

BMUV-UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Abschlussbericht

zum Vorhaben:

Innovatives, lösemittelarmes und energieeffizientes Herstellverfahren zur Gummibeschichtung auf Metall

KfW-Az: NKa3 – 003198

Zuwendungsempfänger/-in:

HUEHOCO GmbH

Umweltbereich

Umweltschutz, Energie- und Ressourceneffizienz

Laufzeit des Vorhabens

01.02.2017 – 30.06.2023

Autoren

Dr. Ulrich Irle, Jessika Kunsleben, Marcus Lodde

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

Datum der Erstellung

16.10.2023

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen UBA: 003198	Vorhaben-Nr. NKa3 – 003198
Titel des Vorhabens: Innovatives, lösemittelarmes und energieeffizientes Herstellverfahren zur Gummibeschichtung auf Metall	
Autoren: Dr. Ulrich Irle, HUEHOCO GROUP Jessika Kunsleben, delta consult GmbH / Effizienz-Agentur NRW Marcus Lodde, delta consult GmbH / Effizienz-Agentur NRW	Vorhabensbeginn: 27.01.2017
	Vorhabensende (Abschlussdatum): 30.06.2023
Zuwendungsempfänger: HUEHOCO GmbH Möddinghofe 31 42279 Wuppertal	Veröffentlichungsdatum: 16.10.2023
	Seitenzahl: 40
Gefördert im BMUV-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz	
<p>Kurzfassung:</p> <p>Die HÜHOCO GmbH beschichtet unterschiedliche Metallbänder in verschiedenen Abmessungen mit organischen Beschichtungsstoffen und Gummi. Diese Gummi beschichteten Bänder verfügen über dichtende, geräusch- sowie vibrationsdämpfende Eigenschaften und werden unter anderem in der Automobilindustrie als Motor-Getriebe- und anderen Nebendichtungen und Dämpfungsblechen eingesetzt.</p> <p>Ziel des Vorhabens war es, erstmals vollständig auf Lösemittel in der Gummibeschichtung zu verzichten, während der auf das Gummi aufgetragene Decklack weiterhin lösemittelhaltig bleibt. Die technische Innovation besteht darin, dass die Gummimischung direkt über einen Extruder in mehreren aufeinander angeordneten polierten Walzen auf die gewünschte Schichtdicke gebracht wird. Unmittelbar danach wird die Mischung auf die Oberfläche des Metallbandes aufgebracht, getrocknet und vulkanisiert. Mit dem innovativen Verfahren können Beschichtungen von 100 Mikrometern bis 2.000 Mikrometern hergestellt werden.</p> <p>Mit dem neuen Beschichtungsverfahren sollten im Vergleich zum Stand der Technik jährlich bis zu 98 Prozent an Lösemitteln und Folie eingespart werden. Außerdem sollte sich der Stromverbrauch um bis zu 67 Prozent und der Gasverbrauch um bis zu 85 Prozent verringern, was in Summe zu einer CO₂-Minderung von bis zu 86 Prozent führen sollte. Die geplanten Werte der Lösemittelverringerung konnten nahezu erreicht</p>	

werden. Der Folienverbrauch lag leicht 9 % über den erwarteten Zielwert. Beim Gasverbrauch konnten die angenommenen Verbräuche deutlich unterschritten werden und der Zielwert wurde mit 136 % deutlich übererfüllt. Der erwartete Stromverbrauch für die einseitige Beschichtung wurde mit 24 % überschritten. Die CO₂-Emissionen wurde mit Hilfe des Ecocockpit.de der EFA NRW berechnet. Bei einer Jahreskapazität von 654 t/a ergibt sich eine Reduzierung der CO₂-Emissionen von 1.917,3 t/a.

Schlagwörter: Beschichtete Metallbänder, Lösemittel, Extruder

Anzahl der gelieferten Berichte

Papierform: 1

Elektronischer Datenträger: 1

Sonstige Medien

Veröffentlichung in der Loseblattsammlung der Effizienz Agentur NRW und im Internet geplant auf der Homepage:

<https://www.ressourceneffizienz.de>

Report-Coversheet

Reference-No. Federal Environment Agency: 003198	Project-No.: NKa3 – 003198
Report Title: Innovative, low-solvent and energy-efficient manufacturing process for rubber coating on metal	
Authors: Dr. Ulrich Irle, HUEHOCO GROUP Jessika Kunsleben, delta consult GmbH / Effizienz-Agentur NRW Marcus Lodde, delta consult GmbH / Effizienz-Agentur NRW	Start of project: 27.01.2017
	End of project: 30.06.2023
HUEHOCO GmbH Möddinghofe 31 42279 Wuppertal	Publication Date: 16.10.2023
	N of Pages: 40
Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection.	
Summary: <p>HÜHOCO GmbH coats various metal strips in different dimensions with organic coating materials and rubber. These rubber-coated strips have sealing, noise and vibration damping properties and are used, among other things, in the automotive industry as engine-transmission and other secondary seals and damping plates.</p> <p>The aim of the project was to completely dispense with solvents in the rubber coating for the first time, while the top coat applied to the rubber continues to contain solvents. The technical innovation is that the rubber compound is brought to the desired layer thickness directly via an extruder in several polished rollers arranged one on top of the other. Immediately afterwards, the compound is applied to the surface of the metal strip, dried and vulcanized. The innovative process can produce coatings from 100 micrometers to 2,000 micrometers.</p> <p>The new coating process was expected to save up to 98 percent of solvents and film per year compared to the state of the art. In addition, electricity consumption was to be reduced by up to 67 percent and gas consumption by up to 85 percent, resulting in a</p>	

total CO₂ reduction of up to 86 percent. The planned solvent reduction values were almost achieved. Film consumption was slightly 9% above the expected target value. In the case of gas consumption, the assumed consumption levels were significantly undercut and the target value was clearly exceeded at 136%. The expected electricity consumption for single-sided coating was exceeded by 24 %. The CO₂ emissions were calculated with the aid of Ecocockpit.de from EFA NRW. With an annual capacity of 654 t/a, this results in a reduction of CO₂ emissions of 1,917.3 t/a.

Keywords: Coated Metal Strip, Solvents, Extruder

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	8
1. Einleitung	9
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens.....	9
1.2 Ausgangssituation	9
2. Vorhabensumsetzung	12
2.1 Ziel des Vorhabens.....	12
2.2 Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)	13
2.3 Umsetzung des Vorhabens	17
2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)	23
2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten	23
2.6 Konzeption und Durchführung der Erfolgskontrolle	24
3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung	25
3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung	25
3.2 Stoff- und Energiebilanz	26
3.3 Umweltbilanz	31
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	33
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren	34
4. Übertragbarkeit	34
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung	34
4.2 Modellcharakter/Übertragbarkeit.....	35
4.3 Kommunikation der Ergebnisse.....	35
5. Zusammenfassung/Summary	36
5.1 Zusammenfassung	36
5.2 Summary	38

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ist-Zustand Fertigungsprozess	10
Abbildung 2: Motordichtungen	12
Abbildung 3: Dämpfungsblech für Bremsbacken.....	12
Abbildung 4: Versuchsaufbau Kalander und Extruder bei Krauss Maffei sowie Aufbauskizze Kalander und Extruder	14
Abbildung 5: Aufbau der neuen Beschichtungslinie Gesamtanlage	15
Abbildung 6: Soll-Zustand des innovativen Fertigungsprozesses.....	16
Abbildung 7: Stromeinspeisung aus dem öffentlichen Netz.....	17
Abbildung 8: Hallenansicht von Nordwest	18
Abbildung 9: Hallenansicht von Südwest.....	18
Abbildung 10: Aufbau des Fundaments.....	18
Abbildung 11: Aufbau des Fundaments.....	19
Abbildung 12: Krananlage	19
Abbildung 13: Teilansicht der Elektronikaufrüstung.....	20
Abbildung 14: Innenansicht der Halle vom Bandeinlauf von oben.....	20
Abbildung 15: Innenansicht der Halle vom Bandeinlauf vom Hallenboden.....	21
Abbildung 16: Thermische Nachverbrennung.....	21
Abbildung 17: Trockner mit Zu- und Ablaufrohren	22
Abbildung 18: Kalander mit Extruder	22
Abbildung 19: Messung Einspeisung Gas: TNV	23
Abbildung 20: Messung Einspeisung Strom, Beispiel Ofen/TNV/Coater	24
Abbildung 21: Messung Gas am Beispiel FA 00182736.....	30
Abbildung 22: Messung Strom am Beispiel FA 00182736 (Messung eines Trafos Werte zweiter Trafo identisch).....	30

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Umwelteffekte auf Jahresbasis	13
Tabelle 2: Messdaten Aufträge vom 14.02. – 22.06.2023, insbesondere FA 00182736	28
Tabelle 3: Auswertung der Messdaten, insbesondere FA 00182736	29
Tabelle 4: Umweltbilanz des Vorhabens	31
Tabelle 5: Kosteneinsparungen nach Durchführung des Projekts	33
Tabelle 6: Dynamische Amortisationsberechnung nach Erfolgskontrolle des Projekts	33
Tabelle 7: Umweltbilanz des Vorhabens	37
Table 8: Environmental impact of the project	39

1. Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die Hühoco GmbH mit Sitz in Wuppertal ist seit über 80 Jahren am Markt mit Coil Coating beschichteten Metall-Bändern tätig. Mit etwa 160 Mitarbeitern werden hier Metallbänder unterschiedlichster Güte mit technologischer oder dekorativer Beschichtung versehen. Das Unternehmen ist Teil der Hühoco Gruppe, die insgesamt ca. 850 Mitarbeiter beschäftigt.

Unsere Beschichtungsanlagen verfügen weltweit über eine Kapazität von ca. 90.000 Jahrestonnen (Deutschland ca. 50.000 Jahrestonnen) verschiedenartiger Metallbänder (Al, Fe, Cu, Va etc.). Mit mehreren Groß- und Einzelspulanlagen und dem Einsatz von Scheren (Längsteilanlagen) werden die lackierten Sortimente gemäß den Bedarfen unserer Kunden auf Endmaß geschnitten. Im Jahr 2014 wurden in Deutschland 654 Jahrestonnen Bänder mit Gummi größer gleich 100 µm beschichtet. Größere Mengen sind aufgrund der Kapazitäten nur schwierig zu produzieren.

Die Produktionsanlagen werden im Durchfahrbetrieb 24 Stunden pro Tag (5 oder 7 Tage die Woche) meist auf unter 100 % Leistung betrieben. Die Produktion wird nur für Stillstände (Umrüstungen oder Störungen) unterbrochen.

1.2 Ausgangssituation

Das Unternehmen HÜHOCO beschichtet unterschiedliche Metallbänder mit organischen Beschichtungsstoffen im kontinuierlichen ressourcenintensiven Prozess (Coil-Coating). Bei den organischen Beschichtungsstoffen handelt es sich z. B. um Gummi, Lacke für dekorative wie auch technische Anforderungen, Kleber, sowie Haftvermittler. In der Unternehmensgruppe befinden sich acht Bandbeschichtungsanlagen. Überwiegend fertigen unsere Anlagen beschichtete Metallbänder mit einer ein- oder zweischichtigen und / oder ein- oder beidseitigen Lack-Beschichtung. Diese Beschichtung ist in vielen Anwendungen die Haftschiicht für einen marktüblichen Kunststoff oder Gummi, den unsere Kunden anschließend aufbringen.

Bei der Beschichtung mit Gummi liefert die HÜHOCO Gruppe mit gummibeschichteten Metallbändern ein Halbzeug in einer höherwertigen Fertigungsstufe gegenüber der Lieferung von Metallbändern, die lediglich mit einem Gummi-Haftvermittler ausgestattet sind und bei denen der Kunde die Gummischicht selbst aufträgt. Neben dem Haftvermittler ist bereits das Gummi in der gewünschten Schichtdicke aufgebracht, so dass der Kunde keine weiteren Beschichtungen aufbringen muss, sondern sofort stanzen oder eine andere Verarbeitung anschließen kann. Der Aufbau des Verbundes besteht aus dem Metallband, der Passivierungsschicht, dem Primer bzw. Haftlack, der Gummi-Deckbeschichtung und gegebenenfalls einer Decklackschicht, z.B. Gleitlack. Ziel ist es, immer einen optimalen Verbund zwischen den einzelnen Schichten zu erreichen.

