

BMUV-UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Abschlussbericht

zum Vorhaben

*Anlage zur ressourcensparenden Verfahrenskombination in der Verpackungsveredelung
mit Demonstrationscharakter in Deutschland und der EU*

NKa3 - 003733

Zuwendungsempfänger/-in

Röser GdB

Umweltbereich

Abfall, Ressourcen, Klimaschutz, Luft

Laufzeit des Vorhabens

06.01.2023 – 30.09.2023

Autor/-en

Frank Hammerschmidt

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

Datum der Erstellung

29.02.2024

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen UBA: 90 030/191	Projekt-Nr.: 3733
Titel des Vorhabens: Anlage zur ressourcensparenden Verfahrenskombination in der Verpackungsveredelung mit Demonstrationscharakter in Deutschland und der EU	
Autor/-en (Name, Vorname): Hammerschmidt, Frank	Vorhabenbeginn: 06.01.2023
	Vorhabenende (Abschlussdatum): 30.09.2023
Zuwendungsempfänger/-in (Name, Anschrift): Röser GdB Christian-Müller-Str. 25 96355 Tettau	Veröffentlichungsdatum: 29.02.2024
	Seitenzahl: 26
Gefördert im BMUV-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz	
Kurzfassung (max. 1.500 Zeichen): Im Vorhaben wurde erstmalig in Deutschland und der EU eine hochintegrierte Universal-Siebdruckmaschine für die Verpackungsveredelung installiert. Mit der Anlage wird es möglich sein, bisher getrennte Veredelungstechnologien (UV-Siebdruck, Heißfolienprägung, Lasern) innerhalb derselben Anlage zu kombinieren. Gleichzeitig ermöglicht diese Anlage die Substitution fossilen Erdgases und eine drastische Stromeinsparung für die Veredelung von Glasverpackungen. Dies wird möglich durch den Umstieg auf ressourcenschonende UV-LED Trocknung, wobei der Einsatz von UV-LED Farben bereits als Teil der Innovation zu sehen ist. Eine weitere Innovation besteht in der Möglichkeit der Individualisierung bis zur Losgröße 1 mit Hilfe des integrierten Lasers. Damit ergeben sich neue Dienstleistungen und Geschäftsmodelle, von der Rückverfolgbarkeit der Produkte über die Überwachung der (nachhaltigen) Supply Chain bis hin zur Darstellung der CO2-Bilanz einzelner Artikel. Weiterhin wird durch die Verfahrenskombination sowie neuartige, integrierte Module im Vergleich zu Einzelanlagen sowohl deutlich weniger Strom verbraucht als auch eine Steigerung der Materialeffizienz (weniger Verschnitt, Ausschuss) ermöglicht. Die Umweltwirkungen lassen sich wie folgt zusammenfassen: Substitution von Erdgas, Senkung des Stromverbrauchs, Reduzierung von CO2 Emissionen, Eliminierung von Ozon Emissionen, Verringerung des Materialverbrauchs.	

Schlagwörter: Verpackungsveredelung, Dekoration, Siebdruck, Heißfolienprägung	
Anzahl der gelieferten Berichte Papierform: Elektronischer Datenträger:	Sonstige Medien: Veröffentlichung im Internet geplant auf der Webseite: www.roeser-decoration.com

Report Coversheet

Reference-No. Federal Environment Agency:	Project–No.: NKa3 - 003733
Report Title: Demonstration project in Germany and EU for a resource-saving combination of technologies in the packaging decoration process	
Author/Authors (Family Name, First Name): Hammerschmidt, Frank	Start of project: 06 Jan. 2023
	End of project: 30 Sept. 2023
Performing Organisation (Name, Address): Röser GdbR Christian-Müller-Str. 25 96355 Tettau, Germany	Publication Date: 29 Feb. 2024
	No. of Pages: 26
Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection	
Summary (max. 1.500 characters): In the project, a highly integrated universal screen printing machine for packaging decoration was installed for the first time in Germany and the EU. The system will make it possible to combine previously separate decoration technologies (UV screen printing, hot foil stamping, lasering) within the same system. At the same time, this system enables the substitution of fossil natural gas and drastic electricity savings for the decoration of glass packaging. This is made possible by switching to resource-saving UV-LED drying, whereby the use of UV-LED colors can already be seen as part of the innovation. Another innovation is the possibility of individualization down to batch size 1 using the integrated laser. This results in new services and business models, from the traceability of products to monitoring the (sustainable) supply chain to the visualization of the CO2 balance of individual items. Furthermore, the combination of processes together with new, integrated modules means that significantly less electricity is consumed compared to individual systems and an increase in material efficiency (less waste, rejects) is made possible. The environmental impacts can be summarized as follows: substitution of natural gas, reduction of electricity consumption, reduction of CO2 emissions, elimination of ozone emissions, reduction of material consumption.	

Keywords:

Packaging decoration, screen printing, hot stamping

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	6
1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner.....	6
1.2. Ausgangssituation	6
2. Vorhabenumsetzung.....	6
2.1. Ziel des Vorhabens.....	6
2.2. Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)	7
2.3. Umsetzung des Vorhabens	8
2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)	9
2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten	9
3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung.....	12
3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung	12
3.2. Stoff- und Energiebilanz.....	13
3.3. Umweltbilanz	15
3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse	16
3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren	17
4. Übertragbarkeit	18
4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung	18
4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts).....	18
4.3. Kommunikation der Projektergebnisse	18
5. Zusammenfassung/ Summary	19
6. Literatur	24
7. Anhang	24

1. Einleitung

1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner

Das Unternehmen Röser ist als Lohnveredeler in der hochwertigen Dekoration von Glas- und Kunststoffverpackungen tätig und sieht sich als Technologieführer in diesem Bereich. Am Standort in Kleintettau werden zahlreiche Technologien wie Siebdruck, Tampondruck, Heißfolienprägung und Laserveredelung angewendet und ständig weiterentwickelt. Um den Kunden maximalen Nutzen zu bieten, steht Röser auch für ‚Complete Decoration‘ und begleitet seine Kunden von der Produktidee über das Design bis zur fertigen Verpackung.

Durch die geographische Nähe zu und die historisch gewachsene, enge Zusammenarbeit mit Glashütten ist die Lohndekoration zum Teil integraler Bestandteil der Prozesskette der Glasproduktion und ebenfalls sehr energieintensiv.

Als Technologieführer ist eine konsequente Ausrichtung auf Innovation erforderlich und somit soll auch mit der geplanten Investition der Grundstein für neue, innovative, ressourcenschonende Produkte und Prozesse gesetzt werden.

