



Abschlussbericht

zur Prüfung der Förderwürdigkeit im Rahmen des
Umweltinnovationsprogramms

Titel:

„Investition in eine hochinnovative, ressourcenschonende
Farbsprühanlage für Glasprodukte“



ADDICTED TO GLASS

Inhaltsverzeichnis

Berichts-Kennblatt	4
Report Coversheet.....	6
Einleitung	7
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens.....	7
1.2 Ausgangssituation	8
Vorhabenumsetzung	11
1.3 Ziel des Vorhabens.....	11
1.4 Auslegung und Leistungsdaten der technischen Lösung	12
1.5 Umsetzung des Vorhabens.....	12
1.6 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen).....	20
1.7 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten.....	20
Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung.....	21
1.8 Bewertung der Vorhabendurchführung.....	21
1.9 Stoff- und Energiebilanz	22
1.10 Umweltbilanz	23
1.11 Wirtschaftlichkeitsanalyse	26
1.12 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren.....	27
Übertragbarkeit.....	28
1.13 Erfahrung aus der Praxiseinführung.....	28
1.14 Modellcharakter und Übertragbarkeit	29
Aktivitäten zur Öffentlichkeitsarbeit	30
Zusammenfassung/Summary	30

BMUV-UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Abschlussbericht zum Vorhaben

Investition in eine hochinnovative, ressourcenschonende Farbsprühanlage für Glasprodukte

Zuwendungsempfänger

Heinz Veredelungs GmbH & Co. KGaA

Laufzeit des Vorhabens

27.11.2017 bis 31.12.2022

Autor

Peter Kracht

Datum der Erstellung

30.06.2023

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

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen des UBA:	Projekt-Nr.: NKa3 - 003279
Titel des Vorhabens: Investition in eine hochinnovative, ressourcenschonende Farbsprühanlage für Glasprodukte	
Autor: Peter Kracht	Vorhabenbeginn: 27.11.2017
	Vorhabenende: 31.12.2022
Zuwendungsempfänger: Heinz Veredelungs GmbH & Co. KGaA Fichtig 1 96515 Sonneberg	Veröffentlichungsdatum: 02.08.2023
	Seitenzahl: 31
Gefördert im BMUV-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz.	
Kurzfassung: Im Rahmen des Investitionsvorhabens wurde in ein innovatives Veredelungssystem (Farbauftrag) von Glasflakons investiert, welches hinsichtlich der Energieeffizienz sowie der Umweltrelevanz neue Maßstäbe in dieser Branche setzt. Das Investitionsvorhaben besteht aus drei neuartigen Technologien, die in dieser Kombination erstmalig in Deutschland zum Einsatz kommen. Die erste Innovation ist die Realisierung einer automatischen Bestückung der Besprühungsanlage mit Glasflakons. Hiermit wird eine maximale Prozesssicherheit und darüber hinaus die Vermeidung monotoner Arbeiten für Mitarbeiter gewährleistet. Die zweite Technologie ist eine automatische Einstellung der Sprühpistolen, die eine enorme Reduzierung der Rüst- und Einstellzeiten ermöglicht. Somit kann die tägliche Leerlaufzeit des Ofens erheblich reduziert werden. Des Weiteren kann durch die automatische Einstellung der Sprühpistolen der jährlichen Ausschuss an Glasflakons und die benötigte Farbmenge für deren Veredelung, bedingt durch die bisherige manuelle Einstellung, deutlich reduziert und damit ein aktiver Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden. Die dritte Innovation ist die Kombination verschiedener Heiztechnologien zur Trocknung der veredelten Glasflakons. Durch den Einsatz sowie der Verkettung dieser Technologien zu einem Gesamtprozess kann bei reduziertem Energieeinsatz die Ausbringungsmenge der Anlage um bis zu 20 % gesteigert werden, was zu einer Energieeinsparung von bis zu 12 % sowie einer Reduktion der jährlichen CO ₂ -Emission um 153 Tonnen führt.	
Schlagwörter: Farbsprühanlage, Energieeffizienz, Glasflakons, Veredelung, Ressourceneffizienz	
Anzahl der gelieferten Berichte:	Sonstige Medien: –

**Abschlussbericht Investition in eine hochinnovative, ressourcenschonende Farbsprühanlage für
Glasprodukte**

<p>Papierform: 5 Elektronischer Datenträger: 1</p>	<p>Veröffentlichung im Internet geplant auf der Web- seite:</p>
--	---



Report Coversheet

Reference-No. Federal Environmental Agency:		Project-No.: NKa3 - 003279	
Report Title: Investment in an highly innovative and sustainable pint shop for glass products			
Author: Peter Kracht		Start of project: 22/11/2017	
		End of project: 31/12/2022	
Performing Organisation: Heinz Veredelungs GmbH & Co. KGaA Fichtig 1 96515 Sonneberg		Publication Date: 08/02/2023	
		No. of Pages: 31	
Funded in the BMUV Environmental Innovation Program of the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection.			
Summary: As part of the investment project, investments were made in an innovative paint shop system (color application) for glass flacons, which sets new standards in this industry in terms of energy efficiency and environmental relevance. The investment project consists of three novel technologies that are being used in this combination for the first time in Germany. The first innovation is the realization of an automatic loading of the spraying line with glass flacons. This ensures maximum process reliability and also avoids monotonous work for employees. The second technology is an automatic adjustment of the spray guns, which allows an enormous reduction of the set-up and adjustment times. Thus, the daily idle time of the oven can be reduced considerably. Furthermore, the automatic adjustment of the spray guns can significantly reduce the annual scrap of glass flacons and the amount of paint required for their finishing, due to the previous manual adjustment, and thus make an active contribution to environmental protection. The third innovation is the combination of different heating technologies for drying the finished glass flacons. By using and linking these technologies to form an overall process, the output of the plant can be increased by up to 20% with reduced energy consumption, resulting in energy savings of up to 12% and a reduction in annual CO2 emissions of 153 metric tons.			
Keywords: glass industry - resource efficiency - glass bottles - spraying process - material efficiency			

Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die Heinz Glas Group ist ein führender Hersteller von Parfumflakons mit Hauptsitz in Kleintettau (Bayern). Seit dem 17. Jahrhundert befindet sich das Unternehmen im Familienbesitz und führt dabei die Tradition der Glasherstellung weiter. Heute zählt Heinz Glas zu den Weltmarktführern bei der Herstellung und Veredelung von Glasflakons sowie Verschlüssen für die Parfüm- und Kosmetikindustrie. In den vergangenen 15 Generationen haben wir ein Wertesystem für uns entwickelt, das über alle Standorte hinweg gelebt wird und einen wesentlichen Erfolgsfaktor darstellt. Schlagworte wie Excellence, Innovation und Nachhaltigkeit verdeutlichen das Streben nach ständiger Verbesserung, ohne dabei die Auswirkungen unseres Handelns zu vergessen.

Vor dem Hintergrund dieses Handelns werden bei all unseren Investitionsentscheidungen vielfältige Einflussfaktoren berücksichtigt, was dazu führt, dass jede Anlagengeneration höheren Ansprüchen mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit, Produktivität und den Verbrauch von wertvollen Ressourcen genügt. Auch bei dem im Rahmen dieses Antrags vorgestellten Vorhaben, die Neuinvestition in ein innovatives Verfahren zur Besprühung von Glasflakons mit Farbe (Veredelung), folgen wir dieser Maxime.

Im Folgenden sind unsere Firmenangaben und weitere Informationen aufgelistet.

Antragsteller:	Heinz Veredelungs GmbH & Co. KGaA
Anschrift (Geschäftsführer):	Glashüttenplatz 1-7 96355 Kleintettau
Branche:	Produktion und Veredelung von Glasflakons
Rechtsform:	GmbH & Co. KGaA
Umsatz:	430.000 T€ (2022; Konzern)
Mitarbeiter:	4.000 (Konzern)

1.2 Ausgangssituation

Das Veredeln von Glasflakons ist ein komplexer Vorgang, der insbesondere durch das vorgegebene Design der Flaschen beeinflusst wird. Als Marktführer im Bereich der Herstellung und Veredelung von Glasflakons ist es unser Anspruch, den Kunden eine maximale Flexibilität bei der Auswahl der Farben sowie der Gestaltung der Muster zu bieten. Für komplexe Flakondesigns bedeutet dies, dass bis zu zwölf verschiedene Sprühpistolen eingesetzt werden, die mit sehr speziellen Sprühabfolgen die Farben aufbringen. Die Flakons werden hierzu auf rotierenden Stäben aufgebracht, die auf einer durchlaufenden Kette befestigt sind. Darauf folgend werden die in Rotation befindlichen Flakons mittels Staubwedeln automatisch von Staub befreit und anschließend an Sprühpistolen vorbei geführt. Durch die Rotation sowie die präzise Einstellung der Pistolen findet ein gleichmäßiger Auftrag der Farben statt. Anschließend werden die besprühten Flakons ca. 15-25 Minuten durch einen Trocknungs-Ofen geführt. Um einen optimalen Farbauftrag und komplexe Muster gewährleisten zu können, bedarf es einer hohen Prozessstabilität sowie erfahrener Mitarbeiter.