Die Passivierungsschicht war früher eine Chrom IV haltige Lösung, die mit dem Metall reagierte, aufgrund der neuen Regelungen nach REACH wird heute in der Regel stattdessen Titan/Zirkon-Basis eingesetzt.

Die Passivierung verbessert den Korrosionsschutz und erhöht die Haftung zur nachfolgenden Beschichtung.

Ein Primer ist nach der Passivierungsschicht der erste Beschichtungsstoff, der aufgetragen wird, er ist entweder das Bindeglied von dem Metallband mit Passivierungsschicht und dem Decklack oder Haftvermittler oder das Bindeglied zwischen Metallband mit Passivierungsschicht und dem Gummi.

Nachfolgendes Fließbild (Abbildung 1) zeigt schematisch den Ist-Zustand des Prozessablaufes bei der Gummibeschichtung:

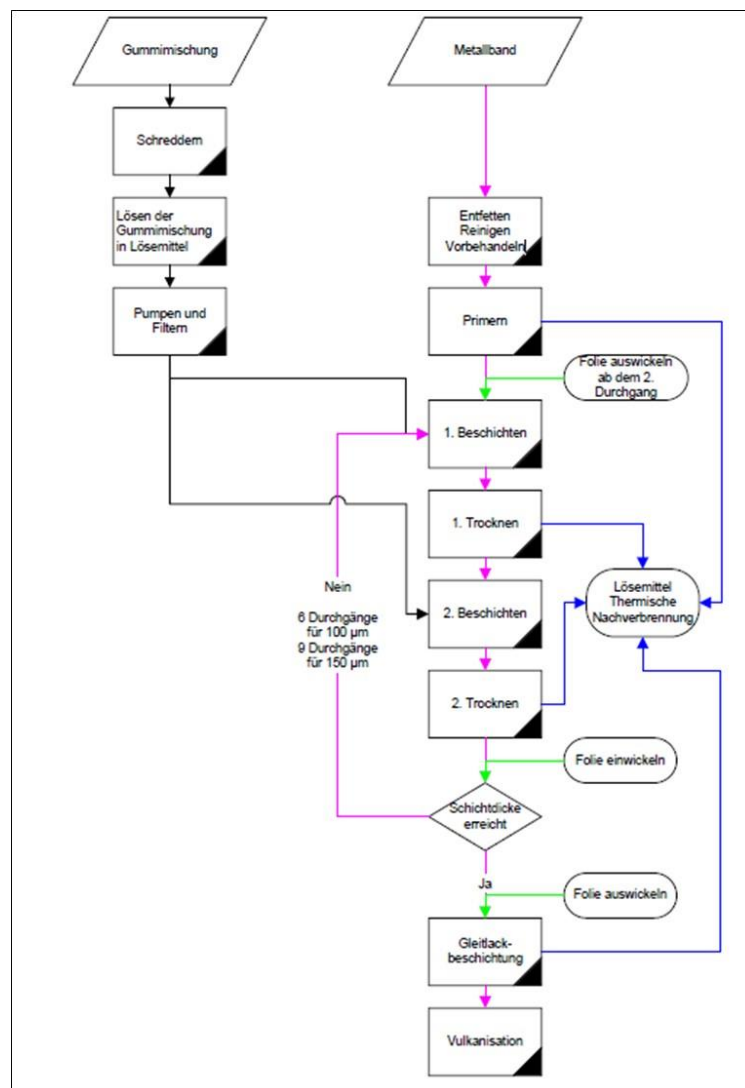


Abbildung 1: Ist-Zustand Fertigungsprozess

Die gummierten Metallbänder werden mit einem Primer/Haftlack und der Gummi-Deckbeschichtung versehen. Die Beschichtung kann ein- oder beidseitig oder auf beiden Seiten unterschiedlich erfolgen.

Der Haftlack unterscheidet sich von einem Primer durch die Funktion. Haftlacke haben in der Regel keine oder nur eine schlechte Haftung zum Metall und benötigen daher einen Primer als Haftbasis.

Die Gummimischung wurde bisher als Gummifell (ein Gummifell ist ein nicht vulkanisiertes Gummiband, welches eine Dicke von mehreren Zentimetern haben kann) angeliefert, geschreddert und in geeigneten Lösemitteln gelöst, so dass die Gummilösung im Coil-Coating-Verfahren (Walzenauftragsverfahren) verlustarm auf dem Band aufgebracht werden konnte. Da die Endschichtdicke nicht auf einmal aufgetragen werden kann, sind zu Erreichung hoher Schichtdicken mehrere Beschichtungsdurchläufe nötig (siehe Abbildung 1). Da das Gummi beim Aufbringen noch nicht vernetzt ist, muss beim Aufwickeln des Metallbandes als Coil eine Folie als Trennmittel mit eingewickelt werden und beim Abwickeln wieder ausgewickelt werden.

Die im Beschichtungsstoff enthaltenen Lösemittel werden in einem Trockner aus dem Beschichtungsstoff geholt und anschließend in einer Nachverbrennung umweltgerecht entsorgt. Bei diesem Trocknungsprozess werden die gewünschten Eigenschaften des Beschichtungsstoffes erreicht.

Im letzten Durchgang wird ein Gleitlack aufgegeben und das Gummi auf dem Band vulkanisiert. Die Vulkanisation ist ein chemisch-technisches Verfahren, bei dem der Rohgummi auch Kautschuk genannt unter Einfluss von Zeit, Temperatur und Druck gegen atmosphärische und chemische Einflüsse sowie gegen mechanische Beanspruchung widerstandsfähig gemacht wird

Dieser Fertigungsprozess wird überall dort eingesetzt, wo Metallbänder mit dichtenden, geräuschkämpfenden oder auch vibrationsdämpfenden Eigenschaften gefragt sind. Durch die besondere thermische Belastbarkeit und die spezielle Eignung für die automatisierte Produktion, sind die Einsatzmöglichkeiten vielfältig. Der sehr gute Haftverbund zwischen Elastomer und Metall, verbunden mit hohen Tiefziehfähigkeiten, zeigt die Überlegenheit dieser Beschichtung. Nachfolgende Bilder zeigen eine gummibeschichtete Motordichtung und Dämpfungsbleche für Bremsbacken:

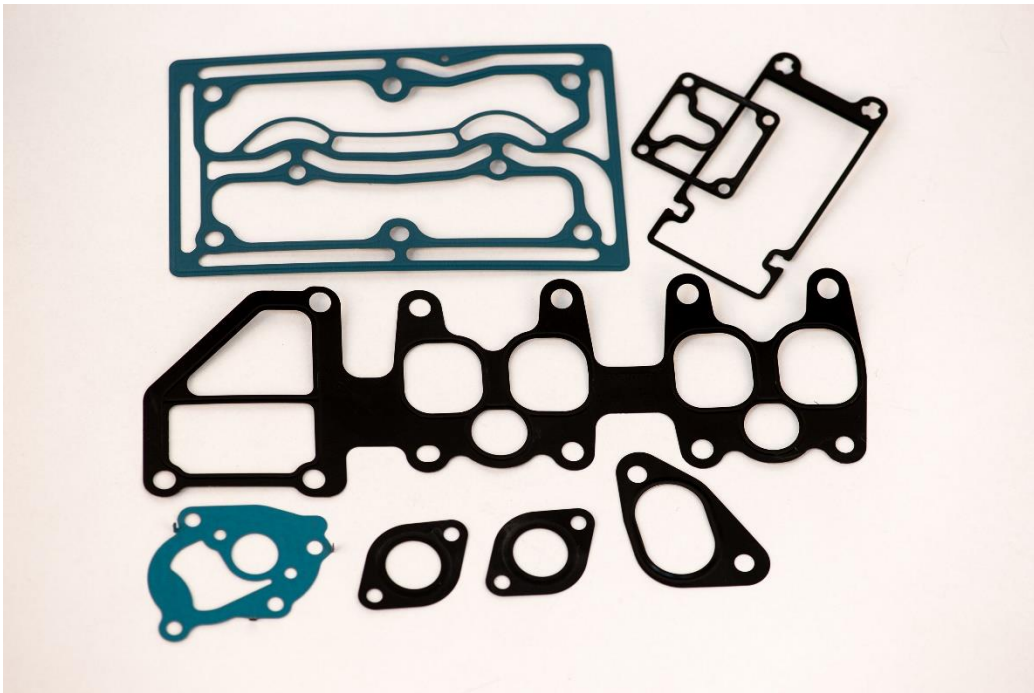


Abbildung 2: Motordichtungen



Abbildung 3: Dämpfungsblech für Bremsbacken

2. Vorhabensumsetzung

2.1 Ziel des Vorhabens

Durch die veränderte Aufbringung der Gummimischung auf die Metallbänder und der damit verbundenen Reduzierung der Beschichtungs- und Trocknungsdurchgänge

ergeben sich folgende Umweltschutzwirkungen, berechnet an den im Jahr 2014 produzierten 654 Tonnen (bezogen auf Schichtdicken von 100-150 µm).

Im neuen Verfahren lassen sich Schichtdicken von > 150 µm fahren, aber keine Schichtdicken < 50 µm. Beidseitig beschichtete Bänder müssen im neuen Verfahren zweimal über die Anlage. Das wurde bei allen Berechnungen im Verhältnis der in 2014 gefertigten, ein- und beidseitig beschichteten Mengen berücksichtigt.

Die Energie- und Stoffersparnisse ändern sich mit der Steigerung der Produktion direkt proportional. Wir haben diese Annahme zunächst getroffen, es kann aber durchaus Produkte geben, die eine größere Einsparung ergeben. Wir haben hier nach den Regeln der kaufmännischen Vorsicht gerechnet.

Das Verfahren kommt bei der Gummibeschichtung ohne Lösemittel aus, der auf das Gummi aufgetragene Decklack ist weiterhin lösemittelhaltig. Daher kann im Gesamtprozess eine Lösungsmittelsparung von ca. 98% realisiert werden.

	Verbräuche konventionell	Erwartete Verbräuche bei Antragstellung innovatives Herstellverfahren	Einsparung in Menge	Einsparung in %
Lösemittel	255.500 Liter/a	10.700 Liter/a	244.800 – 249.900 Liter/a*	> 96 – 98%
Strom	490.130 kWh/a	160.000 kWh/a	330.130 kWh/a	> 67%
Gas	6.172.180 kWh/a	878.630 kWh/a	5.293.550 kWh/a	> 85%
Folie	1.834.425 m ² /a	258.854 - 38.839 m ² /a	1.575.771 – 1.795.586 m ² /a	> 86 – 98 %

*ggf. sogar 100%-ige Einsparung möglich

Tabelle 1: Umwelteffekte auf Jahresbasis

2.2 Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

Beim neuartigen Herstellverfahren wird die Gummimischung wie bisher vom Lieferanten angeliefert. Sie muss aber nicht mehr wie bisher geschreddert oder gelöst werden, sondern wird direkt einem geeigneten Extruder zugeführt. An dem Extruder ist eine Düse, deren Form an den Prozess angepasst werden muss. Aus der Düse (Abbildung 4) gelangt die warme Gummimischung bereits als Fell in einen Kalandrier. In dem Kalandrier wird die Gummimischung auf die gewünschte Schichtdicke kalandriert. Danach wird Sie

sofort auf die Oberfläche des mit Haftvermittler vorbeschichteten Bandes aufgebracht. Eine Vorbeschichtung ist für die Haftung des Gummis auf der Metalloberfläche nötig. Diese Voraussetzung ist in beiden Verfahren gleich.