1.2. Ausgangssituation

Vor dem Hintergrund der seit Jahren massiv steigenden Energie- und Materialkosten sowie der Anstrengungen im Bereich Nachhaltigkeit (intern fortgeführtes Energiemanagementsystem auf Basis ISO 50001; Teilnahme am unabhängigen Nachhaltigkeitsrating von EcoVadis: „Silber-Status“) ist Röser bestrebt, in zunehmendem Maße fossile Brennstoffe zu substituieren und den Ressourcenverbrauch zu minimieren.

Der Einsatz dieser neuartigen Anlage ermöglicht es, mehrere der genannten Aspekte gleichzeitig zu optimieren. Für die betrachteten Produktgruppen wird es möglich sein, Erdgas komplett zu substituieren sowie den Verbrauch von Strom und Material deutlich zu reduzieren.

2. Vorhabenumsetzung

2.1. Ziel des Vorhabens

Mit dem Förder- und Investitionsprojekt sollen die folgenden Umweltschutzwirkungen bei gleichzeitiger Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit erreicht werden:

1. Substitution des Erdgas betriebenen keramischen Einbrennofens für das betrachtete Produktspektrum durch UV Technologie. → Einsparung Erdgas, CO₂.

2. Substitution von zwei elektrisch betriebenen keramischen Einbrennöfen für das betrachtete Produktspektrum durch UV Technologie. → Einsparung Strom, CO₂.

3. Substitution von energieintensivem, Ozon emittierendem konventionellen UV Siebdruck durch umwelt- und ressourcenschonenden UV-LED Siebdruck für das betrachtete Produktspektrum.

→ Einsparung Strom, CO₂, Reduzierung Ozon.

4. Substitution von mehreren Einzelanlagen durch eine integrierte Anlage. → Einsparung Strom, CO₂, Reduzierung Ozon, Senkung Material-/Ressourcenverbrauch.

Nach Umsetzung des möglichen Investitionsprojekts ist beabsichtigt, folgende Einsparungen zu realisieren:

- 330 MWh/a Strom entsprechend 138,7 to CO₂/a
- 189 MWh/a Erdgas entsprechend 37,8 to CO₂/a
- 6,5 Mio. m³/a Ozonhaltige Abluft
- 37.500 kg/a Glas
- 1.875 kg/a Kunststoff

2.2. Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

Um die unter 2.1. genannten Umweltschutzziele erreichen zu können, soll eine hochintegrierte Universal-Siebdruckmaschine eingesetzt werden, wie sie weder in Deutschland noch in der EU bisher installiert wurde.

Die Anlage vereint die besten am Markt verfügbaren technologischen Möglichkeiten und kann daher alle geforderten Eigenschaften und Umweltschutzziele erfüllen. Sie basiert auf einem Rundteller mit 18 Aufnahmestationen. Diese können beliebig ausgestattet und kombiniert werden. Im vorliegenden Fall bei Röser sollen drei UV-LED Siebdruck Stationen eingesetzt werden, die den überwiegenden Teil des konventionellen UV Siebdrucks bzw. des keramischen Siebdrucks mit Einbrennofen ersetzen sollen. Weiterhin werden zwei Siebdruckstationen für konventionellen UV Siebdruck für eine Übergangsphase betrieben bis alle Artikel im betrachteten Produktspektrum auf UV-LED umgestellt werden können (u.a. Freigaben des Kunden). Die verbleibenden Stationen werden mit UV-LED Trockenlampen, konventionellen UV Trockenlampen, Heißfolienprägestation, optische Inspektion, Eingabe-/ Ausgabestation, Vorbehandlungsstation ausgestattet.

Konkret führen folgende Maßnahmen zu den entsprechenden Projekt- und Umweltschutzzielen:

1. Umstellung von keramischen Farben auf UV-LED Farben, die mit energiesparenden LEDs getrocknet werden können, anstelle von Erdgas oder Strom betriebenen Einbrennöfen.

2. Umstellung von konventionellen UV-Farben auf UV-LED Farben, die mit energiesparenden LEDs getrocknet werden können, anstelle von energetisch aufwendigen, konventionellen UV-

Strahlern. Der Umstieg auf UV-LED reduziert zugleich die Ozon-Emissionen um 100% im Vergleich zu konventionellem UV.

3. Verfahrensintegration unterschiedlicher Technologien innerhalb derselben Anlage, die deutlich ressourceneffizienter betrieben werden kann, anstelle von separaten Anlagen. Dadurch werden Strom- und Materialverbrauch deutlich reduziert (Mehrfachhandling, Anfahrausschuss, redundante Aggregate, Stand-by Zeiten).

Die Innovation und der Modellcharakter der Veredelungsanlage bestehen aus folgenden Elementen:

1. Substitution keramischen Siebdrucks durch UV-LED Siebdruck.
2. Serieneinsatz der UV-LED Technologie.
3. Verfahrensintegration von UV-LED Siebdruck, Heißfolienprägung und Lasern in einer kompakten Anlage.
4. Individualisierung und Ermöglichung von Losgröße 1 (z. B. Druck fortlaufender QR-Codes).
5. Umfassende Umweltschutzwirkungen im Zusammenhang mit der UV-LED Technologie (wie beschrieben).

Die Technologie und auch die Anlage können prinzipiell bei allen Mitbewerbern der Branche eingesetzt werden. Die Hürden für eine Investition sind jedoch sehr hoch. So erfordern der Einsatz von UV-LED Siebdrucktechnologie sowie die Bedienung der hochintegrierten Anlage umfassendes Know-how und langjährige Erfahrung der beteiligten Produktionsmitarbeiter. Weiterhin ist die Anlage sehr kapitalintensiv und somit außerhalb des Betrachtungsrahmens vieler kleiner Marktteilnehmer.

Außerhalb der von Röser bedienten Branchen Getränke-, Kosmetik-, Parfüm- und Medizinverpackungen kann solch eine Anlage ebenfalls eingesetzt werden, sofern das Produktspektrum zu den technologischen Parametern der Anlage passt (Basismaterialien Glas, Kunststoff, ggf. Metall; Geometrien; Veredelungsanforderungen).

Bzgl. Anlagentechnologie wird die Markterschließung durch den Anlagenhersteller sukzessive erfolgen. Darüber hinaus wird Röser zusätzlich zu dem aktuell angestrebten Produktspektrum für die innovative Anlage, weitere und neue Kunden sowie Märkte erschließen.

2.3. Umsetzung des Vorhabens

Das Projektmanagement des Vorhabens folgte dem in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellten Projektplan.

Teilvorhaben	Zeitlicher Ablauf								
	Jan 23	Feb 23	Mär 23	Apr 23	Mai 23	Jun 23	Jul 23	Aug 23	Sep 23
Projektstart, Bestellung Hauptanlage beim Lieferanten	◆								
Bestellung Anbauten (Roboter, Inspektion)		◆							
Vorbereitung des Gebäudes (Bodensanierung, Strom, Gas, Absaugung)									
Installation der Anlage (Einbringen in Gebäude, Aufbauen, Anschließen)									
Aufbau, Anschließen Anbauten (Roboter, Inspektion), Werkzeuge, Arbeitsplätze									
Abnahme und Inbetriebnahme									
Projektende									◆

Abbildung 1: Projektplan.