Abbildung 1: (links) Glasflakons werden besprüht (rechts) Glasflakon mit Farbverlauf

Hinzu kommt, dass wir bei Heinz Glas nur auf lösemittelfreie, wasserbasierte Farben zurückgreifen, was hinsichtlich der Verarbeitung deutlich höhere Anforderungen an die Prozessstabilität verursacht, als dies mit lösemittelbasierten Farben der Fall ist. Vor diesem Hintergrund sind unsere Verfahren derzeit noch sehr manuell geprägt, da sich nur so die notwendige Prozessstabilität erreichen lässt. Diese Problemstellung kann anhand von zwei zentralen Verfahrensstufen bei der Veredelung von Flakons aufgezeigt werden:

Bestückung der Anlage

Derzeit wird jeder einzelne Flakon händisch auf der Aufnahmevorrichtung aufgebracht. Aufgrund der komplexen Farbmuster sowie Formen der Flakons, muss das Aufsetzen mit einer maximalen Präzision in einer minimalen Taktzeit erfolgen. Derzeit gibt es keine serienreife Technologie am Markt, die eine automatisierte Bestückung der Anlage mit der notwendigen Präzision sowie Verfahrensgeschwindigkeit erlauben würde. Daher müssen wir derzeit auf das angesprochene, händische Bestücken zurückgreifen.

Die zentrale Problemstellung hierbei besteht darin, dass sich diese Tätigkeit äußerst monoton darstellt. So müssen pro Stunde bis zu 6.000 Flakons von maximal zwei Mitarbeitern auf die Halterungen aufgebracht werden. Die Monotonie kann zu Frust durch Langeweile oder Unterforderung führen, was wiederum zu einem latenten Fehlerrisiko führen (Gefahr von Produktionsausfällen) sowie langfristig gesundheitliche Risiken bergen kann. Zusätzlich hat sich in den letzten Jahren gezeigt, dass es immer schwerer wird, Personal für diese Tätigkeit zu gewinnen. Hinzu kommt, dass die Bestückung aufgrund von Pausen pro Schicht eine halbe Stunde nicht besetzt ist und die Anlage sich im Leerlauf befindet. Da zur gleichen Zeit der Ofen nicht gedrosselt werden kann, ist mit jedem Stillstand bzw. Leerlauf ein erheblicher Energieverbrauch verbunden.

Einstellung der Sprühpistolen

Komplexe Muster auf Flakons erfordern eine Vielzahl an Sprühpistolen (bis zu 12), die vor jeder neuen Charge exakt eingestellt werden müssen. Unser Markt erfordert eine Vielzahl von verschiedenen Besprühvarianten, da das Design der Produkte ein wichtiger Teil der Attraktivität der Produkte für den Endverbraucher darstellt. Hierbei besteht das Problem, dass ein Rüstvorgang und die Einstellung der Pistolen enorm viel Zeit in Anspruch nehmen. Bei Heinz Veredelung benötigen wir am gesamten Standort Sonneberg, unter Berücksichtigung sämtlicher unserer Anlagen zur Veredelung von Glasflakons, durchschnittlich zwei Stunden für Rüst- bzw. Einstellvorgänge. In komplexen Fällen kann der Einstellvorgang jedoch eine komplette Schicht (acht Stunden) dauern, da für die optimale Einstellung mehrere Probelaufe durchgeführt werden müssen. Jeder Probelauf umfasst das Einbrennen der Musterprodukte, da nur nach dem Einbrennen die finale Farbe des aufgetragenen Lackes und die Übereinstimmung mit den Referenzmustern beurteilt werden kann. Nach jedem Probelauf prüft ein erfahrener Mitarbeiter, ob der gewünschte Farbauftrag erreicht wurde. Wenn nicht, müssen die Pistolen erneut justiert werden, um zum gewünschten Ergebnis zu gelangen. Die Komplexität bei diesem Vorgang besteht darin, dass zum einen die Positionierung jeder einzelnen Pistole hinsichtlich Winkel und Abstand möglichst präzise (Toleranz liegt bei maximal 3 mm) und zum anderen die Sprühparameter wie Durchlaufmenge der Farbe, Druck oder Form des Sprühstrahls eingestellt werden muss. Es kann davon ausgegangen werden, dass wir derzeit lediglich 60 – 70 % der notwendigen Genauigkeit zu Beginn des Rüstvorgangs, d.h. mit dem ersten Durchlauf erreichen.

Ein wesentliches Problem, das sich aus der hohen Rüstzeit ergibt, besteht dahingehend, dass der Durchlauf-Ofen zum Trocknen des Farbauftrags (bis zu 220°C) während des Rüstens nicht gedrosselt werden kann. Dies bedeutet, der Ofen hat während dem Rüstvorgang einen hohen Energieeintrag, ohne dass hierbei produziert wird. Dies ist aus ökologischer Sicht zu kritisieren und stellt ein wichtiges Handlungsfeld im Rahmen dieses Vorhabens dar. Derzeit gibt es keine serienmäßig verfügbare Anlagentechnologie, die auf das präzise Ausrichten von Sprühpistolen nach den Anforderungen unserer Branche spezifiziert ist, sodass sich eine Automatisierung der Sprüheinstellungen derzeit nur sehr eingeschränkt darstellen lässt.

Eine weitere Problemstellung mit Blick auf den komplexen Rüstvorgang stellt der Verbrauch an Glasflakons dar. So werden für jeden Einstellvorgang durchschnittlich 100 Flakons benötigt, die als Ausschuss

anfallen. Bei komplexen Einstellvorgängen entsteht ein Ausschuss von bis zu 500 Flakons. Mit Blick auf den hohen Energieverbrauch, der zur Herstellung der Flakons notwendig ist, sehen wir hier aus ökologischer Sicht erhebliches Einsparpotenzial. Da während den Einstellvorgängen mehrmals der Farbauftrag der Glasflakons kontrolliert und optimal eingestellt werden muss, werden dabei große Mengen an Farbe benötigt, worin wir zusätzliche Einsparpotenziale sehen.

Ein erster Versuch, dieser Problemstellung Herr zu werden, bestand in unserem Unternehmen darin, die Sprühpistolen an Robotern zu befestigen und mit einer automatisierten Steuerung zu versehen. Mit Blick auf den Farbauftrag sowie die Reduzierung der Rüstzeiten konnten wir die gewünschten Ergebnisse erzielen, jedoch nur bei sehr einfachen Farbmustern, die lediglich vier Sprühpistolen erfordern. So befindet sich bereits eine automatisierte Anlage mit vier Robotern im Einsatz, allerdings ist hinsichtlich der Größe der Roboter festzuhalten, dass eine Ausweitung auf mehr als vier Roboter aufgrund des enormen Platzbedarfs nicht möglich ist. Es müssen zwischen den Pistolen bestimmte Abstände eingehalten werden, die nur bei dem Einsatz von maximal vier Robotern sichergestellt werden können. Da viele Produkte aber mehr als 4 Sprühpistolen gleichzeitig erfordern, ist dieser Ansatz nur für einen sehr kleinen Teil des Produktportfolios erfolgversprechend.

Die vorstehenden beiden Beispiele zeigen, dass wir aufgrund aktuell eingeschränkter technologischer Möglichkeiten auf manuelle Prozessschritte setzen müssen, um die notwendige Präzision und Taktzeiten zu erreichen. Jedoch sind mit beiden Prozessschritten auch erhebliche Schwachstellen, insbesondere hinsichtlich des Energieverbrauchs verbunden, die es im Rahmen zukünftiger Investitionsentscheidungen zu berücksichtigen gilt.

Eine weitere Problemstellung mit Blick auf unser aktuelles Sprühverfahren besteht bei der aktuell verwendeten Trocknungstechnologie. Nachdem die Flakons aufgebracht und über ein Förderband an den Sprühpistolen vorbeigeführt wurden, folgt eine Trocknungszone (Ofen). Derzeit wird dieser Ofen, der je nach Farbauftrag auf bis zu 220 °C erwärmt wird, mit Gas beheizt, da so eine maximale Präzision bei der Temperatursteuerung innerhalb des Ofens ermöglicht wird. Dies ist insbesondere dahingehend wichtig, dass bei einem zu hohen thermischen Eintrag die wasserbasierten Farben überhitzen können, was zu einer Ablösung der Farben führen kann. Eine in unserer Branche übliche Alternative, das Trocknen ausschließlich mittels Infrarotlampen, stellt für uns bisher keine Option dar, da eine gezielte Temperatursteuerung mit diesem System bei einem sehr breiten Produktspektrum mit unterschiedlichsten Lackiervarianten und -Farben nur sehr eingeschränkt möglich ist. Daher werden Infrarotsysteme häufig für lösemittelbasierte Farben eingesetzt, da diese deutlich unempfindlicher auf thermische Einflüsse reagieren.

