durchmesser von 3.800 mm, eine Ballenlänge von ca. 4.200 mm und ein Gesamtgewicht von ca. 40 Tonnen. Die Abmessungen des Außenmantels wurden oben beschrieben.

Der Mantelschuss wurde über einen geregelten Prozess über ca. 12 Stunden auf 310°C aufgeheizt. In dieser Zeit wurden immer wieder Haltephasen eingelegt, um die Temperaturverteilung zu vergleichmäßigen. Die Gesamtzeit betrug 18 Stunden. Diese Zeit war zu diesem Zeitpunkt noch der mangelnden Erfahrung mit der Kammer und dem Gesamtprozess geschuldet.

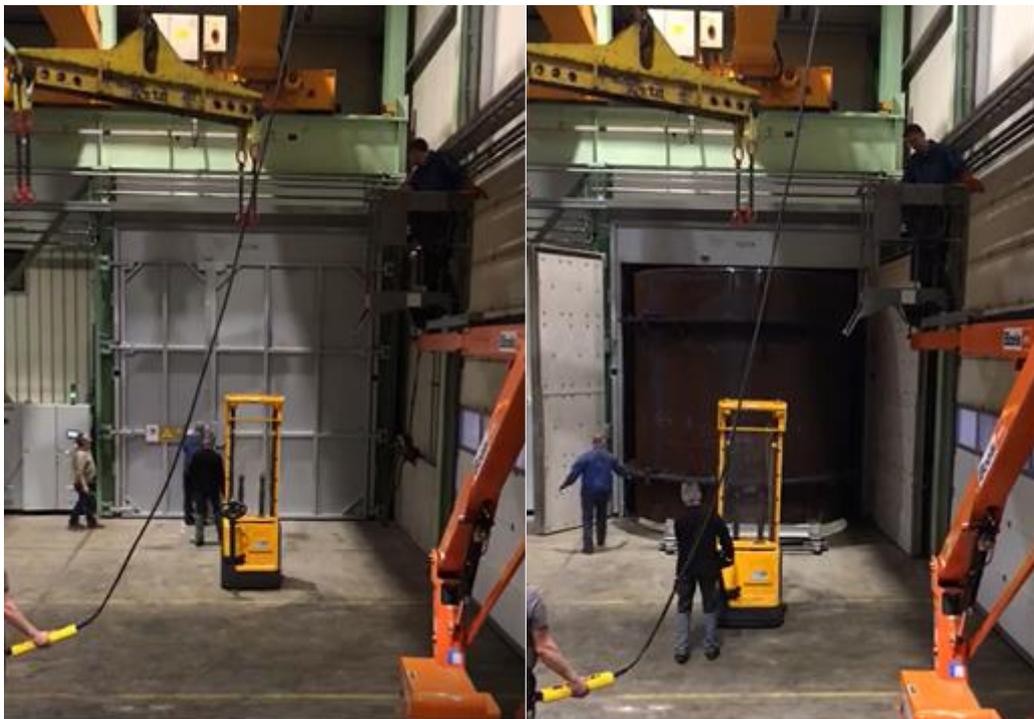


Abbildung 14: Geschlossene Kammer

Abbildung 15: BauteilAusfahrt, formatfüllend



Abbildung 16: SMP fährt in definierte Poition



Abbildung 17: Übergabe an Kran

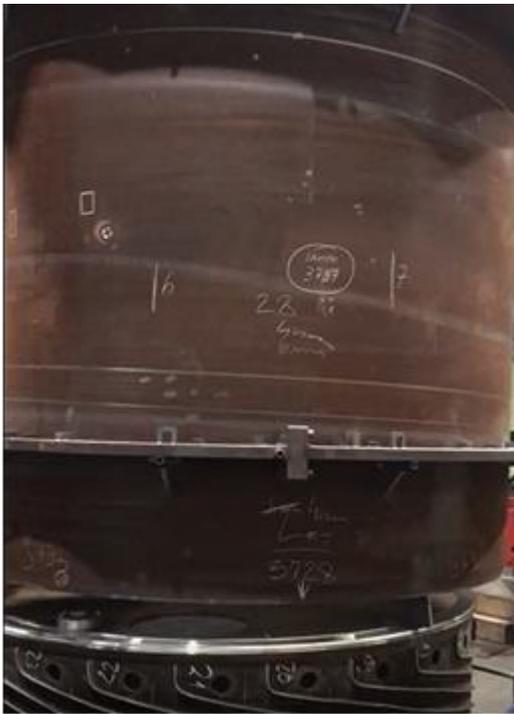


Abbildung 18: Positionierung zum Innenkörper



Abbildung 19: Absenken über Innenkörper



Abbildung 20: Fügen beendet

Als Wunschzeit für das Fügen der Walzen hatten wir bei Antragstellung eine Zeit von unter zehn Minuten formuliert und abgeschätzt. Dieser Vorgang konnte bei der ersten Ofenfahrt auf beeindruckende fünf Minuten reduziert werden. Wir konnten damit die erfolgreiche Umsetzung unseres innovativen Vorhabens belegen.

Die Kammer wird seit Anfang 2021 im Normalbetrieb genutzt. Die Erfolgskontrolle wurde im Dezember 2020 gestartet und lief bis zum 31.05.2021.