Zu Beginn des Projekts stand die Bestellung der Hauptanlage und aller Anlagenkomponenten, um einen Projektabschluss innerhalb der definierten Laufzeit realisieren zu können. Parallel zur Lieferzeit wurde am geplanten Aufstellort das Gebäude für die Anlageninstallation vorbereitet. Neben der regulären Medienversorgung für Strom, Druckluft und Gas sowie einer Absaugung, war insbesondere der Boden zu sanieren und die Tragfähigkeit herzustellen.

Mit sukzessiver Lieferung der Hauptanlage und Anlagenkomponenten wurde die Maschine in das Gebäude eingebracht, aufgestellt, montiert und schrittweise in Betrieb genommen.

Nach der Abnahme- und Inbetriebnahmephase konnte das Projekt erfolgreich abgeschlossen werden.

2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Für das Vorhaben waren keine besonderen behördlichen Anforderungen oder Genehmigungsverfahren zu beachten, die über die üblichen Anforderungen (z. B. Arbeitsschutz) hinausgehen.

2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Zum Zwecke der Erfolgskontrolle wurden die folgenden Betriebsdaten erfasst und ausgewertet:

1. **Stromverbrauch**

Durch die vollständige Umstellung auf UV-Siebdruck an Stelle von keramischem Siebdruck konnten im ersten Schritt die früher eingesetzten Einbrennöfen (2x Strom, 1x Gas – siehe 2. Gasverbrauch) durch UV-Trocknung ersetzt werden und somit die Hauptenergieverbraucher des betrachteten Artikelspektrums eliminiert werden.

Zur weiteren Erfassung des Stromverbrauchs der Anlage wurde ein elektronisches Netzmessgerät vom Typ KBR Multimes F96 (F96-2-TFT-ET-2RO1DO-US1 - <https://www.kbr.de/en/product/multimes-f96-tft>) in die Anlage integriert.

Das Messgerät erfasst fortlaufend und dauerhaft den Lastgang der Maschine im 15min Intervall.

Um aussagefähige Messwerte zu erhalten, wurden die Messdaten des Referenzzeitraums 01.12.2023-16.02.2024 ausgewertet.

Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen den Lastgang der Anlage im Referenzzeitraum. Unter Auswertung des P+ Lastgangs, der während der laufenden Produktion einen mittleren Stromverbrauch von höchstens ca. 2,5 kWh/15min zeigt, errechnet sich eine Leistungsaufnahme von maximal ca. 10kW.

Da die Gesamtanlage eine Anschlussleistung von 70kW hat, zeigt sich, dass hier ein äußerst verbrauchsarmer Betrieb möglich ist, insbesondere im Vergleich zur Produktion auf Einzelanlagen.



Abbildung 2: Lastgang Januar 2024 (15min Intervall).



Abbildung 3: Lastgang Februar 2024 (15min Intervall).

2. Erdgasverbrauch

Der gasbeheizte Einbrennofen wurde, wie auch die Elektroöfen, im Projekt planmäßig und vollständig substituiert für das betrachtete Artikelspektrum. Der Erdgasverbrauch konnte entsprechend drastisch reduziert werden. Lediglich die Vorbehandlung der Artikel (Oberflächenaktivierung durch Beflammung) benötigt weiterhin Erdgas.

3. Materialeinsparung

Materialeinsparungen im Rahmen dieses Projekts entstehen im Wesentlichen durch eine signifikante Ausschussreduzierung der integrierten Anlage im Vergleich zum Produktionsprozess über Einzelanlagen.

Ausschuss bei Glas und Kunststoff wird durch entsprechende Mengenzählung im Rahmen der regulären Produktionsdatenerfassung ermittelt. Diese erfolgte zunächst manuell durch digitale Aufschreibung, konnte nach Abschluss des Projekts jedoch durch ein parallellaufendes MDE-Projekt automatisiert werden.

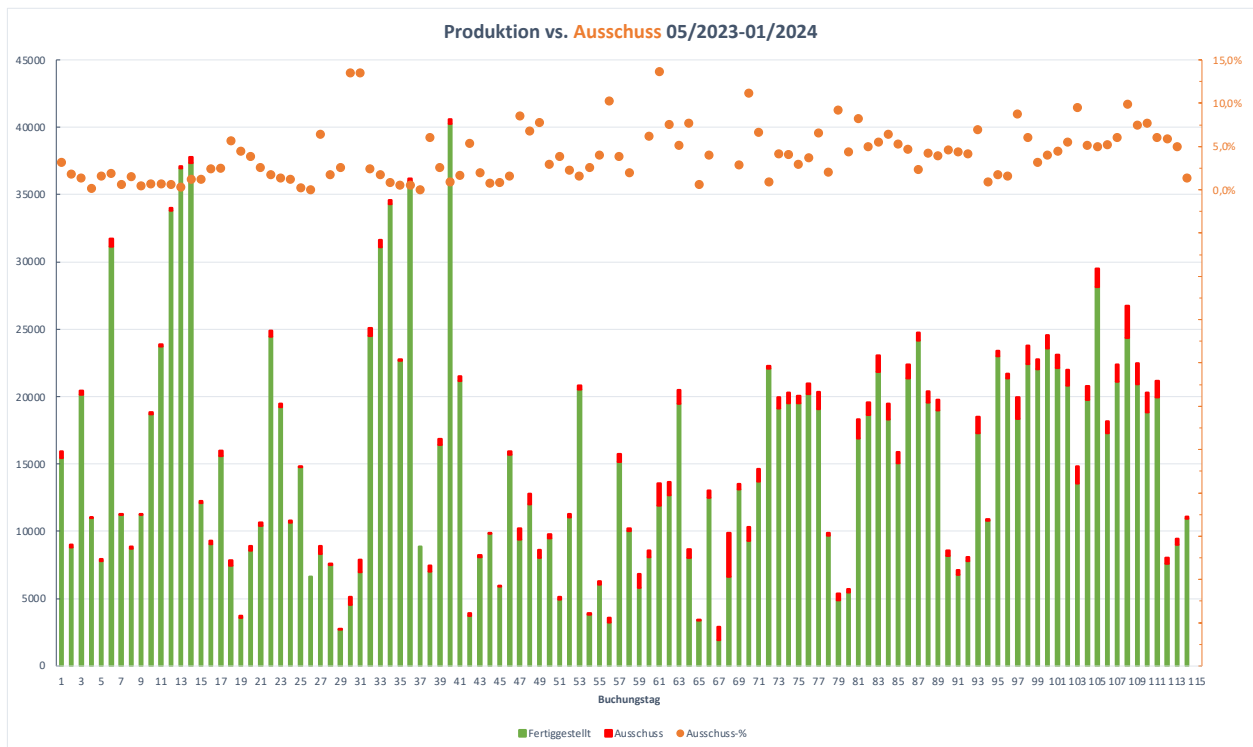


Abbildung 4: Produktion vs. Ausschuss an der neuen Anlage.