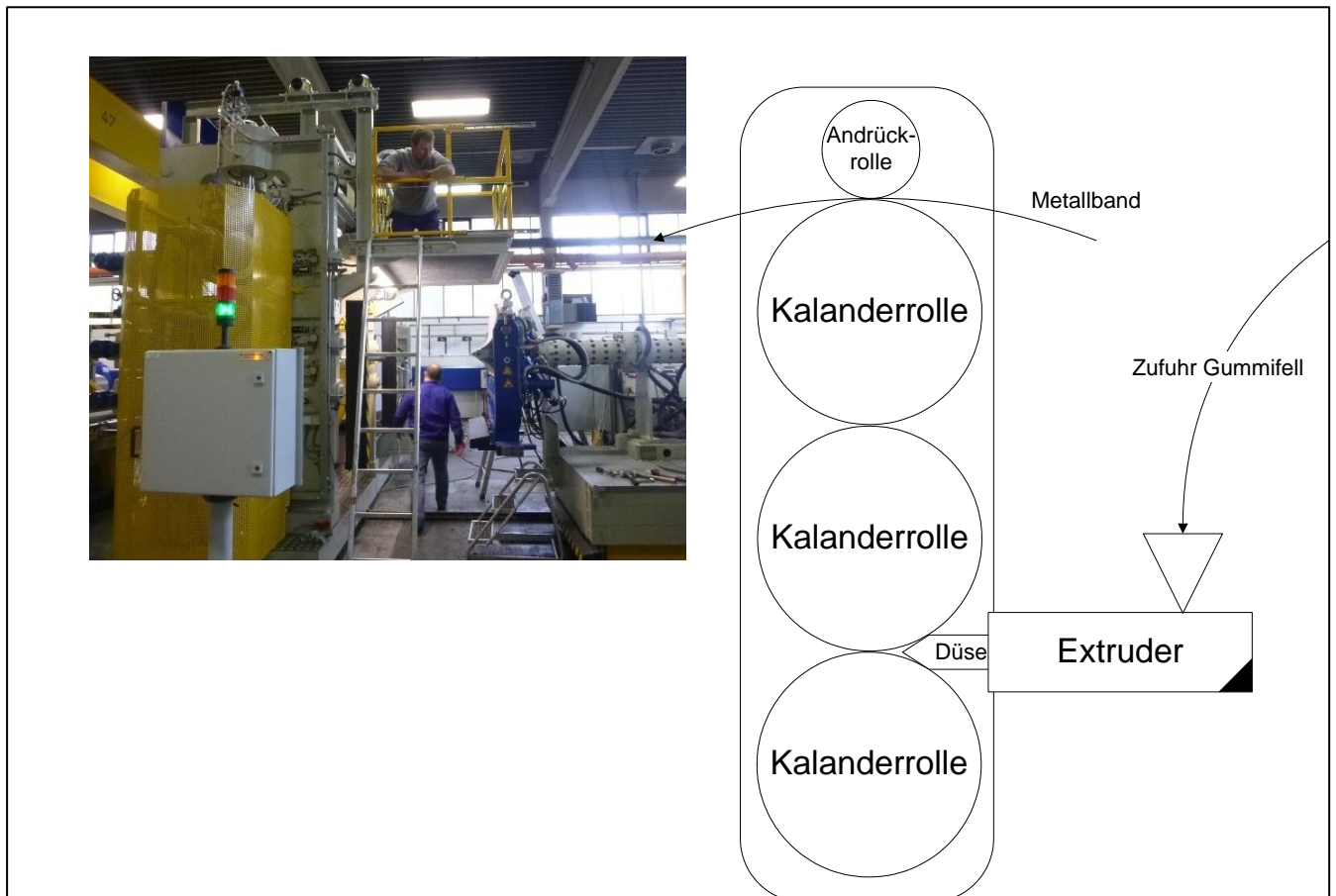


Abbildung 4: Versuchsaufbau Kalander und Extruder bei Krauss Maffei sowie Aufbauskiuze Kalander und Extruder

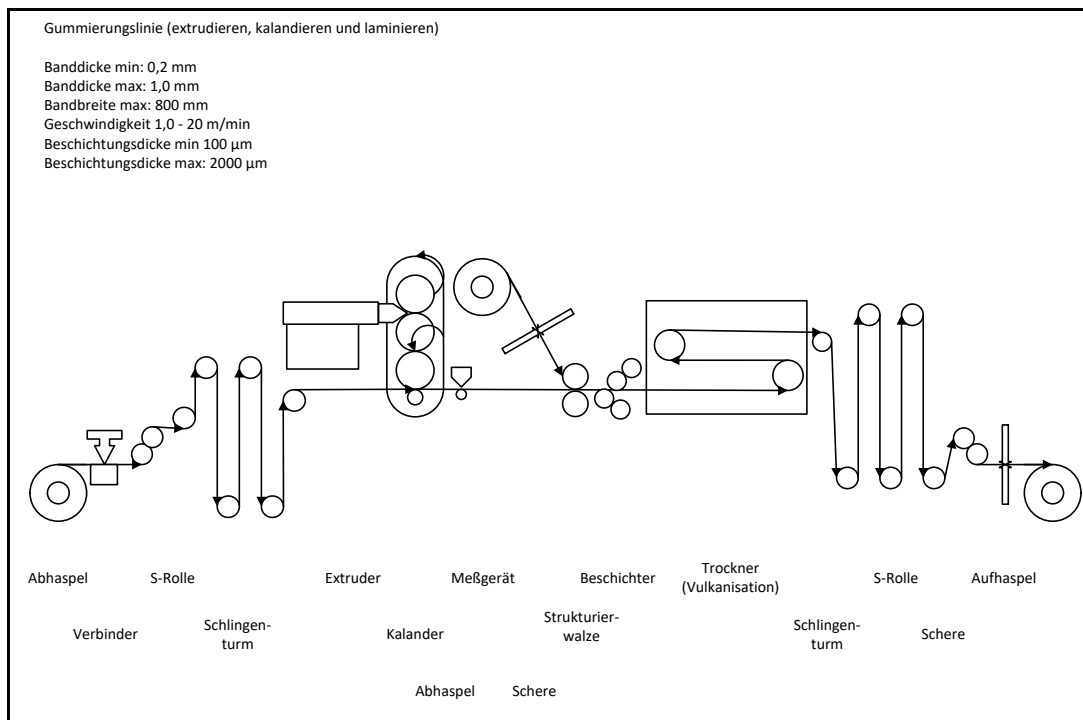


Abbildung 5: Aufbau der neuen Beschichtungslinie Gesamtanlage

Bei beidseitiger Beschichtung muss das Band wie im bisherigen Verfahren mit einer Folie aufgewickelt werden, weil die Gleitlackbeschichtung und die Vulkanisation erst im zweiten Durchlauf erfolgt.

Soll-Zustand des Fertigungsprozesses:

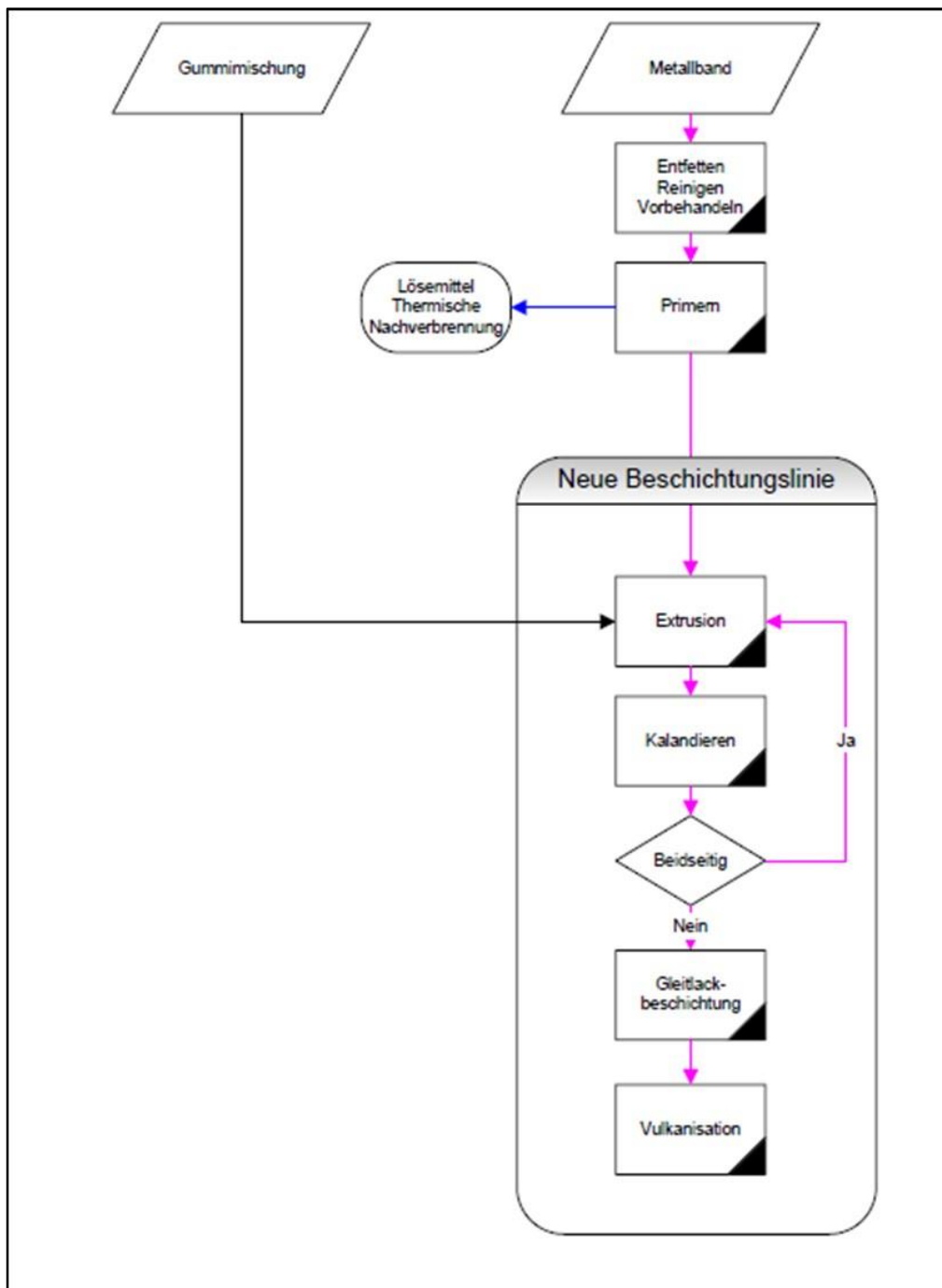


Abbildung 6: Soll-Zustand des innovativen Fertigungsprozesses

2.3 Umsetzung des Vorhabens

Die nachfolgenden Abbildungen dokumentieren den Aufbau der Halle, der Anlagenkomponenten sowie der Infrastrukturmaßnahmen.

Ein Grundstück, welches an die Grundstücke der HUEHOCO GmbH angrenzt, konnte erworben werden. Ein Bodengutachten wurde erstellt. Danach erfolgte der Bau der Strom- und Gasversorgung für den Hallenbau.

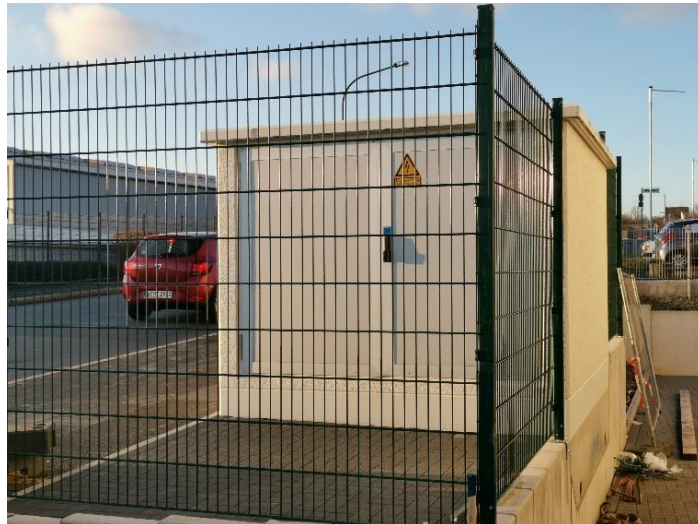


Abbildung 7: Stromeinspeisung aus dem öffentlichen Netz

Nachfolgend ist die neue Halle in zwei Blickrichtungen abgebildet.