Es lässt sich aus der durchgeführten Erfolgskontrolle erkennen, dass sich die Umwelteffekte wie abgeschätzt einstellen: die unmittelbare Verringerung der LKW-Transporte und der offensichtlich sehr geringe Gasverbrauch der Kammer.

2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Zur Errichtung der Anlage war keine behördliche Genehmigung erforderlich. Die Anlagen wurden sicherheitstechnisch abgenommen.

2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Zur Ermittlung der Erfolgskontrolle wurden die Umwelteffekte real gemessen und mit den prognostizierten Werten bei Antragstellung abgeglichen. Alle Messungen wurden mit betrieblichen Messgeräten bzw. den an der Maschine installierten Messwerterfassungen durchgeführt.

Folgende Parameter wurden in die Erfolgskontrolle einbezogen:

- Energieverbrauch im Vergleich des bisherigen Prozesses (Gas) mit dem innovativen Prozess (Gas oder Strom)
- Ausschussreduzierung (Stahl)
- Verringerung Logistikprozesse, Dieserverbrauch

2.6 Konzeption und Durchführung der Erfolgskontrolle

Die Erfolgskontrolle wurde am 01.12.2020 gestartet und lief bis zum 31.05.2021. Die Auswertung der Messergebnisse bezieht sich nachfolgend auf die bei Antragstellung prognostizierten Umwelteffekte.

- Energieverbrauch im Vergleich des bisherigen Prozesses (Gas) mit dem innovativen Prozess (Gas oder Strom)

Der Gasverbrauch wurde über die Brennerlaufzeit aus dem Protokoll der Steuerung ermittelt. Da der Brenner ausschließlich getaktet wird, d.h. er ist entweder an oder aus, steht der Gasverbrauch in direktem Zusammenhang mit der Brennerlaufzeit. Zusätzlich wurde ein Zwischenzähler installiert.

- Ausschussreduzierung (Stahl)

Die Ausschussreduzierung im Bereich Stahl wurde ermittelt, indem der neu zu bestellende Materialanteil über einen so genannten „Reklamationsauftrag“ im ERP System angelegt und mit Kosten für die Materialbeschaffung bebucht wurde. So konnte im Rahmen der Erfolgskontrolle eine genaue Ermittlung erfolgen.

- Verringerung Logistikprozesse, Dieserverbrauch

Die Verringerung der Logistikprozesse wurde über die Anzahl der zu schrumpfenden Bauteile ermittelt: Im bisherigen Prozess (Stand der Technik) muss jedes Bauteil dreimal von Düren nach Krefeld transportiert werden (Glühen, Schrumpfen und Tempern). Bei 40 Großwalzen/a sind bisher ca. 100 LKW-Fahrten erforderlich gewesen, selbst bei Kombinationsfahrten (eine Walze hin, eine Walze zurück). Die einfache Fahrstrecke betrug bisher 85 km, somit insgesamt eine Wegstrecke von 8.500 km/a für die Logistikprozesse (Verbrauch von 25l/100 km).

Im neuen, innovativen Produktionsprozess wird jedes Bauteil nur einmal und das für den Glühprozess nach Krefeld (dass ist ein Muss, weil die Walzenkörper bei über 550°C geglüht werden, was kein Walzenhersteller selbst kann) transportiert. Da es sich hier im Regelfall um Einzeltransporte handelt, ist über die Anzahl der Bauteile die Korrelation herzustellen und es konnte eine Bewertung erfolgen.

2.7 Ergebnisse und deren Bewertung

In der Erfolgskontrolle vom 01.12.2020 bis 31.05.2021 wurden 11 Großwalzen mit dem innovativen Verfahren im Warmaufzug gefügt und die erwarteten Umwelteffekte einer Validierung unterzogen. Die Ergebnisse und deren Bewertung werden nachfolgend dargestellt: Zwischenzeitlich wurden im Zeitraum Juni 2021 – August 2021 weitere 14 Walzen verarbeitet.

- **Energieverbrauch im Vergleich des bisherigen Prozesses (Gas) mit dem innovativen Prozess (Gas oder Strom)**

Für den Energieeinsatz wurde ein Zwischenzähler in der Gasversorgung genutzt. Bedingt durch verschiedene Optimierungen und Versuchsfahrten sollte der Verbrauch über den Zeitraum der Erfolgskontrolle nur gemittelt werden. Erschwert wurde die Erfolgskontrolle durch Effekte, die in der Antragstellung nicht wirklich ersichtlich waren, aber jetzt in der praktischen Handhabung betrachtet werden sollten:

In der Einlaufphase der Wärmekammer wurden zwei Leerfahrten ohne Bauteil durchgeführt. Diese dienten u.a. zur Funktionskontrolle, der Einweisung der Bediener und der Überprüfung der Temperaturverteilung in der Kammer.

Beim Stand der Technik ist ein sehr hoher Energieverlust durch die Aufheizung des Bauteils in der freien Hallenumgebung gegeben. Im innovativen Verfahren, muss ein naturgemäß auch Wärmeleistung für die Erwärmung der Kammer und des SMP betrachtet werden.