Abbildung 4 zeigt die während der Projektlaufzeit produzierten Stückzahlen und Ausschussmengen an der neuen Anlage. Wie ersichtlich (Punktdiagramm) liegt der Ausschuss durchschnittlich deutlich unter 5%.

In der Vergangenheit, bei Verwendung mehrerer Einzelanlagen, wurden gewöhnlich Ausschussraten von 10% generiert, mitunter bis zu 15% bei komplexen Drucklayouts.

Daraus ergibt sich eine Ausschussreduzierung um mindestens 50% auf der neuen, integrierten Anlage im Vergleich zu konventionellen Anlagenkombinationen.

4. Ozonhaltige Abluft

Die Ozonhaltige Abluft wurde einmalig durch einen externen Dienstleister (Fraunhofer) gemessen. Dazu wurden die Ozonkonzentrationen einer Siebdruckmaschine mit

Niederdruckdampflampen (konventionelle Trocknung) verglichen mit der neuen Anlage, die i.W. UV-LEDs als Trocknungstechnologie einsetzen wird.

Die Messungen wurden im laufenden Betrieb vorgenommen.

Abbildung 5 und Abbildung 6 zeigen die entsprechenden Messergebnisse. Der Betrieb mit UV-LEDs zeigt, wie erwartet, keine Ozonemissionen, die signifikant über dem Ozongehalt der Umgebungsluft liegen. Im Vergleich dazu wurde bei der durchgeführten Messung an der konventionellen Anlage eine Überhöhung von 50% des Ozongehalts der Umgebungsluft ermittelt. Diese Ozonkonzentration ist gemäß Fraunhofer dennoch auf niedrigem Niveau.

Luftvolumenstrom [l/h]	54,17
Ozongehalt	
Umgebung [ppb]	16,18
Absaugung nach Gebläse [ppb]	25,01
Absaugung vor Gebläse [ppb]	25,81
Absaugung Einzellampe [ppb]	22,02
Mittelwert [ppb]	24,28 ± 1,99
Abweichung zur Umgebung	+50,06%

Abbildung 5: Messergebnisse Siebdruckmaschine mit Niederdruckdampflampen. [Fraunhofer]

Luftvolumenstrom [l/h]	55,20
Ozongehalt	
Umgebung [ppb]	15,80
Am LED-Modul [ppb]	15,69
Abweichung zur Umgebung	-0,01%

Abbildung 6: Messergebnisse Siebdruckmaschine mit UV-LEDs. [Fraunhofer]

3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung

Das Vorhaben konnte gemäß Zielsetzungen und Projektplan erfolgreich umgesetzt werden. Es traten keine nennenswerten Schwierigkeiten auf.

Ursprünglich war geplant, vor allem auch einen Großauftrag eines Referenzkunden auf der Anlage zu produzieren. Dieser wurde jedoch kundenseitig komplett storniert (kundeninterne Gründe), so dass auf alternative Aufträge zurückgegriffen wurde. Der Wechsel war technisch und organisatorisch ohne Probleme möglich.

Lohnveredler müssen generell sehr flexibel auf Kundenaufträge reagieren können und haben kein Standardartikelspektrum.

3.2. Stoff- und Energiebilanz

Die Stoff- und Energiebilanzen des betrachteten Systems sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

Es ist zunächst deutlich ersichtlich, dass sich der Prozess - und damit die Stoff- und Energieströme - stark vereinfacht hat (vgl. Abbildung 7 mit Abbildung 8). Insbesondere fallen bei der integrierten Anlage, die rein auf UV-Technologie basiert, die für den vorher keramischen Siebdruck benötigten Einbrennöfen weg. Weiterhin sind keine mehrfachen Prozessschritte für die Verfahrenskombination Siebdruck/Heißfolienprägung mehr nötig. Diese können nun in einem Durchlauf in derselben Anlage durchgeführt werden.

Aufteilung Artikelspektrum		Prozess alt						
30%	3.750.000 Artikel/a	Siebdruck keramisch	33%	1.250.000 Artikel/a	Elektroofen 1	382 MWh/a total 2500 Artikel/h Kapa 127 MWh/a anteilig	Strom	
			33%	1.250.000 Artikel/a	Elektroofen 2	453 MWh/a total 2500 Artikel/h Kapa 151 MWh/a anteilig	Strom	
			33%	1.250.000 Artikel/a	Gasofen	567 MWh/a total 2500 Artikel/h Kapa 189 MWh/a anteilig	Erdgas	
			Gesamtverbrauch Öfen		278 MWh/a Strom 189 MWh/a Erdgas			
50%	6.250.000 Artikel/a	Siebdruck UV konventionell 6,25 kW/Strahler 2 # Durchläufe 1 #UV Strahler 2500 Artikel/h 31,3 MWh/a UV	Heißfolienprägung	Siebdruck UV konventionell 6,25 kW/Strahler 2 # Durchläufe 1 #UV Strahler 2500 Artikel/h 31,3 MWh/a UV	3.250.000 m3/a	Ozonh. Abluft	3.250.000 m3/a	Ozonh. Abluft
					Gesamtverbrauch UV		81,3 MWh/a	Strom
20%	2.500.000 Artikel/a	Siebdruck UV konventionell 6,25 kW/Strahler 3 # Durchläufe 1 #UV Strahler 2500 Artikel/h 18,8 MWh/a UV			1.950.000 m3/a	Ozonh. Abluft		
Gesamtenergieverbrauch (Öfen + UV)			360 MWh/a Strom 189 MWh/a Erdgas		140,4 to CO2/a 41,0 to CO2/a			
			Total		181,4 to CO2/a			
			CO2 Berechnung gemäß: uba.co2-rechner.de					
Gesamt Ozonhaltige Abluft			8.450.000 m3/a					

Abbildung 7: Stoff- und Energiebilanz alter Prozess.