Trotz den bisher fehlenden Alternativen sehen wir den Einsatz von fossilen Brennstoffen in unseren Öfen als äußerst kritisch an. Insbesondere die Tatsache, dass sich der Trocknungsofen bei Betriebsunterbrechungen (beispielsweise Rüstzeiten) nicht regulieren lässt, da der Energieverlust für den Anlauf bzw. das Runterfahren der Anlage noch größer wäre, zeigt die Problematik der bestehenden Trocknungstechnologie und

den damit verbundenen erhöhten Energieverbrauch auf. Eine weitere Schwachstelle bei der aktuellen Ofengeneration ist die vergleichsweise geringe Geschwindigkeit der Wärmeübertragung im Ofen. Dies bedeutet, dass die vom Ofen erzeugte thermische Energie bis zu 15-25 Minuten benötigt, um den vollen thermischen Eintrag zu generieren. In der Folge müssen die Flakons stets in einer gedrosselten Geschwindigkeit durch den Ofen geführt werden, was den Ofen zum Engpass der Anlage macht.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass wir mit unserer derzeit im Einsatz befindlichen Technologie über alle drei wesentlichen Prozessstufen hinweg hinsichtlich der Nachhaltigkeit sowie des Energieverbrauchs erhebliche Verbesserungspotenziale sehen. Die langen Stillstandzeiten durch Rüstvorgänge und Mitarbeiterpausen erzeugen aufgrund der geringen Flexibilität des Ofens (keine kurzfristige Drosselung der Beheizung möglich, da dann keine konstanten Einbrennverhältnisse mehr möglich wären) eine erhebliche Verschwendung von thermischer Energie. Derzeit produzieren wir an 350 Tagen pro Jahr in drei Schichten, wobei bis zu 1.400 Auftragswechsel durchgeführt werden. Aktuelle Marktentwicklungen zeigen, dass die Losgrößen in Zukunft noch deutlich kleiner und somit die Anzahl an Auftragswechseln in Verbindung mit den Rüst- und Einstellvorgängen erheblich steigen werden. Vor diesem Hintergrund möchten wir in ein komplett neues Verfahren zur Veredelung von Flakons investieren, mit dem wir die vorstehend beschriebenen Schwachstellen reduzieren können.

Zum besseren Verständnis des gesamten Verfahrens zur Veredelung von Glasflakons ist in der folgenden Abbildung 2 der Gesamtprozess, mit den einzelnen Verfahrensschritten, schematisch auf einer Zeitachse dargestellt.



Abbildung 2: Schematische Darstellung des Veredelungsprozesses von Glasflakons

Vorhabenumsetzung

1.3 Ziel des Vorhabens

Die erstmalige Nutzung der innovativen und einzigartigen Technologien als verkettetes Verfahren ermöglicht es uns, signifikante Umwelteffekte zu realisieren. Im Vergleich zu den bisher von uns genutzten Anlagen können wir bei gleichem bzw. bei reduziertem Energieeintrag bis zu 20 % mehr Flakons veredeln. Bei einer Gesamtmenge von aktuell 15 - 20 Mio. Flakons pro Anlage und Jahr wirkt sich diese Erhöhung der Ausbringungsmenge erheblich auf die ökologischen Eigenschaften des Produkts aus. Angestrebt wurde, eine Reduzierung des Energieverbrauchs pro Flakon von knapp 12 % umzusetzen. Darüber hinaus können

wir den Ausschuss in den Einstellphasen um mindestens 70 % reduzieren. Vor dem Hintergrund der 1.400 Chargenwechsel, die wir insgesamt mit allen von uns eingesetzten Veredelungsanlagen am Standort jährlich durchführen und den 100 Glasflakons, die im Durchschnitt pro Chargenwechsel als Ausschuss anfallen, entspricht dies einem jährlichen Ausschuss von 140.000 Flakons.

Im Folgenden die Eckdaten des Investitionsvorhabens:

<i>Investition</i>	Farbsprühanlage für Glasprodukte
<i>Investitionsort</i>	Gewerbegebiet Fichtig 1, 96515 Sonneberg – Spechtsbrunn (Thüringen)
<i>Investitionsvolumen</i>	649 TEUR

Das innovative Veredelungsverfahren besteht weiterhin über die drei wesentlichen Prozessschritte Bestückung, Besprühung und Trocknung. Jedoch kann mit dem Vorhaben erstmalig in Deutschland demonstriert werden, dass eine Veredelung mit wasserbasierten Farben bei einem deutlich reduzierten Energieaufwand umgesetzt werden kann. Hierzu wurden für sämtliche Verfahrensschritte intelligente Technologien eingesetzt und verkettet. Wichtige Ansätze waren hierbei die Automatisierung der Bestückung sowie die erstmalige Kombination von zwei verschiedenen Heiztechnologien. Darüber hinaus wurde das gesamte Verfahren in eine einheitliche Steuerung überführt, um eine maximale Prozessstabilität zu gewährleisten. Letztlich zielte das Vorhaben darauf ab, bei gleichem bzw. geringerem Energieverbrauch eine Erhöhung des Outputs um bis 20 % zu erreichen, wodurch der Energieverbrauch pro Flakon deutlich reduziert wird.

1.4 Auslegung und Leistungsdaten der technischen Lösung

In der nachfolgenden Tabelle sind die wesentlichen Auslegungsdaten der realisierten Anlage zur Veredelung von Glasflakons dargestellt.

Tabelle 1: Leistungsdaten der Anlage

Auslegung und Leistungsdaten der Anlage zur Veredelung von Glasflakons

Jährliche Fertigungskapazität	20-25 Mio Stück (je nach Produktportfolio)
Jährliche Produktionszeit	350 d á 24 h)
Jährlicher Materialverbrauch Lack	50.000 – 60.000 kg (je nach Produktportfolio)

1.5 Umsetzung des Vorhabens

Im Folgenden sollen die Lösungen der einzelnen Verfahrensschritte detailliert aufgezeigt werden.

Bestückung der Anlage

Bisher wurde die Bestückung der Anlage mittels Flakons in unserer Branche ausschließlich manuell durchgeführt, da keine ausreichende Prozesssicherheit im Rahmen technischer Ansätze erreicht werden konnte. Für die Bestückung unserer neuen Anlage wurde erstmalig eine automatische Bestückung eingesetzt, die

Abschlussbericht Investition in eine hochinnovative, ressourcenschonende Farbsprühanlage für Glasprodukte

wir gemeinsam mit einem unserer Anlagenlieferanten entwickelt und in einen ersten Prototyp überführt hatten. Dies ist die erste großtechnische Anlage in dieser Form für Glasflakons bzw. für gleichartige Produkte, die eine prozesssichere und automatisierte Bestückung erlaubt. Wichtig ist hierbei festzuhalten, dass eine Automatisierung der Bestückung und damit wegfallenden Leerlaufzeiten (Reduzierung Mitarbeiterpausen) eine wesentliche Grundlage für die Erzielung der im späteren Verlauf dargestellten Umweltsparungen darstellt.