Beim Stand der Technik wurde das Bauteil auf eine maximale Temperatur von ca. 220-250 °C aufgewärmt. Im innovativen Verfahren, nutzen die Kollegen den Temperaturbereich bis 330 °C aus. Diese führt auf der einen Seite zu einem höheren Energieeinsatz, reduziert aber auch die Gefahr für Fehler (siehe auch Materialausschuss) und den Zusatzaufwand in der Fertigung für die Vorbereitung der Mantelschüsse. Als Vorbereitung sehen wir dabei insbesondere das Anbringen von sogenannten Stützringen und das Verrichten von unrunder Mantelschüssen.

Für die Ermittlung des Energieeinsatzes musste ein längerer Betrachtungszeitraum herangezogen werden. Zu den 11 Ofenfahrten, über die hier berichtet wird, kamen weitere 14 Ofenfahrten, zzgl. 2 Leerfahrten, ohne Bauteilbeschickung. Der Energieeinsatz für diese 25 + 2 Ofenfahrten betrug ca. 5.180 kWh.

Normiert und mittelt man diesen Einsatz auf den Zeitraum der Erfolgskontrolle ergibt das einen Energieeinsatz von ca. 191,8 kWh je Walze.

Skaliert man den diesen Einsatz degressiv auf ein niedrigeres Temperaturniveau (250 statt 330°C) mit 85%, ergibt sich ein Aufwand von 163 kWh je Walze.

Im Antrag wurde der Ansatz für das innovative Verfahren mit 146 kWh schon sehr ambitioniert gewählt. Berücksichtigt man die Zusatzleistung von ca. 11% für das Aufwärmen der Kammer und des SMP, ist dieser Ansatz weiterhin sehr plausibel und nachvollziehbar.

Über den Abgleich, Mittelung und Skalierung von Daten wurden ein Wert von ca. 163 kWh ermittelt. Dieser Wert wurde daher in der Erfolgskontrolle abweichend vom Antrag genutzt. Somit wurde ein Aufwand von 163 kWh statt 146 kWh gewählt.

Während der Erfolgskontrolle wurden 11 Großwalzen verarbeitet.

Beim Stand der Technik, würde für die 11 Walzen ein Energieeinsatz von $11 \times 1.032 \text{ kWh} = 11.353 \text{ kWh}$ angesetzt. Beim innovativen Verfahren, werden $11 \times 163 \text{ kWh} = 1.763 \text{ kWh}$ gebraucht.

Damit ergibt sich eine Energieeinsparung in der Fertigung von 9.590 kWh. Bezogen auf das einzelne Bauteil ca. 870 kWh.

- **Ausschussreduzierung (Stahl)**

Während der Erfolgskontrolle wurden 11 Großwalzen gefertigt. Während im bisherigen Verfahren (Stand der Technik) zwei Mäntel pro Jahr beim Schrumpfen stecken blieben und ein Ausschuss von ca. 6.400 kg Stahl/a üblich war (Ansatz 3.200 kg Stahl je Walze), wurde in der sechsmonatigen Erfolgskontrolle kein Ausschuss produziert.

Im ERP System, musste kein Reklamations-Auftrag angelegt werden. Alle Warmaufzüge verliefen ohne wesentliche Störungen und Probleme, es gab somit keinen zusätzlichen Materialaufwand oder Ausschuss.

Großwalze (Art, Durchmesser und Ballenlänge)	Maße / Gewicht (to)	Zusatzmaterial zur Kompensation von Ausschuss
Gießwalze 3.800 x 4.200	40	-
Gießwalze 2.200 x 3.400	13	-
Gießwalze 2.800 x 1.400	10	-
Gießwalze 2.200 x 2.900	12	-
Gießwalze 2.000 x 3.500	12	-
Gießwalze 2.200 x 3.400	13	-
Gießwalze 2.000 x 3.500	12	-
Gießwalze 2.000 x 3.500	12	-
Gießwalze 2.200 x 2.900	12	-
Gießwalze 2.200 x 3.400	13	-
Gießwalze 2.200 x 2.900	12	-

Tabelle 4: Zusätzlicher Materialaufwand für Ausschussfertigung

- **Verringerung Logistikprozesse, Dieserverbrauch**

Die Walzen wurden bisher im Stand der Technik aufgrund der Größe i.d.R. einzeln zum Glühen, Schrumpfen und Tempern verbracht. Bei 40 Großwalzen wären über 100 LKW-Fahrten erforderlich gewesen, selbst bei Kombinationsfahrten (eine Walze hin, eine Walze zurück). Die einfache Fahrstrecke betrug 85 km, somit insgesamt eine Wegstrecke von 8.500 km für die Logistikprozesse (Verbrauch von 25l/100 km).

Bei Antragstellung wurde erwartet, dass eine Reduzierung der Fahrten von 100 auf 35 erwartet, also ein Drittel. Diese in der Prognose ermittelten Einsparungen in den Logistikprozessen wurden voll erfüllt.

Während der Erfolgskontrolle wurden 11 Großwalzen verarbeitet. Anstatt der geplanten 33 Einzeltransporte für den Betrachtungszeitraum wurden lediglich 11 Fahrten angesetzt (jeweils für den Glühprozess, weil die Walzenkörper bei über 550°C gegläht werden, was kein Walzenhersteller selbst kann). Die Nachweise können über die sog. Transportaufträge geführt werden.