Abbildung 8: Hallenansicht von Nordwest



Foto:

Abbildung 9: Hallenansicht von Südwest

Der Einbau der Fundamente wurden wie geplant durchgeführt und die Maschinen- und Anlagenteile eingebaut.



Abbildung 10: Aufbau des Fundaments



Abbildung 11: Aufbau des Fundaments

Die Krananlage wurde aufgebaut und in Betrieb genommen. Der Kran, der für den Ein- und Ausbau der Kalenderwalzen benötigt wurde, war beim Aufbau der gesamten Anlagenkomponenten sehr hilfreich.



Abbildung 12: Krananlage

Die Elektronikausrüstung wurde installiert und in Betrieb genommen.



Abbildung 13: Teilansicht der Elektronikausrüstung

Der Bandlauf wurde aufgebaut.



Abbildung 14: Innenansicht der Halle vom Bandeinlauf von oben



Abbildung 15: Innenansicht der Halle vom Bandeinlauf vom Hallenboden

Die Thermischen Nachverbrennung wurde in Betrieb genommen.



Abbildung 16: Thermische Nachverbrennung

Der Trockner wurde unter der Bühne aufgebaut und gemeinsam mit der Thermischen Nachverbrennung reibungslos in Betrieb genommen. Während der Versuchs- und Produktionsphasen wurden und werden Optimierungen durchgeführt.



Abbildung 17: Trockner mit Zu- und Ablaufrohren

Der Kalandr mit Extruder wurde aufgebaut



Abbildung 18: Kalandr mit Extruder

2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Da die neue Halle inkl. TNV nur für die innovative Beschichtungsanlage gebaut wurde, bedurfte es einer Genehmigung nach dem 4. BImSchG. Der Antrag wurde am 11.07.2018 gestellt. Die Zulassung des vorzeitigen Beginns gemäß § 8a BImSchG erfolgte am 05.09.2018 und der Genehmigungsbescheid gemäß § 4 BImSchG wurde am 07.12.2018 erteilt.

2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Für die Erfassung der Verbrauchsdaten von Strom und Gas wurde ein System von der Firma KBR genutzt. Das System heißt multisys6FF452 und wird im gesamten Betrieb von der HUEHOCO GmbH für die Erfassung der Verbrauchsdaten von Gas, Strom und Wasser eingesetzt.

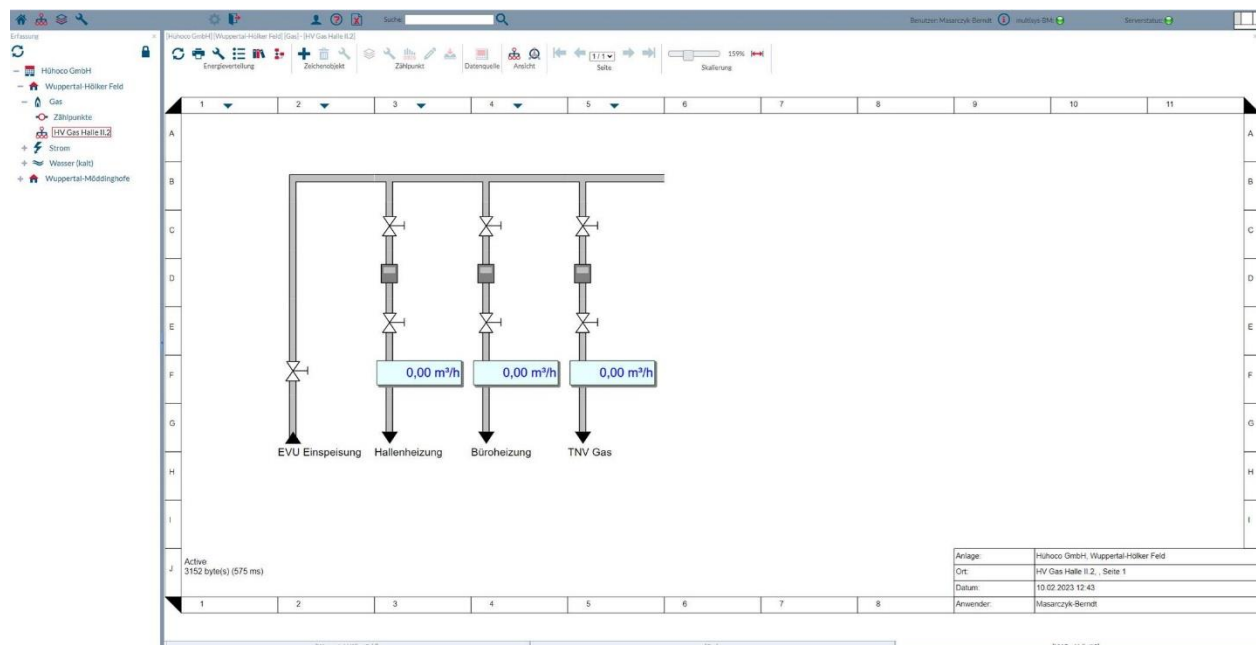


Abbildung 19: Messung Einspeisung Gas: TNV

Der Gasverbrauch der Thermischen Nachverbrennung (TNV) wird separat direkt am Zähler gemessen. Der Stromverbrauch wird an den Abgängen in der Niederspannungshauptverteilung (NSHV) gemessen. Die Messungen des Stromverbrauchs von Kalandereinheit und Extrudereinheit erfolgt separat.

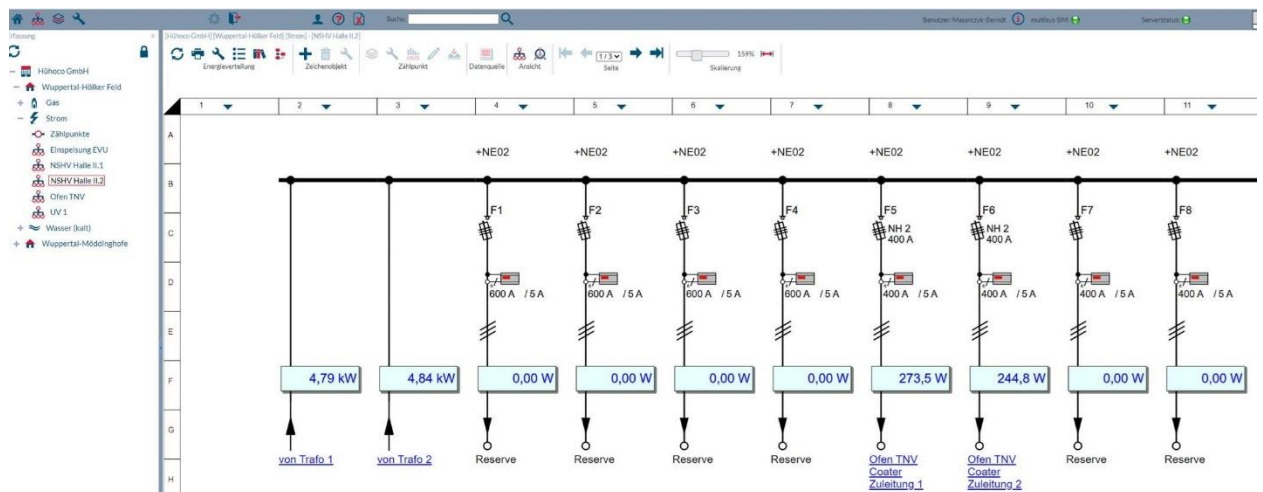


Abbildung 20: Messung Einspeisung Strom, Beispiel Ofen/TNV/Coater

Die Werte für Strom und Gas werden mit einer 15 min. Periode aktualisiert, gespeichert und die Verbrauchswerte über das KBR-System (Verbrauch über die Zeit) erfasst.

Der Verbrauch an Folie wurde über das Gewichtsdiﬀerenz der eingesetzten Folienrolle (Eingangsgewicht zu Ausgangsgewicht) erfasst und in Quadratmeter umgerechnet.

Der Lösemittelverbrauch wurde über die Gewichtsdiﬀerenz Eingangsgewicht zu Ausgangsgewicht des Lackes erfasst und entsprechend der eingesetzten Lösemittel und Lösemittel Anteile in den jeweiligen Beschichtungsstoﬀen in Liter umgerechnet.

Die Quadratmeter werden der Softwarelösung zur Ressourcenplanung (ERP-System) der HUEHOCO GmbH entnommen. Die Werte ergeben sich aus den Rückmeldungen der Mitarbeiter im ERP-System.

2.6 Konzeption und Durchführung der Erfolgskontrolle

Von Mitte Februar bis Ende Juni 2023 wurden an der neuen Anlage Aufträge abgearbeitet. Diese Daten mit den Verbräuchen liegen nun vor. Es waren jedoch in der Regel einzelne Aufträge. Die Verbräuche sind bezogen auf die Zeiten Rüstzeit und Produktionszeit erfasst.

Die damalige Coil-Coating-Anlage wurde im kontinuierlichen Betrieb gefahren. Dies ist uns zurzeit nicht möglich, da wir aufgrund der wirtschaftliche Situation Kurzarbeit fahren. Außerdem ist die Motivation der Kunden zurzeit nicht besonders groß, ein neues Verfahren auszuprobieren, da es auch dort wirtschaftlich schwierig ist.

Auf Basis der ermittelten Daten für jeden Auftrag haben wir die Verbrauchswerte bei der Rüstzeit pro Minute und in der Produktionszeit pro Tonne berechnet, den Mittelwert gebildet und diese zu 645 t/a hochgerechnet. Während der Rüstzeit wird nicht produziert, daher kann nur die Zeit, die Dauer des Vorgangs relevant sein. In der

Produktionszeit wird das Produkt hergestellt, daher wird im Vergleich die produzierte Menge genommen. Diese Vorgehensweise ist bei uns üblich. Dabei haben wir auch die in der Vergangenheit gefahrenen Verhältnisse von Rüstzeit zu Produktionszeit in die Berechnung mit einbezogen.

3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung

Die Fundamentarbeiten für die Halle gestalteten sich trotz Bodengutachten schwieriger als geplant, da der Boden sehr viel mehr festen Fels aufwies. Dadurch ergaben sich erste Verzögerungen.

Bei der Inbetriebnahme der Hydraulik für den Bandlauf fiel während des Betriebes ein Ventil aus. Bei der Reparatur stellte der Hersteller fest, dass Späne im Ventil zu diesem Schaden geführt hatten. Daraufhin untersuchte der Lieferant vor Ort die Hydraulik und fand weitere Späne. Der Unterlieferant lehnte die Verantwortung dafür ab. Nach dem die Parteien nur noch über ihre Anwälte kommunizierten, entschied sich der Lieferant des Bandlaufes nach fast zwei Monaten, die Hydraulik zunächst auf eigene Kosten instand setzen zu lassen. Diese wurde mit einem anderen Hydraulikmontageunternehmen durchgeführt und die Schäden dokumentiert. Danach hätten wir mit der Inbetriebnahme fortfahren können, jedoch war das vom Elektro-Lieferanten vorgesehene Zeitfenster überschritten. Dadurch verzögerte sich die Inbetriebnahme des Bandlaufs weiter.