Abbildung 3: Roboter-Anlage zur Bestückung, Bild 1



Abbildung 4: Roboter-Anlage zur Bestückung, Bild 2

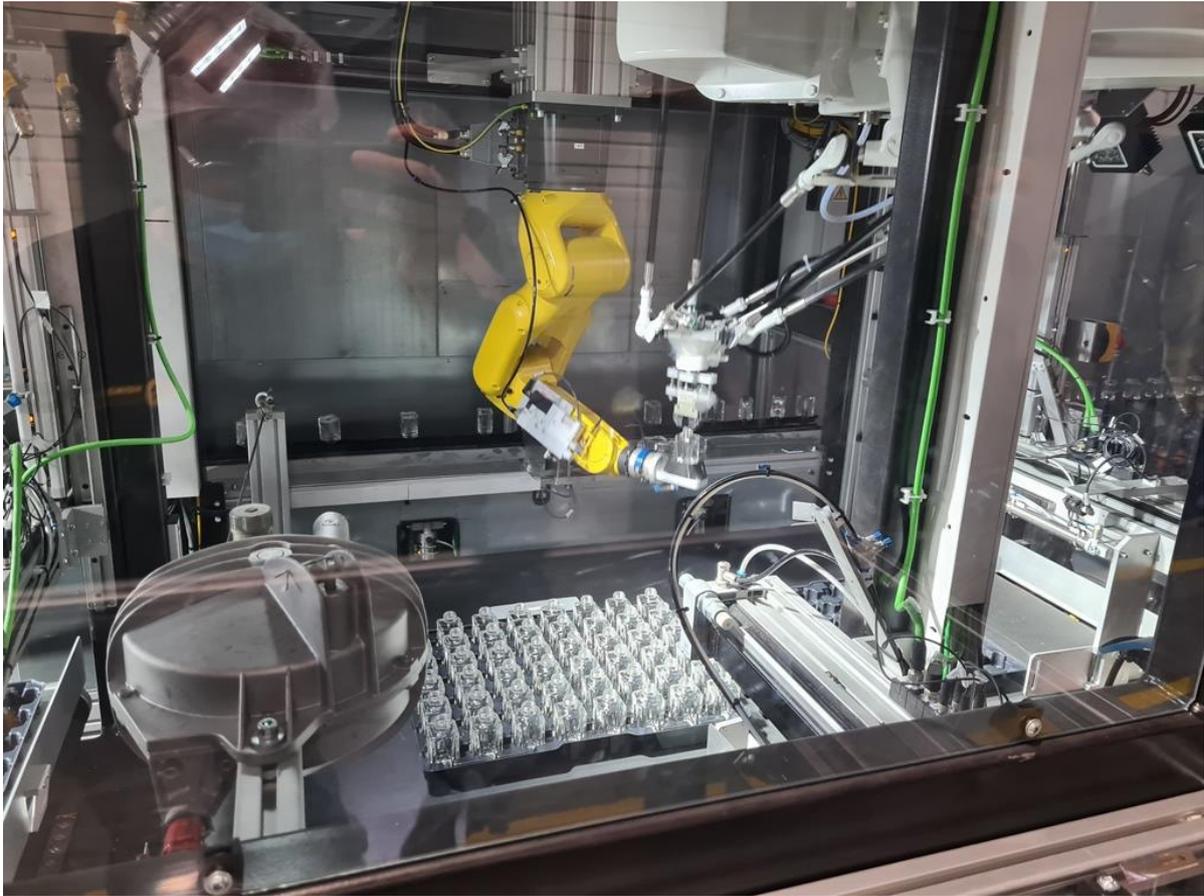


Abbildung 5: roboter-Anlage zur Bestückung, Bild 3

Bisher konnte noch kein Hersteller eine Anlage am Markt etablieren, die ein präzises Aufbringen der Flakons mit einer ausreichenden Prozessgeschwindigkeit sicherstellt. Vor diesem Hintergrund musste eine innovative Anlage entwickelt werden, die bis zu 4.800 Flakons pro Stunde anbringen kann. Hierzu wurden eine passende Handlingvorrichtung mit insgesamt 4 Robotern mit spezifischen Sensoren sowie Aktoren verbunden. Aufgrund der Vielzahl der unterschiedlichen Formen der zu bestückenden Produkte wird die genaue Position der einzelnen Produkte mit Kameras erfasst und die Roboter entsprechend online angesteuert. Mit dem ersten Roboter wird das Produkt aus der Verpackung entnommen und an einen zweiten Roboter übergeben. Der zweite Roboter dreht das Produkt um 180° und bringt es mit der Mündung nach unten auf die Stäbe der laufenden Transportkette der Sprühlinie auf. Die Roboterbewegung ist dabei mit der Geschwindigkeit der laufenden Transportkette synchronisiert. Um die geforderte Taktzeit zu erreichen, sind 2 Zellen mit je einem Roboter-Paar angeordnet. Die vollen Verpackungen mit den zu besprühenden Produkten werden der Anlage zugeführt und automatisch auf die beiden Roboter-Zellen aufgeteilt. Nach der Entnahme der Produkte werden die leeren Verpackungen aus der Anlage transportiert und den Mitarbeitern zugeführt, die das Abnehmen der Produkte nach der Besprühung und dem Trocknen übernehmen. Da bei der Abnahme auch gleichzeitig eine visuelle Prüfung der Besprühung erfolgt, ist diese Tätigkeit weiterhin von Menschen auszuführen. In umfangreichen Testreihen wurde anschließend ein reproduzierbarer und

Abschlussbericht Investition in eine hochinnovative, ressourcenschonende Farbsprühanlage für Glasprodukte

stabiler Prozess etabliert. Mit dieser einzigartigen Anlage können wir zum einen unserer Verantwortung gegenüber unseren Mitarbeitern gerecht werden (Reduzierung von monotoner Arbeit) und zum anderen die angesprochenen Umweltziele erreichen.

Einstellung der Sprühpistolen

Bisher wurden nach einem Auftragswechsel die Sprühpistolen in einer umfangreichen Einstellphase manuell justiert. Hierfür kann zukünftig eine intelligente Lösung eingesetzt werden, die eine automatische Einstellung der Pistolen ermöglicht.



Abbildung 6: Anlage zur Einstellung der Sprühpistolen mit Monitor, Bild 1

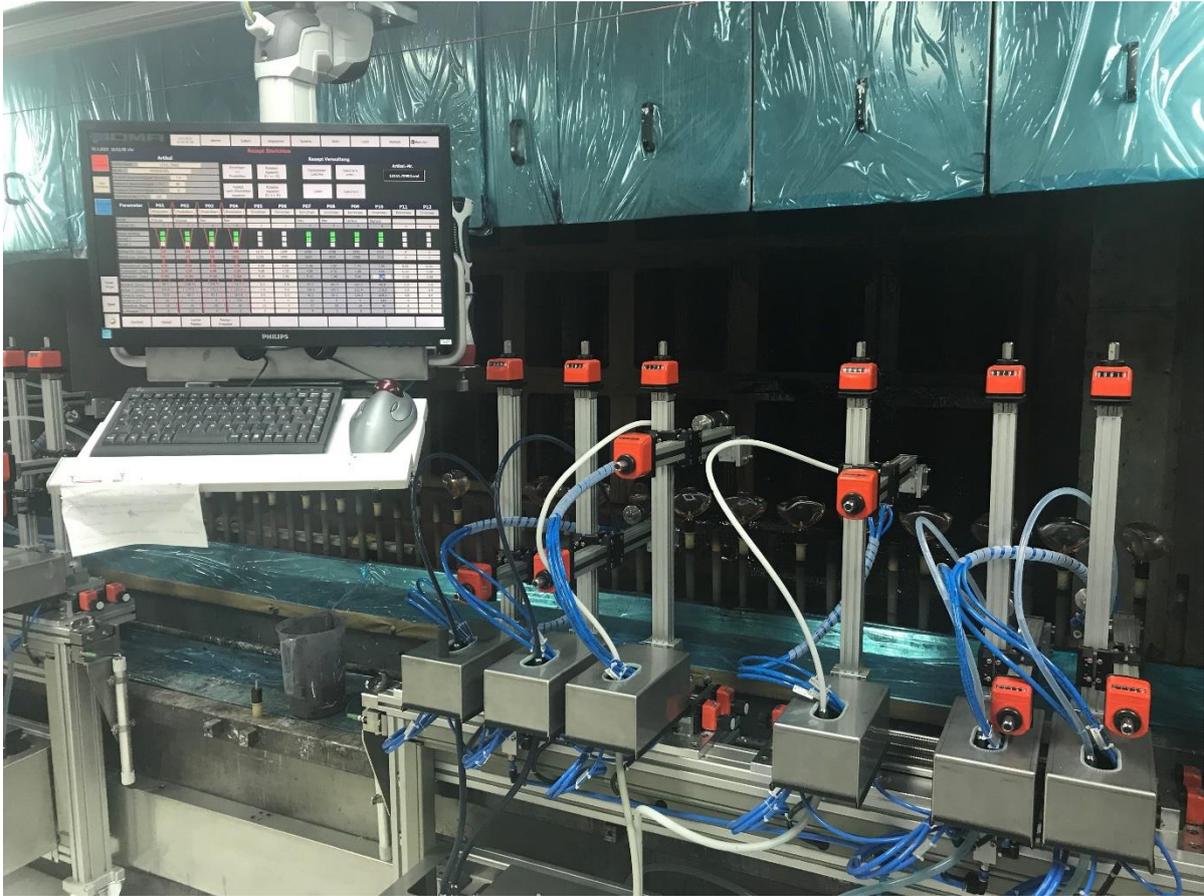


Abbildung 7: Anlage zur Einstellung der Sprühpistolen mit Monitor, Bild 2

Durch ein spezielles Gestell an dem 12 Pistolen ohne Platzeinschränkungen positioniert werden, erfolgt nun eine reproduzierbare Einstellung der Position der Sprühpistolen über 5 Achsen. Jede Pistole wird mit einem innovativen System aus lineargeführten Halterungen zur Einstellung ausgestattet, womit neben der Reproduzierbarkeit eine erheblich feinere Einstellung der Sprühpistolen möglich ist. Die Sprühparameter der einzelnen Pistolen werden über elektronisch angesteuerte Proportionalventile eingestellt, deren Einstellwerte nach erfolgter Einstellung abgespeichert und beim nächsten Produktionslauf wieder aufgerufen werden können. Das gesamte System ist über eine intelligente Steuerung verbunden, sodass die Einstellung der Sprühpistolen maximal automatisiert ablaufen und in wenigen Minuten sehr präzise erfolgen kann. Die optimalen Parameter bei der Einstellung können nach der ersten Justierung gespeichert werden, sodass bei der Veredelung einer neuen Charge die Daten abgerufen und automatisch eingestellt werden können. Es wurde angestrebt, eine Reduzierung der Einstellzeiten von durchschnittlich drei Stunden auf unter eine Stunde zu erreichen. Da allerdings bereits gespeicherte Farbmuster innerhalb von Sekunden wieder mit der optimalen Einstellung zur Verfügung stehen, können wir die durchschnittliche Einstellzeit womöglich nochmals deutlich verringern. Durch die automatische Einstellung der Sprühpistolen können wir die Leerlaufphasen des Ofens erheblich verringern.

Durch dieses innovative Vorhaben konnten wir nach unserer Kenntnis branchenweit erstmalig einen voll-automatisierten Prozess zur Veredelung von Flakons realisieren. Durch die Reduzierung der Einstellzeiten in Kombination mit der Reduzierung von Leerlaufzeiten können wir bei nahezu gleichem Energieeintrag deutlich höhere Mengen herstellen.

Trocknung

Bei der Trocknung wurden ebenfalls neue und für unsere Branche einzigartige Wege verfolgt. So wurde erstmals eine Kombination aus Infrarotkomponenten (elektrische Energie) sowie fossilen Energieträgern (Gas) eingesetzt.