In der Antragstellung wurde ein Kraftstoffbedarf von ca. 21,3 Liter je Transport und Walze angesetzt. Bei einer Einsparung von 22 Einzeltransporten, wurden statt der ursprünglichen 702,9 Liter Diesel für 33 Fahrten, lediglich 234,3 Liter für 11 Fahrten eingesetzt. Es wurden insgesamt 468,6 Liter Dieselmotorkraftstoff eingespart.

Wir gehen davon aus, dass bereits 2021 ca. 50 Bauteile in der Produktion gefertigt werden können, damit sogar mehr als die 40 erwarteten Bauteile bei Antragstellung. Die in der Prognose beschriebenen 40 Bauteile wurden somit überschritten und die Umwelteffekte vergrößern sich entsprechend linear.

Ein weiterer Ansatz, der hier nicht unerwähnt bleiben sollte, ist dass sich die gesamten Logistikprozesse deutlich vereinfachen und verkürzen. Es ist für die Mitarbeiter einfacher die Walze auf den SMP zu positionieren, anstatt auf einen LKW zu laden und dort zu fixieren. Die Fertigung ist unabhängig von Verfügbarkeiten beim Unterlieferanten. Sie kann den Prozess zu einer beliebigen Zeit starten und ideal in den Fertigungsablauf einsteuern.

Schlussendlich ist die mannlöse Ofenfahrt ein Komfortmerkmal, d.h. der Ofen stellt reproduzierbar Werkstücke mit einer zuvor eingestellten Temperatur zu Verfügung.

3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung

Das Vorhaben wurde erfolgreich abgeschlossen und die erzielten Umwelteffekte entsprechen den Erwartungen. Wärmekammer und SMP zum Aufschrumpfen von Großwalzen übertreffen die bei Antragstellung erwarteten Effekte und setzen neue Qualitätsmaßstäbe in unserer Branche.

3.2 Stoff- und Energiebilanz

Die Erfolgskontrolle fand in der Zeit vom 01.12.2020 bis 31.05.2021 statt. Im ausgewerteten und bilanzierten Produktionszeitraum wurden nachfolgende Großwalzen verarbeitet.

Großwalze (Art, Durchmesser und Ballenlänge)	Maße / Gewicht (to)
Gießwalze 3.800 x 4.200	40
Gießwalze 2.200 x 3.400	13
Gießwalze 2.800 x 1.400	10
Gießwalze 2.200 x 2.900	12
Gießwalze 2.000 x 3.500	12
Gießwalze 2.200 x 3.400	13
Gießwalze 2.000 x 3.500	12
Gießwalze 2.000 x 3.500	12
Gießwalze 2.200 x 2.900	12
Gießwalze 2.200 x 3.400	13
Gießwalze 2.200 x 2.900	12

Tabelle 5: Gefertigte Großwalzen während der Erfolgskontrolle

Auf Basis der während der Erfolgskontrolle gemessenen Werte wurde ein Abgleich mit den bei Antragstellung prognostizierten Daten durchgeführt.

Zwischenzeitlich (im Zeitraum nach der Erfolgskontrolle von Juni 2021 bis August 2021) wurden weitere 14 Walzen verarbeitet. Es ist zu erwarten, dass bis zum Jahresende bis zu 50 Bauteile verarbeitet werden und damit der Prognoseansatz von 40 Bauteilen deutliche überschritten wird.

3.3 Umweltbilanz

Mit Umsetzung Wärmekammer und SMP zum Aufschrumpfen von Großwalzen wurden erhebliche Potenziale im Energie- und Materialverbrauch erzielt, die nachfolgend noch einmal dargestellt und um die damit verbundene CO₂-Einsparung ergänzt werden.

	Stand der Technik	Innovatives Verfahren (Zielwert Antragstellung)	Innovatives Verfahren (Zielwert Erfolgskontrolle)	Erreichte Einsparung (Stand der Technik vs. Erfolgskontrolle)	CO ₂ -Einsparung im Jahr
Energie (Gas)	Aufheizung in der Halle im freien Raum 40 Walzen x 1.032 kWh = 41.280 kWh Dies entspricht 9.495 kg CO ₂	Aufheizen in isolierter Wärmekammer 40 Walzen x 146 kWh = 5.840 kWh Dies entspricht 1.285 kg CO ₂	Ziel war eine Reduzierung der eingesetzten Energie auf insgesamt 15% des Ursprungswerts	Aufheizen in isolierter Wärmekammer 40 Walzen x 163 kWh = 6.520 kWh Dies entspricht 1.434 kg CO ₂	8.061 kg
Ausschuss Stahlverbrauch	2 Mäntel im Jahr bleiben beim Schrumpfen stecken Ansatz: 3.200 kg Stahl je Walze, somit 6.400 kg Stahl insgesamt	0 Fehler angestrebt nach einer Einarbeitungszeit von 6 Monaten	Ziel war eine Null Ausschussquote	Das Verfahren wurde bisher ohne Ausschuss umgesetzt und lässt sehr stabile Ergebnisse ohne Ausschuss mehr als vermuten	12.480 kg
Diesel	100 Fahrten = 8.500 km und somit 2.125 l km Dies entspricht: 6.184 kg CO ₂	33 Fahrten = 2.805 km und somit 712,5 l Dies entspricht: 2.073 kg CO ₂	Ziel war die Anzahl der Fahrten auf ca. 1/3 zu reduzieren.	67 Fahrten = 5.695 km und somit 1.423,5 l Dies entspricht: 4.143 kg CO ₂	4.111 kg
Summe					24.652 kg

Tabelle 6: Umwelteffekte und die daraus resultierende CO₂-Einsparung des Vorhabens

- **Energieeinsparung für den Schrumpfprozess:**

Innovativer Prozess: Die theoretische Betrachtung ergibt bei einem Stahlmantel 122 kWh zzgl. 20% Verlust = 146 kWh. Über den Abgleich, Mittelung und Skalierung von Daten wurden ein Wert von ca. 163 kWh ermittelt.