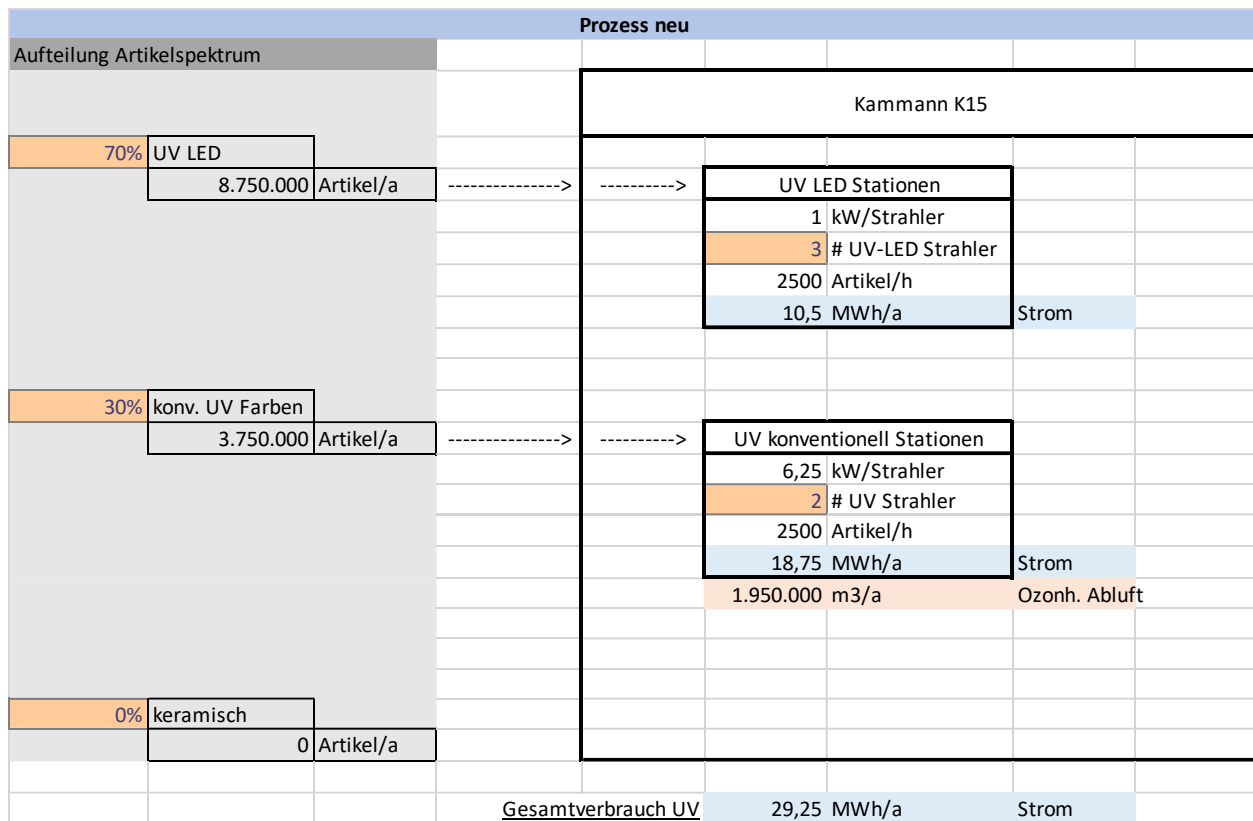


Abbildung 8: Stoff- und Energiebilanz neuer Prozess.

Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen eine Differenzbetrachtung der beiden Prozesse alt vs. neu. Die größte Einsparung kommt hierbei durch die Vermeidung des energieaufwendigen Einbrennens keramischer Farben.

In der Differenzbetrachtung wurde nicht berücksichtigt, dass die neue Anlage, als Gesamtsystem, wesentlich energieeffizienter betrieben werden kann als die zuvor getrennten Anlagen für Siebdruck und Heißfolienprägung. Siehe dazu auch Kapitel 2.5., 1. Stromverbrauch.

Abbildung 9 fasst die Einsparungen für Strom, Erdgas und ozonhaltige Abluft zusammen.

Einsparung			
330 MWh/a	Strom	128,7 to CO2/a	
189 MWh/a	Erdgas	41,0 to CO2/a	
Total		169,7 to CO2/a	
6.500.000 m3/a	Ozonhaltige Abluft		

Abbildung 9: Einsparungen Strom, Erdgas, Ozonhaltige Abluft [CO2-Berechnungen gemäß uba.co2-rechner.de].

Abbildung 10 zeigt die Materialeinsparung bei Glas und Kunststoff, die durch den um 50% geringeren Ausschussanteil möglich ist.

		Produzierte Menge	689.859	Artikel			
		Repräsentativer Referenzzeitraum	01.12.2023-31.01.2024 (2 Monate)				
		Menge/a	4.139.154	Artikel			
Material	Mengenanteil	durschn. Artikelgewicht [g]	Prozessierte Menge/a [kg]	Ausschussanteil früher	Ausschussanteil neu	Einsparung Ausschuss [%]	Einsparung Ausschuss/a [kg]
Glas	80%	43	142.387	10%	5%	50%	7.119
Kunststoff	20%	30	24.835	10%	5%	50%	1.242

Abbildung 10: Materialeinsparung durch Ausschussreduzierung.

Es ist zu beachten, dass die Berechnung auf Daten- und Auftragsbasis im genannten Referenzzeitraum basiert. Nach Durchlaufen der Lernkurve an der neuen Anlage ist davon auszugehen, dass in Zukunft ein deutlich höherer Durchsatz (Stückzahl) erzielt wird. Darüber hinaus wurden im Betrachtungszeitraum Artikel aus Glas mit einem geringen Gewicht von ca. 43g veredelt. Im Durchschnitt wird ein Artikelgewicht von 150g erwartet.

Daher zeigt Abbildung 11 ein realistisches Zielszenario für die produzierten Mengen und den Ausschuss im langfristig eingeschwungenen Zustand.

Zielszenario							
		Menge/a	12.500.000	Artikel			
Material	Mengenanteil	durschn. Artikelgewicht [g]	Prozessierte Menge/a [kg]	Ausschussanteil früher	Ausschussanteil neu	Einsparung Ausschuss [%]	Einsparung Ausschuss/a [kg]
Glas	80%	150	1.500.000	10%	5%	50%	75.000
Kunststoff	20%	30	75.000	10%	5%	50%	3.750

Abbildung 11: Zielszenario Materialeinsparung durch Ausschussreduzierung.

3.3. Umweltbilanz

Basierend auf den Informationen, die unter 3.2. im Detail erläutert wurden, lassen sich folgende Umweltentlastungen zusammenfassen:

Umweltentlastung durch	Betrag
Einsparung Strom	128,7 to CO2/a
Einsparung Erdgas	41,0 to CO2/a
Einsparung Glasabfall*	3,4 to CO2/a
Einsparung Kunststoffabfall**	2,5 to CO2/a
SUMME CO2 Einsparung	175,6 to CO2/a
Einsparung Ozonhaltige Abluft	6,5 Mio. m3/a

* 481 kg CO₂/to Behälterglas (Quelle: DENA – siehe Literaturverzeichnis)

** 2kg CO₂/kg Kunststoff (Quelle: SCIENCE – siehe Literaturverzeichnis)

3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die wirtschaftlichen Vorteile der integrierten UV-basierten Anlage im Vergleich zur konventionellen Technologie entstehen durch folgende Effekte:

1. Geringerer Energiebedarf
2. Geringerer Ausschuss
3. Geringerer Personalbedarf
4. Höhere Effizienz (Gutstück pro Maschinenstunde)

Abbildung 12 zeigt eine konservative Wirtschaftlichkeitskalkulation der Investition, so wie sie sich im aktuell laufenden Betrieb darstellt. Es ist ersichtlich, dass sich die Investition aufgrund der oben aufgezählten Effekte nach ca. 5 Jahren amortisiert.