Die ausschließliche Nutzung von Infrarotstrahlern zur Trocknung der Glasflakons kann aufgrund der schlechten Temperatursteuerung für die von uns verwendeten wasserbasierten Farben und Vielfalt der verschiedenen Lackierungen und Farben nicht eingesetzt werden. Beim Einsatz von Infrarotstrahlern müssen diese in ihrer Leistung, Form und Wellenlänge auf die spezifischen Eigenschaften des zu trocknenden Produktes genau abgestimmt werden. Hierzu zählen vor allem die Pigmentierung, die Schichtdicke des Lackes sowie die Wandstärke des Glasflakons. Bei immer gleichbleibenden Parametern könnte man so eine Strahlung erzeugen, die genau auf die Adsorptionseigenschaften des verwendeten Lackes und Glasflakon abgestimmt ist. Da wir allerdings, je nach Kundenanforderung, verschiedene Schichtdicken des Lackes und Eigenschaften verwenden sowie unterschiedliche Glasflakons, können wir somit nicht auf eine reine Infrarotheizung zurückgreifen, möchten allerdings die Vorteile dieses Systems nutzen und den Energieverbrauch unseres Trocknungsprozesses deutlich reduzieren. Ein Infrarotsystem basiert auf dem Prinzip der Wärmestrahlung, bei dieser Art von Trocknung wird lediglich der angestrahlte Körper erwärmt und dadurch gezielt getrocknet. Luft kann Infrarotstrahlung nur in sehr begrenztem Umfang absorbieren, was dazu führt, dass die Wärmestrahlung nahezu verlustfrei und energiesparend an die zu trocknenden Glasflakons abgegeben wird. Infrarotstrahler besitzen aufgrund der genannten Vorteile einen deutlich höheren Wirkungsgrad. Des Weiteren zeichnet sie eine schnelle Reaktionszeit aus und können bspw. während Rüstvorgängen aus- und wieder eingeschalten werden.

Somit war das Ziel, den Anteil an Infrarotstrahlung zu maximieren. Die aktuelle Verfahrenskonzeption sah vor, dass wir in einer ersten Trocknungsstrecke auf ein Infrarotsystem zurückgreifen und die Flakons auf ca. 80–100 °C erwärmen. Bis zu dieser Temperatur können wir mit den wasserbasierten Farben ein Überhitzen prozesssicher vermeiden. Die finale Erwärmung auf 180–220 °C Glastemperatur würde dann in einer verkürzten Ofenstrecke erfolgen, die weiterhin mit Gas betrieben werden würde. So können wir sicherstellen, dass zum einen der Energieeintrag im Ofen deutlich reduziert und zum anderen eine gezielte Erwärmung sichergestellt wird. Vor der Umsetzung an der Produktionsanlage wurden Vorversuche bei einem Lieferanten von IR-Technologie und auch mit einer Probeinstallation an der Produktionsanlage durchgeführt. Diese Vorversuche haben ergeben, dass sich der Gesamt-Energiebedarf für das Einbrennen der Lacke allerdings nicht im angepeilten Maß reduzieren lässt. Wie bereits in einem Zwischenbescheid ausgeführt,

lässt sich durch die Kombination mit einer IR-Vorheizung der Gasverbrauch der Anlage zwar reduzieren, der Stromverbrauch der IR-Vorheizung war allerdings höher als zunächst prognostiziert. Die Gesamtenergieeinsparung gegenüber einer Aufheizung nur durch Erdgas war in den Vorversuchen sehr gering, sodass unter Berücksichtigung der erheblich höheren spezifischen Kosten für 1 kWh Strom ggü. 1 kWh Erdgas diese Lösung nur sehr wenig Energie einspart, aber in Summe erheblich höhere Kosten verursacht hätte und damit verworfen wurde.

Anstatt dessen wurde ein Kammerofen installiert, der für das Einbrennen der Musterflaschen eingesetzt wird. Dieser Kammerofen ist IR-beheizt und kann Musterflaschen in 2 Minuten einbrennen. Der bisherige Prozessablauf sieht vor, dass die besprühten Musterflaschen durch den Trocknungsöfen der Produktionslinie laufen und dort eingebrannt werden. Die Musterflaschen müssen eingebrannt werden, da erst dann die Besprühung die finale Farbe erreicht hat und zur Prozessfreigabe mit den mit dem Kunden vereinbarten Freigabemustern verglichen werden kann. Während des Durchlaufes der einzelnen Musterflaschen kann auf der Produktionslinie keine Produktion gestartet werden, da erst die Freigabe zur Serienfertigung abgewartet werden muss. Die Durchlaufzeit durch den Trocknungsöfen der Produktionslinie dauert ca. 10-15 Minuten, während die Trocknungszeit im IR-Kammerofen bei 2 Minuten zzgl. 1 Minute Abkühlzeit liegt. Trotz der installierten Technologie zur reproduzierbaren Einstellung der Sprühpistolen ist das Einbrennen von Musterflaschen vor jeder Serienproduktion zur Freigabe erforderlich, die erheblich kürzere Trocknungszeit ermöglicht einen schnelleren Start der Serienproduktion und reduziert damit weiter die Leerlaufzeit der Produktionsanlage mit entsprechendem Energieverbrauch.

Es ist uns kein Unternehmen bekannt, das eine ähnlich innovative Erwärmung von Glasprodukten nutzt. Vor diesem Hintergrund kann dieses Vorhaben als absolute Neuheit angesehen werden. Durch die Verkettung der einzelnen Verfahrensschritte kann der Output bei einer maximalen Prozesssicherheit erhöht und gleichzeitig die Rüstzeiten minimiert werden. Im Rahmen des Vorhabens werden die drei vorstehend beschriebenen Teilprozesse erstmalig eingesetzt und durch die Verkettung ein erheblicher Umwelteffekt erzielt.



Abbildung 8: IR-Kammerofen zur Trocknung der Musterflaschen

1.6 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Die im Rahmen des Vorhabens realisierte Anlage zur Veredelung von Glasflakons erfordert keine über die bereits bestehende Genehmigung nach BImSchG hinausgehende Abnahme.

1.7 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Nach der erfolgten Inbetriebnahme der innovativen Anlage wurden umfangreiche Auswertungen durchgeführt, um die Durchführung der Investitionsmaßnahme aus ökologischer und ökonomischer Sicht bewerten zu können. Die benötigten Messdaten wurden dabei vom 01.01.2021 bis zum 31.12.2022 erfasst, während die Anlage normal betrieben wurde. Es wurden dabei 692 Auftragswechsel durchgeführt. Während dem

Betrieb der Anlage wurde dabei der Energieverbrauch durch das ECON-Energiemanagementsystem genau erfasst. Zudem wurde durch das Betriebsdatenerfassungssystem FASTEC MES die relevanten Betriebsdaten erfasst. Die nachfolgenden Messungen wurden dabei durchgeführt und Parameter erhoben:

- Energieverbrauch
- Materialeinsatz (Farbe)
- Ausschuss

Als Referenzprodukt wurde der konventionelle Veredelungsprozess der Glasflakons, welcher im Antrag beschrieben wurde, herangezogen. Hier konnte ein sehr guter Vergleich aufgestellt werden, da ausreichende Daten einer Referenzanlage vorhanden sind. Anhand dieses Referenzproduktes konnten die angestrebten Einsparungen und Umweltentlastungen evaluiert werden.

Innerhalb des Messprogramms konnten insgesamt 44.454.993 Glasflakons veredelt werden. Die Anlage wurde dabei in der gewünschten Jahresauslastung dauerhaft betrieben, sodass die während des Messprogramms ermittelten Daten entsprechend repräsentativ sind.

Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

1.8 Bewertung der Vorhabendurchführung

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass die Durchführung des Vorhabens erfolgreich abgeschlossen werden konnte. Die automatische Einstellung der Sprühpistolen sowie die innovative Trocknungseinheit konnten planmäßig bestellt und aufgebaut werden. Nach erfolgter Installation konnten diese Teilbereiche erfolgreich getestet und betrieben werden. Jedoch musste ein neues Konzept zur Automation der Bestückung erarbeitet werden, da das ursprüngliche Konzept unzureichend funktionierte. Grund hierfür war, dass die Erkennung und das Ausgleichen von Takt- und Belegungsschwankungen der Produktionslinie nicht optimal funktionierten. Bei der Simulation des geplanten Konzepts hat sich gezeigt, dass die vorgesehene Lösung dies nicht ausreichend sicherstellen kann. Aufgrund dessen wurden weitere Machbarkeitsstudien durchgeführt und weitere potenzielle Lieferanten gesucht.

Nachdem ein passender Lieferant gefunden war, stand die Heinz Veredelungs GmbH kurz vor der Auslösung der Bestellung der Automation, als jedoch durch Covid-19 und die damit verbundene Corona-Pandemie die Entscheidung der Geschäftsführung getroffen wurde, sämtliche Investitionen vorerst zu stoppen.

Aufgrund der Corona-Pandemie und den damit verbundenen wirtschaftlichen Folgen wurde die Automation Ende 2020 geliefert und Anfang Januar 2021 installiert. Anschließend konnte erstmals das Gesamtkonzept bestehend aus reproduzierbarer Besprühung, dem Rotationssystem und den Infrarot-Kammerofen in Kombination mit der automatischen Bestückung in Betrieb genommen und erste Testläufe durchgeführt werden

Insgesamt verlief die Vorhabendurchführung bis auf den Zeitverzug durch die anfänglichen Probleme bei der Automation nahezu reibungslos.