Der etwas höhere Mehraufwand lässt sich durch die benötigte Energie für das Aufwärmen des SMP und der Kammer plausibel begründen. Im bisherigen Prozess wurde ein Energieeinsatz von 2.064 kWh betrachtet. Der Ansatz zur konservativen Berechnung wurden von 50% (= 1.032 kWh) wurde oben begründet.

- **Ausschussreduzierung:**

Statistisch bleibt ein Mantel ein bis zweimal im Jahr hängen. Der durchschnittliche Stahlmantel wird mit ca. 3.200 kg angesetzt. Beim internen Schrumpfprozess wird eine maximale Temperatur des Außenmantels von 250-280°C erreicht. Eine weitere Erhöhung der Manteltemperatur ist aufgrund der Verluste nicht möglich. Dadurch ist die Differenztemperatur zwischen warmen Außenmantel und kalten Innenkörper klein und das Spaltmaß kleiner. Ist der Mantel zudem unrund, dann kann er klemmen. Diese Zahl ist aber insofern theoretisch, als dass der Aufschumpfprozess u.a. aufgrund dieser Problematik nach außen verlagert wurde und daher bei Eigenfertigung höher ist. Der externe Lohnfertiger schrumpft bei höheren Temperaturen und kann in jedem Fall einen gleichmäßigeren Wärmeeintrag gewährleisten. Trotzdem ist der Ansatz gerechtfertigt, da auch bei Auswärtsvergabe das Risiko weiter besteht. Je nach Quelle werden für die Produktion von einer Tonne Stahl zwischen 1.400 und 2.500 kg CO₂ angesetzt. Für diese Betrachtung setzen wir den Mittelwert von 1.950 kg CO₂ je Tonne Stahl an. (P.S.: Bedingt durch die vielfältigen Möglichkeiten der Stahlproduktion wurde die Mittelwert für den eingesetzten Bau- bzw. P-Stahl angesetzt.)

Es wurde kein Ausschuss produziert und die Handhabung erscheint so sicher, dass das Risiko sehr, sehr niedrig ist.

- **Einsparung Logistikprozesse:**

Die Walzen werden aufgrund der Größe i.d.R. einzeln zum Glühen, Schrumpfen und Tempern verbracht. Insgesamt fallen bei 40 Großwalzen ca. 100 LKW Fahrten an, selbst wenn man Kombinationen (eine Walze hin, eine Walze zurück) nutzt. Die einfache Fahrtstrecke beträgt ca. 85 km, Gesamt also 8.500 km, bei einem Verbrauch von 25 l/100 km. Bei Reduzierung auf 35 Fahrten verbleiben nur noch 2.975 km.

Während der Erfolgskontrolle wurden 11 Großwalzen verarbeitet. Anstatt der geplanten 33 Einzeltransporte für den Betrachtungszeitraum wurden lediglich 11 Fahrten angesetzt (jeweils für den Glühprozess, weil die Walzenkörper bei über 550°C gegläht werden, was kein Walzenhersteller selbst kann). Die Nachweise können über die sog. Transportaufträge geführt werden.

Dieser Ansatz ist vollkommen erfüllt, auch durch die Erhöhung der zu produzierenden Bauteile.

Bei Antragstellung wurde eine CO₂-Einsparung in Höhe von ca. 25 t/a erwartet, die mit Umsetzung des Vorhabens erreicht wurde.

Mit der zu erwartenden höheren Produktionsrate von 50 (statt 40) Bauteilen in diesem Jahr erhöhen sich die Einspareffekte linear.

3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Für die Wirtschaftlichkeitsanalyse werden die Umwelteffekte und die damit verbundenen Einsparungen mit Preisen analog zur Antragstellung berücksichtigt, wobei alle betroffenen Kostenarten in der Zwischenzeit eine z.T. signifikante Preissteigerung erfahren haben. Basis bleibt die Menge von 40 Walzen pro Jahr, die jedoch ebenfalls in der Praxis jetzt höher ausfällt.

Das frühere Verfahren der Aufheizung auf manuellem Wege war sehr zeitintensiv, da der Prozess durchgehend von mindestens einem Mitarbeiter begleitet werden musste, wobei die Vorrichtung für den Prozess jeweils individuell eingerichtet und oftmals sogar separat aufgebaut werden musste.