Anschließend wurde der Kalandar mit Extruder aufgebaut. Die elektrische Inbetriebnahme wurde abgeschlossen. Diese Inbetriebnahme war sehr aufwendig und forderte die Arbeit von drei Programmierern, was die Inbetriebnahme leider zusätzlich verzögerte. Bei den ersten Versuchen wurden die Walzen beschädigt. Die Idee, die Walzen im Gerüst nachzuschleifen, konnte nicht durchgeführt werden, sodass die Walzen demontiert, neu geschliffen und wieder eingebaut werden mussten. Zusätzlich wurde die Inbetriebnahme des Kalenders durch Corona verzögert gestartet. Es zeigte sich, dass weitere Einbauteile in der Düse des Extruders notwendig waren. Diese mussten durch den Lieferanten hergestellt werden. Außerdem hat sich bei den ersten Versuchen gezeigt, dass eine zusätzliche Vorrichtung notwendig war, um die Luft, die sich beim Anfahren zwischen dem Metallband und dem Gummifell befindet, wieder zu entfernen.

Bei den weiteren Testläufen wurde festgestellt, dass die Schwankungen der Schichtdicken des aufgetragenen Gummis zu groß waren. Daher wurde zusätzlich eine Vorrichtung mit Begrenzungsbacken in den Kalandar eingebaut. Es waren viele Testläufe notwendig, um den richtigen Begrenzungsbackenwerkstoff zu finden. Erst nachdem der Lieferant unserer Empfehlung gefolgt ist, konnte dieses Thema, bis auf die Optimierungen in Abhängigkeit der Beschichtungsdicke, abgeschlossen werden. Die benötigte neue Regelung und Steuerung wurde in Betrieb genommen und erste Parametersätze erarbeitet. Die Breitentoleranz der Gummibeschichtung auf dem Metallband können nun weitgehend eingehalten werden.

Damit das Gummifell nicht unter die Begrenzungsbacken kommt, wurde eine Kamera eingebaut, die die Breite des Gummifells auf der mittleren Walze überwacht und eine Regelung wird aktiv, die die Gummimenge reguliert.

In den Testläufen zeigte sich auch, dass nur dann eine gute Oberfläche erreicht werden konnte, wenn sich der Gummiwulst (Wulst von Gummi auf den Kalandervalzen) zwischen der unteren und der mittleren Walze in einem bestimmten Größenbereich legt. Dazu wurde ein Lasermesssystem, eine Regelung und Steuerung eingebaut und in Betrieb genommen. Während der Testläufe wurden teilweise die Parameter erarbeitet.

Da die Ausbringung des Extruders bei schmalen Düsen zu gering war, wurde eine Drucküberwachung der Düse düsenbreitenabhängig ausgeführt. Zur Absicherung der Düse gegen zu hohen Druck und ggf. falsch eingestellten Werten wurde die Austrittsbreite der Düse überwacht und eine Kamera installiert. Die Regelung / Steuerung wurde abgepasst.

Auch die Schnecke des Extruders musste nachgearbeitet werden, da der maximale Volumenstrom nicht erreicht werden konnte. Ebenso musste der Vakuumteil im Extruder überarbeitet werden, da immer Gummi in die Vakuumpumpe gelangte.

Aus den Kühlaggregaten lief Wasser aus. Der Ersatz der Ausgleichsgefäß dauerte zwei Monate.

Nach zahlreichen Versuchen war kein Ende der Arbeiten mit dem Lieferanten abzusehen. Daher beschlossen wir, das kostspielige Unterfangen, welches aufgrund des hohen Schrottanteils durch nicht verwendbare Ringe verursacht wurde, zu beenden. Es wurde eine Vereinbarung mit dem Lieferanten getroffen, dass der Gefahrenübergang für die Anlage auf uns übergegangen ist und wir einen Endschädigungssumme vom Lieferanten erhalten haben. Ebenso wurde noch eine abzuarbeitende Mängelliste erstellt. Diese wurde abgearbeitet. Nach dem Übergang der Verantwortung für Kalanders und Extruder haben wir innerhalb von 14 Tagen erste gute und reproduzierbare Ergebnisse erhalten.

3.2 Stoff- und Energiebilanz

Im Zeitraum vom Mitte Februar bis Ende Juni 2023 wurden die Testläufe (Tabelle 2), bzw. die Kundenaufträge gefahren. Die Messreihen aller Produktionsreihen über diesen Zeitraum werden in der nachfolgenden Tabelle 2 aufgelistet. In diesem Messzeitraum befand sich das Unternehmen in der Kurzarbeit. Die Anlage wurde im Wesentlichen im Einschichtbetrieb gefahren. Eine Produktionsreihe FA 00182736 wurde über 72 Stunden im kontinuierlichen Betrieb gefahren. Diese Messung wird in den Tabellen 21 und 22 mit einem roten Balken hervorgehoben.

Auf Basis dieser Messdaten erfolgt in der Tabelle 3 die Auswertung der Verbräuche der Produktionsreihen. Um den Vergleich mit den Werten von 2014 zu ermöglichen, wurde mit dem Umweltbundesamt vereinbart, die Mittelwerte, wie im Kapitel 2.6 beschrieben, aus den durchgeführten Produktionsreihen zu bilden und auf 654 t/a hochzurechnen.

Die nachfolgenden Abbildungen 21 und 22 geben einen Überblick über die Strom- und Gasverbräuche am Beispiel der Produktionsreihe FA 00182736.

Da die Aufträge noch alle mit der bisher verwendeten Gummimischung gemacht wurden, konnte die Anlage nur mit einer Geschwindigkeit von max. 10 m/min gefahren werden. Wegen der mangelnden Rohstoffverfügbarkeit konnte die neue Gummimischung, mit der eine Geschwindigkeit von 20 m/min (max. Anlagengeschwindigkeit) möglich ist, noch nicht gefahren werden. Diese Aufträge stehen nun Anfang August 2023 an, wenn der Lieferant die Mischung geliefert hat. Daher ist ein optimaler Betriebszustand noch nicht erreicht.

Datum	FA-Num	Material	Band- breite	Band- dicke	Geschw PMT	Prod. Menge	Prod. Meter	Anfang Rüsten	Anfang Produktion	Ende Produktion	Gasverbrauch h	Gasverbrauch h	Sromverbrauch h	Stromverbrauch h	Folien- verbrauch	Folien- verbrauch	Lackverbrauch h	Lösemittel	Besondere Vorkommnisse	It. Schichtbericht
			mm	mm	m/min	kg	m	Uhr	Uhr	Uhr	m³	m³	kWh	kWh	m²	kg	kg	kg		
14.02.2023	00179089	FE	580	0,250	10	143-149	1270	1112	6:00	7:58	10:26	134,6	68	280,1	473	0	0	0	0	
15.02.2023	00179090	FE	580	0,250	10	224-232	1210	1052	5:45	7:31	9:28	140,8	46,7	242	422,2	0	0	35	16,975	
15.02.2023	00178575	FE	580	0,380	10	224-224	143	82	10:14	12:15	13:55	70,8	56,1	179	251,2	0	0	0	0	
16.02.2023	00179201	FE	580	0,380	10	232-232	1433	822	5:45	9:20	12:13	103,2	132,7	374,4	580,2	0	0	150	109,35	
21.02.2023	00179307	FE	580	0,380	10	232-232	830	475	6:00	8:40	11:57	161,4	91,2	386,3	551	0	0	115	22,6	
27.02.2023	00179617	FE	580	0,380	10	143-149	370	213	6:00	9:16	10:42	159,9	39	356,6	246	0	0	0	0	
28.02.2023	00179617	FE	580	0,380	10	143-149	370	213	5:45	8:00	11:03	116,6	92,8	215,7	449,5	0	0	0	0	
06.03.2023	00179951	FE	580	0,380	10	143-149	705	406	9:01	10:32	12:35	99,3	74,1	366,9	314	0	0	0	0	
07.03.2023	00179988	FE	580	0,250	10	199-199	1000	887	7:29	9:09	10:36	142,8	35,4	267	251,7	0	0	40	19,2	
08.03.2023	00179988	FE	580	0,250	10	199-199	1000	887	5:45	7:45	9:28	110,9	51,7	175,3	327,7	0	0	40	19,2	
08.03.2023	00179989	FE	580	0,250	10	224-232	870	769	9:28	10:22	12:03	31,8	48,7	102,4	278,73	0	0	40	19,2	
14.03.2023	00180242	FE	580	0,380	10	199-199	1090	628	6:50	9:08	12:43	128,4	106,7	270,2	383,96	0	0	0	0	
15.03.2023	00180346	FE	580	0,250	10	199-199	500	445	10:56	11:10	12:13	219,5	24,9	703,7	209,6	0	0	0	0	
16.03.2023	00180346	FE	580	0,250	10	199-199	500	445	5:45	7:44	11:19	124,1	67	163,2	536,55	0	0	0	0	
12.04.2023	00180987	AL	420	1,000	10	160-177	2030	1813	7:15	10:30	13:30	96,5	73,2	1101,1	835,2	0	0	0	0	
13.04.2023	00180988	AL	420	1,000	10	224-232	1450	1287	5:00	7:01	10:00	111	77,2	324,1	584,7	0	0	60	22,8	
24.04.2023	00179856	FE	413	0,475	10	143-149												0	Auftrag wegen technische Probleme nicht gefahren.	
27.04.2023	00179856	FE	413	0,475	10	143-149	1300	973	5:00	8:13	9:47	144,2	41,7	340,4	317,1	780	36	0	0	
27.04.2023	00179857	FE	413	0,475	10	224-232	1100	714	9:47	10:55	13:03	50,4	57,1	84,3	413,1	0	0	40	22,6	
22.05.2023	00182571	FE	580	0,380	10	143-149	9910	5880	5:00	7:34	18:30	114,2	287,3	249,7	2093	3528	220	0	0	
22.05.2023	00182570	FE	580	0,380	10	224-232	6795	3920	18:50	19:50	8:16	16,9	356,3	117	2029,25	0	0	186	105,09	
23.05.2023	00182572	FE	580	0,380	10	224-232	9910	5727	0:00	8:16	19:46	0	211,1	0	2006	0	0	180	101,7	
23.05.2023	00182736	VA	520	0,400	10	216-224	5075	3149	22:30	0:46	6:35	59	145	360,75	1053	1889	118	50	20,5	
22.06.2023	00183647	VA	430	0,400	10	216-224	220	162	5:15	8:18	10:00	145,5	65,6	320,75	218	0	0	20	8,2	
22.06.2023	00183647	VA	430	0,400	10	216-224	450	333	11:00	11:00	14:00	31,74	49,2	98,75	256,5	0	0	20	8,2	