1.9 Stoff- und Energiebilanz

Zur Quantifizierung der Umweltentlastungen wird das innovative Anlagenkonzept zur Veredelung von Glasflakons mit dem konventionellen Veredelungsprozess verglichen. Beim konventionellen Verfahren werden Flakons manuell auf rotierende Stützen aufgebracht, die auf einer durchlaufenden Kette angebracht sind. Diese werden anschließend automatisch gereinigt und an Sprühpistolen für den Farbauftrag vorbeigeführt. Durch die Rotation der Flakons so ein gleichmäßiger Farbauftrag erzielt werden. Anschließend werden die Flakons in einem gasbetriebenen Ofen getrocknet. Die Problemstellung des Stands der Technik wurde bereits ausführlich im Kapitel 1.2 beschrieben. Durch das innovative Verfahren zur Veredelung der Glasflakons mittels automatischer Bestückung, automatischer Einstellung der Sprühpistolen sowie dem Infrarottrocknungsprozess kann der Energieverbrauch und insbesondere der Ausschuss an Flakons deutlich reduziert werden.

Unter ökologischen Gesichtspunkten war die zentrale Zielstellung mit Blick auf den gesamten Veredelungsprozess die Reduzierung des Energieverbrauchs durch die Erhöhung der Durchlaufzeiten, verringerte Leerlaufzeiten sowie die energieeffiziente Trocknung der Muster-Flakons. Des Weiteren sollte der Ausschuss, welcher beim Chargenwechsel anfällt, insbesondere durch die automatische Einstellung der Sprühpistolen deutlich verringert werden. Die diesbezüglichen Ergebnisse der Erfolgskontrolle sind nachfolgend detailliert aufgezeigt.

Energieverbrauch:

Der spezifische Energieverbrauch pro Flakon ist beim konventionellen Veredelungsprozess aufgrund der manuellen Bestückung und der umfangreichen Einstellung der Sprühpistolen sowie des energieintensiven Trocknungsprozesses deutlich höher als beim umgesetzten innovativen Verfahren. Dies liegt unter anderem an den Leerlaufphasen, bedingt durch die manuelle Bestückung sowie Einstellung der Sprühpistolen. Während dieser Zeit kann der Trocknungs-ofen nicht abgestellt werden, da ein Wiederauffahren erhebliche Zeit in Anspruch nehmen würde und für die Trocknung der Flakons eine konstante und gleichmäßige Temperatur im Trockenofen erforderlich ist. Aufgrund der langen Rüstzeiten in Kombination mit den Mitarbeiterpausen fallen pro Jahr hohe Leerlaufzeiten im Trockenofen an, in denen aber trotzdem Energie verbraucht wird. Dies führt grundsätzlich zu einem hohen Energieverbrauch in Form von Erdgas, welcher durch das neue Verfahren erheblich reduziert werden kann. Es zeigten sich zudem weitere Energieeinsparungen in Form von Strom durch die effizientere Anlagentechnik sowie den geringeren Aufwand bei den Rüstprozessen. Auch konnte der Verbrauch an Lack für die Veredelung deutlich reduziert werden. Die ermittelten Ergebnisse sind nachfolgende aufgeführt (Werte jeweils bezogen auf 1.000 Stück gefertigte Flakons).

- Reduzierter Erdgasverbrauch pro Flakon: 20,5 kWh/1.000 Stk
- Reduzierter Stromverbrauch pro Flakon: 4,8 kWh/ 1.000 Stk
- Reduzierter Bedarf an Lack pro Flakon: 350 g/1.000 Stk
- Reduzierter Ausschuss um: 1,7 %

Wie die vorstehende Zusammenfassung der Ergebnisse verdeutlicht, konnte in allen Bereich des Prozesses deutliche Einsparungen erzielt werden. Die damit einhergehende Umweltentlastung wird im nachfolgenden Kapitel näher beschrieben.

1.10 Umweltbilanz

Als Grundlage der nachfolgend aufgeführten Berechnungen der Umweltentlastungen wurde eine unserer Anlagen zur Veredelung von Glasflakons als Referenzanlage herangezogen und der innovativen und umweltschonenden Anlage verglichen. Da viele verschiedene Produkte mit unterschiedlichen Größen und Besprühungsdesigns gefertigt werden, wurde für die Vorher-/Nachher-Betrachtung ein langer Zeitraum von jeweils 24 Monaten für die Datenauswertung gewählt, um potenzielle Einflüsse durch ein besonderes Produktspektrum auszuschließen. Die Anlage veredelte im Jahr 2021/2022 ca. 44 Millionen Glasflakons bei 692 Auftragswechseln.

Umweltentlastung durch die Reduktion der Leerlaufphasen des Ofens auf ein Minimum.

Die bisher betriebene Anlage zur Veredelung der Glasflakons hat aufgrund der Mitarbeiterpausen sowie der langen Rüstzeiten durch die manuelle Einstellung der Sprühpistolen, einen erheblichen Energieverbrauch. Dieser resultiert hauptsächlich daraus, dass der Ofen zur Trocknung der frisch veredelten Glasflakons während dieser Zeit nicht heruntergefahren oder gedrosselt werden kann. Da wir an 350 Tagen im Jahr im 3-Schicht-Betrieb produzieren und pro Schicht jeweils eine halbe Stunde Pause eingelegt wird, ergeben sich innerhalb von 24 Stunden 1,5 Stunden in der der Trocknungsofen leer steht und Energie verbraucht. Dies hat zur Folge, dass sich der Trocknungsofen jährlich für ca. 525 Stunden in der Leerlaufphase befindet und unnötig Energie verbraucht wird. Durch die Investition in die automatische Bestückung der Glasflakons konnten die Leerlaufphasen der Anlage, bedingt durch die Mitarbeiterpausen, um 50 % verringert werden, da trotz Automatisierung für andere Aufgaben, wie die Maskierung der Glasflakons, teilweise Mitarbeiter zur Verfügung stehen müssen. Neben den Leerlaufphasen, bedingt durch die Mitarbeiterpausen, entstehen weitere Leerlaufphasen durch die Rüstzeit beim Auftragswechsel und dem damit verbundenen manuellen Einstellen der Sprühpistolen.

Umweltrelevanz durch die Investition in eine einzigartige Kombination von zwei unterschiedlichen Trocknungsöfen.

Durch den Einsatz des Kammerofens für das Einbrennen der Musterprodukte konnte der Erdgasverbrauch weiter reduziert werden. Durch das Investitionsvorhaben in die automatische Einstellung der Sprühpistolen sowie die energieeffizientere Trocknung der Flakons konnte so der thermische Energiebedarf erheblich reduziert werden. Die Auswertung aus dem Energiemanagementsystem zeigte, dass bei der genannten Produktionsmenge pro 1.000 Stück veredelten Flakons 116 kWh an Energie in Form von Erdgas verbraucht wird. Die Referenzanlage benötigt pro 1.000 Stück veredelte Flakons einen thermischen Energieverbrauch in Höhe von 136,5 kWh, wodurch 20,5 kWh pro 1.000 Stück veredelte Flakons eingespart werden kann.

Tabelle 2: Thermische Energieeinsparung durch Reduktion der Leerlaufphasen

Energieeinsparung thermisch

Energieeinsparung pro 1.000 Stück Flakons	20,5	kWh / 1.000 Stk
Jährliche Produktionsmenge	22.000.000	Stk
Jährliche Energieeinsparung	451.000	kWh/a
Jährliche CO ₂ -Einsparung (0,201 kg CO ₂ /kWh Erdgas ¹)	90.651	Kg CO ₂ /a

Umweltrelevanz durch die Steigerung der Produktivität

Die Produktivität der Anlage zur Veredelung der Glasflakons war bisher durch drei Faktoren begrenzt. Vor allem die langen Rüstzeiten beim Auftragswechsel führen zu erheblichen Stillstandzeiten, aber auch die Pausen der Mitarbeiter tragen dazu bei. Der bisher eingesetzte Ofen ist ein Engpass in unserer derzeitigen Produktion, da aufgrund der vergleichsweise hohen Wärmekonvektion die Glasflakons mit einer sehr niedrigen Geschwindigkeit durch den Ofen befördert werden müssen. Durch das geplante Investitionsvorhaben können wir diese Nachteile beheben und somit die Produktivität der Anlage um bis zu 20 % steigern. Durch die erstmalige Verfahrenskombination mit dem Infrarotsystem und dem gasbetriebenen Ofen können wir bei einem geringeren Energieverbrauch unsere Produktivität steigern, wodurch wir den spezifischen Energiebedarf pro veredeltem Glasflakon entsprechend reduzieren können. Dabei zeigte sich insbesondere ein positiver Effekt auf den Stromverbrauch. Trotz der weiteren Automatisierung reduziert sich der spezifische Stromverbrauch bei der Produktion der Flakons von 28,3 kWh/1.000 Stk auf 23,5 kWh/1.000 Stk und damit um 4,8 kWh/1.000 Stk. Die damit einhergehende jährliche Energie- -Einsparung kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden. Aufgrund des bereits erfolgten Einsatzes von CO₂-freiem Strom ergibt sich zwar ein reduzierter Energieverbrauch, aber keine Reduktion beim CO₂.