Dem stehen heute eine universelle Einrichtung in Form des SMP und der Heizkammer selbst gegenüber, so dass die Zeiten für die Vorbereitung des Heizprozesses auf ein Minimum geschrumpft sind. Auch die Entladung der Heizkammer funktioniert schnell und reibungslos. Maßgeblich wird außerdem Zeit dadurch eingespart, dass die Heizkammer kein Personal für den Aufheizprozess selbst benötigt, der lediglich kurz programmiert wird. Die erwarteten Einsparungen bei der Arbeitszeit wurden mindestens erfüllt und werden daher in der Nachbetrachtung mit 7,5 Std. pro Walze angesetzt.

Die ursprünglich geplanten Anschaffungskosten von 232.500,00 € wurden mit 26.631,82 € überschritten und betragen schließlich 259.131,82 €.

Die Kapitalrückflussdauer nach Durchführung der Erfolgskontrolle hat sich durch die gewährte Beihilfe von 8 auf ca. 5 Jahre verkürzt, unter Berücksichtigung der Finanzierungskosten, Abschreibungen und der stabilisierten Hochrechnung (vergleiche nachfolgende statische Amortisationsberechnung).

Die Einsparungen wurden mit den Kosten bei Antragstellung bewertet:

Brenngas bisher pro Walze 4 x 40 kg Flaschengas à 1,63 € neu ca. 40 kg Erdgas à 0,81 €	~ 9.000,- €
Mantelschüsse (2 Stk.) Durchschnittliche Kosten für ein Rohr 5.500,- € Der Prozess erweist sich als stabil und die Vermeidung von Ausschuss hat sich bestätigt.	~ 11.000,- €
Frachten Mittelwert aus normalen Frachten und Sondertransporten pro Fahrt 320,- € Wobei 2/3 der Fahrten eingespart werden konnten, Konkret 67 Fahrten weniger	~ 21.000,- €
sowie für eigene Produktionsstunden ca. 7 Stunden pro Walze	~ 24.000,- €
In Summe	~ 65.000,- €

	Erreichte Einsparung	Einsparung in €
Gas	4.800 kg	9.000,-
Stahl (Ausschuss Mantelschüsse)	2	11.000,-
Frachten	2/3	21.000,-
Produktionsstunden	7 / Walze	24.000,-
Summe		65.000,-

Tabelle 7: Einspareffekte in €

Nachfolgende Tabelle 8 stellt Amortisationsrechnung mit und ohne Beihilfe dar.

	Anlageninvestition ohne Beihilfe	Anlageninvestition mit Beihilfe	Bemerkung
Anschaffungskosten [€]:	259.132	259.132	
Restwert [€]:			
Beihilfe [€]:	0	69.750	Zuschuss
Anschaffungskosten - Beihilfe [€]:	259.132	189.382	
Nutzungsdauer [a]:	10	10	
Kalkulatorischer Zins [%]:	5	5	
Kalkulatorische Abschreibung [€]:	25.913	18.938	
Energieeinsparung [€]:	9.000	9.000	Gas
Einsparung Frachten [€]:	21.000	21.000	
Einsparung Personal [€]:	24.000	24.000	
Einsparung Material [€]:	11.000	11.000	Mantelschüsse
abzüglich neue/zus. Kapitalkosten [€]:	-32.392	-25.417	
verbleiben als jährliche Kosteneinsparung:	32.609	39.584	
Amortisationszeit [a]:	7,95	4,78	

Tabelle 8: Amortisationsrechnung nach Erfolgskontrolle des Projekts

3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Auf Seite 18 haben wir einen Prozessvergleich der konventionellen Verfahrenstechnik und der innovativen Verfahrenstechnik gegenübergestellt.

Wir möchten daher hier noch einmal die besonderen Effekte im innovativen Fertigungsverfahren hervorheben:

- In der Wärmekammer können die Mantelschüsse effizient aufgeheizt werden.
- Die Wärmekammer reduziert die Energieverluste dramatisch.
- Das Aufheizen kann zum gewünschten Zeitpunkt und sehr gleichmäßig im Bauteil erfolgen.
- Reduzierung bis Abschaffung von Vorbereitungsmaßnahmen, die zum Teil schweißtechnisch durchgeführt werden.
- Reduzierung oder Entfall des Störfalls „Mantel bleibt hängen“ und Entfall von energieintensiven Nacharbeitsprozessen (Trennen und Zerspanen).
- Reduzierung oder Entfall von Ersatzbeschaffung aufgrund des Störfalls Verfahren für Stahlbauteile hergestellt wird.

- Reduzierung der innerbetrieblichen Logistik.
- Reduzierung der LKW Logistik, weil Prozesse im Haus durchgeführt werden können. Bei größeren Walzen stehen zudem keine aufwendigen Sondertransporte für Arbeitsschritte an.
- Weiterentwicklung des Füge- und Temperverfahrens zur Erzielung einer höheren Bauteilqualität.

4. Übertragbarkeit

4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Die Praxiseinführung und die ersten Erfahrungen werden sehr treffend in einer Aussage des Fertigungsleiters, nach Rücksprache mit den Mitarbeitern in Werk 2, zusammengefasst. Diese Aussage stellen wir ungefiltert dar:

-----Ursprüngliche Nachricht-----

Von: Jörg Hütten

Betreff: AW: AB-2021-03-30-BRS-kurz-Themen

Die MA in Werk2 sind nach anfänglicher Skepsis begeistert von dem Ofen.
Die Bedienung ist unproblematisch und er funktioniert einwandfrei.