Tabelle 2: Messdaten Aufträge vom 14.02. – 22.06.2023, insbesondere FA 00182736

Datum	FA-Num	Menge kg	Rüstzeit min	zeit min	Prodktions-	Gas in	Gas in	Gas in	Gas in	Strom in	Strom in	Folie je m ² Band	Gas Rüstzeit	Gas Prod.-	Strom	Rüstzeit	Strom Prod.-	Lösemittel l je t			
					Rüstzeit	Rüstzeit	Prod.-Zeit	Prod.-Zeit	Rüstzeit	Prod.- Zeit	je Minute		Zeit je t	je Minute	Zeit je t	je Minute	Zeit je t				
					m ³	kWh	m ³	kWh	kWh	kWh	kWh		kWh / min	kWh / t	kWh / min	kWh / t	kWh / t				
14.02.23	00179089	1270	118		148	134,6	1.499	68	758	280	473		12,7	596	2,4		372				
15.02.23	00179090	1210	106		117	140,8	1.569	46,7	520	242	422		14,8	430	2,3		349	12,2			
15.02.23	00178575	143	121		100	70,8	789	8,1	90	179	46		6,5	631	1,5		323				
16.02.23	00179201	1433	215		173	103,2	1.150	132,7	1.478	374	580		5,3	1.032	1,7		405	*1			
21.02.23	00179307	830	160		197	161,4	1.798	30,4	339	386	239		11,2	408	2,4		288	23,7			
27.02.23	00179617	370	196		86	159,9	1.781	14,9	166	357	121		9,1	449	1,8		326				
28.02.23	00179617	370	135		183	116,6	1.299	21,2	236	216	120		9,6	638	1,6		324				
06.03.23	00179951	705	91		123	99,3	1.106	74,1	825	367	314		12,2	1.171	4,0		445				
07.03.23	00179988	1000	100		87	142,8	1.591	35,4	394	267	252		15,9	394	2,7		252	16,7			
08.03.23	00179988	1000	120		103	110,9	1.235	51,7	576	175	328		10,3	576	1,5		328	16,7			
08.03.23	00179989	870	54		101	31,8	354	48,7	543	102	279		6,6	624	1,9		320	19,2			
14.03.23	00180242	1090	138		215	128,4	1.430	29	323	270	207		10,4	296	2,0		190				
15.03.23	00180346	500	134		63	219,5	2.445	24,9	277	704	210		18,2	555	5,3		419				
16.03.23	00180346	500	119		215	124,1	1.382	18,7	208	163	149		11,6	417	1,4		298				
12.04.23	00180987	2030	195		180	96,5	1.075	73,2	815	1.101	835		5,5	402	5,6		411				
13.04.23	00180988	1450	121		179	111	1.237	77,2	860	324	585		10,2	593	2,7		403	13,7			
24.04.23	00179856																				
27.04.23	00179856	1300	193		94	144,2	1.606	41,7	465	340	317	1,19	8,3	357	1,8		244				
27.04.23	00179857	1100	68		128	50,4	561	57,1	636	84	413		8,3	578	1,2		376	17,9			
22.05.23	00182571	9910	154		656	114,2	1.272	287,3	3.201	250	2.093	1,03	8,3	323	1,6		211				
22.05.23	00182570	6795	60		746	16,9	188	356,3	3.969	117	2.029		3,1	584	2,0		299	13,5			
23.05.23	00182572	9910	496		690	0	-	211,1	2.352	-	2.006		-	237	-		202	8,9			
23.05.23	00182736	5075	136		349	59	657	145	1.615	361	1.053	1,15	4,8	318	-		207	3,5			
22.06.23	00183647	220	183		102	145,5	1.621	9	100	321	47		8,9	456	1,8		215	32,4			
22.06.23	00183647	450	0		180	31,74	354	15,9	177	99	96			394	-		212	15,9			
Mittelwert													1,13	9,2	519	2,0	309	16,2			

Hochgerechnet auf 645 t/a

Amerkung: Umrechnungsfaktor Gas m³ in kWh 11,14 kWh/m³

Durchschnittliche m²-Band je t: 384

*1 Wert wurde nicht berücksichtigt, da es sich um ein völlig neues Produkt handelt

*2 Annahme: 30% der Produkte sind einseitig gummibeschichtet dort wird keine Folie benötigt

*3 Die Rüstzeit für den Vergleichszeitraum betrug 3600 Minuten

Folie *2 198213 m² / a
 Gas *3 372.668 kWh / a
 Strom *3 209.604 kWh / a
 Lösemittel *1 10.586 Liter / a

Tabelle 3: Auswertung der Messdaten, insbesondere FA 00182736

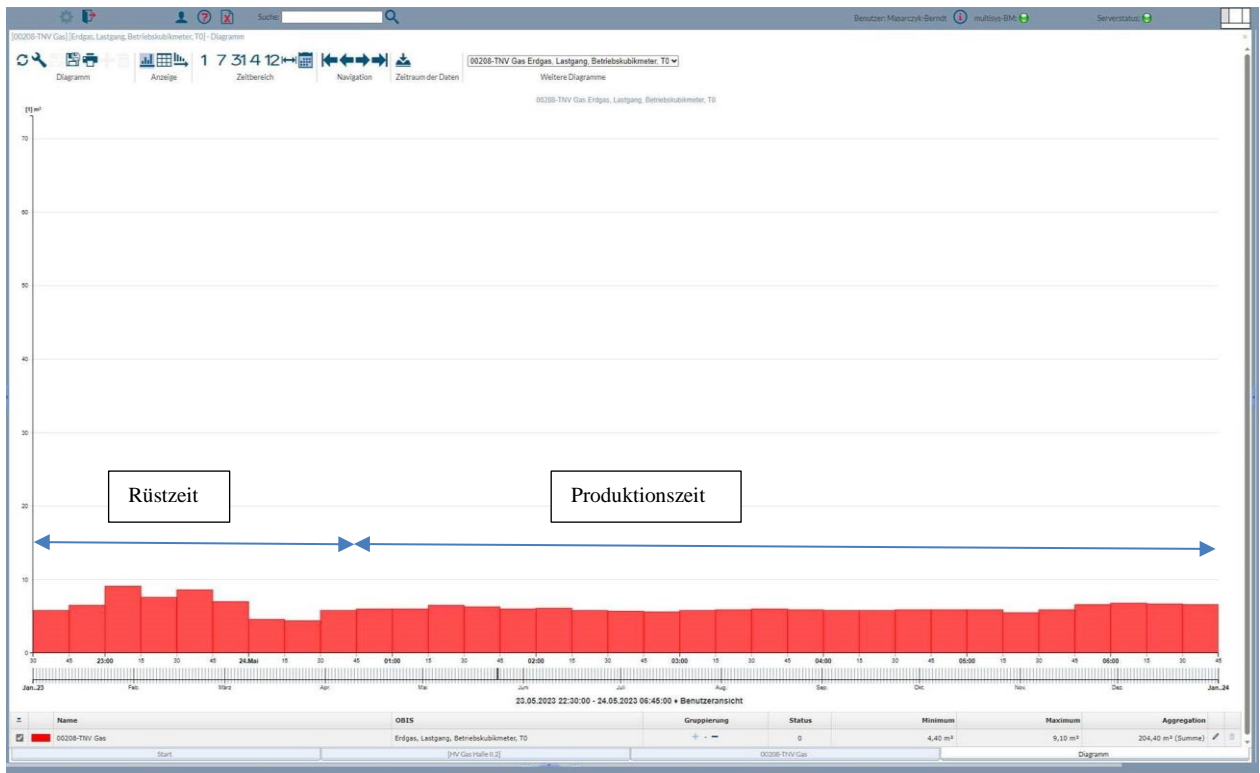


Abbildung 21: Messung Gas am Beispiel FA 00182736

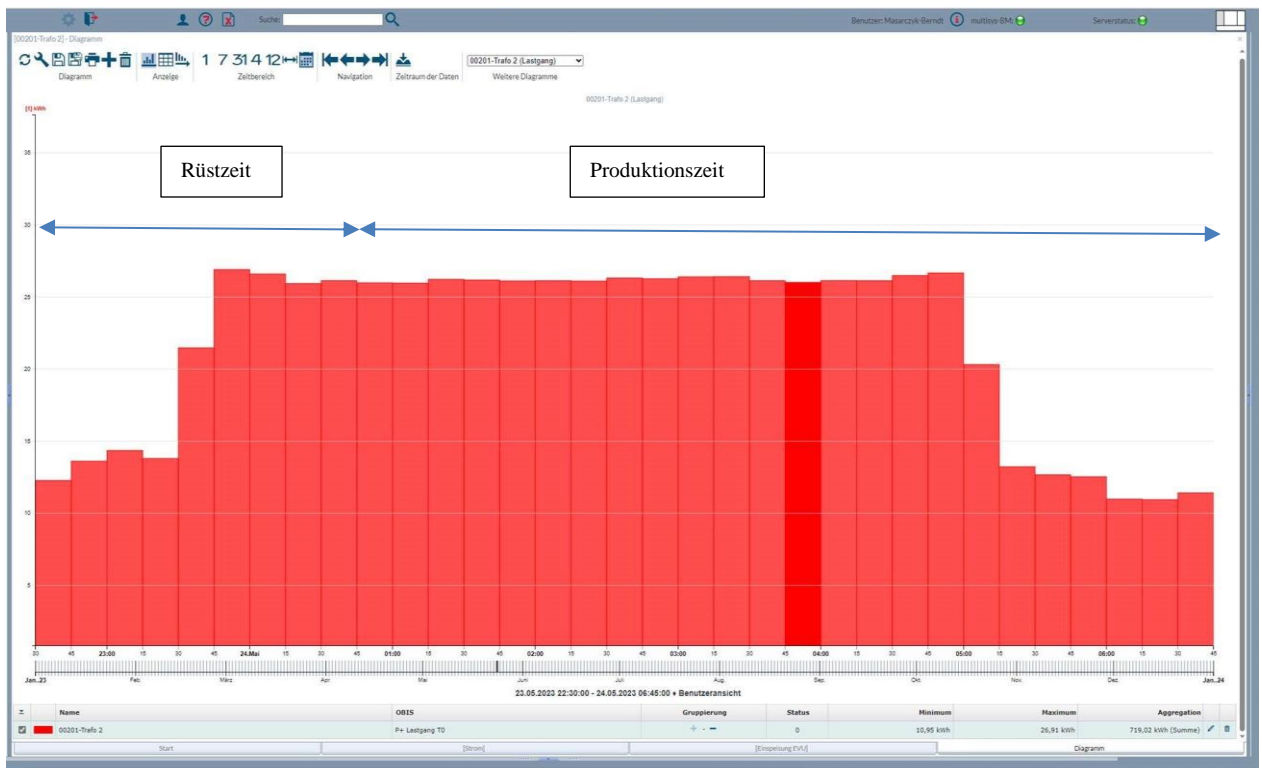


Abbildung 22: Messung Strom am Beispiel FA 00182736 (Messung eines Trafos Werte zweiter Trafo identisch)

3.3 Umweltbilanz

Aus den unter 3.2 aufgelisteten Aufträgen ergeben sich hochgerechnet auf eine Jahrestonnage von 654 t/a folgende Ergebnisse:

	Verbräuche konventionell	Erwartete Verbräuche bei Antragstellung innovatives Herstellverfahren	Tatsächlich gemessene Verbräuche innovatives Herstellverfahren	Zielwert in % vom erwarteten Wert	Zielwert in % vom konventionellen Verbrauch	CO ₂ -Emissionen konventionell	Tatsächliche CO ₂ -Emissionen innovatives Herstellverfahren	Einsparung CO ₂	Zielwert CO ₂ in % vom konventionellen Wert
Lösemittel	255.500 Liter/a	10.700 Liter/a	10.586 Liter/a	101%	4%	425,8 t/a	17,6 t/a	408,2 t/a	4%
Strom	490.130 kWh/a	160.000 kWh/a	209.604 kWh/a	76%	43%	179,4 t/a	76,7 t/a	102,7 t/a	43%
Gas	6.172.180 kWh/a	878.630 kWh/a	372.668 kWh/a	236%	6%	1.241,0 t/a	74,9 t/a	1.166,1 t/a	6%
Folie	1.834.425 m ² /a	258.854 m ² /a	283.161 m ² /a	91%	15%	282,3 t/a	42,0 t/a	240,3 t/a	15%
Gesamt						2.128,5 t/a	175,2 t/a	1.917,3 t/a	

Tabelle 4: Umweltbilanz des Vorhabens

Die CO₂-Emissionen wurde mit Hilfe des Ecocockpit.de der EFA NRW berechnet. Bei einer Jahreskapazität von 654 t/a ergibt sich eine Reduzierung der CO₂-Emissionen von 1.917,3 t/a.

Beim Gasverbrauch konnten die angenommenen Verbräuche deutlich unterschritten werden und der Zielwert wurde mit 136 % deutlich übererfüllt. Dies liegt wahrscheinlich an der Qualität der Ofenanlage, der thermischen Nachverbrennung und der sehr guten Isolierung aller Bauteile und Rohrleitungen.

Beim Stromverbrauch konnten die Verbräuche im Mittel nicht erreicht werden. Dies liegt wahrscheinlich an den Rahmenbedingungen, kleine Losgrößen und diskontinuierlicher Betrieb. An der kontinuierlichen Betriebsweise (22.05. – 23.05.2023) kann man erkennen, dass die Werte für den Strom deutlich darunterliegen. Mit einem Stromverbrauch von 209.604 kWh/a werden die erwarteten Verbräuche für die einseitige Beschichtung stark überschritten und damit der Zielwert nicht erreicht. Mit ein Grund dafür sind die zum Zeitpunkt der Antragstellung nicht genau bekannten Verbrauchswerte von Kalandern und Extrudern

Damals wurden die erwarteten Werte für die Energie- und Materialverbräuche mit einer Bandgeschwindigkeit von 20 m/min geschätzt, ebenso mit einer Bandbreite von 800 mm. Die im Messzeitraum gefahrenen Bänder lagen in einer Bandbreite zwischen 413 mm und 580 mm.