Kapitalisierungszinssatz	10%								
	Jahr	0	1	2	3	4	5		
	Start 2024	2024	2025	2026	2027	2028	2029		Summe
Investitionsprojekt Cash-out/Cash-in									
Aktivierungspflichtige Kosten		1.255.846 €							1.255.846 €
Nicht aktivierungspflichtige Kosten									- €
Leasingraten									- €
Förderung, Darlehen (Cash-in)		- 250.039 €							- 250.039 €
Gesamt Investitionsprojekt Cash-out		1.005.807 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	1.005.807 €
Umsatzsteigerung durch Invest									
		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Ausgabensteigerung durch Invest									
Materialkosten									- €
Personalkosten									- €
Energiekosten									- €
Instandhaltung									- €
Transport, Logistik									- €
Verkaufskosten									- €
Laborkosten									- €
Umweltschutzkosten									- €
Verwaltungskosten									- €
Marketingkosten									- €
Sonstige Kosten									- €
Fixe Kosten (Vertrieb, F&E, Werbung)									- €
Gesamt Ausgabensteigerung		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Einsparungen durch Invest									
Materialkosten		5.687 €	5.687 €	5.687 €	5.687 €	5.687 €	5.687 €	5.687 €	34.123 €
Personalkosten		59.063 €	59.063 €	59.063 €	59.063 €	59.063 €	59.063 €	59.063 €	354.375 €
Energiekosten (Strom)		132.000 €	132.000 €	132.000 €	132.000 €	132.000 €	132.000 €	132.000 €	792.000 €
Energiekosten (Erdgas)		28.350 €	28.350 €	28.350 €	28.350 €	28.350 €	28.350 €	28.350 €	170.100 €
Instandhaltungskosten									- €
Sonstige Kosten									- €
Gesamt Einsparungen		225.100 €	225.100 €	225.100 €	225.100 €	225.100 €	225.100 €	225.100 €	1.350.598 €
Veränderungen Netto-Umlaufvermögen (Working capital)									
Rückstellungen									- €
Bestandsveränderungen									- €
Forderungen aus Lieferungen und Leistungen									- €
Verbindlichkeiten ggü. Lieferanten									- €
Erhaltene/Geleistete Anzahlungen									- €
Gesamt Veränderungen Netto-Umlaufvermögen		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Cashflow Rechnung									
Umsatzsteigerung durch Invest		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Ausgabensteigerung durch Invest		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Einsparungen durch Invest		225.100 €	225.100 €	225.100 €	225.100 €	225.100 €	225.100 €	225.100 €	1.350.598 €
Cashflow		225.100 €	225.100 €	225.100 €	225.100 €	225.100 €	225.100 €	225.100 €	1.350.598 €
Gesamt Investitionsprojekt Cash-out		1.005.807 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	1.005.807 €
Veränderungen Netto-Umlaufvermögen (Working capita		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Freier Cashflow		- 780.707 €	225.100 €	225.100 €	225.100 €	225.100 €	225.100 €	225.100 €	344.791 €
Barwert/Kapitalwert Cashflow		- 780.707 €	204.636 €	186.033 €	169.121 €	153.746 €	139.769 €		72.598 €
Kumulierter Barwert/Kapitalwert		- 780.707 €	- 576.071 €	- 390.038 €	- 220.918 €	- 67.172 €	72.598 €		

Abbildung 12: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Die integrierte Siebdruckanlage basiert im Vergleich zu konventionellen Verfahren auf den folgenden Elementen und Innovationen:

1. Substitution keramischen Siebdrucks durch UV-LED Siebdruck.
2. Serieneinsatz der UV-LED Technologie.
3. Verfahrensintegration von UV-LED Siebdruck, Heißfolienprägung und Lasern in einer kompakten Anlage.

4. Individualisierung und Ermöglichung von Losgröße 1 (z. B. Druck fortlaufender QR-Codes).
5. Umfassende Umweltschutzwirkungen im Zusammenhang mit der UV-LED Technologie (wie beschrieben).

4. Übertragbarkeit

4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Die integrierte Anlage erfüllt alle an sie gestellten Anforderungen und läuft einwandfrei. Die Herausforderung sowohl im eigenen Unternehmen als auch – perspektivisch – bei einer Installation der Technologie bei Mitbewerbern besteht im Umgang mit den UV-LED Farbsystemen. Hierfür ist erst eine Lernkurve zu durchlaufen, Lacksysteme auszuwählen und die Lacke auf das Gesamtsystem abzustimmen (Anlagenparameter, Verpackungsmaterial, Veredelungslayout).

4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts)

Das Anlagenkonzept wurde, wie beschrieben, erstmalig in Deutschland und Europa realisiert und dessen erfolgreiche Anwendbarkeit bewiesen.

Prinzipiell ist die Technologie für andere Anwender offen und kann bei weiteren Unternehmen/Mitbewerbern installiert werden. Das Maschinenkonzept ist nicht geschützt und ist am Markt frei verfügbar.

Aufgrund des erforderlichen Know-hows bezüglich der Anlagentechnologie UV-LED (und weiterer integrierter Verfahren wie Heißfolienprägung) sowie aufgrund des hohen Investitionsvolumens, reduziert sich der potenzielle Anwenderkreis. Am europäischen Markt gibt es schätzungsweise 10 Mitbewerber, die eine solche Technologie realistischerweise einsetzen könnten.

4.3. Kommunikation der Projektergebnisse

Das Projekt und die integrierte Universal-Siebdruckmaschine wurden bereits auf Branchenmessen den Kunden des Unternehmens vorgestellt. Röser war auf den Messen Cosmetic Business in München, Luxe Pack in Monaco und PCD in Paris vertreten und konnte dort erste Kundenaufträge für die neue Technologie gewinnen. Bemusterungen liefen bereits während der Projektlaufzeit und weitere, neue Aufträge sind in Vorbereitung.