Es wurden für alle Wärmebehandlungsverfahren Programme hinterlegt. Diese können aber von unseren MA recht einfach angepasst werden.

Momentan überlegen wir in wie weit wir den Ofen auch für andere Tätigkeiten nutzen können.
Durch den Ofen gewinnen wir sehr viel Wissen über die Einflüsse des Schrumpfens auf die Qualität unserer Walzen.

Ich denke die Vorzüge an sich wurden schon hinlänglich beschrieben und bestätigen sich nun auch. Auch die Fa. B... hat uns ja ein sehr positives Feedback dazu gegeben.

Jörg Hütten
FL - 136

Ein weiterer Ansatz, der hier nicht unerwähnt bleiben sollte, dass sich gesamten Logistikprozesse deutlich vereinfachen und verkürzen. Es ist für die Mitarbeiter einfacher die Walze auf den SMP zu positionieren, anstatt auf einen LKW zu laden und dort zu fixieren.

Die Fertigung ist unabhängig von Verfügbarkeiten beim Unterlieferanten. Sie kann den Prozess zu einer beliebigen Zeit starten und ideal in den Fertigungsablauf einsteuern.

Schlussendlich ist die mannlöse Ofenfahrt ein Komfortmerkmal, d.h. der Ofen stellt reproduzierbar Werkstücke mit einer zuvor eingestellten Temperatur zu Verfügung.

Von der Planung bis zur Installation der Anlagenkomponenten war es von entscheidender Bedeutung, dass die beteiligten Personen in sehr engem Kontakt standen und so schnell, sicher und effektiv die Dinge vorantreiben konnten. Die handelnden Personen agierten mit hoher Kompetenz und haben sich ergebende Schwierigkeiten direkt vor Ort diskutiert und bestmöglich gelöst.

4.2 Modellcharakter/Übertragbarkeit

Die Erkenntnisse und das innovative Verfahren lassen sich im Grundsatz auf Wettbewerber im Bereich der Großwalzenfertigung übertragen. In Deutschland gibt es ca. 3 Mitbewerber, im restlichen Europa 2 weitere Mitbewerber auf die das innovative Vorhaben übertragbar ist.

Dabei gilt es zu beachten, dass die räumlichen Gegebenheiten die Fügemethode zulassen. Neben den notwendigen Raumhöhen sind auch entsprechende Kranhakenhöhen Voraussetzung, den Fügeprozess in der beschriebenen Art durchführen zu können.

Die Umsetzung dieses innovativen Fertigungsverfahrens wird den Stand der Technik in der Branche deutlich übertreffen und auf ein neues Niveau heben. Die Produktion von Großwalzen wird deutlich ressourceneffizienter und die Qualität der Walzen steigt.

Um unser innovatives Verfahren bekannt zu machen, werden wir über die Anlage in Fachzeitschriften und den KRAFFT Newsletter veröffentlichen. Zudem werden wir zusammen mit der Effizienz-Agentur NRW das innovative Verfahren in deren Loseblattsammlung veröffentlichen.

5. Zusammenfassung/Summary

5.1 Zusammenfassung

Einleitung

Die Maschinenfabrik Carl KRAFFT & Söhne GmbH & Co. KG (CKS) wurde 1870 als Eisengießerei und Maschinenbauunternehmen gegründet. CKS ist ein mittelständisches Familienunternehmen mit gut 130 Beschäftigten an zwei Standorten in Düren.

Seit dem 01. Oktober 2019 wird zudem der Geschäftsbetrieb der WUMAG TEXROLL in Krefeld unter der Leitung der CKS als Tochtergesellschaft fortgeführt (22 Mitarbeiter).

Vorhabenumsetzung

CKS realisierte eine innovative Wärmekammer mit einem eigens entwickelten mobilen Gestell (SMP / Ofenwagen) zum Beschicken der Kammer, welches gleichzeitig als Vorrichtung zum Aufschrumpfen von Großwalzendient.

Die Innovation der Anlage besteht darin, dass die Mantelschüsse In der Wärmekammer effizienter aufgeheizt werden können. An der Steuerung lassen sich die gewünschte Temperatur, die Startzeit und der Temperaturgradient vorwählen, dies reduziert die Energieverluste dramatisch und lässt energieintensive Nacharbeitsprozesse (Trennen und Zerspanen) entfallen. Zugleich werden durch den innovativen Ofenwagen mit Aufschrumpfvorrichtung die Prozessführung vereinfacht, ein vorzeitiges Abkühlen des Mantels verhindert und so die Prozesssicherheit verbessert.

Ergebnisse

Das Vorhaben wurde erfolgreich abgeschlossen und die geplanten Umwelteffekte wurden erreicht. Wir sind froh die Investitionsentscheidung getroffen zu haben und sind somit gerüstet für die Zukunft.

Die nachfolgende Tabelle 8 stellt die Umweltbilanz des Vorhabens dar. Mit Umsetzung des Vorhabens ist eine jährliche Einsparung von 25 t CO₂-Äquivalenten verbunden.