Unter den Annahmen, dass sich der Strombedarf von Extruder und Kalandern bei 20 m/min verdreifacht, der für den Bandlauf verdoppelt, für den Ofen konstant bleibt und sich durch die Geschwindigkeitserhöhung die Zeit halbiert, würde sich ein Strombedarf von 106.600 kWh/a ergeben, damit wären die geplanten Verbräuche auch für eine beidseitige Beschichtung unter dem angenommenen erwarteten Verbrauch.

Die geplanten Werte der Lösemittelverringerung konnten nahezu erreicht werden.

Zurzeit ist die Entwicklung der lösemittelfreien Lacke in Arbeit, allerdings noch nicht bereit für den Einsatz beim Kunden. Wenn man annimmt, dass 20% der Produkte im ersten Schritt mit lösemittelfreien Lacken oder ohne eine weitere Beschichtung gefahren werden könnten, so könnte die Lösemittelmenge auf 8.469 Liter/a gesenkt werden.

Der Folienverbrauch lag leicht (9 %) über den erwarteten Zielwert. Zurzeit zeichnet sich ab, dass ca. 30 % der Produkte nur einseitig beschichtet werden. Dabei ist keine Folie notwendig. Die Menge könnte dann von 283.161 m²/a auf 198.213 m²/a gesenkt werden.

3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Auf Basis der Preise für Strom, Gas, Folie und Lösemittel stellen sich die Einsparungen bei steigenden Produktionsmengen in den kommenden Jahren wie folgt dar:

Berechnung der Einsparung											
Jahr	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Produktionsmenge in to	300	390	507	659	857	1114	1448	1882	2447	3181	3200
Strom	27.113 €	35.247 €	45.821 €	59.568 €	77.438 €	100.670 €	130.870 €	170.131 €	221.171 €	287.522 €	289.208 €
Gas	114.926 €	149.404 €	194.225 €	252.493 €	328.240 €	426.713 €	554.726 €	721.144 €	937.488 €	1.218.734 €	1.225.878 €
Folie	123.105 €	160.036 €	208.047 €	270.461 €	351.600 €	457.080 €	594.204 €	772.465 €	1.004.204 €	1.305.466 €	1.697.106 €
Lösemittel in €	153.534 €	199.594 €	259.473 €	337.314 €	438.509 €	570.061 €	741.080 €	963.403 €	1.252.424 €	1.628.152 €	2.116.597 €
Summe	418.678 €	544.282 €	707.566 €	919.836 €	1.195.787 €	1.554.523 €	2.020.880 €	2.627.144 €	3.415.287 €	4.439.874 €	5.328.789 €

Tabelle 5: Kosteneinsparungen nach Durchführung des Projekts

Die oben ermittelten Einsparungen fließen in die nachfolgende Amortisationsrechnung ein.

Berechnung der Amortisation											
CF am Ende d. Jahres	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Investition / Instandhaltung	-14.008.396,63 €	-15.000,00 €	-15.000,00 €	-15.000,00 €	-15.000,00 €	-15.000,00 €	-15.000,00 €	-15.000,00 €	-15.000,00 €	-15.000,00 €	-15.000,00 €
Ersparnis p.a.	418.678,28 €	544.281,76 €	707.566,29 €	919.836,17 €	1.195.787,02 €	1.554.523,13 €	2.020.880,07 €	2.627.144,09 €	3.415.287,32 €	4.439.873,52 €	5.328.789,00 €
Zahlung (Summe)	-13.589.718,35 €	-529.281,76 €	-692.566,29 €	-904.836,17 €	-1.180.787,02 €	-1.539.523,13 €	-2.005.880,07 €	-2.612.144,09 €	-3.400.287,32 €	-4.424.873,52 €	-5.328.789,00 €
Finanzierungskosten (4,5%)	-611.537,00 €	-587.720,00 €	-556.554,00 €	-515.837,00 €	-462.701,00 €	-393.423,00 €	-303.158,00 €	-185.611,00 €	-32.599,00 €	166.521,00 €	1.000.000,00 €
Zahlung inkl. Finanzierung	-14.201.255,35 €	-588.438,24 €	-136.012,29 €	-388.999,17 €	-718.086,02 €	-1.146.100,13 €	-1.702.722,07 €	-2.426.533,09 €	-3.367.688,32 €	-4.591.394,52 €	-5.328.789,00 €
Zahlung kumuliert	-14.201.255,35 €	-14.259.693,59 €	-14.123.681,31 €	-13.734.682,13 €	-13.016.596,11 €	-11.870.495,98 €	-10.167.773,91 €	-7.741.240,81 €	-4.373.552,49 €	217.842,03 €	1.000.000,00 €

Tabelle 6: Dynamische Amortisationsberechnung nach Erfolgskontrolle des Projekts

In dieser dynamischen Amortisationsberechnung haben wir lediglich das Einsparungspotential berücksichtigt, das sich durch das innovative Verfahren gegenüber unserem bisherigen Verfahren ergibt. Damit ergibt sich, selbst bei einem gegenüber den früheren Annahmen geringeren Wachstum, eine Amortisation nach 9 Jahren. Nicht eingerechnet wurden zukünftige Umsätze und Mehrerlöse durch neue Produkte.

3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Der Stand der Technik entspricht der unter 1.2 beschriebenen Ausgangslage. Im Gegensatz zur direkten, durch Extrusion erzeugten Kunststoffbeschichtung auf Metall- oder Papierbahnen muss bei unserem innovativen Herstellverfahren das Gummi vom Extruder zunächst einem Kalander zugeführt werden. Dieser erzeugt die dünne Schicht, welche dann auf das Metallband abgegeben wird. Der Werkstoff Gummi kann nicht in derartig dünnen Schichten im direkten Extrusionsverfahren erzeugt werden.

4. Übertragbarkeit

4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Aufgrund der vielen Verzögerungen, Inbetriebnahmeschwierigkeiten und Problemen bei der Versorgung mit Vormaterial, ist die Anlage deutlich später angelaufen. Nun trifft uns eine schwache Konjunktur, die die Bereitschaft bei den Kunden zum Wechseln auf ein neues Verfahren erschwert.

Es besteht Interesse eines großen Wettbewerbers, Material bei der HUEHOCO GmbH zu bestellen. Erste Muster wurden gefertigt. Interesse innerhalb der HUEHOCO Gruppe an den Produkten ist angelaufen. Großes Interesse zeigt sich in dem stark wachsenden südasiatischen Markt. Interesse an einem neuen Produkt mit der Anlage besteht für ein Unternehmen, das gummibeschichtetes Band auf dem Dach einsetzen will.

HUEHOCO sucht nach neuen Produkten, die bisher nicht im Fokus der Unternehmung waren, z.B. aus dem Bereich der Elektromobilität und der Wasserstofftechnik. Hier gab es bereits einen ersten Auftrag.

Negativ im Gesamtprozess waren die vielen Verzögerungen aus den unterschiedlichen Gründen, die zum großen Teil nicht vorhersehbar oder planbar waren, wie die Coronakrise, die Energiekrise und die durch den Ukrainekrieg ausgelöste sehr schlechte Vormaterialversorgung sowie Mängel in den Ausführungen. Hier waren es vor allem Probleme mit den Spänen in der Hydraulik oder die Inbetriebnahmeschwierigkeiten mit dem Kalander.

4.2 Modellcharakter/Übertragbarkeit

Durch die neuartige Verfahrensweise kommen neue Gummimischungen zum Einsatz, die bisher aufgrund des aktuellen Verfahrens keine Anwendung finden konnten und vergrößern die Produktvariation. Somit können Marktanforderungen nach flexiblen, nachhaltigen und ressourcenschonenden Produkten bedient werden. In einem weltweiten harten Kampf um Marktanteile können wir mit diesem innovativen und flexiblen Verfahren Marktanteile vergrößern und neue Märkte erschließen.

Die hier erfolgreich realisierte lösemittelfreie und energieeffiziente Herstellung von gummibeschichteten Metallbändern könnte in der gesamten Beschichtungsindustrie und anderen Branchen (in denen Gummi z. B. auf Tücher aufgebracht wird sowie zukünftig in den Bereichen Bergbau, Bedachungen, Fördertechnik, Befestigungselemente für Fassaden etc.) eingesetzt werden. Die einzigen Lösemittel, die noch in geringem Umfang entstehen **könnten**, sind einer nachträglichen Lackierung mit Lösemittelhaltigen Lacken geschuldet. Weltweite Marktbegleiter in der Beschichtungsindustrie, die dieses Verfahren auch einsetzen könnten, sind beispielsweise: Trelleborg/Rubore (S), Meneta (DK), Elring-Klinger (D), Klinger (CH), ITT/Wolverine (USA), Nichias (J), NOK (J), NLK (J), etc...

Die o.a. Unternehmen kommen als potenzielle Technologieübernehmer in Frage. Der Antragsteller ist sich zu diesem Zeitpunkt noch nicht im Klaren über Patente, Lizenzen etc. da die Weitervermarktung bisher noch nicht ausreichend geplant ist. Der Antragsteller ist hier aber offen für z.B. Lizenzmodelle sowie andere Weitervermarktungsmöglichkeiten.

4.3 Kommunikation der Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden bzw. werden in folgenden Medien kommuniziert:

- Effizienz-Agentur NRW: <https://www.ressourceneffizienz.de/aktuelles-terminen/detailansicht/bmub-foerdert-innovatives-verfahren-zur-gummibeschichtung-von-metall-mit-2-mio-euro>
- Westdeutsche Zeitung: <https://www.wz.de/nrw/wuppertal/zwei-millionen-euro-fuer-huehoco-aid-27337251>
- Projektzusammenfassung der Ergebnisse auf der Website der Effizienz Agentur NRW – <https://www.ressourceneffizienz.de/leistung/pius-finanzierung/uip-umweltinnovationsprogramm>

5. Zusammenfassung/Summary

5.1 Zusammenfassung

Einleitung

Die Hühoco GmbH mit Sitz in Wuppertal ist seit über 80 Jahren am Markt mit Coil Coating beschichteten Metall-Bändern tätig. Mit etwa 160 Mitarbeitern werden hier Metallbänder unterschiedlichster Güte mit technologischer oder dekorativer Beschichtung versehen.

Die unterschiedliche Metallbänder werden mit organischen Beschichtungsstoffen (Gummi, Lacke für dekorative wie auch technische Anforderungen, Kleber, sowie Haftvermittler) im kontinuierlichen ressourcenintensiven Prozess (Coil-Coating) ein- oder zweischichtig beschichtet. Im bisherigen Verfahren wird die Gummimischung via Lösemittel in Lösung gebracht und in mehreren Durchgängen in einer Lackieranlage beschichtet. Mit jedem Beschichtungsdurchlauf werden ca. 16 µm aufgetragen. Um eine Schichtdicke von 100 µm zu erreichen, werden aktuell 6 Beschichtungs- und Trocknungsdurchgänge benötigt. Um eine Schichtdicke von 150 µm zu erreichen, werden 9 Durchgänge benötigt. Der Beschichtungsstoff wird nach jedem Auftragungsdurchgang in Trocknern getrocknet. Der Trocknungsprozess ist notwendig, um das Band trocken für den nächsten Beschichtungsgang aufwickeln zu können. Die Lösemittel in dem Beschichtungsstoff werden während der Trocknungsdurchgänge aus dem Beschichtungsstoff geholt und anschließend in einer thermischen Nachverbrennungsanlage umweltgerecht entsorgt. Damit die nicht ausvulkanisierten Gummilagen beim Aufwickeln nicht zueinander kleben wird eine Kunststoffolie als Trennmateriale beim Aufrollen aufgelegt.