Tabelle 3: Energieeinsparung durch den verringerten Strombedarf.

Energieeinsparung elektrisch

Energieeinsparung pro 1.000 Stück Flakons	4,8	kWh /1.000 Stk
Jährliche Produktionsmenge	22.000.000	Stk
Jährliche Energieeinsparung	105.600	kWh/a
Jährliche CO ₂ -Einsparung (0,0 kg CO ₂ /kWh Strom ²)	0	Kg CO ₂ /a

Umweltrelevanz durch die deutliche Verringerung des Ausschusses

Neben dem hohen Energieverbrauch während dem Auftragswechsel, führt die manuelle Einstellung der Sprühpistolen auch dazu, dass große Mengen an Ausschuss anfallen. Bei dem Referenzverfahren beläuft

¹ CO₂-Äquivalent Erdgas: Informationsblatt CO₂-Faktoren Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft - Zuschuss

² CO₂-Äquivalent Strom aus: Informationsblatt CO₂-Faktoren Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft - Zuschuss

sich der Ausschuss auf 3,51 %. Dieser konnte durch das umgesetzte Vorhaben auf lediglich 1,86 % und damit um 1,65 % reduziert werden. Berücksichtigt man den für die Herstellung der Glasflakons benötigten Energiebedarf, so ergibt sich auch hier, eine weitere Umweltrelevanz. Heinz-Glas benötigt zur Herstellung eines Glasflakons ca. 0,56 kWh an Energie. Wodurch insgesamt die nachfolgenden Energieeinsparungen durch die Verringerung des Ausschusses einhergeht.

Energieeinsparung durch Verringerung des Ausschusses

Verringerter Ausschuss (1,65 %) bei 22 Mio. Flakons	363.000	Stk
Energiebedarf pro Stk	0,56	kWh
Jährliche Energieeinsparung	203.280	kWh/a
Jährliche CO ₂ -Einsparung (0,201 kg CO ₂ /kWh Erdgas ³)	40.859	Kg CO ₂ /a

Durch die Einsparung der 363.000 Glasflakons, die bisher als Ausschuss angefallen sind, können so weitere 203.280 kWh an Energie eingespart werden.

Umweltrelevanz durch die deutliche Verringerung des Ausschusses

Eine weitere Umweltentlastung, die mit der Investition in die automatische Einstellung der Sprüh pistolen einhergeht, ist die Reduzierung der benötigten Farbmenge für die Veredelung der Glasflakons. Diese wird einerseits durch die Reduzierung des Ausschusses, andererseits durch den genaueren und damit ressourcenschonenderen Farbauftrag durch die Automatisierung erreicht. Die Tatsache, dass wir durch die automatische Einstellung der Sprüh pistolen bei einem Auftragswechsel weniger Farbe benötigen und diese zielgerichteter auf die Glasflakons aufgebracht werden kann, ergeben sich weitere positive Umwelteffekte. Der genauere Farbauftrag führt dazu, dass weniger Farbe in die Filter der Abluftanlage gelangt, diese Filter müssen unter hohen Kosten als Sondermüll entsorgt werden und stellen unter umweltrelevanten Gesichtspunkten ein Problem dar. Zusätzlich kann aufgrund der verringerten Farbmenge der Luftwechsel und damit die Abluftleistung reduziert werden. Die Einsparungen des reduzierten Farbbedarfs konnten mittlerweile auch ermittelt werden.

Tabelle 4: Verringerung des Farbbedarfs

Verringerung des Farbbedarfs (Lack)

Einsparung des Farbbedarfs pro 1.000 Stk	350	g
Einsparung Farbbedarf bei 22 Mio. Stück	7.700	Kg

Wie die vorstehende Tabelle verdeutlicht, kann durch das Verfahren die Menge an Farbe pro Jahr bezogen auf 22 Mio. veredelte Flakons um 7.700 kg reduziert werden.

³ CO₂-Äquivalent Erdgas: Informationsblatt CO₂-Faktoren Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft - Zuschuss

Zusammenfassung

Die aufgeführten Einsparungen können einen signifikanten Beitrag zum Umweltschutz leisten. Insgesamt können wir jährlich durch unser Investitionsvorhaben, allein durch die Umrüstung einer unserer Anlagen zur Veredelung von Glasflakons, **759.880 kWh** an Energie einsparen, was einem CO₂-Ausstoß von über **153 Tonnen** entspricht.

Zusätzlich zu den Energieeinsparungen und den damit verbundenen positiven Umwelteffekten gehen weitere Einsparungen durch den verringerten Bedarf an Farbe bzw. Lacken einher. Zudem sehen wir einen wertvollen Beitrag zu einer nachhaltigen Produktion darin, monotone Arbeitsplätze abzuschaffen und ein arbeitnehmerfreundliches Produktionsumfeld zu schaffen. Die bisher an der Maschine eingesetzten Mitarbeiter können anschließend für abwechslungsreichere Arbeiten eingesetzt werden, was eine erhebliche Entlastung aus arbeitstechnischer Sicht für die einzelnen Personen darstellt.

1.11 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Mit Blick auf die Realisierung der Multiplikatoreffekte ist es von entscheidender Bedeutung, dass das Investitionsvorhaben gegenüber dem Stand der Technik nicht nur unter ökologischen, sondern auch unter ökonomischen Gesichtspunkten vorteilhaft ist.

In der folgenden Tabelle ist ergänzend hierzu eine ökonomische Quantifizierung der relevanten jährlichen Einsparungen sowie die mit dem Vorhaben verbundene Amortisationszeit dargestellt.

Tabelle 5: Amortisationszeit auf Basis der dargestellten Ressourceneinsparungen

Amortisationsrechnung		
Automation	310.000	EUR
Sprühtechnik	238.050	EUR
Infrarot-Kammerofen	16.500	EUR
Summe Investitionen:	564.550	EUR
Nutzungsdauer der Anlage	7	Jahre
Zinssatz	4	%
Jährliche Zinskosten	22.582	EUR
Anlaufkosten Maschine und Personal (Umgelegt auf Nutzungsdauer)	10.000	EUR
Einsparung Einstellzeit	133.595	EUR
Einsparung MA-Pausen	38.500	EUR
Einsparung Energie	63.830	EUR
Einsparung Rohglas	17.076	EUR
Summe Einsparungen	253.001	EUR
Summe Einsparungen (inkl. Zins- und Anlaufkosten)	220.419	EUR
Amortisationszeit	2,56	Jahre

Die Amortisationszeit des Vorhabens beträgt 2,56 Jahre, was aus der vorstehenden Tabelle hervorgeht. Durch den Investitionszuschuss aus dem Umweltinnovationsprogramm reduziert sich die Amortisationszeit nochmals auf 1,67 Jahre. An dieser Stelle gilt es anzumerken, dass der gewährte UIP-Zuschuss insbesondere mit Blick auf die technischen Risiken einer erstmaligen großtechnischen Realisierung für das Unternehmen von entscheidender Bedeutung war.

1.12 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Wie bereits im Kapitel 1.2 beschrieben, ist das konventionelle Verfahren zur Veredelung von Glasflakons sehr manuell geprägt. Die Bestückung der Anlage wird händisch durchgeführt, da es für das Aufbringen der Flakons auf die rotierenden Stützen bislang keine Automation gab. Des Weiteren war die Einstellung der Sprühpistolen nach einem Chargenwechsel bislang nur mit maximal vier Pistolen möglich, sodass die Chargenwechsel sehr umfangreich und mit einem hohen Zeitaufwand durchgeführt werden mussten. Durch die damit verbundenen langen Leerlaufphasen des Ofens führte dies in der Vergangenheit zu einem sehr hohen Energieverbrauch. Nachdem Farbauftrag erfolgt die Trocknung beim Stand der Technik mittels gasbetriebenen Durchlauföfen. Dieser besitzt insgesamt einen schlechten Wirkungsgrad und einem entsprechend hohen Gasverbrauch.

Durch die erstmalige automatisierte Bestückung der Rotationsstützen mit Flakons in Verbindung mit der automatisierten Einstellung der Sprühpistolen grenzt sich das Vorhaben deutlich von konventionellen Anlagen zur Veredelung von Flakons ab. Der Einsatz einer innovativen Kombination aus Infraroterwärmung und gasbetriebenen Ofen stellt ebenfalls eine deutliche Abgrenzung zu konventionellen Trocknungsverfahren in dieser Branche dar.

Übertragbarkeit

1.13 Erfahrung aus der Praxiseinführung

Wie bereits beschrieben hat sich das Projekt aufgrund der schwierigen Marktlage während der Coronapandemie und den damit verbundenen wirtschaftlichen Einschränkungen verzögert. Als besonders wichtig hat sich bei der Automatisierung herausgestellt, den richtigen Partner mit dem richtigen Konzept zu finden. Besonders eine Automatisierung ist nur dann wirtschaftlich sinnvoll zu betreiben und führt nur dann zu nachhaltigen Ergebnissen, wenn sie prozesssicher und störungsfrei funktioniert. Das konnte mit der installierten Roboter-Anlage erreicht werden, was sich u.a. im reduzierten Ausschuss und den niedrigen Stillstandszeiten der Anlage widerspiegelt.