Darüber hinaus wird das Vorhaben im Nachhaltigkeitsbericht des Unternehmens unter Punkt „3.1. Innovation“ vorgestellt und beworben. Der Bericht ist unter folgendem Link abrufbar: <https://www.roeser-decoration.com/wp-content/uploads/2023/08/nachhaltigkeitsbericht-2023.pdf>

Die Innovationshistorie auf der Firmenwebsite liefert ebenfalls einen Hinweis auf die neue Technologie: <https://www.roeser-decoration.com/unternehmen/#Referenzen>

Auch im laufenden Jahr wird Röser wieder auf den einschlägigen Branchenmessen als Aussteller vertreten sein und das Projekt bewerben. Weiterhin ist zu erwarten, dass sich die Innovation über die bereits laufenden Aufträge und zufriedene Kunden per Mundpropaganda in der Branche verbreiten wird.

5. Zusammenfassung/ Summary

– Einleitung/Introduction

Das Unternehmen Röser ist als Lohnveredeler in der hochwertigen Dekoration von Glas- und Kunststoffverpackungen tätig und sieht sich als Technologieführer in diesem Bereich. Am Standort in Kleintettau werden zahlreiche Technologien wie Siebdruck, Tampondruck, Heißfolienprägung und Laserveredelung angewendet und ständig weiterentwickelt. Um den Kunden maximalen Nutzen zu bieten, steht Röser auch für ‚Complete Decoration‘ und begleitet seine Kunden von der Produktidee über das Design bis zur fertigen Verpackung.

Durch die geographische Nähe zu und die historisch gewachsene, enge Zusammenarbeit mit Glashütten ist die Lohndekoration zum Teil integraler Bestandteil der Prozesskette der Glasproduktion und ebenfalls sehr energieintensiv.

Als Technologieführer ist eine konsequente Ausrichtung auf Innovation erforderlich und somit soll auch mit der geplanten Investition der Grundstein für neue, innovative, ressourcenschonende Produkte und Prozesse gesetzt werden.

Vor dem Hintergrund der seit Jahren massiv steigenden Energie- und Materialkosten sowie der Anstrengungen im Bereich Nachhaltigkeit (intern fortgeführtes Energiemanagementsystem auf Basis ISO 50001; Teilnahme am unabhängigen Nachhaltigkeitsrating von EcoVadis: „Silber-Status“) ist Röser bestrebt, in zunehmendem Maße fossile Brennstoffe zu substituieren und den Ressourcenverbrauch zu minimieren.

Der Einsatz dieser neuartigen Anlage ermöglicht es, mehrere der genannten Aspekte gleichzeitig zu optimieren. Für die betrachteten Produktgruppen wird es möglich sein, Erdgas komplett zu substituieren sowie den Verbrauch von Strom und Material deutlich zu reduzieren.

The Röser company operates as a contractor in the high-quality decoration of glass and plastic packaging and sees itself as a technology leader in this area. Numerous technologies such as screen printing, pad printing, hot foil stamping and laser finishing are used and constantly developed at the Kleintettau plant in Germany. In order to offer customers maximum benefits, Röser also stands for 'Complete Decoration' and accompanies its customers from the product idea through the design to the finished packaging.

Due to the geographical proximity and the historically grown, close cooperation with the glass industry, decoration can be considered an integral part of the glass production process chain and is also very energy-intensive.

As a technology leader, a consistent focus on innovation is necessary and the planned investment should therefore lay the foundation for new, innovative, resource-saving products and processes.

Against the background of massive increases in energy and material costs over the years as well as general corporate efforts in the area of sustainability (internally maintained energy management system based on ISO 50001; participation in the independent sustainability rating from EcoVadis: "Silver status"), Röser is striving to increasingly substitute fossil fuels and minimize resource consumption.

The use of this new system makes it possible to optimize several of the aspects mentioned at the same time. For the product groups under consideration, it will be possible to completely replace natural gas and to significantly reduce the consumption of electricity and materials.

– Vorhabenumsetzung/Project implementation

Mit dem Förder- und Investitionsprojekt sollen die folgenden Umweltschutzwirkungen bei gleichzeitiger Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit erreicht werden:

1. Substitution des Erdgas betriebenen keramischen Einbrennofens für das betrachtete Produktspektrum durch UV Technologie. → Einsparung Erdgas, CO₂.
2. Substitution von zwei elektrisch betriebenen keramischen Einbrennöfen für das betrachtete Produktspektrum durch UV Technologie. → Einsparung Strom, CO₂.
3. Substitution von energieintensivem, Ozon emittierendem konventionellen UV Siebdruck durch umwelt- und ressourcenschonenden UV-LED Siebdruck für das betrachtete Produktspektrum.
→ Einsparung Strom, CO₂, Reduzierung Ozon.
4. Substitution von mehreren Einzelanlagen durch eine integrierte Anlage. → Einsparung Strom, CO₂, Reduzierung Ozon, Senkung Material-/Ressourcenverbrauch.

Um die genannten Umweltschutzziele erreichen zu können, soll eine hochintegrierte Universal-Siebdruckmaschine eingesetzt werden, wie sie weder in Deutschland noch in der EU bisher installiert wurde.

Die Anlage vereint die besten am Markt verfügbaren technologischen Möglichkeiten und kann daher alle geforderten Eigenschaften und Umweltschutzziele erfüllen. Sie basiert auf einem Rundteller mit 18 Aufnahmestationen. Diese können beliebig ausgestattet und kombiniert werden. Im vorliegenden Fall bei Röser sollen drei UV-LED Siebdruck Stationen eingesetzt werden, die den überwiegenden Teil des konventionellen UV Siebdrucks bzw. des keramischen

Siebdrucks mit Einbrennofen ersetzen sollen. Weiterhin werden zwei Siebdruckstationen für konventionellen UV Siebdruck für eine Übergangsphase betrieben bis alle Artikel im betrachteten Produktspektrum auf UV-LED umgestellt werden können (u.a. Freigaben des Kunden). Die verbleibenden Stationen werden mit UV-LED Trockenlampen, konventionellen UV Trockenlampen, Heißfolienprägestation, optische Inspektion, Eingabe-/ Ausgabestation, Vorbehandlungsstation ausgestattet.

Die technische Umsetzung erfolgt konkret durch folgende Elemente:

1. Umstellung von keramischen Farben auf UV-LED Farben, die mit energiesparenden LEDs getrocknet werden können, anstelle von Erdgas oder Strom betriebenen Einbrennöfen.
2. Umstellung von konventionellen UV-Farben auf UV-LED Farben, die mit energiesparenden LEDs getrocknet werden können, anstelle von energetisch aufwendigen, konventionellen UV-Strahlern. Der Umstieg auf UV-LED reduziert zugleich die Ozon-Emissionen um 100% im Vergleich zu konventionellem UV.
3. Verfahrensintegration unterschiedlicher Technologien innerhalb derselben Anlage, die deutlich ressourceneffizienter betrieben werden kann, anstelle von separaten Anlagen. Dadurch werden Strom- und Materialverbrauch deutlich reduziert (Mehrfachhandling, Anfahrausschuss, redundante Aggregate, Stand-by Zeiten).