	Stand der Technik	Innovatives Verfahren (Zielwert Antragstellung)	Innovatives Verfahren (Zielwert Erfolgskontrolle)	Erreichte Einsparung (Stand der Technik vs. Erfolgskontrolle)	CO₂-Einsparung im Jahr
Energie (Gas)	Aufheizung in der Halle im freien Raum 40 Walzen x 1.032 kWh = 41.280 kWh Dies entspricht 9.495 kg CO ₂	Aufheizen in isolierter Wärmekammer 40 Walzen x 146 kWh = 5.840 kWh Dies entspricht 1.285 kg CO ₂	Ziel war eine Reduzierung der eingesetzten Energie auf insgesamt 15% des Ursprungswerts	Aufheizen in isolierter Wärmekammer 40 Walzen x 163 kWh = 6.520 kWh Dies entspricht 1.434 kg CO ₂	8.061 kg
Ausschuss Stahlverbrauch	2 Mäntel im Jahr bleiben beim Schrumpfen stecken Ansatz: 3.200 kg Stahl je Walze, somit 6.400 kg Stahl insgesamt	0 Fehler angestrebt nach einer Einarbeitungszeit von 6 Monaten	Ziel war eine Null Ausschußquote	Das Verfahren wurde bisher ohne Ausschuss umgesetzt und lässt sehr stabile Ergebnisse ohne Ausschuss mehr als vermuten	12.480 kg
Diesel	100 Fahrten = 8.500 km und somit 2.125 l Dies entspricht: 6.184 kg CO ₂	33 Fahrten = 2.805 km und somit 712,5 l Dies entspricht: 2.073 kg CO ₂	Ziel war die Anzahl der Fahrten auf ca. 1/3 zu reduzieren.	67 Fahrten = 5.695 km und somit 1.423,5 l Dies entspricht: 4.143 kg CO ₂	4.111 kg
Summe					24.652 kg

Tabelle 9: Umwelteffekte nach Umsetzung des innovativen Verfahrens

Ausblick

Die erfolgreiche Projektdurchführung und die erzielten Ergebnisse des Projektes sollen eine Übertragbarkeit dieses Verfahrens auf Marktbegleiter in der Branche ermöglichen.

Um die innovative Verfahren bekannt zu machen, werden wir das Vorhaben zusammen mit der Effizienz-Agentur NRW in deren Loseblattsammlung veröffentlichen.

Das Vorhaben setzt neue Maßstäbe in der Energie- und Materialeffizienz sowie im Qualitätsniveau und etabliert einen neuen Stand der Technik in der Branche.

5.2 Summary

Introduction

The machinery Carl KRAFFT & Söhne GmbH & Co. KG (CKS) was founded in 1870 as an iron foundry and mechanical engineering company. CKS is a medium-sized family company with a good 130 employees at two locations in Düren.

Since October 1st, 2019, the business operations of WUMAG TEXROLL in Krefeld have been continued under the management of CKS as a subsidiary (22 employees).

Project implementation

CKS implemented an innovative heating chamber with a specially developed mobile frame for loading the chamber, which also serves as a device for shrinking large rolls.

The innovation of the system is that the shell sections can be heated more efficiently in the heating chamber. The desired temperature, the start time and the temperature gradient can be preselected on the control, which dramatically reduces energy losses and eliminates the need for energy-intensive reworking processes (cutting and machining). At the same time, the innovative kiln car with shrink-on device simplifies process management, prevents the shell from cooling down prematurely and thus improves process reliability.

Results

The project was successfully completed and the planned environmental effects were achieved. The CKS is happy to have made the investment and is thus well prepared for the future.

Table 10 below shows the environmental score of the project. The implementation of the project is associated with an annual saving of 25 t CO₂ equivalents.

	State of the Art	Innovative process (Target value application)	Innovative process (target value success control)	Achieved savings (state of the art vs. success control)	CO ₂ -savings per year
Energy (Gas)	Heating up in free workshop environment 40 Rollers x 1.032 kWh = 41.280 kWh This is equal to 9.495 kg CO ₂	Heating up in insulated heating chamber 40 Rollers x 146 kWh = 5.840 kWh This is equal to 1.285 kg CO ₂	The aim was to reduce the energy used to a total of 15% of the original value	Heating up in insulated heating chamber 40 Rollers x 163 kWh = 6.520 kWh This is equal to 1.434 kg CO ₂	8.061 kg
Wasted steel	2 shells a year will get stuck while shrinking Approach: 3.200 kg steel per roll, in total 6.400 kg steel	0 errors aimed for after a training period of 6 months	The aim was a zero reject rate	The process has so far been implemented without rejects and more than suspects very stable results without rejects	12.480 kg
Diesel Approach 85 km using 25 l/100 km	100 transports = 8.500 km in total 2.125 l This is equal to: 6.184 kg CO ₂	33 Transports = 2.805 km und in total 712,5 l This is equal to: 2.073 kg CO ₂	The aim was to reduce the number of transports to around 1/3.	67 Transports = 5.695 km in total 1.423,5 l This is equal to: 4.143 kg CO ₂	4.111 kg
Sum					24.652 kg

Table 10: Environmental effects after implementation of the innovation

Outlook

The successful implementation of the project and the results achieved by the project should make it possible to transfer this process to market participants in the industry.

In order to make the innovative process known, we will publish the project together with the Efficiency Agency NRW in their loose-leaf collection.

The project sets new standards in energy and material efficiency as well as quality and establishes a new state of the art in the industry.

End of document