Bei der Verbesserung der Sprühtechnik wurde neben einem kompetenten Partner vor allem der Input der Mitarbeiter an der Anlage berücksichtigt. Erfahrene Maschinenbediener wurden von Anfang an in die Konzeptionierung der neuen Sprühtechnik einbezogen, sodass sowohl der Aufbau der Anlage als auch vor allem die Bedienung genau den Anforderungen an unsere Prozesse entspricht. Dabei hat sich gezeigt, dass eine vielleicht technisch gar nicht so anspruchsvolle, aber sehr zielführend ausgelegte Technik wie die eingesetzten Lineareinheiten mit überschaubarem wirtschaftlichen Aufwand einen sehr guten Effekt erzielen. Gleichzeitig konnte eine sehr gute Akzeptanz der neuen Technik durch die Mitarbeiter an der Anlage erreicht werden- Trotz aller Technik haben die Mitarbeiter immer noch einen hohen Einfluss auf die Effizienz einer Fertigung, ihr Mitwirken führt erst in Kombination mit der angebotenen Technik zu sehr guten Ergebnissen.

Bei der Trocknungstechnologie hat sich gezeigt, dass theoretische Aussagen zwar wichtig sind, diese aber besonders bei speziellen Prozessen in der realen Umgebung verifiziert werden müssen. Als Anbieter von besonderen Produkten und Lösungen sind wir immer wieder gefordert, bei Anlagentechnik und -technologien genau zu prüfen, was in unseren Anlagen wirklich zu positiven Effekten führt. Im Rahmen des Projektmanagements war es dazu wichtig, klare Meilensteine zur Entscheidung des weiteren Vorgehens zu haben und bei Bedarf auch die ursprünglichen Ideen und Planungen zu hinterfragen.

Am Ende hat die Kombination der eingesetzten Technologien einen entscheidenden Fortschritt gebracht. Neue Technologie lässt sich nur dann gewinnbringend einsetzen, wenn sie auf den jeweiligen Anwendungsfall hin ausgelegt ist und von den beteiligten Mitarbeitern beherrscht wird, so dass darauf basierend eine

stabile Produktion auf höherem Niveau erfolgen kann. Zusammen mit einer entsprechenden Schulungsinitiative für neue Technologien wie Roboter haben wir auch dank der Projektunterstützung einen echten Fortschritt durch die oben beschriebenen Maßnahmen erreichen können.

Die in der Projektlaufzeit erheblich gestiegenen Energiekosten verdeutlichen nochmals die Notwendigkeit derartiger Maßnahmen. Die erfolgten Investitionen konnten neben den sehr wichtigen Umwelteffekten einen entscheidenden Beitrag zum Erhalt der Wirtschaftlichkeit der Besprühung am Standort Deutschland mit den aktuellen Energiekosten leisten!

1.14 Modellcharakter und Übertragbarkeit

Durch die Einführung von drei neuartigen und innovativen Prozessen und der Verkettung entsteht eine einzigartige Anlage. Die drei wesentlichen Innovationen im Überblick:

- Eine **automatisierte Bestückung der Förderketten** unserer Anlagen stellt aufgrund des breiten Produktspektrums und der vielfältigen Verpackung unserer Produkte eine große Herausforderung dar. Dabei ist vor allem eine hohe Einsetzbarkeit für das Produktspektrum und damit eine hohe Nutzungsdauer im täglichen Betrieb entscheidend. In Zusammenarbeit mit der Firma Mischer ist es uns erstmalig gelungen, eine prozessstabile automatisierte Bestückung vorzunehmen.
- Eine **automatisierte Einstellung der Sprühpistolen** ist nach unserer Kenntnis ebenfalls eine absolute Neuheit in unserer Branche. Bisher war es lediglich möglich, über Roboter bis zu vier Sprühpistolen an einer Veredelungsanlage anzubringen und zu koordinieren. Durch unser innovatives Gestell, auf welchem die Sprühpistolen mit entsprechenden Aktoren angebracht und gleichzeitig über eine intelligente Steuerung integriert werden, können wir erstmalig bis zu 12 Sprühpistolen automatisiert reproduzierbar einstellen.
- Die **innovative Kombination aus Infraroterwärmung für das Einbrennen der Musterprodukte und gasbetriebenen Ofen** muss ebenfalls als klare Innovation für unsere Branche angesehen werden. Durch das vom Durchlaufofen der Produktionsanlage separierte Einbrennen der Musterflaschen in einem Infrarot-Kammerofen kann die Produktionsleistung bei gleicher Qualität erheblich gesteigert werden.

Multiplikatoreffekte

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass wir mit allen drei Neuerungen einen enormen technologischen Sprung machen. Wie bereits oben dargestellt, ist uns kein Wettbewerber oder Anlagenhersteller bekannt, der eine vergleichbare Anlage nutzt. Gerade vor dem Hintergrund, dass wir ausschließlich mit wasserbasierten Farben veredeln, ist die Weiterentwicklung unserer Veredelung ein weiterer Schritt, die Nachteile gegenüber lösemittelbasierten Farben auszugleichen. So könnte bei erfolgreichem Verlauf des Projekts demonstriert werden, dass wasserbasierte Farben in einem energieeffizienten und produktiven Verfahren verarbeitet und somit umfangreiche Umwelteffekte erzielt werden können. Das Investitionsvorhaben

kann unseren Konkurrenzunternehmen als Anreiz dienen, zukünftig auf den Einsatz von lösemittelbasierten Farben zu verzichten und auf umweltfreundliche wasserbasierte Farben umzurüsten.

Die beschriebene Technologie kann neben der Veredelung von Glasflakons auch für weitere Bereiche eingesetzt werden. So könnten sämtliche Glas-, aber auch Kunststoff- und Keramikprodukte, die in großen Stückzahlen hergestellt werden, mittels diesem Verfahren kostengünstig und nachhaltig veredelt werden. Als Beispiele seien Flaschen für die Getränkeindustrie oder Glasvasen im Bereich der Dekoration zu nennen. Neben einer Adaption der gesamten Anlage kann bereits die Übertragung der einzelnen Teilprozesse zu erheblichen Umweltsparungen führen. Zum Beispiel könnte in allen Bereichen, in welchen der Einsatz von Infrarotsystemen aufgrund der eingeschränkten Steuerbarkeit bisher nicht in Frage kommt, unsere Kombination mit einem gasbetriebenen Ofen eine sinnvolle und umweltschonende Alternative darstellen. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass wir zukünftig sämtliche Anlagen mit dieser Technologie ausrüsten, was den Umwelteffekt nochmals deutlich erhöhen würde. Zusätzlich sind wir auf zukünftige Marktanforderungen nach erhöhter Flexibilität und kleineren Losgrößen von technischer Seite vorbereitet.

Aktivitäten zur Öffentlichkeitsarbeit

Neben der Veröffentlichung des Projektes auf der Internetseite des Umweltinnovationsprogramms wurde bislang keine weitere Öffentlichkeitsarbeit geleistet.

Zusammenfassung/Summary

Im Rahmen des Investitionsvorhabens wurde in ein innovatives Veredelungssystem (Farbauftrag) von Glasflakons investiert, welches hinsichtlich der Energieeffizienz sowie der Umweltrelevanz neue Maßstäbe in dieser Branche setzt. Dabei besteht das Investitionsvorhaben aus drei innovativen Technologien, welche in dieser Kombination und in dieser Branche erstmalig in Deutschland zum Einsatz kam. Die erste Innovation besteht in einer automatischen Bestückung der Besprühungsanlage mit Glasflakons. Dies wird durch den Einsatz eines umfangreichen Kamerasystems in Kombination mit einem Roboter erreicht. Die automatische Bestückung der Anlage führt zu einer maximalen Prozesssicherheit und darüber hinaus werden monotone Arbeiten der Mitarbeiter deutlich reduziert.

Die zweite Technologie ist eine automatische Einstellung der Sprühpistolen, die eine enorme Reduzierung der Rüst- und Einstellzeiten ermöglicht. Die Reduzierung führt dazu, dass die Leerlaufzeiten des Ofens zur Trocknung der Glasflakons erheblich reduziert und dadurch Energie eingespart werden kann. Des Weiteren kann durch die automatische Einstellung der Sprühpistolen der jährliche Ausschuss an Glasflakons und die benötigte Farbmenge für deren Veredelung, bedingt durch die bisherige manuelle Einstellung, deutlich reduziert und damit ein aktiver Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden.

Die dritte Innovation ist die Kombination verschiedener Heiztechnologien zur Trocknung der veredelten Glasflakons. Durch den Einsatz sowie der Verkettung dieser Technologien zu einem Gesamtprozess kann bei reduziertem Energieeinsatz die Ausbringungsmenge der Anlage um bis zu 20 % gesteigert werden, was

zu einer Energieeinsparung von bis zu 12 % sowie einer Reduktion der jährlichen CO₂-Emission um 153 Tonnen führt.

Zwar war die Umsetzung des Vorhabens bedingt durch die Coronapandemie und den damit verbundenen Einschränkungen mit einer zeitlichen Verzögerung verbunden, doch konnte eindrucksvoll gezeigt werden, dass durch den hohen Automatisierungsgrad und die beschriebene Trocknungstechnologie die Effizienz der Veredelung der Glasflakons deutlich erhöht und entsprechend hohe Energie- und Ressourceneinsparungen erzielt werden können.