The publicly funded investment project is intended to achieve the following environmental protection effects while ensuring economic viability:

- 1. Substitution of the natural gas operated ceramic curing oven for the product range under consideration by UV technology. → Saving natural gas, CO2.*
- 2. Substitution of two electricity operated ceramic curing ovens for the product range under consideration with UV technology. → Saving electricity, CO2.*
- 3. Substitution of energy-intensive, ozone-emitting conventional UV screen printing by environmentally and resource-saving UV LED screen printing for the product range under consideration. → Saving electricity, CO2, reducing ozone.*
- 4. Substitution of several individual machines/systems by an integrated system. → Saving electricity, CO2, reducing ozone, reducing material/resource consumption.*

In order to achieve the environmental protection goals mentioned, a highly integrated universal screen printing machine should be used, the like of which has not yet been installed in Germany or the EU.

The system combines the best technological options available on the market and can therefore meet all required properties and environmental protection goals. It is based on a round plate with 18 stations. These can be equipped and combined as desired. In the present case at Röser, three UV-LED screen printing stations are to be used, which are intended to replace the majority of conventional UV screen printing or ceramic screen printing with a curing oven. Furthermore,

two screen printing stations for conventional UV screen printing will be operated for a transitional phase until all items in the product range under consideration can be converted to UV-LED (including customer approvals). The remaining stations will be equipped with UV-LED drying lamps, conventional UV drying lamps, hot foil stamping station, optical inspection, input/output station, pre-treatment station.

The technical implementation takes place specifically through the following elements:

- 1. Switching from ceramic inks to UV-LED inks that can be dried with energy-saving LEDs instead of natural gas or electricity-powered curing ovens.*
- 2. Switching from conventional UV inks to UV-LED inks, which can be dried with energy-saving LEDs instead of energy-intensive, conventional UV lamps. Switching to UV-LED also reduces ozone emissions by 100% compared to conventional UV.*
- 3. Process integration of different technologies within the same system, which can be operated in a significantly more resource-efficient manner, instead of separate machines. This significantly reduces power and material consumption (multiple handling, start-up scrap, redundant units, standby times).*

– **Ergebnisse/Project results**

Das Vorhaben konnte gemäß Zielsetzungen und Projektplan erfolgreich umgesetzt werden. Es traten keine nennenswerten Schwierigkeiten auf.

Ursprünglich war geplant, vor allem auch einen Großauftrag eines Referenzkunden auf der Anlage zu produzieren. Dieser wurde jedoch kundenseitig komplett storniert, so dass auf alternative Aufträge zurückgegriffen wurde. Der Wechsel war technisch und organisatorisch ohne Probleme möglich.

Lohnveredler müssen generell sehr flexibel auf Kundenaufträge reagieren können und haben kein Standardartikelspektrum.

Mit diesem Förderprojekt war es möglich, die folgenden Umweltentlastungen zu erreichen:

Umweltentlastung durch	Betrag
Einsparung Strom	128,7 to CO2/a
Einsparung Erdgas	41,0 to CO2/a
Einsparung Glasabfall*	3,4 to CO2/a
Einsparung Kunststoffabfall**	2,5 to CO2/a
SUMME CO2 Einsparung	175,6 to CO2/a
Einsparung Ozonhaltige Abluft	6,5 Mio. m3/a

* 481 kg CO₂/to Behälterglas (Quelle: DENA – siehe Literaturverzeichnis)

** 2kg CO₂/kg Kunststoff (Quelle: SCIENCE – siehe Literaturverzeichnis)

Die Wirtschaftlichkeitskalkulation der Gesamtinvestition unter Berücksichtigung der wesentlichen Kosteneinspareffekte aus Energiekostensenkung, Ausschussreduzierung und Personaleinsparung ergibt eine Amortisationszeit von vier Jahren, weshalb die Investition in diese Innovation auch von wirtschaftlicher Seite als sehr erfolgreich zu bewerten sein wird.

The project was successfully implemented in accordance with the objectives and project plan. No significant difficulties occurred.

The original plan was to produce a large order from a reference customer on the system. However, this one was completely canceled by the customer, so alternative orders were included and could be processed. The change was possible without any technical or organizational problems.

Contractors generally must be able to react very flexibly to customer orders and do not have a standard range of products.

With this publicly funded project it was possible to achieve the following environmental benefits:

Environmental benefits through	Amount
Energy savings	128,7 to CO ₂ /a
Natural gas savings	41,0 to CO ₂ /a
Glass waste avoidance*	3,4 to CO ₂ /a
Plastics waste avoidance**	2,5 to CO ₂ /a
Total CO₂ savings	175,6 to CO₂/a
Reducing ozone-containing air	6,5m. m ³ /a

* 481 kg CO₂/to container glass (Source: DENA – see literature list)

** 2kg CO₂/kg plastics (Source: SCIENCE – see literature list)

The profitability calculation of the overall investment, taking into account the significant cost savings effects from reducing energy costs, reducing scrap and reducing personnel, results in a payback period of four years, which is why the investment in this innovation can also be assessed as very successful from an economic point of view.

– Ausblick/Prospects

Innerhalb des Unternehmens wird die Technologie nun weiter optimiert und ständig neue

Bemusterungen für Kunden durchgeführt. Es ist davon auszugehen, dass die Anlage innerhalb der nächsten 6 Monate vollausgelastet sein wird.

Außerhalb des Unternehmens steht die Technologie prinzipiell allen Mitbewerbern offen. Das Anlagenkonzept ist nicht geschützt und am Markt frei verfügbar. Aufgrund des erforderlichen Know-hows bezüglich der Anlagentechnologie UV-LED (und weiterer integrierter Verfahren wie Heißfolienprägung) sowie aufgrund des hohen Investitionsvolumens, reduziert sich der potentielle Anwenderkreis.

Within the company, the technology is now being further optimized and new samplings are constantly being carried out for customers. It can be assumed that the new system will be at full capacity within the next 6 months.

Outside the company, the technology is in principle open to all competitors. The system concept is not protected and is freely available on the market. Due to the necessary know-how regarding the UV-LED system technology (and other integrated processes such as hot foil stamping) as well as the high investment volume, the potential user group is limited.

6. Literatur

[DENA]

https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/LEITFADEN_Systematisch_Energieeffizienz_steigern_und_CO2-Emissionen_senken_in_der_Glasindustrie.pdf

[SCIENCE]

<https://www.sciencemediacenter.de/alle-angebote/research-in-context/details/news/plastikproduktion-verursacht-enorme-treibhausgas-emissionen/#:~:text=Der%20Kohlenstoff%2DFußabdruck%20gängiger%20Kunststoffe,2%2DÄquivalent%20pro%20Kilogramm%20Polymer.>

7. Anhang

n.a.