Vorhabenumsetzung

Im neuen, erstmalig zur Anwendung kommenden Verfahren soll die Gummimischung direkt mit einem Extruder über einen Kalandrierer in den Endschichtdicken aufgebracht werden. Das Verfahren kommt bei der Gummibeschichtung ohne Lösemittel aus, der auf das Gummi aufgetragene Decklack ist weiterhin lösemittelhaltig. Daher kann im Gesamtprozess eine Lösungsmittelsparung von ca. 98% realisiert werden. Durch den direkten Auftrag der Endschichtdicken wird bei einer einseitigen Beschichtung - unabhängig von der Schichtdicke - nur noch ein Durchgang notwendig. Bei einer beidseitigen Beschichtung - ebenfalls unabhängig von der Schichtdicke - nur noch zwei Durchgänge. Im neuen Verfahren lassen sich Schichtdicken von > 150 µm fahren, aber keine Schichtdicken < 50 µm.

Ergebnisse

	Verbräuche konventionell	Erwartete Verbräuche bei Antragstellung innovatives Herstellverfahren	Tatsächlich gemessene Verbräuche innovatives Herstellverfahren	Zielwert in % vom erwarteten Wert	Zielwert in % vom konventionellen Verbrauch	CO ₂ -Emissionen konventionell	Tatsächliche CO ₂ -Emissionen innovatives Herstellverfahren	Einsparung CO ₂	Zielwert CO ₂ in % vom konventionellen Wert
Lösemittel	255.500 Liter/a	10.700 Liter/a	10.586 Liter/a	101%	4%	425,8 t/a	17,6 t/a	408,2 t/a	4%
Strom	490.130 kWh/a	160.000 kWh/a	209.604 kWh/a	76%	43%	179,4 t/a	76,7 t/a	102,7 t/a	43%
Gas	6.172.180 kWh/a	878.630 kWh/a	372.668 kWh/a	236%	6%	1.241,0 t/a	74,9 t/a	1.166,1 t/a	6%
Folie	1.834.425 m ² /a	258.854 m ² /a	283.161 m ² /a	91%	15%	282,3 t/a	42,0 t/a	240,3 t/a	15%
Gesamt						2.128,5 t/a	175,2 t/a	1.917,3 t/a	

Tabelle 7: Umweltbilanz des Vorhabens

Beim Gasverbrauch konnten die angenommenen Verbräuche deutlich unterschritten werden und der Zielwert wurde mit 136 % deutlich übererfüllt. Dies liegt wahrscheinlich an der Qualität der Ofenanlage, der thermischen Nachverbrennung und der sehr guten Isolierung aller Bauteile und Rohrleitungen.

Beim Stromverbrauch konnten die Verbräuche im Mittel nicht erreicht werden. Dies liegt wahrscheinlich an den Rahmenbedingungen, kleine Losgrößen und diskontinuierlicher Betrieb. An der kontinuierlichen Betriebsweise (22.05. – 23.05.2023) kann man erkennen, dass die Werte für den Strom deutlich darunterliegen. Mit einem Stromverbrauch von 209.604 kWh/a werden die erwarteten Verbräuche für die einseitige Beschichtung stark überschritten und damit der Zielwert nicht erreicht. Mit ein Grund dafür sind die zum Zeitpunkt der Antragstellung nicht genau bekannten Verbrauchswerte von Kalandern und Extrudern

Damals wurden die erwarteten Werte für die Energie- und Materialverbräuche mit einer Bandgeschwindigkeit von 20 m/min geschätzt, ebenso mit einer Bandbreite von 800 mm. Die im Messzeitraum gefahrenen Bänder lagen in einer Bandbreite zwischen 413 mm und 580 mm.

Unter den Annahmen, dass sich der Strombedarf von Extrudern und Kalandern bei 20 m/min verdreifacht, der für den Bandlauf verdoppelt, für den Ofen konstant bleibt und sich durch die Geschwindigkeitserhöhung die Zeit halbiert, würde sich ein Strombedarf von 106.600 kWh/a ergeben, damit wären die geplanten Verbräuche auch für eine beidseitige Beschichtung unter dem angenommenen erwarteten Verbrauch.

Die geplanten Werte der Lösemittelverringerung konnten nahezu erreicht werden.

Bei einem gegenüber den früheren Annahmen geringeren Wachstum ergibt sich eine Amortisation nach 9 Jahren. Nicht eingerechnet wurden zukünftige Umsätze und Mehrerlöse durch neue Produkte.

Ausblick

Es besteht Interesse eines großen Wettbewerbers, Material bei der HUEHOCO GmbH zu bestellen. Erste Muster wurden gefertigt. Interesse innerhalb der HUEHOCO Gruppe

an den Produkten ist angelaufen. Großes Interesse zeigt sich in dem stark wachsenden südasiatischen Markt. Interesse an einem neuen Produkt mit der Anlage besteht für ein Unternehmen, das gummibeschichtetes Band auf dem Dach einsetzen will.

HUEHOCO sucht nach neuen Produkten, die bisher nicht im Fokus der Unternehmung waren, z.B. aus dem Bereich der Elektromobilität und der Wasserstofftechnik. Hier gab es bereits einen ersten Auftrag.

Die hier erfolgreich realisierte lösemittelfreie und energieeffiziente Herstellung von gummibeschichteten Metallbändern könnte in der gesamten Beschichtungsindustrie und anderen Branchen (in denen Gummi z. B. auf Tücher aufgebracht wird sowie zukünftig in den Bereichen Bergbau, Bedachungen, Fördertechnik, Befestigungselemente für Fassaden etc.) eingesetzt werden. Die einzigen Lösemittel, die noch in geringem Umfang entstehen **könnten**, sind einer nachträglichen Lackierung mit Lösemittelhaltigen Lacken geschuldet. Weltweite Marktbegleiter in der Beschichtungsindustrie, die dieses Verfahren auch einsetzen könnten, sind beispielsweise: Trelleborg/Rubore (S), Meneta (DK), Elring-Klinger (D), Klinger (CH), ITT/Wolverine (USA), Nichias (J), NOK (J), NLK (J), etc...

Die o.a. Unternehmen kommen als potenzielle Technologieübernehmer in Frage. Der Antragsteller ist sich zu diesem Zeitpunkt noch nicht im Klaren über Patente, Lizenzen etc. da die Weitervermarktung bisher noch nicht ausreichend geplant ist. Der Antragsteller ist hier aber offen für z.B. Lizenzmodelle sowie andere Weitervermarktungsmöglichkeiten.

Die Projektergebnisse sollen in der Loseblattsammlung der Effizienz-Agentur NRW veröffentlicht werden.

5.2 Summary

Introduction

Hühoco GmbH, based in Wuppertal, Germany, has been active in the market with coil coated metal strips for over 80 years. With about 160 employees, metal strips of various grades are provided with technological or decorative coating here.

The different metal strips are coated with organic coating materials (rubber, lacquers for decorative as well as technical requirements, adhesives, as well as adhesion promoters) in one or two layers in a continuous resource-intensive process (coil coating). In the previous process, the rubber compound is dissolved in solvent and coated in several passes in a coating system. Approx. 16 µm are applied with each coating pass. To achieve a coating thickness of 100 µm, 6 coating and drying passes are currently required. To achieve a coating thickness of 150 µm, 9 passes are required. The coating material is dried in dryers after each application pass. The drying process is necessary to allow the strip to be wound up dry for the next coating pass. The solvents in the coating material are removed from the coating material during the drying passes and then disposed of in an environmentally friendly manner in a thermal afterburning system. To

prevent the unvulcanized rubber layers from sticking to each other during winding, a plastic film is applied as a separating material during winding.

Project implementation

In the new process, which is being used for the first time, the rubber compound is to be applied directly with an extruder via a calender in the final layer thicknesses. The process does not require solvents for rubber coating, but the top coat applied to the rubber still contains solvents. Therefore, a solvent saving of approx. 98% can be realized in the overall process. Due to the direct application of the final layer thicknesses, only one pass is required for a single-sided coating - regardless of the layer thickness. In the case of double-sided coating - also irrespective of the coating thickness - only two passes are required. In the new process, coating thicknesses of > 150 µm can be run, but no coating thicknesses < 50 µm.

Project results

	Consumption conventional	Expected consumption at application innovative manufacturing process	Actual measured consumption innovative manufacturing process	Target value in % of expected value	Target value in % of conventional consumption	CO ₂ -emissions conventional	Actual CO ₂ -emissions innovative manufacturing process	CO ₂ savings	Target value CO ₂ in % of conventional value
Solvent	255.500 Liter/a	10.700 Liter/a	10.586 Liter/a	101%	4%	425,8 t/a	17,6 t/a	408,2 t/a	4%
Electricity	490.130 kWh/a	160.000 kWh/a	209.604 kWh/a	76%	43%	179,4 t/a	76,7 t/a	102,7 t/a	43%
Gas	6.172.180 kWh/a	878.630 kWh/a	372.668 kWh/a	236%	6%	1.241,0 t/a	74,9 t/a	1.166,1 t/a	6%
Foil	1.834.425 m ² /a	258.854 m ² /a	283.161 m ² /a	91%	15%	282,3 t/a	42,0 t/a	240,3 t/a	15%
Total						2.128,5 t/a	175,2 t/a	1.917,3 t/a	

Table 8: Environmental impact of the project

In terms of gas consumption, the assumed consumption levels were significantly undercut and the target value was clearly exceeded at 136 %. This is probably due to the quality of the furnace system, the thermal afterburning system and the very good insulation of all components and piping.

In terms of electricity consumption, it was not possible to achieve the consumption levels on average. This is probably due to the general conditions, small batch sizes and discontinuous operation. From the continuous operation (22.05. - 23.05.2023) it can be seen that the values for electricity are significantly lower. With an electricity consumption of 209,604 kWh/a, the expected consumptions for the single-sided coating are strongly exceeded and thus the target value is not reached. One reason for this is that the consumption values for the calender and extruder were not precisely known at the time the application was submitted.

At that time, the expected values for energy and material consumption were estimated with a belt speed of 20 m/min, also with a belt width of 800 mm. The belts run during the measurement period were in a bandwidth between 413 mm and 580 mm.

Assuming that the power consumption of the extruder and calender at 20 m/min triples, that for the belt run doubles, that for the oven remains constant and that the time is halved due to the speed increase, the power consumption would be 106,600 kWh/a, thus the planned consumption would be below the assumed expected consumption even for a double-sided coating.

The planned solvent reduction values could almost be achieved.

With a lower growth rate compared to the earlier assumptions, the payback period would be 9 years. Future sales and additional revenues from new products were not included.

Prospects

There is interest from a large competitor to order material from HUEHOCO GmbH. First samples have been manufactured. Interest within the HUEHOCO Group for the products has started. Great interest is shown in the fast growing South Asian market. Interest in a new product with the system exists for a company that wants to use rubber-coated tape on the roof.

HUEHOCO is looking for new products that have not been in the focus of the company so far, e.g. from the field of electromobility and hydrogen technology. Here there was already a first order.

The solvent-free and energy-efficient production of rubber-coated metal strips successfully realized here could be used throughout the coating industry and other sectors (in which rubber is applied to cloths, for example, as well as in the future in the areas of mining, roofing, conveyor technology, fastening elements for facades, etc.). The only solvents that could still be generated to a small extent are due to subsequent painting with solvent-based paints. Worldwide competitors in the coating industry who could also use this process are, for example: Trelleborg/Rubore (S), Meneta (DK), Elring-Klinger (D), Klinger (CH), ITT/Wolverine (USA), Nichias (J), NOK (J), NLK (J), etc....

The above-mentioned companies come into question as potential technology acquirers. At this point, the applicant is not yet clear about patents, licenses, etc., as the remarketing has not yet been sufficiently planned. However, the applicant is open to e.g. licensing models as well as other remarketing possibilities.

The project results are to be published in the loose-leaf collection of the Effizienz-Agentur NRW.